การศึกษาการใช้ประโยชน์จากแกสิฟิเคชันในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ทางภาคเหนือของประเทศไทย

นายวรวิทย์ ลีลาวรรณ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

STUDY OF GASIFICATION APPLICATIONS IN CERAMICS INDUSTRY IN THE NORTHERN PART OF THAILAND

Mr. Wolawit Leelawon

ศูนย์วิทยทรัพยากร
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 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการใช้ประโยชน์จากแกสิฟิเคชันในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ทางภาคเหนือของประเทศไทย
โดย	นายวรวิทย์ ลีลาวรรณ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.มานิจ ทองประเสริฐ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.มานิจ ทองประเสริฐ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา เชาวลิตวงศ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพิกศึก)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วรวิทย์ ลีลาวรรณ : การศึกษาการใช้ประโยชน์จากแกสิฟิเคชันในอุตสาหกรรมเซรา-มิกส์ทางภาคเหนือของประเทศไทย(STUDY OF GASIFICATION APPLICATIONS IN CERAMICS INDUSTRY IN THE NORTHERN PART OF THAILAND) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ ,อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : รองศาสตราจารย์ ดร.มานิจ ทองประเสริฐ , 245 หน้า.

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาการใช้ประโยชน์จากแกสิฟิเคชันในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ทางภาคเหนือของประเทศไทย จากการศึกษาวิเคราะห์คำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)และอัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR) พบว่า (1.) ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็กคำนวณค่า NPV = -7,052,372.28 บาท และBCR = -1.35และ IRR = 0% (2.) ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ชีวมวลยอดใบอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็กเล็กคำนวณค่า NPV = 2,721,453.89 บาท BCR =1.90 และ IRR =16% (3.) ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็กคำนวณค่า NPV = 35,087,286.11 บาท BCR = 12.69 และ IRR =110% (4.) แกสิฟิเคชันที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลางคำนวณค่า NPV มีค่าเท่ากับ 67,966,347.27 บาท BCR = 4.12 และ IRR = 36% (5.) ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ ชีวมวลยอดใบอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลางคำนวณค่า NPV =126,297,570.19 บาท BCR = 6.79 และIRR = 59% (6.) ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลางคำนวณค่า NPV = 320,700,411.10 บาท BCR = 15.71 และIRR = 136% (7.) ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่คำนวณค่า NPV = 378,898,929.97บาท BCR = 6.34 และIRR = 55% (8.) ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ชีวมวลยอดใบอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่คำนวณค่า NPV = 613,470,765.57 บาท BCR = 9.64และIRR = 84% (9.)ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่คำนวณค่า NPV = 1,390,250,836.59 บาท BCR = 20.58และIRR = 178% จากผลการศึกษาพบว่ามีเพียงระบบที่ 1 มีค่าไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน และระบบที่เหลือ 8 ระบบมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนโดยมีตัวเลขตามการคำนวณข้างต้นโดยมีระบบที่ 9 มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุด

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ **ลายมือชื่อนิสิต**.....วรวิทย์ ลีลาวรรณ.....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ **ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก**.....

ปีการศึกษา 2552 **ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม**.....

4970550221 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS : CERAMIC INDUSTRY/ GASIFICATION / BIO MASS/ COAL

WOLAWIT LEELAWON : STUDY OF GASIFICATION APPLICATIONS IN CERAMICS INDUSTRY IN THE NORTHERN PART OF THAILAND. THESIS ADVISOR : PROF. SIRICHAN THOGPRASERT,Ph.D, THESIS CO-ADVISOR : ASSOC.PROF. MANIT THOGPRASERT,Ph.D, 245 pp.

The main purpose of this thesis is to study of gasification application in ceramics industry in the northern part of Thailand. After analyzing Net Present Value (NPV), Benefit Cost Ratio (BCR) and Internal Rate of Return (IRR) the research found that . (1.) NPV of gasification system which uses rice straw as fuel in small factory is 7,052,372.28 Baht and BCR is -1.35 and IRR equals to 0%. (2.) NPV of gasification system which uses sugar cane as fuel in small factory is 2,721,453.89 Baht, BCR is 1.90 and IRR equals to 16%. (3.) NPV of gasification system which uses anthracite as fuel in small factory is 35,087,286.11 Baht, BCR is 12.69 and IRR equals to110%. (4.) NPV of gasification system which uses rice straw as fuel in medium factory is 67,966,347.27 Baht, BCR is 4.12 and IRR equals to 36%. (5.) NPV of gasification system which uses sugar cane as fuel in medium factory is 126,297,570.19 Baht , BCR is 6.79 and IRR equals to 59%. (6.) NPV of gasification system which uses anthracite as fuel in medium factory is 320,700,411.10 Baht , BCR is 15.71 and IRR equals to 136%. (7.) NPV of gasification system which uses rice straw as fuel in large factory is 378,898,929.97 Baht, BCR is 6.34 and IRR equals to 55%. (8.) NPV of gasification system which uses sugar cane as fuel in large factory is 613,470,765.57 Baht , BCR is 9.64 and IRR equals to 84% (9.) NPV of gasification system which uses anthracite as fuel in large factory is 1,390,250,836.59 Baht , BCR is 20.58 and IRR equals to 178%. The results show that all systems are feasible for investment except the system 1 . And, the system 9 is the best alternative for investment.

Department : Industrail Engineering Student's Signature Wolawit Leelawon

Field of Study: Industrail Engineering Advisor's Signature

Academic Year : 2009 Co-Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

บทวิทยานิพนธ์นี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เพราะได้รับความกรุณาจาก ศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร.มานิจ ทองประเสริฐ ซึ่งท่านทั้งสองได้ให้คำปรึกษา แนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆในการวิจัยเป็นอย่างดี รวมทั้งได้รับการตรวจสอบแก้ไขเพื่อความถูกต้องสมบูรณ์จากประธานและคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา เชาวลิตวงศ์ และรองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพิกศึก ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย และขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ช่วยให้การสนับสนุนมาโดยตลอด

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณคุณชูยศ สุธารัตนชัยพร ผู้จัดการฝ่ายวางแผนเหมืองแม่เมาะและบุคลากรบริษัทจัดจำหน่ายแกสิฟิเคชัน และบริษัทถ่านหินชั้นนำแห่งหนึ่งของประเทศไทยกรุณาให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลอันเป็นประโยชน์แก่การวิจัยที่ให้การสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ตลอดจนขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนเป็นอย่างดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญรูปภาพ..... ถ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 7

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 7

1.4 ขั้นตอนในการวิจัย..... 7

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 8

1.6 แผนการดำเนินงาน..... 9

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 10

2.1 ทฤษฎีข้อมูล..... 10

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 73

บทที่ 3 ข้อมูลเซรามิกส์ ถ่านหิน และชีวมวลทางภาคเหนือ..... 84

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลการผลิตเซรามิกส์ในภาคเหนือของประเทศไทย..... 84

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลถ่านหิน..... 106

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลชีวมวล..... 110

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูลค่าขนส่งชีวมวลและถ่านหิน..... 121

บทที่ 4 ระบบแกสิฟิเคชันที่นำมาวิเคราะห์..... 124

4.1 ข้อมูลเตาแกสิฟิเคชันที่ใช้วิเคราะห์..... 124

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น..... 132

บทที่ 5 ต้นทุน ค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ที่ได้รับ..... 139

5.1 การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์..... 139

5.2 ผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์..... 164

5.3 การวิเคราะห์ปริมาณชีวมวลในการใช้เป็นเชื้อเพลิงในระบบแกสิฟิเคชัน..... 168

บทที่ หน้า

5.4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการทางการเงิน..... 172
บทที่ 6 สรุปงานวิจัย..... 210
6.1 สรุปงานวิจัย..... 210
6.2สมมุติฐานของงานวิจัย..... 214
6.3 ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะจากการศึกษาวิจัย..... 217
รายการอ้างอิง..... 220
ภาคผนวก..... 223
ภาคผนวก ก..... 224
ภาคผนวก ข..... 230
ภาคผนวก ค..... 235
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 245

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1.1	ราคาน้ำมันดิบ ณ แหล่งต่างๆใน ระหว่างปี 2006-2008.....	1
ตารางที่ 1.2	การจัดประเภทอุตสาหกรรมตามมาตรฐาน ISIC.....	4
ตารางที่ 1.3	การจัดประเภทอุตสาหกรรมย่อยโดยสำนักเศรษฐกิจอุตสาหกรรม.....	4
ตารางที่ 1.4	ปริมาณและมูลค่าการส่งออก.....	5
ตารางที่ 1.5	ปริมาณและมูลค่าการนำเข้า.....	6
ตารางที่ 2.1	ส่วนประกอบทางเคมีของทาร์ (Tar) ที่อุณหภูมิต่างๆ.....	17
ตารางที่ 2.2	แสดงการทฤษฎีเกิดถ่านหิน.....	22
ตารางที่ 2.3	ปริมาณสำรองถ่านหินแต่ละชนิดในแต่ละประเทศสำคัญของโลกเมื่อสิ้นปี พ.ศ.2547.....	25
ตารางที่ 2.4	แสดงการใช้ประโยชน์ถ่านหินที่ผลิตได้ภายในประเทศ ปี 2549.....	27
ตารางที่ 2.5	แสดงการใช้ประโยชน์ถ่านหิน (นำเข้าและผลิตในประเทศ) ตามประเภทผู้ใช้ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2530-2549	28
ตารางที่ 2.6	หลักเกณฑ์การคิดค่าสัดส่วนการนำชีวมวลมาใช้ประโยชน์ได้จริง	47
ตารางที่ 2.7	แสดงศักยภาพชีวมวลที่สำคัญในประเทศไทย พ.ศ. 2539.....	56
ตารางที่ 2.8	ปริมาณชีวมวลชนิดต่างๆ ยกเว้นไม้ฟืนที่ผลิตได้ในประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2539/40.....	57
ตารางที่ 2.9	แสดงราคาชีวมวล (บาท/ตัน) ปี พ.ศ. 2550.....	58
ตารางที่ 2.10	ชนิดของมลสารและปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบผลิตแก๊สเชื้อเพลิง.....	65
ตารางที่ 2.11	ชนิดของมลสารและระบบทำความสะอาดแก๊สเชื้อเพลิง.....	66
ตารางที่ 2.12	ผลการตรวจวัดมลพิษอากาศที่ปลดปล่อยจากโรงไฟฟ้าที่ใช้เทคโนโลยีแกสิฟิเคชัน.....	68
ตารางที่ 2.13	ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่สำคัญจากการใช้ถ่านหิน.....	69
ตารางที่ 3.1	ตารางแสดงการแบ่งขนาดโรงงานเซรามิกส์.....	89
ตารางที่ 3.2	ตารางแสดงคุณสมบัติของแก๊ส NG และ LPG.....	101
ตารางที่ 3.3	ตารางแสดงความแตกต่างระหว่างแก๊ส NGและแก๊ส LPG.....	102
ตารางที่ 3.4	ตารางแสดงราคาแอนทราไซท์ในแต่ละปี พ.ศ.	107
ตารางที่ 3.5	ตารางแสดงราคาแอนทราไซท์ในแต่ละเดือนของปี พ.ศ.2552.....	108

หน้า

ตารางที่ 3.6	ตารางแสดงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ……	109
ตารางที่ 3.7	ตารางแสดงรายละเอียดการเปลี่ยนผลผลิตทางการเกษตรเป็นชีวมวล……	114
ตารางที่ 3.8	ตารางแสดงราคาค่าขนส่งเชื้อเพลิงประเภทถ่านหินและชีวมวล……...	123
ตารางที่ 4.1	ตารางแสดงคุณสมบัติต่าง ๆ ของระบบแกสิฟิเคชันแต่ละขนาด……..	129
ตารางที่ 4.2	ตารางแสดงมลพิษที่เกิดจากระบบแกสิฟิเคชันและค่ามาตรฐานในการปล่อยมลพิษ.....	132
ตารางที่ 4.3	ตารางแสดงการคำนวณการใช้ฟางข้าวในโรงงานขนาดเล็ก.....	136
ตารางที่ 4.4	ตารางแสดงการคำนวณการใช้ฟางข้าวในโรงงานขนาดกลาง……..	137
ตารางที่ 4.5	ตารางแสดงการคำนวณการใช้ฟางข้าวในโรงงานขนาดใหญ่.....	138
ตารางที่ 5.1	ตารางแสดงค่าใช้จ่ายในการลงทุน……	139
ตารางที่ 5.2	ตารางแสดงราคาเชื้อเพลิงรวมค่าขนส่งแต่ละชนิด……	140
ตารางที่ 5.3	ตารางแสดงการใช้เชื้อเพลิงแต่ละขนาดอุตสาหกรรม.....	140
ตารางที่ 5.4	ตารางแสดงค่าเชื้อเพลิงแต่ละขนาดอุตสาหกรรมที่มีการใช้เชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ……	141
ตารางที่ 5.5	ตารางแสดงราคาค่าสาธารณูปโภคต่อหน่วย.....	143
ตารางที่ 5.6	ตารางแสดงการใช้สาธารณูปโภคต่าง ๆแต่ละขนาดอุตสาหกรรม.....	143
ตารางที่ 5.7	ตารางแสดงค่าใช้จ่ายใช้สาธารณูปโภคต่าง ๆแต่ละขนาดอุตสาหกรรม.....	143
ตารางที่ 5.8	ตารางแสดงอัตราเงินเดือนของพนังงานในแต่ละตำแหน่ง……	144
ตารางที่ 5.9	ตารางแสดงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา……	144
ตารางที่ 5.10	แสดงผลประโยชน์รายได้ต่อปีที่เกิดจากการใช้ชีวมวลฟางข้าวแทนแก๊สเชื้อเพลิง LPG……	145
ตารางที่ 5.11	แสดงผลประโยชน์รายได้ต่อปีที่เกิดจากการใช้ชีวมวลอ้อยแทนแก๊สเชื้อเพลิง LPG……	146
ตารางที่ 5.12	แสดงผลประโยชน์รายได้ต่อปีที่เกิดจากการใช้ถ่านหินแอนทราไซท์แทนแก๊สเชื้อเพลิง LPG……	147
ตารางที่ 5.13	แสดงผลประโยชน์รายได้ต่อปีที่เกิดจากการใช้ชีวมวลฟางข้าวแทนแก๊สเชื้อเพลิง LPG……	148
ตารางที่ 5.14	แสดงผลประโยชน์รายได้ต่อปีที่เกิดจากการใช้ชีวมวลอ้อยแทนแก๊สเชื้อเพลิง LPG……	149

หน้า

ตารางที่ 5.15 แสดงผลประโยชน์รายได้ต่อปีที่เกิดจากการใช้ถ่านหินแอนทราไซท์แทนแก๊สเชื้อเพลิง LPG..... 150
ตารางที่ 5.16 แสดงผลประโยชน์รายได้ต่อปีที่เกิดจากการใช้ฟางข้าวแทนแก๊สเชื้อเพลิง LPG..... 151
ตารางที่ 5.17 แสดงผลประโยชน์รายได้ต่อปีที่เกิดจากการใช้ชีวมวลอ้อยแทนแก๊สเชื้อเพลิง LPG..... 152
ตารางที่ 5.18 แสดงผลประโยชน์รายได้ต่อปีที่เกิดจากการใช้ถ่านหินแอนทราไซท์แทนแก๊สเชื้อเพลิง LPG..... 153
ตารางที่ 5.19 แสดงราคาต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก..... 155
ตารางที่ 5.20 แสดงราคาต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก..... 156
ตารางที่ 5.21 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก..... 157
ตารางที่ 5.22 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง..... 158
ตารางที่ 5.23 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง..... 159
ตารางที่ 5.24 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง..... 160
ตารางที่ 5.25 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่..... 161
ตารางที่ 5.26 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่..... 162
ตารางที่ 5.27 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่..... 163
ตารางที่ 5.28 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก..... 164

หน้า

ตารางที่ 5.29 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก..... 164
ตารางที่ 5.30 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก..... 165
ตารางที่ 5.31 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง..... 165
ตารางที่ 5.32 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง..... 166
ตารางที่ 5.33 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง..... 166
ตารางที่ 5.34 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่..... 167
ตารางที่ 5.35 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่..... 167
ตารางที่ 5.36 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่..... 168
ตารางที่ 5.37 ตารางแสดงจำนวนโรงงานขนาดเล็กจากการคำนวณความเป็นไปได้ในการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล..... 170
ตารางที่ 5.38 ตารางแสดงจำนวนโรงงานขนาดกลางจากการคำนวณความเป็นไปได้ในการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล..... 170
ตารางที่ 5.39 39 ตารางแสดงจำนวนโรงงานขนาดใหญ่จากการคำนวณความเป็นไปได้ในการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล..... 171
ตารางที่ 5.40 ตารางแสดงการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลที่นำมาใช้ทั้งหมด 225 โรงงานเซรา-มิกส์ทางภาคเหนือของประเทศไทย..... 171
ตารางที่ 5.41 แสดงราคาต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก..... 173
ตารางที่ 5.42 แสดงราคาต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก..... 173

หน้า

ตารางที่ 5.43 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดเล็ก..... 174
ตารางที่ 5.44 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดกลาง..... 174
ตารางที่ 5.45 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดกลาง..... 175
ตารางที่ 5.46 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดกลาง..... 175
ตารางที่ 5.47 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดใหญ่..... 176
ตารางที่ 5.48 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดใหญ่..... 176
ตารางที่ 5.49 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดใหญ่..... 177
ตารางที่ 5.50 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชัน ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก..... 177
ตารางที่ 5.51 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชัน ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก..... 178
ตารางที่ 5.52 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชัน ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก..... 178
ตารางที่ 5.53 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชัน ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง..... 179
ตารางที่ 5.54 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชัน ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง..... 179
ตารางที่ 5.55 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชัน ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง..... 180
ตารางที่ 5.56 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่..... 180

หน้า

ตารางที่ 5.57 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่..... 181
ตารางที่ 5.58 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่..... 181
ตารางที่ 5.59 แสดงราคาต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก..... 182
ตารางที่ 5.60 แสดงราคาต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก..... 182
ตารางที่ 5.61 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก..... 183
ตารางที่ 5.62 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง..... 183
ตารางที่ 5.63 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง..... 184
ตารางที่ 5.64 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง..... 184
ตารางที่ 5.65 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่..... 185
ตารางที่ 5.66 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่..... 185
ตารางที่ 5.67 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่..... 186
ตารางที่ 5.68 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก..... 186
ตารางที่ 5.69 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก..... 187
ตารางที่ 5.70 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก..... 187

หน้า

ตารางที่ 5.71 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชัน ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง..... 188
ตารางที่ 5.72 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชัน ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง..... 188
ตารางที่ 5.73 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชัน ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง..... 189
ตารางที่ 5.74 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่..... 189
ตารางที่ 5.75 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่..... 190
ตารางที่ 5.76 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่..... 190
ตารางที่ 5.77 แสดงราคาต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดเล็ก..... 191
ตารางที่ 5.78 แสดงราคาต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดเล็ก..... 191
ตารางที่ 5.79 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดเล็ก..... 192
ตารางที่ 5.80 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดกลาง..... 192
ตารางที่ 5.81 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดกลาง..... 193
ตารางที่ 5.82 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดกลาง..... 193
ตารางที่ 5.83 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดใหญ่..... 194
ตารางที่ 5.84 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดใหญ่..... 194

หน้า

ตารางที่ 5.85 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดใหญ่..... 195
ตารางที่ 5.86 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชัน ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก..... 195
ตารางที่ 5.87 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชัน ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก..... 196
ตารางที่ 5.88 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชัน ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก..... 196
ตารางที่ 5.89 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชัน ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง..... 197
ตารางที่ 5.90 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชัน ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง..... 197
ตารางที่ 5.91 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชัน ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง..... 198
ตารางที่ 5.92 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่..... 198
ตารางที่ 5.93 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่..... 199
ตารางที่ 5.94 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่..... 199
ตารางที่ 5.95 แสดงราคาต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดเล็ก..... 200
ตารางที่ 5.96 แสดงราคาต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดเล็ก..... 200
ตารางที่ 5.97 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดเล็ก..... 201
ตารางที่ 5.98 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดกลาง..... 201

หน้า

ตารางที่ 5.99	แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดกลาง.....	202
ตารางที่ 5.100	แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดกลาง.....	202
ตารางที่ 5.101	แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดใหญ่.....	203
ตารางที่ 5.102	แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดใหญ่.....	203
ตารางที่ 5.103	แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดใหญ่.....	204
ตารางที่ 5.104	แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชัน ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก.....	204
ตารางที่ 5.105	แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชัน ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก.....	205
ตารางที่ 5.106	แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชัน ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก.....	205
ตารางที่ 5.107	แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชัน ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง.....	206
ตารางที่ 5.108	แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชัน ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง.....	206
ตารางที่ 5.109	แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชัน ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง.....	207
ตารางที่ 5.110	แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่.....	207
ตารางที่ 5.111	แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่.....	208
ตารางที่ 5.112	แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่.....	208

หน้า

ตารางที่ ค.1 ต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็กตลอดอายุโครงการ 25 ปี..... 236
ตารางที่ ค.2 ต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็กตลอดอายุโครงการ 25 ปี..... 237
ตารางที่ ค.3 ต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็กตลอดอายุโครงการ 25 ปี..... 238
ตารางที่ ค.4 ต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลางตลอดอายุโครงการ 25 ปี..... 239
ตารางที่ ค.5 ต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลางตลอดอายุโครงการ 25 ปี..... 240
ตารางที่ ค.6 ต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลางตลอดอายุโครงการ 25 ปี..... 241
ตารางที่ ค.7 ต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่ตลอดอายุโครงการ 25 ปี..... 242
ตารางที่ ค.8 ต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่ตลอดอายุโครงการ 25 ปี..... 243
ตารางที่ ค.9 ต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่ตลอดอายุโครงการ 25 ปี..... 244

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1.1	สัดส่วนต้นทุนพลังงานในการผลิตเซรามิกส์.....	7
รูปที่ 2.1	ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในกระบวนการแกสิฟิเคชันในเตาผลิตแก๊สชนิดไหลลง.	13
รูปที่ 2.2	เตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ……..	16
รูปที่ 2.3	ภาพรวมของการใช้ประโยชน์แก๊สเชื้อเพลิง.....	19
รูปที่ 2.4	แสดงปริมาณการผลิต และการนำเข้าถ่านหิน ปี พ.ศ. 2549……..	26
รูปที่ 2.5	แสดงการใช้ประโยชน์ถ่านหินที่ผลิตได้ภายในประเทศ ปี 2549……..	27
รูปที่ 2.6	แสดงการใช้ประโยชน์ถ่านหิน(นำเข้าและผลิตในประเทศ) ตามประเภทผู้ใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ.2530-2549……	28
รูปที่ 2.7	แสดงเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean coal technology,CCT)……	30
รูปที่ 2.8	แสดงเครื่องกำจัดสิ่งเจือปนประเภท ฝุ่นละออง ดิน หิน……...	31
รูปที่ 2.9	แสดงเครื่องทำความสะอาดโดยวิธีเคมี……	32
รูปที่ 2.10	แสดงระบบ Pulverized Fuel (PF) combustion……	33
รูปที่ 2.11	แสดงระบบ Fluidized Bed Combustion (FBC)……	34
รูปที่ 2.12	แสดงระบบ Circulating Fluidized Bed Combustion (CFBC)……	34
รูปที่ 2.13	แสดงระบบ Pressured Fluidized Bed Combustion Combined Cycle (PFBC)……	35
รูปที่ 2.14	แสดงระบบ Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC) แบบที่ 1 .	35
รูปที่ 2.15	แสดงระบบIntegrated Gasification Combined Cycle (IGCC) แบบที่ 2...	36
รูปที่ 2.16	แสดงเครื่องดักฝุ่นละอองด้วยไฟฟ้า (electrostatic precipitator)……..	38
รูปที่ 2.17	แสดงเครื่องแยกฝุ่นแบบลมหมุน (cyclone Separator)……	38
รูปที่ 2.18	แสดงเครื่องกรองฝุ่นแบบถุงกรอง (bag filter)……	39
รูปที่ 2.19	แสดงเครื่องกำจัดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์……	40
รูปที่ 3.1	รูปแสดงกระบวนการผลิตเซรามิกส์ประเภทเครื่องเคลือบจานชามและของที่ระลึก……	87
รูปที่ 3.2	รูปแสดงเตาเผาเซรามิกส์แบบยกตัวเตาขึ้นได้(elevator kiln)……..	90
รูปที่ 3.3	รูปแสดงเตาเผาเซรามิกส์แบบยกประตูเตาขึ้นลง(shuttle kiln).....	91
รูปที่ 3.4	รูปแสดงแผนผังการทำงานของเตาอุโมงค์……	92

หน้า

รูปที่ 3.5	รูปแสดง แผนผังการทำงานของเตาอุโมงค์.....	92
รูปที่ 3.6	รูปแสดงรถบรรทุกผลิตภัณฑ์เข้าเตา.....	93
รูปที่ 3.7	รูปแสดงภาพตัดขวางของเตาอุโมงค์ชนิดมีห้องเผา.....	94
รูปที่ 3.8	รูปแสดงเตาอุโมงค์ชนิดใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นเชื้อเพลิง.....	96
รูปที่ 3.9	รูปแสดงเตาอุโมงค์ที่มีรูปร่างเป็นวงกลม.....	97
รูปที่ 3.10	รูปแสดงเตาอุโมงค์ที่ใช้แกนหมุนเป็นตัวพาผลิตภัณฑ์ผ่านเตาเผา (roller kiln).....	98
รูปที่ 3.11	รูปแสดงแนวการวางท่อแก๊สธรรมชาติ (NG) ในประเทศไทย.....	100
รูปที่ 3.12	แสดงแผนภูมิผลผลิตสับปะรดทางภาคเหนือ.....	111
รูปที่ 3.13	แสดงแผนภูมิผลผลิตมันสำปะหลังทางภาคเหนือ.....	111
รูปที่ 3.14	แสดงแผนภูมิผลผลิตอ้อยทางภาคเหนือ.....	112
รูปที่ 3.15	แสดงแผนภูมิผลผลิตถั่วเหลืองทางภาคเหนือ.....	112
รูปที่ 3.16	แสดงแผนภูมิผลผลิตข้าวทางภาคเหนือ.....	113
รูปที่ 3.17	แสดงแผนภูมิผลผลิตข้าวโพดทางภาคเหนือ.....	113
รูปที่ 3.18	แสดงแผนภูมิปริมาณชีวมวลสับปะรดทางภาคเหนือ.....	115
รูปที่ 3.19	แสดงแผนภูมิปริมาณชีวมวลมันสำปะหลังทางภาคเหนือ.....	115
รูปที่ 3.20	แสดงแผนภูมิปริมาณชีวมวลยอดและใบอ้อยทางภาคเหนือ.....	116
รูปที่ 3.21	แสดงแผนภูมิปริมาณชีวมวลถั่วเหลืองทางภาคเหนือ.....	116
รูปที่ 3.22	แสดงแผนภูมิปริมาณชีวมวลฟางข้าวทางภาคเหนือ.....	117
รูปที่ 3.23	แสดงแผนภูมิปริมาณชีวมวลลำต้นและใบข้าวโพดทางภาคเหนือ.....	117
รูปที่ 3.24	รูปแสดงแผนภูมิวงกลมศักยภาพของชีวมวลประเภทฟางข้าว.....	118
รูปที่ 3.25	รูปแสดงแผนภูมิวงกลมศักยภาพของชีวมวลประเภทยอดและใบอ้อย.....	119
รูปที่ 3.26	รูปแสดงแผนภูมิวงกลมศักยภาพของชีวมวลประเภทลำต้น ยอด ใบข้าวโพด.	119
รูปที่ 3.27	รูปแสดงแผนภูมิวงกลมศักยภาพของชีวมวลประเภทลำต้นมันสำปะหลัง...	120
รูปที่ 4.1	แสดงส่วนต่าง ๆ ของระบบแกสิฟิเคชัน.....	125
รูปที่ 4.2	แสดงหลักการทำงานของระบบแกสิฟิเคชัน.....	126
รูปที่ 4.3	แสดงองค์ประกอบโดยประมาณของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากระบบแกสิฟิเคชัน.....	126

หน้า

รูปที่ 4.3	รูปแสดงเครื่องย่อยขนาดเชื้อเพลิง.....	127
รูปที่ 4.4	รูปแสดงระบบแกสิฟิเคชันของบริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง.....	130
รูปที่ 4.5	รูปแสดงข้อมูลของระบบแกสิฟิเคชันของบริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง.....	130
รูปที่ 5.1	รูปแสดงแผนภูมิปริมาณชีวมวลยอดและใบอ้อยทางภาคเหนือ.....	168
รูปที่ 5.2	รูปแสดงแผนภูมิปริมาณชีวมวลฟางข้าวทางภาคเหนือ.....	169
รูปที่ 6.1	รูปแสดงใช้ประโยชน์จากโปรดิวเซอร์แก๊สเป็นสารตั้งต้น อุตสาหกรรมปิโตรเคมี.....	219
รูปที่ ก.1	กระบวนการผลิตเซรามิกส์.....	229

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากสภาวการณ์ด้านพลังงานของประเทศไทยที่ต้องพึ่งน้ำมันดิบเป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้เกิดผลกระทบต่อเสถียรภาพทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศอย่างมาก เนื่องจากประเทศไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศเป็นเชื้อเพลิงหลัก น้ำมันปิโตรเลียมเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญมากที่สุด แต่ก็นับว่าเป็นแหล่งพลังงานที่เป็นทรัพยากรธรรมชาตินับวันจะหมดไป ราคาน้ำมันดิบของโลกยังมีความผันผวนตามภาวะอุปสงค์(ความต้องการใช้น้ำมัน) อุปทาน(ปริมาณการผลิต) ราคาซื้อขายน้ำมันในตลาดซื้อขายล่วงหน้า(Future market) สถานการณ์ทางการเมือง ทางการเมือง และเศรษฐกิจของโลก อาทิ ข่าวภาวะสงคราม ข่าวความไม่สงบที่เกิดขึ้นในกลุ่มประเทศผู้ผลิตและผู้ใช้น้ำมันรายสำคัญของโลก อีกทั้งปริมาณการผลิตและราคาน้ำมันดิบยังถูกกำหนดและผูกขาดจากกลุ่มผลิตน้ำมันรายใหญ่ของโลก เช่น กลุ่ม OPEC เป็นต้น ด้วยสถานการณ์ที่กล่าวมาทั้งหมดเป็นปัจจัยให้ราคาน้ำมันในตลาดโลกมีความผันผวนสูงมากมีแนวโน้มที่จะมีราคาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง สถานการณ์ดังกล่าวส่งผลกระทบให้ประเทศไทย และประเทศอื่นๆ ที่ไม่มีแหล่งทรัพยากรน้ำมันเป็นของตนเองต่างประสบปัญหาราคาน้ำมันในประเทศสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องตามแนวโน้มราคาน้ำมันโลก

ตารางที่ 1.1 ราคาน้ำมันดิบ ณ แหล่งต่างๆใน ระหว่างปี 2006-2008

ช่วงเวลา	ราคาน้ำมันดิบแหล่งต่างๆ (USD/BBL)		
	Brent	WTI	Dubai
28-Jun-06	72.16	72.15	66.47
28-Jun-07	73.27	70.47	66.31
23-Jan-08	87.70	87.52	84.44
25-Feb-08	98.17	99.37	93.28
24-Mar-08	101.67	101.52	92.68
24-Apr-08	114.29	117.05	108.86

ที่มา : รายงานเศรษฐกิจ สำนักงานเศรษฐกิจกระทรวงการคลัง ประเทศไทย

http://www.fpo.go.th/content.php?action=list&section=6100000000

ถึงแม้ว่าราคาน้ำมันขายปลีกในประเทศไทยจะปรับตัวสูงขึ้นและมีแนวโน้มว่าจะปรับตัวสูงขึ้นอีกในอนาคต แต่สำหรับประเทศไทยแล้วนับได้ว่าน้ำมันเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญที่ใช้ขับเคลื่อนกิจกรรมต่างๆในประเทศ ในขณะที่ประเทศไทยไม่มีแหล่งน้ำมันดิบที่จะสามารถผลิตน้ำมันดิบได้อย่างพอเพียงกับความต้องการใช้น้ำมันในประเทศ ถึงแม้ช่วงเวลาปี ค.ศ. 2002-2007 และเพิ่มปริมาณการผลิตน้ำมัน(CRUDE) ของประเทศเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

นอกจากนี้ประเทศไทยยังต้องนำเข้าแหล่งพลังงานอื่นๆอีก เช่น ถ่านหิน กระแสไฟฟ้า และแก๊สธรรมชาติ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันดิบเป็นแหล่งผลิตพลังงานที่สำคัญในการขับเคลื่อนกิจกรรมทุกภาคส่วนของประเทศ ได้แก่ภาคอุตสาหกรรมการผลิต ภาคการเกษตร การขนส่ง ธุรกิจการค้า บ้านที่อยู่อาศัย ภาคเหมืองแร่และการก่อสร้าง กิจกรรมในภาคต่างๆที่กล่าวมานี้มีแนวโน้มการขยายตัวอย่างต่อเนื่องพิจารณาได้จาก จำนวนประชากรที่เพิ่มสูงขึ้น มูลค่าสินค้าส่งออกที่เพิ่มขึ้น จำนวนอุตสาหกรรมขนาดเล็ก-ขนาดใหญ่ที่มีมากขึ้น ส่งผลให้ความต้องการน้ำมันดิบเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า และใช้ในการคมนาคมขนส่งเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเร่งแก้ปัญหา เช่น ลดการใช้พลังงานลง ในขณะเดียวกันต้องมีการพัฒนาเพื่อนำทรัพยากรเชื้อเพลิงและพลังงานของประเทศมาใช้ให้ได้ผลอย่างคุ้มค่า จัดหาแหล่งพลังงานเพิ่มเติม และรู้จักการประหยัด ตลอดจนส่งเสริมให้มีการศึกษา วิจัย และถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการใช้พลังงานที่มาจากแหล่งภายในประเทศ ซึ่งอาจได้แก่ พลังงานชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร พลังงานน้ำ พลังงานจากขยะ แก๊สชีวภาพน้ำเสียจากอุตสาหกรรม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานนิวเคลียร์ และ ไบโอดีเซล เป็นต้น

แหล่งพลังงานภายในประเทศเป็นแหล่งพลังงานที่ได้รับความสนใจอย่างมากได้แก่แหล่งพลังงานจากชีวมวลและพลังงานจากถ่านหิน ปัญหาของแหล่งพลังงานดังกล่าว คือ ชีวมวลส่วนใหญ่อยู่ในรูปของแข็งซึ่ง ไม่สะดวกในการนำมาใช้งานเพื่อเป็นพลังงานให้ความร้อนในแบบการเผาไหม้โดยตรง และก่อให้เกิดมลพิษตามมาอย่างมากมาย ส่วนปัญหาสำคัญของพลังงานถ่านหินคือการปนเปื้อนของสารซัลเฟอร์เมื่อเผาไหม้กับอากาศจะให้สารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสารพิษที่อาจจะกระจายสู่สิ่งแวดล้อม

แกสิฟิเคชัน เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยสู่บรรยากาศอันเนื่องมากจากการเผาไหม้ถ่านหินได้มากกว่าร้อยละ 90 ของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีอยู่ในแก๊สเชื้อเพลิงโดยการใช้หินปูนเป็นตัวดูดซับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแก๊สเชื้อเพลิง ทำให้แก๊สเชื้อเพลิงสะอาดขึ้นโดยจะทำการพ่นหินปูน ในรูปของฝุ่นละอองแห้งเข้าไปกักเก็บซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และสามารถนำไปกำจัดทิ้งได้

กระบวนนี้ ใช้เปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งให้อยู่ในสภาพของแก๊สเชื้อเพลิงหรือที่เรียกว่า แกสิฟิเคชัน (กระบวนการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง) กำลังเป็นที่สนใจ แก๊สเชื้อเพลิงนี้ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งในที่ที่มีออกซิเจนจำกัด กระบวนการไม่ยุ่งยากการเปลี่ยนแปลงทางปฏิกิริยาเป็นไปภายใต้สภาวะความดันบรรยากาศ เป็นกระบวนการที่ทำให้เชื้อเพลิงแข็งได้รับความร้อนในสภาพแวดล้อมที่จำกัดออกซิเจนเพื่อผลิตแก๊สที่ติดไฟได้(Combustible Gas) ความร้อนที่ใช้ในการผลิตแก๊สเกิดขึ้นในส่วนของการเผาไหม้วัสดุหรือ Oxidation Zone จะมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 1,100 – 1,500 องศาเซลเซียส และในส่วนของReduction Zone จะอยู่ระหว่าง 600 - 900 องศาเซลเซียส แก๊สเชื้อเพลิงที่ได้จากกระบวนการแกสิฟิเคชันมีชื่อเรียกว่า โปรดิวเซอร์แก๊ส สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงให้พลังงานได้ กระบวนการนี้ยังทำให้การใช้ถ่านหินมีประสิทธิภาพมากขึ้นและลดมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่านหินโดยตรง

อุตสาหกรรมเซรามิกส์ เป็นอุตสาหกรรมที่ต้องใช้เชื้อเพลิงจาก แก๊สธรรมชาติ แก๊สปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas : LPG)และพลังงานจากไฟฟ้า ในการเผาและการอบ โดยพลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่ในกระบวนการผลิต คือ กระบวนการอบแห้ง กระบวนการอบไล่ความชื้นและกระบวนการเผาเคลือบ ซึ่งปัจจุบันใช้เตาเผาที่ใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงเป็นส่วนมาก และราคาแก๊สธรรมชาติจะขึ้นอยู่กับราคาน้ำมันในตลาดโลกนอกจากนั้นราคาที่ใช้ในปัจจุบันนั้นรัฐบาลต้องใช้เงินอุดหนุนที่มาพยุงราคาให้มีค่าน้อยกว่าราคาตลาดหากสามารถใช้เชื้อเพลิงที่มีอยู่ในประเทศคือพลังงานที่ได้จากชีวมวลมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิคจะสามารถลดภาระของรัฐบาลมาลดได้ นอกจากเชื้อเพลิงที่ได้จากชีวมวลแล้วถ่านหินคุณภาพสูงเมื่อคิดพลังงานที่ได้รับเทียบกับราคาแล้วนั้นถือว่าเป็นเชื้อเพลิงที่มีราคาถูกกว่าแก๊สธรรมชาติ แต่ถ่านหินหากนำมาเผาไหม้ด้วยวิธีปกติจะปลดปล่อยแก๊สมลพิษออกมาเป็นจำนวนมาก เทคโนโลยีแกสิฟิเคชันจึงเป็นหนทางในการแก้ปัญหาของการเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยการนำถ่านหินมาเผาไหม้ในเตาแกสิไฟเออร์ที่มีอุณหภูมิสูงจะเกิดกระบวนการทางเคมีที่ลดประมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และแก๊สมลพิษอื่นๆ ให้มีปริมาณลดลง อีกทั้งเตาแกสิไฟเออร์ยังสามารถเผาชีวมวลให้ได้อีกด้วย หลังจากนำเชื้อเพลิงที่เป็นวัตถุดิบที่เป็นของแข็งเข้าไปเผาในเตาแกสิไฟ-เออร์แล้วจะได้แก๊สเชื้อเพลิงที่เรียกว่าโปรดิวเซอร์แก๊สซึ่งมีส่วนผสมกันระหว่างแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และแก๊สไฮโดรเจน(H_2) เป็นแก๊สหลักและมีแก๊สมีเทน (CH_4) เล็กน้อย แก๊สเชื้อเพลิงนี้สามารถนำมาเก็บไว้ในถังแก๊สได้ซึ่งเป็นการง่ายในการจัดเก็บและการนำมาใช้

อุตสาหกรรมเซรามิกส์จัดเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญ เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่เชื่อมโยงเข้ากับอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ และอุตสาหกรรมยานยนต์ เป็นต้น นอกจากนี้วัตถุดิบที่ใช้ใน

อุตสาหกรรมเซรามิกส์ ส่วนใหญ่เป็นวัตถุดิบภายในประเทศ มีการใช้แรงงานเป็นจำนวนมาก และมีการกระจายรายได้สู่ชนบท แต่เดิมเป็นอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม หลังจากนั้นเพื่อตอบสนองความต้องการในประเทศและทดแทนการนำเข้า จึงได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีและขยายฐานการผลิตอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งในปัจจุบัน อุตสาหกรรมเซรามิกส์กลายเป็นอุตสาหกรรมขนาดกลางและใหญ่ สามารถส่งออกและทำรายได้ให้ประเทศสูง ปัจจุบันได้มีการจัดประเภทอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ตามมาตรฐานสากล (ISIC) ไว้ดังนี้

ตารางที่ 1.2 การจัดประเภทอุตสาหกรรมตามมาตรฐาน ISIC

รหัส	ประเภทอุตสาหกรรมตาม ISIC
2691	การผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ชนิดไม่ทนไฟ ซึ่งไม่ได้ใช้ในงานก่อสร้าง
2692	การผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ทนไฟ
2693	การผลิตผลิตภัณฑ์จากดินชนิดไม่ทนไฟซึ่งใช้กับงานก่อสร้าง

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม

สำนักเศรษฐกิจอุตสาหกรรม ได้ทำการจัดแบ่งประเภทอุตสาหกรรมในระดับย่อยลงไปอีกภายใต้มาตรฐาน ISIC เพื่อนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลเชิงเศรษฐกิจของภาคอุตสาหกรรม ซึ่งรายละเอียดมีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1.3 การจัดประเภทอุตสาหกรรมย่อยโดยสำนักเศรษฐกิจอุตสาหกรรม

สำนักเศรษฐกิจอุตสาหกรรม (อ้างอิงมาตรฐาน ISIC)	
รหัส	ประเภทอุตสาหกรรมตาม ISIC
2691	การผลิตเซรามิกส์ชนิดไม่ทนไฟ ซึ่งไม่ได้ใช้ในการก่อสร้าง
269110	ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ใช้สอย
269110 -010	ของใช้บนโต๊ะอาหารที่ทำจากเซรามิค
269120	เครื่องสุขภัณฑ์
269120 -010	เครื่องสุขภัณฑ์ ส้วมนั่งยอง
269120 -020	เครื่องสุขภัณฑ์ ส้วมชักโครก
269120 -030	เครื่องสุขภัณฑ์ โถส้วมปัสสาวะ

269120 -040	เครื่องสุขภัณฑ์ อ่างล้างหน้า
269120 -060	เครื่องสุขภัณฑ์ ที่วางสบู่และที่ใส่กระดาษ
2693	การผลิตผลิตภัณฑ์จากดินชนิดไม่ทนไฟ ซึ่งใช้กับงานก่อสร้าง
269310	ผลิตภัณฑ์จากดินชนิดไม่ทนไฟ ซึ่งใช้กับงานก่อสร้าง
269310 - 010	กระเบื้องปูพื้น-บุผนัง

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม

ความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศโดยรวม จากข้อมูลสถิติในปี พ.ศ. 2548 มีการส่งออกผลิตภัณฑ์เซรามิกส์รวมทั้งสิ้นมากกว่า 185,349 ตัน หรือคิดเป็นรายได้เข้าประเทศมูลค่ารวมกว่า 25,264 ล้านบาท เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2547 มูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้นร้อยละ 16.25

ตารางที่ 1.4 ปริมาณและมูลค่าการส่งออก

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์

ผลิตภัณฑ์	ปี 2546		ปี 2547		ปี 2548	
	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)
กระเบื้องปูพื้น ปิดผนังและโมเสค	22,483	2,902	22,399	3,446.3	25,183	4,201.4
เครื่องสุขภัณฑ์	66,724	4,197.6	79,964	3,817.8	75,567	4,419.2
ลูกถ้วยไฟฟ้า	878	781.7	1,179	705.8	2,940	691.7
ของชำร่วยและเครื่องประดับ	13,638	1,487.1	13,756	1,273.2	12,550	1,302.4
ถ้วยชามทำด้วยเซรามิกส์	76,739	7,841.1	75,238	7,493.0	69,109	7,225.7

ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์อื่น ๆ	-	4,614.2	-	4,996.0	-	7,423.7
รวมทั้งสิ้น	>180,462	21,824	192,536	21,732	>185,349	25,264
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)			-	0.42	-	16.25

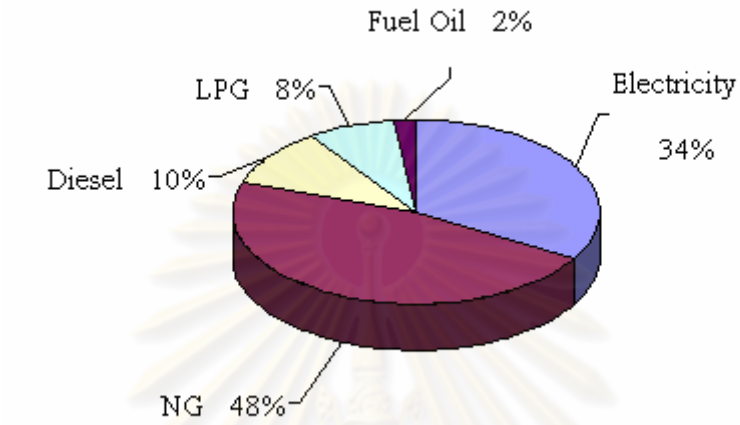
ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์

จากข้อมูลในปี พ.ศ. 2548 มีการนำเข้าผลิตภัณฑ์เซรามิกส์รวมทั้งสิ้นมากกว่า 5,215 ตัน หรือคิดเป็นมูลค่ารวม 6,436 ล้านบาท เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2547 มูลค่าการนำเข้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.94

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์						
ผลิตภัณฑ์	ปี 2546		ปี 2547		ปี 2548	
	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)
ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์	-	2,169.4	-	3,800.8	-	3,977.8
ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์สำหรับใช้ตามห้องปฏิบัติการ	4,887	1,498.0	4,723	1,847.8	5,215	2,458.3
รวมทั้งสิ้น	>4,887	3,667.4	>4,723	5,648.6	>5,215	6,436.1
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)			-	54.02	-	13.94

ตารางที่ 1.5 ปริมาณและมูลค่าการนำเข้า

ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์



รูปที่ 1.1 สัดส่วนต้นทุนพลังงานในการผลิตเซรามิกส์ปีพ.ศ.2551
ที่มา: เวปไซท์มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม,www.efe.or.th สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มีนาคม 2551

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า เตาเผาแบบกระบวนการแกสิฟิเคชันสามารถนำชีวมวลเข้ามาเป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงาน และหากนำถ่านหินมาใช้เป็นวัตถุดิบจะสามารถลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยสู่บรรยากาศที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่านหิน จึงเป็นที่น่าสนใจศึกษาความเป็นไปได้ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการนำกระบวนการแกสิฟิเคชั่นมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิคต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กระบวนการแกสิฟิเคชันเข้ามาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ทางภาคเหนือของประเทศไทย

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กระบวนการแกสิฟิเคชันเข้ามาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ทางภาคเหนือของประเทศไทยโดยคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการลงทุน การดำเนินการ และการปกป้องสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากของเสียและแก๊สในการใช้เทคโนโลยีนี้

1.4 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีการเกิดปฏิกิริยาแกสิฟิเคชันและรวบรวมข้อมูลแหล่งวัตถุดิบถ่านหินและชีวมวลที่มีความสามารถนำมาใช้ ในการผลิตแกสิฟิเคชันในภาคเหนือ

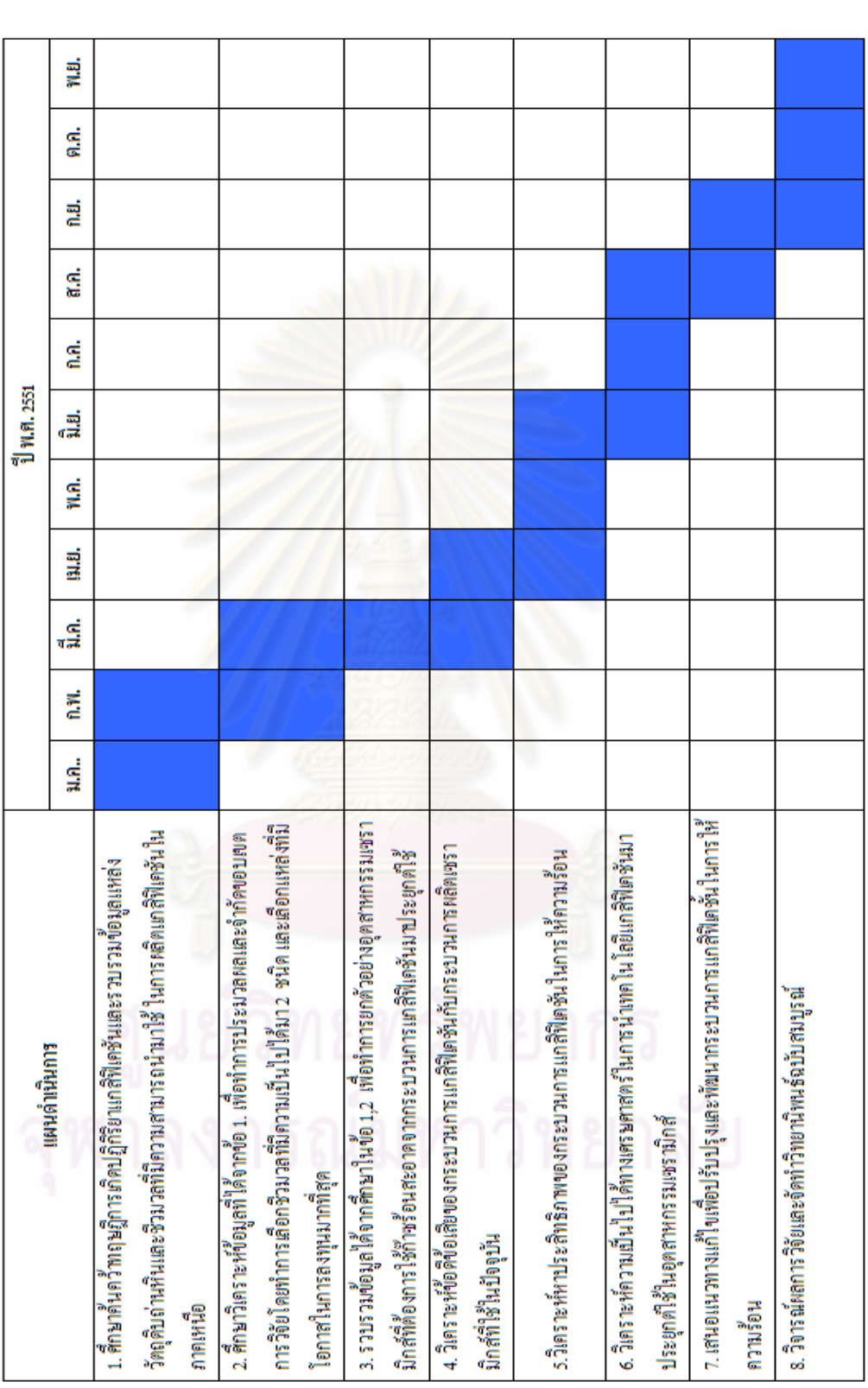
2. ศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากข้อ 1. เพื่อทำการประมวลผลและจำกัดขอบเขตการวิจัย โดยทำการเลือกชีวมวลที่มีความเป็นไปได้มา 2 ชนิด และเลือกแหล่งที่มีโอกาสในการลงทุนมากที่สุด
3. รวบรวมข้อมูลได้จากศึกษาในข้อ 1,2 เพื่อทำการยกตัวอย่างอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่ต้องการใช้แก๊สร้อนสะอาดจากกระบวนการแกสิฟิเคชันมาประยุกต์ใช้
4. วิเคราะห์ข้อดีข้อเสียของกระบวนการแกสิฟิเคชันกับกระบวนการผลิตเซรามิกส์ที่ใช้ในปัจจุบัน
5. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของกระบวนการแกสิฟิเคชันในการให้ความร้อน
6. วิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษศาสตร์ในการนำเทคโนโลยีแกสิฟิเคชันมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์
7. เสนอแนวทางแก้ไขเพื่อปรับปรุงและพัฒนากระบวนการแกสิฟิเคชันในการให้ความร้อน
8. วิจารณ์ผลการวิจัยและจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการใช้พลังงานทางเลือกในอุตสาหกรรมที่นำกระบวนการใช้ความร้อนไปใช้
2. สามารถช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมและอนุรักษ์การใช้พลังงานโดยการใช้ชีวมวลเข้ามาใช้ในอุตสาหกรรมที่นำกระบวนการใช้ความร้อนไปใช้
3. สนองนโยบายของรัฐบาลในการประหยัดมูลค่านำเข้าเชื้อเพลิงน้ำมันที่ใช้ในการผลิตในภาคอุตสาหกรรม
4. เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษากระบวนการแกฟิเคชันในอนาคต
5. สามารถรู้ต้นทุนที่แท้จริงในการผลิตความร้อนจากกระบวนการแกสิฟิเคชันเพื่อนำไปใช้ในการตัดสินใจลงทุน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.6 แผนการดำเนินงาน



บทที่ 2

ทฤษฎีข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีข้อมูล

2.1.1 ทฤษฎีข้อมูลเกี่ยวกับเซรามิกส์

ก. ประวัติของอุตสาหกรรมเซรามิกส์

อุตสาหกรรมเซรามิกส์เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนรูปวัตถุดิบประเภทสารอนินทรี อโลหะ ให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์และคุณค่าแก่มนุษยชาติ อาทิ การเปลี่ยนดินให้เป็นผลิตภัณฑ์กระเบื้องสุขภัณฑ์ ถ้วยชาม เป็นต้น

อุตสาหกรรมเซรามิกส์เป็นอุตสาหกรรมที่มีขนาดใหญ่พอสมควร โดยเฉพาะประเทศที่มีการพัฒนาแล้วอย่างในประเทศสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และกลุ่มประเทศยุโรป เป็นต้น ผลิตผลทางเซรามิกส์ทำรายได้ให้ประเทศอยู่ในสัดส่วนที่เป็นอย่างชัดเจน

ลักษณะเด่นของอุตสาหกรรมเซรามิกส์นี้นอกจากจะใช้ประโยชน์จากตัวมันเอง เช่น เป็นภาชนะรองรับอาหารแล้ว ยังเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่ไปรองรับ และสนับสนุนให้เกิดอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น วัสดุทนไฟเป็นตัวพื้นฐานสำหรับทำเตาถลุง เพื่อรองรับอุตสาหกรรมโลหะเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องจักรกล และอุตสาหกรรมรถยนต์ เป็นต้น

นอกจากนี้เซรามิกส์ยังก่อให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีและเครื่องมือ อุปกรณ์ใหม่ ๆ เช่น ทางด้านอวกาศ ด้านนิวเคลียร์ เทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์ ตลอดจนระบบสื่อสารใหม่ๆ เป็นต้น เนื่องจากว่าผลิตภัณฑ์เซรามิกส์มีคุณสมบัติพิเศษทั้งด้านกายภาพ และเคมี ที่เหมาะสมที่จะทำเป็นชิ้นส่วนสนับสนุนงานดังกล่าว

ข. อุตสาหกรรมเซรามิกส์ในประเทศไทย

อุตสาหกรรมเซรามิกส์ไทยเจริญมาก่อน โดยทำการผลิตที่ศรีสัชนาลัย ก่อนยุคสมัยพระราชวงศ์พระร่วง ผลิตภัณฑ์ที่รู้จักกันดีคือ เครื่องสังคโลก อุตสาหกรรมในยุคนี้มีความเจริญมาก มีกำลังผลิตสูงมากและมีการส่งออกไปต่างประเทศ

อุตสาหกรรมเซรามิกส์หลังจากนั้นมาก็อยู่ในรูปอุตสาหกรรมครอบครัว และเป็นหัตถกรรมเรื่อยมาจนกระทั่งในรัชกาลปัจจุบันมีโรงงานถ้วยชามที่ อ้อมน้อย สมุทรสาคร อุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้พัฒนาและเปลี่ยนโฉมหน้าใน พ.ศ. 2513 หลังจากที่รัฐบาลได้ส่งเสริมอุตสาหกรรมด้านนี้ มีโรงงานตั้งขึ้นอย่างมาก ผลิตกระเบื้องปูพื้น กระเบื้องโมเสก สุขภัณฑ์ โดยใช้เทคโนโลยีการผลิตและเครื่องจักรที่ทันสมัย

ในปัจจุบันบ้านเราก็มีอุตสาหกรรมเซรามิกส์อยู่ 2 แบบ คือ อุตสาหกรรมครอบครัว หรือขนาดเล็ก และอุตสาหกรรมแบบขนาดกลาง ผลผลิตที่ได้จากอุตสาหกรรมรมมีพอสนองความต้องการของประเทศ สามารถทดแทนการนำเข้า และบางประเภทมีคุณภาพดีสามารถส่งออกไปต่างประเทศได้ อาทิ กระเบื้องและสุขภัณฑ์ ถ้วยชาม แจกัน และเครื่องประดับอื่นๆ

ค. โครงสร้างอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์แบ่งออกได้หลายประเภทด้วยกัน แล้วแต่เกณฑ์ที่นำมาใช้จำแนก โดยทั่วไปอาจจำแนกตามเนื้อดิน หรือวัตถุดิบที่ใช้ กับจำแนกตามวัตถุประสงค์ของการใช้ผลิตภัณฑ์

1.การจำแนกตามเนื้อดินหรือวัตถุดิบ แบ่งเป็น

1.1 ผลิตภัณฑ์ประเภทเอิทเธินแวร์ ทำจากวัตถุที่หาง่าย ผลิตภัณฑ์มีการดูดซึมน้ำสูงกว่า 15%

1.2 ผลิตภัณฑ์ประเภทสโตนแวร์ ทำจากวัตถุดิบที่ดีขึ้นผลิตภัณฑ์มีการดูดซึมน้ำประมาณ 2-5 %

1.3 ผลิตภัณฑ์ประเภทปอร์ซเลน ทำจากวัตถุดิบที่มีคุณภาพดี ผลิตภัณฑ์สีขาว การดูดซึมน้ำแทบไม่มี

1.4 ผลิตภัณฑ์ประเภทโบนไชน่า มีลักษณะโปร่งแสง ประกอบด้วยส่วนผสมจากกระดูก

2.การจำแนกตามวัตถุประสงค์ของการใช้ผลิตภัณฑ์ แบ่งเป็น

2.1. ประเภทที่ใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง เช่น อิฐ กระเบื้อง กระเบื้องเคลือบ

2.2. ประเภทฉนวนไฟฟ้าและวัสดุทนไฟ เช่น ลูกถ้วยไฟฟ้า และอิฐทนไฟ

2.3. ประเภทเครื่องใช้ในครัวเรือน เช่น ถ้วย ชาม จาน และและของชำร่วย

2.4. ประเภทสุขภัณฑ์เซรามิกส์ เช่น ที่ปัสสาวะชาย อ่างล้างหน้าและอ่างล้างจาน

วิธีการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ประเภทต่างๆเหล่านี้ อาจมีความแตกต่างกัน โดยที่ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ในครัวเรือนและเครื่องประกับเซรามิกส์ มีวิธีการผลิตที่เน้นการใช้แรงงานค่อนข้างมาก ส่วนประเภทวัสดุก่อสร้าง วิธีการผลิตมีการใช้เทคโนโลยีและเครื่องจักรทันสมัยมากขึ้น

ง. แนวโน้มของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ในอนาคต

ในปัจจุบันประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และอังกฤษได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุและผลิตภัณฑ์พื้นสนับสนุนการพัฒนาอุตสาหกรรมต่าง ๆ และเทคโนโลยีใหม่ ๆ ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมโลหะ ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์

รถยนต์ เครื่องจักรกล การแพทย์ และอื่น ๆ อีกมากมาย จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์เซรามิกส์มีแนวโน้มที่จะเพิ่มบทบาทต่อการดำรงชีพของมนุษย์มากยิ่งขึ้น

จ. แหล่งผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ในภาคเหนือของประเทศไทย

ภาคเหนือมีศูนย์กลางผลิตใหญ่ที่ลำปาง มีโรงงานผลิตเซรามิกส์มากมาย ส่วนใหญ่จะทำประเภท ถ้วยชาม แจกัน ตุ๊กตา โคมไฟ ที่เขี่ยบุหรี่ กระถาง เครื่องประดับ เป็นต้น และมีการผลิตในจังหวัดเชียงใหม่บางส่วน

ที่มา: รายงานสถานการณ์อุตสาหกรรมเซรามิกส์ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เล็ก อุตตมศิล หน้า1-3 , 5

2.1.2 ทฤษฎีข้อมูลเกี่ยวเตาแกสิฟิเคชัน

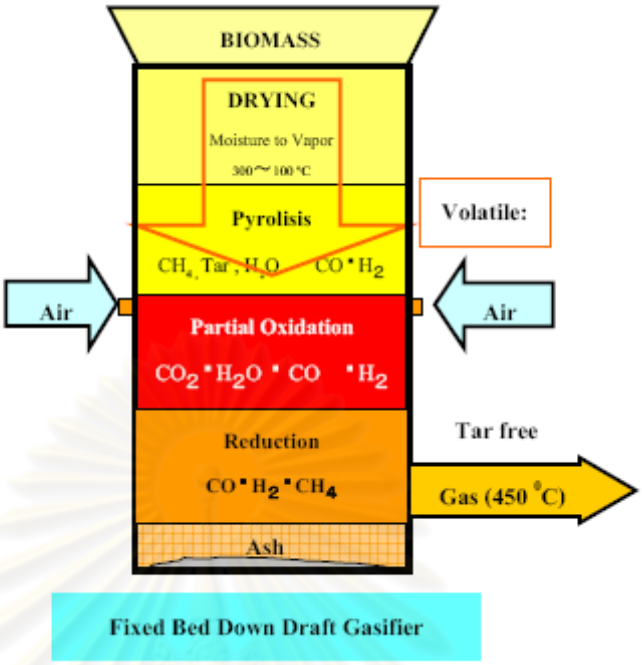
ก. ความหมายของกระบวนการแกสิฟิเคชัน

แกสิฟิเคชัน หรือกระบวนการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง เป็นกระบวนการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง โดยกระบวนการแปรสภาพเชื้อเพลิงแข็งที่มีสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ให้อยู่ในรูปเชื้อเพลิงที่เป็นแก๊ส เช่น คาร์บอนมอนนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน กระบวนการดังกล่าวเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางอุณหเคมี เป็นการกลั่นสลายองค์ประกอบไฮโดรคาร์บอน โดยใช้ความร้อนหรือไอน้ำที่อุณหภูมิสูง ภายใต้สภาวะจำกัดอากาศหรือออกซิเจน ที่ความดัน 1 บรรยากาศขึ้นไป ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมีหลายขั้นตอนทั้งปฏิกิริยาดูดความร้อนและคายความร้อน แก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ เรียกว่า แก๊สเชื้อเพลิง หรือ โปรดิวเซอร์แก๊ส

ข. ปฏิกิริยาอุณหเคมีในกระบวนการแกสิฟิเคชัน

ปฏิกิริยาอุณหเคมีที่เกิดขึ้นในกระบวนการแกสิฟิเคชัน เป็นส่วนที่ทำการเปลี่ยนเชื้อเพลิงในรูปของแข็งที่มีองค์ประกอบไฮโดรคาร์บอนให้เป็นแก๊สที่เผาไหม้ได้ สามารถประยุกต์ใช้กับเชื้อเพลิงได้กว้างขวาง เช่น เชื้อเพลิงชีวมวล ขยะมูลฝอย รวมทั้งกากตะกอนน้ำเสียปฏิกิริยาอุณหเคมีต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการแกสิฟิเคชัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.1ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในกระบวนการแกสิฟิเคชันในเตาผลิตแก๊สชนิดไหลลง
ที่มา: วีรชัย อาจหาญ และ คณะ 2551

วีรชัย อาจหาญ และคณะ (2551) ได้อธิบายว่า ในกระบวนการเกิดแก๊สเชื้อเพลิงสามารถแบ่งโซนการเกิดปฏิกิริยาทางอุณหเคมี ตามความแตกต่างของอุณหภูมิ 4 โซน ดังนี้

1. Drying Zone คือช่วงที่ไอน้ำหรือความชื้นที่แทรกตัวอยู่ในเชื้อเพลิงโดนกำจัดด้วยความร้อนที่มาจากโซนเผาไหม้อุณหภูมิ ประมาณ 100 - 200 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิที่เกิดขึ้นยังไม่สูงพอที่จะทำให้เกิดการสลายตัวของ Volatile Matter ในเชื้อเพลิงได้

2. Pyrolysis หรือ Distillation Zone ปฏิกิริยาอุณหเคมีที่เกิดขึ้นในโซนนี้จะอาศัยความร้อนจากโซน Combustion ทำให้ Volatile Matter ที่อยู่ในเชื้อเพลิงเกิดการสลายตัว เกิดเป็นเมทานอล กรดน้ำส้ม และทาร์ (Tar) โดยอุณหภูมิในโซนนี้จะมีค่าประมาณ 200-500 องศาเซลเซียส ของแข็งที่เหลืออยู่ภายหลังจากการผ่านกระบวนการนี้คือ คาร์บอนในรูปถ่าน ซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อในโซน Reduction และ Combustion ปฏิกิริยาที่ได้ในโซนนี้แสดงไว้ในสมการที่ (1)

$$\text{Dry Biomass} + \text{Heat} \longrightarrow \text{Charcoal} + CO + CO_2 + H_2O + CH_4 + C_2H_6 + \text{Pyroligneous Acid} + \text{Tar} \text{ ---------- (1)}$$

3. Combustion Zone หรือ Oxidation เป็นบริเวณที่มีการป้อนอากาศ เมื่อถูกกระตุ้นด้วยความร้อน เชื้อเพลิงจะลุกไหม้ เกิดปฏิกิริยาอุณหเคมีระหว่างแก๊สออกซิเจนในอากาศกับคาร์บอนและไฮโดรเจน ซึ่งอยู่ในเชื้อเพลิง ผลของปฏิกิริยาดังกล่าว ก่อให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ดังสมการที่ (2) และ (3)

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2 \quad \text{---------- (2)}$$

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O \quad \text{---------- (3)}$$

ปฏิกิริยาในสมการที่ เป็นปฏิกิริยาคายความร้อนที่เกิดขึ้นนี้ จะถูกนำไปใช้ในปฏิกิริยาดูดความร้อนในโซน Reduction และโซน Pyrolysis อุณหภูมิในโซน Combustion จะมีค่าระหว่าง 1,100 – 1,500 องศาเซลเซียส

4. Reduction Zone แก๊สร้อนที่ผ่านมากจาก Combustion Zone จะทำให้เกิดปฏิกิริยากับแก๊สคาร์บอนไดซ์ออกไซด์และน้ำ ก่อให้เกิดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน ดังสมการที่ (4) ถึง (8)

$$C + CO_2 \longrightarrow 2CO \quad \text{---------- (4)}$$

$$C + H_2O \longrightarrow CO + H_2 \quad \text{---------- (5)}$$

$$C + 2H_2O \longrightarrow CO_2 + 2H_2 \quad \text{---------- (6)}$$

$$CO + H_2O \longrightarrow CO_2 + H_2 \quad \text{---------- (7)}$$

$$C + 2H_2 \longrightarrow CH_4 \quad \text{---------- (8)}$$

ปฏิกิริยาในสมการที่ (4) เรียกว่า Boundouar Reduction และปฏิกิริยาในสมการที่ (5) เรียกว่า Water Gas Reduction เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนเกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส แก๊สที่ได้จากสมการทั้งสองเป็นแก๊สที่เผาไหม้ได้ และแก๊สคาร์บอนมอนออกไซด์เป็นแก๊สหลักที่ต้องการ ปริมาณของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในแก๊สเชื้อเพลิงนี้จะขึ้นอยู่กับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ว่าจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนที่ร้อนได้มากน้อยเพียงใด

ในโซนของ Reduction นี้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะดีเพียงใดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และความเร็วของแก๊สที่สัมผัสกับเชื้อเพลิง และพื้นที่ ๆ ผิวสัมผัสของเชื้อเพลิง ขนาดและปริมาณของเชื้อเพลิงที่ใช้ จะมีผลต่อการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง ซึ่งเชื้อเพลิงขนาดใหญ่จะมีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรต่ำ ทำให้ยากต่อการจุดเผาภายในเตาและจะทำให้เกิดปริมาณของช่องว่างระหว่างเชื้อเพลิงมีขนาดเล็กก็จะทำให้เกิดการสูญเสียความดันภายในเตามาก จึงต้องใช้พัดลมดูดขนาดใหญ่ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานมากยิ่งขึ้นและแก๊สที่ผลิตได้ก็จะมีฝุ่นมากยิ่งขึ้น ขนาดเชื้อเพลิงแข็งที่เหมาะสม

ควรมีขนาด 20-60 มิลลิเมตร และควรมีขนาดที่คงตัวใกล้เคียงกัน เพราะจะทำให้การถ่ายเทความร้อน อุณหภูมิ ปฏิกิริยาอุณหเคมีในเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ

นอกจากนี้ถ้าอุณหภูมิในโซน Reduction สูงกว่า 900 องศาเซลเซียส แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 90 % จะถูกทำให้เปลี่ยนเป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ และถ้าอุณหภูมิสูงมากกว่า 1,100 องศาเซลเซียส จะทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดเปลี่ยนเป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ นั่นคือประสิทธิภาพของเตาเผาจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิของโซน Reduction

ในขณะที่แก๊สร้อนจากโซน Combustion ไหลเคลื่อนเข้าสู่โซน Reduction จะทำให้อุณหภูมิของแก๊สลดลง เนื่องจากปฏิกิริยาดูดความร้อน ดังนั้นไอน้ำกับคาร์บอนจะทำปฏิกิริยากันเพื่อก่อให้เกิดแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ดังสมการ ซึ่งจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 500-600 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยานี้มีความสำคัญเพราะจะทำให้ส่วนผสมของแก๊สไฮโดรเจนในแก๊สเชื้อเพลิงมีค่ามากขึ้น แต่ถ้าในกระบวนการที่มีไอน้ำมากเกินไปจะทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจน ดังสมการ ปฏิกิริยานี้เรียกว่า Water Shift Reduction ทำให้ค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิงที่ได้มีค่าลดลง ดังนั้นเชื้อเพลิงที่ใช้จะต้องมีความชื้นไม่มากจนเกินไป นอกจากนี้ในกระบวนการ Reduction แก๊สไฮโดรเจนบางส่วนจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนทำให้เกิดแก๊สมีเทนขึ้น ดังสมการ ปฏิกิริยานี้เรียกว่า Methane Production

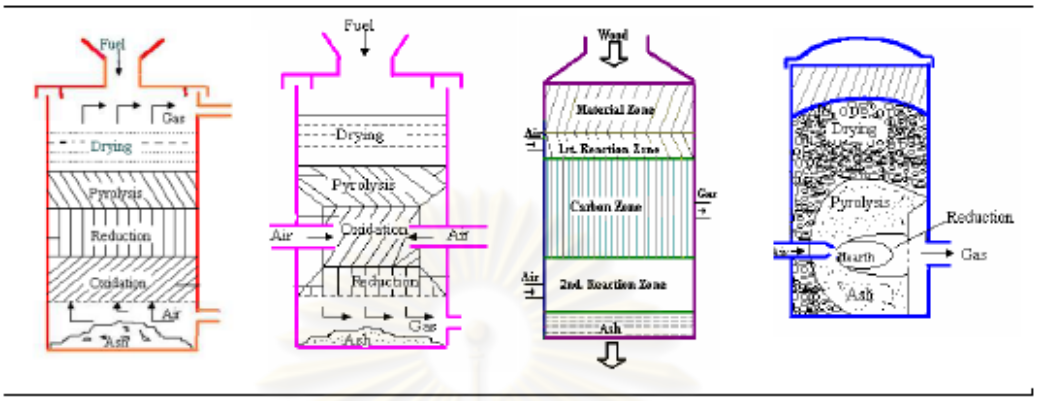
ปฏิกิริยาอุณหเคมีที่ทำให้เกิดแก๊สเชื้อเพลิงดังที่ได้กล่าวข้างต้น เกิดขึ้นจากเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิง(Gasifier) ได้หลายชนิด ซึ่งเตาแต่ละชนิดนั้นจะถูกออกแบบสำหรับการใช้งานที่แตกต่างกัน ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

ค. ชนิดของเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิง

สำหรับชนิดของเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิง แบ่งตามลักษณะการป้อนเชื้อเพลิงได้เป็น 2 แบบ คือ แบบคอลัมน์ (fixed Bed Gasifier) และแบบฟลูอิดไดซ์เบด ซึ่งมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไปตามลักษณะของการนำไปใช้ประโยชน์ และเชื้อเพลิงที่ใช้เตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงแบบคอลัมน์เหมาะสมกับเชื่อเพลิงที่มีขนาดใหญ่ รูปร่างคงตัวสามารถใช้กับเชื้อเพลิงที่มีความชื้นสูงได้ การทำงานของระบบไม่ซับซ้อน สามารถนำแก๊สเชื้อเพลิงไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย สำหรับเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงแบบฟลูอิดไดซ์เบด เหมาะสำหรับเชื้อเพลิงที่มีขนาดเล็กมากและต้องใช้ความเร็วของอากาศทำให้เชื้อเพลิงลอยตัวขึ้นมีลักษณะคล้ายของไหล ซึ่งเรียกว่า สภาวะของ Fluidization โดยจะมีสารเฉื่อย (inert material) เช่น ทราย หินปูน เป็นระบบทีใช้ความดันสูง จึงทำให้การเดินระบบมีความยุ่งยากกว่า โดยทั่วไปจะใช้กับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่

วีรชัย อาจหาญ และคณะ (2551) ได้อธิบายว่าเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงแบบคอลัมน์ (fixed Bed Gasifier) ยังสามารถจำแนกตามทิศทางการป้อนอากาศในเตาคือ ถ้าอากาศถูกป้อนจาก

ด้านล่างขึ้นข้างบนของเตาเรียกว่า Updraft Gasifier และถ้าอากาศถูกป้อนสู่โซนเผาไหม้แล้วไหลลงด้านล่างของเตาเรียกว่า Dowdraft Gasifier ส่วนการป้อนอากาศเข้า 2 ทางเรียกว่า Twin-fire และถ้าอากาศเข้าในแนวขวางเรียกว่า Crossdraft Gasifier ดังแสดงในรูปที่



ก. Updraft ข. Downdraft ค. Twin-fire ง. Crossdraft

รูปที่ 2.2 เตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ

ที่มา: วีรชัย อาจหาญ และคณะ, 2551

ง. คำจำกัดความของทาร์ (Definition of Tar)

ทาร์ (Tar) หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการที่เกิดจากกระบวนการแกสิฟิเคชัน หรือ เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ลักษณะของทาร์เป็นของเหลวที่มีความหนืดสูง (high viscous) และมีฤทธิ์กัดกร่อน โดยทั่วไปมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ ประกอบไปด้วยสารไฮโดรคาร์บอนจำนวนมาก สมบัติของทาร์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพบว่า อุณหภูมิในกระบวนการสูงขึ้นจะทำให้สัดส่วนของ H/C ลดลง ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ซึ่งเป็นข้อมูลสนับสนุนว่าผลของอุณหภูมิที่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบที่อยู่ในทาร์ คือ การเปลี่ยนจากรูปของ Highly Oxygenate Pyrozate เป็น Condense Aromatic นั้นคือในสภาวะที่อุณหภูมิสูงขึ้น Complex – Phenolics Furans จะหายไปขณะที่ Aromatic ซึ่งมีความคงตัวจะเพิ่มขึ้น (อาภาณี เหลืองนฤมิตชัย , 2538)

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบทางเคมีของทาร์ (Tar) ที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิปกติ 400-500°C (Conventional Flash Pyrolysis)	อุณหภูมิสูง 600-650°C (Hi-Temperature Flash Pyrolysis)	อุณหภูมิปกติ 700-800°C (Conventional Gasification)	อุณหภูมิสูง 900-1000°C (Hi-Temperature Gasification)
Acid	Benzenes	Naphthalenes	Naphthalene
Aldehydes	Phenols	Acenaphthalenes	Acenaphthalene
Ketone	Catechols	Fluorenes	Phenanthrene
Furan	Naphthalene	Phenanthrenes	Fluoranthrene
Alcohols	Biphenyls	Benzaldehydes	Pyrene
Complex-Oxygenated	Phenanthrenes	Phenols	Acephenanthrylene
Phenols	Benzofurans	Naphtofurans	Benzanthracenes
Guaiacols	Benzaldehydes	Benzanthracenes	Benzopyrenes
Syringols			
Complex-Phenolics			

ที่มา: จาก อาภาณี เหลืองนฤมิตชัย (2538)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จ. แก๊สเชื้อเพลิงหรือโปรดิวเซอร์แก๊ส

ในกระบวนการแกสิฟิเคชันแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ สามารถแบ่งตามค่าความร้อนได้ 3 ประเภทคือ (อาภาณี เหลืองนฤมิตชัย , 2538 ; Nowell, 1999)

1.การผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนต่ำ (Low Heating Value Gas) : แก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จะมีค่าความร้อนประมาณ 3.3 – 5.6 MJ/ Nm^3 โดยมีองค์ประกอบของแก๊สที่สามารถเผาไหม้ได้ หรือแก๊สที่จุดไฟติด (Combustible gas) คือแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และแก๊สไฮโดรเจน(H_2) เป็นแก๊สหลักและมีแก๊สมีเทน (CH_4) เล็กน้อย ซึ่งเจือจางอยู่ในแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สไนโตรเจน และแก๊สออกซิเจน ซึ่งประเภทนี้เป็นกระบวนการแกสิฟิเคชันทั่วไปที่ใช้อากาศเพื่อให้เกิดปฏิกิริยา Partial Oxidation

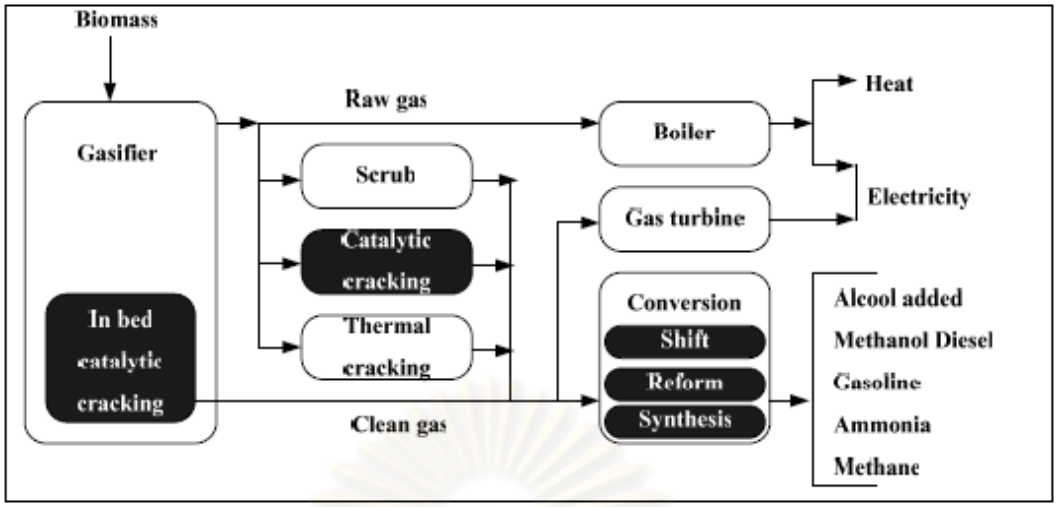
2.การผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนปานกลาง (Medium Heating Value Gas): แก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิต ได้จะมีค่าความร้อนประมาณ 9.3 – 20.5 MJ/ Nm^3 กระบวนการนี้จะใช้ออกซิเจนบริสุทธิ์ เพื่อให้เกิดปฏิกิริยา Partial Oxidation ในสภาวะที่ปราศจากไนโตรเจนเนื่องจากการไม่มีแก๊สไนโตรเจนเจือปน จะทำให้มีองค์ประกอบของแก๊สที่เผาไหม้ได้เพิ่มขึ้น และค่าความร้อนของแก๊สสูงขึ้น

3.การผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนสูง (High Heating Value Gas) : แก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จะมีค่าความร้อนสูงกว่า 20.5 MJ/ Nm^3 หรือเทียบเท่ากับ Synthesis Gas (SNG) โดยส่วนประกอบของแก๊สนี้คือ แก๊สมีเทนเกือบบริสุทธิ์ ซึ่งโดยทั่วไปจะนำ Medium Heating Value Gas มาเปลี่ยนเป็น High Heating Value Gas โดยใช้กระบวนการสังเคราะห์มีเทน (Methanation) โดยการทำปฏิกิริยาระหว่างแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ และแก๊สไฮโดรเจน เกิดเป็นแก๊สมีเทนและน้ำ โดยใช้ Catalytic ดังสมการ(9)

$$CO + 3H_2 \longrightarrow CH_4 + H_2O \qquad \text{---------- (9)}$$

ฉ. การใช้ประโยชน์จากแก๊สเชื้อเพลิง

แก๊สเชื้อเพลิงหรือโปรดิวเซอร์แก๊ส ที่ผลิตได้สามารถนำไปใช้งานได้โดยตรง แต่ก่อนนำมาใช้งานจำเป็นต้องผ่านระบบทำความสะอาดแก๊สก่อน และขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้งานรูปแสดงถึงภาพรวมของการใช้ประโยชน์ของแก๊สเชื้อเพลิง โดยแบ่งแนวทางการใช้ประโยชน์หลักได้ 3 ประเภท คือ



รูปที่ 2.3 ภาพรวมของการใช้ประโยชน์แก๊สเชื้อเพลิง

ที่มา: Nowell, 1999

1. พลังงานความร้อนตรง สามารถนำแก๊สเชื้อเพลิงมาใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนตรง เนื่องจากแก๊สเชื้อเพลิง สามารถส่งไปตามท่อในระยะใกล้ได้ สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงให้กับหม้อไอน้ำความดันเพื่อผลิตไอน้ำและนำไอน้ำมาใช้กับเครื่องจักรกังหันไอน้ำผลิตไฟฟ้า

2. ใช้ผลิตไฟฟ้าในเครื่องยนต์สันดาปภายใน โดยนำแก๊สเชื้อเพลิงส่งเข้าเครื่องยนต์สันดาปภายใน เช่น เครื่องยนต์ดีเซล เครื่องยนต์แก๊ส เพื่อผลิตไฟฟ้า ในกรณีนี้แก๊สเชื้อเพลิงต้องมีปริมาณทาร์และฝุ่นปนเปื้อนไม่เกิน 25 mg/Nm^3 เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อการใช้งานในเครื่องยนต์

3. นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเคมี นอกจากการใช้ประโยชน์ดังกล่าวในข้างต้นแก๊สเชื้อเพลิง สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเคมี เช่น เซลล์เชื้อเพลิงคาร์บอเนตเหลว และสารตั้งต้นในการผลิตเมทานอล โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมเป็นตัวสังเคราะห์ภายใต้อุณหภูมิและความดันสูง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.3 ทฤษฎีข้อมูลเกี่ยวกับถ่านหิน

ก. ความรู้เกี่ยวกับถ่านหิน

ถ่านหิน คือ หินตะกอนชนิดหนึ่งและเป็นแร่เชื้อเพลิงสามารถติดไฟได้ มีสีน้ำตาลอ่อนจนถึงสีดำ มีทั้งชนิดผิวมันและผิวด้าน น้ำหนักเบา ถ่านหินประกอบด้วยธาตุที่สำคัญ 4 อย่างได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และออกซิเจน นอกจากนั้น มีธาตุหรือสารอื่น เช่น กำมะถัน เจือปนเล็กน้อย ถ่านหินที่มีจำนวนคาร์บอนสูงและมีธาตุอื่น ๆ ต่ำ เมื่อนำมาเผาจะให้ความร้อนมาก ถือว่าเป็นถ่านหินคุณภาพดี

ข. การกำเนิดถ่านหิน

ในธรรมชาติซากพืชที่ทับถมกันจำนวนมากหรือน้อยก็ตาม จะถูกย่อยสลายโดยปฏิกิริยาเคมี แต่บางครั้งเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติทำให้กระบวนการย่อยสลายหยุดชะงักลง ซากพืชทับถมกันมากขึ้นและเมื่อใดที่มีการทรุดตัวของแผ่นดินหรือ ระดับน้ำในบริเวณนั้นๆ สูงขึ้น ทำให้ซากพืชจมลงใต้ระดับน้ำ แล้วถูกปิดทับโดยตะกอนหินดินทรายที่ถูกพัดพามากับน้ำ และเมื่อตะกอนที่ปิดทับมีปริมาณมากขึ้นเรื่อยๆ ซากพืชเหล่านั้นจะถูกบีบอัดโดยน้ำหนักของตะกอนที่ปิดทับอยู่ ได้รับอิทธิพลของความร้อนที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี จนซากพืชเหล่านั้นกลายเป็นถ่านหินในที่สุด

ค. ประเภทของถ่านหิน

การแยกประเภทตามลำดับชั้น แยกได้เป็น 5 ประเภท คือ

1.พีต (Peat) เป็นขั้นแรกในกระบวนการเกิดถ่านหิน ในระดับต่ำสุด ประกอบด้วยซากพืชซึ่งบางส่วนได้สลายตัวไปแล้วสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิง

2.ลิกไนต์ (Lignite) มีซากพืชหลงเหลืออยู่เล็กน้อย มีความชื้นมาก เป็นถ่านหินที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง

3.ซับบิทูมินัส (Subbituminous) มีสีดำ เป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพเหมาะสมในการผลิตกระแสไฟฟ้า

4.บิทูมินัส (Bituminous) เป็นถ่านหินเนื้อแน่น แข็งและมักจะประกอบด้วยชั้นถ่านหินสีดำสนิทเป็นมันวาว ใช้เป็นถ่านหินเพื่อการถลุงโลหะได้

5.แอนทราไซท์ (Anthracite) ถ่านหินที่มีลักษณะดำเป็นเงามันวาวมาก มีรอยแตกเว้าแบบก้นหอย

ง. กระบวนการเกิดถ่านหิน

การที่ซากพืชที่สะสมตัวในแอ่ง จะกลายเป็นพีตและถ่านหิน ต้องเกี่ยวข้องกับ 2 กระบวนการคือ

1.กระบวนการแปรเปลี่ยนทางชีวภาพ (Biochemical reaction) หรือ การก่อตัวใหม่ (Diagenesis)

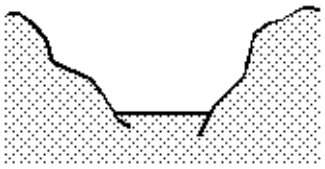
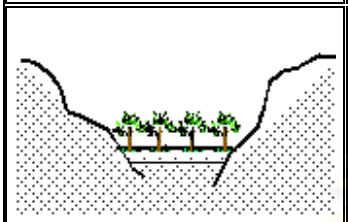
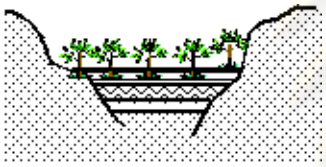
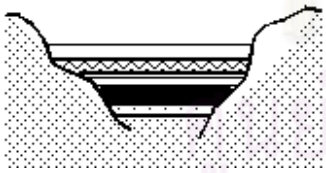
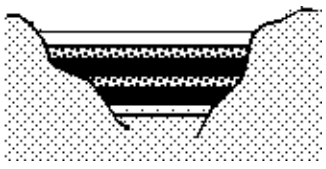
เป็นกระบวนการที่ทำให้ซากพืชที่ตกตะกอนสะสมกันกลายเป็นพีต ซึ่งจะมีจุลินทรีย์และปฏิกิริยาทางเคมีเกี่ยวข้อง ทำให้ซากพืชสลายกลายเป็นสารเนื้อเดียวกันซึ่งอยู่ในรูปของ C และ H เป็นส่วนใหญ่ สิ่งที่สำคัญที่สุดในกระบวนการนี้คือ สภาพแวดล้อมของแอ่งสะสมตะกอน ถ้าซากพืชจมอยู่ใต้น้ำลึกเกินไป พวกจุลินทรีย์ก็ไม่สามารถทำการย่อยสลายได้ หรือถ้าตื้นเกินไปออกซิเจนในอากาศจะทำให้ซากพืชเน่าเปื่อย

2.กระบวนการแปรเปลี่ยนเนื่องจากความร้อน (Thermal alteration) หรือmetamorphism เมื่อกระบวนการก่อตัวใหม่สิ้นสุดลง หากชั้นพีตถูกยกตัวขึ้นมาก็จะผุพังถูกทำลาย แต่ถ้ามีการสะสมตัวภายในแอ่งอย่างต่อเนื่องอยู่ ชั้นพีตจะถูกปิดทับโดยตะกอนอื่นๆ และจมลึกลงไปเรื่อยๆ เมื่อถึงขั้นตอนนี้ความร้อนที่เพิ่มขึ้นจะเป็นตัวหยุดปฏิกิริยา Diagenesis และเกิด Metamorphism แทน ทำให้พีตมีการเปลี่ยนแปลงกลายเป็นถ่านหินแทน เรียกว่ากระบวนการแปรสภาพเป็นถ่านหิน (Coalification) อุณหภูมิจะเป็นตัวสำคัญในกระบวนการนี้ และ Geothermal gradient จะเพิ่มขึ้น 10-30 องศาเซลเซียส ต่อความลึก 1,000 เมตร และความร้อนที่เกิดจากแมกมาจะเป็นต้นกำเนิดความร้อนเร่งให้มีการแปรสภาพเป็นถ่านหินได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จ. ลำดับการเกิดถ่านหิน

ตารางที่ 2.2 แสดงการทฤษฎีเกิดถ่านหิน

	**ลำดับที่** 1 ถ่านหินจะเกิดบริเวณที่เป็นหนอง บึง แอ่งน้ำ หรือที่ชื้นแฉะ ริมแม่น้ำ ริมทะเล มีระดับต่ำกว่าบริเวณรอบข้าง ซึ่งเกิดขึ้นโดยการยุบตัวลง หรือบริเวณรอบๆ ยกตัวสูงขึ้น เนื่องจากผิวโลก ส่วนต่างๆ ปรับตัวเพื่อให้เข้าสู่สภาวะสมดุล
	**ลำดับที่** 2 บริเวณนี้มีสภาพแวดล้อมที่อำนวยให้พืชเกิดขึ้นและอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น มีวงจรชีวิตหลายครั้ง มีทั้งเกิดขึ้นล้มตายลง เกิดขึ้นอีกแล้วตายติดต่อกันหรือเป็นช่วงๆ ซากต่างๆ จะสะสมทับถมกันเป็นจำนวนมาก
	**ลำดับที่** 3 ต่อมาบริเวณนี้มีการผุพังเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของผิวโลก ทำให้มีตะกอนดินมาทับถมซากพืชและซากสิ่งมีชีวิตอื่น รวมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงสภาพสิ่งแวดล้อม เช่นภาวะแห้งแล้ง น้ำท่วม การผุพังทำลาย การเคลื่อนไหวของผิวโลกการแตกแยกของแผ่นดิน จะทำให้ซากต่างๆ ที่สะสมอยู่ได้รับแรงกดดัน และได้รับความร้อนจากภายในโลก ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและฟิสิกส์ในบริเวณดังกล่าวซากเหล่านี้จึงแปรสภาพไปเป็นถ่านพีต
	**ลำดับที่** 4 อิทธิพลจากทั้งแรงกดดันและความร้อนภายในโลกเป็นเวลานาน ทำให้ถ่านพีตถูกอัดตัวกลายเป็นถ่านหิน ซึ่งมีคุณลักษณะแตกต่างในแต่ละแห่ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะและชนิดของพืชพันธุ์ไม้ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเนื้อไม้รวมทั้งการทับถมในระยะแรกเริ่ม ไปจนถึงการแปรเปลี่ยนจากอิทธิพลในอดีต จนกระทั่งมาเป็นเนื้อถ่านหินในระยะต่อมา
	**ลำดับที่** 5 ต่อมามีชั้นดิน หินมาทับถมคลุมชั้นถ่านหินจนอยู่ในสภาพปัจจุบัน นอกจากในบางชั้นถ่านหินเอียงตัวทะลุ ขึ้นมาใกล้ผิวดิน หรือเกิดจากการยุบตัว น้อยกว่าก็จะโผล่ให้เห็น เนื่องจากการกัดกร่อนตามธรรมชาติในภายหลัง กระบวนการทั้งหมดดังกล่าว หากเกิดขึ้นหลายครั้งจะทำให้มีถ่านหินหลายชั้นบริเวณเดียวกัน

ที่มา:เวปไซต์สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน 2 ธ.ค. 2549

สภาพภูมิประเทศที่เหมาะสมต่อการสะสมตัวของพีต ซึ่งจะพัฒนาเป็นถ่านหินต่อไป คือ ต้องมีการเพิ่มระดับน้ำใต้ดินแบบต่อเนื่องอย่างช้าๆ เพื่อที่จะทำให้เกิดการสะสมตัวของชั้นพีตอย่างต่อเนื่องน้ำในแอ่งสะสมพีตต้องไม่มากเกินไป พื้นที่ข้างเคียงโดยรอบแอ่งจะต้องไม่ลาดชันหรือมีระดับสูงกว่าตัวแอ่งมากนัก เพื่อให้ตะกอนดินหินถูกพัดพาเข้าสู่ตัวแอ่งมีปริมาณที่เหมาะสม ถ้าแอ่งมีการจมตัวเร็วเกินไป แอ่งสะสมพีตจะจมอยู่ใต้น้ำ ทำให้เกิดการสะสมตัวของตะกอนดินหินทราย แทนที่การสะสมของพีต แต่ถ้าการจมตัวลงช้าเกินไป ซากพืชที่สะสมเป็นชั้นพีตจะเน่าเปื่อยผุพังเสียก่อนที่จะสะสมเป็นชั้นพีต ดังนั้นในส่วนของโครงสร้างแอ่ง ปัจจุบันได้มีการนำทฤษฎีมาใช้ในการอธิบายถึงกำเนิดโครงสร้างที่เหมาะสมต่อการเกิดแอ่งสะสมตัวของถ่านหินว่า แอ่งที่เหมาะสมต้องมีการจมตัวลงอยู่เรื่อยๆ

ฉ. การใช้ประโยชน์ถ่านหิน

ถ่านหินถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีแหล่งสำรองกระจายอยู่ทั่วโลกและปริมาณค่อนข้างมาก การขุดถ่านหินขึ้นมาใช้ประโยชน์ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ถ่านหินราคาถูกกว่าน้ำมัน ถ่านหินส่วนใหญ่จึงถูกนำมาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่ใช้หม้อน้ำร้อนในกระบวนการผลิต เช่น การผลิตไฟฟ้า การถลุงโลหะ การผลิตปูนซีเมนต์ การบ่มใบยาสูบ และการผลิตอาหาร เป็นต้น นอกจากนั้นยังมีการใช้ประโยชน์ในด้านอื่น เช่น การทำถ่านสังเคราะห์ (Activated Carbon) เพื่อดูดซับกลิ่น การทำคาร์บอนด์ไฟเบอร์ (Carbon Fiber) ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความแข็งแกร่งแต่มีน้ำหนักเบา และการแปรสภาพถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงเหลว (Coal liquefaction) หรือ เป็นแปรสภาพแก๊ส (Coal Gasification) ซึ่งเป็นการใช้ถ่านหินแบบเชื้อเพลิงสะอาดเพื่อช่วยลดมลภาวะจากการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงได้อีกทางหนึ่ง ภายใต้กระบวนการแปรสภาพถ่านหินจะสามารถแยกเอาแก๊สที่มีฤทธิ์เป็นกรดหรือเป็นพิษ และสารพลอยได้ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในถ่านหินนำไปใช้ประโยชน์อื่นได้อีก เช่น กำมะถันใช้ทำกรดกำมะถันและแร่ยิปซัม แอมโมเนียใช้ทำปุ๋ยเพื่อเกษตรกรรม เถ้าถ่านหินใช้ทำวัสดุก่อสร้าง เป็นต้น

ช. แหล่งถ่านหินในประเทศไทย

ประเทศไทยมีแหล่งถ่านหินกระจายอยู่ทั่วทุกภาค มีปริมาณสำรองทั้งสิ้น ประมาณ 2,197 ล้านตัน แหล่งสำคัญอยู่ในภาคเหนือประมาณ 1,803 ล้านตัน หรือร้อยละ 82 ของปริมาณสำรองทั่วประเทศ ส่วนอีก 394 ล้านตัน หรือ ร้อยละ 18 อยู่ภาคใต้ ถ่านหินส่วนใหญ่มีคุณภาพต่ำอยู่ในชั้นลิกไนต์และซับบิทูมินัส มีค่าความร้อนระหว่าง 2,800 - 5,200 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม หรือ ถ่านลิกไนต์ 2 - 3.7 ตัน ให้ค่าความร้อนเท่ากับน้ำมันเตา 1 ตัน ลิกไนต์เป็นถ่านหินที่พบมากที่สุดในประเทศไทย ที่แม่เมาะ จ.ลำปาง และ จ.กระบี่ จัดว่าเป็นลิกไนต์ที่คุณภาพแย่ที่สุด พบว่าส่วนใหญ่มีเถ้าปนอยู่มากแต่มีกำมะถันเพียงเล็กน้อย คาร์บอนคงที่อยู่ระหว่างร้อยละ 41 - 74 ปริมาณ

ความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 7 - 30 และเถ้าอยู่ระหว่างร้อยละ 2 - 45 โดยน้ำหนัก ในช่วงที่ราคาน้ำมันยังไม่แพงประเทศไทยไม่นิยมใช้ลิกไนต์มากนักแต่ภายหลังที่เกิดวิกฤติน้ำมัน จึงได้มีการนำลิกไนต์มาใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้นทั้งในด้านการผลิตกระแสไฟฟ้าและอุตสาหกรรม แหล่งถ่านหินที่มีการสำรวจพบบางแหล่งได้ทำเหมืองผลิตถ่านหินขึ้นมาใช้ประโยชน์แล้ว แต่บางแหล่งยังรอการพัฒนาขึ้นมาใช้ประโยชน์ต่อไป

ซ. การใช้พลังงานของโลกและของไทย

ในหลายประเทศได้มีการนำถ่านหินมาใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากถ่านหินมีปริมาณสำรองมากที่สุดเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดอื่น มีราคาต่ำและราคามีเสถียรภาพไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง และการจัดหาหรือการหาซื้อทำได้ง่าย มีแหล่งขายมากและกระจายอยู่ตามภูมิภาคต่างๆทั่วโลกประเทศไทยมีการใช้พลังงานโดยรวมจากน้ำมันมากที่สุดคือร้อยละ 44 รองลงมาคือแก๊สธรรมชาติร้อยละ 37 ถ่านหินร้อยละ 16 และพลังงานน้ำร้อยละ 3 ตามลำดับ (สำนักงานนโยบายและพลังงาน , ธ.ค. 2549) โดยแก๊สธรรมชาติถูกใช้เพื่อการผลิตไฟฟ้าถึงร้อยละ 67, ลิกไนต์และถ่านหินร้อยละ 17 , พลังน้ำร้อยละ 6, น้ำมันดีเซลร้อยละ 5 และไฟฟ้าที่จากการนำเข้าและอื่นๆอีกร้อยละ 5 (ที่มา:เวปไซต์สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน 2 ธ.ค. 2549)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3 ปริมาณสำรองถ่านหินแต่ละชนิดในแต่ละประเทศสำคัญของโลกเมื่อสิ้นปี พ.ศ. 2547

ปริมาณสำรองถ่านหิน	แอนทราไซท์และบิทูมินัส	ซับบิทูมินัสและลิกไนต์	รวม (ล้านตัน)	ร้อยละ	ปริมาณสำรอง/ปริมาณการผลิต (จำนวนปีทำเหมืองต่อได้)
สหรัฐอเมริกา	113,772	134,819	245,591	27.0	247
โปแลนด์	14,000	-	14,000	1.5	87
คาซัคสถาน	28,151	3,128	31,279	3.4	387
สหพันธรัฐรัสเซีย	49,088	107,922	157,010	17.3	>500
ยูเครน	16,274	17,879	34,153	3.8	>500
ออสเตรเลีย	38,600	39,900	78,500	8.6	230
จีน	62,200	52,300	114,500	12.6	83
อินเดีย	90,085	2,360	92,445	10.2	254
อินโดนีเซีย	740	4,228	4,968	0.5	48
เยอรมัน	183	6,556	6,739	0.7	32
อื่นๆ	68,112	60,715	80,077	8.8	130
รวม	481,205	428,808	908,013	100.0	190

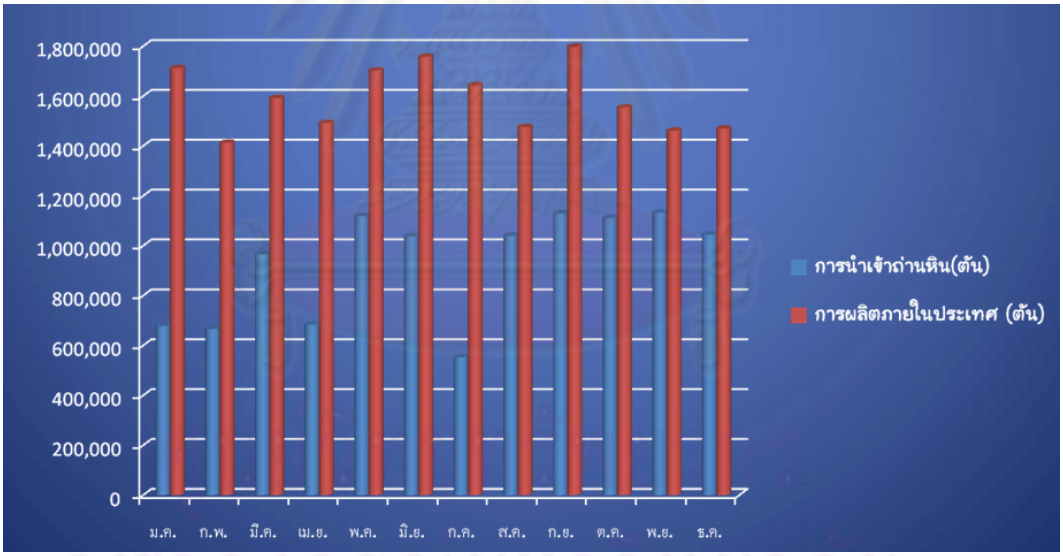
ที่มา: U.S. Energy Information Administration, 2004

จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงอีกประเภทหนึ่งที่มีศักยภาพสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานได้ จึงควรมีการส่งเสริมให้หันมาใช้ถ่านหินให้มากขึ้น

ฌ. สถานการณ์ถ่านหินในประเทศไทย

ประเทศไทยมีปริมาณถ่านหินสำรองประมาณกว่า 2,000 ล้านตัน โดยในจำนวนนี้คิดเป็นปริมาณสำรองที่ประเมินแล้ว (Measured Reserve) ประมาณ 1,100 ล้านตัน แหล่งถ่านหินส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณตอนเหนือของประเทศโดยมีศักย์ของถ่านหิน อยู่ในระดับลิกไนต์ ซับบิทูมินัส จนถึงบิทูมิมัสมีบ้างที่มีศักย์เป็นแอนทราไซท์ แต่มีปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งพบได้ที่แหล่งในบางจังหวัด ถ่านหินถูกนำมาใช้ในภาคการผลิตไฟฟ้ามากที่สุด

ส่วนในภาคอุตสาหกรรมนั้น นอกจากการใช้ในอุตสาหกรรมซีเมนต์แล้ว ถ่านหินยังไม่เป็นที่นิยมกันมากนัก เนื่องจากประชาชนส่วนใหญ่มีทัศนคติที่ไม่ดีต่อการใช้ถ่านหินเป็นเชื่อเพลิง อันเนื่องจากการมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้ถ่านหิน (โดยเฉพาะลิกไนต์) ในอดีตที่ผ่านมาคุณสมบัติถ่านหินที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดมาตรฐานในการซื้อขายโดยปกติประกอบด้วยค่าความร้อน (ปริมาณความร้อนมีหน่วยเป็น บี.ที.ยู. ต่อปอนด์ และกิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม) ปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณคาร์บอนคงที่ ปริมาณขี้เถ้า ปริมาณกำมะถัน และขนาดของแร่ที่ผลิตออกจำหน่าย



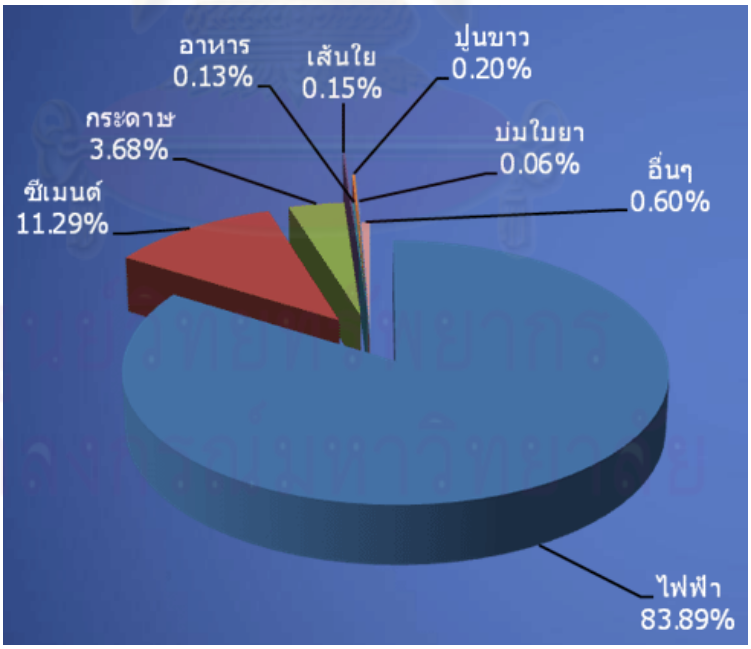
รูปที่ 2.4 แสดงปริมาณการผลิต และการนำเข้าถ่านหิน ปี พ.ศ. 2549

ที่มา: กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่

ตารางที่ 2.4 แสดงการใช้ประโยชน์ถ่านหินที่ผลิตได้ภายในประเทศ ปี 2549

ชนิดของการใช้	ปริมาณ (ล้านตัน)
ไฟฟ้า	15,815,3340
ซีเมนต์	2,128,509.8
กระดาษ	694,295.4
เส้นใย	27,854.2
อาหาร	24,659.2
ปูนขาว	37,285.0
บ่มใบยา	11,048.7
อื่นๆ	113,133.1
รวม	18,852,119.4

ที่มา: กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่



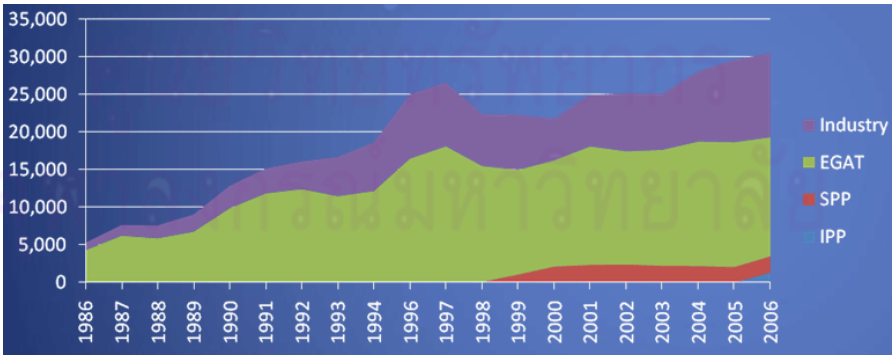
รูปที่ 2.5 แสดงการใช้ประโยชน์ถ่านหินที่ผลิตได้ภายในประเทศ ปี 2549

ที่มา: กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่

ตารางที่ 2.5 แสดงการใช้ประโยชน์ถ่านหิน (นำเข้าและผลิตในประเทศ) ตามประเภทผู้ใช้ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2530-2549

Year	Electricity	Industry	Total
1986	4,305.8	956.1	5,261.8
1987	6,245.1	1,368.3	7,613.4
1988	5,895.8	1,677.1	7,572.9
1989	6,764.2	2,254.4	9,018.6
1990	9,875.3	2,941.7	12,817.0
1991	11,855.5	3,273.1	15,128.7
1992	12,423.1	3,641.5	16,064.6
1993	11,489.8	5,158.7	16,648.5
1994	12,155.9	6,416.9	18,572.8
1996	16,471.7	8,528.0	24,999.7
1997	18,102.9	8,432.3	26,535.2
1998	15,493.0	6,872.4	22,365.4
1999	14,966.5	7,290.0	22,256.5
2000	16,250.5	5,483.3	21,733.8
2001	18,086.3	6,793.5	24,879.8
2002	17,437.6	7,702.2	25,139.7
2003	17,631.8	7,426.7	25,058.5
2004	18,730.8	9,280.8	28,011.6
2006	19,304.2	11,122.1	30,426.3

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน



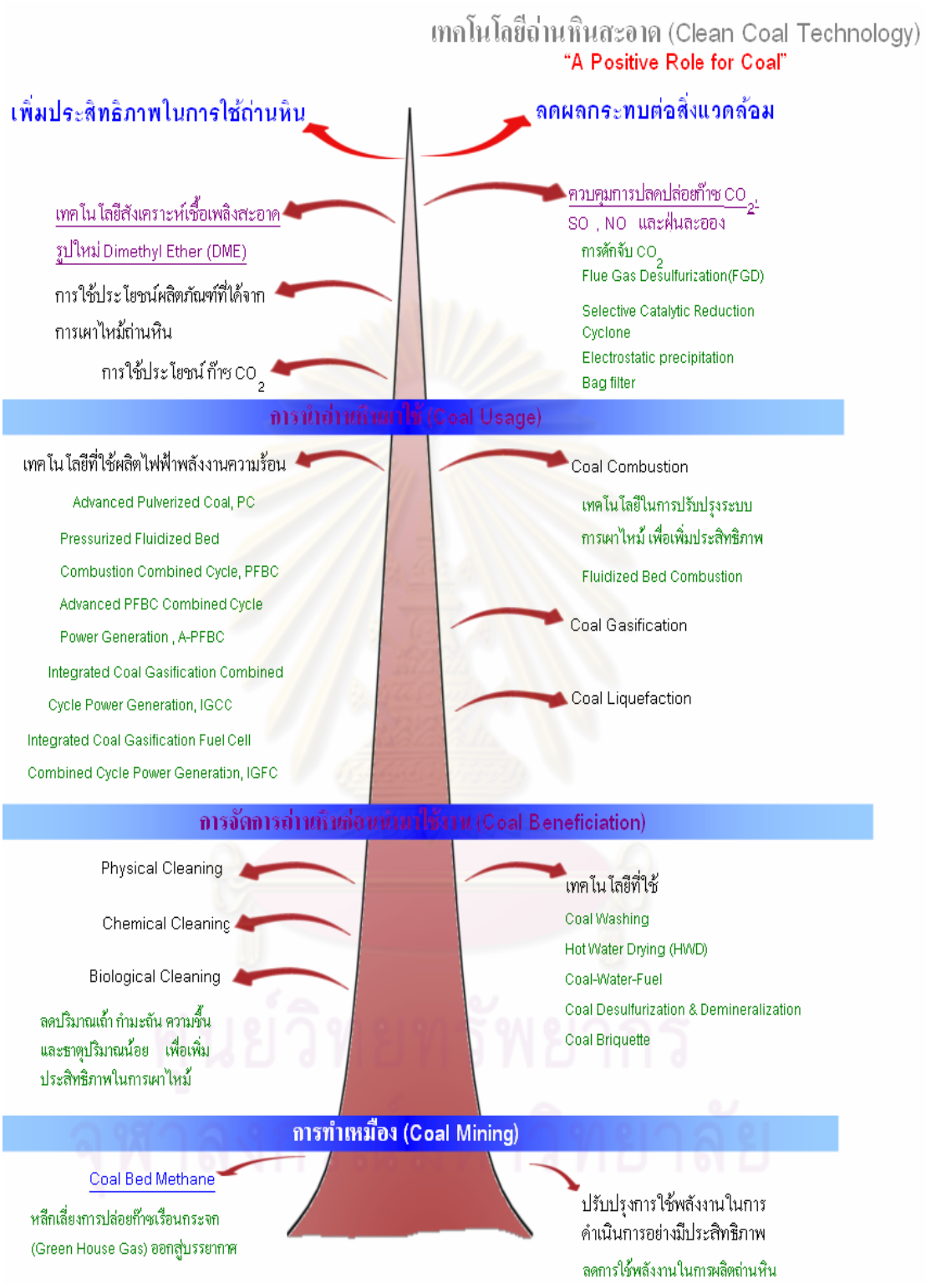
รูปที่ 2.6 แสดงการใช้ประโยชน์ถ่านหิน(นำเข้าและผลิตในประเทศ) ตามประเภทผู้ใช้ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530-2549

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (หน่วย 1,000 ตัน)

ญ. เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology)

เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด เป็นการพัฒนาด้านเทคโนโลยีการกำจัดหรือลดมลพิษเพื่อนำถ่านหินมาใช้เป็นเชื้อเพลิง ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ซึ่งปัญหามลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ของถ่านหิน ได้แก่ ฝุ่นละออง ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น ปัจจุบันเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดได้รับการพัฒนาและสามารถกำจัดปัญหามลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ของถ่านหินได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะปัญหาฝุ่นละออง แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แก๊สไนโตรเจนออกไซด์ แต่สำหรับปัญหาแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ยังอยู่ระหว่างการพัฒนาเทคโนโลยีในการควบคุมให้เกิดประสิทธิภาพอย่างไรก็ตาม ประเทศญี่ปุ่นในฐานะประเทศผู้นำในการพัฒนาเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดในภูมิภาคเอเชียได้ดำเนินการพัฒนาการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินควบคู่ไปกับเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด เพื่อแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม ซึ่งเทคโนโลยีนี้เรียกว่าเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (clean coal technology, CCT) กระบวนการของเทคโนโลยีนี้สามารถทำได้ทั้ง 3 ขั้นตอนคือ ก่อนการเผาไหม้ ขณะเผา และหลังการเผา ซึ่งมีรายละเอียดดังในรูป ต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.7 แสดงเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean coal technology,CCT)

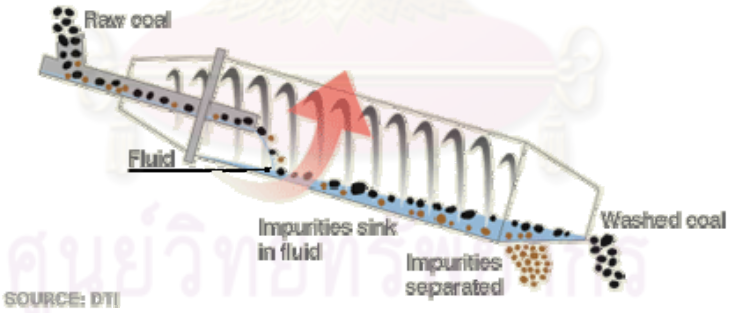
ที่มา: อ้างอิงข้อมูลจาก กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ

1. เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดก่อนการเผาไหม้

เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดก่อนการเผาไหม้ (Pre-combustion) นี้ เป็นการทำ ความสะอาดถ่านหินในขั้นตอนก่อนการเผาไหม้ เพื่อกำจัดสิ่งเจือปนต่างๆ ออกจากถ่านหิน เช่น ฝุ่นละออง เศษหิน เศษดิน และสารประกอบอนินทรีย์ เพื่อลดปริมาณเถ้าและกำมะถันที่ปะปนอยู่ในถ่านหิน ซึ่งจะช่วยเพิ่มค่าความร้อนของถ่านหินก่อนนำไปเผาไหม้เป็นเชื้อเพลิง โดยอาจเรียกขั้นตอนนี้ว่าการปรับระดับถ่านหิน (coal upgrading) การทำความสะอาดก่อนการเผาไหม้นี้มีด้วยกัน 3 วิธี คือ

1.1 การทำความสะอาดโดยวิธีทางกายภาพ (physical cleaning)

เป็นการกำจัดสิ่งเจือปนประเภท ฝุ่นละออง ดิน หิน และสารประกอบพวกกำมะถันอนินทรีย์ ซึ่งมีเหล็กเป็นส่วนประกอบ เช่น ไพไรติกซัลเฟอร์ (pyritic sulfur) เป็นต้น โดยมีวิธีการคือนำถ่านหินมาบดให้มีขนาดเล็กกว่าขนาดของฝุ่นผงแล้วล้างผ่านน้ำ โดยอาศัยหลักการความแตกต่างของความหนาแน่นของถ่านหินกับสารเหล่านี้ จะทำให้สิ่งเจือปนต่างๆ ที่ไม่ต้องการจะถูกแยกออกจากเนื้อถ่านหิน ซึ่งวิธีนี้จะทำให้ไพไรติกซัลเฟอร์ถูกกำจัดออกได้ประมาณร้อยละ 90 นอกจากนี้ยังมีวิธีทำความสะอาดถ่านหินทางกายภาพอีกวิธีหนึ่งเรียกว่าการลอยผ่านปล่อง (column flotation) เป็นการทำความสะอาดถ่านหิน โดยอาศัยหลักการที่ผงถ่านหินมีคุณสมบัติทางเคมีซึ่งสามารถยึดติดกับฟองอากาศได้ เมื่อให้ฟองอากาศเคลื่อนที่ผ่านผงถ่านหินและน้ำซึ่งบรรจุในอุปกรณ์ที่เรียกว่าปล่อง (column) ผงถ่านจะติดขึ้นไปกับฟองอากาศ ทิ้งให้สารประกอบอนินทรีย์ เช่น pyritic sulfur และแร่ธาตุต่างๆ จมอยู่ชั้นล่าง

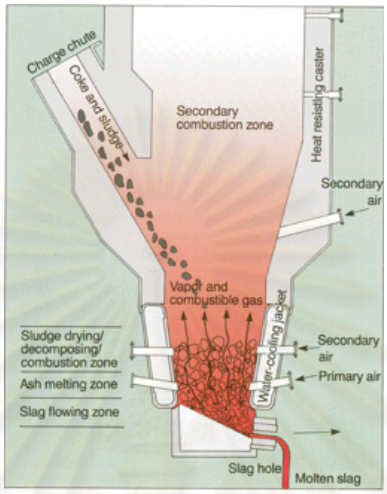


รูปที่ 2.8 แสดงเครื่องกำจัดสิ่งเจือปนประเภท ฝุ่นละออง ดิน หิน
ที่มา: อ้างอิงข้อมูลจาก กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 การทำความสะอาดโดยวิธีทางเคมี (chemical cleaning)

เป็นการใช้สารเคมีเข้าไปทำปฏิกิริยากับผงถ่านหิน ซึ่งสารเคมีดังกล่าวมีคุณสมบัติในการกำจัดพวกสิ่งเจือปน ต่างๆ ที่ไม่สามารถกำจัดได้โดยวิธีทางกายภาพ ในการทำปฏิกิริยากับผงถ่านหินเพื่อกำจัดกำมะถันและเถ้า เทคโนโลยีในกลุ่มนี้ ได้แก่ molten - caustic leaching



รูปที่ 2.9 แสดงเครื่องทำความสะอาดโดยวิธีเคมี

ที่มา: อ้างอิงข้อมูลจาก กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ

1.3 การทำความสะอาดโดยวิธีทางชีวภาพ (biological cleaning)

วิธีนี้เป็นเทคโนโลยีที่ยังค่อนข้างใหม่ โดยใช้สิ่งมีชีวิตเล็กๆ จำพวกแบคทีเรียและเชื้อราบางชนิด ที่ใช้กำมะถันเป็นอาหารเข้าไปช่วยในการกำจัดกำมะถันในถ่านหินและสามารถนำสิ่งมีชีวิตเหล่านี้มาทำการเพาะเลี้ยงเพื่อสกัดเอาเอนไซน์ที่ใช้สำหรับการย่อยสลายกำมะถันมาใช้ เพื่อเร่งกระบวนการกำจัดกำมะถันในถ่านหิน

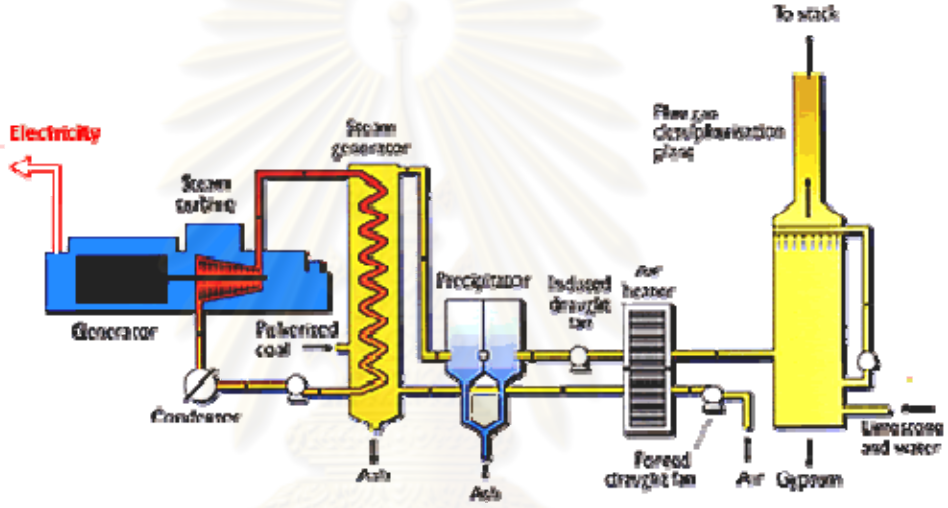
2.เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดขณะเผาไหม้หรือเมื่อนำไปใช้ประโยชน์

เทคโนโลยีต่างๆ ที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อนำมาใช้ในกระบวนการเผาไหม้ถ่านหินหรือในขณะที่นำถ่านหินไปใช้ประโยชน์มีด้วยกันหลายอย่างเช่น เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดขณะเผาไหม้ เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดโดยการแปรรูป และเทคโนโลยีสังเคราะห์เชื้อเพลิงสะอาด ซึ่งแต่ละเทคโนโลยีจะช่วยลดปริมาณสิ่งเจือปนต่างๆ โดยเฉพาะกำมะถันในถ่านหินลงได้เป็นอย่างดี

2.1เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดขณะเผาไหม้

เป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับระบบการเผาไหม้ถ่านหิน โดยการปรับปรุงเตาเผาและหม้อไอน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการ เผาไหม้ถ่านหินและลดมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ ซึ่งเทคโนโลยีในกลุ่มนี้ได้แก่

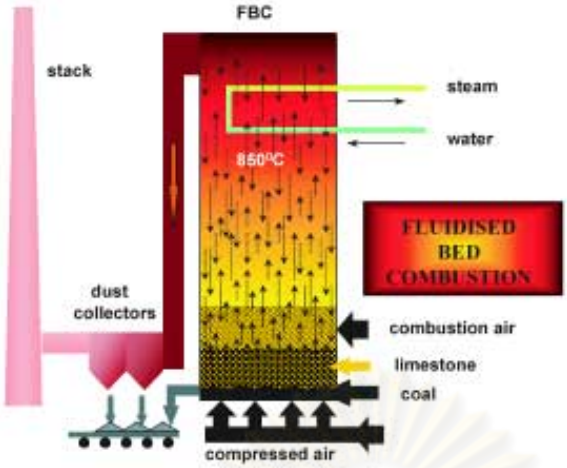
2.1.1 Pulverized Fuel (PF) combustion เป็นวิธีการเผาไหม้ถ่านหินที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหิน ในการเผาไหม้แบบ PF ถ่านหินจะถูกบดให้มีขนาดเล็กมาก แล้วพ่นเข้าไปในเตาเผาพร้อมอากาศ เมื่อถ่านหินติดไฟจะให้ความร้อนแก่หม้อไอน้ำ ซึ่งไอน้ำจะไปหมุนกังหันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีของเตาเผาทำให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ถ่านหินเพิ่มขึ้นถึงประมาณร้อยละ 40 และอาจเป็นร้อยละ55 ในอนาคต สำหรับ Advanced Pulverized coal ในระบบนี้ผงถ่านหินจะถูกเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ และไอน้ำที่ได้นำไปขับกังหันไอน้ำ ประสิทธิภาพการกำเนิดไฟฟ้าขึ้นอยู่กับสภาพของไอน้ำ



รูปที่ 2.10 แสดงระบบ Pulverized Fuel (PF) combustion

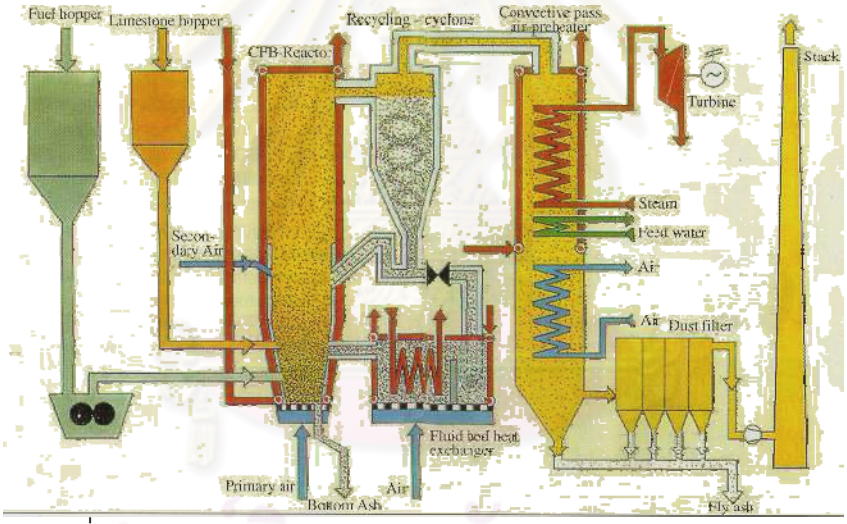
ที่มา: อ้างอิงข้อมูลจาก กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ

2.1.2 Fluidized Bed Combustion (FBC) สำหรับการเผาไหม้วิธีนี้ ถ่านหินที่บดจนมีขนาดเล็กมากผสมกับหินปูนถูกพ่นเข้าไปในหม้อไอน้ำพร้อมอากาศร้อน ถ่านหินและหินปูนที่พ่นเข้าไปจะแขวนลอยอยู่ในคลื่นอากาศร้อน โดยมีลักษณะคล้ายของเหลวเดือด ขณะที่ถ่านหินเผาไหม้หินปูนจะทำหน้าที่คล้ายฟองน้ำดักจับกำมะถันที่เกิดขึ้น ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่านหินจะนำมาต้มน้ำทำให้เกิดไอน้ำไปหมุนกังหันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กระบวนการนี้สามารถลดปริมาณกำมะถันที่จะถูกปล่อยออกมาจากการเผาไหม้ได้มากถึงร้อยละ 90 นอกจากนี้อุณหภูมิของหม้อไอน้ำที่ใช้กระบวนการนี้ยังต่ำกว่าอุณหภูมิที่ใช้ในวิธีการเดิม ประโยชน์ของการเผา-ไหม้ที่อุณหภูมิต่ำ คือลดปริมาณมลพิษที่เกิดจากไนโตรเจนในถ่านหิน



รูปที่ 2.11 แสดงระบบ Fluidized Bed Combustion (FBC)

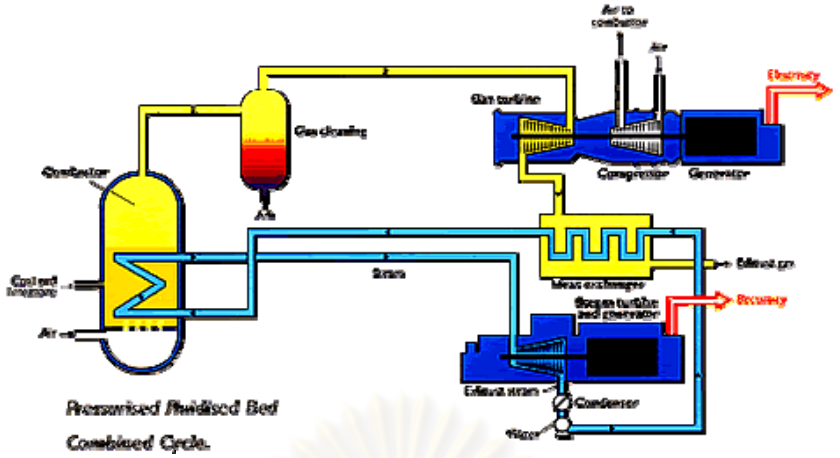
ที่มา: อ้างอิงข้อมูลจาก กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ



รูปที่ 2.12 แสดงระบบ Circulating Fluidized Bed Combustion (CFBC)

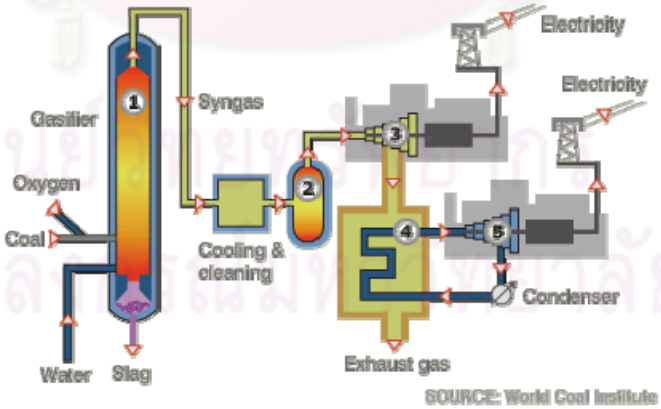
ที่มา: อ้างอิงข้อมูลจาก กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ

Pressured Fluidized Bed Combustion (PFBC) เป็นการเผาไหม้ถ่านหินแบบฟลูอิดไดซ์เบดภายใต้ความดันสูง ความร้อนที่ผลิตได้นำไปใช้ผลิตไอน้ำเพื่อขับกังหันไอน้ำ ส่วนแก๊สร้อนที่ได้มีแรงดันและอุณหภูมิสูงสามารถนำไปขับกังหันแก๊สเพื่อผลิตไฟฟ้าร่วม การผลิตพลังงานความร้อนร่วมแบบนี้มีประสิทธิภาพสูง และยังมีการพัฒนาระบบการเผาไหม้ถ่านหินแบบฟลูอิดไดซ์เบดภายใต้ความดันสูง ชนิดฟองอากาศอีกด้วย (bubbling type PFBC)



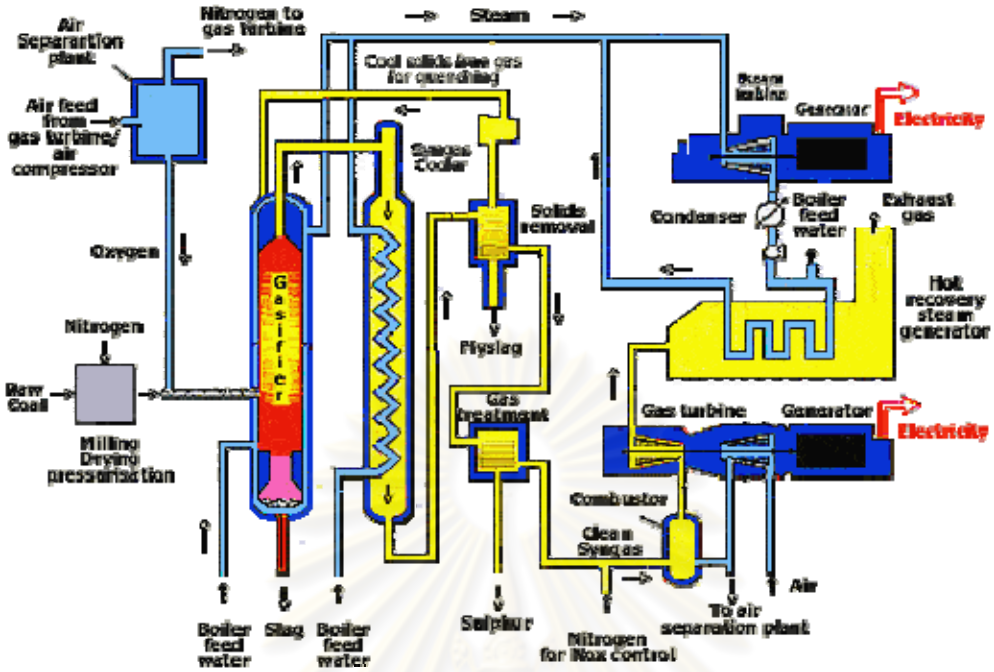
รูปที่ 2.13 แสดงระบบ Pressured Fluidized Bed Combustion Combined Cycle (PFBC)
ที่มา: อ้างอิงข้อมูลจาก กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ

2.1.3 Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC) คือ การผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีที่เปลี่ยนสถานะถ่านหินให้เป็นแก๊ส (Coal Gasification) กับ โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมกังหันแก๊ส (Gas Fired Combined Cycle Plant) เข้าด้วยกัน โดยกระบวนการเริ่มจากการนำถ่านหินไปผสมกับไอน้ำและออกซิเจน โดยใช้แรงดันและอุณหภูมิสูงจนเกิดปฏิกิริยาทางเคมี จะได้แก๊สที่มีส่วนประกอบของคาร์บอนมอนอกไซด์ และไฮโดรเจน แก๊สที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงนี้ จะผ่านขั้นตอนในการทำให้สะอาด โดยการสกัดฝุ่นละออง กำมะถัน และไนโตรเจนออกไป ก่อนที่จะนำไปเผาไหม้ผ่านเครื่องกังหันแก๊ส เพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า นอกจากนี้ ความร้อนหรือแก๊สเสียที่ออกมาจากเครื่องกังหันแก๊ส จะนำไปใช้ให้ความร้อนแก่หม้อกำเนิดไอน้ำ เพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้อีกทอดหนึ่ง



รูปที่ 2.14 แสดงระบบ Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC) แบบที่ 1
ที่มา: อ้างอิงข้อมูลจาก กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ

1. Coal burnt to produce syngas 4. Cooling gas heats water
2. Syngas burnt in combustor 5. Steam drives steam turbines
3. Hot gas drives gas turbines



รูปที่ 2.15 แสดงระบบIntegrated Gasification Combined Cycle (IGCC) แบบที่ 2

ที่มา: อ้างอิงข้อมูลจาก กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ

2.1.4 Ultra Super Critical (USC) คือ การใช้หม้อกำเนิดไฟฟ้าแรงดันสูง เพื่อกำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ปัจจุบันเทคโนโลยีดังกล่าวอยู่ระหว่างการพัฒนาประสิทธิภาพการใช้งาน

2.2 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดโดยการแปรรูป (coal conversion)

เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นเพื่อแปรรูปถ่านหินให้เป็นแก๊สเชื้อเพลิง (coal gasification) หรือเชื้อเพลิงเหลวจากถ่านหิน (coal liquefaction) โดยแต่ละเทคโนโลยีจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 Coal gasification Technology เป็นกระบวนการออกซิเดชั่นถ่านหินเพียงบางส่วน โดยถ่านหินทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนหรืออากาศและไอน้ำภายใต้อุณหภูมิและความดันสูง ให้แก๊สเชื้อเพลิง (fuel gas) ซึ่งประกอบด้วยไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นส่วนใหญ่ แก๊สเชื้อเพลิงที่ได้จะถูกนำมาทำให้สะอาดโดยการกำจัดมลพิษก่อน แก๊สที่ได้นี้สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง หรือเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์แอมโมเนีย เมทานอล หรือแก๊สไฮโดรเจน เตาปฏิกรณ์ที่ใช้ในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ entraied flow fluidised bed และ moving bed การเลือกใช้จึงขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของถ่านหิน และขนาดของโรงงาน นอกจากขบวนการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงในโรงงานแล้ว ยังสามารถผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากถ่านหินที่อยู่ใต้ดินซึ่งไม่คุ้มค่าต่อการขุดขึ้นมา กระบวนการนี้เรียกกว่า underground gasification ซึ่งทำโดยการอัดไอน้ำและออกซิเจนเข้าไปในชั้นถ่านหินผ่านหลุมเจาะจากพื้นผิวดิน เมื่อชั้นถ่าน

หินบางส่วนติดไฟ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้จะทำให้ถ่านหินที่เหลือผลิตแก๊สเชื้อเพลิง แก๊สที่เกิดขึ้นจะผ่านขึ้นมาตามท่อและนำไปแยกมลพิษออกก่อนที่จะนำไปใช้

2.2.2 Coal Liquefaction Technology เป็นการแปรรูปถ่านหิน ให้อยู่ในรูปเชื้อเพลิงเหลว (liquid fuel) โดยทั่วไปการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากถ่านหิน ทำได้โดยการแยกคาร์บอนออก หรือการเติมไฮโดรเจนเข้าไป กรณีแรกเรียกว่า Carbonisation หรือ Pyrolysis สำหรับการเติมไฮโดรเจน เรียกว่า Liquefaction เชื้อเพลิงเหลวที่ได้จากถ่านหิน สามารถนำมากลั่นในขบวนการกลั่นน้ำมัน จะได้น้ำมันสำหรับรถยนต์ และผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น พลาสติก และสารละลายต่างๆ (Solvent) กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเหลวสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ การผลิตเชื้อเพลิงเหลวโดยตรง (Direct Liquefaction) เป็นการแปรรูปถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงเหลว โดยใช้กระบวนการเดียว (Single Process) และการผลิตเชื้อเพลิงเหลวโดยทางอ้อม (Indirect Liquefaction) เป็นการนำถ่านหินมาผ่านกระบวนการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงก่อน จึงนำมาแปรรูปเป็นของเหลว

2.2.3 เทคโนโลยีสังเคราะห์เชื้อเพลิงสะอาด (dimethyl ether, DME) เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของการใช้ถ่านหินที่สะอาดและประหยัด และมีคุณสมบัติเปรียบเสมือน LPG (liquefied petroleum gas) แก๊สสังเคราะห์ที่ผลิตได้จากการเผาไหม้แก๊สมีเทน (ที่มาจากเหมืองถ่านหิน) กับออกซิเจน โดยมีไอน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ (ที่หมุนเวียนนำกลับมาใช้ได้) อยู่ด้วย เพื่อให้อัตราส่วนของไฮโดรเจนกับคาร์บอนมอนนอกไซด์สูงขึ้น และเติมโปรเพน เพื่อลดไนโตรเจนในแก๊สสังเคราะห์ แก๊สสังเคราะห์จะถูกทำให้เย็นลง ทำการอัดและแยกคาร์บอนไดออกไซด์ด้วย amine absorption ก่อนป้อนเข้าสู่เตาปฏิกรณ์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือ Dimethyl Ether คาร์บอนไดออกไซด์ และเมธานอล

3.เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดหลังการเผาไหม้

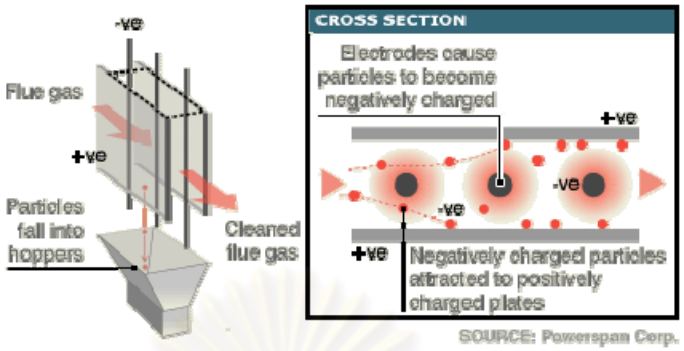
เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดหลังการเผาไหม้ (Post-combustion) นี้ เป็นการกำจัดมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ถ่านหิน ก่อนที่จะถูกปล่อยออกสู่สภาพแวดล้อม ซึ่งมีทั้งที่อยู่ ในรูปของฝุ่นละอองต่างๆ และแก๊ส เทคโนโลยีที่นำมาใช้แก่ปัญหาในขั้นตอนนี้ได้แก่

3.1 การกำจัดฝุ่นละออง

เมื่อถ่านหินถูกเผาไหม้จะมีฝุ่นละอองต่างๆ เกิดขึ้นในกระบวนการ ดังนั้นเพื่อเป็นการกำจัดฝุ่นละอองดังกล่าว จะมีการใช้อุปกรณ์สำหรับการดักจับ ฝุ่นละอองที่เกิดนี้ ซึ่งโดยทั่วที่ใช้กันอยู่ได้แก่

3.1.1 เครื่องดักฝุ่นด้วยไฟฟ้า (electrostatic precipitator) เป็นการกำจัดฝุ่นละอองโดยใช้หลักการไฟฟ้าสถิต เมื่อฝุ่นละอองเคลื่อนที่ผ่านสนามไฟฟ้าจะทำให้ฝุ่นละอองมีประจุไฟฟ้า และเมื่อเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปยังถังเก็บ ซึ่งมีประจุไฟฟ้าขั้วตรงข้ามกับฝุ่นละอองๆ ก็จะ

ถูกดูดให้ติดกับแผ่นรวบรวม (collector plates) ที่อยู่ภายในถังเก็บฝุ่น ระบบนี้ถือว่ามีประสิทธิภาพสูงมากในการดักจับฝุ่น



รูปที่ 2.16 แสดงเครื่องดักฝุ่นละอองด้วยไฟฟ้า (electrostatic precipitator)

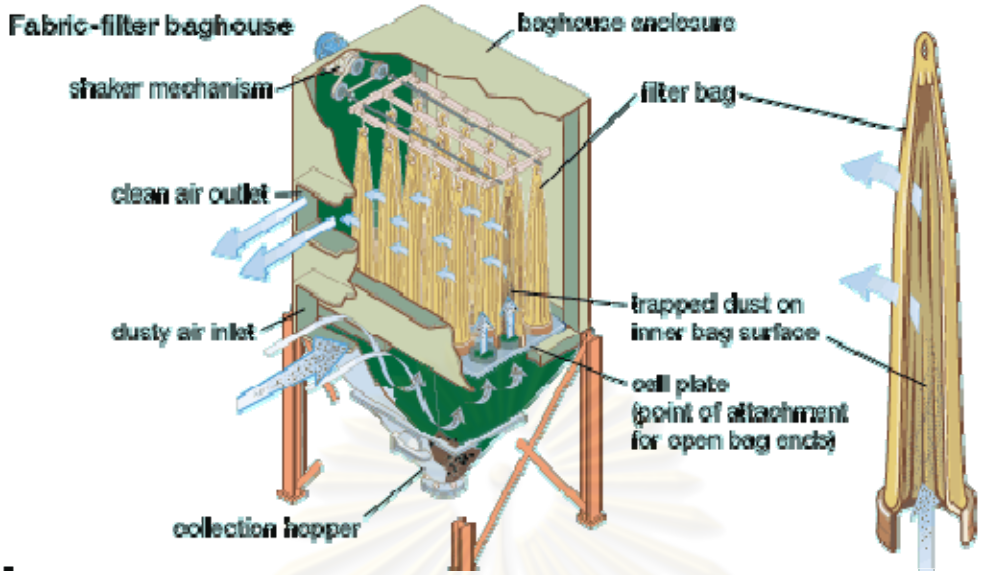
ที่มา: อ้างอิงข้อมูลจาก กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ

3.1.2 เครื่องแยกฝุ่นแบบลมหมุน(cyclone Separator) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการแยกฝุ่นละอองออกจากแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่านหิน โดยใช้หลักของแรงเหวี่ยงเพื่อให้แก๊สซึ่งมีฝุ่นละอองผสมอยู่เกิดการหมุนตัว จะทำให้ฝุ่นละอองซึ่งมีน้ำหนักมากกว่ารวมตัวกันและถูกแยกออกมา สามารถใช้ร่วมกับหม้อไอน้ำแบบฟลูอิดไดซ์เบด หรือกับหม้อไอน้ำแบบ pulverized coal

รูปที่ 2.17 แสดงเครื่องแยกฝุ่นแบบลมหมุน (cyclone Separator)

ที่มา: อ้างอิงข้อมูลจาก กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ

3.1.3 เครื่องกรองฝุ่นแบบถุงกรอง (bag filter) เป็นอุปกรณ์ที่มีถุงกรองเป็นตัวกรองแยกฝุ่นละอองออกจากแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่านหิน



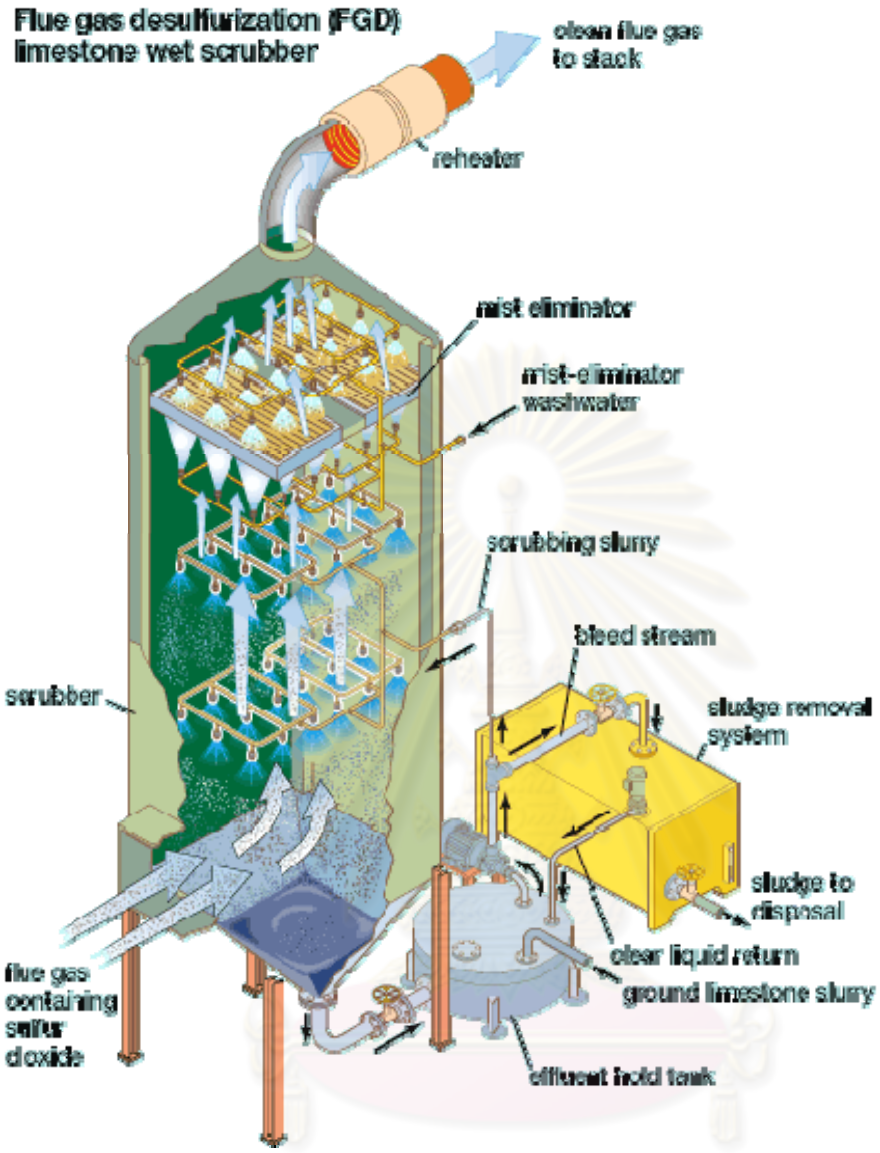
รูปที่ 2.18 แสดงเครื่องกรองฝุ่นแบบถุงกรอง (bag filter)

ที่มา: อ้างอิงข้อมูลจาก กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ

3.2 การกำจัดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์

เป็นกระบวนการกำจัดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาพร้อมแก๊สทิ้งหลังการเผาไหม้ โดยการฉีดส่วนผสมของน้ำกับหินปูนเข้าไปทำปฏิกิริยากับแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ผสมอยู่ในแก๊สทิ้งนั้น ผลของปฏิกิริยาดังกล่าวจะทำให้เกิดการรวมตัวและตกตะกอนเป็นยิบซัม ซึ่งเป็นสารประกอบที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.19 แสดงเครื่องกำจัดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ที่มา: อ้างอิงข้อมูลจาก กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ

3.3 การกำจัดแก๊สไนโตรเจนออกไซด์

เป็นกระบวนการกำจัดแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาพร้อมแก๊สทิ้งหลังการเผาไหม้ กระบวนการที่ใช้กันแพร่หลายและมีประสิทธิภาพสูง คือ Selective catalytic reduction (SCR) ในระบบนี้ใช้แอมโมเนีย ทำปฏิกิริยากับแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ เกิดเป็นไนโตรเจนและน้ำ

ที่มา: อ้างอิงข้อมูลจาก กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ http://www.dmf.go.th/default_prev.asp

2.1.4 ทฤษฎีข้อมูลเกี่ยวกับชีวมวล

ก. ผลของการสำรวจข้อมูลการใช้ชีวมวล

การใช้ในภาคอุตสาหกรรมค่อนข้างมีผลมากที่สุดต่อปริมาณชีวมวลคงเหลือรองลงไปจะเป็นการใช้ในภาคการเกษตรและการใช้ในภาคอื่นๆ ส่วนการใช้ในภาคที่อยู่อาศัยมีแนวโน้มลดลง คงเหลือแต่การใช้ชีวมวลประเภทถ่านไม้และฟืนเป็นหลัก โดยเฉพาะในบ้านพักนอกเขตเทศบาลจะถูกแทนที่ด้วยแก๊สหุงต้มที่ปรึกษาได้ทำการสำรวจการใช้พลังงานประเภทต่างๆในกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม 16 ประเภทซึ่งเป็นกลุ่มที่พบว่ามีการใช้ชีวมวล ผลการสำรวจข้อมูลสรุปได้ดังนี้

ผลการสำรวจข้อมูลการใช้ชีวมวลในภาคอุตสาหกรรมในขั้นเบื้องต้น

ผลการสำรวจข้อมูลการใช้ชีวมวลประเภทต่างๆในภาคอุตสาหกรรมที่ได้จากการสำรวจ แสดงในตารางที่ 3-6 โดยคำนวณอัตราการใช้ทั้งหมดจากค่าเฉลี่ยของการใช้เชื้อเพลิงของโรงงานแต่ละประเภท โดยเทียบจากสัดส่วนของโรงงานที่สำรวจได้กับโรงงานทั้งหมด รายละเอียดของข้อมูลมีดังต่อไปนี้

1.โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์จากนม รหัสโรงงานปัจจุบัน 005 หรือรหัส TSIC 3112

โรงงานประเภทนี้มีผลผลิตหลัก จำแนกเป็น 3 กลุ่ม คือ

- นมสดและนมสดพาสเจอร์ไรส์
- ผลิตภัณฑ์ จากการแปรรูปนม เช่น เนย โยเกิร์ต และไขมันเทียม เป็นต้น
- ไอศกรีม ที่มีนมเป็นส่วนผสม

เชื้อเพลิงชีวมวลที่มีการใช้ในโรงงานกลุ่มนี้คือ ไม้ฟืน คิดเป็นปริมาณทั้งหมดเท่ากับ 1,486 ตันต่อปี นอกจากนี้พบว่ามีการใช้กะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงในปริมาณน้อย

2.โรงงานทำผลไม้และผักกระป๋อง รหัสโรงงานปัจจุบัน 008 หรือรหัส TSIC 3113

โรงงานประเภทนี้มีผลผลิตหลักเป็นประเภทผักดองและผลไม้ดอง น้ำผลไม้และน้ำผัก เป็นต้น โดยจากจำนวนที่สำรวจได้ทั้งสิ้น 254 โรง จากจำนวนโรงงานทั้งหมดที่แสดงในฐานข้อมูลกรมโรงงาน

โดยพบว่า โรงงานในกลุ่มนี้มีการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงหลักเช่นกัน โดยมีปริมาณการใช้ของโรงงานทั้งหมดที่ได้จากการคำนวณสูงถึง 2.57 ล้านลิตรต่อปี นอกจากนั้นโรงงานส่วนที่เหลือมีการใช้เชื้อเพลิงประเภทแก๊สหุงต้มและไม้ฟืน มีการใช้คิดเป็นปริมาณเท่ากับ 52,584 กิโลกรัม ต่อปี และ 72,324 ตันต่อปี ตามลำดับ

3.โรงงานอาหารกระป๋องเก็บถนอมอาหาร รหัสโรงงานปัจจุบัน 006 หรือรหัส TSIC 3114

ผลผลิตหลักของโรงงานกลุ่มนี้มี 2 ประเภท คือ อาหารแช่แข็งและอาหารปรุงสำเร็จ โดยที่โรงงานที่ผลิตอาหารแช่แข็ง ส่วนมากจะใช้แต่พลังงานไฟฟ้า ส่วนโรงงานที่ทำอาหารปรุงสำเร็จจะมีการใช้

พลังงานความร้อน เพื่อทำให้อาหารสุก โดยโรงงานที่ใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างเดียวมีจำนวนทั้งสิ้น 95 โรง จากจำนวนโรงงานทั้งหมดที่แสดงในฐานข้อมูลกรมโรงงานอุตสาหกรรม จำนวน 542 โรง

โดยพบว่า โรงงานในกลุ่มนี้มีการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงหลักเช่นกัน โดยมีปริมาณการใช้ของโรงงานทั้งหมดคิดจากฐานข้อมูลกรมโรงงานอุตสาหกรรมมีค่าเท่ากับ 8.67 ล้านลิตรต่อปี นอกจากนั้นโรงงานส่วนที่เหลือมีการใช้ไม้ฟืนคิดเป็นปริมาณเท่ากับ 303,392 ตันต่อปี ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่ามีโรงงานบางส่วนใช้เชื้อเพลิงชีวมวลประเภท ซังข้าวโพด เป็นต้น

4. โรงงานผลิตน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์ รหัสโรงงานปัจจุบัน 007 หรือรหัส TSIC 3115 ผลผลิตหลักของโรงงานประเภทนี้ จำแนกออกเป็น น้ำมันพืช ประเภทต่างๆ เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว และผลผลิตที่เป็นประเภทอื่นๆ โดยจากโรงงานที่ทำการสำรวจทั้งสิ้น 111 โรง จากจำนวนโรงงานทั้งหมดที่แสดงในฐานข้อมูลกรมโรงงานอุตสาหกรรม จำนวน 316 โรง

โดยพบว่า โรงงานในกลุ่มนี้มีการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลัก โดยมีปริมาณการใช้ของโรงงานทั้งหมดประมาณ 2.2 ล้านลิตรต่อปี และโรงงานบางส่วนมีการใช้กากเส้นใยปาล์ม เป็นเชื้อเพลิงคิดเป็นปริมาณเท่ากับ 590,467 ตันต่อปี นอกจากนี้พบว่ามีโรงงานบางส่วนใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงโดยมีปริมาณเฉลี่ยต่อปีมากกว่า 1 แสนตันต่อปี

5. โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์จากธัญพืช รหัสโรงงานปัจจุบัน 009 หรือรหัส TSIC 3116 เชื้อเพลิงที่มีการใช้ประกอบด้วยน้ำมันดีเซล คิดเป็นปริมาณทั้งหมดประมาณ 10.0 ลิตรต่อปี และโรงงานบางส่วนโดยเฉพาะโรงสีขนาดใหญ่มีการใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงทั้งในการอบข้าวและขับเครื่องจักรคิดเป็นปริมาณเท่ากับ 1.96 ล้านตันต่อปี

6. โรงงานผิตภัณฑ์อบนึ่ง รหัสโรงงานปัจจุบัน 010 หรือรหัส TSIC 3117 โรงงานประเภทนี้มีผลผลิตส่วนใหญ่เป็นเส้นก๋วยเตี๋ยว ขนมปังชนิดต่างๆวุ้นเส้นและขนมจีน โดยมีจำนวนโรงงานที่สำรวจข้อมูลได้ทั้งสิ้น 521 โรง

โดยพบว่า โรงงานในกลุ่มนี้มีการใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงหลักเช่นกัน โดยมีปริมาณการใช้ของโรงงานทั้งหมดที่ได้จากการคำนวณถึง 21.9 ล้านกิโลกรัมต่อปี นอกจากนั้นโรงงานส่วนที่เหลือมีการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลประเภทไม้ฟืนและซังข้าวโพด คิดเป็นปริมาณเท่ากับ มีการใช้คิดเป็นปริมาณเท่ากับ 40,326 ตันต่อปี และ 1,078 ตันต่อปี ตามลำดับ

7. โรงงานผลิตน้ำตาลและทำน้ำตาลบริสุทธิ์ รหัสโรงงานปัจจุบัน 011 หรือรหัส TSIC 3118 โรงงานกลุ่มนี้มีผลผลิตหลักเป็นน้ำตาลทรายทั้งประเภทน้ำตาลทรายขาว น้ำตาลทรายแดง และน้ำตาลทรายดิบ นอกจากนี้ยังมีโรงงานบางประเภทที่ผลิตน้ำเชื่อมและสารละลายจากน้ำตาล เป็นต้น จากข้อมูลโรงงานที่สำรวจได้ทั้งสิ้น 67 โรง

โดยพบว่า โรงงานในกลุ่มนี้มีกากอ้อยเป็นเชื้อเพลิงหลัก ซึ่งเดิมเป็นการกำจัดเศษวัสดุจากขบวนการ แต่ในปัจจุบันนี้มีการใช้ผลิตไอน้ำ หรือผลิตไฟฟ้าระบบ Co-generation และขายไฟฟ้า

ส่วนที่เหลือให้กับ การไฟฟ้าฝ่ายผลิต ปริมาณกากอ้อยที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 20.32 ล้านตัน นอกจากนั้นโรงงานส่วนที่เหลือมีการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลประเภทไม้ฟืนและน้ำมันเตา คิดเป็นปริมาณเท่ากับ 15,990 ตันต่อปี และ 101,379 ลิตรต่อปี ตามลำดับ

8. โรงงานผลิตโกโก้ ช็อกโกแลต หรือขนมชนิดเคลือบหรือมีไส้น้ำตาล รหัสโรงงานปัจจุบัน 012 หรือรหัส TSIC 3119 โรงงานกลุ่มนี้ มีผลผลิตเป็นลูกกวาด ขนมขบเคี้ยว โกโก้และช็อกโกแลต ผง และกาแฟผง รวมทั้งผลผลิตประเภทใบชา จำนวนโรงงานที่ทำการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นทั้งสิ้น 79 โรง โรงงานในกลุ่มนี้มีการใช้พลังงานความร้อนไม่สูงนัก โดยใช้เชื้อเพลิงหลักเป็นน้ำมันดีเซล คิดเป็นปริมาณเท่ากับ 11,400 ลิตรต่อปี นอกจากนั้น โรงงานส่วนที่เหลือมีการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล ประเภท ไม้ฟืนและแกลบ คิดเป็นปริมาณเท่ากับ 3,630 ตันต่อปี และ 2,400 ตันต่อปี ตามลำดับ

9. โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์อาหารซึ่งมิได้จัดไว้เป็นประเภทอื่น รหัสโรงงานปัจจุบัน 012 (1,2,5,11)และ 013 หรือรหัส TSIC 3121โดยพบว่า โรงงานในกลุ่มนี้มีการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงหลัก โดยมีปริมาณการใช้ของโรงงานทั้งหมดที่ได้จากการคำนวณสูงถึง 2.22 ล้านลิตรต่อปี นอกจากนั้นโรงงานส่วนที่เหลือมีการใช้เชื้อเพลิงประเภทแก๊สหุงต้มและไม้ฟืน คิดเป็นปริมาณเท่ากับ มีการใช้คิดเป็นปริมาณเท่ากับ 301 ตันต่อปี และ 5,147 ตันต่อปี ตามลำดับ

10. โรงงานเลื่อยไม้และเครื่องไม้อื่นๆ รหัสโรงงานปัจจุบัน 034 หรือรหัส TSIC 3311 โรงงานในกลุ่มนี้ทำการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นทั้งสิ้น 1,443 โรง ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงสำหรับการผลิตพลังงานความร้อนโรงงานกลุ่มนี้ ประกอบด้วย การใช้แก๊ส LPG คิดเป็นปริมาณทั้งสิ้นเท่ากับ 2.525 ล้าน กิโลกรัมต่อปี นอกจากนั้นโรงงานส่วนที่เหลือมีการใช้เชื้อเพลิงประเภทไม้ฟืน และชีวมวลประเภทกะลามะพร้าว คิดเป็นปริมาณเท่ากับ 14,999 ตันต่อปี และ 310 ตันต่อปี ตามลำดับ

11. โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์จากดินที่ใช้ในการก่อสร้าง รหัสโรงงานปัจจุบัน 056 หรือรหัส TSIC 3691โรงงานกลุ่มนี้ มีผลผลิตเป็นอิฐก่อสร้างหรืออิฐประดับที่ใช้ในการก่อสร้าง โดยมีจำนวนโรงงานที่ได้จากการสำรวจทั้งสิ้น 382 โรง

อนึ่งเป็นที่สังเกตว่า จำนวนโรงงานขนาดเล็กของโรงงานกลุ่มนี้จะไม่ตรงกับข้อมูลที่มีอยู่ในฐานข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรม โดยพบว่า มีจำนวนมากกว่าที่ระบุไว้ โดยเฉพาะในพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และอ่างทอง รวมทั้งจังหวัดอีกหลายจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ คาดว่าคงมาจากการที่โรงงานขนาดเล็กที่เป็นโรงผลิตอิฐไม่ได้ขึ้นทะเบียนไว้กับกรมโรงงานอุตสาหกรรม

12. โรงงานผลิตซีเมนต์ ปูนขาวและปูนปลาสเตอร์ รหัสโรงงานปัจจุบัน 057 หรือรหัส STIC 3692จำนวนโรงงานที่สอบถามข้อมูลเบื้องต้นได้มีจำนวนทั้งสิ้น 139 โรง ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงหลักสำหรับการผลิตพลังงานความร้อนโรงงานกลุ่มนี้ ประกอบด้วย น้ำมันเตา และ ถ่านหิน คิดเป็นปริมาณเท่ากับ 8,002,597 ลิตรต่อปี และ 744,851 ตันต่อปี ตามลำดับ

13. โรงงานอุตสาหกรรมซึ่งมิได้จัดไว้ในประเภทอื่น รหัสโรงงานปัจจุบัน 002 , 092 , 098 , 102 และ 103 หรือรหัส TSIC 3909

โรงงานประเภทนี้มีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์มากตามรหัสปัจจุบัน กล่าวคือ

- รหัส 002 : การเก็บรักษาและผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับผลผลิตทางกสิกรรม
- รหัส 092 : ห้องเย็นเพื่อเก็บรักษาอาหาร
- รหัส 098 : ร้านซักอบรีด
- รหัส 100 : การทำผลิตภัณฑ์จากโลหะ
- รหัส 102 : การผลิตไอน้ำ
- รหัส 103 : การผลิตเกลือ

โรงงานกลุ่มนี้ มีบางประเภทเท่านั้นที่มีการใช้พลังงานความร้อนในขบวนการ เช่น โรงงานที่ทำผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับผลผลิตทางกสิกรรม และโรงงานผลิตเกลือ เป็นต้น รายละเอียดของโรงงานและการใช้พลังงานเป็นดังนี้

1. โรงงานที่ใช้แต่พลังงานไฟฟ้า ประกอบด้วย

โรงงานขนาดเล็ก จำนวน 211 โรง จากจำนวนโรงงานที่สำรวจทั้งหมด 219 โรง

โรงงานขนาดกลาง จำนวน 153 โรง จากจำนวนโรงงานที่สำรวจทั้งสิ้น 165 โรง

โรงงานขนาดใหญ่ จำนวน 289 โรง จากจำนวนโรงงานที่สำรวจทั้งสิ้น 289 โรง

2.โรงงานที่มีการใช้พลังงานความร้อนในขบวนการผลิต ประกอบด้วย

โรงงานขนาดเล็ก จำนวน 18 โรง โดยใช้น้ำมันดีเซลจำนวน 10 โรง และใช้ไม้ฟืนร่วมกับน้ำมัน 5 โรง ใช้ไม้ฟืนอย่างเดียว 2 โรง และใช้เชื้อเพลิงประเภทอื่นๆ 1 โรง

โรงงานขนาดกลาง จำนวน 12 โรง โดยใช้น้ำมันดีเซล จำนวน 7 โรง ใช้ไม้ฟืน 3 โรงและใช้เชื้อเพลิงประเภทอื่นๆ 2 โรง

โรงงานขนาดใหญ่ จำนวน 19 โรง จำแนกเป็นโรงงานที่ใช้น้ำมันดีเซล 11 โรง ใช้แก๊สหุงต้ม 3 โรง ใช้ไม้ฟืน 2 โรง ใช้ถ่านไม้ 2 โรง และซังข้าวโพด 1 โรง

14. โรงงานผลิต ส่ง หรือจำหน่ายไฟฟ้า รหัสโรงงานปัจจุบัน 088 หรือรหัส TSIC 4101

โรงงานในกลุ่มนี้ทำการสำรวจข้อมูลทั้งสิ้น 40 โรง จากจำนวนโรงงานในฐานข้อมูลทั้งสิ้น 73 โรง ส่วนหนึ่งเป็นของภาครัฐ เช่น โรงงานพลังงานพลังน้ำของการใช้ไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โรงไฟฟ้าดีเซลของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค นอกจากนั้นเป็นโรงไฟฟ้าของเอกชนที่ใช้แก๊สธรรมชาติและถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง รวมทั้งโรงไฟฟ้าที่ใช้ชีวมวลประเภทต่างๆเป็นเชื้อเพลิง ดังรายละเอียดจากผลการสำรวจข้อมูลเบื้องต้น ต่อไปนี้

1. โรงไฟฟ้าพลังน้ำ จำนวน 7 โรง
2. โรงไฟฟ้าที่ใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง 18 โรง

3. โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง 4 โรง

4. โรงไฟฟ้าที่ใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง จำนวน 9 โรง จำแนกเป็น

- โรงไฟฟ้าที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง 4 โรง
- โรงไฟฟ้าที่ใช้แกลบและเศษไม้ 4โรง
- โรงไฟฟ้าที่ใช้เปลือกไม้และวัสดุอื่นๆเป็นเชื้อเพลิง 1 โรง

5. โรงไฟฟ้าที่ใช้แก๊สชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง 1 โรง

6. โรงไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันดีเซล เป็นเชื้อเพลิง 1 โรง

รายละเอียดการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลจะนำเสนอในการสำรวจขั้นรายละเอียด เนื่องจากการใช้ชีวมวลของโรงงานในส่วนนี้จะมีผลต่อปริมาณคงเหลือของชีวมวลอย่างมาก โดยเฉพาะเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีการใช้อย่างกว้างขวาง เช่น แกลบ กากอ้อย และเศษไม้

ข. การประเมินศักยภาพของชีวมวล

การดำเนินการในหัวข้อนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อบ่งชี้ให้ทราบว่าชีวมวลแต่ละประเภทมีปริมาณคงเหลืออยู่เท่าใด และมีอยู่ในพื้นที่ใดบ้าง ซึ่งจากผลการศึกษาและการเปรียบเทียบข้อมูลอุปทานชีวมวล ที่ได้จากการทบทวนข้อมูลของกรมส่งเสริมการเกษตรและข้อมูลจากแหล่งอื่นๆ รวมทั้งการสำรวจข้อมูลและทดสอบคุณสมบัติตัวอย่างชีวมวลเพิ่มเติม กับการศึกษาข้อมูลอุปสงค์รวมของชีวมวล ที่ได้จากการศึกษาและสำรวจการใช้ชีวมวลในทุกประเภท ทั้งการใช้ในภาคที่อยู่อาศัย ภาคการเกษตร ภาคอุตสาหกรรม และภาคอื่นๆ โดยคิดในรูปของพลังงานคงเหลือที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ การประเมินศักยภาพของชีวมวลนี้ ในขั้นต้นแสดงขอบเขตการประเมินในระดับจังหวัด แต่ในระบบฐานข้อมูลที่มีการจัดทำควบคู่กับการศึกษาครั้งนี้ จะมีข้อมูลลงลึกถึงระดับอำเภอทุกอำเภอ และระดับตำบลเฉพาะพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกพืชชีวมวลแต่ละชนิดในปริมาณสูง

ค. การวิเคราะห์และประเมินศักยภาพชีวมวล

จากข้อมูลผลผลิต และการใช้ชีวมวล พบว่า ชีวมวลบางประเภทที่มีการใช้อย่างกว้างขวางและมีปริมาณคงเหลือไม่มาก หรือบางชนิดขาดแคลน อาทิเช่น แกลบ กากอ้อย กะลาปาล์ม และไม้ฟืน ซึ่งชีวมวลเหล่านี้เป็นประเภทที่เกิดขึ้นที่โรงงานอุตสาหกรรม ผู้ประกอบการได้หาแนวทางในการใช้กำจัดและลดต้นทุนในการผลิตของตน ด้วยการใช้แทนเชื้อเพลิงเชิงพาณิชย์ จนปัจจุบันเชื้อเพลิงเหล่านี้มีการซื้อ-ขาย และมีกลไกด้านการตลาดจนครบวงจรแล้วหรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นชีวมวลประเภทที่เป็น เชื้อเพลิงชีวมวลเชิงพาณิชย์ ส่วนชีวมวลอีกหลายประเภทพบว่ามีปริมาณคงเหลืออยู่เป็นจำนวนมาก เนื่องจากมีการใช้อยู่ในวงจำกัด หรือบางประเภทยังไม่ได้มีการนำไปใช้อย่างเป็นรูปธรรม อาทิเช่น ยอดและใบอ้อย ฟางข้าว ลำต้น ยอดและใบข้าวโพด เหง้ามันและลำต้นมัน เป็นต้น

หากนำค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากการทดลอง (ใช้ค่า Low Heating Value) ของชีวมวล มาคูณกับปริมาณคงเหลือของชีวมวลแต่ละประเภท จะได้ค่าพลังงานคงเหลือ และหากพิจารณาค่าสัดส่วนการสูญเสียของชีวมวล จะทำให้ทราบถึงศักยภาพชีวมวลที่มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ ตาราง แสดงการประมาณค่าสัดส่วนความสามารถในการนำชีวมวลมาใช้ โดยพบว่าฟางข้าว ลำต้น ยอดและใบข้าวโพด และยอดและใบอ้อย มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียสูง โดยมีค่าสัดส่วนของชีวมวลที่สามารถนำมาใช้ได้อยู่ระหว่าง 50-70%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.6 หลักเกณฑ์การคิดค่าสัดส่วนการนำชีวมวลมาใช้ประโยชน์ได้จริง

ลำดับที่	ประเภทชีวมวล	สัดส่วนที่นำชีวมวลมาใช้(%)	หลักเกณฑ์การคิดสัดส่วน
1	แกลบ	90	มีการฟุ้งกระจายของแกลบทั้งในระหว่างขัดสีและการขนส่ง
2	ฟางข้าว	50	ฟางข้าวส่วนล่างยังไม่สามารถนำมาใช้ได้ คาดว่าเหลือทิ้งไว้ที่ไร่ประมาณ 10-15 ซม.
3	ยอดและใบอ้อย	70	มีการฟุ้งกระจายของชีวมวลในระหว่างการตัดและการขนส่ง รวมทั้งบางส่วนติดไปที่โรงอ้อย
4	กากอ้อย	100	คาดว่านำมาใช้ได้หมด เพราะเกิดที่โรงงาน
5	ลำต้น ยอดและใบข้าวโพด	60	ส่วนมากมีการเพาะปลูกในพื้นที่ลาดชัน และมีการฟุ้งกระจายในขบวนการเก็บ
6	ซังข้าวโพด	90	การคัดแยกตามโรงสีหมู่บ้านจะทำให้ชีวมวลประเภทนี้กระจาย และมีการสูญเสีย
7	เหง้ามัน	80	ใช้แรงงานในการเก็บโดยใช้คนเป็นหลักซึ่งอาจมีการสูญเสียบ้าง รวมทั้งบางพื้นที่มีการปลูกพืชอื่นร่วม
8	ลำต้นมัน	80	ใช้แรงงานในการเก็บโดยใช้คนเป็นหลักซึ่งอาจมีการสูญเสียบ้าง รวมทั้งบางพื้นที่มีการปลูกพืชอื่นร่วม
9	สับปะรด	90	ใช้แรงงานในการเก็บโดยใช้คนเป็นหลักซึ่งอาจมีการสูญเสียบ้าง
10	ลำต้น เปลือกและใบถั่วเหลือง	70	มีการสูญเสียเนื่องจากการเก็บเกี่ยวรวมทั้ง บางส่วนจะติดไปกับเมล็ด
11	กะลาปาล์ม	100	คาดว่านำมาใช้ได้หมด เพราะเกิดที่โรงงาน
12	ทะลายปาล์ม	90	การคัดแยกมีหลายจุดแล้วแต่คนกลาง อาจทำให้มีการสูญเสียบ้าง
13	เส้นใยปาล์ม	100	คาดว่านำมาใช้ได้หมด เพราะเกิดที่โรงงาน
14	ก้านใบและจั่นทะลายปาล์ม	100	ไม่มีการสูญเสียจากการแยกออกจากส่วนอื่นและจะถูกนำไปกองไว้ที่โคนต้น
15	กะลามะพร้าว	80	มีการกระจายตัวของชีวมวล แล้วแต่พ่อค้าคนกลางและที่เกิดของชีวมวลประเภทนี้ ส่วนมากกระจาย

16	เปลือกและกาบมะพร้าว	100	มีการแยกโดยพ่อค้าคนกลาง ไม่มีการสูญเสีย
17	ก้านและใบมะพร้าว	100	ไม่มีการสูญเสียจากการแยกออกจากส่วนอื่น และจะถูกนำไปกองไว้ที่โคนต้น
18	ถ่านไม้	90	มีการแตกหักและสูญเสียบ้าง เนื่องจากเปราะ
19	ไม้ฟืน	100	ไม่มีการสูญเสียเนื่องจากเกิดที่โรงไม้ และมีคนกลางมารับไปอีกต่อ
20	เศษไม้	90	อาจมีการสูญเสียบ้าง โดยเฉพาะกิ่งก้านขนาดเล็ก
21	ขี้เลื่อย	80	มีการสูญเสียเนื่องจากการฟุ้งกระจายของชีวมวล ทั้งที่โรงไม้และระหว่างขนส่ง

ที่มา: อ้างอิงข้อมูลจาก กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ

ข้อมูลในตารางที่ 4-2 แสดงผลการศึกษาศักยภาพของชีวมวลทั้ง 21 ประเภท ซึ่งสามารถสรุปรายละเอียดของผลการศึกษาได้ดังนี้

1.ชีวมวลประเภทแกลบ

จากข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของกรมส่งเสริมการเกษตรในปีเพาะปลูก 2545-2546 มีปริมาณการผลิตข้าวทั้งประเทศเท่ากับ 36.51 ล้านตัน และคิดเป็นปริมาณแกลบเท่ากับ 8.25 ล้านตัน โดยมีการนำแกลบเหล่านี้มาใช้ในภาคต่างๆ คิดเป็นปริมาณรวม 5.94 ล้านตัน โดยที่ 3 ภาคหลักที่ผู้ใช้ประกอบด้วย ภาคการเกษตร(2.34 ล้านตัน) ภาคอุตสาหกรรม (2.33 ล้านตัน) และภาคการผลิตไฟฟ้า (1.19 ล้านตัน) ซึ่งทำให้ปริมาณแกลบคงเหลือมีค่าเท่ากับ 2.31 ล้านตัน หากนำปริมาณแกลบคงเหลือดังกล่าวมาหักด้วยปริมาณการสูญเสียของแกลบ ที่เกิดจากการขัดสีและการฟุ้งกระจายทั้งในระหว่างกระบวนการต่างๆและการขนส่ง ซึ่งมีค่าการสูญเสียเท่ากับ 10% ดังนั้นปริมาณแกลบคงเหลือที่สามารถนำมาใช้งานได้จะมีค่าสุทธิเท่ากับ 2.08 ล้านตัน และคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 30,202 เทราจูล หรือเทียบเท่า 715 Ktoe และหากคิดประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าที่ 20% ค่ากำลังไฟฟ้าของปริมาณแกลบคงเหลือจะมีค่าเท่ากับ 192 MW

2.ชีวมวลประเภทฟางข้าว

จากข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของกรมส่งเสริมการเกษตรปีเพาะปลูก 2545-2546 มีปริมาณการผลิตข้าวเท่ากับ 36.51 ล้านตัน คิดเป็นฟางข้าวเท่ากับ 43.44 ล้านตัน โดยพบมีการนำฟางข้าวไปใช้ในภาคการเกษตร คิดเป็นปริมาณรวม 18.75 ล้านตัน ซึ่งทำให้ปริมาณฟางข้าวคงเหลือมีค่าเท่ากับ 24.69 ล้านตัน หากนำมาหักค่าการสูญเสียของฟางข้าว ที่เกิดจากการที่ไม่สามารถเก็บเกี่ยวได้หมดจากแปลงปลูก(ใช้ค่าการสูญเสียเท่ากับ 50%) ปริมาณฟางข้าวคงเหลือที่สามารถนำมาใช้งานได้จะมีค่าสุทธิเท่ากับ 12.35 ล้านตัน และคิดเป็นค่าพลังงานความร้อน

เท่ากับ 170,375 เทราจูล หรือเทียบเท่า 4,034 Ktoe และหากคิดประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าที่ 20% ค่ากำลังไฟฟ้าของปริมาณฟางข้าวคงเหลือจะมีค่าเท่ากับ 1,080 MW

3.ชีวมวลประเภทลำต้น ยอดและใบข้าวโพด

จากข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของกรมส่งเสริมการเกษตรในปีเพาะปลูก 2545-2546 มีปริมาณการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งประเทศเท่ากับ 5.29 ล้านตัน คิดเป็นชีวมวลประเภท ลำต้น ยอดและใบ เท่ากับ 4.72 ล้านตัน โดยพบมีการนำชีวมวลประเภทนี้ไปใช้ในภาคการเกษตรเพียงภาคเดียว คิดเป็นปริมาณเท่ากับ 0.67 ล้านตัน ซึ่งทำให้ชีวมวลประเภทนี้ไปใช้ในภาคการเกษตรเพียงภาคเดียว คิดเป็นปริมาณเท่ากับ 0.67 ล้านตัน ซึ่งทำให้ชีวมวลประเภทนี้มีปริมาณคงเหลือเท่ากับ 4.05 ล้านตัน หากนำมาหักโดยค่าการสูญเสียเนื่องจากข้อจำกัดด้านสภาพพื้นที่เพาะปลูกและการฟุ้งกระจายจากการเก็บเกี่ยว (ใช้ค่าการสูญเสียเท่ากับ 40%) ปริมาณลำต้น ยอด และใบข้าวโพดคงเหลือที่สามารถนำมาใช้งานได้จะมีค่าสุทธิเท่ากับ 2.43 ล้านตัน และคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 38,932 เทราจูล หรือเทียบเท่า 922 Ktoe และหากคิดประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าที่ 20% ค่ากำลังไฟฟ้าของปริมาณชีวมวลคงเหลือจะมีค่าเท่ากับ 247 MW

4.ชีวมวลประเภทซังข้าวโพด

จากข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของกรมส่งเสริมการเกษตรในปีเพาะปลูก 2545-2546 มีปริมาณการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งประเทศเท่ากับ 5.29 ล้านตัน และคิดเป็นปริมาณซังข้าวโพดเท่ากับ 1.00 ล้านตัน โดยมีการนำชีวมวลเหล่านี้มาใช้ในภาคต่างๆคิดเป็นปริมาณรวม 0.50 ล้านตัน ประกอบด้วยภาคการเกษตร(0.41 ล้านตัน) ภาคอุตสาหกรรม(0.01 ล้านตัน) และภาคอื่นๆ (0.08 ล้านตัน) ซึ่งทำให้ปริมาณชีวมวลคงเหลือมีค่าเท่ากับ 0.05 ล้านตัน

หากนำปริมาณชีวมวลคงเหลือดังกล่าวมาหักด้วยค่าการสูญเสียที่อาจเกิดจากการขัดสีและการกระจายหรือถูกทิ้งไว้ตามเครื่องสีขนาดเล็ก ซึ่งในกรณีนี้ใช้ค่าการสูญเสียเท่ากับ 10 % ดังนั้นปริมาณซังข้าวโพดคงเหลือที่สามารถนำมาใช้งานได้จะมีค่าสุทธิเท่ากับ 0.45 ล้านตัน และคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 7,586 เทราจูล หรือเทียบเท่า 180 Ktoe และหากคิดประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าที่ 20% ค่ากำลังไฟฟ้าของปริมาณซังข้าวโพดคงเหลือจะมีค่าเท่ากับ 48 MW

5. ชีวมวลประเภทยอดและใบอ้อย

จากข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของกรมส่งเสริมการเกษตรปี 2545-2546 มีปริมาณการผลิตอ้อยทั้งประเทศเท่ากับ 75.61 ล้านตัน คิดเป็นชีวมวลประเภท ยอดและใบอ้อย เท่ากับ 15.42 ล้านตัน โดยพบมีการนำชีวมวลประเภทนี้ไปใช้ในภาคการเกษตรเพียงภาคเดียว คิดเป็นปริมาณรวมเท่ากับ 4.01 ล้านตัน ซึ่งทำให้ชีวมวลประเภทนี้มีปริมาณคงเหลือเท่ากับ 11.41 ล้านตัน หากนำมาหักด้วยค่าการสูญเสียเนื่องจากการฟุ้งกระจายจากการเก็บเกี่ยวและการขนส่ง(ใช้ค่าการสูญเสียเท่ากับ 30%) ปริมาณยอดและใบอ้อยคงเหลือที่สามารถนำมาใช้งานได้จะมีค่าสุทธิเท่ากับ 7.99 ล้านตัน และคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 129,018 เทราจูล หรือเทียบเท่า 3,055 Ktoe และหากคิดประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าที่ 20% ค่ากำลังไฟฟ้าของปริมาณยอดและใบอ้อยคงเหลือจะมีค่าเท่ากับ 818 MW

6. ชีวมวลประเภทกากอ้อย

ปริมาณการผลิตอ้อยทั้งประเทศเท่ากับ 75.61 ล้านตัน ในปีเพาะปลูก 2545-2546 และคิดเป็นชีวมวลกากอ้อยเท่ากับ 22.91 ล้านตัน ชีวมวลประเภทนี้มีการนำไปใช้อย่างกว้างขวางในภาคอุตสาหกรรม โดยปัจจุบันได้ถูกแปรไปเป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานในโรงงานผลิตน้ำตาลคิดเป็นปริมาณเท่ากับ 20.32 ล้านตัน หรือประมาณ 87% ของปริมาณชีวมวลที่เกิดขึ้น นอกจากนี้มีบางโรงงานนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าคิดเป็นปริมาณเท่ากับ 2.62 ล้านตัน จึงทำให้ชีวมวลประเภทนี้หมดไปกับการใช้ในโรงงานเป็นหลัก แม้แต่มีความต้องการใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอื่นๆแต่ก็ไม่มีวัตถุดิบมาป้อน รวมทั้งโรงงานผลิตน้ำตาลหรือโรงผลิตไฟฟ้าจากกากอ้อยหลายโรงได้เริ่มเสาะหาเชื้อเพลิงประเภทอื่นๆมาใช้ร่วมกับกากอ้อยเนื่องจากภาวะขาดแคลนของกากอ้อย เชื้อเพลิงที่เริ่มนำมาลองใช้ เช่น ยอดและใบอ้อย เป็นต้น

7. ชีวมวลประเภทตอซังสับปะรด

จากข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของกรมส่งเสริมการเกษตรในปีเพาะปลูก 2545-2546 มีปริมาณการผลิตสับปะรดทั้งประเทศคิดเป็นปริมาณเท่ากับ 3.56 ล้านตัน และคิดเป็นปริมาณชีวมวลประเภทตอซังเท่ากับ 2.09 ล้านตัน โดยทั่วไปชีวมวลเหล่านี้จะถูกใช้ไปในภาคการเกษตร โดยถูกปั่นและทิ้งให้ย่อยสลายเป็นปุ๋ย ซึ่งทำให้ปริมาณคงเหลือมีค่าเท่ากับ 0.27 ล้านตัน หากนำไปหักด้วยค่าการสูญเสียที่เกิดจากพื้นที่เพาะปลูกและการจัดเก็บ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10% ดังนั้นปริมาณตอซังสับปะรดคงเหลือที่สามารถนำมาใช้งานได้จะมีค่าสุทธิเท่ากับ 0.24 ล้านตัน และคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 3,808 เทราจูล หรือเทียบเท่า 90 Ktoe และหากคิดประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าที่ 20% ค่ากำลังไฟฟ้าของปริมาณตอซังสับปะรดคงเหลือจะมีค่าเท่ากับ 24 MW

8. ชีวมวลประเภทลำต้นมันสำปะหลัง

จากข้อมูลการเพาะปลูกมันสำปะหลังของกรมส่งเสริมการเกษตรในปี 2545-2546 มีปริมาณการผลิตมันสำปะหลังทั้งประเทศเท่ากับ 20.81 ล้านตัน และคิดเป็นปริมาณชีวมวลประเภทนี้เท่ากับ 2.52 ล้านตัน โดยมีการนำชีวมวลเหล่านี้มาใช้ในภาคการเกษตร โดยเป็นต้นพันธุ์ในหลัก คิดเป็นปริมาณรวม 1.50 ล้านตัน ซึ่งทำให้ปริมาณลำต้นมัน คงเหลือมีค่าเท่ากับ 1.01 ล้านตันหากนำปริมาณชีวมวลคงเหลือดังกล่าวมาหักค่าการสูญเสีย ที่เกิดจากการจัดเก็บและข้อจำกัดด้านการเพาะปลูก ปริมาณลำต้นมันคงเหลือที่สามารถนำมาใช้งานได้จะมีค่าสุทธิเท่ากับ 0.81 ล้านตัน และคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 12,658 เทราจูล หรือเทียบเท่า 300 Ktoe และหากคิดประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าที่ 20% ค่ากำลังไฟฟ้าของปริมาณชีวมวลประเภทนี้จะมีค่าเท่ากับ 80 MW

9. ชีวมวลประเภทเหง้ามันสำปะหลัง

จากข้อมูลการเพาะปลูกดังกล่าวข้างต้น มีปริมาณการผลิตมันสำปะหลังทั้งประเทศเท่ากับ 20.81 ล้านตัน และคิดเป็นปริมาณเหง้ามันเท่ากับ 1.89 ล้านตัน โดยมีการใช้ประโยชน์จากชีวมวลประเภทนี้น้อยมาก โดยพบว่ามีการใช้ในภาคการเกษตร คิดเป็นปริมาณเพียง 0.05 ล้านตัน ซึ่งทำให้ปริมาณเหง้ามัน คงเหลือเท่ากับ 1.85 ล้านตัน หากนำปริมาณชีวมวลคงเหลือดังกล่าวมาหักด้วยค่าการสูญเสีย ที่เกิดจากการจัดเก็บและข้อจำกัดด้านการเพาะปลูก ปริมาณเหง้ามันคงเหลือที่สามารถนำมาใช้งานได้จะมีค่าสุทธิเท่ากับ 1.48 ล้านตัน โดยคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 23,794 เทราจูล หรือเทียบเท่า 563 Ktoe และหากคิดประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าที่ 20% ค่ากำลังไฟฟ้าของปริมาณเหง้ามันคงเหลือจะมีค่าเท่ากับ 151 MW

10. ชีวมวลประเภทลำต้น เปลือก และใบถั่วเหลือง

จากข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของกรมส่งเสริมการเกษตร ในปีเพาะปลูก 2545-2546 มีปริมาณการผลิตถั่วเหลืองทั้งประเทศเท่ากับ 0.223 ล้านตัน และคิดเป็นปริมาณชีวมวลประเภทนี้เท่ากับ 0.262 ล้านตัน โดยทั่วไปชีวมวลเหล่านี้จะถูกใช้ไปในภาคการเกษตร ซึ่งทำให้ปริมาณคงเหลือมีค่าเท่ากับ 0.102 ล้านตัน หากหักค่าการสูญเสียที่เกิดจากการจัดเก็บซึ่งเท่ากับ 30% ดังนั้นปริมาณชีวมวลประเภทนี้ ที่สามารถนำมาใช้งานได้จะมีค่าสุทธิเพียง 0.071 ล้านตัน และคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 1,156 เทราจูล หรือเทียบเท่า 27 Ktoe และหากคิดประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าที่ 20% ค่ากำลังไฟฟ้าของปริมาณชีวมวลคงเหลือจะมีค่าเท่ากับ 7 MW

11. ชีวมวลประเภทกะลามะพร้าว

จากข้อมูลผลผลิตของกรมส่งเสริมการเกษตรในปีเพาะปลูก 2454-2546 มีปริมาณการผลิตมะพร้าวทั้งประเทศเท่ากับ 2.42 ล้านตัน และคิดเป็นปริมาณกะลามะพร้าวเท่ากับ 0.06 ล้านตัน โดยมีการนำกะลามะพร้าวไปใช้ในภาคต่างๆ คิดเป็นปริมาณรวม 0.51 ล้านตัน จึงทำให้

ปริมาณชีวมวลคงเหลือมีค่าเท่ากับ 0.087 ล้านตัน หากนำปริมาณชีวมวลคงเหลือดังกล่าวมาหักด้วยค่าการสูญเสียที่อาจเกิดจากการกระจายตัวเนื่องจากการใช้และการจำหน่าย ซึ่งในกรณีกะลามะพร้าวใช้ค่าการสูญเสียเท่ากับ 20% ดังนั้นปริมาณกะลามะพร้าวคงเหลือที่สามารถนำมาใช้งานได้จะมีค่าสุทธิเท่ากับ 0.069 ล้านตัน และคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 1,269 เทราจูล หรือเทียบเท่า 30 Ktoe และหากคิดประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าที่ 20% ค่ากำลังไฟฟ้าของปริมาณกะลามะพร้าวคงเหลือจะมีค่าเท่ากับ 8 MW

12. ชีวมวลประเภทเปลือกและกาบมะพร้าว

จากข้อมูลผลผลิตของกรมส่งเสริมการเกษตรในปีเพาะปลูก 2545-2546 มีปริมาณการผลิตมะพร้าวทั้งประเทศเท่ากับ 2.42 ล้านตัน และคิดเป็นปริมาณเปลือกและกาบมะพร้าวเท่ากับ 1.36 ล้านตัน โดยมีการนำชีวมวลเหล่านี้มาใช้ในภาคต่างๆ คิดเป็นปริมาณรวม 1.20 ล้านตัน ซึ่งทำให้ปริมาณชีวมวลคงเหลือมีค่าเท่ากับ 0.16 ล้านตัน โดยกรณีของเปลือกและกาบมะพร้าวคาดว่าจะมีการสูญเสียน้อย จึงกำหนดใช้ค่าการสูญเสียเท่ากับ 0% ดังนั้นปริมาณชีวมวลคงเหลือที่สามารถนำมาใช้งานได้จะมีค่าสุทธิเท่ากับ 0.16 ล้านตัน และคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 2,628 เทราจูล หรือ เทียบเท่า 62 Ktoe และหากคิดประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าที่ 20% ค่ากำลังไฟฟ้าของปริมาณชีวมวลนี้มีค่าเท่ากับ 17 MW

13. ชีวมวลประเภทก้านใบ จั่นและทะลายมะพร้าว

จากข้อมูลผลผลิตของกรมส่งเสริมการเกษตรในปีเพาะปลูก 2545-2546 มีปริมาณการผลิตมะพร้าวทั้งประเทศเท่ากับ 2.42 ล้านตัน และคิดเป็นปริมาณก้านใบ จั่นและทะลายมะพร้าวเท่ากับ 1.36 ล้านตัน โดยมีการนำชีวมวลเหล่านี้มาใช้ในภาคต่างๆน้อยมากคิดเป็นปริมาณเพียง 0.10 ล้านตัน ซึ่งทำให้ปริมาณชีวมวลคงเหลือมีค่าเท่ากับ 1.26 ล้านตัน โดยกรณีของชีวมวลประเภทนี้คาดว่าจะมีการสูญเสียน้อย จึงกำหนดใช้ค่าการสูญเสียเท่ากับ 0% ดังนั้นปริมาณชีวมวลคงเหลือที่สามารถนำมาใช้งานได้จะมีค่าสุทธิเท่ากับ 1.26 ล้านตัน และคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 19,436 เทราจูล หรือเทียบเท่า 460 Ktoe และหากคิดประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าที่ 20% ค่ากำลังไฟฟ้าของปริมาณชีวมวลประเภทนี้มีค่าเท่ากับ 123 MW

14. ชีวมวลประเภททางใบและก้านปาล์ม

จากข้อมูลผลผลิตของกรมส่งเสริมการเกษตรในปีเพาะปลูก 2545-2546 มีปริมาณการผลิตปาล์มน้ำมันทั้งประเทศเท่ากับ 3.98 ล้านตัน และคิดเป็นปริมาณทางใบ และก้านเท่ากับ 1.08 ล้านตัน โดยมีการนำชีวมวลประเภทนี้มาคลุมดินและปล่อยให้ย่อยสลายเป็นปุ๋ย คิดเป็นปริมาณรวม 1.06 ล้านตัน จึงทำให้ชีวมวลประเภทนี้มีปริมาณคงเหลือน้อยมาก โดยคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเพียง 300 เทราจูล หรือเทียบเท่า 7 Ktoe และหากคิดประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าที่ 20% ค่ากำลังไฟฟ้าของปริมาณชีวมวลคงเหลือจะมีค่าเพียง 2 MW

15. ชีวมวลประเภทกากใยปาล์ม

จากข้อมูลผลผลิตของกรมส่งเสริมการเกษตรในปีเพาะปลูก 2545-2546 มีปริมาณการผลิตปาล์มน้ำมันทั้งประเทศเท่ากับ 3.98 ล้านตัน และคิดเป็นปริมาณกากใยปาล์ม เท่ากับ 0.59 ล้านตัน โดยมีการนำชีวมวลประเภทนี้จะถูกใช้ทำปุ๋ยและใช้เป็นเชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรม คิดเป็นปริมาณรวม 0.58 ล้านตัน จึงทำให้ชีวมวลประเภทนี้มีปริมาณคงเหลือน้อยมาก โดยคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเพียง 222 เทราจูล หรือเทียบเท่า 5 Ktoe และหากคิดประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าที่ 20% ค่ากำลังไฟฟ้าของปริมาณกากใยคงเหลือจะมีค่าเพียง 1 MW เท่านั้น

16. ชีวมวลประเภทกะลาปาล์ม

จากข้อมูลผลผลิตของกรมส่งเสริมการเกษตรในปีเพาะปลูก 2545-2546 มีปริมาณการผลิตปาล์มน้ำมันทั้งประเทศเท่ากับ 3.98 ล้านตัน และคิดเป็นปริมาณกะลาปาล์มเท่ากับ 0.513 ล้านตัน โดยมีการใช้ชีวมวลประเภทนี้ในภาคอุตสาหกรรมเพื่อเป็นเชื้อเพลิง คิดเป็นปริมาณรวม 0.496 ล้านตัน จึงทำให้ชีวมวลประเภทนี้มีปริมาณคงเหลือน้อยมาก โดยคิดค่าพลังงานความร้อนเพียง303 เทราจูลหรือเทียบเท่า 7 Ktoe และหากคิดประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าที่ 20% ค่ากำลังไฟฟ้าของปริมาณกะลาปาล์มคงเหลือจะมีค่าเพียง 2 MW เท่านั้น

17. ชีวมวลประเภททะลายปาล์ม

จากข้อมูลผลผลิตของกรมส่งเสริมการเกษตรในปีเพาะปลูก 2545-2546 มีปริมาณการผลิตปาล์มน้ำมันทั้งประเทศเท่ากับ 3.98 ล้านตัน และคิดเป็นปริมาณทะลายเท่ากับ 0.86 ล้านตัน โดยมีการนำชีวมวลประเภทนี้ถูกนำมาใช้ทำปุ๋ย คิดเป็นปริมาณรวม 0.62 ล้านตัน จึงทำให้ชีวมวลประเภทนี้มีปริมาณคงเหลือเพียง 0.24 ล้านตัน โดยกรณีของชีวมวลประเภทนี้คาดว่าจะมีการสูญเสียอันเกิดจากการคัดแยกและตัวกลางจำหน่ายคิดเป็นค่าการสูญเสียเท่ากับ 10% ดังนั้นปริมาณชีวมวลคงเหลือที่สามารถนำมาใช้งานได้จะมีค่าสุทธิเท่ากับ 0.21 ล้านตัน โดยคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเพียง 3,485 เทราจูล หรือเทียบเท่า 83 Ktoe และหากคิดประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าที่ 20% ค่ากำลังไฟฟ้าของปริมาณชีวมวลคงเหลือจะมีค่า 22 MW

18.ชีวมวลประเภทถ่านไม้

จากข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกไม้ยางพาราและไม้ยูคาลิปตัส ปี 2545-2546 ที่รวบรวมได้จากองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ สถาบันวิจัยยาง และสำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง พบว่ามีปริมาณการผลิตขิงไม้ทั้งสองประเภท เท่ากับ 5.12 ล้านตัน และคิดเป็นปริมาณถ่านไม้เท่ากับ 1.52 ล้านตัน โดยที่ถ่านไม้เหล่านี้จะถูกใช้ไปคิดเป็นปริมาณเท่ากับ 1.18 ล้านตัน จึงทำให้ปริมาณชีวมวลคงเหลือเท่ากับ 0.34 ล้านตัน โดยกรณีของถ่านไม้คิดค่าการสูญเสียอันเกิดจากการแตกหักเท่ากับ 10% ดังนั้นปริมาณชีวมวลคงเหลือที่สามารถนำมาใช้งานได้จะมีค่าสุทธิเท่ากับ

0.30 ล้านตัน โดยคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 9,188 เทราจูล หรือเทียบเท่า 218 Ktoe และหากคิดประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าที่ 20% ค่ากำลังไฟฟ้าของถ่านไม้จะมีค่า 58 MW

19.ชีวมวลประเภทไม้ฟืน

จากข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกไม้ยางพาราและไม้ยูคาลิปตัสปี 2545-2546 ที่รวบรวมได้จากองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ สถาบันวิจัยยาง และสำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง พบว่ามีปริมาณการผลิตของไม้ทั้งสองประเภท เท่ากับ 5.12 ล้านตัน และคิดเป็นปริมาณไม้ฟืนเท่ากับ 1.27 ล้านตัน โดยที่ไม้ฟืนเหล่านี้จะถูกใช้ไปในภาคอุตสาหกรรมเป็นหลัก คิดเป็นปริมาณรวมของการใช้ทั้งหมดเท่ากับ 1.64 ล้านตัน ซึ่งเกินจากปริมาณการผลิต ซึ่งที่ปรึกษามีความเห็นว่าปริมาณการผลิตของไม้ที่ใช้เป็นเพียงไม้สองประเภท แต่ไม้ฟืนที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมอาจมาจากไม้ประเภทอื่นๆเช่น ไม้จากโรงเลื่อย เป็นต้น (ข้อมูลจากการสอบถามโรงงานประเภททำอิฐที่ใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิง) รวมทั้งข้อมูลการผลิตจากแหล่งที่เป็นของเอกชนซึ่งไม่สามารถดำเนินการรวบรวมได้เพราะไม่มีข้อมูลบันทึกไว้ รวมทั้งเอกชนส่วนมากไม่เปิดเผยข้อมูลส่วนนี้กับที่ปรึกษา ดังนั้นการศึกษาสำหรับชีวมวลประเภทนี้ชี้ให้เห็นถึงแนวโน้มของการขาดแคลนไม้ฟืนเนื่องจากมีความต้องการของการใช้สูง ซึ่งตรงกับสภาพความเป็นจริงเพราะราคาของไม้ฟืนในตลาดที่เพิ่มขึ้นตลอดเวลา รวมทั้งยังต้องใช้เวลาในการสั่งและแย่งกันซื้อในบางช่วงเวลา

20. ชีวมวลประเภทเศษไม้

จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษาพบว่าเศษไม้มีแนวโน้มเช่นเดียวกับไม้ฟืน โยมีปริมาณการผลิตเศษไม้เท่ากับ 0.52 ล้านตัน แต่มีปริมาณการใช้ทั้งหมดเท่ากับ 0.59 ล้านตัน ซึ่งที่ปรึกษามีความเห็นว่าเป็นเหตุผลเดียวกับไม้ฟืน ดังนั้นในรูปของการศึกษาสำหรับชีวมวลประเภทนี้ชี้ให้เห็นถึงแนวโน้มที่เศษไม้ฟืนมีแนวโน้มขาดแคลนเนื่องจากมีความต้องการของการใช้สูง

21. ชีวมวลประเภทขี้เลื่อย

จากข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกไม้ทั้งสองประเภทดังกล่าวข้างต้น มีปริมาณขี้เลื่อยเท่ากับ 0.17 ล้านตัน โดยที่ขี้เลื่อยจะถูกใช้ไปคิดเป็นปริมาณมากกว่า 30% ของปริมาณที่เกิดขึ้น ปริมาณชีวมวลประเภทขี้เลื่อยคงเหลือหลังจากการใช้มีค่าเท่ากับ 0.12 ล้านตัน โดยภายหลังจากหักค่าการสูญเสียอันเกิดจากการฟุ้งกระจายซึ่งมีค่าเท่ากับ 20% ดังนั้นปริมาณขี้เลื่อยคงเหลือที่สามารถนำมาใช้งานได้จะมีค่าสุทธิเท่ากับ 0.094 ล้านตัน โดยคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ1,558 เทราจูล หรือเทียบเท่า 37 Ktoe และหากคิดประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าที่ 20% ค่ากำลังไฟฟ้าของขี้เลื่อยจะมีค่าเพียง 10 MW

จากการพิจารณาข้อมูลในภาพรวมสรุปได้ว่ามีชีวมวลที่มีศักยภาพสูงสุด 5 ลำดับแรก ประกอบด้วย ฟางข้าว, ยอดและใบอ้อย, ลำต้น ยอดและใบข้าวโพด, ลำต้น และเหง้ามันสำปะหลัง โดยที่ปรึกษาได้นำลำต้นและเหง้ามันสำปะหลัง มาพิจารณารวมกัน เนื่องจากในสภาพ

ความเป็นจริงแล้วชีวมวลทั้งสองประเภทนี้ จะถูกทิ้งอยู่ด้วยกันในไร่ในการพิจารณาในลำดับต่อไป ที่ปรึกษาได้ทำการศึกษารายละเอียดลึกลงไปในระดับพื้นที่ (ภาค)และ ระดับจังหวัด เนื่องจากชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงที่มีรูปร่างเทอะทะ ค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่จะอยู่ที่การขนส่งจากแหล่งผลิตไปยังผู้ใช้ ดังนั้นเพื่อให้การจัดทำกลยุทธ์สำหรับการส่งเสริมการใช้ชีวมวลเป็นไปอย่างเป็นรูปธรรมที่สุดและสามารถผลักดันให้เป็นไปได้ ดังนั้นการพิจารณาที่นำเสนอในรายงานในลำดับต่อไปเป็นการพิจารณาชีวมวลทีละประเภทในแต่ละจังหวัด แต่ข้อมูลที่แสดงในระบบฐานข้อมูลจะมีความละเอียดลงไปถึงระดับอำเภอ รายละเอียดของชีวมวลที่มีศักยภาพสูง ในแต่ละพื้นที่มีดังนี้

ที่มา : ศูนย์สารสนเทศการเกษตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.7 แสดงศักยภาพชีวมวลที่สำคัญในประเทศไทย พ.ศ. 2539

ลำดับที่	พืช	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	ผลผลิต(ตัน)[1/]	ชีวมวล	ค่าเปลี่ยนเป็นชีวมวล[3/]	ปริมาณชีวมวลที่ได้ (ตัน)
1	อ้อย[1/]	7,000,000	70,000,000	กากอ้อย	0.30	21,000,000
				ยอดและใบ	0.24	16,800,000
2	ปาล์มน้ำมัน[1/]	3,500,000	8,750,000	ทะลายเปล่า	0.23	2,012,500
				กากใย	0.15	1,312,500
				กะลา	0.06	525,000
				ทางใบ/ก้าน	0.27	2,362,500
3	ข้าว[1/]	57,000,000	28,607,931	แกลบ	0.23	6,988,591
				ฟางข้าว	1.19	34,043,438
4	ข้าวโพด[1/]	6,300,000	4,396,779	ซังข้าวโพด	0.19	835,388
5	มันสำปะหลัง	6,500,000	17,550,000	ลำต้น	0.12	2,106,000
				เหง้า	0.10	1,755,000
6	ยางพารา[1/]	500,000	200,000,000	ขี้เลื่อย	0.03	6,000,000
				เศษไม้	0.10	20,000,000
7	ยูคาลิปตัส[2/]	1,360,000	6,800,000	ไม้ฟืน	0.20	1,360,000
				เปลือกไม้	0.10	680,000
	รวม		**336,104,710**			**117,780,917**

ที่มา : 1/ ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2539/40

2/ รวมผลผลิตข้าวเปลือกจากทั้งนาปีและนาปรัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.8 ปริมาณชีวมวลชนิดต่างๆ ยกเว้นไม้ฟืนที่ผลิตได้ในประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2539/40

ชนิด	ผลผลิต [1/] (ตัน)	ชีวมวล		พลังงานทั้งหมด	
		ประเภท	ปริมาณ (1,000 ตัน)	(1,000 GJ)	(1,000 TOE)
ข้าวเปลือก [2/]	22,332	แกลบ	5,962.64	85,862.02	2,032.72
มะพร้าว	1,419	กาบมะพร้าว กะลามะพร้าว	595.98 170.28	9,592.72 3,000.33	227.10 71.03
มันสำปะหลัง	18,084	ลำต้นมัน สำปะหลัง	1,591.39	29,313.40	693.97
อ้อย	56,393	ชานอ้อย	16,410.36	131,118.78	3,104.14
ข้าวโพด	4,533	ซังข้าวโพด	9,066.00	160,558.86	3,801.11
ปาล์มน้ำมัน	2,688	ทะลายปาล์ม เยื่อใยปาล์ม กะลาปาล์ม	628.99 483.84 196.22	2,773.86 4,659.38 2,637.20	65.67 110.31 62.43
รวม	105,449		35,105.70	429,516.55	10,168.48

ที่มา: 1/ ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2539/40

2/ รวมผลผลิตข้าวเปลือกจากทั้งนาปีและนาปรัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.9 แสดงราคาชีวมวล (บาท/ตัน) ปี พ.ศ. 2550

ลำดับ (Order)	ชีวมวล (Biomass)	จังหวัด (Province)	5 ก.ค.	6 ส.ค.	4 ก.ย.	4 ต.ค.	5 พ.ย.	4 ธ.ค.
1.	แกลบ (Rice Husk)	สุรินทร์ (Surin)	750	750	750	750	700	650
		กำแพงเพชร (Kamphaeng Phet)	550	550	600	650	700	700
		สุพรรณบุรี (Suphanburi)	760	850	800	750	780	780
		พะเยา (Phayao)	300	300	300	300	300	300
		ฉะเชิงเทรา (Chachoengsao)	900	900	900	900	900	900
2.	ฟางข้าว (Rice Straw)	สุพรรณบุรี (Suphanburi)	2,000	1,800	1,800	1,800	1,800	1,500
3.	ปีกไม้ยางพารา (Off-Cut Para Rubber Wood)	กระบี่ (Krabi)	650	750	750	700	600	900
		สงขลา (Songkhla)	600	600	650	600	700	760
		นครศรีธรรมราช (Nakhon Si Thammarat)	750	750	750	750	750	750
		สุราษฎร์ธานี (Surat Thani)	550	600	700	700	650	600
		นราธิวาส (Narathiwat)	500		820	780	750	750
4.	กะลาปาล์ม (Oil Palm Shell)	สุราษฎร์ธานี (Surat Thani)	2,200	2,200	2,200	2,200	1,900	2,000
		กระบี่ (Krabi)	1,850		1,950	2,000	2,000	1,900

5.	ทะลายปาล์มเปล่า (Oil Palm Empty Bunch)	สุราษฎร์ธานี (Surat Thani)	60	120	90	90	60	60
		กระบี่ (Krabi)	50	100	100	90	90	90

หมายเหตุ ราคาไม่รวมค่าขนส่ง

ที่มา: มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม

ง. การกำหนดกลยุทธ์ในการส่งเสริมการใช้ชีวมวล

โดยที่การผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงชีวมวลมีต้นทุนค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตพลังงานจากผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงมาตรฐานในการผลิต ทั้งในการผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือผลิตพลังงานความร้อนเพื่อใช้ในอุตสาหกรรม นอกจากนั้นยังมีปัญหาอุปสรรคที่เกี่ยวข้องนานัปการ อาทิ ปริมาณชีวมวลที่ผลิตได้อาจไม่เพียงพอ เนื่องจากข้อจำกัดด้านเนื้อที่เพาะปลูกและผลผลิตต่อพื้นที่ , เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงเชิงพาณิชย์ จะต้องใช้ชีวมวลปริมาณมากกว่าในการผลิตพลังงานปริมาณเท่ากัน , ต้องการพื้นที่ในการกองเก็บมาก, ส่วนใหญ่ติดไฟได้ง่าย ทำให้เกิดปัญหาด้านความปลอดภัยในการจัดเก็บ , ค่าขนส่งสูงเนื่องจากมีปริมาตรมาก ไม่สะดวกต่อการขนส่ง, ชีวมวลบางชนิดมีคู่แข่งด้านตลาดผู้ใช้ เนื่องจากสามารถนำไปใช้ในกิจกรรมอย่างอื่นได้และก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการใช้ต่อชุมชนและสภาวะโดยรอบ เป็นต้น

การที่จะผลักดันให้เกิดการใช้ชีวมวลอย่างแพร่หลายได้นั้น จำเป็นต้องอาศัยกลยุทธ์ที่ช่วยบรรเทาปัญหาและอุปสรรคดังกล่าวข้างต้น และเอื้อต่อการพัฒนาศักยภาพของพลังงานจากชีวมวลได้อย่างกว้างขวาง โดยเป้าหมายของกลยุทธ์ในการดำเนินงานในโครงการนี้ คือ การเพิ่มการใช้พลังงานชีวมวลในการผลิตพลังงานไฟฟ้า เพิ่มขึ้นอีก 740 MW และในการผลิตพลังงานความร้อนอีก 3,910 Ktoe ภายในปี พ.ศ. 2554 (ตามรายละเอียดในหัวข้อ 7.2 การศึกษานโยบายของรัฐที่เกี่ยวข้อง) ตามนโยบายของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน เมื่อพิจารณาวัตถุประสงค์และกรอบระยะเวลาดังกล่าว ที่ปรึกษาได้กำหนดกลยุทธ์ในการดำเนินโครงการซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่1 การวิเคราะห์อุปสงค์และอุปทานของชีวมวลแต่ละชนิด

ขั้นตอนที่2 การศึกษานโยบายของรัฐที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนที่3 การศึกษาการเปรียบเทียบเชื้อเพลิงชีวมวลกับเชื้อเพลิงเชิงพาณิชย์

ขั้นตอนที่4 การกำหนดกลยุทธ์ในการส่งเสริมการใช้ชีวมวล

โดยการดำเนินการตามกลยุทธ์ข้างต้น จะต้องดำเนินการตามขั้นตอนที่1 และ 2 ให้แล้วเสร็จ เพื่อนำผลการศึกษาวิเคราะห์ใน 2 ขั้นตอนดังกล่าวไปใช้พิจารณาคัดเลือกชนิดชีวมวลที่มีความเหมาะสมในเชิงศักยภาพและมีความเป็นไปได้ ในการนำมาใช้เพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน จากนั้นจึงดำเนินการในขั้นตอนที่ 3 เพื่อนำผลการศึกษาไปใช้กำหนดกลยุทธ์ในการส่งเสริมการใช้ชีวมวลที่เหมาะสมต่อไป ตามรายละเอียดแสดงในแผนภูมิการดำเนินการตามกลยุทธ์

จ. การอุปสงค์และอุปทานของชีวมวลแต่ละชนิด

ที่ปรึกษาได้สรุปข้อมูลจากผลการวิเคราะห์อุปสงค์และอุปทาน(Demand and supply analysis) ของชีวมวลแต่ละชนิด ซึ่งแสดงรายละเอียดการวิเคราะห์ไว้ในบทที่ 2 และ 3 โดยแสดงสรุปไว้ในตารางที่ 7-1 และ 7-2 ซึ่งผลการศึกษา สามารถจัดกลุ่มประเภทของชีวมวลได้ 2 กลุ่มหลักๆ ดังนี้

1.ประเภทที่อุปทานมากกว่าอุปสงค์(Supply > demand)

ประกอบด้วยชีวมวล 2 กลุ่ม คือ

- กลุ่มที่มีการใช้ในวงแคบ โดยส่วนมากเป็นการใช้เฉพาะในภาคเกษตรกรรมเท่านั้น ชีวมวลกลุ่มนี้ประกอบด้วย

1. ยอดและใบอ้อย
2.ฟางข้าว
3.ลำต้น ยอดและใบข้าวโพด
4.เหง้ามันสำปะหลัง
5.ลำต้นมันสำปะหลัง

- กลุ่มที่มีการใช้ในภาคอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้เป็นเชื้อเพลิงและวัตถุดิบ ชีวมวลกลุ่มนี้ประกอบด้วย

1.แกลบ
2.ก้านใบปาล์ม
3.กากใยปาล์ม
4.ทะลายปาล์ม
5.กะลาปาล์ม
6.ซังข้าวโพด
7.กะลามะพร้าว
8.เปลือกและกาบมะพร้าว
9.ก้านและใบมะพร้าว
10.ตอซังสับปะรด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

11.ไม้ฟืน

12.เศษไม้

13.ถ่านไม้

14.ขี้เลื่อย

15.ลำต้น เปลือก และใบถั่วเหลือง

2.ประเภทที่อุปสงค์มากกว่าอุปทาน (Demand > supply)

จากการศึกษาพบชีวมวลประเภทกากอ้อย จัดเป็นประเภทที่มีความต้องการของการใช้สูงกว่าอัตราการผลิต โดยปัจจุบันโรงงานผลิตน้ำตาลจำนวนมากได้ปรับเปลี่ยนไปเป็นผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อย(SPP) โดยการใช้กากอ้อย ในขบวนการผลิตไฟฟ้าและไอน้ำ โดยหากมีปริมาณไฟฟ้าเหลือจะขายให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย หรือบางโรง ตั้งใจที่จะผลิตไฟฟ้าเพื่อขายโดยตรง ภายใต้โครงการผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อย (SPP) จึงทำให้กากอ้อยขาดแคลนและปัจจุบัน เริ่มหาวัสดุประเภทอื่นมาใช้ร่วมกับกากอ้อย หรือใช้แทนในช่วงที่กากอ้อยขาดแคลน
จากผลการวิเคราะห์อุปสงค์และอุปทานข้างต้น สามารถสรุปได้ดังนี้

1.ชีวมวลประเภทที่มีอุปสงค์มากกว่าอุปทานซึ่งได้แก่ กากอ้อย เป็นชีวมวลที่มีความต้องการในการใช้สูงมากอยู่แล้ว ปริมาณการผลิตในปัจจุบันยังไม่เพียงพอแก่ความต้องการของตลาด ดังนั้นจึงไม่เหมาะสมที่จะส่งเสริมให้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน เนื่องจากจะทำให้มีต้นทุนสูง ไม่คุ้มค่าทางด้านเศรษฐกิจ

2. ชีวมวลประเภทที่มีอุปทานมากกว่าอุปสงค์การผลิตชีวมวลประเภทนี้มีมากกว่าความต้องการใช้งาน ดังนั้นจึงมีปริมาณเหลือ และมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไฟฟ้าและพลังงานความร้อน ซึ่งที่ปรึกษาจำแนกเป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่1 มีปริมาณเหลือมาก

มีปริมาณการใช้น้อย ดังนั้นจึงมีปริมาณเหลือมากเพียงพอ สำหรับนำไปใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน และเนื่องจากมีปริมาณเหลือมากนี้เอง ราคาของชีวมวลในกลุ่มนี้จึงมีแนวโน้มต่ำ เมื่อพิจารณาด้านปริมาณและแนวโน้มของราคาแล้ว ที่ปรึกษาเห็นว่าชีวมวลกลุ่มนี้มีความเหมาะสมสำหรับการส่งเสริมให้ใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นลำดับแรก เนื่องจากมีความเหมาะสมทั้งในแง่ของปริมาณซึ่งโรงไฟฟ้าต้องใช้ชีวมวลปริมาณสูงมาก และยังมีข้อได้เปรียบด้านต้นทุนที่ต่ำด้วย

กลุ่มที่ 2 มีปริมาณเหลือ แต่มีการใช้มาก

ชีวมวลในกลุ่มนี้มีปริมาณการใช้มาก ส่วนที่เหลือจากการใช้งานจึงมีไม่มากนัก แต่ก็ยังเพียงพอที่จะส่งเสริมให้ใช้ในการผลิตพลังงานความร้อนได้ หากแหล่งที่มีชีวมวลคงเหลือดังกล่าว

ตั้งอยู่ใกล้โรงงานที่จะใช้ เพราะการใช้ดังกล่าวไม่ต้องการปริมาณชีวมวลมากเท่ากับการผลิตพลังงานไฟฟ้า

2.1.5 ทฤษฎีข้อมูลเกี่ยวกับเศรษฐศาสตร์

ก. แนวคิดที่ใช้ในการตัดสินในเพื่อลงทุน

ในการตัดสินใจว่าโครงการใดเป็นโครงการที่สามารถยอมรับได้นั้น มีเกณฑ์การตัดสินใจ 2 แบบคือ

1.เกณฑ์การตัดสินใจแบบไม่ต้องปรับค่าของเวลา

เกณฑ์การตัดสินใจแบบไม่ต้องปรับค่าของเวลาแบบนี้มีอยู่หลายวิธีด้วยกัน

ก.ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน หมายถึง ระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับค่าลงทุนของโครงการ วิธีการนี้พิจารณาถึงจำนวนปีที่จะได้รับผลตอบแทนคุ้มค่ากับเงินลงทุนและใช้กันมากในวงธุรกิจ โดยเฉพาะในกรณีที่มีอัตราการเสี่ยงภัยสูง เช่น กรณีของผลผลิตที่คิดได้ใหม่หรือวิธีการใหม่ ๆ ที่ไม่มีการคุ้มครองจากกฎหมาย สิ่งที่คิดได้ใหม่จึงอาจถูกขโมยความคิดหรือการลอกเลียนแบบจากคู่แข่งขันภายในระยะเวลาอันสั้นได้ หลังจากที่ผลผลิตใหม่นั้นออกสู่ตลาด หรือในกรณีที่ภาวการณ์ทางการเมืองมีความไม่แน่นอนฉะนั้นเพื่อความไม่ประมาท นักลงทุนจึงต้องมีการพิจารณาเลือกโครงการที่ให้ผลตอบแทนคืนเร็วในระยะสั้น ๆ ระหว่าง 3 ถึง 5 ปี การคำนวณหาได้ง่าย ๆ ดังนี้

ระยะเวลาคืนทุน = ค่าใช้จ่ายในการลงทุน / ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี

ข.อัตราผลตอบแทนต่อการลงทุน

อัตราผลตอบแทนต่อการลงทุน วิธีนี้ก็เป็นวิธีอย่างง่าย ๆ อีกวิธีหนึ่ง ที่มุ่งวัดค่าของโครงการในรูปของอัตราส่วนที่คิดเป็นร้อยละของผลตอบแทนสุทธิของการดำเนินงานต่อการลงทุน คือ

อัตราผลตอบแทนต่อการลงทุน = (ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยจากการดำเนินงาน/ ค่าลงทุน) x 100

2. เกณฑ์การตัดสินใจแบบปรับค่าของเวลา

โดยจะนำต้นทุนและผลตอบแทนที่ได้จากโครงการ มาคำนวณหาตัวชี้วัดความคุ้มค่าโครงการที่มีการปรับค่าของเวลาแล้ว ซึ่งวิธีที่มีความแพร่หลายมีอยู่ 3 วิธีคือ

ก. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value NPV) ซึ่งจะเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนลบมูลค่าปัจจุบันของต้นทุน สูตรที่ใช้คือ

$$NPV = PVB - PVC$$

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{(B_t - C_t)}{(1+i)^t}$$

โดยกำหนดให้

NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลตอบแทนสุทธิตลอดอายุโครงการ

B_t = ผลตอบแทนของโครงการในปีที่ t

C_t = ต้นทุนของโครงการในปีที่ t

i = อัตราดอกเบี้ยหรืออัตราคิดลดที่เหมาะสม

t = ระยะเวลาของโครงการ

n = อายุของโครงการ

PVB = ผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์

PVC = ผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของต้นทุน

หลักเกณฑ์ในการวัดความคุ้มค่าทางการลงทุนโดยใช้หลักการของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ โครงการที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิมากกว่าศูนย์ หรือ เป็นบวก จะทำให้โครงการนั้นมีความคุ้มค่าที่จะลงทุน

ข.อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit – Cost Ratio **หรือ** BCR)

อัตราส่วนระหว่างผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนกับผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนสูตรที่ใช้คือ

$$BCR = PVB / PVC$$

$$B/C = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t}{(1+i)^t} \Big/ \sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+i)^t}$$

กำหนดให้

BCR = อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน

B_t = ผลตอบแทนของโครงการในปีที่ t

C_t = ต้นทุนของโครงการในปีที่ t

i = อัตราดอกเบี้ยหรืออัตราคิดลดที่เหมาะสม

t = ระยะเวลาของโครงการ

n = อายุของโครงการ

PVB = ผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PVC = ผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของต้นทุน

หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาว่าโครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุน โดยการนำผลตอบแทน และต้นทุนที่ได้มีการปรับค่าไปตามระยะเวลา หรือคิดเป็นมูลค่าปัจจุบันมาเปรียบเทียบหาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนคือ จะพิจารณาโครงการที่มีอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนมากกว่า 1 ซึ่งแสดงถึงผลตอบแทนโครงการมีมากกว่าต้นทุน

ค.อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (Internal Rate of Return : IRR) คือผลตอบแทนของเงินลงทุนตลอดอายุโครงการเป็นร้อยละ หรืออัตราคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับศูนย์ มีสูตรที่ใช้คำนวณดังนี้

$$\sum_{t=0}^{n} \frac{(B_t - C_t)}{(1+i)^t} = 0$$

กำหนดให้

IRR = อัตราผลตอบแทนในการลงทุน

B_t = ผลตอบแทนของโครงการในปีที่ t

C_t = ต้นทุนของโครงการในปีที่ t

i = อัตราดอกเบี้ยหรืออัตราคิดลดที่เหมาะสม

t = ระยะเวลาของโครงการ

n = อายุของโครงการ

เกณฑ์การตัดสินใจที่จะยอมรับโครงการ คือ เปรียบเทียบค่า IRR ที่คำนวณได้กับค่าของอัตราส่วนลดที่เป็นเกณฑ์ ซึ่งเป็นอัตราดอกเบี้ยเงินกู้หรืออัตราค่าเสียโอกาสของทุน ถ้าค่า IRR ที่คำนวณได้สูงกว่าที่กำหนดก็ยอมรับโครงการนั้น ถ้าต่ำกว่าก็ปฏิเสธโครงการ โดยทั่วไปถ้า IRR มากกว่าอัตราดอกเบี้ยทั่วไป โครงการนั้นก็เหมาะสมในการลงทุน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.5 ทฤษฎีข้อมูลเกี่ยวกับมลพิษ

ก.มลพิษและของเสียที่เกิดจากกระบวนการแกสิฟิเคชัน

การนำแก๊สเชื้อเพลิงมาใช้งานมีความจำเป็นที่ต้องทำความสะอาดแก๊สก่อน เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นต่อระบบ และเครื่องยนต์สันดาปภายในเนื่องจากส่วนประกอบที่อันตราย เช่น ทาร์ (Tar) และฝุ่นขนาดเล็ก (Dust) การกำจัดองค์ประกอบปนเปื้อนช่วยเพิ่มค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิงได้ และสามารถหลีกเลี่ยงมลพิษที่จะเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งระบบทำความสะอาดแก๊สที่นำมาใช้จะขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีที่เลือก และวัตถุประสงค์ของการใช้ประโยชน์แก๊สเชื้อเพลิง ดังตารางแสดงชนิดของมลสารและปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบผลิตแก๊สเชื้อเพลิง

ตารางที่ 2.10 ชนิดของมลสารและปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบผลิตแก๊สเชื้อเพลิง

ชนิดมลสาร	ลักษณะที่ปรากฏ	ปัญหา
มลสารหรืออนุภาคขนาดเล็ก	ฝุ่น(dust) ขี้เถ้า(ash) เถ้าลอย(fly ash) ผงถ่าน(char) องค์ประกอบที่ควบแน่น(condensed compound)	ทำให้เกิดการกัดกร่อนของชิ้นส่วนที่เป็นโลหะในระบบและมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม
องค์ประกอบอัลคาไลน์โลหะ(Alikali Metal)	องค์ประกอบของโซเดียม(Na)และโปรแตสเซียม(K)ที่เกิดในสภาวะการกลายเป็นเถ้าหลอมกลายเป็นแสลก(slag)หรือมีสภาวะกลายเป็นไอ	ทำให้เกิดการกัดกร่อนชิ้นส่วนของโลหะที่อุณหภูมิสูง เกิดการหลุดลอกของชั้นผิวเคลือบโลหะ
ออกไซด์ของไนโตรเจน	เกิดปัญหามลภาวะอากาศโดยเกิด NO_X ระหว่างกระบวนการเผาไหม้	เกิดมลภาวะของ NO_X
ซัลเฟอร์และคลอรีน	บางส่วนคงเหลือในเถ้าหนัก(bottom ash) บางส่วนเกิดสภาวะการกลายเป็นไอหรือแก๊ส	ทำให้เกิดมลภาวะที่เป็นอันตรายและเกิดการกัดกร่อนโลหะ เช่น H_2S HCL SO_X
ทาร์(Tar)	ของเหลวที่มีความหนืดสูง ส่วนใหญ่เป็นสารไฮโดรคาร์บอน	ทำให้วาล์วและระบบกรองอุดตันและกัดกร่อนชิ้นส่วนโลหะ

ที่มา: Belgiorno et al. (2003)

จากข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 2.7 พบว่าชนิดของมลสารที่เกิดขึ้น นอกจากจะเป็นปัญหาต่อระบบ ยังเป็นมลพิษที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การมีระบบทำความสะอาดแก๊สจึงเป็นเรื่องสำคัญ(Quaak et al., 1999) ซึ่งระบบทำความสะอาดแก๊สเชื้อเพลิงที่นิยมใช้โดยทั่วไปเพื่อลดปัญหาดังกล่าว ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 2.11 ชนิดของมลสารและระบบทำความสะอาดแก๊สเชื้อเพลิง

ชนิดมลสาร	ระดับมลพิษ (g/Nm^3)	ระบบทำความสะอาด
มลสารหรืออนุภาคขนาดเล็ก	3 - 70	ไซโคลน ระบบกรอง(filtration) ระบบสครับเบอร์(scrubber)
องค์ประกอบอัลคาไลน์โลหะ (Alkali Metal)	-	ระบบการควบแน่น (condensation) ระบบกรอง(filtration)
ออกไซด์ของไนโตรเจน	1.5 – 3.0	ระบบสครับเบอร์(scrubber) Selective Catalytic Reduction(SCR)
ทาร์(Tar)	10-100	การแตกตัวโดยใช้ความร้อน (thermal cracking) การแตกตัวโดยใช้สารเร่ง (catalytic cracking) ระบบการควบแน่น (condensation) ระบบสครับเบอร์(scrubber)
ซัลเฟอร์และคลอรีน	2.5 – 3.5	ระบบสครับเบอร์โดยใช้โซเดียมคาร์บอเนตหรือปูนขาว(sodium bicarbonate หรือ lime scrubbing)

ที่มา: Belgiorno et al. (2003)

Belgiormo et al. (2003) ได้อธิบายว่านอกจากการลดปัญหาการกัดกร่อน และมลพิษสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในระบบผลิตแก๊สเชื้อเพลิงแล้ว ยังมีของเสียและมลพิษสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากระบบทำความสะอาดแก๊ส จำเป็นต้องมีการจัดการของเสียเหล่านี้ต่อไป

โดยสรุปมลพิษและของเสีย ที่เกิดจากกระบวนการแกสิฟิเคชัน ประกอบด้วย

1.มลพิษอากาศ การปลดปล่อยมลพิษทางอากาศระบบแกสิฟิเคชัน ขึ้นอยู่กับการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ และเครื่องยนต์สันดาปภายในที่นำมาใช้ Belgiormo et al. (2003) กล่าวว่า ในกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยตรง จะเกิดออกไซด์ของไนโตรเจน ออกไซด์ของซัลเฟอร์

และองค์ประกอบของไดออกซิน สูงกว่ากระบวนการแกสิฟิเคชัน แต่อย่างไรก็ตามในกระบวนการแกสิฟิเคชัน ก็จำเป็นต้องมีระบบ Pre – treatment Gas เพื่อกำจัดองค์ประกอบต่าง ๆ ที่อาจก่อให้เกิดมลภาวะได้

2. ของเสียในรูปของแข็ง ของเสียในรูปของแข็งที่เกิดจากกระบวนการแกสิฟิเคชัน ได้แก่ ถ่าน ขี้เถ้า ซึ่งจะเกิดขึ้นประมาณ 3-20% ของเชื้อเพลิงที่ป้อนสู่เตา ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด ในกรณีที่เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล เช่น แกลบ ไม้กระถินยักษ์ ไม้ยูคาลิปตัส เป็นต้น ของเสียเหล่านี้จะถูกนำไปใช้เป็นถ่านหุงต้ม หรือถ่านกัมมันต์ได้ เนื่องจากถ่านที่ได้มีค่าความร้อน และค่าการดูดซับไอโอดีนสูง ตลอดจนมีปริมาณสารระเหยต่ำซึ่งเป็นผลให้เป็นถ่านที่เกิดขึ้นมีสภาพไร้ควัน กรณีที่ใช้เชื้อเพลิงกากตะกอนจำเป็นต้องนำไปกำจัดโดยการฝังกลบเนื่องจากมีโลหะหนักคงเหลืออยู่ หรืออาจนำไปใช้ในกระบวนการอุตสาหกรรม ผงซีเมนต์

3. น้ำเสียที่เกิดจากระบบทำความสะอาดแก๊ส เช่น น้ำที่เกิดจากระบบ สครับเบอร์ (scrubber และ condense scrubber) ซึ่งน้ำเสียที่เกิดขึ้นมีทั้งมลสารที่อยู่ในรูปที่ละลายน้ำ และไม่ละลายน้ำ มลสารในรูปที่ละลายน้ำ เช่น Acetic Acid Sulphur Phenol Oxygenated organic compounds เป็นต้น สำหรับส่วนที่ไม่ละลายน้ำส่วนใหญ่คือองค์ประกอบของทาร์ (Tar) และของแข็งแขวนลอย ดังนั้นน้ำเสียทีเกิดขึ้นจะต้องถูกนำไปบำบัดอย่างถูกวิธี

ผลการศึกษาของ Wu et al.,(2002) ซึ่งทำการศึกษาถึงความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีแกสิฟิเคชันโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวล ได้สรุปว่ามีความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีแกสิฟิเคชัน แต่การศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของ มลภาวะต่างๆ ที่เกิดจากกระบวนการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง ก็เป็นเรื่องที่จำเป็น เพื่อป้องกันมลพิษต่าง ๆ ที่จะปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม

Malkow (2003) ได้ศึกษาความก้าวหน้าของเทคโนโลยี แกสิฟิเคชัน และไพรโรไรซิสกับการนำมาประยุกต์ใช้กับของเสีย และมีกรณีศึกษาที่น่าสนใจคือ การนำเอากระบวนการแกสิฟิเคชันมาใช้กับขยะมูลฝอย โดยต้นแบบนี้มีขนาด 1 ตัน ต่อ ชั่วโมง ซึ่งเดินระบบอยู่ที่สนามบิน Budapest ประเทศฮังการี เพื่อใช้กำจัดขยะจากอุตสาหกรรม ขั้นตอนการทำงานคือขยะจะถูกป้อนผ่านโซนอบแห้งและผ่านเข้าสู่โซนไพรโรไลซิสที่อุณหภูมิ 600-700 องศาเซลเซียส ซึ่งออกแบบเพื่อให้เกิดการเผาไหม้สารอินทรีย์ที่ระเหยออกมาและผ่านเข้าสู่โซนเผาไหม้ ที่อุณหภูมิประมาณ 800 องศาเซลเซียส จากนั้นผ่านเข้าสู่โซนเผาไหม้ที่สองอุณหภูมิประมาณ 1,100 -1,200 องศาเซลเซียส แก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จะถูกใช้กับเครื่องกำเนิดไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้า สำหรับการควบคุมมลพิษสิ่งแวดล้อม ของเสียที่เกิดขึ้นคือถ่านและเถ้าที่มีโลหะหนักคงเหลือจะถูกนำไปกำจัดต่อไป สำหรับการควบคุมมลพิษอากาศ ไอเสียทีเกิดขึ้นถูกบำบัดผ่านระบบสครับเบอร์แบบแห้ง โดยใช้โซเดียมคาร์โบเนตและปูนขาวเป็นตัวดูดซับ จากนั้นจะผ่านถุงกรองอากาศ ก่อนที่จะปลดปล่อยสู่

บรรยากาศซึ่งผลการตรวจวัดมลพิษอากาศที่ปลดปล่อยจากระบบพบว่ามีค่าน้อยมาก และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 2.12 ผลการตรวจวัดมลพิษอากาศที่ปลดปล่อยจากโรงไฟฟ้าที่ใช้เทคโนโลยีแกสิฟิเคชัน

พารามิเตอร์ที่ตรวจวัด	ค่ามาตรฐาน (European Standard) mg/Nm^3	ผลตรวจวัดเฉลี่ย mg/Nm^3
ฝุ่นขนาดเล็ก	10	4.15-5.25
แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์	50	0.6-5.6
ออกไซด์ของไนโตรเจน	200	61.3-188.7
คาร์บอนมอนนอกไซด์	50	0.5-2.5
ไฮโดรคลอริก	10	1.73-4.93
ไฮโดรเจนฟลูออไรด์	1	<0.1
ไฮโดรคาร์บอน	10	0.19-0.49
ออกไซด์ปรอท	0.05	0.0322
แคดเมี่ยม	0.05	0.00084-0.00096
ออกไซด์โลหะ (As Se Ni Co Te)	0.5	0.0242-0.0345
ออกไซด์โลหะ(Pb Cr Cu V Sn Mn Sb)	0.5	0.0589-0.0807
องค์ประกอบของไดออกซิน	0.1 ng/Nm^3	0.002 ng/Nm^3

ที่มา: Malkow (2003)

สำหรับความก้าวหน้าของเทคโนโลยีแกสิฟิเคชันในประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้กับการจัดการของเสีย สถานภาพยังจัดอยู่ในขั้นวิจัยและพัฒนาในห้องปฏิบัติการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. มลพิษที่เกิดจากถ่านหิน

ผลจากการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหินที่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ การปนเปื้อนในบรรยากาศ น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิต ของแข็งที่เหลือจากการผลิต

มลสารสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ ได้แก่ อนุภาคมลสาร ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำหล่อเย็น และน้ำจากกระบวนการผลิตและกำจัดมลสาร และเถ้าถ่านที่เหลือจากการเผาไหม้และการดักจับฝุ่นละออง ซึ่งผลกระทบของมลสารสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมระดับต่างๆ ได้แสดงไว้ในตาราง

ตารางที่ 2.13 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่สำคัญจากการใช้ถ่านหิน

มลสาร	สุขภาพอนามัย	วัตถุ	ระบบนิเวศ	หมอกควัน	ภูมิอากาศของโลก
ฝุ่นละออง	***			***	
กำมะถัน	***	***	***	***	
NO_x	***		***	***	
CO_2					***
ธาตุอื่นๆ	***			***	
น้ำทิ้ง			***		
ของแข็ง	***				

ที่มา: Merrick (1984)

- ฝุ่นละออง (Paiticulate Matter)

ฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาไหม้ของถ่านหินแล้วจะแพร่กระจายสู่บรรยากาศ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1) ควัน (Smoke) ประกอบด้วยคาร์บอนและทาร์ (tar) ที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ส่วนใหญ่จะมีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน

2) ฝุ่นละอองและผง (dust and grit) ฝุ่นจะมีขนาดเล็กกว่า 75 ไมครอน ส่วนผงมีขนาดใหญ่กว่า ทั้ง 2 ส่วนนี้ เกิดจากแร่ธาตุที่ปะปนอยู่ในถ่านหินและมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเนื่องจากการเผาไหม้ในอุณหภูมิสูง

ผลกระทบของฝุ่นละอองจะเกิดกับสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ มากกว่าต่อพืชและสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ผลกระทบที่สำคัญคือก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจซึ่งจะขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาค ตลอดจนความเข้มข้นและองค์ประกอบทางเคมีของอนุภาคนั้น

อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 15 ไมครอน จะปะปนอยู่ในบรรยากาศได้นาน และสามารถผ่านเข้าสู่ทางเดินหายใจได้ ส่วนอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่าจะตกลงสู่พื้นดินในเวลาไม่นาน ทำให้เกิดความรำคาญมากกว่าจะมีผลเสียต่อสุขภาพ

อนุภาคที่เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจจะถูกจับในแต่ละส่วนตามขนาดของอนุภาค อนุภาคขนาดโตกว่า 5 ไมครอน ส่วนใหญ่จะถูกจับที่ส่วนบนของทางเดินหายใจและเกาะติดอยู่ที่นั่น

- กำมะถัน (Sulphur)

กำมะถันอยู่ในถ่านหินทั้งในรูปสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เป็นสารประกอบพวกซัลไฟด์ เช่น pyrite (FeS_2) เมื่อเผาถ่านหิน 15% จะอยู่ในเถ้าถ่าน ส่วนที่เหลือ 85% จะเปลี่ยนเป็นแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นแก๊สไม่มีสี มีกลิ่นกรด มีจุดเดือด -10^{0}C ซึ่งจะถูกกำจัดออกจากบรรยากาศในรูปของ dry deposition หรือถูกชะล้างออกโดยน้ำฝนกลายเป็นฝนกรด ภายในเวลาไม่นาน So_2 ในบรรยากาศมีครึ่งชีวิตเพียง 3 วัน เท่านั้น (พิมลและชัยวัตน์,2525 : สิทธิชัย , 2528) โดยทั่วไป So_2 จะถูกออกซิไดส์เป็น SO_3 โดย O_2 หรือ O_3 และควบแน่นหรือตกตะกอนในรูปของกรดกำมะถันหรือซัลเฟต ที่เหลือคือแคลเซียมและโซเดียมซัลเฟต

ผลกระทบจากกำมะถันมลสารสำคัญที่เกิดจากกำมะถันคือ So_2 ที่ทำให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์ พืช และสิ่งมีชีวิตต่างๆอย่างมาก หากมีความเข้มข้น So_2 มากๆจะทำให้เกิดฝนกรด ซึ่งมีผลกระทบต่อระบบนิเวศอย่างสูง

- ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x)

การเผาไหม้ถ่านหินส่วนใหญ่จะทำให้เกิดไนตริกออกไซด์(NO) ประมาณ 95% (โดยปริมาตร) นอกจากนั้นมีไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) อีกเล็กน้อยNO_x ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้แบ่งเป็น NO_x จากสารประกอบไนโตรเจนในถ่านหินและ NO_x เชิงความร้อน (thermal NO_x) ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อ N_2 ในอากาศถูกออกซิไดส์ที่อุณหภูมิสูง ประมาณ 1100 ^{0}C (พิมลและชัยวัตน์, 2525) การเผาไหม้จะให้ความเข้มข้นของ NO_x ประมาณ 400-1100 ppm (โดยปริมาตร) NO จะถูกออกซิไดส์อย่างรวดเร็วเมื่อเข้าสู่บรรยากาศ กลายเป็น NO_2 ภายใน 4-6 วัน NO_2 ละลายน้ำได้ดีเกิดเป็น HNO3 แล้วถูกขจัดออกจากบรรยากาศภายใน 3 วัน เมื่อ NO_x และไฮโดรคาร์บอนผสมกันและได้รับรังสีเหนือม่วง (ultraviolet rayr) ในแสงอาทิตย์ จะทำปฏิกิริยา photochemical ที่ซับซ้อนและกลายเป็น photochemical oxidants (OX) อย่างไรก็ตามการเผาไหม้เชื้อเพลิงทำให้เกิด NO_x เพียง 10% อีก 20% นั้นเกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมี ส่วน 70% นั้นเกิดจากกระบวนการทางชีวภาพซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดเป็น N_2O ซึ่งเฉื่อยต่อปฏิกิริยาและไม่เป็นอันตราย

- Polycyclic aromatic hydrdcarbons(PAN)

เป็นสารอินทรีย์ที่เกิดจากการเผาไหม้ที่อุณหภูมิ 450 0C มีฤทธิ์เป็นสารก่อมะเร็ง เมื่อออกสู่บรรยากาศจะรวมตัวเป็นหยดขนาดเล็กที่ถูกหายใจเข้าไปสู่ปอดได้ จึงทำให้เกิดมะเร็งปอด ส่วน

อนุพันธ์อินทรีย์อื่นๆ เช่น aromatic amines เบนซิน และเมธิลซัลเฟต จะมีผลต่อสุขภาพของคนงานมากกว่าสิ่งแวดล้อม การควบคุม – ใช้วิธี Coal liquefaction ค่ามาตรฐาน Threshold limit value (TLV) 200 ug/m^3

-น้ำทิ้ง (Liquid effluents)

น้ำทิ้งจากโรงไฟฟ้าพลังงานถ่านหิน จะประกอบด้วยน้ำที่ใช้ในการหล่อเย็นและน้ำที่ใช้ดักจับอนุภาคและแก๊สต่างๆ น้ำทิ้งเหล่านี้จึงมีองค์ประกอบต่างๆดังนี้

- แก๊สมีแอมโมเนียเป็นส่วนใหญ่ รองลงมาคือไฮโดรเจนซัลไฟต์ และไฮโดรเจนไซยาไนต์

- สารอนินทรีย์ ได้แก่ เกลือของคลอรีน , ซัลไฟต์, ซัลเฟต ไธโอซัลเฟต ไธโอไซยาไนต์ ไซยาไนต์ และสารประกอบแอมโมเนีย

- สารอินทรีย์ องค์ประกอบหลักคือ ฟีนอล

ผลกระทบจากน้ำทิ้ง

น้ำทิ้งที่มีสารพิษเป็นส่วนประกอบจะทำให้ปลา พืชน้ำและสิ่งมีชีวิตในน้ำลดจำนวนลง ความร้อนของน้ำทำให้ออกซิเจนละลายน้ำน้อยลง รวมทั้งความขุ่นของน้ำจะมีผลกระทบต่อระบบนิเวศที่ปล่อยน้ำทิ้งลงไป สารพิษที่อันตรายมาก คือ แอมโมเนียและฟีนอล แอมโมเนียอิสระจะเป็นพิษมากกว่าเกลือแอมโมเนีย โดยจะเป็นพิษในน้ำที่เป็นด่างมากกว่าน้ำที่เป็นกรด ส่วนฟีนอลที่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตมากจะถูกกำจัดออกจากแหล่งน้ำโดยกระบวนการทางชีวภาพ ที่ต้องใช้ O_2 ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลงสำหรับความขุ่นของน้ำจะบดบังแสงแดดให้ส่องถูกท้องลำธารได้น้อยลง จึงลดการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ มีผลให้การเจริญเติบโตลดลง และลดแหล่งอาหารของสัตว์น้ำต่างๆนอกจากนี้ฟีนอลที่เจือปนอยู่ในน้ำ จะทำปฏิกิริยากับคลอรีนที่ใช้ทำน้ำประปา ได้สารประกอบคลอโรฟีนอล ส่งผลให้น้ำมีรสชาติไม่ชวนดื่ม

การควบคุม

- การกำจัดฟีนอลในน้ำทิ้งทำได้โดยดักจับด้วย aromatic solvent เช่น benyole เป็นต้น

- การจำกัดแอมโมเนีย ด้วยการใช้หินปูนเพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยา ได้แอมโมเนียซัลเฟต ซึ่งสามารถนำไปทำปุ๋ยได้ในภายหลัง

- น้ำทิ้งที่มีสารประกอบอินทรีย์มาก สามารถกำจัดโดยกระบวนการทางชีวภาพ เช่น Activated sludge จะสามารถกำจัดฟีนอลได้ 99.99 % และยังกำจัดแอมโมเนีย ไธโอซัลเฟต ไธโอไซยาเนต และไซยาไนต์ ได้ดีอีกด้วย

- หรือใช้กระบวนการ Tertiary เช่น active carbon clean-up

- ของแข็ง (Solid residues)

การเผาไหม้แบบเก่าทำให้เกิดเถ้าถ่านหลงเหลือจำนวนมาก ซึ่งในอนาคตการใช้เทคโนโลยี fiue gas desulphurization (FGD) fluidized bed combustion(FBC) และ gasification จะช่วยลดเถ้าถ่านเหล่านี้ได้ เถ้าถ่านส่วนใหญ่จะประกอบด้วย เกลือของซิลิเกด ออกไซด์และซัลเฟต ผลกระทบ เถ้าถ่านเหล่านี้นอกจากจะกลายเป็นขยะที่นำไปทิ้งสู่สิ่งแวดล้อมแล้ว แร่ธาตุบางอย่างที่ปะปนอยู่อาจละลายไปกับน้ำฝน ไหลลงสู่แหล่งน้ำและน้ำใต้ดินปะปนเข้าสู่สายใยอาหารหรือเจือปนในน้ำดื่มได้ ถ้าเป็นสารพิษจะทำให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและระบบนิเวศ แต่อย่างไรก็ตามมีเพียง 2% ของเถ้าถ่านเท่านั้น ที่ละลายน้ำได้ และ 1% ของส่วนนี้ เท่านั้นที่มีสารที่เป็นอันตราย

และความเป็นด่างของเถ้าถ่านจะยับยั้งการละลายของโลหะหนัก ไม่ให้ออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ นอกจากนี้แร่ธาตุที่แพร่ออกสู่สิ่งแวดล้อมจะถูกดักโดยการกรองของชั้นดิน หรือทำให้เจือจางจนไม่สามารถก่ออันตรายต่อสุขภาพของสิ่งมีชีวิตต่างๆได้

การควบคุม

- จัดทำที่ฝังกลบของเถ้าถ่านให้ห่างไกลจากแหล่งน้ำทิ้งบนดินและใต้ดิน
- นำเถ้าถ่านไปใช้ประโยชน์ เช่น ทำวัสดุก่อสร้างหรือถมถนน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

S.DeและP.K.Nag ได้ศึกษาถึงอุณหภูมิและปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงความสูงของเตาเผา จากการเผาไหม้ถ่านหินอินเดียในเตาเผาฟลูอิไดซ์เบดแบบหมุนเวียน ขนาดจำลองซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดไรเซอร์ 102 x 102 มม. สูง 5.25 เมตร ทำมาจากอิฐทนความร้อน เนื่องจากปริมาณซัลเฟอร์ในถ่านหินมีค่าต่ำจึงไม่มีการใช้สารดูดซับซัลเฟอร์ และทรายถูกใช้เป็นเบดตัวกลางในเตาเผา ผลการทดลองจากการปรับเปลี่ยนความเร็วอากาศ 4 ค่าเมื่ออัตราการป้องถ่านหินคงที่ได้ดังนี้ อุณหภูมิเบดค่อนข้างที่จะคงที่ในแต่ละความเร็วอากาศประมาณ 800 – 900 องศาเซลเซียส ปริมาณออกซิเจนที่ลดลงตลอดความสูงของไรเซอร์ที่เพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นว่าเกิดการเผาไหม้อย่างต่อเนื่องตลอดความสูงปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์จะลดลงตลอดความสูงยกเว้นบริเวณส่วนบนของเตาเผา ในทางกลับกันปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นตลอดความสูงยกเว้นบริเวณส่วนบนของเตาเผา นอกจากนี้ยังพบว่ามีสารประกอบไนโตรเจนออกไซด์ซึ่งเป็นมลภาวะที่สำคัญเกิดขึ้นในแต่ละช่วงความสูงไรเซอร์อีกด้วย

X.S. Wang , N.A. Akhtar , B.M. Gibbs และ M.J. Rhodes ได้ศึกษาถึง ผลของอุณหภูมิเบด ปริมาณอากาศเกินพอ และอัตราส่วนของอากาศทุติยภูมิที่ป้อนที่มีต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้ความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนใน flue gas และความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในไรเซอร์ ในการเผาไหม้ถ่านหินบิทูมินัสในเตาเผาฟลูอิไดซ์เบดแบบหมุนเวียนขนาดจำลองซึ่งไรเซอร์ของเส้นผ่านศูนย์กลางและมีทรายเป็นเบดตัวกลาง โดยพบว่าเมื่อทำการทดลองที่อุณหภูมิเบดในช่วง 800 – 900 องศาเซลเซียส ปริมาณอากาศเกินพออยู่ในช่วง 0 – 40 % พบว่าประสิทธิภาพในการเผาไหม้สูงกว่า 95% โดยที่ประสิทธิภาพในการเผาไหม้จะเพิ่มเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและปริมาณอากาศเกินพอเพิ่มขึ้นและจะมีค่าลดลงเมื่ออัตราส่วนของอากาศทุติยภูมิเพิ่มขึ้น ส่วนอุณหภูมิจะมีผลต่อปริมาณออกซิเจนใน flue gas และคาร์บอนมอนอกไซด์ไรเซอร์ โดยเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ปริมาณแก๊สออกซิเจนใน flue gas จะมีค่าลดลง ในขณะที่แก๊สคาร์มอนมอนอกไซด์ในไรเซอร์ด้านล่างจะมีค่าสูงขึ้นตรงกันข้ามกับด้านบนมีค่าลดลง

Mckendry (2002) กล่าวว่าชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่สำคัญ เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานที่มีอยู่มาก และชีวมวลสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้โดยตรง หรือนำมาเปลี่ยนรูปก่อนให้เป็นพลังงานโดยใช้กระบวนการทางเคมีความร้อน (Thermochemical Conversion) เช่นการนำมาผลิตแก๊สเชื้อเพลิง (Gasification Process) และการแยกสลายด้วยความร้อน (Pyrolysis Process) เป็นต้น

Conesa et al. (1998) กล่าวว่า กากตะกอนเป็นชีวมวลที่สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้โดยผ่านกระบวนการไพรโรไรซิสและแกสิฟิเคชัน ซึ่งเป็นกระบวนการให้ความร้อนแก่กากตะกอนทำให้เกิดการสลายตัวทางเคมีได้ผลิตภัณฑ์เป็นถ่านชาร์ (Char) ทาร์ (Tar) และแก๊ส

ไฮโดรคาร์บอนที่ค่าความร้อนสูง สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในอนาคต โดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม เนื่องจากกากตะกอนมีซัลเฟอร์และไนโตรเจนต่ำ ไม่เพียงแต่ช่วยในด้านเศรษฐกิจ แต่ยังสามารถช่วยลดปริมาณกากตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสียได้ด้วย

Midilli et al. (2002) ได้ทำการศึกษาการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงโดยใช้เตาผลิตแก๊สชนิดไหลลง (Downdraft Gasification) โดยใช้กากตะกอนเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งมีการเตรียมเป็นเชื้อเพลิงให้ได้ขนาด 350×10×5 มิลลิเมตร และมีความชื้นเท่ากับ 11.75% ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงกากตะกอนมีค่าเท่ากับ 17.14 MJ/kg จากการทดลองสรุปได้ว่า สัดส่วนของแก๊สที่เผาไหม้อยู่ระหว่าง 19-23% โดยอัตราการผลิตแก๊สที่เผาไหม้ได้มีดังนี้ H_2COCH_4 เท่ากับ 10.79 % , 2.07% , 7.02% ตามลำดับ มีทาร์(Tar) ที่เกิดจากการเผาไหม้ต่ำกว่า 0.1% ของจำนวนชีวมวลทั้งหมดที่ป้อนเข้าไปในกระบวนการเผาไหม้และได้กล่าวว่าเพิ่มเติมว่ากากตะกอนสามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงใช้ในกระบวนการแกสิฟิเคชั่นได้จริง ซึ่งจะเป็นพลังงานทดแทนสำหรับอนาคตได้

Dogru et al.(2002) ได้ทำการศึกษาการผลิตแก๊สโดยใช้เตาผลิตแก๊สชนิดไหลลง (Downdraft Gasification) และใช้กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเป็นเชื้อเพลิง โดยทดสอบกับโรงไฟฟ้าต้นแบบขนาด 5 kW เตรียมเชื้อเพลิงขนาดเท่ากับ 350×10×5 มิลลิเมตร วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของกากตะกอน มีความหนาแน่นเท่ากับ 314.33 kg/m^3 และความหนาแน่นปกติ เท่ากับ 207.5 kg/m^3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบประมาณ (Proximate Analysis) มีความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณคาร์บอน คงตัว และปริมาณเถ้า เท่ากับ 11.75±0.31% , 53.48±1.69% , 11.27±1.17% และ 23.51±0.33% ตามลำดับ มีค่าความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 17.14±0.36 MJ/kg องค์ประกอบแบบแยกธาตุ(Ultimate Analysis) มีปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ เท่ากับ 39.48±0.30% , 6.19±0.12% , 25.46±0.50% , 3.93±0.17% และ 1.45±0.34% ตามลำดับ จากผลการศึกษาสัดส่วนของแก๊สที่เผาไหม้ได้ประกอบด้วย H_2 CH_4 CO C_2H_6 มีค่าเท่ากับ 8.89 – 11.17% , 1.26 – 2.09% , 6.28 – 10.77% , 0.95% และ 0.15 – 0.27% ตามลำดับ แก๊สเชื้อเพลิงมีค่าความร้อนประมาณ 4 MJ/Nm^3 โดยอัตราการป้อนเชื้อเพลิงที่เหมาะสมของระบบนี้เท่ากับ 3.69 – 3.71 kg/hr±1.43% และอัตราการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสูงสุดของระบบเท่ากับ 8.5 – 8.7 Nm^3/hr และพบว่าแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้สามารถผลิตไฟฟ้าโดยเครื่องยนต์สันดาปภายในได้ถึง 5 kW โดยมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงถึง 40% นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้เตาผลิตแก๊สชนิดไหลลงมีข้อดี คือ แก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีทาร์ปนเปื้อนน้อย ซึ่งจะเหมาะสมในการนำไปใช้งานกับเครื่องยนต์สันดาปภายในได้ดี

Petersen et al. (2005) ได้ทำการทดลองออกแบบจำลอง Circulating Fluidized Bed สำหรับใช้กับกากตะกอน ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบประมาณ (Proximate Analysis) มีความชื้นปริมาณสารระเหย ปริมาณขี้เถ้า และค่าความร้อน เท่ากับ 7.3% , 83.4% , 42.1% และ

10.0 MJ/kg ตามลำดับ องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (Ultimate Analysis) มีปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจนและซัลเฟอร์ เท่ากับ 50.5% , 6.6% , 34.5% , 7.1% และ 1.2% ตามลำดับ ผลการทดสอบสัดส่วนของแก๊สที่เผาไหม้ได้ประกอบด้วย H_2CH_4CO และ C_2H_4 เท่ากับ 6.1% , 3.6% , 4.8% และ 1.5% ตามลำดับ สำหรับต้นแบบยังอยู่ในช่วงวิจัยและพัฒนา

Manya et al. (2006) ได้ทำการทดลองออกแบบจำลอง Fluidized Bed Gasification สำหรับใช้กับกากตะกอนจากน้ำเสียชุมชนที่ใช้ระบบ Anaerobic Digestion ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของกากตะกอนแบบปริมาณ (Proximate Analysis) พบว่า ความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณขี้เถ้า ปริมาณคาร์บอนคงตัว และค่าความร้อน มีค่าเท่ากับ 8.9% , 42.3% , 42.1% , 6.7% และ 10.26 MJ/kg ตามลำดับ องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (Ultimate Analysis) มีปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจนและซัลเฟอร์ เท่ากับ 55.3% , 6.7% , 28.1% , 8.2% และ 1.8% ตามลำดับ ผลการทดสอบสัดส่วนของแก๊สที่เผาไหม้โดยใช้ Micro Gas Chromatograph (Agilent 3000A) สำหรับต้นแบบยังอยู่ในช่วงวิจัยและพัฒนา

Grob et al. (2007) ทำการศึกษาการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงและไฟฟ้าโดยใช้ Fluidized Bed Gasification กับกากตะกอนจากน้ำเสียชุมชน กับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม (Combined Heat and Power: CHP) ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของกากตะกอนแบบแยกธาตุ (Ultimate Analysis) มีปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ คลอรีนและฟลูออรีน มีค่าเท่ากับ 21.81% , 3.66% , 18.7% , 3.94% , 0.85% , 0.057% และ 0.018% และมีค่าความร้อนเท่ากับ 14 MJ/kg จากผลการศึกษาสัดส่วนของแก๊สที่ผลิตได้ประกอบด้วย H_2 CH_4 CO CO_2 N_2 O_2 และ SO_2 มีค่าเท่ากับ 11.0% , 2.0% , 24.0% , 9.0% , 46% , 0.7% และ 0.3% ตามลำดับ แก๊สเชื้อเพลิงมีค่าความร้อนประมาณ 4.6 MJ/Nm^3 และมีการปนเปื้อนทาร์(Tar)ประมาณ 10 mg/Nm^3 โดยมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเท่ากับ 69% ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 22% ด้านมลพิษที่เกิดจากการใช้เทคโนโลยีแกสิฟิเคชัน พบว่าเทคโนโลยีนี้มีจุดดึงดูดที่น่าสนใจอยู่ที่การปลดปล่อยมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมมีอัตราที่ต่ำมาก ถือเป็นเทคโนโลยีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีงานวิจัยที่สนับสนุนดังต่อไปนี้

Helble et al. (1995) ได้ศึกษาและทดลองหาองค์ประกอบของโลหะหนักที่เกิดขึ้นจากการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินกรดบิทูมินัสในกระบวนการแกสิฟิเคชัน ผลการศึกษาพบว่าองค์ประกอบของโลหะหนักได้แก่ Cd Cr Co Mn Ni U และ Th โดยส่วนใหญ่จะคงอยู่ในเถ้าหนัก(bottom ash) ที่ออกจากเตาผลิตแก๊ส และยังคงมีบางส่วนที่เป็นเถ้าลอยขนาดเล็ก (Fly ash) ปนเปื้อนไปกับฝุ่น ซึ่งสามารถกำจัดได้โดยใช้ไซโคลน แต่สำหรับ AS Se Sb Pb และ Hg เมื่อถูกกระตุ้นโดยปฏิกิริยาอุณหเคมีในเตาผลิตแก๊สจะระเหยกลายเป็นสภาวะไอ (vapor) ซึ่งการกำจัดต้องทำให้แก๊สถูกลดอุณหภูมิและควบแน่นอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะกลายเป็นละอองของเหลวแขวนลอย (aerosol) แล้วใช้

ระบบกรองเพื่อแยกอนุภาคเหล่านี้ออกไป สำหรับกรณีที่นำแก๊สร้อนไปใช้งานโดยตรง (เช่น Turbine Combustor) แก๊สร้อนเหล่านี้จะถูกเผาไหม้โดยทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ ซึ่งมีผลให้โลหะหนักที่อยู่ในสถานะแก๊ส ถูกเปลี่ยนเป็นสถานะของแข็งหรือที่เรียกว่าออกไซด์ของโลหะหนักและสามารถกำจัดได้โดยใช้ระบบทำความสะอาดแก๊สไอเสียก่อนปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม

Medcalf et al.(1998) ได้ทำการศึกษาปฏิกิริยาการเผาไหม้ของกระบวนการแกสิฟิเคชันกับอัตราการเกิดองค์ประกอบของซัลเฟอร์จากการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินกรดซับบิทูมินัส โดยศึกษาในโซนที่เรียกว่า Incandescent Thermal Zone (ITZ)และได้อ้างถึงทฤษฎีที่กล่าวว่าเมื่อเกิดการเผาไหม้แก๊สร้อนจากโซน Combustion ที่มีอุณหภูมิประมาณ 1500 องศาเซลเซียส แก๊สจะไหลเข้าสู่โซน Reduction จะทำให้อุณหภูมิของแก๊สลดลง โดยมีอุณหภูมิประมาณ 500 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาดูดความร้อนที่เกิดขึ้นในภาวะที่มีออกซิเจนจำกัดเป็นผลให้อัตราการเกิดแก๊สมลพิษ (Dioxins Dibenzofurans SO_XNO_X)เกิดขึ้นได้น้อยมาก และทำการศึกษาเปรียบเทียบกับ Thermodynamic Modeling นำมาคำนวณโดยใช้โปรแกรมองค์ประกอบของซัลเฟอร์ที่ประกอบไปด้วย H_2S COS CS_2 S_2 S H_2S_2 พบว่ามีสัดส่วนของ H_2S COS เกิดขึ้นสูงที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาปฏิกิริยาการเผาไหม้ของกระบวนการแกสิฟิเคชันโดยการเก็บแก๊สที่ผลิตได้มาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas Chromatograph ได้สรุปว่าองค์ประกอบของซัลเฟอร์จะอยู่ในรูปของ H_2S เป็นส่วนใหญ่ SO_2 ตรวจไม่พบ แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีแกสิฟิเคชันสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการจัดการของเสียที่มีองค์ประกอบของซัลเฟอร์สูงได้ เนื่องจากมีการปลดปล่อยแก๊สมลพิษในรูป SO_2 ที่ต่ำมากถึงตรวจไม่พบ หากเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรง

Marrer et al. (2004) ได้ศึกษาและทำการทดลองหาองค์ประกอบของแก๊สเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยปริมาณโลหะหนักจากการใช้เชื้อเพลิงกากตะกอนในกระบวนการแกสิฟิเคชัน ผลการทดสอบองค์ประกอบของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากกระบวนการแกสิฟิเคชันโดยใช้ Gas Chromatography ประกอบด้วย H_2 CH_4 CO และ CO_2 เท่ากับ 13.6% , 4.3% , 19.1%, 56.2% ตามลำดับ ผลการศึกษาการปลดปล่อยปริมาณโลหะหนักพบว่า โลหะหนักได้แก่ Cd Sr Cs Co As และ Cu จะคงเหลืออยู่ในรูปกากหรือเถ้าหนัก(Bottom ash) เป็นส่วนใหญ่ภายหลังปฏิกิริยาสิ้นสุดลง แต่พบว่า Hg มีสถานะเป็นไอ การกำจัดต้องลดอุณหภูมิและควบแน่นให้กลายเป็นละอองของเหลวแขวนลอย(Aerosol)

Vervaeke et al. (2006) ได้ศึกษาการปลดปล่อยโลหะหนักจากไม้หลิวที่ถูกปลูกในพื้นที่ที่มีโลหะหนักปนเปื้อนสูง โดยทดสอบกับโรงไฟฟ้าขนาด 100 kW ที่ใช้กระบวนการแกสิฟิเคชันกับเตาเผาแก๊สชนิดไหลลง(Downdraft Gasification) โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก ใน 3 จุด คือ 1) เถ้าหนักและเถ้าหลอม(Slag) ที่ออกจากเตาผลิตแก๊ส 2) เถ้าและฝุ่นในไซโคลน 3) เถ้า

ลอยที่ผ่านระบบ Condense Scrubber ซึ่งผลการศึกษาพบว่าปริมาณโลหะหนักได้แก่ Cd Cr Cu และ Ni โดยส่วนใหญ่จะคงอยู่ในเถ้าหนักและเถ้าหลอมที่ออกจากเตาผลิตแก๊ส แต่ยังคงมีบางส่วนที่ปนเปื้อนไปกับเถ้าและฝุ่นขนาดเล็ก จึงถูกพบในไซโคลน นอกจากนี้ยังพบว่า Zn และ Pb บางส่วนจะอยู่ในสถานะแก๊สหรือเป็นไอโลหะ แต่เมื่อแก๊สถูกลดอุณหภูมิและควบแน่นในระบบ Condense Scrubber จะทำให้ Zn และ Pb ควบแน่นกลายเป็นละอองของเหลวแขวนลอย (Aeroosol)

Kwak et al.(2006) ได้ศึกษามลพิษสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการใช้ขยะชุมชนมาเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการแกสิฟิเคชัน ทั้งนี้โรงงานต้นแบบสามารถกำจัดขยะได้เท่ากับ 3 ตันต่อวัน ในด้านการผลิตพลังงานพบว่าแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าความร้อนสูงอยู่ในช่วง 8-10.2 MJ/Nm^3 สำหรับผลการศึกษาด้านมลพิษสิ่งแวดล้อมพบว่า องค์ประกอบคลอรีน (Polychlorinated Dibenzo-p-dioxine/furan) จะถูกทำลายที่อุณหภูมิสูงในระหว่างเกิดปฏิกิริยาอุณหเคมีในเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจะมีสถานะเป็นทั้งแก๊สและของเหลว แต่เมื่อผ่านระบบควบแน่นและลดอุณหภูมิแก๊สแล้ว องค์ประกอบเหล่านี้ก็จะถูกกำจัดออกไป สำหรับองค์ประกอบของโลหะหนักได้แก่ Cr Mn Cu As Cd และ Hg จะถูกพบในเถ้าหนักและเถ้าหลอมที่ออกจากเตาผลิตแก๊ส ส่วน Zn และ Pb ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของไอโลหะ ซึ่งถูกกำจัดในระบบ Condense Scrubber ในส่วนของแก๊สไอเสียที่ปลดปล่อยจากระบบพบว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการควบคุมมลพิษอากาศ(Korean Emission Standards) ทั้งนี้นักวิจัยได้สนับสนุนว่า เทคโนโลยีดังกล่าวมีความเหมาะสมและเป็นทางเลือกใหม่ของการผลิตพลังงานทดแทน เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและยังมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

Pinto et al.(2007)ได้ศึกษาการปลดปล่อยปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ องค์ประกอบคลอรีนและโลหะหนักจากการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินร่วมกับขยะพลาสติกที่มีองค์ประกอบของธาตุฮาโลเจน ในกระบวนการแกสิฟิเคชัน ซึ่งผลการศึกษาพบว่า องค์ประกอบของธาตุฮาโลเจน(ClF) จะถูกทำลายที่อุณหภูมิสูงในระหว่างเกิดปฏิกิริยาอุณหเคมีในเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิง จะมีสถานะเป็นทั้งแก๊สและของเหลว แต่เมื่อผ่านระบบควบแน่นและลดอุณหภูมิแก๊สแล้ว องค์ประกอบเหล่านี้จะถูกพบในรูป HCL และ HF สำหรับโลหะหนักโดยส่วนใหญ่จะคงอยู่ในเถ้าหนักและเถ้าหลอมที่ออกจากเตาผลิตแก๊ส แต่ยังคงมีบางส่วนที่ปนเปื้อนไปกับเถ้าลอยและฝุ่นขนาดเล็ก และองค์ประกอบของซัลเฟอร์จะอยู่ในรูปของ H_2S เป็นส่วนใหญ่

นายสุวิทย์ ม่วงคุณ , นายไพศาล นาผล ,นายพิชัย อัษฎมงคล (2551)ได้ศึกษาเรื่องการออกแบบระบบผลิตแก๊สชีวมวลเพื่อใช้กับระบบผลิตกระแสไฟฟ้าขนาดเล็ก Design of Biomass Gasification for Small Electrical Generation.โดยมีวัตถุประสงค์ 1.ศึกษาการออกแบบของระบบผลิตแก๊สชีวมวล จากการใช้เศษไม้เป็นเชื้อเพลิงและใช้แก๊สที่ผลิตได้เป็นเชื้อเพลิงของ

เครื่องยนต์ขนาดเล็ก สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าขนาดเล็ก2.วิเคราะห์องค์ประกอบคุณสมบัติของเชื้อเพลิง แก๊สชีวมวล อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงชีวมวล ในการผลิตกระแสไฟฟ้า วิธีดำเนินงานวิจัยโดย ออกแบบให้มีที่เผาไหม้ 2 ขั้นตอน (Two State Gasification) โดยใช้เชื้อเพลิงประเภทเศษไม้ อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาไหม้มากกว่า 850 องศาเซลเซียส (Ovend 1982) ส่วนประกอบหลักๆ ของระบบนี้สามารถพิจารณาได้เป็น 2 ส่วนคือ 1.ระบบผลิตพลังงาน 1.1 ระบบ Drying และ Pyrolysis 1.2 ระบบ Gasification เป็นแบบแก๊สไหลลง (Downdraft) 2.ระบบเครื่องยนต์ ผลการศึกษาพบว่า ในระบบที่ออกแบบขึ้นนั้น แก๊สที่ผลิตได้มีส่วนของน้ำมันดินน้อยที่สุด จากการออกแบบระบบดังกล่าวสามารถปรับปรุงและออกแบบให้มีกำลังการผลิตไฟฟ้าให้มากขึ้นตามกระบวนการใช้งานและสามารถปรับปรุงระบบการใช้พลังงานในด้านต่างๆได้อีกมากและหากมีการพัฒนาระบบที่เหมาะสมเพื่อทดแทนพลังงานจากฟอสซิลก็จะสามารถเปลี่ยนวัสดุชีวมวลประเภทต่างๆเช่น เศษไม้ วัสดุเหลือใช้อื่นๆ ที่ได้จากการเกษตร เป็นพลังงานทดแทนสำหรับการใช้งานด้านต่างๆสำหรับประเทศไทย

นายเกียรติไกร อายุวัฒน์ , นายไชยยศ สิริเพาประดิษฐ์ (2551)ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาและจัดทำต้นแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สเชื้อเพลิงชีวมวลในราชอาณาจักรกัมพูชา A Study and Demonstration of Gasification System for Electricity in the Kingdom of Cambodia โดยมีวัตถุประสงค์1. คัดเลือกพื้นที่ที่มีศักยภาพและมีความเหมาะสมในราชอาณาจักรกัมพูชาเพื่อใช้ในการพัฒนาและสาธิตระบบต้นแบบจำนวน 1 แห่ง 2. สาธิตการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการผลิตกระแสไฟฟ้าในเครื่องยนต์สันดาปภายใน ขนาดไม่ต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ โดยเลือกรูปแบบเทคโนโลยีที่เหมาะสมด้วยการใช้เทคโนโลยีการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง รวมทั้งทดสอบการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้เพื่อใช้ในชุมชน 3. ตรวจวัดและวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของแก๊สชีวมวล อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงชีวมวลในการผลิตพลังงานไฟฟ้า ประสิทธิภาพระบบผลิตแก๊สชีวมวล ประสิทธิภาพเครื่องยนต์และประสิทธิภาพโดยรวมของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้า4. ประเมินความเหมาะสมทางด้านเทคนิค สังคม เศรษฐกิจการเงิน การลงทุน และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 5. เป็นการช่วยเหลือประเทศเพื่อนบ้านในการถ่ายทอดเทคโนโลยีและประสบการณ์ในการพัฒนาคุณภาพชีวิตประชาชน เพิ่มโอกาสในการศึกษาและประกอบอาชีพ วิธีดำเนินการวิจัยโดย ทำการเดินระบบผลิตไฟฟ้าจากแก๊สเชื้อเพลิงชีวมวลต้นแบบเพื่อจ่ายไฟฟ้าขนาดไม่น้อยกว่า 30 กิโลวัตต์ให้แก่บ้านเรือนในหมู่บ้านสวาย สโว-โนส จำนวน 120 หลังคาเรือน เป็นระยะเวลา 100 ชั่วโมง โดยเดินระบบในเวลา 18.00 – 23.00 น. เป็นเวลาต่อเนื่อง 5 ชั่วโมง ในแต่ละวัน ผลการศึกษาพบว่าการศึกษาและจัดทำระบบผลิตไฟฟ้าจากแก๊สเชื้อเพลิงชีวมวลต้นแบบ ขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้า 30 กิโลวัตต์ พบว่าระบบผลิตไฟฟ้าจากแก๊สเชื้อเพลิงชีวมวลต้นแบบนี้ มีความเหมาะสมและสามารถที่จะนำไปพัฒนาปรับปรุงเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าให้มากขึ้นถึง 100 – 200 กิโลวัตต์

อันจะทำให้เป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ผลิตไฟฟ้าจ่ายให้แก่หมู่บ้านหรือชุมชนขนาดใหญ่ที่มีบ้านเรือนราษฎรมากกว่า 500 หลังคาเรือนได้ ซึ่งจากการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางการลงทุนและเศรษฐศาสตร์พบว่ายิ่งกำลังการผลิตไฟฟ้ามากขึ้น จะทำให้เพิ่มความเหมาะสมในการลงทุนและมีระยะเวลาคืนทุนน้อยลงด้วย

นางสาวจตุพร แก้วอ่อน,นายจอมภพ แวศักดิ์, นางสาวมารีนา มะหนิ, นายภรพนา บัวเพชร์, นายปิติ พานิชายุนนท์ ได้ศึกษาเรื่อง ระบบผลิตไฟฟ้าโดยเครื่องยนต์ชีวมวลสำหรับการประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมชุมชนขนาดเล็ก The Power Generation by Biomass Gas Engine for Application in Production Process of Small Community Industry โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าโดยเครื่องยนต์ชีวมวลสำหรับการประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมชุมชนขนาดเล็ก ผลการศึกษาพบว่า ระบบดังกล่าวประกอบไปด้วยเตาแกสิไฟเออร์ขนาดปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร ชนิดอิมเบิร์ตพร้อมชุดป้อนเชื้อเพลิงแบบสกรูอัด ไซโคลน ที่ดักเถ้า สครับเบอร์แบบเปียก ตัวเก็บสารระเหย ชุดทำความเย็นให้กับแก๊ส ตัวกรองแก๊ส เครื่องยนต์แก๊สขนาด 1,425 cc และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 10 kWe โดยเตาแกสิไฟเออร์เป็นแบบเบดคงที่ชนิดเปลวไฟไหลลงซึ่งใช้ไอน้ำเป็นตัวทำปฏิกิริยากับขี้เลื่อยไม้ยางพาราจากอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ในจังหวัดพัทลุง

นางสาวสหัถยา ลาดปาละ, นายนิพนธ์ เกตุจ้อย, นายวัฒนพงษ์ รักษ์วิเชียร (2549)ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตไฟฟ้าชุมชนด้วยเทคโนโลยีแก๊สชีวมวล Feasibility Study of Community Power by using Gasification Technologyโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคของเทคโนโลยีแก๊สชีวมวลสำหรับการผลิตไฟฟ้าในระดับชุมชนของประเทศไทย และศึกษารูปแบบการบริหารจัดการและหน่วยงานที่รับผิดชอบในการผลิตไฟฟ้าระดับชุมชน วิธีดำเนินการวิจัยโดย เป็นการศึกษาทางด้านเทคนิคของระบบผลิตแก๊สชีวมวลเพื่อนำมาผลิตไฟฟ้าและศึกษารูปแบบการบริหารจัดการและหน่วยงานที่รับผิดชอบในการผลิตไฟฟ้าชุมชน ผลการศึกษาพบว่า การผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีแก๊สชีวมวล เหมาะสมกับประเทศไทยทั้งทางด้านเทคโนโลยี ที่มีการศึกษาพัฒนาจนสามารถนำมาใช้งานได้เป็นอย่างดี แต่ควรมีการศึกษาถึงความเหมาะสมของเทคโนโลยีนี้กับเชื้อเพลิงชีวมวลที่แตกต่างกัน ความเหมาะสมต่อการปฏิบัติงานและความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์ เพื่อลดการพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศและศักยภาพของแหล่งพลังงานชีวมวลที่พบได้ทุกพื้นที่ของประเทศไทย

นายอรรถพล โกละกะ, นายรัตนชัย ไพรินทร์, นางสาวจงจิตร์ หิรัญลาภ (2543) ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากถ่านหินในเตาปฏิกรณ์แบบไหลขึ้นโดยใช้ไอน้ำเข้าช่วย Study on Coal Steam Gasification in up Draft Gasification โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของอุณหภูมิและอัตราการไหลของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลต่อปฏิกิริยาแก

สิฟิเคชันของถ่านหินวิธีดำเนินการวิจัยโดย หาจุดเหมาะสมของตัวแปร สามารถทำได้โดยใช้วิธี simplex search เพื่อคำนวณหาสภาวะการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงผลการศึกษาพบว่า ที่อุณหภูมิ 87.5 องศาเซลเซียส และอัตราการไหลของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 121.25 ลูกบาศก์ซนติเมตรต่อนาที เป็นสภาวะที่ให้เปอร์เซ็นต์แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นองค์ประกอบของแก๊สผลิตภัณฑ์สูงสุด 91.26 เปอร์เซ็นต์ แก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าความร้อนทางสูงเฉลี่ย 9,551.81 กิโลจูลต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อใช้สภาวะดังกล่าวมาทำปฏิกิริยาแกสิฟิเคชันถ่านหินไอน้ำ โดยทำการฉีดไอน้ำที่อัตราการไหล 10, 20 และ 30 ลูกบาศก์ซนติเมตรต่อนาที พบว่าที่อัตราการไหลของไอน้ำ 20ลูกบาศก์ซนติเมตรต่อนาที เป็นสภาวะที่ให้องค์ประกอบของแก๊สเชื้อเพลิงสูงสุด มีค่าความร้อนทางสูงเฉลี่ย 10,551.86 กิโลจูลต่อลูกบาศก์เมตร และพบว่าปฏิกิริยาแกสิฟิเคชันถ่านหินด้วยไอน้ำ สามารถปรับปรุงคุณภาพของแก๊สเชื้อเพลิงให้มีค่าความร้อนทางสูงเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 10.4 เมื่อเปรียบเทียบกับปฏิกิริยาแกสิฟิเคชันถ่านหิน

นายสุนทร ละอองนวล, นายสุธรรม ปทุมสวัสดิ์, นายสมรัฐ เกิดสุวรรณ ได้ศึกษาเรื่องการศึกษาการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลในเตาเผาแบบ Fixed Bed Study of the Fuel Biomass Combustion in a Fixed Bedโดยมีวัตถุประสงค์ 1. เพื่อศึกษาเกี่ยวกับคุณลักษณะพารามิเตอร์ของการเผาไหม้ชานอ้อย ในรูปของอัตราการเผาไหม้ (Combustion Rate)2. เพื่อศึกษาเกี่ยวกับคุณลักษณะพารามิเตอร์ของการเผาไหม้ชานอ้อย ในรูปความเร็วของเปลวไฟ(Flame Speed) วิธีดำเนินการวิจัยโดย ในการทดลองแต่ละครั้งได้ทำการบันทึกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและปริมาณแก๊สที่ได้จากการเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง แล้วนำผลที่ได้ไปคำนวณหาอัตราการเผาไหม้ความเร็วของเปลวไฟ ผลการศึกษาพบว่า การเผาไหม้ชานอ้อยที่สภาวะแวดล้อม โดยมีการเผาไหม้สารระเหยและถ่านอย่างต่อเนื่อง ด้วยอัตราการเผาไหม้ 0.044 – 0.338 กรัมต่อวินาที ความเร็วของเปลวไฟ 1.5 – 2.8 มิลลิเมตรต่อวินาที นอกจากนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณอากาศกับความเร็วและอุณหภูมิที่ป้อนให้ ในทางตรงข้ามเมื่อมีการเพิ่มปริมาณกับความเร็วและอุณหภูมิอากาศสูงกว่าการเผาไหม้ที่สภาวะแวดล้อมมีผลทำให้พารามิเตอร์ เช่น อัตรการเผาไหม้ ความเร็วของเปลวไฟ เกิดการแปรผันไปโดยที่อัตราการเผาไหม้อยู่ในช่วง 0.028 – 0.078 กรัมต่อวินาที และความเร็วของเปลวไฟ 3.5 – 5.5 มิลลิเมตรต่อวินาที ซึ่งต่ำกว่าการเผาไหม้ชานอ้อยที่สภาวะแวดล้อมตามลำดับ พบว่าในการเพิ่มอุณหภูมิอากาศปฐมภูมิที่ทางเข้าไม่ช่วยทำให้อัตราการเผาไหม้ ความเร็วของเปลวไฟเพิ่มขึ้น

นายเกียรติไกร อายุวัฒน์, นายบุญรอด สัจจกุลนุกิจ, นายธันวา ใจเที่ยง, นางสาวจิรัญญา เผ่าหลักแหลม (2549)ได้ศึกษาเรื่อง โครงการพัฒนาระบบผลิตพลังงานจากชีวมวลระดับชุมชน The Development of Gasification Technologyvin Community Level Project โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการออกแบบระบบผลิตพลังงานจากชีวมวล สำหรับใช้ในชุมชนเพื่อเป็น

ต้นแบบสาธิตและส่งเสริมให้มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย โดยใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่ายและราคาไม่แพงมาประยุกต์สร้างเครื่องผลิตพลังงานสำหรับใช้ในชุมชน โดยไม่ต้องนำเข้าอุปกรณ์จากต่างประเทศ วิธีดำเนินการวิจัยโดย ระบบผลิตพลังงานจากชีวมวลสำหรับโครงการนี้ถูกออกแบบให้มีการเผาไหม้เป็นแบบ 2 ขั้นตอน (Two-stage gasification) โดยใช้แกลบเป็นวัตถุดิบ อุณหภูมิที่ใช้มากกว่า 850 องศาเซลเซียส (Overend, 1982) ส่วนประกอบหลักๆของระบบนี้สามารถพิจารณาได้เป็น 2 ส่วน คือ 1.ระบบผลิตพลังงาน 1.1 ระบบ Drying และ Pyrolysis 1.2 ระบบ Gasification เป็นแบบแก๊สไหลลง (Downdraft) 2.ระบบเครื่องยนต์การทดสอบระบบผลิตพลังงานของโครงการได้ทำการทดสอบมากกว่า 360 ชั่วโมง โดยทำการตรวจวัดอุณหภูมิในบริเวณต่างๆของระบบ นอกจากนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบผลิตพลังงานและอุณหภูมิหลักๆภายในเตาที่เหมาะสมสำหรับผลิตแก๊สชีวมวลผลการศึกษาพบว่า ระบบที่สร้างขึ้นเพื่อผลิตแก๊สที่มีปริมาณส่วนผสมของน้ำมันดิน(Tar) น้อยที่สุด และเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูงเมื่อเทียบกับระบบผลิตพลังงานแบบดั้งเดิม (Milne, et.al., 1998) ดังนั้นหากมีการพัฒนาให้เหมาะสมเพื่อทดแทนการใช้พลังงานจากฟอสซิล ก็จะสามารถเปลี่ยนชีวมวลที่ได้จาการเกษตรเป็นพลังงานทดแทนที่ยั่งยืนสำหรับประเทศไทยต่อไป

นายสุธรรม ปทุมสวัสดิ์ (2549)ได้ศึกษาเรื่อง ระบบแก๊สชีวมวลขนาดเล็กเพื่อผลิตไฟฟ้า Small Biomass Gasification for Powerโดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อส่งเสริมให้เกิดการลดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาจากขบวนการผลิตและการลดต้นทุนการผลิตพลังงานเพื่อการอุตสาหกรรม ผลการศึกษาพบว่า 1. พิจารณาจากการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก เทคโนโลยีที่เหมาะสมคือ Fixed Bed Gasification ที่ใช้ร่วมกับเครื่องยนต์ 2. พิจารณาจากการผลิตไฟฟ้าขนาดต่ำที่ 100 กิโลวัตต์ เทคโนโลยีที่เหมาะสม คือ Down Draft Gasifier3. พิจารณาจากการใช้งานที่ต้องใช้งานร่วมระหว่างแก๊สชีวมวลกับน้ำมันฟอสซิล ดังนั้นเครื่องยนต์ที่เลือก คือ เครื่องยนต์ดีเซล

นางสาวบงกช ประสิทธิ์, นางสาวสุขฤดี นาถกรณกุล (2550) ได้ศึกษาเรื่อง การใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ แปรรูปผลิตผลทางการเกษตรร่วมกับระบบแกสิไฟเออร์ Using of Solar Tunnel Dryer for Agicultural Products Combined with Biomass Gasifierโดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์แปรรูปผลิตผลทางการเกษตร(กล้วยน้ำว้า,พริกจินดา,และมะม่วงแก้วแช่อิ่ม) ร่วมกับระบบแกสิไฟเออร์ วิธีดำเนินการวิจัยโดย ทดสอบกลางแจ้ง ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยทำการเก็บข้อมูลระบบก่อนการเผยแพร่สู่กลุ่มเกษตรแปรรูป กลุ่มอุตสาหกรรม และกลุ่มผู้สนใจทั่วไปในการทดสอบจะแบ่งขั้นตอนเป็น 2 ขั้นตอน1. ทำการอบแห้งผลิตภัณฑ์ (กล้วยน้ำว้า, พริกจินดา, และมะม่วงแก้วแช่อิ่ม) จำนวน 20 – 200 กิโลกรัม คำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อน

ของระบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยไม่มีระบบเตาแกสิไฟเออร์ 2. ทำการทดสอบเตาเผาแกสิไฟเออร์ ด้วยวัสดุเชื้อเพลิง (ซังข้าวโพด) ผลการศึกษาพบว่า เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์สามารถใช้ร่วมกับระบบแกสิไฟเออร์ เพื่อใช้เป็นพลังงานความร้อนเสริมช่วยในตอนไม่มีแสงแดดหรือฝนตกตลอดทั้งวัน ในการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร

นายสุนันทศักดิ์ ระวังวงศ์,นายจอมภพ แวศักดิ์, นางสาวมารีนา มะหนิ, นายภรพนา บัวเพชร์, นายปิติ พานิชายุนนท์ (2550)ได้ศึกษาเรื่อง ประสิทธิภาพของกระบวนการไอน้ำ - แกสิฟิเคชั่นอุณหภูมิสูงจากเชื้อเพลิงแกลบในแกสิไฟเออร์ชนิดเบดหยุดนิ่งเปลวไฟไหลลง Efficiency of High Temperature Steam – Gasification from Rice Husk in a Fixed Bed Downdraft Gasifierโดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์จากแกลบเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยกระบวนการแกสิฟิเคชัน วิธีดำเนินการวิจัยโดย เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการไอน้ำ - แกสิฟิเคชันอุณหภูมิสูงจากเชื้อเพลิงแกลบในแกสิไฟเออร์ชนิดเบดหยุดนิ่งเปลวไฟไหลลงโดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบหยุดนิ่ง (Stationary Model) ซึ่งพัฒนาโดย S. A. Klien และ F. L. Alvarado 1992 – 2001 [3] เพื่อทำนายองค์ประกอบและค่าความร้อนของแก๊สผลิตภัณฑ์และประสิทธิภาพในการเปลี่ยนรูปชีวมวลให้เป็นพลังงานในรูปของเชื้อเพลิงแก๊สผล การศึกษาพบว่าประสิทธิภาพของกระบวนการไอน้ำ - แกสิฟิเคชันอุณหภูมิสูงจากเชื้อเพลิงแกลบในแกสิไฟเออร์ชนิดเบดหยุดนิ่งเปลวไฟไหลลงมีค่าอยู่ในช่วง 60 – 83 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้ไอน้ำในการทำปฏิกิริยาจะทำให้แก๊สผลิตภัณฑ์มีค่าความร้อนสูงพอที่จะสามารถนำไปเผาไหม้ในเครื่องยนต์แก๊สสำหรับการผลิตไฟฟ้าได้

นายสมรัฐ เกิดสุวรรณ, นายสุธรรม ปทุมสวัสดิ์, นางสาวมณพิไล นรสิงห์ , นางสาวสุนีรัตน์ พิพัฒนมโนมัย (2549)ได้ศึกษาเรื่อง การวิจัยและพัฒนาระบบกำเนิดแก๊สเชื้อเพลิงจากขยะมูลฝอยเพื่อผลิตพลังงานขนาดเล็กR&D of Small – Scale Municipal Solid Waste Gasification for Power Generationโดยมีวัตถุประสงค์วิจัยและพัฒนาระบบกำเนิดแก๊สเชื้อเพลิงจากขยะมูลฝอยเพื่อผลิตพลังงานขนาดเล็กวิธีดำเนินการวิจัยโดย ภายในระยะเวลา 3 ปี ได้แก่ 1. การทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ 2. การสร้างเครื่องต้นแบบและประเมินสมรรถนะ3. การถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อนำไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์ผลการศึกษาพบว่า การศึกษานี้ได้นำกากของเสียจากสวนอุตสาหกรรมมากำจัดในปฏิกรณ์กำเนิดแก๊สเชื้อเพลิงแบบไหลลงและนำแก๊สเชื้อเพลิงที่ได้มาผลิตพลังงาน ทำให้สามารถกำจัดกากของเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพและนำพลังงานที่มีอยู่กลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

นายวิศิษฏ์ วิยะรัตน์, นายอนุชา วัฒนาภา (2551)ได้ศึกษาเรื่อง การผลิตไฮโดรเจนจากกระบวนการแกสิฟิเคชันด้วยไอน้ำของชีวมวลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา Hydrogen Production from

Biomass Gasification by Catalysis Steaming Reforming โดยมีวัตถุประสงค์ ศึกษาตัวเร่งปฏิกิริยา ได้แก่ ไททาเนียมไดออกไซด์ – โพแทสเซียม บนตัวรองรับแกมมาอะลูมินา และศึกษาผลของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อการแตกตัวด้วยไอน้ำของทาร์จากชีวมวล วิธีดำเนินการวิจัยโดย วิเคราะห์ปริมาณร้อยละของแก๊สผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีแก๊สโครมาโตกราฟฟี ผลการศึกษาพบว่า ตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์ – แมกนีเซียม บนตัวรองรับแกมมาอะลูมินา สามารถเร่งปฏิกิริยาการแตกตัวของทาร์ได้ดีและช่วยเพิ่มสัดส่วนของไฮโดรเจนในผลิตภัณฑ์แก๊ส

นายธเนศ อุทิศธรรม, นายวีรชัย สุนทรวังสรรค์, นายโสภณ พรหมสุวรรณ (2551) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาแกสิฟิเคชันแบบ Opened – top Stratified Downdraft Development of a Opened – top Stratified Downdraft Gasifier โดยมีวัตถุประสงค์ ศึกษาระบบแกสิฟิเคชันแบบ Opened – top Stratified Downdraft ซึ่งเป็นระบบที่มีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพสูง เหมาะสมกับการนำไปใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนรูปชีวมวลให้เป็นแก๊ส เพื่อการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ เพื่อผลิตไฟฟ้าหรือต้นกำลัง หรือเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเผาไหม้ในหม้อไอน้ำวิธีดำเนินการวิจัยโดย ได้สร้างเครื่องต้นแบบแกสิฟิเคชันแบบ Opened – top Stratified Downdraft สำหรับการใช้ไม้และถ่านไม้เป็นวัตถุดิบที่ขนาดการป้อน20 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง เพื่อใช้เป็นการเปรียบเทียบข้อมูลความคุ้มทุนของเชื้อเพลิงทั้งสองการทดลองข้อมูลทางเทคนิคของระบบที่ใช้ถ่านไม้ยูคาลิปตัสเป็นวัตถุดิบนี้ เป็นการทดลองระบบที่ทำงานเต็มกำลังที่สภาวะการทดลองแบบต่อเนื่อง 6 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่า เครื่องต้นแบบขนาด 20 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง พบว่าระบบแกสิฟิเคชันมีประสิทธิภาพเพียงร้อยละ 43 เมื่อใช้ถ่านไม้ยูคาลิปตัสเป็นวัตถุดิบ เนื่องจากเครื่องต้นแบบนี้เพิ่งอยู่ในขั้นต้นจึงยังมีประสิทธิภาพต่ำ ซึ่งสามารถปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพได้ถึงร้อยละ 70 - 80

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ข้อมูลเซรามิกส์ ถ่านหิน และชีวมวลทางภาคเหนือ

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลการผลิตเซรามิกส์ในภาคเหนือของประเทศไทย

ข้อมูลของกรมโรงงานอุตสาหกรรมจากการสำรวจอุตสาหกรรมเซรามิกส์ทางภาคเหนือของประเทศไทยที่ได้รับการจดทะเบียนขึ้นเป็นโรงงานอุตสาหกรรม พบว่าอุตสาหกรรมเซรามิกส์ทางภาคเหนือของประเทศไทยส่วนใหญ่จะอยู่ในบริเวณ 2 จังหวัด คือ จังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัด ลำปาง จากผลการสำรวจพบว่าในจังหวัดเชียงใหม่มีบริษัทที่จดทะเบียนเพียง 26 โรงงาน ต่างกับภายในจังหวัดลำปางที่มีบริษัทที่จดทะเบียนมากถึง 199 โรงงาน เนื่องด้วยจากเหตุผลที่ว่าภายในจังหวัดลำปางมีแหล่งวัตถุดิบที่ใช้ผลิตเซรามิกส์อยู่เป็นจำนวนมากและเมื่อได้ตรวจสอบแล้วพบว่าประเภทอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่พบมากที่สุดคืออุตสาหกรรมเครื่องเคลือบจานชามของที่ระลึกจากผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

ในส่วนอุตสาหกรรมเซรามิกส์ประเภทอื่น ๆ นั้นมีเพียงอุตสาหกรรมผลิตกระเบื้องซึ่งเป็นการผลิตขนาดเล็ก เพื่อใช้ตกแต่งให้ความสวยงามมีการผลิตจำนวนน้อยชิ้น ในส่วนอุตสาหกรรมที่ทำการผลิตกระเบื้องเซรามิกส์ ส่วมมากจะมีการกระจายตัวอยู่ที่จังหวัดสระบุรีและสมุทรสาคร อุตสาหกรรมผลิตเซลามิกส์ประเภทลูกถ้วยไฟฟ้าไม่พบอยู่ในภาคเหนือของประเทศไทย เช่นกัน อุตสาหกรรมนี้ส่วนมากจะทำการผลิตที่ ระยอง สระบุรีและสิงห์บุรี ส่วนในการผลิตสุขภัณฑ์จากเซมิกส์จะมีการผลิตเป็นจำนวนมากอยู่ที่สระบุรีและสมุทรสาคร

จึงสามารถสรุปได้ว่าอุตสาหกรรมที่จะนำมาวิเคราะห์ในการประยุกต์ใช้แกสิฟิเคชันทางภาคเหนือของประเทศไทยคืออุตสาหกรรมเซรามิกส์ประเภทเครื่องเคลือบจานชามของที่ระลึกจากผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

ที่มา: ฐานข้อมูลกรมโรงงานอุตสาหกรรมและรายงานการตรวจวัด(โรงงานตัวอย่าง) โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมและอาคารต่างๆ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน)

ก. อุตสาหกรรมเซรามิกส์จังหวัดลำปาง

อุตสาหกรรมเซรามิกส์ลำปาง จัดได้ว่าเป็นอุตสาหกรรมดั้งเดิมที่มีประวัติศาสตร์ยาวนานมากว่า 50 ปี ปัจจุบันอุตสาหกรรมเซรามิกส์ลำปาง ทำรายได้สูงถึง 3,500 ล้านบาทต่อปี และจำนวนนี้เป็นรายได้จากการส่งออกประมาณ 2,000 ล้านบาท และก่อให้เกิดการสร้างงานในท้องถิ่นถึง 10,000 คน ปัจจุบันในจังหวัดลำปางมีผู้ประกอบการเซรามิกส์ประมาณ 200 ราย โดยส่วนใหญ่เป็นโรงงานขนาดกลางและเล็ก ที่เน้นผลิตของชำร่วย เครื่องประดับ ส่วนผู้ประกอบการรายใหญ่ที่มีจำนวนไม่มากจะมุ่งผลิตสินค้าประเภทเครื่องใช้บนโต๊ะอาหารเพื่อการส่งออกเป็นหลัก จากศักยภาพของอุตสาหกรรมเซรามิกส์ของจังหวัดลำปาง ซึ่งเป็นแหล่งที่มีวัตถุดิบสำหรับงานเซรามิกส์เกือบทุกประเภทตั้งแต่ เหมืองดิน เคมีภัณฑ์ แรงงานที่มีฝีมือ และความพร้อมของผู้ประกอบการ ทำให้สินค้าเซรามิกส์ของจังหวัดลำปางได้รับการยอมรับจากลูกค้าทั้งในและต่างประเทศ ปัจจัยที่ทำให้สินค้าเซรามิกของจังหวัดลำปางเป็นที่รู้จักแพร่หลาย คือ ความหลากหลายของสินค้า แรงงานที่มีฝีมือด้านหัตถกรรม และมีความยืดหยุ่นในการรับออเดอร์

ที่มา: จากเวบไซท์กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม

ข. กรรมวิธีในการเผาและเผาเคลือบเซรามิกส์ประเภทจานชาม

กรรมวิธีในการเผามีบทบาทสำคัญที่จะมีผลโดยตรงต่อเนื้อดินและเคลือบ เช่น ถ้าเผาไม่ดีอาจทำให้เนื้อดินเสียรูป หรือแตกร้าวในขณะทำการเผาได้ ส่วนน้ำเคลือบก็เช่นกัน ถ้าเผาไม่ดีอาจทำให้เคลือบไหล หรือผิวเคลือบหลุดร่อนเป็นตุ่มพอง หรือเป็นหลุมได้ บรรยากาศในการเผาก็เช่นกันจะมีผลต่อสีและพื้นผิวของเคลือบโดยตรง การเผาในช่วงอุณหภูมิ 1200 – 1240 องศาเซลเซียส และเผาในบรรยากาศออกซิเดชัน โดยใช้เตาไฟฟ้าหรือเตาแก๊ส โดยปกติในระหว่างการเผาจะเกิดปฏิกิริยาทั้งกับเนื้อดินและเคลือบ ดังนี้ คือ

ปฏิกิริยาที่เกิดกับเนื้อดินจะแบ่งเป็น 3 ช่วง คือ

1. ช่วงเริ่มต้นจนถึง 250 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่น้ำในชิ้นงานระเหยกลายเป็นไอ ในช่วงนี้หากเผาเร็วเกินไปอาจทำให้ชิ้นงานแตกเสียหายได้ โดยปกติเผาในช่วงนี้จะใช้อัตราความร้อนประมาณ 50 – 100 องศาเซลเซียส ต่อชั่วโมง หากเป็นงานที่มีความหนามาก ๆ หรือมีขนาดใหญ่ ก็ควรเพิ่มอุณหภูมิในการเผาให้ช้ากว่านี้และถ้าเป็นเตาแก๊สควรแง้มประตูเตาเผาเพื่อระบายความชื้นออกจากเตาด้วย

2. ช่วงอุณหภูมิ 250 – 575 องศาเซลเซียส ผลึกของควอทซ์จะขยายตัวซึ่งถือเป็นช่วงวิกฤตที่ต้องควบคุมอุณหภูมิในการเผาให้เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ไม่เกินชั่วโมงละ 100 องศาเซลเซียส หากเผาเร็วอาจทำให้ชิ้นงานแตกร้าว

3. ช่วงอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ขึ้นไปเป็นช่วงการเผาที่ปลอดภัย สามารถเพิ่มอุณหภูมิในการเผาให้เร็วขึ้นได้จนกระทั่งเสร็จสิ้นการเผาปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขณะเผาเคลือบแบ่งเป็น 4 ช่วง คือ

3.1 ช่วงเริ่มต้นจนถึงประมาณ 250 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่น้ำในเคลือบระเหยกลายเป็นไอ ซึ่งหากเผาเร็วจะทำให้เคลือบแตกและหลุดร่อนได้ ดังนั้นจึงควรเพิ่มอุณหภูมิในการเผาอย่างช้า ๆ ประมาณ 50 – 100 องศาเซลเซียส ต่อชั่วโมง

3.2 ช่วง 300 – 850 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่ปลอดภัยสามารถเพิ่มอุณหภูมิในการเผาให้เร็วขึ้นได้ เพราะเป็นช่วงที่เคลือบยังไม่หลอมละลาย

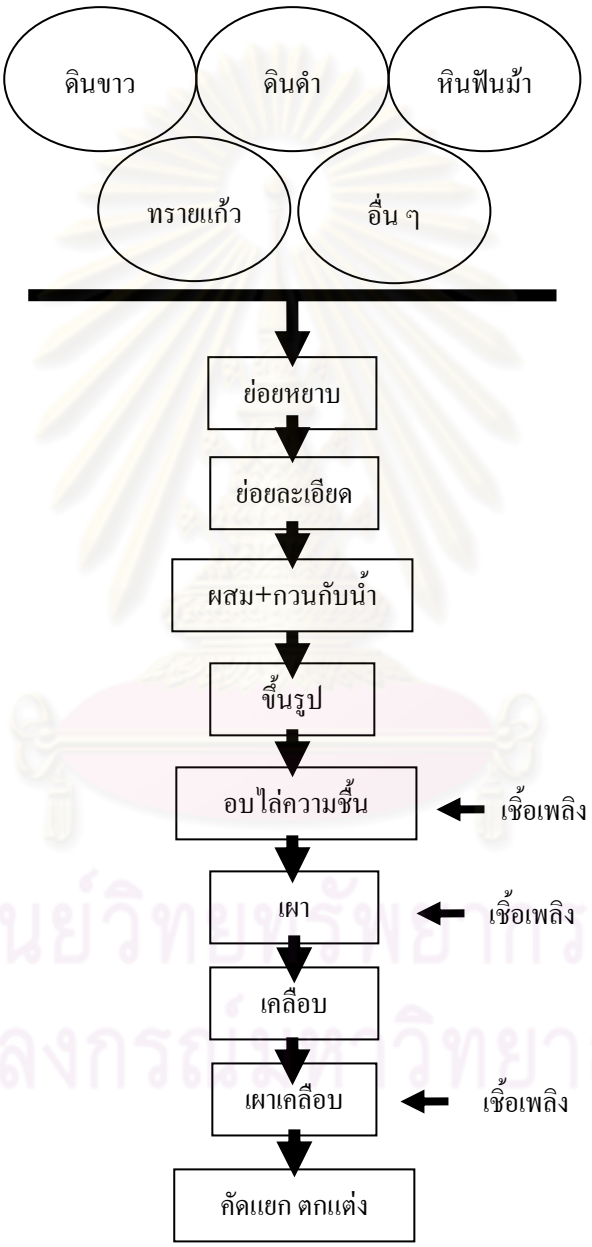
3.3 ช่วง 900 องศาเซลเซียส จนถึงจุดหลอมละลายของเคลือบเป็นช่วงที่เคลือบเริ่มหลอมละลาย ในช่วงนี้ผิวเคลือบจะมีลักษณะขรุขระ และมีรอยแยกคล้ายผิวโคลนที่แห้ง หรือเป็นตุ่มพองคล้ายแผลมีหนองที่กำลังจะแตก และอาจแตกเป็นหลุมได้ จากนั้นจะเริ่มเป็นของเหลวข้น ๆ และผิวค่อย ๆ เรียบขึ้นในช่วงนี้หากเผาเร็วจะมีผลให้รอยแยก และหลุมไม่สามารถปิดสนิทเป็นเนื้อเดียวกันได้ จึงเกิดเป็นรูเล็ก ๆ และรอยแยกบนผิวเคลือบภายหลังการเผา ดังนั้นในช่วงนี้จึงจำเป็นต้องเพิ่มอุณหภูมิในการเผาให้ช้าลงเพื่อให้เคลือบสามารถหลอมละลายได้อย่างสมบูรณ์ไม่เกิดตำหนิบนผิวเคลือบภายหลังการเผา โดยปกติเมื่อถึงจุดสุกตัวของเคลือบควรเผายืนไฟ (Soaking) อีกประมาณ 20 – 30 นาที เพื่อช่วยให้เคลือบหลอมละลายได้สมบูรณ์มากขึ้นก่อนปิดเตา และการปิดเตาควรปิดช่องระบายความร้อนให้หมด เพื่อให้เคลือบเย็นตัวลงอย่างช้าๆ

3.4 ช่วงเย็นตัวของเคลือบ โดยทั่วไปอัตราการเย็นตัวของเคลือบในเตาเผาควรเท่ากับอัตราการเผา และควรปล่อยให้เคลือบเย็นตัวลงอย่างช้า ๆ เพื่อป้องกันมิให้ชิ้นงานแตกร้าว และควรแง้มเตาเผาเมื่ออุณหภูมิประมาณ 200 องศาเซลเซียส จึงปลอดภัย

ที่มา: โกมล รักษ์วงค์ วัตถุดิบที่ใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผา สำนักพิมพ์โรงเรียนมารดานุเคราะห์, กรุงเทพฯ: 2531ไพจิตร อิ่งศิริวัฒณ์ เนื้อดินเซรามิกส์ โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์,กรุงเทพฯ: 2541สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา ภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะอุตสาหกรรมศิลป์ วิทยาลัยครูพระนคร :2527)

ค.กระบวนการผลิตเซรามิกส์เครื่องเคลือบจานชามของที่ระลึกจากผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

โดยกระบวนการผลิตเซรามิกส์ประเภทเครื่องเคลือบจานชามและของที่ระลึกมีกรรมวิธีดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 รูปแสดงกระบวนการผลิตเซรามิกส์ประเภทเครื่องเคลือบจานชามและของที่ระลึก

ที่มา: จากเอกสารเผยแพร่โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมอโลหะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง. การแบ่งขนาดโรงงานในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

เกณฑ์ในการแบ่งโรงงานอุตสาหกรรมมีอยู่ 2 เกณฑ์ คือ แบ่งตามจำนวนเงินลงทุน หรือแบ่งตามจำนวนคนงานที่มีอยู่ในโรงงานโดยสามารถจัดลำดับโรงงานได้ดังนี้

ก.เกณฑ์ที่ใช้ในการจัดลำดับโรงงานโดยใช้เงินลงทุน

1.โรงงานขนาดเล็ก คือ โรงงานที่มีเงินลงทุนต่ำกว่า50ล้านบาท

2.โรงงานขนาดกลาง คือ โรงงานที่มีเงินลงทุนเริ่มตั้งแต่ 50 ถึง 200 ล้านบาท

3.โรงงานขนาดใหญ่ คือโรงงานที่มีเงินลงทุนมากกว่า 200 ล้านบาท

ข.เกณฑ์ที่ใช้ในการจัดลำดับโรงงานโดยใช้คนงาน

1.โรงงานขนาดเล็ก คือ โรงงานที่มีคนงานน้อยกว่า50คน

2.โรงงานขนาดกลาง คือ โรงงานที่มีคนงานตั้งแต่ 50 ถึง 200 คน

3.โรงงานขนาดใหญ่ คือ โรงงานที่มีจำนวนคนงานมากกว่า 200 คนขึ้นไป

จากเกณฑ์ในการแบ่งโรงงานทั้งสองแบบที่กล่าวมาแล้วไม่สามารถที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อการแบ่งโรงงานเซรามิกส์ที่ต้องการแบ่งตามขนาดโรงงานที่ใช้พลังงานได้จึงจำเป็นต้องทำการประยุกต์การแบ่งโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์ โดยอาศัยเกณฑ์การจัดลำดับโรงงานโดยใช้เงินลงทุนและจำนวนคนงาน เป็นที่ตั้ง แล้วทำการศึกษาว่าแต่ละขนาดที่ต่างกันออกไปมีการใช้พลังงานเป็นเชื้อเพลิงประมาณเท่าไรบ้างจากการเก็บข้อมูลที่ได้จากฐานข้อมูลกรมโรงงานอุตสาหกรรมแล้วพบว่า จะสามารถแบ่งเกณฑ์โรงงานตามการใช้พลังงานเป็นเชื้อเพลิงโดยอ้างอิงจากเงินลงทุนและจำนวนคนงานได้เป็นดังนี้

จ.เกณฑ์ที่ใช้ในการจัดลำดับขนาดโรงงานตามขนาดการใช้พลังงานแบบประยุกต์

1.โรงงานขนาดเล็ก คือ โรงงานที่มีเงินลงทุนต่ำกว่า50ล้านบาทหรือโรงงานที่มีคนงานน้อยกว่า50คน จะมีการใช้พลังงานเป็นเชื้อเพลิงLPGอยู่ที่ไม่เกิน 30000 กิโลกรัมต่อเดือน

2.โรงงานขนาดกลาง คือ โรงงานที่มีเงินลงทุนเริ่มตั้งแต่ 50 ถึง 200 ล้านบาทหรือโรงงานที่มีคนงานตั้งแต่ 50 ถึง 200 คน จะมีการใช้พลังงานเป็นเชื้อเพลิงLPGอยู่ที่ตั้งแต่ 30000 - 70000กิโลกรัมต่อเดือน

3.โรงงานขนาดใหญ่ คือโรงงานที่มีเงินลงทุนมากกว่า 200 ล้านบาทหรือโรงงานที่มีจำนวนคนงานมากกว่า 200 คนขึ้นไป จะมีการใช้พลังงานเป็นเชื้อเพลิงLPGอยู่ที่70000กิโลกรัมต่อเดือนขึ้นไป

ที่มา: จากการสัมภาษณ์การใช้พลังงานจากบริษัทที่มีการจดทะเบียนของกรมโรงงานอุตสาหกรรมขนาดต่าง ๆ และข้อมูลจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน.

เอกสารเผยแพร่โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมอโลหะ. กรุงเทพฯ : สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน, 2550

ค่าความหนาแน่นของ LPG หรือแก๊สปิโตรเลียมเหลวอยู่ที่ประมาณ 0.55 กิโลกรัมต่อลิตรที่มาจากกรมธุรกิจพลังงาน โดยทั่วไปความหนาแน่นจะไม่คงที่เนื่องจากแก๊สปิโตรเลียมเหลวมีส่วนผสมแก๊สโพรเพนและบิวเทนโดยมีสัดส่วนโดยประมาณอยู่ที่ 70:30 ตามลำดับ ซึ่งแต่ละการจัดส่งแก๊สแต่ละครั้งสัดส่วนแก๊สเหล่านี้จะไม่เท่ากันเสมอแต่จะมีการประมาณอยู่ที่ 0.55 กิโลกรัมต่อลิตร

ที่มา: จากกรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน

หากทำการจัดแบ่งขนาดโรงงานอุตสาหกรรมเซลามิกส์ประเภทเครื่องเคลือบจานชามของที่ระลึกจากผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ตามขนาดการใช้พลังงานจะสามารถแสดงได้ตามตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงการแบ่งขนาดโรงงานเซรามิกส์

ขนาดโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์			
คุณสมบัติ	โรงงานขนาดเล็ก	โรงงานขนาดกลาง	โรงงานขนาดใหญ่
เกณฑ์ทุนจดทะเบียน	ต่ำกว่า50 ล้านบาท	ตั้งแต่ 50 ถึง 200 ล้านบาท	มากกว่า 200 ล้านบาท
เกณฑ์จำนวนพนักงาน	น้อยกว่า50 คน	ตั้งแต่ 50 ถึง 200 คน	มากกว่า 200 คนขึ้นไป
เกณฑ์การใช้พลังงานLPG (กิโลกรัม)	ไม่เกิน 30000 กิโลกรัมต่อเดือน	30000 - 70000 กิโลกรัมต่อเดือน	70000 กิโลกรัมต่อเดือนขึ้นไป
เกณฑ์การใช้พลังงานLPG (ลิตร)	ไม่เกิน 16500 ลิตรต่อเดือน	16500 – 127273 ลิตรต่อเดือน	121273 ลิตรต่อเดือนขึ้นไป

ฉ.เตาที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

เตาอบที่ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ประเภทนี้จะสามารถแบ่งได้เป็นสองประเภท คือ

1.เตาเผาเป็นครั้งคราว (intermittent kiln)

เตาชนิดนี้มีทำงาน คือ เรียงผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาให้เต็มเตาก่อน แล้วจึงเริ่มเผาจนถึงจุดสุกตัวของผลิตภัณฑ์แล้วจึงดับไฟ และปล่อยให้ผลิตภัณฑ์เย็นตัว จากนั้นจึงนำผลิตภัณฑ์ออกจากเตา เตาชนิดนี้มีหลายแบบ เช่น

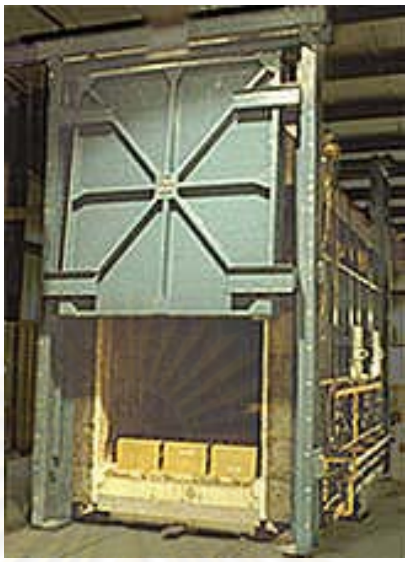
ก. แบบตัวเตายึดอยู่กับที่ (stationary periodic kiln) ไม่นิยมใช้เผาผลิตภัณฑ์ชั้นดีเพราะเสียค่าแรงสูงในการเรียงเข้าเตาและการนำออกจากเตา

ข. แบบยกตัวเตาขึ้นได้ (elevator kiln) ใช้มากในโรงงานขนาดเล็ก โรงงานใหญ่จะใช้คู่กับเตาเผาแบบเผาต่อเนื่อง จะเรียงผลิตภัณฑ์บนรถในที่โล่ง เข็นไปใต้เตาแล้วลดตัวเตาลงมาครอบหรือเรียงผลิตภัณฑ์ไว้กับที่แล้วเลื่อนตัวเตาไปครอบผลิตภัณฑ์

ค. แบบยกประตูเตาขึ้นลง (shuttle kiln) สร้างบนฐานที่แข็งแรงและมีประตูเตาที่ยกขึ้นลงได้ทั้งหัวเตาและท้ายเตา ผลิตภัณฑ์จะเรียงบนรถที่สามารถเคลื่อนที่เข้าเตาได้

รูปที่ 3.2 รูปแสดงเตาเผาเซรามิกส์แบบแบบยกตัวเตาขึ้นได้ (elevator kiln)

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน



รูปที่ 3.3 รูปแสดงเตาเซรามิกส์แบบยกประตูเตาขึ้นลง (shuttle kiln)

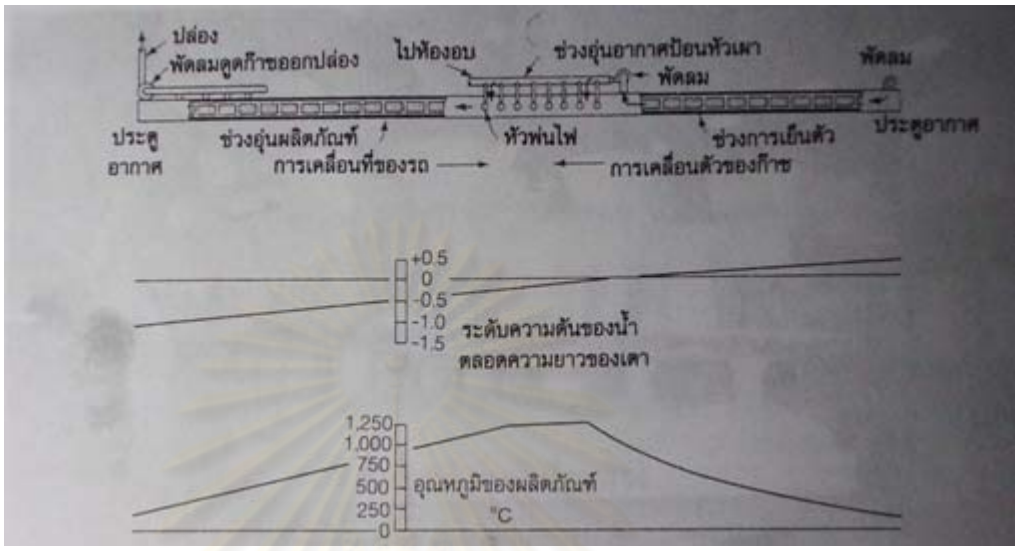
ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

2.เตาที่เผาต่อเนื่องตลอดเวลา (continuous kiln)

เตาชนิดนี้มีอยู่หลายแบบโดยจะทำการยกตัวอย่าง เช่น เตาอุโมงค์ชนิดต่างๆ โดยเตาอุโมงค์ (tunnel kiln) ทุกชนิดจะมีจุดสำคัญอยู่ดังต่อไปนี้ คือ แหล่งของพลังงานความร้อนที่สามารถควบคุมได้ วิธีการถ่ายเทพลังงานความร้อนไปสู่ผลิตภัณฑ์ ฐานที่ใช้สำหรับเรียงผลิตภัณฑ์เข้าเผา วัตถุทนไฟที่ใช้ทำตัวเตา ซึ่งจะทำหน้าที่กักพลังงานความร้อนไว้ใช้ประโยชน์

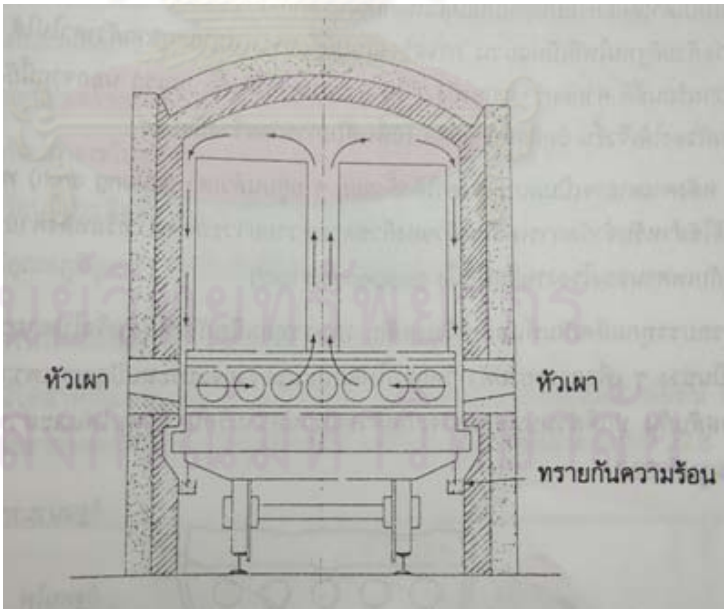
ก.เตาอุโมงค์ชนิดเปลวไฟสัมผัสกับหีบดินโดยตรงลักษณะทั่วไปของเตาอุโมงค์ประกอบด้วยอุโมงค์ซึ่งมีภาคตัดสม่ำเสมอตลอดระยะทางที่ผลิตภัณฑ์เคลื่อนที่ผ่านไปดังนั้นผลิตภัณฑ์ทุกชิ้นจะผ่านเส้นทางที่มีอุณหภูมิลักษณะเดียวกันตลอดความยาวของเตา เตาอุโมงค์ยาวเป็นเส้นตรง และอยู่ในระดับหรืออาจจะทำให้อยู่ในรูปวงกลมก็ได้ ผลิตภัณฑ์จะสัมผัสโดยตรงกับแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ หรือผลิตภัณฑ์อาจจะถูกเผาโดยการแผ่รังสีความร้อนและการพาความร้อนจากมัฟเฟิล (muffle) ก็เป็นได้ ทุกๆ จุดในเตานี้จะมีอุณหภูมิคงที่ตลอดเวลา ดังนั้นวัตถุทนไฟจึงไม่ถูกทำให้กระทบกระเทือนในเรื่องของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ซึ่งจะทำให้อายุการใช้งานของวัตถุทนไฟยาวขึ้น ส่วนบนของรถบรรทุกผลิตภัณฑ์เข้าเตาจะถูกเผาสลับกับการเย็นตัวทุกเที่ยวของการเผา จึงต้องมีการซ่อมแซมอยู่เรื่อยๆ ในเตาอุโมงค์ส่วนใหญ่มักมีกระบวนการรีคิวเปอเรทิฟ (recuperative action) คือ มีการใช้แก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้เผาอากาศที่เข้ามาเพื่อการเผา

ไหม้ และผลิตภัณฑ์ที่กำลังเย็นตัวลงก็จะถ่ายเทพลังงานความร้อนให้กับอากาศที่ใช้สำหรับเผาไหม้ด้วยอีกทอดหนึ่ง



รูปที่ 3.4 รูปแสดงแผนผังการทำงานของเตาอุโมงค์

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน



รูปที่ 3.5 รูปแสดง แผนผังการทำงานของเตาอุโมงค์

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

รูปที่ 3.6 รูปแสดงรถบรรทุกผลิตภัณฑ์เข้าเตา

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ข้อดีของเตาอุโมงค์ เทียบกับเตาเผาเป็นครั้งคราว

-อุณหภูมิภายในเตาคงที่และสม่ำเสมอทุกจุดในเตาและทุกระยะเวลาการเผา

-ประหยัดเชื้อเพลิง

-.ลดจำนวนคนงานในการเรียงผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาและนำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาเผา

-.วัตถุทนไฟที่ใช้ก่อสร้างเตามีอายุการใช้งานนาน

- ประสิทธิภาพสูง

-.กำลังผลิตมีความสัมพันธ์กับกระบวนการของกลไกอื่นๆ

ข้อเสียของเตาอุโมงค์

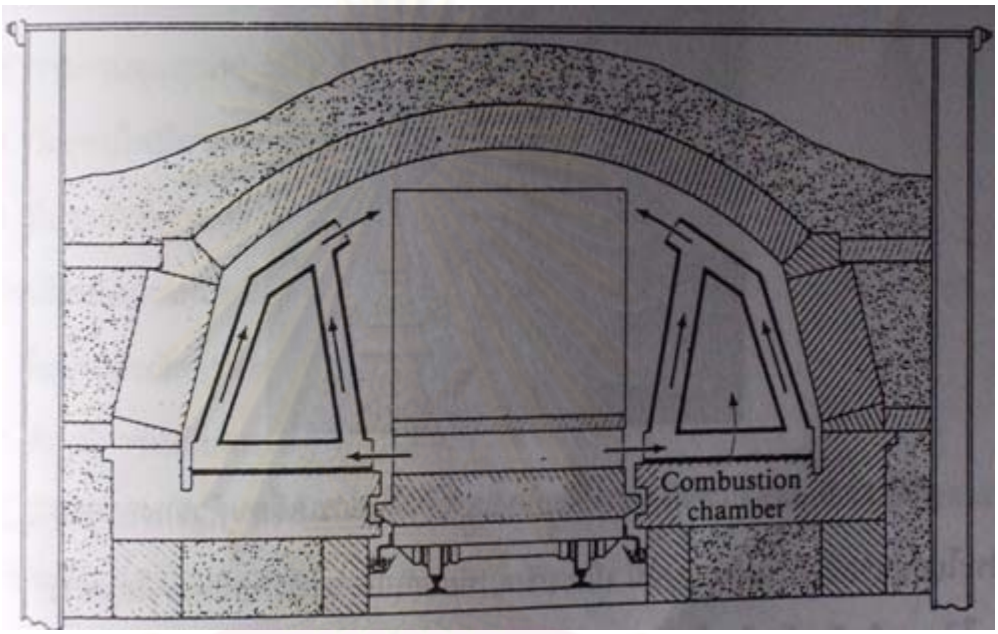
-ไม่สามารถสร้างในโรงงานสมัยเก่าได้ เพราะเตาอุโมงค์มีความยาวมาก

-.ต้องการการลงทุนสูง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- เป็นเครื่องมือที่ทำงานเต็มที่ ไม่สามารถลดอัตราเร็วลงได้ต่ำกว่าครึ่งของเดิม เตาขนาดใหญ่ กว่าจะเผาหรือหยุดเตาได้กินเวลานาน เตาขนาดเล็กอาจหยุดเตาได้ ในช่วงวันเสาร์และวันอาทิตย์

ข. เตาอุโมงค์ชนิดมีห้องเผา (muffle tunnel kiln) เตาชนิดนี้ใช้สำหรับเผาพวกผลิตภัณฑ์เคลือบ โดยไม่ต้องใส่ผลิตภัณฑ์ลงในหีบดิน แก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้และอากาศจะวิ่งสวนทางกับผลิตภัณฑ์ แต่มันจะอยู่ในห้องเผา



รูปที่ 3.7 รูปแสดงภาพตัดขวางของเตาอุโมงค์ชนิดมีห้องเผา

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ห้องเผามักสร้างด้วยอะลูมินาผสมดิน มูลไลต์หรือซิลิคอนคาร์ไบด์ วัสดุทั้งสามนี้มีสภาพนำความร้อนดีมากและทนทานต่อการแตกร้าว ห้องเผาอาจทำด้วยดินทนไฟก็เพียงพอ และตอนปลายของเตามักใช้ท่อเหล็ก การทำให้ห้องเผาต่อกันสนิทเป็นสิ่งที่ยากลำบาก แต่การที่ห้องเผามีรอยรั่วเล็กน้อยนั้นไม่เป็นปัญหา และต้องเตรียมการแก้ไขการขยายตัวของห้องเผา การสร้างห้องเผาแบบนี้ต้องมีการลงทุนสูง แต่มีอายุการใช้งานเพียงประมาณ 20 ปี

ข้อดีของเตาชนิดนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับเตาอุโมงค์ชนิดเผาโดยตรง

-ใช้เผาผลิตภัณฑ์เคลือบโดยไม่ต้องใช้หีบดิน

-ใช้หัวพ่นไฟจำนวนน้อยกว่า

ข้อเสียของเตาชนิดนี้

-ต้องลงทุนสูง

-ใช้เชื้อเพลิงมาก

-อุณหภูมิสูงสุดในการเผาถูกจำกัด

ค.เตาอุโมงค์ชนิดใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งให้ความร้อน เตาอุโมงค์อาจใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งให้ความร้อนได้ โดยปกติจะใช้เส้นลวดความต้านทานชนิด kanthal หรือ nichrome ซึ่งจะฝังไว้ในร่องตามผนัง พื้น หรือหลังคาเตา บางแห่งอาจใส่ไว้ที่ส่วนบนของรถ พลังงานไฟฟ้าจะเข้าไปในเส้นลวดเหล่านี้โดยวิธีการเปลี่ยนจุดสัมผัส หากต้องการเผาที่อุณหภูมิสูงจะใช้แท่ง silicon carbide เป็นเส้นลวดแทน เตาชนิดนี้ใช้กันมากในยุโรป ใช้สำหรับเผาก่อนเคลือบและเผาเคลือบ ส่วนในสหรัฐอเมริกา ใช้สำหรับเผาผลิตภัณฑ์ที่มีการตกแต่ง และผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในงานไฟฟ้าบางชนิด ตลอดจนผลิตภัณฑ์จำพวกกระเบื้องกรุฝาผนัง การก่อสร้างเตามักจะมีลักษณะเป็นอุโมงค์คู่ และมีลวดต้านทานทำหน้าที่ให้พลังงานความร้อนตรงบริเวณห้องเผาที่ร้อนจัด ผลิตภัณฑ์จะเข้าในทิศสวนทางกัน เพื่อให้มีการถ่ายเทความร้อนซึ่งกันและกัน โดยอาศัยการแผ่รังสีและการพาความร้อนทั้งในส่วนที่เป็นห้องเผาและบริเวณที่ปล่อยให้ผลิตภัณฑ์เย็นตัว เตาที่ใช้ตกแต่งผลิตภัณฑ์จะใช้อุณหภูมิต่ำ ผลิตภัณฑ์จะเคลื่อนที่ผ่านอุโมงค์บนสายพานที่ทำด้วยโลหะผสมกับเหล็กเหนียว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.8 รูปแสดงเตาอุโมงค์ชนิดใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นเชื้อเพลิง

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ข้อดีของเตาชนิดนี้

- ได้รับความร้อนที่สะอาด ปราศจากซัลเฟอร์และสิ่งสกปรกอื่นๆ
- การควบคุมอุณหภูมิทำได้ดีมาก
- วัตถุทนไฟมีอายุการใช้งานยาวนาน
- มีประสิทธิภาพสูง
- มีความได้เปรียบในแง่ของต้นทุนพลังงานในกรณีที่ค่าเชื้อเพลิงอื่นๆ มีราคาแพงกว่า

ข้อเสียของเตาชนิดนี้

-ในบางกรณีจะต้องมีการลงทุนสูง

- ต้องมีการเปลี่ยนลวดต้านทานที่ให้ความร้อน

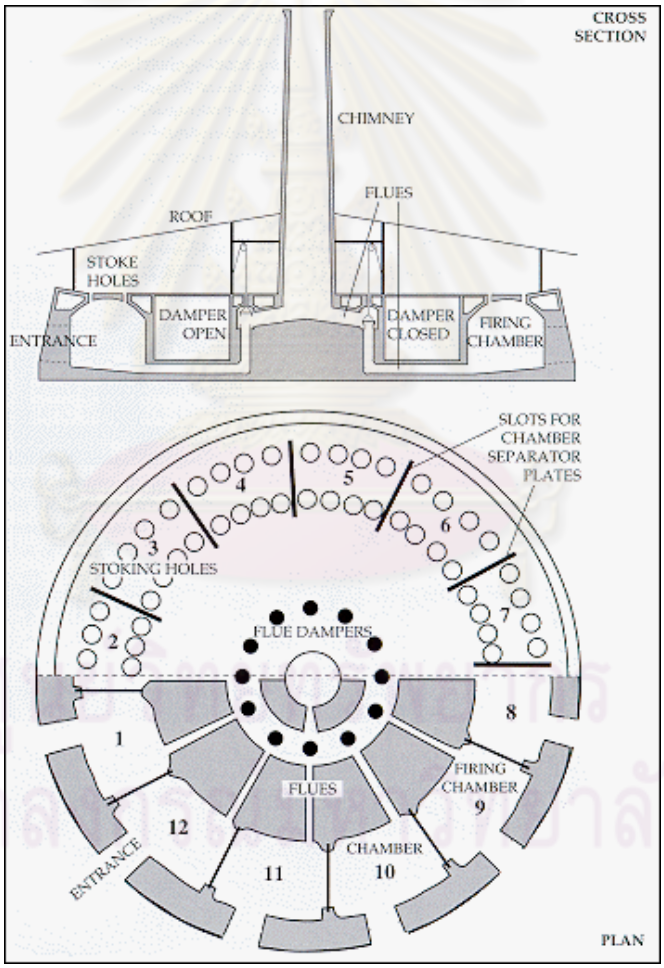
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

-มีข้อยุ่งยากในการทำให้อุณหภูมิภายในเตาที่มีภาคตัดขวางขนาดใหญ่สม่ำเสมอ เนื่องจากมีการพาความร้อนในปริมาณน้อย

นอกจากเตาเผาเป็นครั้งคราว (intermittent kiln)และเตาที่เผาต่อเนื่องตลอดเวลา (continuous kiln)ยังมีเตาชนิดพิเศษ

ก. เตาอุโมงค์ที่มีรูปร่างเป็นวงกลม

เตาชนิดนี้จะก่อตัวเตาในลักษณะที่เกือบจะเป็นวงกลม โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ที่ 30 ถึง 50 ฟุต เตาชนิดนี้มีข้อดี คือ คนหนึ่งคนสามารถเรียงของเข้าเตาเผาและนำของออกจากเตาเผาได้จากที่ตำแหน่งหนึ่ง แต่จะเสียเนื้อที่ตรงกลางวงเป็นจำนวนมากไปโดยเปล่าประโยชน์



รูปที่ 3.9 รูปแสดงเตาอุโมงค์ที่มีรูปร่างเป็นวงกลม

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ข. เตาอุโมงค์ที่ใช้แกนหมุนเป็นตัวพาผลิตภัณฑ์ผ่านเตาเผา (roller kiln)

ได้มีการพัฒนาเตาขนาดเล็กที่มีแกนหมุนซึ่งทำด้วยวัสดุทนไฟเป็นตัวพาผลิตภัณฑ์ลักษณะแบน หรือกระเบื้อง ผ่านเตาเผาบริเวณที่ร้อนจัด เพื่อให้สามารถพ่นความร้อนเข้าทางใต้ผลิตภัณฑ์ได้ เตาชนิดนี้กำลังเป็นที่นิยมใช้ในประเทศไทย และในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเป็นเตาเผาเร็ว (fast firing) และใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมกระเบื้อง

รูปที่ 3.10 รูปแสดงเตาอุโมงค์ที่ใช้แกนหมุนเป็นตัวพาผลิตภัณฑ์ผ่านเตาเผา (roller kiln)

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ค. เตาเผาชนิดสามารถควบคุมบรรยากาศภายในเตาได้ (controlled atmosphere kiln)

การผลิตพวกเฟอร์ไรต์ (ferrite) ซึ่งเป็นสารแม่เหล็กจะกระทำในเตาอุโมงค์ขนาดเล็ก ซึ่งบรรยากาศภายในเป็นแก๊สไฮโดรเจน และใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นเชื้อเพลิง โดยใช้แท่งโมลิบดีนัมหรือซิลิกอนคาร์ไบด์เป็นตัวให้ความร้อน ผลิตภัณฑ์จะผ่านเข้าเตาโดยลำเลียงไปบนแกนหมุน

โดยเตาเผาทั้งสองแบบคือเตาเผาเป็นครั้งคราว (intermittent kiln)และเตาที่เผาต่อเนื่องตลอดเวลา (continuous kiln) ที่ใช้เชื้อเพลิงจากแก๊ส แก๊สที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในปัจจุบันนั้นคือ แก๊ส NG และแก๊ส LPG มาใช้ในการผลิตความร้อนในการเผา เผาเคลือบหรือการอบ โดยวิธีการขนส่งเชื้อเพลิงจากผู้ผลิตเชื้อเพลิงเหล่านี้จะสามารถแบบได้เป็น 2 ประเภทคือขนส่งทางท่อลำเลียงแก๊ส และวิธีที่สองคือการขนส่งจากรถบรรทุกแก๊ส

ช.แก๊สเชื้อเพลิงทั้ง 2 ประเภทที่ใช้ในการผลิตเซรามิกส์

1. แก๊ส NG

แก๊สธรรมชาติ (NG) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งมีองค์ประกอบของแก๊สมีเทน (Methane) เป็นส่วนใหญ่ จึงเป็นแก๊สที่มีน้ำหนักเบากว่าอากาศ การขนส่งไปยังผู้ใช้ จะขนส่งผ่านทางท่อ ในรูปแก๊สภายใต้ความดันสูง จึงไม่เหมาะสำหรับการขนส่งไกลๆ หรืออาจบรรจุใส่ถังในรูปแก๊สธรรมชาติอัด โดยใช้ความดันสูง หรือที่เรียกว่า CNG แต่ปัจจุบันมีการส่งแก๊สธรรมชาติในรูปของเหลวโดยทำแก๊สให้เย็นลงถึง –160 องศาเซลเซียส จะได้ของเหลวที่เรียกว่า Liquefied Natural Gas หรือ LNG ซึ่งสามารถขนส่งทางเรือไปที่ไกลๆ ได้ และเมื่อถึงปลายทาง ก่อนนำมาใช้ก็จะทำให้ของเหลวเปลี่ยนสถานะกลับเป็นแก๊สอย่างเดิม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.11 รูปแสดงแนวการวางท่อแก๊สธรรมชาติ (NG) ในประเทศไทย

ที่มา: บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงคุณสมบัติของแก๊ส NG และ LPG

คุณสมบัติ		NG	LPG
สถานะปกติ		เบากว่าอากาศ	หนักกว่าอากาศ
จุดเดือด (องศาเซลเซียส)		-162	-50 - 0
อุณหภูมิจุดระเบิดในอากาศ		540	400
ช่วงติดไฟในอากาศ (ร้อยละโดยปริมาตร)	ค่าสูง	15	15
	ค่าต่ำ	5	1.5

ที่มา: บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)

2. แก๊ส LPG

LPG ย่อมาจาก Liquefied Petroleum Gas หรือ LPG เป็นหนึ่งในพลังงานทางเลือกที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายทั่วโลกทุกวันนี้ และในบางที ถือเป็นพลังงานหลักในการทำความร้อน

LPGหรือ แก๊สหุงต้ม ประกอบด้วยแก๊สอยู่ 2 ชนิดที่สามารถถูกเก็บในรูปแบบของเหลวภายใต้แรงกดดัน คือ โปรเพน(propane) และ บิวเทน (butane) โปรเพน คือเชื้อเพลิงที่สามารถพกพาได้ เพราะมีจุดเดือดที่ -42 องศาเซลเซียส นั่นหมายถึง ถึงแม้ว่าที่อุณหภูมิต่ำมากๆ มันก็จะกลายเป็นไอแทบจะทันทีที่มันถูกปล่อยออกจากภาชนะบรรจุมัน ซึ่งมีความดันคุมอยู่ ในส่วน บิวเทนมีจุดเดือดอยู่ที่ -0.6องศาเซลเซียส ซึ่งนั่นหมายถึงมันจะไม่เปลี่ยนเป็นไอในอุณหภูมิที่เย็นมากๆทำให้ บิวเทนนั้นนำไปใช้งานที่ยากขึ้น และ ทำให้ ในหลายๆ กรณี เราจะต้องผสมระหว่าง บิวเทน และ โปรเพน แทนที่จะใช้มันแบบเดี่ยวๆ แหล่งที่มาของ LPGได้มาจากพลังงานจาก ฟอสซิล เช่นเดียวกับน้ำมัน และ แก๊สธรรมชาติ และการจะได้มาซึ่ง LPG นั่นจะต้องอาศัยการกลั่นน้ำมันดิบหรือ Crude Oil ซึ่งอาจจะเรียกได้ว่า LPG นั้นเป็นผลพลอยได้โดยอัตโนมัติ นอกจากการกลั่นน้ำมัน LPG สามารถพบได้จากการขุดเจาะแก๊สธรรมชาติจากพื้นดิน ปกติจะได้มาซึ่งแก๊สมีเทน 90% ที่เหลือเป็น LPG เช่นกัน ในรูปแบบต่างๆ ซึ่งปกติบริษัทที่ขุด จะทำการแยก LPG ออกจาก มีเทนเสียก่อนที่จะส่ง มีเทนไปใช้งาน

LPG นั้นเก็บง่ายและปลอดภัย และ เคลื่อนย้ายง่ายอีกด้วย ทำให้มันมีการ นำไปใช้งานในหลายๆ รูปแบบ LPG นั้นไม่เพียงแต่เป็นพลังงานสำหรับการใช้งานส่วนตัวในขณะบ้านเท่านั้น แต่ในอุตสาหกรรมก็มีการใช้งานกว้างขวางเช่นกัน ไม่ว่าจะเป็นการให้ความร้อน และอุตสาหกรรมเหล็ก อุตสาหกรรมแก้วและเซรามิกส์ ความปลอดภัยและการเก็บรักษา LPG นั้นมีความปลอดภัยค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานอย่างอื่น เพราะว่า โปรเพนนั้นมีอุณหภูมิจุดระเบิดสูง โดยอยู่ที่ประมาณ 450-510 องศาเซลเซียส

ที่มา: จากบทความแปลจาก how stuff works และบทความในเวบไซบริษัท นาโนออโต้ เทค จำกัด

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงความแตกต่างระหว่างแก๊ส NGและแก๊ส LPG

ข้อมูล	แก๊ส NG	แก๊ส LPG
1.แหล่งแก๊ส	เป็นแก๊สที่มาจากอ่าวไทยและนำเข้าจากประเทศพม่า ซึ่งแก๊สที่นำมาจากอ่าวไทยจะผ่านกระบวนการแยกแก๊สที่โรงแยกแก๊ส ซึ่งจะทำการแยกแก๊สที่มีไฮโดรคาร์บอน ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปออก จะเหลือเฉพาะแก๊สที่มีคาร์บอน 1 ตัว ซึ่งเรียกว่าแก๊สมีเทน และจะถูกส่งเข้าระบบท่อ เพื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตไฟฟ้า รองลงมาจะถูกใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม และบางส่วนนำมาใช้ในภาคขนส่ง	เป็นแก๊สที่มีส่วนผสมระหว่างแก๊สโพรเพน (C3) และแก๊สบิวเทน (C4) ซึ่งจะมาจาก 3 แหล่งหลัก คือ 1. โรงแยกแก๊ส ปตท. ซึ่งมีสัดส่วนการผลิตที่ 54% 2. โรงกลั่นน้ำมัน มีสัดส่วนการผลิตที่ 40% 3. โรงงานปิโตรเคมี มีสัดส่วนการผลิตที่ 6%
2. คุณสมบัติ	NGV มีแก๊สมีเทน (C1) เป็นส่วนประกอบหลักซึ่งมีคุณสมบัติเบากว่าอากาศ เมื่อเกิดการรั่วไหลจะกระจายตัวขึ้นสู่บรรยากาศโดยรวดเร็ว และจะคงสถานะของแก๊สได้ภายใต้ความดันสูง สำหรับขีดจำกัดการติดไฟต้องมี	LPG เป็นแก๊สที่มีส่วนผสมระหว่างแก๊สโพรเพน (C3) และแก๊สบิวเทน (C4) ซึ่งมีคุณสมบัติที่หนักกว่าอากาศ เมื่อเกิดการรั่วไหลจะสะสมตามพื้น เมื่อโดนประกายไฟสามารถลุกไหม้ได้ LPG เป็นแก๊สที่สามารถเปลี่ยนสถานะ

ข้อมูล	แก๊ส NG	แก๊ส LPG
2. คุณสมบัติ	ปริมาณแก๊สตั้งแต่ 5-15% จึงจะมีโอกาสลุกติดไฟได้เมื่อมีประกายไฟเกิดขึ้น ส่วนอุณหภูมิติดไฟด้วยตัวเองจะสูงถึง 650 องศาเซลเซียส	จากแก๊สเป็นของเหลวได้ ภายใต้ความดันตั้งแต่ 6-7 บาร์ ส่วนขีดจำกัดการติดไฟจะต่ำกว่า NGV คือประมาณ 2-9.5% โดยปริมาตร ซึ่งหมายความว่า ถ้ามีปริมาณแก๊ส LPG ตั้งแต่ 2% ขึ้นไป สามารถจะลุกติดไฟได้ ส่วนอุณหภูมิติดไฟจะประมาณ 480 องศาเซลเซียส ซึ่งจะต่ำกว่าแก๊ส NGV
3. ความปลอดภัย	NGV เป็นเชื้อเพลิงที่ปลอดภัยที่สุดเมื่อเทียบกับ LPG น้ำมันเบนซิน และน้ำมันดีเซล เนื่องจากเป็นเชื้อเพลิงที่เบากว่าอากาศ ดังนั้นเมื่อเกิดการรั่วไหลจะกระจายตัวขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศด้านบน อย่างรวดเร็ว ไม่เกิดการสะสมตัวเหมือน LPG รวมถึงขีดจำกัดการติดไฟ และอุณหภูมิติดไฟด้วยตัวเองจะสูงกว่าเชื้อเพลิงชนิด	LPG เป็นแก๊สที่อันตรายกว่าแก๊ส NGV เนื่องจากเป็นแก๊สที่หนักกว่าอากาศ เมื่อเกิดการรั่วไหลจะเกิดการสะสมตัวตามพื้นล่าง และสามารถลุกติดไฟได้ถ้าเกิดประกายไฟ รวมถึงขีดจำกัดการติดไฟและอุณหภูมิติดไฟต่ำกว่าแก๊ส NGV
4. ระบบการจัดจ่าย	ระบบการขนส่ง NGV จะมี 2 รูปแบบ คือ 1) ขนส่งผ่านทางระบบท่อส่งแก๊ส โดยสถานีที่ใช้การขนส่งทางระบบท่อจะต้องเป็นสถานีที่อยู่ตามแนวท่อส่งแก๊ส ซึ่งเป็นระบบที่ช่วยลดภาระค่าขนส่งลงได้ แต่ต้องมีการลงทุนติดตั้งระบบมิเตอร์เพื่อวัดปริมาณแก๊ส	LPG จะใช้การขนส่งโดยรถบรรทุกจากคลังแก๊ส แต่ละแห่ง (ปตท. มีคลังแก๊ส LPG 7 คลัง ทั่วประเทศ) ไปยังสถานีเติมแก๊ส LPG ซึ่งการขนส่งส่วนใหญ่ลูกค้าจะเป็นผู้นำรถบรรทุกมาเติมแก๊ส ที่คลังเอง และรถบรรทุกที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นรถขนาด 8 ตัน

ข้อมูล	2) ขนส่งโดยใช้รถบรรทุก ซึ่งสถานีที่ไม่อยู่ตามแนวท่อส่งแก๊สจำเป็นต้องใช้รถบรรทุกหัวลาก (Trailer) และ แก๊ส NG	แก๊ส LPG
	รถบรรทุกหกล้อ วิ่งขนส่ง โดยการขนส่งแต่ละเที่ยวของรถหัวลาก จะบรรทุกแก๊สได้ประมาณ 3.5 ตัน ส่วนรถบรรทุกหกล้อจะบรรทุกแก๊สได้ประมาณ 1.5 ตัน ซึ่งการขนส่งนี้รถบรรทุกจะวิ่งเติมแก๊สจากสถานีแม่และวิ่งไปส่งที่สถานีลูก	
5. ราคาขาย	NGV 8.50 บาท/กิโลกรัม	LPG ประมาณ 11.00 บาท/ลิตร
6. ค่าความร้อน	ค่าความร้อน NGV 1 กิโลกรัม เท่ากับ 35,947 BTU	ค่าความร้อน LPG 1 ลิตร เท่ากับ 25,380 BTU

ที่มา: บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากข้อมูลในการใช้เชื้อเพลิงทั้งสองในอุตสาหกรรมผลิตเซรามิกส์จังหวัดลำปาง สามารถสรุปได้ว่าการใช้เชื้อเพลิงประเภท NG นั้นจะใช้ได้เฉพาะแนวพื้นที่ที่มีท่อแก๊ส NG ผ่านเท่านั้นเนื่องจากแก๊ส NG มีความดันสูงรถที่บรรทุกจำเป็นต้องออกแบบตัวถังเป็นพิเศษทำให้ราคาในการขนส่งสูงและไม่เป็นที่นิยมขนส่งในปัจจุบันและเนื่องด้วยจังหวัดลำปางนั้นไม่มีแนวท่อแก๊ส NG ผ่านจึงไม่นำแก๊สเชื้อเพลิงชนิดนี้มาคิดวิเคราะห์

ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์จากสถานบริการจำหน่ายแก๊ส LPG แห่งหนึ่งพบว่าราคากลางที่รัฐบาลประกาศเป็นราคาที่ไม่ใช่ราคาที่แท้จริงในการซื้อขายเนื่องจากยังไม่ได้บวกค่าขนส่งและค่าสาธารณูปโภคในการจัดเก็บต่าง ๆ ราคาที่มีการซื้อขายจริงในจังหวัดลำปางอยู่ที่ประมาณ 12.99 บาท/ลิตรคือราคาที่แท้จริงในการซื้อขาย

ที่มา: จากการสัมภาษณ์สถานบริการจำหน่ายแก๊ส LPG ในจังหวัดลำปางแห่งหนึ่ง วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2553

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลถ่านหิน

ก.ข้อมูลถ่านหินที่ได้จากการศึกษาและการลงพื้นที่

จากการศึกษาได้พบว่าประเทศไทยมีแหล่งถ่านหินกระจายอยู่ทั่วทุกภาคมีปริมาณสำรองทั้งสิ้นประมาณ 2,197 ล้านตัน แหล่งสำคัญอยู่ในภาคเหนือประมาณ 1,803 ล้านตัน หรือร้อยละ 82 ของปริมาณสำรองทั่วประเทศ ส่วนอีก 394 ล้านตัน หรือ ร้อยละ 18 อยู่ภาคใต้ ถ่านหินส่วนใหญ่มีคุณภาพต่ำอยู่ในขั้นลิกไนต์และซับบิทูมินัสมีค่าความร้อนระหว่าง 2,800- 5,200 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม หรือ ถ่านลิกไนต์ 2 - 3.7 ตัน ให้ค่าความร้อนเท่ากับน้ำมันเตา 1 ตัน ลิกไนต์เป็นถ่านหินที่พบมากที่สุดในประเทศไทย ที่แม่เมาะ จ.ลำปาง และ จ.กระบี่ จัดว่าเป็นลิกไนต์ที่คุณภาพแย่ที่สุด

นอกจากนี้จากการสัมภาษณ์คุณชูยศ สุธารัตนชัยพร ผู้จัดการฝ่ายวางแผนเหมืองแม่เมาะได้ระบุว่าถ่านหินในเหมืองแม่เมาะไม่อนุญาตให้ทำการซื้อขายเนื่องจากมีกฎหมายระบุว่าทรัพยากรถ่านหินในบริเวณนี้จะสามารถใช้ได้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าหรือใช้ในราชการเท่านั้น อีกทั้งจากการสัมภาษณ์พนักงานบริษัทจัดจำหน่ายถ่านหินชั้นนำในประเทศไทยแห่งหนึ่งได้ระบุว่าในปัจจุบันเหมืองถ่านหินในภาคเหนือที่ได้สัมปทานในการขุดถ่านหินส่วนใหญ่ได้ปิดลงหมดเนื่องจากไม่คุ้มค่าในการลงทุนในการขุดถ่านหินเนื่องมาจากถ่านหินที่นำเข้าจากต่างประเทศถ่านหินที่คุณภาพใกล้เคียงมีราคาในการจำหน่ายที่ต่ำกว่า

จึงสามารถสรุปได้ว่าถ่านหินที่มีอยู่มากในเหมืองแม่เมาะภาคเหนือของประเทศไทยไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในกระบวนการแกสิฟิเคชันได้

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาถ่านหินที่นำเข้ามาจากต่างประเทศโดยได้ทำจดหมายขอความอนุเคราะห์ไปยังบริษัทนำเข้าถ่านหินชั้นนำในประเทศไทย ข้อมูลบางส่วนที่เกี่ยวกับถ่านหินที่นำเข้ามาจำหน่ายในประเทศซึ่งทางบริษัทจำเป็นจะต้องทำการออกใบเสนอราคาและทำสัญญาทางธุรกิจข้อมูลในเชิงพานิชย์บางส่วนจึงไม่สามารถเปิดเผยได้ข้อมูลที่ได้มาเป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้นที่ได้จากการประมาณการจากบทสัมภาษณ์

จากการสัมภาษณ์พบว่าภายในจังหวัดลำปางและพื้นที่ข้างเคียงประชาชนมีความตระหนักถึงปัญหามลพิษที่สืบเนื่องมาจากการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ในโรงไฟฟ้าแม่เมาะซึ่งแต่เดิมไม่มีการบริหารจัดการการปล่อยมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่านหินดีเท่าที่ควรและได้เกิดปัญหาสุขภาพแก่ประชาชนโดยรอบบริเวณโรงไฟฟ้าแม่เมาะจังหวัดลำปางซึ่งทำให้ทาง

โรงไฟฟ้าจำเป็นที่จะต้องลงทุนซื้ออุปกรณ์บำบัดมลพิษให้ได้มาตรฐานก่อนทำการปล่อย ดังนั้นหากจะนำถ่านหินมาใช้ในกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมนั้น จำเป็นต้องให้ความสำคัญเกี่ยวกับมลพิษที่จะปล่อยออกมาเป็นอย่างมาก มิเช่นนั้นจะได้รับการต่อต้านจากประชาชนและองค์กรปกครองท้องถิ่นที่ภายในจังหวัดลำปาง

ข. ถ่านหินที่จะสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าถ่านหินประเภทแอนทราไซท์เหมาะสมแก่การนำมาให้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการแกสิฟิเคชันทางภาคเหนือ ถ่านหินชนิดนี้จะมีราคาสูงกว่าถ่านหินประเภทอื่นเมื่อเทียบราคากับค่าความร้อนที่ได้รับแต่จะสามารถลดค่าใช้จ่ายในอุปกรณ์การบำบัดมลพิษได้มาก เนื่องจากมลพิษที่ออกมาจากถ่านหินชนิดนี้มีประมาณน้อยเนื่องจากมีเจือปนที่น้อยกว่าถ่านหินประเภทอื่นๆ และมีปริมาณคาร์บอนสูง มีความชื้นที่น้อยทำให้เกิดความร้อนที่สูญเสียในการเกิดไอน้ำน้อยตาม และให้ปริมาณความร้อนที่สูงกว่าถ่านหินประเภทอื่น อีกทั้งเมื่อคิดถึงราคาในการขนส่งโดยรถบรรทุกจากท่าเรือ เมื่อคิดปริมาณในการขนส่งเท่ากันในการขนส่งถ่านหินชนิดนี้จะมีความคุ้มค่ามากที่สุดเนื่องจากมีความร้อนสูงที่สุด

(ที่มาจากการสัมภาษณ์ คุณคุณชูยศ สุธารัตนชัยพร ผู้จัดการฝ่ายวางแผนเหมืองแม่เมาะและบริษัทนำเข้าถ่านหินชั้นนำในประเทศไทย)

ค. ราคาแอนทราไซท์และค่าความร้อน

ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงราคาแอนทราไซท์ในแต่ละปี พ.ศ.

ปีพ.ศ.	ปริมาณ (พันตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ราดาตันละ (บาท)
2547	487.76	1,406.69	2883.998
2548	553.49	1,236.50	2234.014
2549	305.46	836.44	2738.283
2550	242.20	1,280.39	5286.560
2551	231.63	1,233.84	5326.721
2552	585.73	1,886.06	3220.021

ที่มา: จากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน

เมื่อนำราคาทั้ง 6 ปี มาหาค่าเฉลี่ยแล้วจะได้ราคาถ่านหินแอนทราไซท์อยู่ที่ราคาตันละ 3615 บาท

ตารางที่ 3.5 ตารางแสดงราคาแอนทราไซท์ในแต่ละเดือนของปี พ.ศ.2552

เดือน	ปริมาณ (พันตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ราคาตันละ (บาท)
FEB	7.68	24.38	3172
MAR	52.11	181.00	3473
APR	60.62	204.00	3364
MAY	107.60	327.88	3047
JUN	53.32	185.14	3472
JUL	69.34	215.83	3112
AUG	69.15	215.64	3118
SEP	77.38	246.28	3182
OCT	88.52	285.87	3229

ที่มา: จากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน

เมื่อนำราคาทั้ง 9 เดือนมาหาค่าเฉลี่ยแล้วจะได้ราคาถ่านหินแอนทราไซท์อยู่ที่ราคาตันละ 3241.00 บาท หรือประมาณ 3.24 บาทต่อกิโลกรัม

แอนทราไซท์ (Anthracite) เป็นถ่านหินที่มีค่าความร้อนประมาณ 7500 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ข้อมูลจาก ตารางแสดงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ ดังแสดงดังต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.6 ตารางแสดงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ

ประเภท	Unit	kcal/Unit	MJ/Unit	k-Btu/Unit
พลังงานเชิงพาณิชย์				
น้ำมันดิบ	Litre	8,680	36.33	34.44
คอนเดนเสท	Litre	7,900	33.07	31.35
แก๊สธรรมชาติ				
- ชื้น	cu.ft	248	1.04	0.98
- แห้ง	cu.ft	244	1.02	0.97
ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม				
- แก๊สปิโตรเลียมเหลว	Litre	6,360	26.62	25.24
- น้ำมันเบนซิน	Litre	7,520	31.48	29.84
- น้ำมันเครื่องบิน	Litre	8,250	34.53	32.74
- น้ำมันก๊าด	Litre	8,250	34.53	32.74
- น้ำมันดีเซล	Litre	8,700	36.42	34.52
- น้ำมันเตา	Litre	9,500	39.77	37.70
- ยางมะตอย	Litre	9,840	41.19	39.05
- ปิโตรเลียมโค๊ก	kg	8,400	35.16	33.33
ไฟฟ้า	kWh	860	3.60	3.41
ไฟฟ้าพลังน้ำ	kWh	2,236	9.36	8.87
พลังงานความร้อนใต้พิภพ	kWh	9,500	39.77	37.70
ถ่านหินนำเข้า	kg	6,300	26.37	25.00
ถ่านโค้ก	kg	6,600	27.63	26.19
แอนทราไซท์	kg	7,500	31.40	29.76
อีเทน	kg	11,203	46.89	44.45
โปรเพน	kg	11,256	47.11	44.67
ลิกไนต์				
- ลี้	kg	4,400	18.42	17.46
- กระบี่	kg	2,600	10.88	10.32
- แม่เมาะ	kg	2,500	10.47	9.92
- แจ้คอน	kg	3,610	15.11	14.32

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลชีวมวล

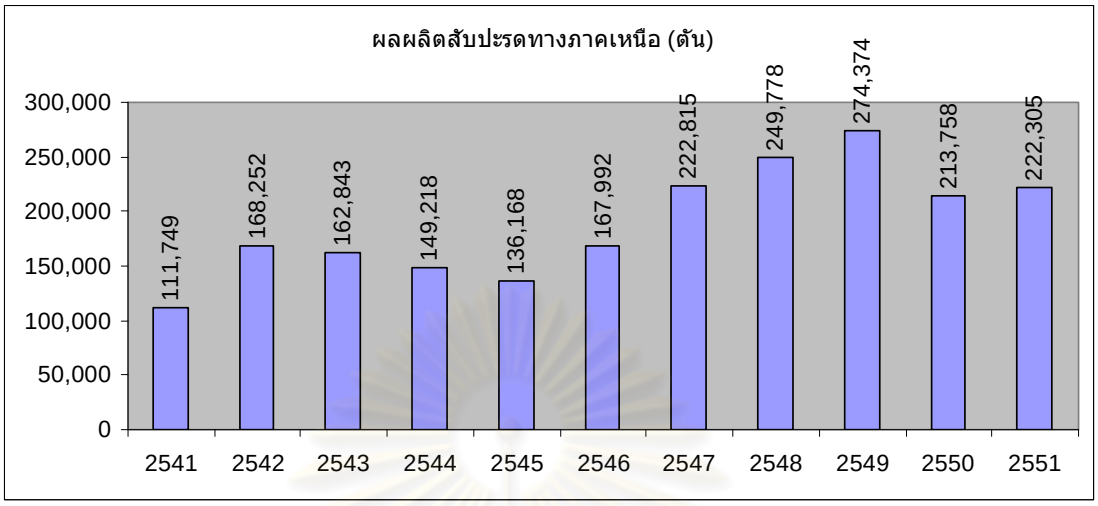
1.ปริมาณผลผลิตทางการเกษตรทางภาคเหนือของประเทศไทย

ผลผลิตทางการเกษตรของภาคเหนือที่เป็นแหล่งกำเนิดชีวมวลที่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ได้มีหลายประเภทโดยทางผู้วิจัยจะทำการเลือกผลผลิตทางการเกษตรที่มีปริมาณที่มากที่จะสามารถนำมาใช้ได้มีดังนี้ คือ สับปะรด มันสำปะหลัง อ้อย ถั่วเหลือง ข้าว และข้าวโพด โดยนำเสนอออกมาในรูปแบบแผนภูมิแท่งแสดงผลผลิตทางการเกษตรของภาคเหนือในระยะเวลา 11 ปี เพื่อสามารถสังเกตแนวโน้มละปริมาณ ผลผลิตทางการเกษตรแต่ละประเภท โดยนำข้อมูลจากการเก็บสถิติทางผลผลิตทางการเกษตรจากศูนย์สารสนเทศทางการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่มา ศูนย์สารสนเทศทางการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

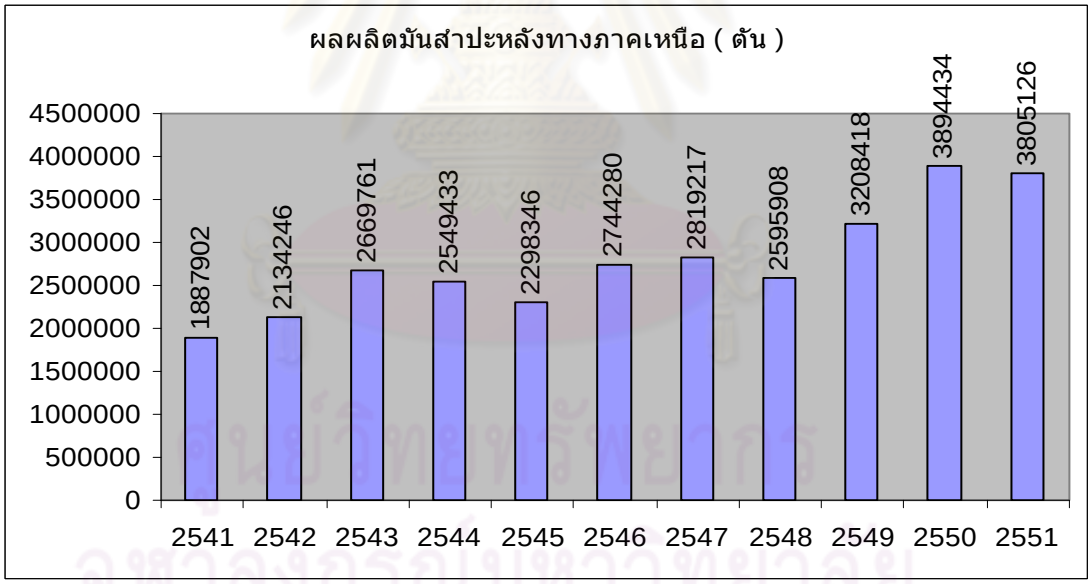
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก.ผลผลิตสับปะรดทางภาคเหนือ



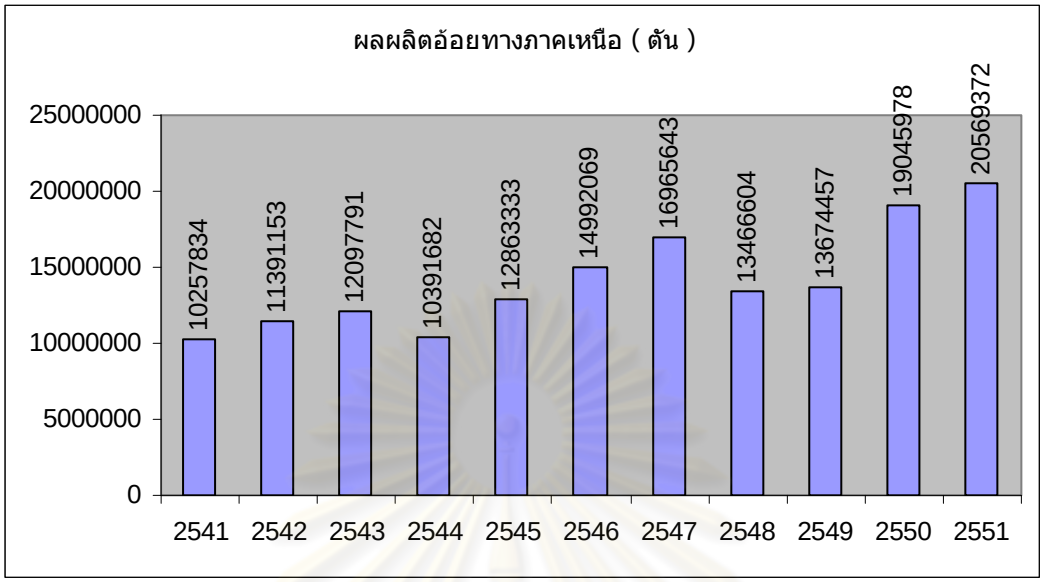
รูปที่ 3.12 แสดงแผนภูมิผลผลิตสับปะรดทางภาคเหนือ

ข.ผลผลิตมันสำปะหลังทางภาคเหนือ



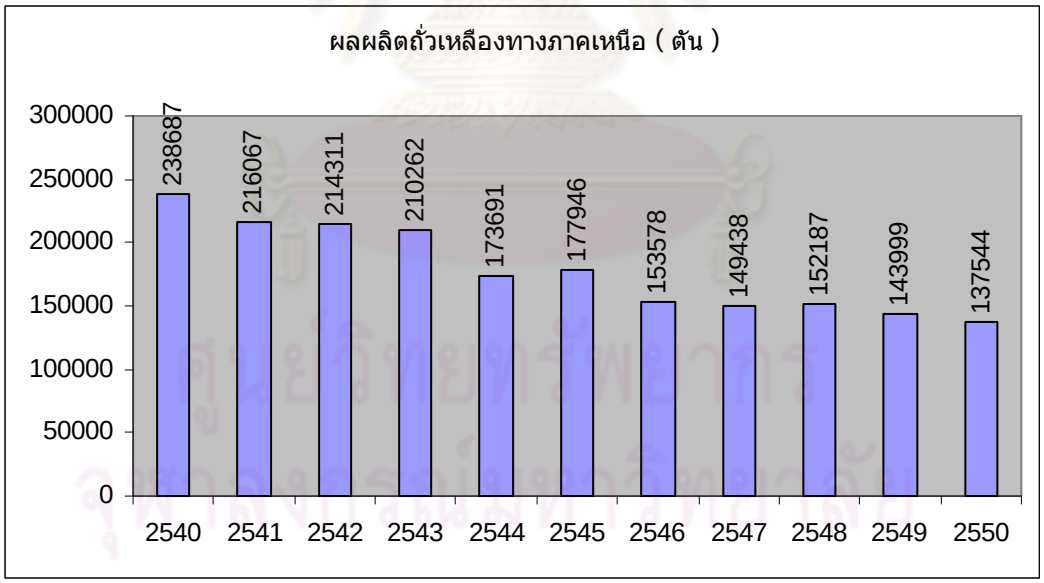
รูปที่ 3.13 แสดงแผนภูมิผลผลิตมันสำปะหลังทางภาคเหนือ

ค.ผลผลิตอ้อยทางภาคเหนือ



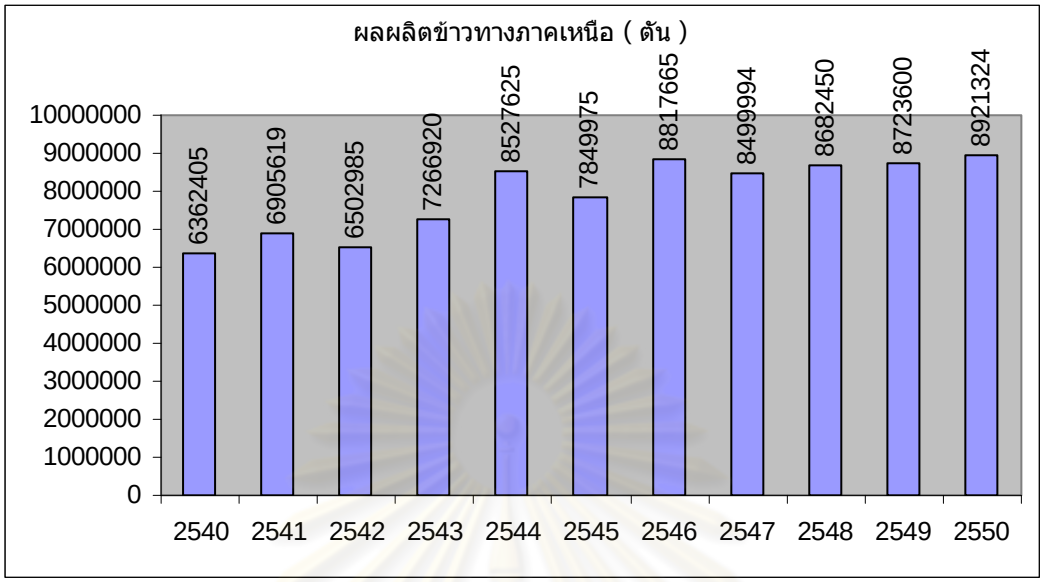
รูปที่ 3.14 แสดงแผนภูมิผลผลิตอ้อยทางภาคเหนือ

ง.ผลผลิตถั่วเหลืองทางภาคเหนือ



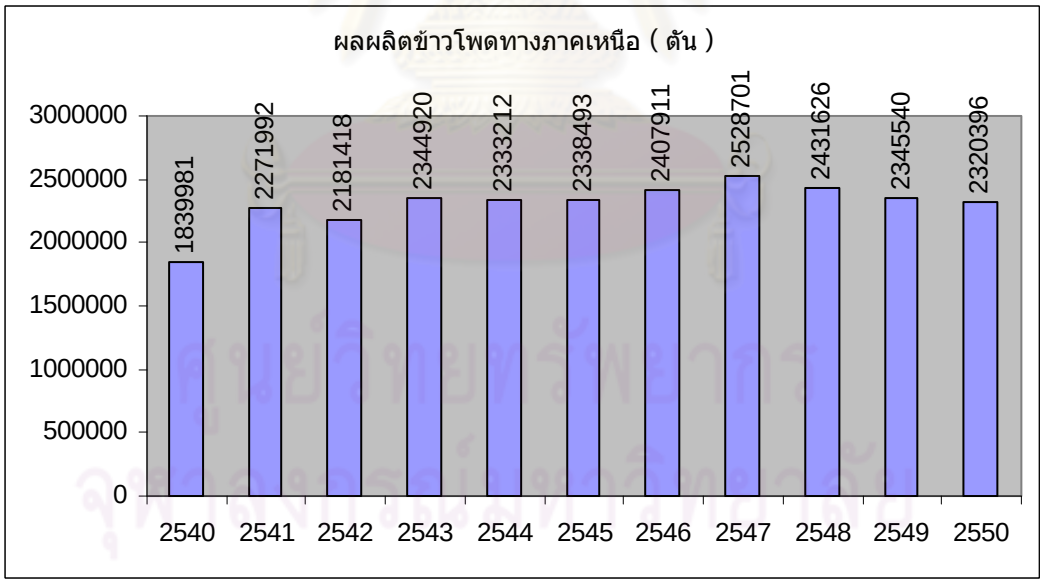
รูปที่ 3.15 แสดงแผนภูมิผลผลิตถั่วเหลืองทางภาคเหนือ

จ.ผลผลิตข้าวทางภาคเหนือ



รูปที่ 3.16 แสดงแผนภูมิผลผลิตข้าวทางภาคเหนือ

ฉ.ผลผลิตข้าวโพดทางภาคเหนือ



รูปที่ 3.17 แสดงแผนภูมิผลผลิตข้าวโพดทางภาคเหนือ

2.ปริมาณผลผลิตชีวมวลการเกษตรทางภาคเหนือของประเทศไทย

จากปริมาณผลผลิตการเกษตรทางภาคเหนือของประเทศไทยสามารถที่จะคิดประมาณผลผลิตชีวมวลทางการเกษตรทางภาคเหนือของประเทศไทยโดยการนำค่าเปลี่ยนเป็นชีวมวลมาคูณเพื่อที่จะหาค่าประมาณชีวมวลทางการเกษตรได้ดังนี้

ตารางที่ 3.7 ตารางแสดงรายละเอียดการเปลี่ยนผลผลิตทางการเกษตรเป็นชีวมวล

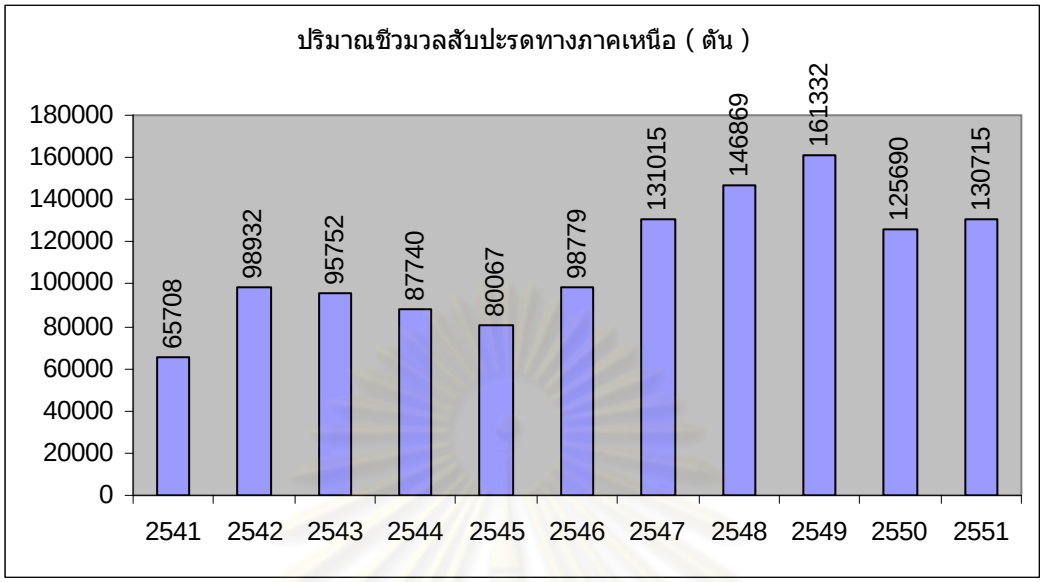
ชนิดพืช	ส่วนของชีวมวล	ค่าเปลี่ยนเป็นชีวมวล	ค่าความร้อน MJ/Kg
อ้อย	ยอดและใบอ้อย	0.201	16.15
ข้าว	ฟางข้าว	1.190	13.80
สับปะรด	ตอซังสับปะรด	0.588	15.76
ข้าวโพด	ลำต้น ยอด ใบ	0.892	16.01
มันสำปะหลัง	ลำต้น	0.121	15.59
ถั่วเหลือง	ลำต้น เปลือก ใบ	1.177	16.23

ที่มา: จากรายงานฉบับสมบูรณ์ การศึกษาและการประเมินศักยภาพแหล่งชีวมวล

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน หน้า 2-26)

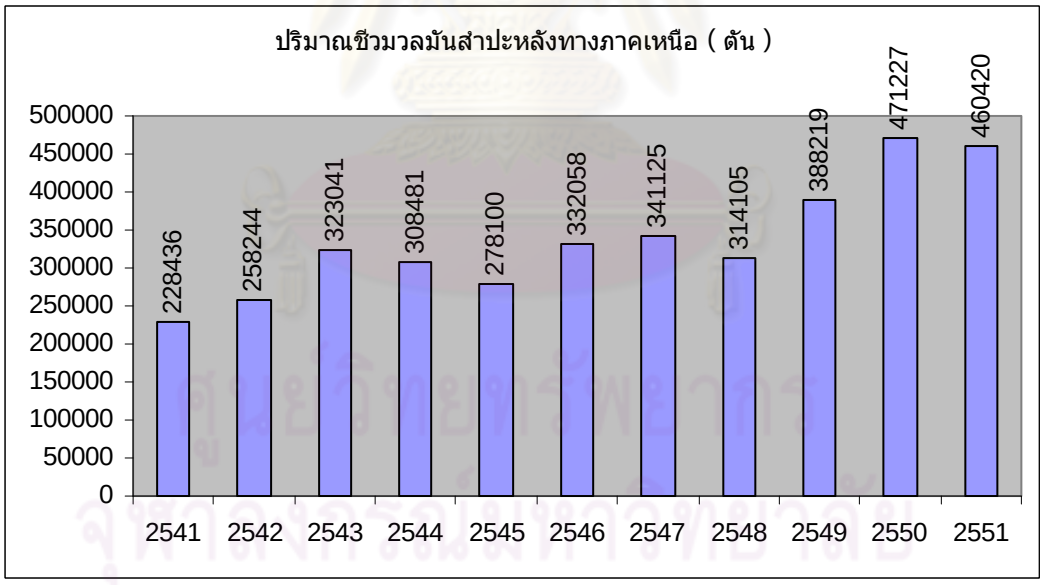
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก.ปริมาณชีวมวลสับปะรดทางภาคเหนือ



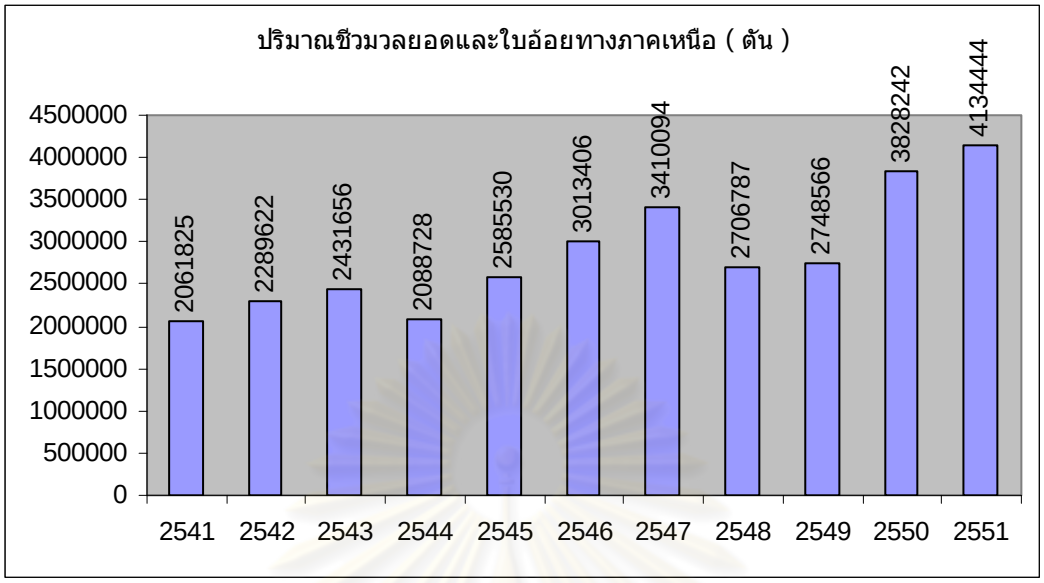
รูปที่ 3.18 แสดงแผนภูมิปริมาณชีวมวลสับปะรดทางภาคเหนือ

ข.ปริมาณชีวมวลมันสำปะหลังทางภาคเหนือ



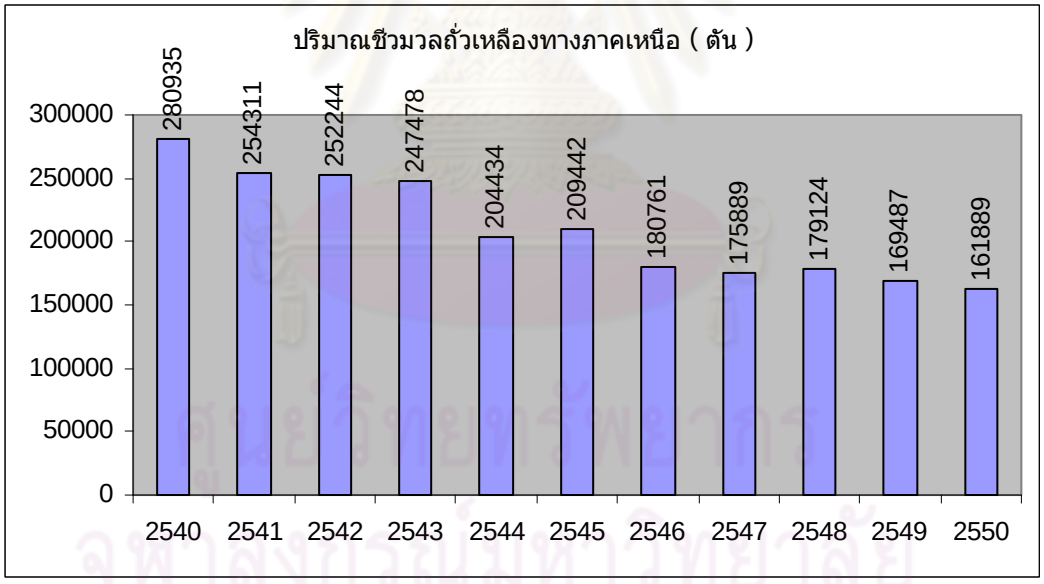
รูปที่ 3.19 แสดงแผนภูมิปริมาณชีวมวลมันสำปะหลังทางภาคเหนือ

ค.ปริมาณชีวมวลยอดและใบอ้อยทางภาคเหนือ



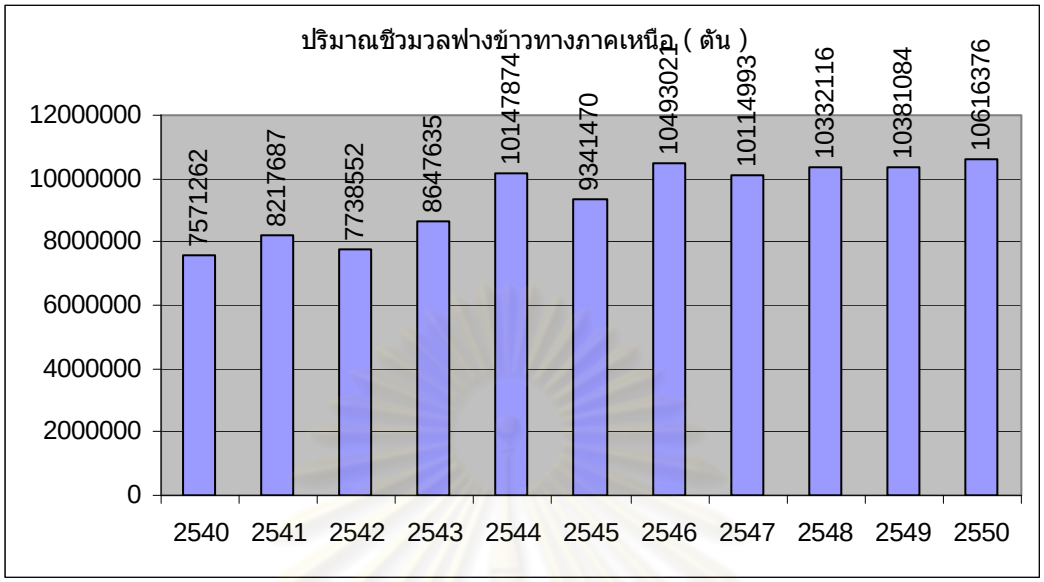
รูปที่ 3.20 แสดงแผนภูมิปริมาณชีวมวลยอดและใบอ้อยทางภาคเหนือ

ง.ปริมาณชีวมวลถั่วเหลืองทางภาคเหนือ



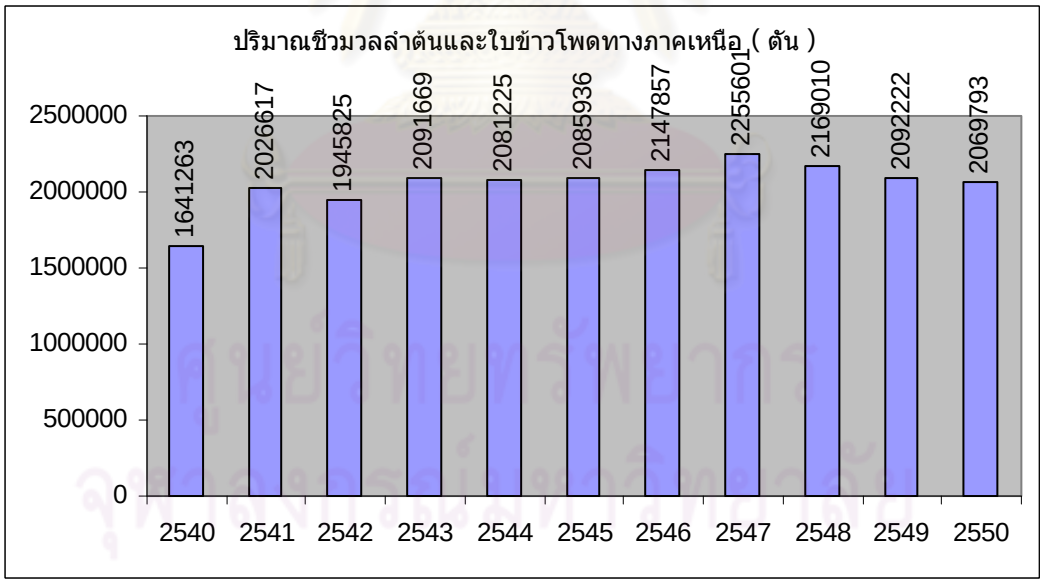
รูปที่ 3.21 แสดงแผนภูมิปริมาณชีวมวลถั่วเหลืองทางภาคเหนือ

จ.ปริมาณชีวมวลฟางข้าวทางภาคเหนือ



รูปที่ 3.22 แสดงแผนภูมิปริมาณชีวมวลฟางข้าวทางภาคเหนือ

ฉ.ปริมาณชีวมวลลำต้นและใบข้าวโพดทางภาคเหนือ



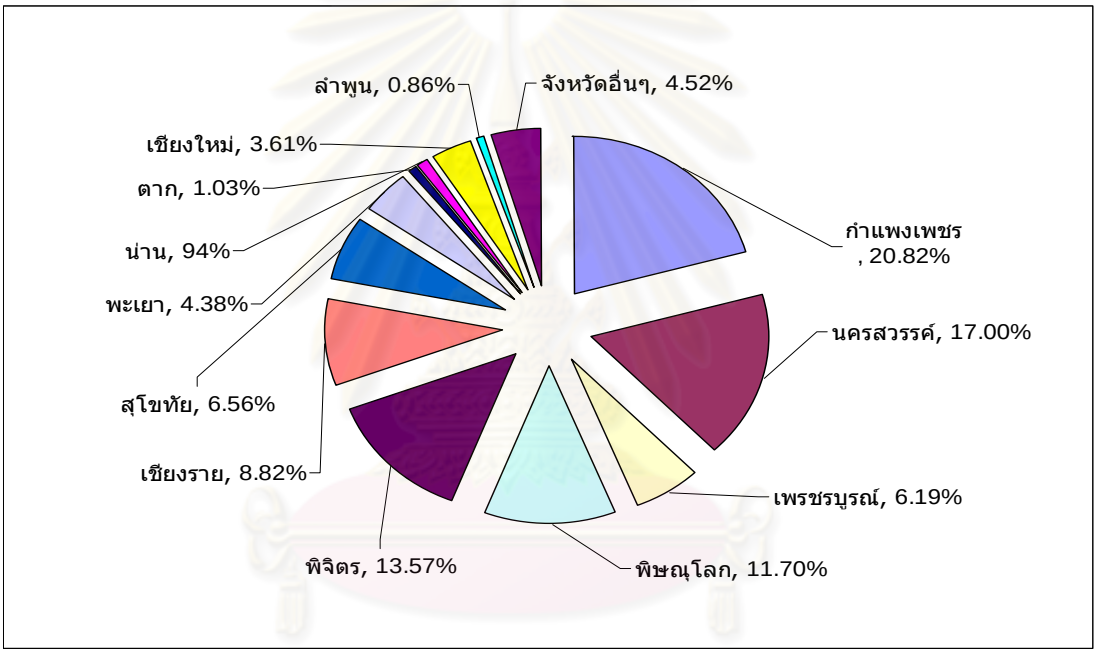
รูปที่ 3.23แสดงแผนภูมิปริมาณชีวมวลลำต้นและใบข้าวโพดทางภาคเหนือ

3.ชีวมวลที่มีค่าพลังงานคงเหลือมากที่สุดในแต่ละจังหวัดทางภาคเหนือ

จากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลชีวมวล พบว่า ยังมีพลังงานชีวมวลคงเหลือจากชีวมวลทั้ง 4 ประเภทที่มีศักยภาพ อันประกอบด้วย ฟางข้าว ยอดใบอ้อย ยอดใบข้าวโพด ลำต้นเหง้ามันสำปะหลัง ซึ่งทั้งหมดไม่ได้มีการนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างเต็มที่

ที่มา: ของข้อมูล รายงานฉบับสมบูรณ์ การศึกษาและการประเมินศักยภาพแหล่งชีวมวลปีพ.ศ. 2548 กรมพัฒนาพลังงางทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน หน้า 4-31

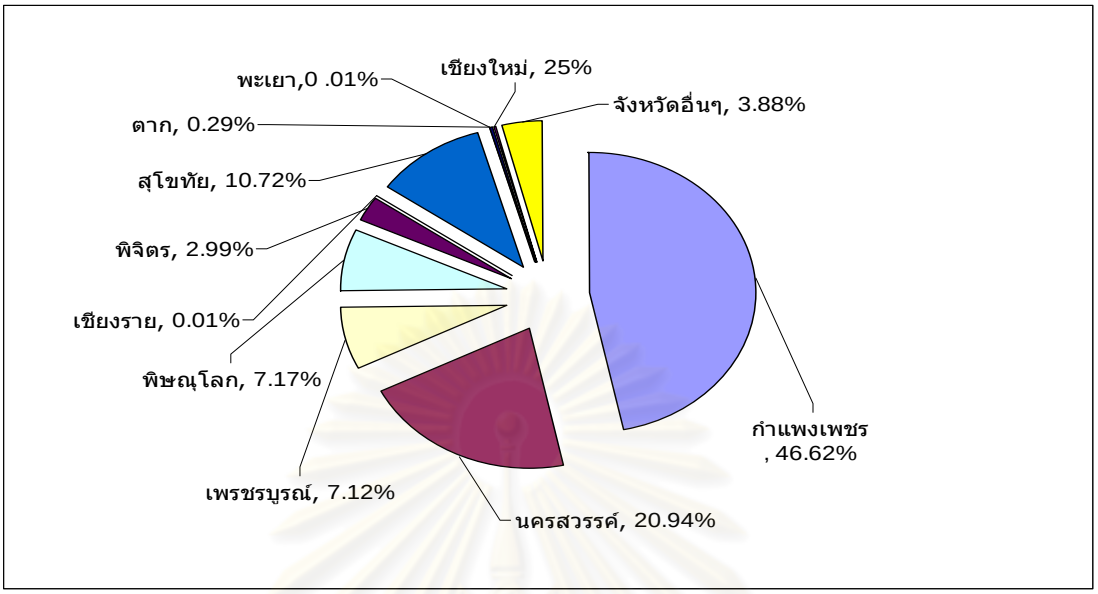
- ศักยภาพของชีวมวลประเภทฟางข้าวจังหวัดทางภาคเหนือ พ.ศ. 2548



รูปที่ 3.24รูปแสดงแผนภูมิวงกลมศักยภาพของชีวมวลประเภทฟางข้าว

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงางทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

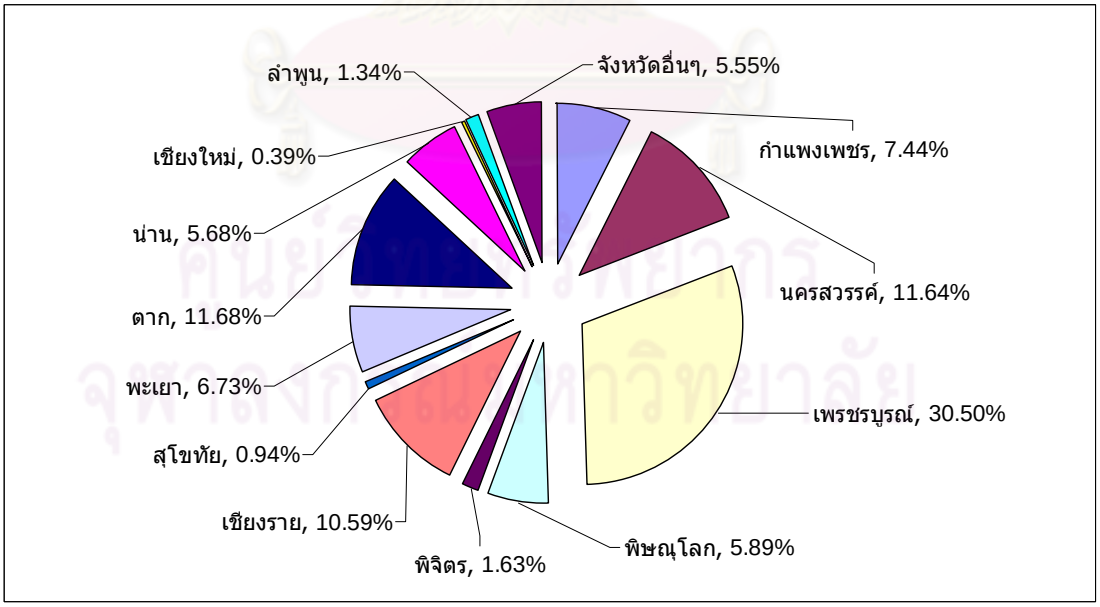
- ศักยภาพของชีวมวลประเภทยอดและใบอ้อยจังหวัดทางภาคเหนือ พ.ศ. 2548



รูปที่ 3.25 รูปแสดงแผนภูมิวงกลมศักยภาพของชีวมวลประเภทยอดและใบอ้อย

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงางทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

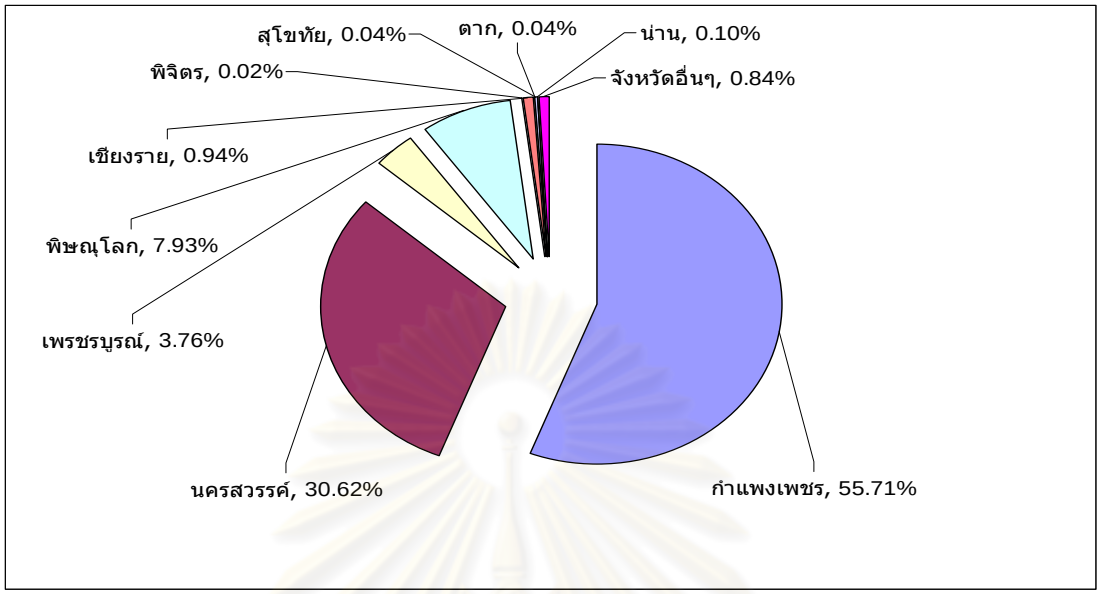
- ศักยภาพของชีวมวลประเภทลำต้น ยอด ใบข้าวโพดจังหวัดทางภาคเหนือ พ.ศ. 2548



รูปที่ 3.26 รูปแสดงแผนภูมิวงกลมศักยภาพของชีวมวลประเภทลำต้น ยอด ใบข้าวโพด

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงางทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

- ศักยภาพของชีวมวลประเภทลำต้นมันสำปะหลังจังหวัดทางภาคเหนือ พ.ศ. 2548



รูปที่ 3.27 รูปแสดงแผนภูมิวงกลมศักยภาพของชีวมวลประเภทลำต้นมันสำปะหลัง

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงางทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

4.ข้อสรุปเชื้อเพลิงชีวมวลทั้งสองชนิดที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์

จากข้อมูลเบื้องต้นพบว่าชีวมวลที่มีมากที่สุดสองชนิดคือ ชีวมวลประเภทฟางข้าวและชีวมวลจากอ้อยมีประมาณมากที่สุดในเมื่อเปรียบเทียบกับชีวมวลประเภทอื่นๆ อีกทั้งจังหวัดที่มีการปลูกพืชสองชนิดนี้มีระยะทางไม่ห่างจากจังหวัดลำปาง นอกจากนี้เมื่อคิดถึงค่าพลังงานความร้อนคงเหลือที่ได้จากการนำเอาค่าความร้อนจากชีวมวลคูณกับปริมาณชีวมวลที่มีแล้วจะพบว่าชีวมวลทั้งสองประเภทนี้มีค่าความร้อนที่มากที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูลค่าขนส่งชีวมวลและถ่านหิน

จากการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลในการขนส่งเชื้อเพลิงที่เป็นวัตถุดิบกระบวนการแกสิฟิเค-ชัน คือ ชีวมวลและถ่านหินพบว่าในการขนส่งจำเป็นที่จะต้องว่าจ้างหากไม่มีรถบรรทุกเป็นของผู้ประกอบการเอง โดยอัตราค่าขนส่งจะขึ้นอยู่กับระยะทางที่ทำการขนส่งซึ่งจะขึ้นอยู่กับสถานที่ขายเชื้อเพลิงและแหล่งอุตสาหกรรมภายในจังหวัดลำปางโดยได้ทำการแบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มขายเชื้อเพลิงประเภทถ่านหิน และ กลุ่มขายเชื้อเพลิงประเภทชีวมวล

1.กลุ่มขายเชื้อเพลิงประเภทถ่านหิน

เนื่องจากในการศึกษานี้ได้ทำการเลือกถ่านหินประเภทแอนทราไซต์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศจากสาเหตุที่ว่า ถ่านหินชนิดนี้มีประมาณคาร์บอนสูง มีสารปนเปื้อนน้อย มีการให้ความร้อนที่สูง ทำให้ได้ปริมาณโปรดิวเซอร์แก๊สมากและมีมลพิษน้อย แต่ข้อเสียของเชื้อเพลิงชนิดนี้คือจำเป็นที่จะต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศจึงจำเป็นที่จะต้องนำรถบรรทุกสินค้ามารับจากท่าเรือสินค้าที่อยู่ภายในเขตจังหวัดชลบุรี ที่เป็นแหล่งรับส่งสินค้าที่นำเข้ามาจากเรือต่างประเทศ โดยได้ทำการคิดระยะทางจากท่าเรือจังหวัดชลบุรี ถึง จังหวัดลำปางเป็นระยะทางร่วมทั้งสิ้นประมาณ 680 กิโลเมตรดังนั้นจำนวนรอบที่ทำการขนส่งได้มากที่สุดในหนึ่งวันอยู่ที่ 1 รอบต่อหนึ่งวัน

2.กลุ่มขายเชื้อเพลิงประเภทชีวมวล

จากการศึกษากลุ่มเชื้อเพลิงประเภทชีวมวลมีบริษัทเอกชนหนึ่งได้ระบุว่าทำแหล่งเก็บและกระจายสินค้าภายในเขตภาคเหนือมีศูนย์กลางอยู่ที่จังหวัดลำปางจึงเป็นข้อดีในการจัดส่งสินค้าเนื่องจากแหล่งขายเชื้อเพลิงชนิดนี้อยู่ในจังหวัดเดียวกันราคาค่าจัดส่งเชื้อเพลิงชนิดจึงมีค่าค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบแทบกับเชื้อเพลิงประเภทถ่านหิน สาเหตุที่เลือกชีวมวลจากการจัดซื้อกับบริษัทขายชีวมวลเนื่องมาจากการที่ชีวมวลมีการกระจายตัวมากทำให้การซื้อจากแหล่งผลิตชีวมวลประเภทต่าง ๆ จะมีค่าขนส่งที่สูง และเป็นการเสียงกับการขาดแคลนชีวมวลในการผลิตเนื่องจากไม่มีสัญญาการซื้อขายล่วงหน้า และยังไม่ทราบถึงปริมาณชีวมวลที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างแน่นอนในแต่ละฤดูกาล หากทำการซื้อขายกับบริษัทที่จำหน่ายชีวมวลโดยตรงจะทราบถึงปริมาณที่มีอยู่ของชีวมวลแต่ละประเภทในคลังเก็บสินค้าได้อย่างแน่นอน ทำให้ไม่กระทบกับการผลิตในกระบวนการอุตสาหกรรมเซรามิกส์โดยใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง โดยได้ทำการคิดระยะทางจากแหล่งเก็บวัตถุดิบจังหวัดลำปางถึงแหล่งอุตสาหกรรมจังหวัดลำปางเป็นระยะทางไม่เกิน 50 กิโลเมตร ดังนั้นจำนวนรอบที่ทำการขนส่งได้มากที่สุดในหนึ่งวันอยู่ที่ 3 รอบต่อหนึ่งวัน

3.อัตราค่าจ้างรถบรรทุกขนส่ง

จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการรถบรรทุกสิบล้อพบว่าราคาในการขนส่งอยู่ที่ประมาณ 4,000 - 5,000บาทอัตราค่าบริการนี้คิดรวมบริการขับขนส่งและการเช่ารถต่อหนึ่งวัน จึงคิดราคาเฉลี่ยอัตราค่าบริการขับขนส่งและการเช่ารถต่อหนึ่งวันอยู่ที่ ราคา 4500 บาทต่อหนึ่งวัน โดยอัตราค่าบริการจะขึ้นกับสภาพรถและสถานประกอบการให้บริการขนส่งแต่ละแห่งซึ่งจะคิดอัตราค่าบริการต่างกันไป ในส่วนการใช้น้ำมันของรถบรรทุกสิบล้อจะอยู่ที่ประมาณ 5 กิโลเมตรต่อน้ำมันดีเซลหนึ่งลิตรและการบรรทุกขนส่งสินค้าจะสามารถบรรทุกได้มากที่สุดที่อยู่ภายใต้กฎหมายกำหนดไว้คือ น้ำหนักรวมรถบรรทุกและสินค้าจะต้องไม่เกิน 25 ตัน ดังนั้นจึงสามารถบรรทุกสินค้าได้อย่างมากที่สุดที่น้ำหนัก 13 ตัน เนื่องจากน้ำหนักของรถบรรทุกสิบล้อมีน้ำหนักอยู่ที่ประมาณ 12 ตัน ข้อมูลเบื้องต้นที่นี้ได้จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการรถบรรทุกสิบล้อนี้สามารถนำมาใช้อ้างอิงราคาในการจัดส่งชีวมวลทั้งสองประเภทได้ตามตารางต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.8 ตารางแสดงราคาค่าขนส่งเชื้อเพลิงประเภทถ่านหินและชีวมวล

ข้อมูล	ถ่านหิน	ชีวมวล
อัตราค่าบริการขับขนส่งและการเช่ารถต่อหนึ่งวัน	4,500 บาท	4,500 บาท
อัตราในการขนส่งรอบต่อหนึ่งวัน	1 รอบ	3 รอบ
ระยะทางในการขนส่ง	680 กิโลเมตร	50 กิโลเมตร
ระยะทางขนส่งไปกลับ	1,360 กิโลเมตร	100 กิโลเมตร
ระยะทางรวม	1360 กิโลเมตร	300 กิโลเมตร
อัตราการกินน้ำมันรถบรรทุก	5 กิโลเมตรต่อลิตร	5 กิโลเมตรต่อลิตร
น้ำมันที่ใช้ในการขนส่ง	272 ลิตร	60 ลิตร
ค่าน้ำมันดีเซลต่อหนึ่งลิตร	27.59 บาทต่อลิตร	27.59 บาทต่อลิตร
ค่าน้ำมันดีเซลที่ใช้ขนส่ง	7,504.48 บาท	1,655.40 บาท
รวมค่าบริการในการขนส่ง	12,004.48 บาท	6,155.4 บาท
น้ำหนักบรรทุกที่สารถบรรทุกได้	13,000 กิโลกรัม	13,000 กิโลกรัม
ค่าขนส่งเมื่อเทียบกันน้ำหนักของเชื้อเพลิง	923.42 บาทต่อตัน หรือ 0.92342 บาทต่อกิโลกรัม	473.49 บาทต่อตัน หรือ 0.47349 บาทต่อกิโลกรัม

บทที่ 4

ระบบแกสิฟิเคชันที่นำมาวิเคราะห์

4.1 ข้อมูลเตาแกสิฟิเคชันที่ใช้วิเคราะห์

ก.ข้อมูลเบื้องต้นเตาแกสิฟิเคชัน

จากการศึกษา Gasification เป็นกระบวนการทางความร้อนชนิดหนึ่งซึ่งใช้ในการเปลี่ยนชีวมวลซึ่งมีองค์ประกอบหลักคือ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ในสารประกอบ Hydro-carbon ให้กลายเป็นแก๊สที่เผาไหม้ได้ ได้แก่ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แก๊สไฮโดรเจน (H_2) แก๊สมีเทน (CH_4) โดยกระบวนการดังกล่าวเป็นการเผาไหม้อินทรีย์สารแบบจำกัดปริมาณออกซิเจน ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งแก๊สที่ได้สามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงได้

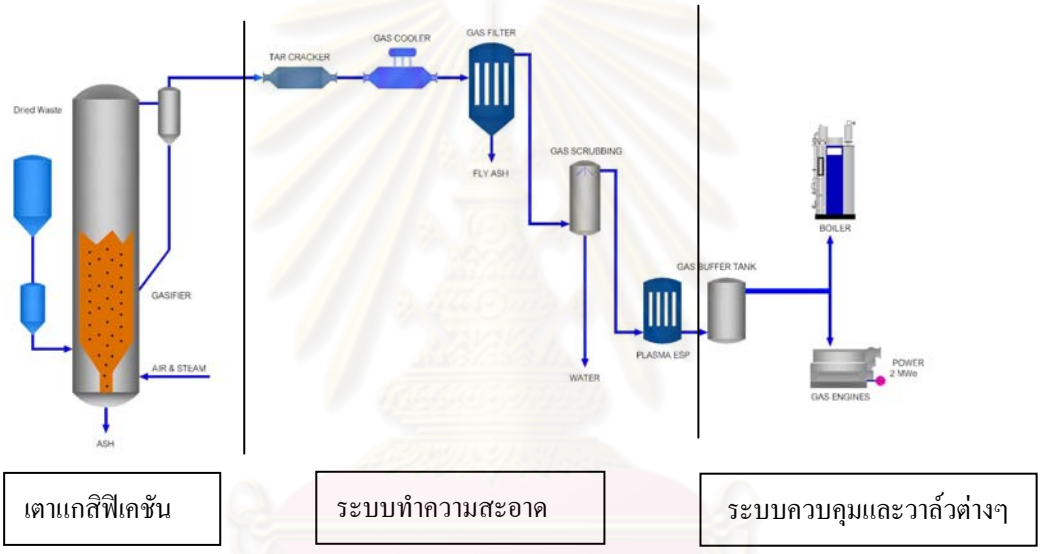
เตาแกสิฟิไฟเออร์นำมาใช้ในกระบวนการหากทำการเปรียบเทียบกับเตาแกสิไฟเออร์แบบฟลูอิดไดซ์เบดและเตาแกสิไฟเออร์แบบคอลัมน์ ซึ่งมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป ตามลักษณะของการนำไปใช้ประโยชน์ และเชื้อเพลิงที่ใช้เตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงแบบคอลัมน์ เหมาะสมกับเชื้อเพลิงที่มีขนาดใหญ่ รูปร่างคงตัวสามารถใช้กับเชื้อเพลิงที่มีความชื้นสูงได้ การทำงานของระบบไม่ซับซ้อน สามารถนำแก๊สเชื้อเพลิงไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย สำหรับเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงแบบฟลูอิดไดซ์เบด เหมาะสำหรับเชื้อเพลิงที่มีขนาดเล็กมากและต้องใช้ความเร็วของอากาศทำให้เชื้อเพลิงลอยตัวขึ้นมีลักษณะคล้ายของไหล ซึ่งเรียกว่า สภาวะของ Fluidization โดยจะมีสารเฉื่อย (nert material) เช่น ทราย หินปูน เป็นระบบที่ใช้ความดันสูง จึงทำให้การเดินระบบมีความยุ่งยากกว่า ดังนั้นจึงเลือกเตาแกสิไฟเออร์แบบคอลัมน์

เตาแกสิไฟเออร์แบบคอลัมน์นำมาใช้ในกระบวนการนั้นคือเตาแกสิไฟเออร์ชนิดไหลลง เนื่องจากสามารถขจัดน้ำมันดินหรือทาร์ ในการผลิตแก๊สได้มากที่สุด เนื่องจากอากาศจะไหลจากด้านบนลงสู่ด้านล่างผ่าน Combustion Zone แก๊ส CO_2และ H_2O ของเตาผ่านชั้นคาร์บอนร้อนที่อยู่เหนือตะแกรงและแตกตัวหรือถูก Reduced เกิดเป็นแก๊ส CO H_2 และ CH_4 ขณะเดียวกันชั้นของเชื้อเพลิงที่อยู่เหนือ Combustion Zone คือในชั้น Pyrolysis Zone ซึ่งมีปริมาณออกซิเจนน้อยมากจะเกิดการกลั่นสลายโดยความร้อนและเกิดไอของน้ำมันดินไหลผ่านชั้นของคาร์บอนร้อนจึงทำให้น้ำมันดินเกิดแตกตัวเป็นแก๊สด้วยเช่นกัน การแตกตัวนี้จะเกิดที่อุณหภูมิระหว่าง 800 – 1,000 องศาเซลเซียส และแก๊สที่ได้จาก Combustion Zone ในเตาแกสิไฟเออร์ชนิดไหลลงนี้ จะมีปริมาณน้ำมันดินน้อยกว่าเตาแกสิไฟเออร์ชนิดไหลขึ้น และแก๊สที่ผลิตขึ้นสะอาดกว่า เมื่อผ่านชุดปรับปรุงคุณภาพแก๊สให้เหมาะสม ก็สามารถนำมาใช้กับในการเผาไหม้ให้ความร้อนได้เป็นอย่างดี

ข.สรุปชนิดเตาแกสิไฟเออร์ที่นำมาใช้วิเคราะห์

เตาแกสิไฟเออร์นำมาใช้คือเตาแกสิไฟเออร์แบบคอลัมน์ชนิดไหลลงเนื่องจากลดปริมาณทาร์ที่เกิดจากปฏิกิริยาอุณหเคมีและมีระบบไม่ซับซ้อนเชื้อเพลิงที่ใช้ไม่จำเป็นต้องมีขนาดเล็กมากและยังสามารถใช้กับเชื้อเพลิงที่มีความชื้นสูงได้

จากข้อมูลบริษัทที่ผลิตเตาแกสิไฟเออร์แบบคอลัมน์ชนิดไหลลงจะแบ่งระบบต่าง ๆ ภายในเตาแกสิฟิเคชันได้ดังนี้ระบบแกสิฟิเคชัน จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ๆ ในการผลิตแก๊ส คือ 1.ระบบเตาแกสิฟิเคชัน 2.ระบบทำความสะอาดแก๊ส 3.ระบบควบคุมวาล์วต่างๆ

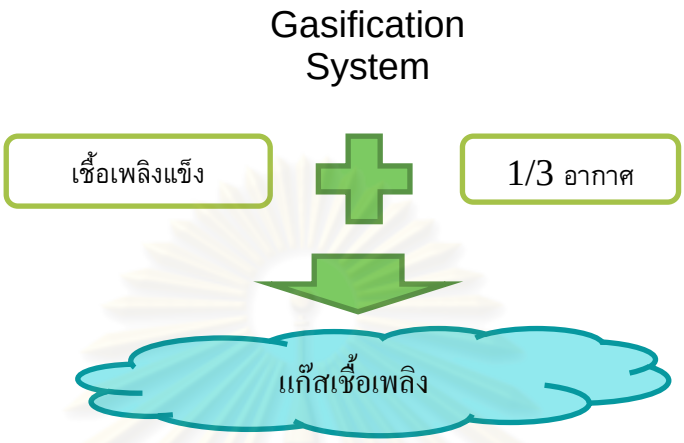


รูปที่ 4.1 แสดงส่วนต่าง ๆ ของระบบแกสิฟิเคชัน

ที่มา: เอกสารประกอบการบรรยายบริษัทผู้ผลิตระบบแกสิฟิเคชันเอกชนแห่งหนึ่ง

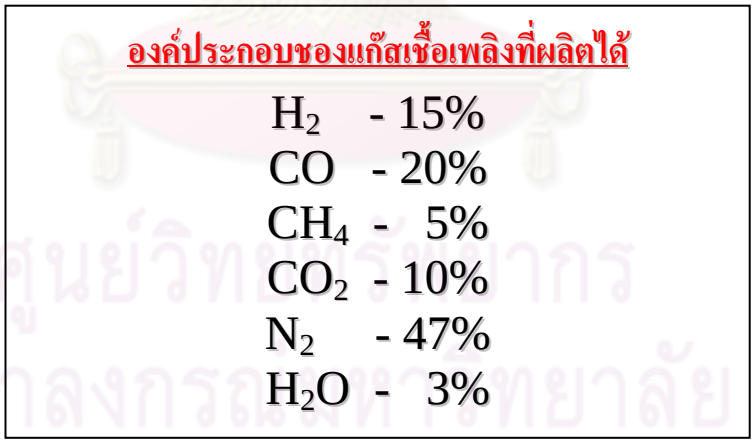
ค.หลักการทำงานของเตาแกสิไฟเออร์ที่นำมาวิเคราะห์

หลักการทำงานของแกสิฟิเคชันคือนำเชื้อเพลิงแข็งมารวมกับหนึ่งในสามของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้แบบสมบูรณ์จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นโปรดิวเซอร์แก๊สหรือซินแก๊สที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงได้



รูปที่ 4.2 แสดงหลักการทำงานของระบบแกสิฟิเคชัน

ที่มา: เอกสารประกอบการบรรยายบริษัทผู้ผลิตระบบแกสิฟิเคชันเอกชนแห่งหนึ่ง



รูปที่ 4.3 แสดงองค์ประกอบโดยประมาณของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากระบบแกสิฟิเคชัน

ที่มา: เอกสารประกอบการบรรยายบริษัทผู้ผลิตระบบแกสิฟิเคชันเอกชนแห่งหนึ่ง

โดยอุณหภูมิเปลวไฟ(adiabatic flame temperature) ของแก๊สเชื้อเพลิงอยู่ที่ 1,940 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิเปลวไฟของ แก๊สธรรมชาติที่มีค่า 2,290 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่า

เพียงพอต่อการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ที่มีความต้องการความร้อนสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 1,300 องศาเซลเซียส

ที่มา: ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. เซรามิกส์. และ งานวิจัย Yves,Frederic,Ivan. Cost effective biomass gasification in small scale power plants

ง.คุณสมบัติของวัตถุดิบที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง

คุณสมบัติของวัตถุดิบที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงเตาแกสิฟิเคชันที่บริษัทเอกชนแห่งหนึ่งใช้ในการผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สจะต้องมีองค์ประกอบดังนี้เพื่อให้การใช้งานเตาชนิดนี้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

1.เป็นสารที่ติดไฟได้

2.ขนาดไม่เกิน 10 cm^3

3.ความชื้นเฉลี่ยไม่เกิน 25 % (หากเกินต้องนำมาผ่านเครื่องอบ ที่ใช้ความร้อน)

4.ไม่มีสารโลหะหนักเป็นองค์ประกอบเป็นส่วนใหญ่

จ.วิธีการเตรียมเชื้อเพลิงก่อนในไปใช้ในกระบวนการแกสิฟิเคชัน

1. **การย่อยขนาด** เชื้อเพลิงที่จะนำมาใช้ในกระบวนการนี้จำเป็นที่จะต้องผ่านเครื่องย่อยขนาดก่อนเพื่อให้สามารถเกิดปฏิกิริยาได้ทั้งหมด หากเชื้อเพลิงมีขนาดใหญ่เกินไปจะทำให้เกิดกระบวนการแปลงสภาพจากเชื้อเพลิงแข็งเป็นโปรดิวเซอร์แก๊สได้ไม่สมบูรณ์ด้วย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องย่อยเชื้อเพลิงทั้งสองประเภทคือ ชีวมวลและถ่านหินให้มีขนาดของเชื้อเพลิงไม่เกิน10 cm^3จะทำให้เกิดปฏิกิริยาได้สมบูรณ์ ซึ่งเครื่องนี้ได้รวมราคาอยู่ในระบบแกสิฟิเคชันของผู้ผลิตด้วยเช่นกัน

รูปที่ 4.3 รูปแสดงเครื่องย่อยขนาดเชื้อเพลิง

ที่มา: เอกสารประกอบการบรรยายบริษัทผู้ผลิตระบบแกสิฟิเคชันเอกชนแห่งหนึ่ง

2. **การอบ** เชื้อเพลิงที่นำมาเข้ากระบวนการจำเป็นที่จะต้องผ่านการอบไล่ความชื้นหากมีปริมาณความชื้นที่อยู่ในเชื้อเพลิงเกิน 25% โดยการอบจะทำโดยการนำความร้อนที่สูญเสียจากการเกิดปฏิกิริยาที่ออกมาสู่ภายนอกใช้ประโยชน์ วิธีการโดยการนำลมร้อนที่อยู่บริเวณตัวเตาต่อพัดลมดูดอากาศและท่อมาสู่เชื้อเพลิงที่มีความชื้นจะสามารถทำให้ความชื้นในเชื้อเพลิงลดลงได้

ฉ.ขนาดและคุณสมบัติของระบบแกสิฟิเคชันที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์

ขนาดของระบบแกสิฟิเคชันมีอยู่ด้วยกัน 3 ขนาดด้วยกันคือขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ เพื่อสะดวกแก่การใช้ประโยชน์ของอุตสาหกรรมที่มีขนาดในการผลิตที่แตกต่างกันโดยสามารถเลือกระบบให้เหมาะสมกับกำลังการผลิตได้เหมาะสม โดยคุณสมบัติของระบบแกสิฟิเคชันของผู้ผลิตเอกชนรายหนึ่งที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลมามีคุณสมบัติดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

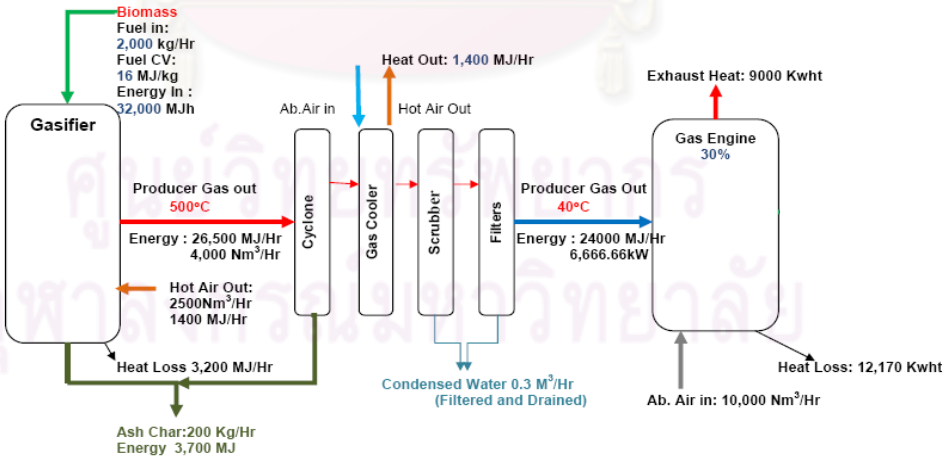
ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงคุณสมบัติต่าง ๆ ของระบบแกสิฟิเคชันแต่ละขนาด

คุณสมบัติ	ระบบขนาดเล็ก	ระบบขนาดกลาง	ระบบขนาดใหญ่
ความสามารถในการรับเชื้อเพลิงมากที่สุด	2,000 (Kg/day) 83(Kg/hr)	12,000 (Kg/day) 500(Kg/hr)	48,000 (Kg/day) 2000(Kg/hr)
ใช้ไฟฟ้าในควบคุมระบบ (380Volt ,3 Phase)	5 (Kw/hr)	40(Kw/hr)	120(Kw/hr)
น้ำที่ใช้ในถังบำบัดมลพิษ	1 (m^3/เดือน)	4 (m^3/เดือน)	8 (m^3/เดือน)
อัตราการไหลของน้ำที่บำบัดมลพิษ	0.5 (m^3/hr)	4 (m^3/hr)	10 (m^3/hr)
ถังเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ในการเริ่มผลิต	1ถังน้ำหนัก 15(Kg/เดือน)	1ถังน้ำหนัก 48(Kg/เดือน)	2ถังน้ำหนัก 48(Kg/เดือน)
เถ้าที่ได้จากการผลิต	10 (Kg/hr)	50 (Kg/hr)	200 (Kg/hr)
พื้นที่ที่ใช้ในการวางระบบ	10 m X 10 m	30 m X 30 m	300 m X 300 m
ค่าจัดสร้างอาคาร	250,000 บาท	2,000,000 บาท	5,000,000 บาท
ประสิทธิภาพของระบบผลิตแก๊สเชื้อเพลิง	75%	75%	75%
ราคาระบบ	2.5ล้านบาท	18 ล้านบาท	60ล้านบาท
ค่าบำรุงรักษารายปี	250,000 บาท	1,800,000 บาท	6,000,000 บาท

ที่มา: เอกสารประกอบการบรรยายบริษัทผู้ผลิตระบบแกสิฟิเคชันเอกชนแห่งหนึ่ง

รูปที่ 4.4 รูปแสดงระบบแกสิฟิเคชันของบริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง

ที่มา: เอกสารประกอบการบรรยายบริษัทผู้ผลิตระบบแกสิฟิเคชันเอกชนแห่งหนึ่ง



รูปที่ 4.5 รูปแสดงข้อมูลของระบบแกสิฟิเคชันของบริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง

ที่มา: เอกสารประกอบการบรรยายบริษัทผู้ผลิตระบบแกสิฟิเคชันเอกชนแห่งหนึ่ง

ช.ประสิทธิภาพของระบบผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเตาแกสิฟิเคชัน

ประสิทธิที่ภาพที่ได้จากการผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สของระบบแกสิฟิเคชันของบริษัทนี้หลักการคิดคือการนำค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่จะผลิตเป็นโปรดิวเซอร์แก๊สมาเผาไหม้โดยตรงแล้วทำกับเทียบกับปริมาณความร้อนของโปรดิวเซอร์แก๊สที่ได้จากการนำชีวมวลชนิดเดียวกันมาผลิตโดยค่าประสิทธิภาพของระบบผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเตาแกสิฟิเคชัน (X_{EF}) ที่ได้อยู่ที่ 75% ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้โดยตรงและวิธีคิดประสิทธิภาพเป็นไปดังสมการด้านล่าง

$$X_{EF} = \frac{A \times B}{C \times D}$$

โดย

X_{EF} = ประสิทธิภาพของระบบผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเตาแกสิฟิเคชัน

A = ค่าความร้อนของโปรดิวเซอร์แก๊ส , kJ / Nm^3

B = อัตราความสิ้นเปลืองโปรดิวเซอร์แก๊ส ,m^3/ hr

C = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่นำมาใช้ , kJ / Nm

D = อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่นำมาใช้, kg/ hr

ซ.มลพิษที่เกิดจากระบบ

มลพิษที่เกิดขึ้นจากระบบแกสิฟิเคชันมีแสดงไว้ในตารางซึ่งจากการตรวจสอบแล้วพบว่าแก๊สที่เข้าสู่ระบบบำบัดมลพิษมีสารพิษไม่เกินค่ามาตรฐานในการปล่อยมลพิษซึ่งแสดงไว้ในตารางดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงมลพิษที่เกิดจากระบบแกสิฟิเคชันและค่ามาตรฐานในการปล่อยมลพิษ

Parameter	วัดได้	WID Limits
Particulates:mg/Nm^3	<5	10
TOC:mg/Nm^3	<3	10
HCl:mg/Nm^3	<5.6	10
HF:mg/Nm^3	<0.45	1
SO_2: mg/Nm^3	<38	50
NO_x:mg/Nm^3	<340	400
CO:mg/Nm^3	<100	Site Specific
Total Heavy Metals :mg/Nm3	<0.25	0.5
Hg:mg/Nm^3	<0.01	0.05
Cd+Tl: mg/Nm^3	<0.007	0.05
Dioxins & Furans;mg/Nm^3	<0.002	0.1

ที่มา: เอกสารประกอบการบรรยายบริษัทผู้ผลิตระบบแกสิฟิเคชันเอกชนแห่งหนึ่ง

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

ก. วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นโดยมีสมมุติฐานเบื้องต้นดังนี้

1. กำหนดให้โรงงานเดินระบบแกสิฟิเคชันตลอด 24 ชั่วโมง ตลอดหนึ่งปี เนื่องจากปฏิกิริยาในของระบบควรมีความต่อเนื่องและนอกจากนี้ในการเริ่มระบบจำเป็นที่จะต้องใช้แก๊สเชื้อเพลิงในการจุดเชื้อเพลิงเริ่มต้นหากมีการปิดเปิดบ่อยครั้งจะทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

2.ราคาของชีวมวลได้มาจากการสัมภาษณ์และหาข้อมูลจากบริษัทที่ทำการขายชีวมวลแห่งหนึ่งซึ่งราคานี้เป็นราคากลาง อาจมีการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณการซื้อ และปริมาณชีวมวลที่มีในแต่ละฤดูกาล

3.ราคาของถ่านหินได้มาจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงานซึ่งราคานี้เป็นราคาเฉลี่ยข้อมูลราคาถ่านหินที่มีการจัดเก็บล่าสุดในปี 2552อาจมีการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณการซื้อและสัญญาทางธุรกิจ

3.ราคาของแก๊ส LPG ได้มาจากการสัมภาษณ์และหาข้อมูลจากสถานบริการจำหน่ายแก๊ส LPG ในจังหวัดลำปาง ข้อมูลนี้เป็นข้อมูลอ้างอิงที่ใช้ในการคิดราคาที่โรงงานซื้อแก๊ส LPG จากบริษัทจำหน่าย

ข. การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นโดยคิดเพียงราคาซื้อขายบวกค่าจัดส่ง

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นโดยคิดแต่เพียงราคาซื้อขายบวกค่าจัดส่งโดยไม่รวมค่าระบบและค่าดำเนินการต่างๆ เพื่อให้ทราบศักยภาพของชีวมวลและถ่านหินในการแข่งขันกับแก๊สเชื้อเพลิง LPG

ความร้อนต่อราคาของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตในปัจจุบัน

แก๊ส LPG	
ราคาแก๊ส LPG รวมค่าจัดส่งถึงจังหวัดลำปาง	12.99บาท/ ลิตร
ค่าความร้อนที่ให้ของแก๊ส LPG ต่อลิตร	ประมาณ 6360 กิโลแคลอรี/ลิตร
เพราะฉะนั้นค่าความร้อนต่อราคาจะเท่ากับ	489.61 กิโลแคลอรี/บาท

ความร้อนต่อราคาของเชื้อเพลิงที่นำมาใช้ในกระบวนการแกสิฟิเคชัน

ชีวมวลประเภทที่ 1	
ราคาชีวมวลประเภทฟางข้าว	ประมาณ1800 บาท/ตัน
ราคาค่าขนส่งชีวมวล	ประมาณ 473.49 บาท/ตัน
รวมราคา	ประมาณ 2273.49 บาท/ตัน
หรือ	ประมาณ 2.27349บาทต่อกิโลกรัม
ค่าความร้อนที่ให้ของฟางข้าว	ประมาณ13.80 เมกะจูล/กิโลกรัม
โดยคิดจากค่า1 กิโลจูล = 0.2388 กิโลแคลอรี	
ค่าความร้อนที่ให้ของฟางข้าว	ประมาณ 3295.44กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
ประสิทธิภาพของระบบผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเตาแกสิฟิเคชัน (X_{EF}) = 75 %	
ค่าความร้อนที่ได้จริงจากการใช้ฟางข้าว	ประมาณ 2471.58 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
เพราะฉะนั้นค่าความร้อนต่อราคาจะเท่ากับ	1087.36 กิโลแคลอรี/บาท

ชีวมวลประเภทที่ 2	
ราคาชีวมวลประเภทยอดและใบอ้อย	ประมาณ 1500 บาท/ตัน
ราคาค่าขนส่งชีวมวล	ประมาณ 473.49 บาท/ตัน
รวมราคา	ประมาณ 1973.49 บาท/ตัน
หรือราคา	ประมาณ 1.97349 บาทต่อกิโลกรัม
ค่าความร้อนที่ให้ของยอดและใบอ้อย	ประมาณ 16.15เมกะจูล/กิโลกรัม
โดยคิดจากค่า1 กิโลจูล = 0.2388 กิโลแคลอรี	
ค่าความร้อนที่ให้ของยอดและใบอ้อย	ประมาณ 3856.62กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
ประสิทธิภาพของระบบผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเตาแกสิฟิเคชัน (X_{EF}) = 75 %	
ค่าความร้อนที่ได้จริงจากการใช้ชีวมวลอ้อย	ประมาณ 2892.46กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
เพราะฉะนั้นค่าความร้อนต่อราคาจะเท่ากับ	1465.65 กิโลแคลอรี/บาท

ถ่านหินแอนทราไซท์	
ราคาถ่านหินแอนทราไซท์	ประมาณ 3241 บาท/ตัน
ราคาค่าขนส่งถ่านหิน	ประมาณ 473.49 บาท/ตัน
รวมราคา	ประมาณ 3714.49บาท/ตัน
หรือราคา	ประมาณ 3.71449 บาทต่อกิโลกรัม
ค่าความร้อนที่ให้ของถ่านหินแอนทราไซท์	ประมาณ 7500 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
ประสิทธิภาพของระบบผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเตาแกสิฟิเคชัน (X_{EF}) = 75 %	
ค่าความร้อนที่ได้จริงจากการใช้แอนทราไซท์	ประมาณ 5625 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
เพราะฉะนั้นค่าความร้อนต่อราคาจะเท่ากับ	1514.33 กิโลแคลอรี/บาท

สรุปในการวิเคราะห์เบื้องต้นโดยคิดเพียงราคาและค่าจัดส่งเชื้อเพลิง เชื้อเพลิงที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ในระบบแกสิฟิเคชันมีความสามารถในการแข่งขันกับแก๊ส LPG เนื่องจากค่าความร้อนต่อราคาที่ได้จากชีวมวลประเภทฟางข้าว ชีวมวลประเภทยอดและใบอ้อยและถ่านหินแอนทราไซท์มีค่ามากกว่าค่าความร้อนต่อราคาของแก๊ส LPG ที่ใช้ในปัจจุบัน

ค.การเลือกขนาดระบบแกสิฟิเคชันให้เหมาะสมกับขนาดของอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ในการเลือกขนาดของระบบให้เหมาะสมกับขนาดของอุตสาหกรรมเซรามิกส์จำเป็นที่จะต้องทราบโดยสามารถคิดได้จากการใช้เชื้อเพลิงในปัจจุบันคือ LPG ของแต่ละขนาดอุตสาหกรรมก่อน จากนั้นจึงทำการคิดเชื้อเพลิงที่ให้ค่าความร้อนของโปรดิวเซอร์แก๊สต่อกิโลกรัมน้อยที่สุดมาคำนวณหาค่าการใช้เชื้อเพลิงชนิดนั้น เนื่องจากเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนต่อกิโลกรัมน้อยที่สุดจะเป็นตัวกำหนดการอัตราการป้อนเชื้อเพลิง เพราะจะต้องทำการป้อนเชื้อเพลิงมากที่สุด

จากข้อมูลเบื้องต้นพบว่า เชื้อเพลิงที่ให้ค่าความร้อนจริงของโปรดิวเซอร์น้อยที่สุดคือ ชีวมวลประเภทฟางข้าว ซึ่งมีค่าความร้อนอยู่ที่ ประมาณ 2471.58 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และในการพิจารณาควรคิดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงมากที่สุดในแต่ละขนาดโรงงานอุตสาหกรรมเพราะจะเป็นตัวกำหนดขอบเขตการใช้พลังงาน โดยวิธีการคำนวณคิดได้ดังนี้

ในกรณีโรงงานขนาดเล็กที่มีการใช้เชื้อเพลิง LPG ไม่เกิน 16500 ลิตรต่อเดือน เพราะฉะนั้นโรงงานขนาดเล็กจะมีการใช้พลังงานจาก LPG ไม่เกิน 104,940,000กิโลแคลอรี โดยทำการกำหนดค่าความร้อนที่ได้ต่อกิโลกรัมจากฟางข้าวที่มีค่าที่น้อยที่สุดในบรรดาเชื้อเพลิงที่นำมาคิดเป็นเชื้อเพลิงแกสิฟิเคชันและเป็นตัวกำหนดอัตราการป้อนเชื้อเพลิงของเครื่องด้วย ดังนั้นค่าพลังงานโปรดิวเซอร์แก๊สจากชีวมวลประเภทฟางข้าว เทียบเท่ากับ ค่าพลังงานLPGที่ใช้ในหนึ่งเดือน ซึ่งค่าความร้อนที่ได้จริงจากฟางข้าวเท่ากับค่าความร้อนที่ได้จริงจากการใช้ฟางข้าวประมาณ 2471.58 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ดังนั้นในหนึ่งเดือนจะต้องใช้ข้าวเท่ากับ42458.67 กิโลกรัมต่อเดือน หากมีการเดินเครื่องตลอด 24 ชั่วโมงตลอด 30วัน อัตราการป้อนเชื้อเพลิงฟางข้าวไม่เกิน 58.97 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงการคำนวณการใช้ฟางข้าวในโรงงานขนาดเล็ก

โรงงานขนาดเล็ก	
การใช้LPGต่อเดือน	ไม่เกิน 16,500 ลิตรต่อเดือน
ค่าความร้อนที่ให้ของแก๊ส LPG ต่อลิตร	ประมาณ 6,360 กิโลแคลอรี/ลิตร
การใช้พลังงานจากLPG	104,940,000กิโลแคลอรี
ค่าความร้อนที่ได้จริงจากการใช้ฟางข้าว	ประมาณ 2,471.58 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
ต้องใช้ฟางข้าว	42,458.67กิโลกรัมต่อเดือน
ชั่วโมงการเดินระบบแกสิฟิเค-ชันในหนึ่งเดือน	24ชั่วโมง X 30 วัน = 720 ชั่วโมง
ต้องทำการใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง	ไม่เกิน 58.97 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ในกรณีโรงงานขนาดกลางที่มีการใช้เชื้อเพลิง LPGไม่เกิน 127,273 ลิตรต่อเดือน เพราะฉะนั้นโรงงานขนาดกลางจะมีการใช้พลังงานจาก LPG ไม่เกิน 809,456,280 กิโลแคลอรี โดยทำการกำหนดค่าความร้อนที่ได้ต่อกิโลกรัมจากฟางข้าวที่มีค่าที่น้อยที่สุดในบรรดาเชื้อเพลิงที่นำมาคิดเป็นเชื้อเพลิงแกสิฟิเคชันและเป็นตัวกำหนดอัตราการป้อนเชื้อเพลิงของเครื่องด้วย ดังนั้นค่าพลังงานโปรดิวเซอร์แก๊สจากชีวมวลประเภทฟางข้าว เทียบเท่ากับ ค่าพลังงานLPGที่ใช้ในหนึ่งเดือน ซึ่งค่าความร้อนที่ได้จริงจากฟางข้าวเท่ากับค่าความร้อนที่ได้จริงจากการใช้ฟางข้าว ประมาณ 2471.58 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ดังนั้นในหนึ่งเดือนจะต้องใช้ข้าวเท่ากับ327,505.59 กิโลกรัมต่อเดือน หากมีการเดินเครื่องตลอด 24 ชั่วโมงตลอด 30วัน อัตราการป้อนเชื้อเพลิงฟางข้าวไม่เกิน 454.87 กิโลกรัมชั่วโมง

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงการคำนวณการใช้ฟางข้าวในโรงงานขนาดกลาง

โรงงานขนาดกลาง	
การใช้LPGต่อเดือน	ไม่เกิน 127,273 ลิตรต่อเดือน
ค่าความร้อนที่ให้ของแก๊ส LPG ต่อลิตร	ประมาณ 6360 กิโลแคลอรี/ลิตร
การใช้พลังงานจากLPG	809,456,280 กิโลแคลอรี
ค่าความร้อนที่ได้จริงจากการใช้ฟางข้าว	ประมาณ 2471.58 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
ต้องใช้ฟางข้าว	327,505.59 กิโลกรัมต่อเดือน
ชั่วโมงการเดินระบบแกสิฟิเค-ชันในหนึ่งเดือน	24ชั่วโมง X 30 วัน = 720 ชั่วโมง
ต้องทำการใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง	ไม่เกิน 454.87 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ในกรณีโรงงานขนาดใหญ่ที่มีการใช้เชื้อเพลิงLPGเกิน 127,273 ลิตรต่อเดือน เพราะฉะนั้นโรงงานขนาดใหญ่จะมีการใช้พลังงานจากLPG เกิน 809,456,280 กิโลแคลอรี โดยทำการกำหนดค่าความร้อนที่ได้ต่อกิโลกรัมจากฟางข้าวที่มีค่าที่น้อยที่สุดในบรรดาเชื้อเพลิงที่นำมาคิดเป็นเชื้อเพลิงแกสิฟิเคชันและเป็นตัวกำหนดอัตราการป้อนเชื้อเพลิงของเครื่องด้วย ดังนั้นค่าพลังงานโปรดิวเซอร์แก๊สจากชีวมวลประเภทฟางข้าว เทียบเท่ากับ ค่าพลังงานLPGที่ใช้ในหนึ่งเดือน ซึ่งค่าความร้อนที่ได้จริงจากฟางข้าวเท่ากับค่าความร้อนที่ได้จริงจากการใช้ฟางข้าว ประมาณ 2471.58 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ดังนั้นในหนึ่งเดือนจะต้องใช้ข้าวเท่ากับ327,505.59 กิโลกรัมต่อเดือน หากมีการเดินเครื่องตลอด 24 ชั่วโมงตลอด 30วัน อัตราการป้อนเชื้อเพลิงฟางข้าวเท่ากับ 454.87 กิโลกรัมชั่วโมง

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงการคำนวณการใช้ฟางข้าวในโรงงานขนาดใหญ่

โรงงานขนาดใหญ่	
การใช้LPGต่อเดือน	เกิน 127,273 ลิตรต่อเดือน
ค่าความร้อนที่ให้ของแก๊ส LPG ต่อลิตร	ประมาณ 6360 กิโลแคลอรี/ลิตร
การใช้พลังงานจากLPG	809,456,280 กิโลแคลอรี
ค่าความร้อนที่ได้จริงจากการใช้ฟางข้าว	ประมาณ 2471.58 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
ต้องใช้ฟางข้าว	327,505.59 กิโลกรัมต่อเดือน
ชั่วโมงการเดินระบบแกสิฟิเค-ชันในหนึ่งเดือน	24ชั่วโมง X 30 วัน = 720 ชั่วโมง
ต้องทำการใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง	เกิน 454.87 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

สรุปได้ว่าขนาดโรงงานขนาดเล็กควรใช้ระบบแกสิฟิเคชันขนาดเล็ก เนื่องจากอัตราการป้อนเชื้อเพลิงมีค่าไม่เกิน 83 กิโลกรัมต่อชั่วโมงในระบบแกสิฟิเคชันขนาดเล็ก ส่วนขนาดโรงงานขนาดกลางควรเลือกใช้ระบบแกสิฟิเคชันขนาดกลางเนื่องจากอัตราการป้อนเชื้อเพลิงมีค่าไม่เกิน 500 กิโลกรัมต่อชั่วโมงในระบบแกสิฟิเคชันขนาดกลาง ส่วนในขนาดโรงงานขนาดใหญ่เมื่อคิดปริมาณการใช้ที่น้อยที่สุดแล้วพบว่าอัตราการป้อนเชื้อเพลิงมากกว่า 454.87 กิโลกรัมต่อชั่วโมงซึ่งอัตราการป้อนเชื้อเพลิงสูงสุดของระบบแกสิฟิเคชันขนาดกลางอยู่ที่ไม่เกิน 500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จึงสมควรที่เลือกระบบแกสิฟิเคชันขนาดใหญ่ในโรงงานขนาดใหญ่เพื่อการใช้งานที่เหมาะสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

ต้นทุน ค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ที่ได้รับ

5.1 การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์

ก.ต้นทุนของระบบแกสิฟิเคชันแต่ละขนาด

1. ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการซื้อระบบแกสิฟิเคชัน ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบแกสิฟิเคชันภายในโรงงาน ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอาคารรองรับระบบแกสิฟิเคชัน ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ ได้ถูกแสดงไว้ในตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.1 ตารางแสดงค่าใช้จ่ายในการลงทุน

ค่าใช้จ่าย	ระบบขนาดเล็ก	ระบบขนาดกลาง	ระบบขนาดใหญ่
ค่าใช้จ่ายในการซื้อระบบแกสิฟิเคชัน	2.5ล้านบาท	18 ล้านบาท	60ล้านบาท
ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบ	250,000 บาท	1,800,000 บาท	6,000,000 บาท
ค่าจัดสร้างอาคาร	250,000 บาท	2,000,000 บาท	5,000,000 บาท

2.ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานประกอบด้วยค่าใช้จ่ายหลัก ๆ 5 ชนิด คือ ค่าเชื้อเพลิง ค่าใช้จ่ายสาธารณูปโภค ค่าแรงงาน ค่าบำรุงรักษาและค่าใช้จ่ายในการบำบัดมลพิษ ซึ่ง ค่าเชื้อเพลิงจะสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิดตามชนิดเชื้อเพลิงที่นำมาวิเคราะห์ ค่าใช้จ่ายสาธารณูปโภค สามารถแบ่งออกเป็น น้ำ ค่าไฟฟ้า ค่าแก๊สเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ในการจุดเชื้อเพลิงเริ่มต้น นอกจากนี้ยังมี

- **ค่าเชื้อเพลิงในโรงงานขนาดต่าง ๆ**

ค่าใช้จ่ายประเภทเชื้อเพลิงจะแบ่งออกเป็นชนิดในแต่ละขนาดอุตสาหกรรมที่มีการใช้ระบบแกสิฟิคชันที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 5.2 ตารางแสดงราคาเชื้อเพลิงรวมค่าขนส่งแต่ละชนิด

ชีวมวลประเภทฟางข้าว	ชีวมวลประเภทยอดและใบอ้อย	ถ่านหินแอนทราไซท์
2273.49 บาท/ตัน	1973.49 บาท/ตัน	3714.49บาท/ตัน

ตารางที่ 5.3 ตารางแสดงการใช้เชื้อเพลิงแต่ละขนาดอุตสาหกรรม

อัตราการป้อนเชื้อเพลิงของระบบแกสิฟิเคชัน	โรงงานเซรามิกส์ขนาดเล็ก (ระบบขนาดเล็ก)	โรงงานเซรามิกส์ขนาดกลาง (ระบบขนาดกลาง)	โรงงานเซรามิกส์ขนาดใหญ่ (ระบบขนาดใหญ่)
อัตราการป้อนเชื้อเพลิงต่อวัน	2,000 กิโลกรัม/วัน	12,000 กิโลกรัม/วัน	48,000 กิโลกรัม/วัน
อัตราการป้อนเชื้อเพลิงต่อปี	730 ตัน/ปี	4380 ตัน/ปี	17520 ตัน/ปี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.4 ตารางแสดงค่าเชื้อเพลิงแต่ละขนาดอุตสาหกรรมที่มีการใช้เชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ

เชื้อเพลิง	โรงงานเซรามิกส์ขนาดเล็ก (ระบบขนาดเล็ก)	โรงงานเซรามิกส์ขนาดกลาง (ระบบขนาดกลาง)	โรงงานเซรามิกส์ขนาดใหญ่ (ระบบขนาดใหญ่)
ชีวมวลประเภทฟางข้าว	1,659,648 บาท/ปี	9,957,886 บาท/ปี	39,831,545 บาท/ปี
ชีวมวลประเภทยอดและใบอ้อย	1,440,648 บาท/ปี	8,643,886 บาท/ปี	34,575,545 บาท/ปี
ถ่านหินแอนทราไซท์	2,711,578 บาท/ปี	16,269,466 บาท/ปี	65,077,865 บาท/ปี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- **ค่าใช้จ่ายสาธารณูปโภค**

ค่าใช้จ่ายสาธารณูปโภค แบ่งออกเป็น น้ำ ค่าไฟฟ้า ค่าแก๊สเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ในการจุดเชื้อเพลิงเริ่มต้น

หลักการคิดค่าน้ำ

จากข้อมูลทางเว็บไซท์การประปานครหลวงในการคิดอัตราค่าน้ำจะแบ่งออกเป็นสองประเภท คือ การใช้ในประเภทที่หนึ่งคือที่พักอาศัย และ การใช้ในประเภทที่สองคือ ธุรกิจ ราชการ รัฐวิสาหกิจ อุตสาหกรรม และอื่นๆ จะมีอัตราค่าใช้บริการที่แตกต่างกัน จากข้อมูลสามารถคิดอัตราค่าน้ำในอุตสาหกรรมอยู่ที่ 13.00 บาท/ลูกบาศก์เมตร ในกรณีการขายแบบเหมาจ่าย

หลักการในการคิดค่าไฟฟ้า

เนื่องจากอัตราความต้องการการใช้ไฟฟ้าของประเทศไม่เท่ากันในแต่ละช่วงเวลา และต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในช่วงความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดจะมีราคาแพงกว่าช่วงอื่น โดยช่วยเวลาที่มีความต้องการไฟฟ้าสูงมากคือ ช่วงเวลา 18.30 -21.30 นาฬิกาซึ่งสามารถนับรวมเวลาได้ 3 ชั่วโมง ช่วงนี้จะเรียกว่า ช่วง Peak และในช่วงเวลาที่นอกจากนี้ไป คือ 21.30 – 18.30 นาฬิกาซึ่งนับรวมเวลาได้ 21 ชั่วโมง ช่วงเวลานี้เรียกว่า ช่วง Off Peak ซึ่งไปช่วงเวลาที่ใช้ไฟฟ้าไม่สูงมาก ดังนั้นต้นทุนในการผลิตจึงมีค่าต่ำกว่า ช่วง Peak ในส่วนอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าที่ขายจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยจำหน่ายช่วง Peak เท่ากับ 2.9278 บาท/กิโลวัตต์ – ชั่วโมง และในช่วง Off Peak เท่ากับ 1.1154 บาท/กิโลวัตต์ – ชั่วโมง ดังนั้นเมื่อทำการเดินเครื่องตลอด 24 ชั่วโมง จะสามารถคำนวณค่าไฟฟ้าเฉลี่ยได้ เท่ากับ 1.3419 บาท/กิโลวัตต์ – ชั่วโมง

ที่มา: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 2550

หลักการในการคิดค่าแก๊ส LPG

ค่าความหนาแน่นของ LPG หรือแก๊สปิโตรเลียมเหลวอยู่ที่ประมาณ 0.55 กิโลกรัมต่อลิตรที่มาจากกรมธุรกิจพลังงาน โดยทั่วไปความหนาแน่นจะไม่คงที่เนื่องจากแก๊สปิโตรเลียมเหลวมีส่วนผสมแก๊สโพรเพนและบิวเทนโดยมีสัดส่วนโดยประมาณอยู่ที่ 70:30 ตามลำดับ ซึ่งแต่ละการจัดส่งแก๊สแต่ละครั้งสัดส่วนแก๊สเหล่านี้จะไม่เท่ากันเสมอแต่จะมีการประมาณอยู่ที่ 0.55 กิโลกรัมต่อลิตรและราคาแก๊ส LPG คือ 12.99 บาท/ ลิตร ได้จากการข้อมูลเบื้องต้น

ตารางที่ 5.5 ตารางแสดงราคาค่าสาธารณูปโภคต่อหน่วย

ราคาน้ำต่อหน่วย	ราคาไฟฟ้าต่อหน่วย	ราคาแก๊สLPต่อหน่วย
13.00 บาท/m^3	1.34 บาท/กิโลวัตต์ – ชั่วโมง	12.99 บาท/ ลิตร

ตารางที่ 5.6 ตารางแสดงการใช้สาธารณูปโภคต่าง ๆแต่ละขนาดอุตสาหกรรม

อัตราการใช้สาธารณูปโภคต่าง ๆ ของระบบแกสิฟิเคชัน	โรงงานเซรามิกส์ขนาดเล็ก (ระบบขนาดเล็ก)	โรงงานเซรามิกส์ขนาดกลาง (ระบบขนาดกลาง)	โรงงานเซรามิกส์ขนาดใหญ่ (ระบบขนาดใหญ่)
อัตราการใช้น้ำต่อปี	12 ลบ.ม/ปี	48 ลบ.ม/ปี	96 ลบ.ม/ปี
อัตราใช้ไฟฟ้าต่อปี	43,800 กิโลวัตต์ – ปี	350,400 กิโลวัตต์ – ปี	1,051,200 กิโลวัตต์ – ปี
อัตราการใช้แก๊ส LPG ต่อปี	180 กิโลกรัม/ปี หรือ 327.27ลิตร/ปี	576 กิโลกรัม/ปี หรือ 1047.27ลิตร/ปี	1152 กิโลกรัม/ปี หรือ 2094.54ลิตร/ปี

ตารางที่ 5.7 ตารางแสดงค่าใช้จ่ายใช้สาธารณูปโภคต่าง ๆ ในแต่ละขนาดอุตสาหกรรม

สาธารณูปโภคต่าง ๆ	โรงงานเซรามิกส์ขนาดเล็ก (ระบบขนาดเล็ก)	โรงงานเซรามิกส์ขนาดกลาง (ระบบขนาดกลาง)	โรงงานเซรามิกส์ขนาดใหญ่ (ระบบขนาดใหญ่)
ค่าน้ำ	156 บาท/ปี	624 บาท/ปี	1,248 บาท/ปี
ค่าไฟฟ้า	58,692 บาท/ปี	469,536 บาท/ปี	1,408,608 บาท/ปี
ค่าแก๊ส LPG	4,251.23 บาท/ปี	13,604.04 บาท/ปี	27,208.07 บาท/ปี
รวม	63,099.23 บาท/ปี	483,764.04 บาท/ปี	1,437,064.07 บาท/ปี

- **ค่าใช้จ่ายแรงงาน**

ค่าจ้างแรงงานควบคุมหนึ่งกะการทำงาน ประกอบด้วย วิศวกรควบคุมระบบ 1 ตำแหน่ง เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย 1 ตำแหน่ง เจ้าหน้าที่หัวหน้ากะ 1 ตำแหน่ง โดยการเดินเครื่องตลอด 24 ชั่วโมงจำเป็นที่จะต้องใช้สามกะควบคุม ในการปฏิบัติงานแต่ละหน้าที่จึงมี 3 ตำแหน่ง

ตารางที่ 5.8 ตารางแสดงอัตราเงินเดือนของพนังงานในแต่ละตำแหน่ง

ตำแหน่ง	จำนวนพนักงาน	อัตราเงินเดือน	รวมเงินเดือน
วิศวกร	3	26,937.7บาท	969,757.2บาท/ปี
เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย	3	8,025.0บาท	288,900.0บาท/ปี
เจ้าหน้าที่หัวหน้ากะ	3	22,175.8บาท	798,328.8บาท/ปี

ที่มา: กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน

รวมค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานควบคุมแกสิฟิเคชันที่ทำการควบคุมระบบแต่ละขนาด เป็นเงิน 2,056,986 บาท/ปี

- **ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา**

ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาจะรวมค่าใช้จ่ายในการบำบัดมลพิษเข้าด้วยข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ผลิตระบบแกสิฟิเคชันแล้วคิดเป็น10 % ของราคาระบบแกสิฟิเคชันในแต่ละขนาดดังนั้นจึงสามารถคิดราคาค่าใช้จ่ายได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.9 ตารางแสดงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา

ค่าใช้จ่าย	โรงงานเซรามิกส์ ขนาดเล็ก (ระบบขนาดเล็ก)	โรงงานเซรามิกส์ ขนาดกลาง (ระบบขนาดกลาง)	โรงงานเซรามิกส์ ขนาดใหญ่ (ระบบขนาดใหญ่)
ค่าระบบ	2.5ล้านบาท	18 ล้านบาท	60ล้านบาท
ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา	250,000 บาท/ปี	1,800,000 บาท/ปี	6,000,000 บาท/ปี

ข.ผลประโยชนที่ได้รับจากระบบแกสิฟิเคชันแทนเชื้อเพลิง LPG

- อุตสาหกรรมเซรามิกส์ขนาดเล็ก

ตารางที่ 5.10 แสดงผลประโยชน์รายได้ต่อปีที่เกิดจากการใช้ชีวมวลฟางข้าวแทนแก๊สเชื้อเพลิง LPG

ระบบแกสิฟิเคชันขนาดเล็กใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง	
อัตราการป้อน	2,000 (Kg/day)
1ปี	365 วัน
ระยะเวลา1 ปีจะใช้เชื้อเพลิงเท่ากับ	730,000 กิโลกรัม
ค่าความร้อนที่ได้จริงจากการใช้ฟางข้าว	ประมาณ 2,471.58 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
ค่าความร้อนที่ได้จริงจากการใช้ฟางข้าวในหนึ่งปี	ประมาณ 1,804,253,400 กิโลแคลอรี
ค่าความร้อนที่ให้ของแก๊ส LPG ต่อลิตร	ประมาณ 6,360 กิโลแคลอรี/ลิตร
ทดแทนการใช้ LPG ได้	283,687.64 ลิตร
ราคาแก๊ส LPG รวมค่าจัดส่งถึงจังหวัดลำปาง	12.99บาท/ ลิตร
ประหยัดค่าแก๊ส LPG ต่อปี	3,685,102.42 บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.11 แสดงผลประโยชน์รายได้ต่อปีที่เกิดจากการใช้ชีวมวลอ้อยแทนแก๊สเชื้อเพลิง LPG

ระบบแกสิฟิเคชันขนาดเล็กใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิง	
อัตราการป้อน	2,000 (Kg/day)
1ปี	365 วัน
ระยะเวลา1 ปีจะใช้เชื้อเพลิงเท่ากับ	730,000 กิโลกรัม
ค่าความร้อนที่ได้จริงจากการใช้ชีวมวลอ้อย	ประมาณ 2,892.46กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
ค่าความร้อนที่ได้จริงจากการใช้ชีวมวลอ้อยในหนึ่งปี	ประมาณ 2,111,495,800กิโลแคลอรี
ค่าความร้อนที่ให้ของแก๊ส LPG ต่อลิตร	ประมาณ 6,360 กิโลแคลอรี/ลิตร
ทดแทนการใช้ LPG ได้	331,996.19 ลิตร
ราคาแก๊ส LPG รวมค่าจัดส่งถึงจังหวัดลำปาง	12.99บาท/ ลิตร
ประหยัดค่าแก๊ส LPG ต่อปี	4,312,630.50 บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.12 แสดงผลประโยชน์รายได้ต่อปีที่เกิดจากการใช้ถ่านหินแอนทราไซท์แทนแก๊สเชื้อเพลิง LPG

ระบบแกสิฟิเคชันขนาดเล็กใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิง	
อัตราการป้อน	2,000 (Kg/day)
1ปี	365 วัน
ระยะเวลา1 ปีจะใช้เชื้อเพลิงเท่ากับ	730,000 กิโลกรัม
ค่าความร้อนที่ได้จริงจากการใช้ถ่านหินแอนทราไซท์	ประมาณ 5,625 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
ค่าความร้อนที่ได้จริงจากการใช้ถ่านหินแอนทราไซท์ในหนึ่งปี	ประมาณ 4,106,250,000กิโลแคลอรี
ค่าความร้อนที่ให้ของแก๊ส LPG ต่อลิตร	ประมาณ 6,360 กิโลแคลอรี/ลิตร
ทดแทนการใช้ LPG ได้	645,636.79 ลิตร
ราคาแก๊ส LPG รวมค่าจัดส่งถึงจังหวัดลำปาง	12.99บาท/ ลิตร
ประหยัดค่าแก๊ส LPGต่อปี	8,386,821.51 บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- อุตสาหกรรมเซรามิกส์ขนาดกลาง

ตารางที่ 5.13 แสดงผลประโยชน์รายได้ต่อปีที่เกิดจากการใช้ชีวมวลฟางข้าวแทนแก๊สเชื้อเพลิง LPG

ระบบแกสิฟิเคชันขนาดกลางใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง	
อัตราการป้อน	12,000 (Kg/day)
1ปี	365 วัน
ระยะเวลา1 ปีจะใช้เชื้อเพลิงเท่ากับ	4,380,000 กิโลกรัม
ค่าความร้อนที่ได้จริงจากการใช้ฟางข้าว	ประมาณ 2,471.58 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
ค่าความร้อนที่ได้จริงจากการใช้ฟางข้าวในหนึ่งปี	ประมาณ 10,825,520,400 กิโลแคลอรี
ค่าความร้อนที่ให้ของแก๊ส LPG ต่อลิตร	ประมาณ 6,360 กิโลแคลอรี/ลิตร
ทดแทนการใช้ LPG ได้	1,702,125.85 ลิตร
ราคาแก๊ส LPG รวมค่าจัดส่งถึงจังหวัดลำปาง	12.99บาท/ ลิตร
ประหยัดค่าแก๊ส LPG ต่อปี	22,110,614.79 บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.14 แสดงผลประโยชน์รายได้ต่อปีที่เกิดจากการใช้ชีวมวลอ้อยแทนแก๊สเชื้อเพลิง LPG

ระบบแกสิฟิเคชันขนาดกลางใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิง	
อัตราการป้อน	12,000 (Kg/day)
1ปี	365 วัน
ระยะเวลา1 ปีจะใช้เชื้อเพลิงเท่ากับ	4,380,000 กิโลกรัม
ค่าความร้อนที่ได้จริงจากการใช้ชีวมวลอ้อย	ประมาณ 2892.46กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
ค่าความร้อนที่ได้จริงจากการใช้ชีวมวลอ้อยในหนึ่งปี	ประมาณ12,668,974,800 กิโลแคลอรี
ค่าความร้อนที่ให้ของแก๊ส LPG ต่อลิตร	ประมาณ 6360 กิโลแคลอรี/ลิตร
ทดแทนการใช้ LPG ได้	1,991,977.17 ลิตร
ราคาแก๊ส LPG รวมค่าจัดส่งถึงจังหวัดลำปาง	12.99บาท/ ลิตร
ประหยัดค่าแก๊ส LPG ต่อปี	25,875,783.44 บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.15 แสดงผลประโยชน์รายได้ต่อปีที่เกิดจากการใช้ถ่านหินแอนทราไซท์แทนแก๊สเชื้อเพลิง LPG

ระบบแกสิฟิเคชันขนาดกลางใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิง	
อัตราการป้อน	12,000 (Kg/day)
1ปี	365 วัน
ระยะเวลา1 ปีจะใช้เชื้อเพลิงเท่ากับ	4,380,000 กิโลกรัม
ค่าความร้อนที่ได้จริงจากการใช้ถ่านหินแอนทราไซท์	ประมาณ 5625 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
ค่าความร้อนที่ได้จริงจากการใช้ถ่านหินแอนทราไซท์ในหนึ่งปี	ประมาณ 24,637,500,000กิโลแคลอรี
ค่าความร้อนที่ให้ของแก๊ส LPG ต่อลิตร	ประมาณ 6,360 กิโลแคลอรี/ลิตร
ทดแทนการใช้ LPG ได้	3873820.75 ลิตร
ราคาแก๊ส LPG รวมค่าจัดส่งถึงจังหวัดลำปาง	12.99บาท/ ลิตร
ประหยัดค่าแก๊ส LPGต่อปี	50,320,931.54 บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- อุตสาหกรรมเซรามิกส์ขนาดใหญ่

ตารางที่ 5.16 แสดงผลประโยชน์รายได้ต่อปีที่เกิดจากการใช้ฟางข้าวแทนแก๊สเชื้อเพลิง LPG

ระบบแกสิฟิเคชันขนาดใหญ่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง	
อัตราการป้อน	48,000 (Kg/day)
1ปี	365 วัน
ระยะเวลา1 ปีจะใช้เชื้อเพลิงเท่ากับ	17,520,000 กิโลกรัม
ค่าความร้อนที่ได้จริงจากการใช้ฟางข้าว	ประมาณ 2,471.58 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
ค่าความร้อนที่ได้จริงจากการใช้ฟางข้าวในหนึ่งปี	ประมาณ 43,302,081,600 กิโลแคลอรี
ค่าความร้อนที่ให้ของแก๊ส LPG ต่อลิตร	ประมาณ 6,360 กิโลแคลอรี/ลิตร
ทดแทนการใช้ LPG ได้	6,808,503.39 ลิตร
ราคาแก๊ส LPG รวมค่าจัดส่งถึงจังหวัดลำปาง	12.99บาท/ ลิตร
ประหยัดค่าแก๊ส LPG ต่อปี	88,442,459.12 บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.17 แสดงผลประโยชน์รายได้ต่อปีที่เกิดจากการใช้ชีวมวลอ้อยแทนแก๊สเชื้อเพลิง LPG

ระบบแกสิฟิเคชันขนาดใหญ่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิง	
อัตราการป้อน	48,000 (Kg/day)
1ปี	365 วัน
ระยะเวลา1 ปีจะใช้เชื้อเพลิงเท่ากับ	17,520,000 กิโลกรัม
ค่าความร้อนที่ได้จริงจากการใช้ชีวมวลอ้อย	ประมาณ 2,892.46กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
ค่าความร้อนที่ได้จริงจากการใช้ชีวมวลอ้อยในหนึ่งปี	ประมาณ 50,675,899,200 กิโลแคลอรี
ค่าความร้อนที่ให้ของแก๊ส LPG ต่อลิตร	ประมาณ 6,360 กิโลแคลอรี/ลิตร
ทดแทนการใช้ LPG ได้	7,967,908.68 ลิตร
ราคาแก๊ส LPG รวมค่าจัดส่งถึงจังหวัดลำปาง	12.99บาท/ ลิตร
ประหยัดค่าแก๊ส LPG ต่อปี	103,503,133.7 บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.18 แสดงผลประโยชน์รายได้ต่อปีที่เกิดจากการใช้ถ่านหินแอนทราไซท์แทนแก๊สเชื้อเพลิง LPG

ระบบแกสิฟิเคชันขนาดใหญ่ใช้ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิง	
อัตราการป้อน	48,000 (Kg/day)
1ปี	365 วัน
ระยะเวลา1 ปีจะใช้เชื้อเพลิงเท่ากับ	17,520,000 กิโลกรัม
ค่าความร้อนที่ได้จริงจากการใช้ถ่านหินแอนทราไซท์	ประมาณ 5,625 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
ค่าความร้อนที่ได้จริงจากการใช้ถ่านหินแอนทราไซท์ในหนึ่งปี	ประมาณ 98,550,000,000 กิโลแคลอรี
ค่าความร้อนที่ให้ของแก๊ส LPG ต่อลิตร	ประมาณ 6,360 กิโลแคลอรี/ลิตร
ทดแทนการใช้ LPG ได้	15,495,283.02 ลิตร
ราคาแก๊ส LPG รวมค่าจัดส่งถึงจังหวัดลำปาง	12.99บาท/ ลิตร
ประหยัดค่าแก๊ส LPGต่อปี	201,283,726.4 บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค.ข้อกำหนดที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงการ

1. อายุโครงการเท่ากับ 25 ปี ซึ่งการกำหนดอายุโครงการอ้างอิงจากการศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุนโรงไฟฟ้าชีวมวลจากเปลือกไม้และเศษไม้ยูคาลิปตัสโดยมีระบบ แกสิฟิเคชันในการใช้ชีวมวลผลิตโปรดิวเซอร์แก๊ส จาก นายสิริพิลาส ไชยทองพันธ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์โดยได้กำหนดระยะเวลาโครงการตามข้อกำหนดอายุการใช้งานทางเทคนิคของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน
2. การวิเคราะห์โครงการด้านการเงินจะใช้ อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 7.375 ต่อปี โดยกำหนดจากอัตราดอกเบี้ย จากนายสิริพิลาส ไชยทองพันธ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการลงทุนโรงไฟฟ้าชีวมวลจากเปลือกไม้และเศษไม้ยูคาลิปตัส พ.ศ. 2551
3. ในการวิเคราะห์จะโครงการที่มีผลตอบแทนรายปีสุทธิที่มีกำไรหลังจากหักค่าใช้จ่ายรายปี มีคิดวิเคราะห์หาค่า มูลค่าปัจจุบันของรายได้(PVB),มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC),มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(NPV),อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR),อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR) , ระยะเวลาคืนทุน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง.ผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์

- โรงงานขนาดเล็ก

ตารางที่ 5.19 แสดงราคาต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- ค่าระบบ	2,500,000
- ค่าติดตั้ง	250,000
- ค่าอาคาร	250,000
- รวม	3,000,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- ค่าเชื้อเพลิง	1,659,648
- ค่าสาธารณูปโภค	63,099.23
- ค่าจ้างแรงงาน	2,056,986
- ค่าบำรุงรักษา	250,000
- รวม	4,029,733.23
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	3,685,102.42
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	-344,630.81

จากตารางแสดงให้เห็นว่าค่าใช้จ่ายในการดำเนินการงานซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายรายปีมีค่ามากกว่าผลประโยชน์รายปีที่ได้จากราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน จึงสามารถสรุปได้ว่าโครงการนี้ไม่สมควรในการลงทุน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.20 แสดงราคาต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- ค่าระบบ	2,500,000
- ค่าติดตั้ง	250,000
- ค่าอาคาร	250,000
- รวม	3,000,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- ค่าเชื้อเพลิง	1,440,648
- ค่าสาธารณูปโภค	63,099.23
- ค่าจ้างแรงงาน	2,056,986
- ค่าบำรุงรักษา	250,000
- รวม	3,810,733.23
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	4,312,630.50
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	501,897.27

จากตารางสามารถสรุปได้ว่าเมื่อค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานมาหักออกจากผลประโยชน์รายปี คือ ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน แล้วจะพบว่ามีผลประโยชน์สุทธิรายปีอยู่ที่ 501,897.27 บาทต่อปี จากการลงทุนสร้างระบบแกสิฟิเคชันขนาดเล็กราคา 3,000,000 บาท ในปีแรก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.21 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- ค่าระบบ	2,500,000
- ค่าติดตั้ง	250,000
- ค่าอาคาร	250,000
- รวม	3,000,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- ค่าเชื้อเพลิง	2,711,578
- ค่าสาธารณูปโภค	63,099.23
- ค่าจ้างแรงงาน	2,056,986
- ค่าบำรุงรักษา	250,000
- รวม	5,081,663.23
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	8,386,821.51
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	3,305,158.28

จากตารางสามารถสรุปได้ว่าเมื่อค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานมาหักออกจากผลประโยชน์รายปี คือ ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน แล้วจะพบว่ามีผลประโยชน์สุทธิรายปีอยู่ที่ 3,305,158.28 บาทต่อปีจากการลงทุนสร้างระบบแกสิฟิเคชันขนาดเล็กราคา 3,000,000 บาท ในปีแรก

สรุป

จากการคำนวณโครงการที่ใช้เงินลงทุนจำนวนเท่ากันในระบบแกสิฟิเคชันขนาดเล็กที่เหมาะสมกับโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์เล็กแล้วพบว่าผลประโยชน์สุทธิรายปีของเชื้อเพลิงประเภทถ่านหินแอนทราไซท์มีค่ามากที่สุดคือ 3,305,158.28 บาทต่อปี รองมาคือเชื้อเพลิงประเภทชีวมวลอ้อยที่มีค่าผลประโยชน์สุทธิรายปี 501,897.27 บาทต่อปี และน้อยที่สุดคือ ชีวมวลประเภทฟางข้าว ซึ่งไม่คุ้มค่ากับการลงทุน

- โรงงานขนาดกลาง

ตารางที่ 5.22 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดกลาง

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- ค่าระบบ	18,000,000
- ค่าติดตั้ง	1,800,000
- ค่าอาคาร	2,000,000
- รวม	21,800,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- ค่าเชื้อเพลิง	9,957,886
- ค่าสาธารณูปโภค	483,764.04
- ค่าจ้างแรงงาน	2,056,986
- ค่าบำรุงรักษา	1,800,000
- รวม	14,298,636.04
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	22,110,614.79
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	7,820,978.75

จากตารางสามารถสรุปได้ว่าเมื่อค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานมาหักออกจากผลประโยชน์รายปี คือ ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน แล้วจะพบว่ามีผลประโยชน์สุทธิรายปีอยู่ที่ 7,820,978.75 บาท ต่อปีจากการลงทุนสร้างระบบแกสิฟิเคชันขนาดกลางราคา 21,800,000 บาท ในปีแรก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.23 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดกลาง

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- ค่าระบบ	18,000,000
- ค่าติดตั้ง	1,800,000
- ค่าอาคาร	2,000,000
- รวม	21,800,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- ค่าเชื้อเพลิง	8,643,886
- ค่าสาธารณูปโภค	483,764.04
- ค่าจ้างแรงงาน	2,056,986
- ค่าบำรุงรักษา	1,800,000
- รวม	12,984,636.04
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	25,875,783.44
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	12,873,147.40

จากตารางสามารถสรุปได้ว่าเมื่อค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานมาหักออกจากผลประโยชน์รายปี คือ ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน แล้วจะพบว่ามีผลประโยชน์สุทธิรายปีอยู่ที่ 12,873,147.40 บาท ต่อปีจากการลงทุนสร้างระบบแกสิฟิเคชันขนาดกลางราคา 21,800,000 บาท ในปีแรก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.24 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- ค่าระบบ	18,000,000
- ค่าติดตั้ง	1,800,000
- ค่าอาคาร	2,000,000
- รวม	21,800,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- ค่าเชื้อเพลิง	16,269,466
- ค่าสาธารณูปโภค	483,764.04
- ค่าจ้างแรงงาน	2,056,986
- ค่าบำรุงรักษา	1,800,000
- รวม	20,610,216.04
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	50,320,931.54
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	29,710,715.50

จากตารางสามารถสรุปได้ว่าเมื่อค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานมาหักออกจากผลประโยชน์รายปี คือ ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน แล้วจะพบว่ามีผลประโยชน์สุทธิรายปีอยู่ที่ 29,710,715.50 บาทต่อปีจากการลงทุนสร้างระบบแกสิฟิเคชันขนาดกลางราคา 21,800,000 บาท ในปีแรก

สรุป

จากการคำนวณโครงการที่ใช้เงินลงทุนจำนวนเท่ากันในระบบแกสิฟิเคชันขนาดกลางที่เหมาะสมกับโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์กลางแล้วพบว่าผลประโยชน์สุทธิรายปีของเชื้อเพลิงประเภทถ่านหินแอนทราไซท์มีค่ามากที่สุดคือ 29,710,715.50 บาทต่อปี รองมาคือเชื้อเพลิงประเภทชีวมวลอ้อยที่มีค่าผลประโยชน์สุทธิรายปี 12,873,147.40 บาทต่อปี และน้อยที่สุดคือ ชีวมวลประเภทฟางข้าวที่มีค่าผลประโยชน์สุทธิรายปี 7,820,978.75 บาทต่อปี

- โรงงานขนาดใหญ่

ตารางที่ 5.25 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดใหญ่

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- ค่าระบบ	60,000,000
- ค่าติดตั้ง	6,000,000
- ค่าอาคาร	5,000,000
- รวม	71,000,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- ค่าเชื้อเพลิง	39,831,545
- ค่าสาธารณูปโภค	1,437,064.07
- ค่าจ้างแรงงาน	2,056,986
- ค่าบำรุงรักษา	6,000,000
- รวม	49,325,595.07
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	88,442,459.12
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	39,116,864.05

จากตารางสามารถสรุปได้ว่าเมื่อค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานมาหักออกจากผลประโยชน์รายปี คือ ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน แล้วจะพบว่ามีผลประโยชน์สุทธิรายปีอยู่ที่39,116,864.05 บาท ต่อปีจากการลงทุนสร้างระบบแกสิฟิเคชันขนาดกลางราคา 71,000,000 บาท ในปีแรก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.26 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดใหญ่

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- ค่าระบบ	60,000,000
- ค่าติดตั้ง	6,000,000
- ค่าอาคาร	5,000,000
- รวม	71,000,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- ค่าเชื้อเพลิง	34,575,545
- ค่าสาธารณูปโภค	1,437,064.07
- ค่าจ้างแรงงาน	2,056,986
- ค่าบำรุงรักษา	6,000,000
- รวม	44,069,595.07
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	103,503,133.70
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	59,433,538.63

จากตารางสามารถสรุปได้ว่าเมื่อค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานมาหักออกจากผลประโยชน์รายปี คือ ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน แล้วจะพบว่ามีผลประโยชน์สุทธิรายปีอยู่ที่ 59,433,538.63 บาท ต่อปีจากการลงทุนสร้างระบบแกสิฟิเคชันขนาดกลางราคา 71,000,000 บาท ในปีแรก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.27 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- ค่าระบบ	60,000,000
- ค่าติดตั้ง	6,000,000
- ค่าอาคาร	5,000,000
- รวม	71,000,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- ค่าเชื้อเพลิง	65,077,865
- ค่าสาธารณูปโภค	1,437,064.07
- ค่าจ้างแรงงาน	2,056,986
- ค่าบำรุงรักษา	6,000,000
- รวม	74,571,915.07
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	201,283,726.40
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	126,711,811.33

จากตารางสามารถสรุปได้ว่าเมื่อค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานมาหักออกจากผลประโยชน์รายปี คือ ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน แล้วจะพบว่ามีผลประโยชน์สุทธิรายปีอยู่ที่ 126,711,811.33 บาทต่อปีจากการลงทุนสร้างระบบแกสิฟิเคชันขนาดกลางราคา 71,000,000 บาท ในปีแรก

สรุป

จากการคำนวณโครงการที่ใช้เงินลงทุนจำนวนเท่ากันในระบบแกสิฟิเคชันขนาดใหญ่ที่เหมาะสมกับโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์ใหญ่แล้วพบว่าผลประโยชน์สุทธิรายปีของเชื้อเพลิงประเภทถ่านหินแอนทราไซท์มีค่ามากที่สุดคือ 126,711,811.33 บาทต่อปี รองมาคือเชื้อเพลิงประเภทชีวมวลอ้อยที่มีค่าผลประโยชน์สุทธิรายปี 59,433,538.63 บาทต่อปี และน้อยที่สุดคือ
ชีวมวลประเภทฟางข้าวที่มีค่าผลประโยชน์สุทธิรายปี 39,116,864.05บาทต่อปี

5.2.ผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์

- โรงงานขนาดเล็ก

ตารางที่ 5.28 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	-4,052,372.28 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	3,000,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	-7,052,372.28 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	-1.35
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	0
ระยะเวลาคืนทุน	-

ตารางที่ 5.29 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	5,721,453.89 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	3,000,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	2,721,453.89 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	1.90
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	16%
ระยะเวลาคืนทุน	5.98 ปี หรือ 6 ปี

ตารางที่ 5.30 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์
ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	38,087,286.11 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	3,000,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	35,087,286.11 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	12.69
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	110%
ระยะเวลาคืนทุน	0.91 ปี หรือ 11 เดือน

- โรงงานขนาดกลาง

ตารางที่ 5.31 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์
ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	89,766,347.27 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	21,800,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	67,966,347.27บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	4.12
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	36%
ระยะเวลาคืนทุน	2.78 ปี หรือ 2 ปี 10 เดือน

ตารางที่ 5.32 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์
ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	148,097,570.19 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	21,800,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	126,297,570.19 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	6.79
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	59%
ระยะเวลาคืนทุน	1.69 ปี หรือ 1 ปี 9 เดือน

ตารางที่ 5.33 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์
ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	342,500,411.10 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	21,800,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	320,700,411.10 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	15.71
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	136%
ระยะเวลาคืนทุน	0.73 ปี หรือ 9 เดือน

- โรงงานขนาดใหญ่

ตารางที่ 5.34 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	449,898,929.97 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	71,000,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	378,898,929.97 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	6.34
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	55%
ระยะเวลาคืนทุน	1.81 ปี หรือ 1ปี 10 เดือน

ตารางที่ 5.35 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่

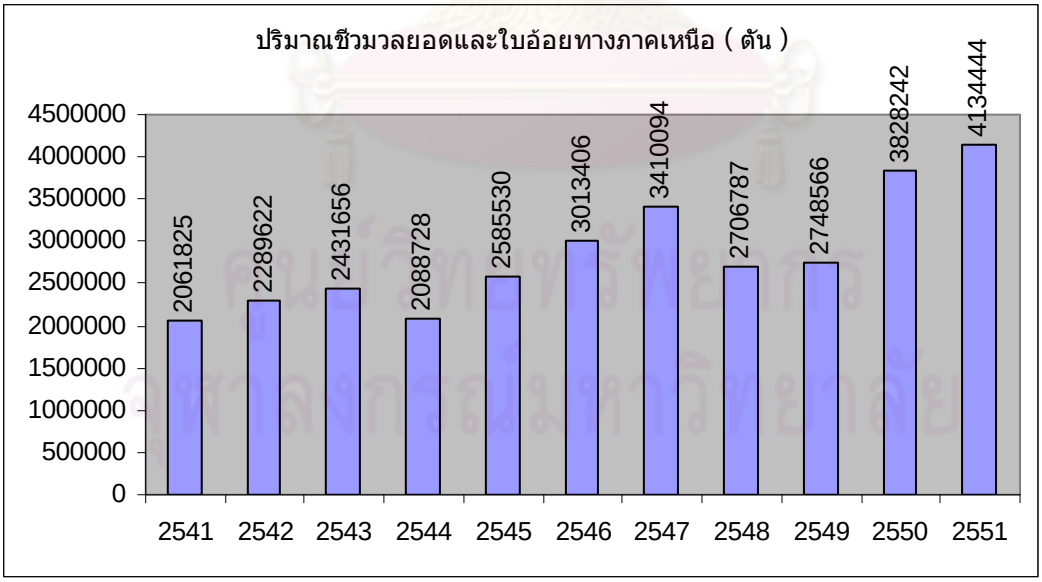
ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	684,470,765.57 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	71,000,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	613,470,765.57 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	9.64
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	84%
ระยะเวลาคืนทุน	1.19 ปี หรือ 1ปี 3 เดือน

ตารางที่ 5.36 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์
ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่

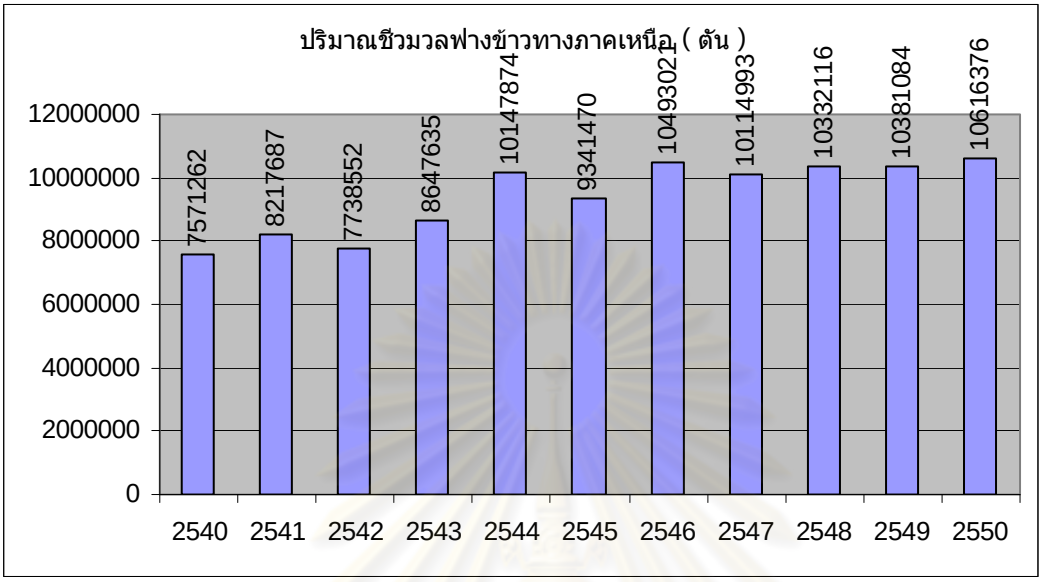
ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	1,461,250,836.59 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	71,000,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	1,390,250,836.59 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	20.58
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	178%
ระยะเวลาคืนทุน	0.56 ปี หรือ 7 เดือน

5.3 การวิเคราะห์ปริมาณชีวมวลในการใช้เป็นเชื้อเพลิงในระบบแกสิฟิเคชัน

จากข้อมูลในเบื้องต้นที่ทำให้ทราบข้อมูลปริมาณชีวมวลที่มีอยู่ในภาคเหนือโดยทราบถึงชีวมวลที่มีศักยภาพในการนำมาใช้คือชีวมวลที่ได้จากยอดและใบอ้อยและชีวมวลจากฟางข้าวโดยมีปริมาณชีวมวลดังรูปที่แสดงต่อไปนี้



รูปที่ 5.1 รูปแสดงแผนภูมิปริมาณชีวมวลยอดและใบอ้อยทางภาคเหนือ



รูปที่ 5.2 รูปแสดงแผนภูมิปริมาณชีวมวลฟางข้าวทางภาคเหนือ

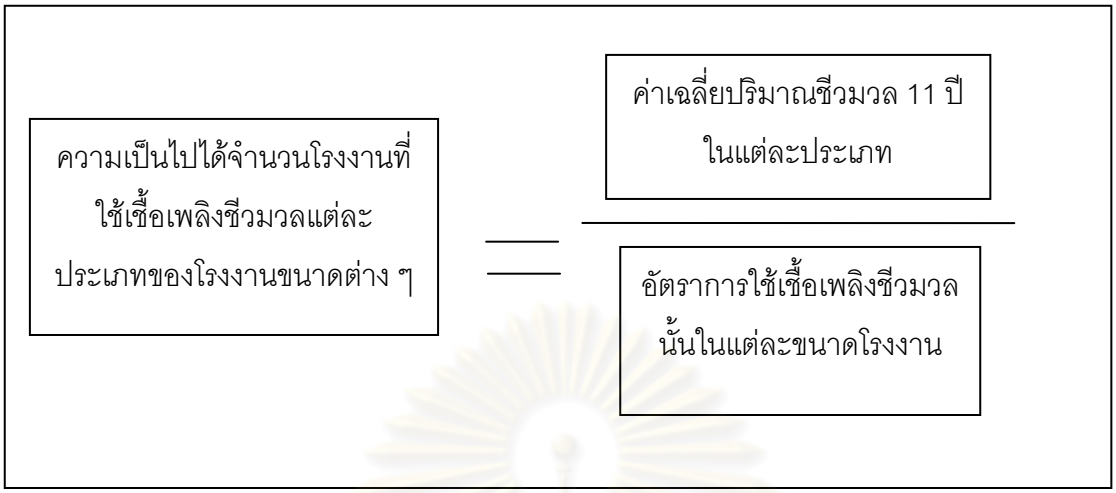
การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการใช้ชีวมวล

เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของปริมาณชีวมวลทั้งสองประเภทที่มีการปลูกในระยะเวลา 11 ปี จะได้ค่าปริมาณชีวมวลยอดและใบอ้อยที่ 2,845,354 ตันต่อปี หรือ 2,845,354,000 กิโลกรัมต่อปี และค่าปริมาณชีวมวลฟางข้าวที่ 9,418,370 ตันต่อปี หรือ 9,418,370,000 กิโลกรัมต่อปี

อัตราการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในโรงงานขนาดเล็กในระยะเวลา 1 ปีจะใช้เชื้อเพลิงเท่ากับ 730,000 กิโลกรัม อัตราการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในโรงงานขนาดกลางในระยะเวลา1 ปีจะใช้เชื้อเพลิงเท่ากับ 4,380,000 กิโลกรัม และอัตราการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในโรงงานขนาดใหญ่ในระยะเวลา 1 ปีจะใช้เชื้อเพลิงเท่ากับ 17,520,000 กิโลกรัม

ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลที่จะสามารถนำมาใช้ในโรงงานแต่ละขนาดอุตสาหกรรมโดยคิดจากปริมาณเชื้อเพลิงเฉลี่ย 11 ปีเป็นตัวตั้งแล้วหารด้วยอัตราการใช้เพลิงของแต่ละขนาดโรงงานอุตสาหกรรม

วิธีการคำนวณ



รูปที่ 5.3 แสดงวิธีการคำนวณความเป็นไปได้จำนวนโรงงานที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลแต่ละประเภทของโรงงานขนาดต่าง ๆ

ตารางที่ 5.37 ตารางแสดงจำนวนโรงงานขนาดเล็กจากการคำนวณความเป็นไปได้ในการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล

ความเป็นไปได้ในการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล ของโรงงานขนาดเล็ก	
ชีวมวลยอดและใบอ้อย	ชีวมวลฟางข้าว
3,897 โรงงาน	12,901 โรงงาน

ตารางที่ 5.38 ตารางแสดงจำนวนโรงงานขนาดกลางจากการคำนวณความเป็นไปได้ในการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล

ความเป็นไปได้ในการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล ของโรงงานขนาดกลาง	
ชีวมวลยอดและใบอ้อย	ชีวมวลฟางข้าว
650 โรงงาน	2,150 โรงงาน

ตารางที่ 5.39 ตารางแสดงจำนวนโรงงานขนาดใหญ่จากการคำนวณความเป็นไปได้ในการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล

ความเป็นไปได้ในการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล ของโรงงานขนาดใหญ่	
ชีวมวลยอดและใบอ้อย	ชีวมวลฟางข้าว
162 โรงงาน	538 โรงงาน

โดยตารางด้านบนแสดงให้เห็นความเป็นไปได้ของจำนวนโรงงานที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลแต่ละประเภทของโรงงานขนาดต่าง ๆ ข้อมูลแสดงให้เห็นว่าปริมาณเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีอยู่ในภาคเหนือของประเทศไทยมีเพียงพอที่จะใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิส์แต่ละขนาดเป็นจำนวนเท่าใด

โดยในปัจจุบันอุตสาหกรรมเซรามิกส์ส่วนใหญ่จะอยู่ในบริเวณ 2 จังหวัด คือ จังหวัดลำปางและจังหวัดเชียงใหม่ รวมทั้งสิ้น 225 โรงงาน โดยแบ่งเป็น โรงงานขนาดเล็ก 183 โรงงาน โรงงานขนาดกลาง 34 โรงงาน และโรงงานขนาดใหญ่ 8 โรงงาน เมื่อทำการคำนวณหากมีการใช้ชีวมวลในกลุ่มอุตสาหกรรมเซรามิกส์ประเภทเครื่องเคลือบจานชามของที่ระลึกทั้งหมดที่มีในปัจจุบัน จะมีปริมาณการใช้ดังตารางที่ 5.40

วิธีคำนวณ

จำนวนโรงงานแต่ละขนาด x อัตราใช้เชื้อเพลิงแต่ละขนาด = การใช้ชีวมวลในแต่ละขนาดโรงงาน

ตารางที่ 5.40 ตารางแสดงการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลที่นำมาใช้ทั้งหมด 225 โรงงานเซรามิกส์ทางภาคเหนือของประเทศไทย

ขนาดโรงงาน	จำนวนโรงงาน	การใช้ชีวมวลในแต่ละขนาดโรงงาน (กิโลกรัม)
โรงงานเซรามิกส์ขนาดเล็ก	138	100,740,000
โรงงานเซรามิกส์ขนาดกลาง	34	148,920,000
โรงงานเซรามิกส์ขนาใหญ่	8	140,160,000
ผลรวม	225	389,820,000

ผลรวมของประมาณชีวมวลประเภทฟางข้าวและชีวมวลยอดและใบอ้อยทางภาคเหนือของประเทศไทยมีอยู่ถึง 12,263,724,000 กิโลกรัม ซึ่งมากกว่าปริมาณการใช้ชีวมวลทั้งหมด 225 โรงงาน หากมีการใช้ชีวมวลในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ทางภาคเหนือของประเทศไทยทั้งหมดโดยใช้ระบบแกสิฟิเคชันที่นำมาวิเคราะห์ จะมีการใช้เชื้อเพลิงอยู่ที่ 389,820,000 กิโลกรัม

5.4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการทางการเงิน (Sensitivity analysis)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการต่อการเปลี่ยนแปลง (Sensitivity analysis) เป็นการวิเคราะห์โครงการภายใต้สภาพความไม่แน่นอนซึ่งจะมีผลทำให้ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการเปลี่ยนแปลงไป ทำให้ค่าของเกณฑ์ในการตัดสินใจที่ใช้วัดค่าความคุ้มค่าของโครงการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการวิเคราะห์โครงการตามกรณีต่าง ๆ ดังนี้

กรณีที่ 1 เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายในการลงทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เพิ่มขึ้น 20 % จากค่าใช้จ่ายเดิม

กรณีที่ 2 เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพของระบบผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเตาแก-สิฟิเคชันจาก 75% ลดลง เหลือ 60% จะส่งผลให้ผลประโยชน์จากการใช้เชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทนลดลงจากผลประโยชน์เดิม 20 %

กรณีที่ 3 เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพของระบบผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเตาแก-สิฟิเคชันจาก 75% ลดลง เหลือ 50% จะส่งผลให้ผลประโยชน์จากการใช้เชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทนลดลงจากผลประโยชน์เดิม 33.33 %

กรณีที่ 4 เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพของระบบผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเตาแก-สิฟิเคชันจาก 75% ลดลง เหลือ 37.5% จะส่งผลให้ผลประโยชน์จากการใช้เชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทนลดลงจากผลประโยชน์เดิม 50 %

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์กรณีที่ 1

- **โรงงานขนาดเล็ก**

ตารางที่ 5.41 แสดงราคาต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	3,000,000
- รวมใหม่	3,600,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	4,029,733.23
- รวมใหม่	4,835,679.87
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	3,685,102.42
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	-1,150,577.45

ตารางที่ 5.42 แสดงราคาต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	3,000,000
- รวมใหม่	3,600,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	3,810,733.23
- รวมใหม่	4,572,879.87
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	4,312,630.50
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	-260,249.37

ตารางที่ 5.43 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	3,000,000
- รวมใหม่	3,600,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	5,081,663.23
- รวมใหม่	6,097,995.87
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	8,386,821.51
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	2,288,825.64

- **โรงงานขนาดกลาง**

ตารางที่ 5.44 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดกลาง

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	21,800,000
- รวมใหม่	26,160,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	14,298,636.04
- รวมใหม่	17,158,363.25
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	22,110,614.79
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	4,952,251.54

ตารางที่ 5.45 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดกลาง

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	21,800,000
- รวมใหม่	26,160,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	12,984,636.04
- รวมใหม่	15,581,563.25
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	25,875,783.44
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	10,294,220.19

ตารางที่ 5.46 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดกลาง

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	21,800,000
- รวมใหม่	26,160,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	20,610,216.04
- รวมใหม่	24,732,259.25
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	50,320,931.54
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	25,588,672.29

- **โรงงานขนาดใหญ่**

ตารางที่ 5.47 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดใหญ่

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	71,000,000
- รวมใหม่	85,200,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	49,325,595.07
- รวมใหม่	59,190,714.08
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	88,442,459.12
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	29,251,745.04

ตารางที่ 5.48 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดใหญ่

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	71,000,000
- รวมใหม่	85,200,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	44,069,595.07
- รวมใหม่	52,883,514.08
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	103,503,133.70
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	50,619,619.62

ตารางที่ 5.49 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	71,000,000
- รวมใหม่	85,200,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	74,571,915.07
- รวมใหม่	89,486,298.08
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	201,283,726.40
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	111,797,428.32

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการกรณีที่ 1

- **โรงงานขนาดเล็ก**

ตารางที่ 5.50 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	-13,372,322.32บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	3,600,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	-16,972,322.32 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	มีค่าติดลบ
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	0

ตารางที่ 5.51 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์
ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	-3,092,791.04บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	3,600,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	-6,692,791.04 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	มีค่าติดลบ
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	0

ตารางที่ 5.52 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์
ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	26,338,265.80 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	3,600,000บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	22,738,265.80 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	7.31
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	64%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- **โรงงานขนาดกลาง**

ตารางที่ 5.53 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	56,538,067.71 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	26,160,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	30,378,067.71 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	2.16
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	19%

ตารางที่ 5.54 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	118,215,257.40 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	26,160,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	92,055,257.40 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	4.52
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	39%

ตารางที่ 5.55 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์
ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	294,801,621.94 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	26,160,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	268,641,621.94 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	11.27
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	98%

- **โรงงานขนาดใหญ่**

ตารางที่ 5.56 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์
ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	335,651,297.79 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	85,200,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	250,451,297.79 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	3.94
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	34%

ตารางที่ 5.57 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์
ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	582,360,056.32 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	85,200,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	497,160,056.32 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	6.84
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	59%

ตารางที่ 5.58 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์
ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	1,288,705,517.94 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	85,200,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	1,203,505,517.94 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	15.13
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	131%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์กรณีที่ 2

- **โรงงานขนาดเล็ก**

ตารางที่ 5.59 แสดงราคาต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	3,000,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	4,029,733.23
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	3,685,102.42
- ผลประโยชน์ใหม่	2,948,081.93
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	-1,081,651.30

ตารางที่ 5.60 แสดงราคาต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	3,000,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	3,810,733.23
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	4,312,630.50
- ผลประโยชน์ใหม่	3,450,104.40
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	-360,628.83

ตารางที่ 5.61 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	3,000,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	5,081,663.23
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	8,386,821.51
- ผลประโยชน์ใหม่	6,709,457.20
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	1,627,793.97

- โรงงานขนาดกลาง

ตารางที่ 5.62 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดกลาง

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	21,800,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	14,298,636.04
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	22,110,614.79
- ผลประโยชน์ใหม่	17,688,491.83
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	3,389,855.79

ตารางที่ 5.63 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดกลาง

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	21,800,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	12,984,636.04
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	25,875,783.44
- ผลประโยชน์ใหม่	20,700,626.75
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	7,715,990.71

ตารางที่ 5.64 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดกลาง

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	21,800,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	20,610,216.04
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	50,320,931.54
- ผลประโยชน์ใหม่	40,256,745.23
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	19,646,529.19

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- โรงงานขนาดใหญ่

ตารางที่ 5.65 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดใหญ่

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	71,000,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	49,325,595.07
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	88,442,459.12
- ผลประโยชน์ใหม่	70,753,967.3
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	21,428,372.23

ตารางที่ 5.66 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดใหญ่

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	71,000,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	44,069,595.07
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	103,503,133.70
- ผลประโยชน์ใหม่	82,802,506.96
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	38,732,911.89

ตารางที่ 5.67 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	71,000,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	74,571,915.07
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	201,283,726.40
- ผลประโยชน์ใหม่	161,026,981.10
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	86,455,066.03

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการกรณีที่ 2

- โรงงานขนาดเล็ก

ตารางที่ 5.68 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	-12,561,848.01 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	3,000,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	-15,561,848.01 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	มีค่าติดลบ
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	0

ตารางที่ 5.69 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	- 5,237,081.88 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	3,000,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	-7,237,081.88 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	มีค่าติดลบ
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	0

ตารางที่ 5.70 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	18,720,808.41บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	3,000,000บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	15,720,808.41บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	6.24
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	54 %

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- โรงงานขนาดกลาง

ตารางที่ 5.71 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	38,605,580.66 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	21,800,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	16,805,580.66 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	1.77
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	15%

ตารางที่ 5.72 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	88,554,178.55 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	21,800,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	66,754,178.55 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	4.06
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	35%

ตารางที่ 5.73 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์
ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	226,301,539.72 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	21,800,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	204,501,539.72 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	10.38
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	90%

- โรงงานขนาดใหญ่

ตารางที่ 5.74 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์
ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	245,671,511.80 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	71,000,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	174,671,511.80 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	3.46
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	30%

ตารางที่ 5.75 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์
ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	445,465,903.16 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	71,000,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	374,465,903.16 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	6.27
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	55%

ตารางที่ 5.76 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์
ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	996,455,350.35 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	71,000,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	925,455,350.35 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	14.03
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	122%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์กรณีที่ 3

- **โรงงานขนาดเล็ก**

ตารางที่ 5.77 แสดงราคาต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	3,000,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	4,029,733.23
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	3,685,102.42
- ผลประโยชน์ใหม่	2,432,167.60
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	-1,597,565.63

ตารางที่ 5.78 แสดงราคาต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	3,000,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	3,810,733.23
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	4,312,630.50
- ผลประโยชน์ใหม่	2,846,336.13
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	-964,397.10

ตารางที่ 5.79 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	3,000,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	5,081,663.23
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	8,386,821.51
- ผลประโยชน์ใหม่	5,535,302.20
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	453,638.97

- โรงงานขนาดกลาง

ตารางที่ 5.80 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดกลาง

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	21,800,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	14,298,636.04
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	22,110,614.79
- ผลประโยชน์ใหม่	14,593,005.76
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	294,369.72

ตารางที่ 5.81 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดกลาง

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	21,800,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	12,984,636.04
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	25,875,783.44
- ผลประโยชน์ใหม่	17,078,017.07
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	4,093,381.03

ตารางที่ 5.82 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดกลาง

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	21,800,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	20,610,216.04
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	50,320,931.54
- ผลประโยชน์ใหม่	33,211,814.82
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	12,601,598.78

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- โรงงานขนาดใหญ่

ตารางที่ 5.83 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดใหญ่

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	71,000,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	49,325,595.07
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	88,442,459.12
- ผลประโยชน์ใหม่	58,372,023.02
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	9,046,427.95

ตารางที่ 5.84 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดใหญ่

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	71,000,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	44,069,595.07
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	103,503,133.70
- ผลประโยชน์ใหม่	68,312,068.24
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	24,242,473.17

ตารางที่ 5.85 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	71,000,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	74,571,915.07
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	201,283,726.40
- ผลประโยชน์ใหม่	132,847,259.42
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	58,275,344.35

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการกรณีที่ 3

- โรงงานขนาดเล็ก

ตารางที่ 5.86 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	-16,805,468.83 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	3,000,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	-19,805,468.83 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	มีค่าติดลบ
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	0

ตารางที่ 5.87 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	-11,208,056.92 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	3,000,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	-14,208,056.92 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	มีค่าติดลบ
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	0

ตารางที่ 5.88 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	5,164,274.22 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	3,000,000บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	2,164,274.22 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	1.72
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	15%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- โรงงานขนาดกลาง

ตารางที่ 5.89 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	2,865,782.46 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	21,800,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	-18,934,217.54 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	มีค่าติดลบ
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	0

ตารางที่ 5.90 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	46,728,327.63 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	21,800,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	24,928,327.63 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	2.14
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	19%

ตารางที่ 5.91 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์
ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	144,962,329.82 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	21,800,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	123,162,329.82 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	6.64
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	58%

- โรงงานขนาดใหญ่

ตารางที่ 5.92 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์
ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	102,712,319.01 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	71,000,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	31,712,319.01 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	1.45
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	12%

ตารางที่ 5.93 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์
ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	278,162,499.46 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	71,000,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	207,162,499.46 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	3.91
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	34%

ตารางที่ 5.94 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์
ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	671,098,510.32 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	71,000,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	600,098,510.32 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	9.45
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	82%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์กรณีที่ 4

- **โรงงานขนาดเล็ก**

ตารางที่ 5.95 แสดงราคาต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	3,000,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	4,029,733.23
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	3,685,102.42
- ผลประโยชน์ใหม่	1,842,551.21
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	-2,187,182.02

ตารางที่ 5.96 แสดงราคาต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	3,000,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	3,810,733.23
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	4,312,630.50
- ผลประโยชน์ใหม่	2,156,315.25
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	-1,654,417.98

ตารางที่ 5.97 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	3,000,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	5,081,663.23
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	8,386,821.51
- ผลประโยชน์ใหม่	4,193,410.76
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	-888,252.48

- โรงงานขนาดกลาง

ตารางที่ 5.98 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดกลาง

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	21,800,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	14,298,636.04
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	22,110,614.79
- ผลประโยชน์ใหม่	11,055,307.40
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	-3,243,328.65

ตารางที่ 5.99 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดกลาง

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	21,800,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	12,984,636.04
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	25,875,783.44
- ผลประโยชน์ใหม่	12,937,891.72
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	-46,744.32

ตารางที่ 5.100 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดกลาง

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	21,800,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	20,610,216.04
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	50,320,931.54
- ผลประโยชน์ใหม่	25,160,465.77
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	4,550,249.73

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- โรงงานขนาดใหญ่

ตารางที่ 5.101 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดใหญ่

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	71,000,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	49,325,595.07
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	88,442,459.12
- ผลประโยชน์ใหม่	44,221,229.56
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	-5,104,365.51

ตารางที่ 5.102 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ของโรงงานขนาดใหญ่

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	71,000,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	44,069,595.07
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	103,503,133.70
- ผลประโยชน์ใหม่	51,751,566.85
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	7,681,971.78

ตารางที่ 5.103 แสดงราคาต้นทุนใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
- รวมเดิม	71,000,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	
- รวมเดิม	74,571,915.07
ผลประโยชน์	
- ราคาเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ทดแทน	201,283,726.40
- ผลประโยชน์ใหม่	100,641,863.20
ผลประโยชน์สุทธิรายปี	26,069,948.13

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการกรณีที่ 4

- โรงงานขนาดเล็ก

ตารางที่ 5.104 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	-25,326,061.43 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	3,000,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	-28,326,061.43 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	มีค่าติดลบ
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	0

ตารางที่ 5.105 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	-19,174,885.54 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	3,000,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	-22,174,885.54 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	มีค่าติดลบ
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	0

ตารางที่ 5.106 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	-10,328,907.96 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	3,000,000บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	-13,328,907.96 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	มีค่าติดลบ
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- โรงงานขนาดกลาง

ตารางที่ 5.107 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	-37,979,701.24 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	21,800,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	-59,779,701.24 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	มีค่าติดลบ
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	0

ตารางที่ 5.108 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	-1,072,644.88 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	21,800,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	-22,872,644.88 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	มีค่าติดลบ
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	0

ตารางที่ 5.109 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์
ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลาง

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	52,003,232.69 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	21,800,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	30,203,232.69 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	2.39
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	21%

- โรงงานขนาดใหญ่

ตารางที่ 5.110 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์
ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	-60,669,615.57 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	71,000,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	-131,669,615.57 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	มีค่าติดลบ
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	0

ตารางที่ 5.111 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	86,958,609.56 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	71,000,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	15,958,609.56 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	1.22
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	10%

ตารางที่ 5.112 แสดงผลการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่

ค่าทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	299,262,121.55 บาท
มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC)	71,000,000 บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	228,262,121.55 บาท
อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	4.21
อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR)	37%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการทั้ง 4 กรณี พบว่ากรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 มีเพียง 2 โครงการที่ไม่คุ้มค่ากับการลงทุนคือให้ โรงงานขนาดเล็กที่ใช้ใช้เชื้อเพลิงจากชีวมวลฟางข้าวและชีวมวลยอดและใบอ้อย และค่าอัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) และอัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR) ลดลงจากเดิมแต่ยังคงคุ้มค่าต่อการลงทุน ในกรณีที่ 3 พบว่าโครงการที่ใช้ชีวมวลฟางข้าวในโรงงานขนาดกลางไม่คุ้มค่าในการลงทุนเพิ่มขึ้นมาอีกหนึ่งโครงการ ส่วนในกรณีที่ 4 จะเหลือโครงการที่คุ้มค่าต่อการลงทุนเพียงสามโครงการคือ การใช้ถ่านหินในโรงงานขนาดกลาง การใช้ถ่านหินในโรงงานขนาดใหญ่ และการใช้ชีวมวลยอดและใบอ้อยในโรงงานขนาดใหญ่ จึงสามารถสรุปโครงการที่มีผลประโยชน์สุทธิรายปีต่ำจะเริ่มมีแนวโน้มไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนเมื่อค่าประสิทธิภาพของระบบผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเตาแกสิฟิเคชันลดลง และจะเริ่มส่งผลชัดเจนเมื่อประสิทธิภาพของระบบผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเตาแกสิฟิเคชันลดลงอยู่ที่ 37.5% ดังเช่นในกรณีที่ 4 ที่มีเพียงสามโครงการที่คุ้มค่ากับการลงทุน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปงานวิจัย

6.1 สรุปงานวิจัย

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เป็นอุตสาหกรรมที่ต้องใช้เชื้อเพลิงจาก แก๊สธรรมชาติ แก๊สปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas : LPG) และพลังงานจากไฟฟ้า ในการเผาและการอบ โดยพลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่ในกระบวนการผลิต คือ กระบวนการอบแห้ง กระบวนการอบไล่ความชื้นและกระบวนการเผาเคลือบ ซึ่งปัจจุบันใช้เตาเผาที่ใช้แก๊สเชื้อเพลิงเป็นเชื้อเพลิงเป็นส่วนมาก และราคาแก๊สเชื้อเพลิงจะขึ้นอยู่กับราคาน้ำมันในตลาดโลก

หากสามารถลดการใช้ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตลงได้โดยการใช้ชีวมวลที่มีอยู่ในประเทศ หรือถ่านหินที่ให้พลังงานความร้อนสูงเมื่อเทียบกับราคาน้ำมันหรือแก๊สเชื้อเพลิงในปัจจุบันก็จะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงได้ในปริมาณมาก หากแต่เชื้อเพลิงเหล่านี้อยู่ในรูปของแข็งซึ่ง ไม่สะดวกในการนำมาใช้งานเพื่อเป็นพลังงานให้ความร้อนในแบบการเผาไหม้โดยตรง ซึ่งจะได้ประสิทธิภาพของความร้อนได้ไม่เต็มที่ และก่อให้เกิดมลพิษตามมาอย่างมากมาย

แกสิฟิเคชัน เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งให้กลายเป็นแก๊สเชื้อเพลิงที่มีความสะอาดกว่าการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งโดยตรง เนื่องจากเตาปฏิกรณ์แกสิฟิเคชันที่มีการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาในที่ที่มีออกซิเจนจำกัด ไม่ให้มีการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ทำให้เกิดสารมลพิษจำนวนน้อยกว่าการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ อีกทั้งกระบวนการนี้ไม่หลักการยุ่งยากการในเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิงของแข็งให้เป็นแก๊สเชื้อเพลิงและสามารถเกิดภายใต้สภาวะความดันบรรยากาศปกติ

และในการวิจัยนี้ได้ศึกษาพบว่าจังหวัดที่มีการผลิตเซรามิกส์ที่สำคัญทางภาคเหนือคือจังหวัดลำปาง และจังหวัดเชียงใหม่ แต่เนื่องจากจังหวัดลำปางมีจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเซรามิกส์มากกว่าจังหวัดเชียงใหม่เป็นจำนวนมาก จึงอาจจะถือได้ว่า จังหวัดลำปางคือแหล่งผลิตเซรามิกส์ที่สำคัญที่สุดทางภาคเหนือของประเทศไทยได้ ดังนั้นข้อมูลเกี่ยวกับค่าอ้างอิงต่าง ๆ จึงใช้จุดหมายปลายทางคือจังหวัดลำปางเป็นหลักเพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิงเบื้องต้น

จากการศึกษาเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีอยู่ภาคเหนือของประเทศไทยที่มีความสำคัญและมีปริมาณการเพาะปลูกเป็นจำนวนมากแบ่งออกเป็น 6 ชนิดด้วยกัน คือ สับปะรด มันสำปะหลัง ข้อย ถั่วเหลือง ข้าว และ ข้าวโพด และเมื่อทำการคำนวณหาปริมาณชีวมวลจากผลผลิตแล้วพบว่า ชีวมวลประเภทฟางข้าว และชีวมวลประเภทยอดและใบอ้อย มีปริมาณที่มากที่สุดคือ และเมื่อคิดถึงค่าพลังงานความร้อนคงเหลือที่ได้จากการนำเอาค่าความร้อนจากชีวมวลคูณกับปริมาณ

ชีวมวลที่มีแล้วจะพบว่าชีวมวลทั้งสองประเภทนี้มีค่าความร้อนที่มากที่สุดจึงสามารถสรุปได้ว่าเชื้อเพลิงที่มีศักยภาพในการนำมาใช้คือเชื้อเพลิงทั้งสองประเภทนี้

จากการศึกษาเชื้อเพลิงถ่านหิน ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนสูงเมื่อเทียบกับราคาขายในยุคปัจจุบันที่ราคาน้ำมันและแก๊สเชื้อเพลิงที่ใช้ในการให้พลังงานปรับตัวสูงขึ้น อีกทั้งทางภาคเหนือของประเทศไทย ยังมีแหล่งถ่านหินที่มีขนาดใหญ่และสำคัญมากคือ แหล่งถ่านหินแม่เมาะ แต่จากการศึกษาพบว่าถ่านหินแม่เมาะไม่มีการจำหน่ายให้กับผู้บริโภคเนื่องจาก แหล่งถ่านหินแม่เมาะนี้ใช้ในการผลิตไฟฟ้าเท่านั้นไม่มีการอนุญาตให้มีการจำหน่ายเอกชนหรือบริษัทต่าง ๆ ในส่วนเหมืองถ่านหิน อื่น ๆ ที่มีอยู่ในภาคเหนือส่วนใหญ่ แล้วเป็นเหมืองถ่านหินคุณภาพลิกไนต์หรือคุณภาพต่ำกว่าลิกไนต์ซึ่งได้ปิดเหมืองลงเป็นจำนวนมากแล้วเนื่องจาก ประสบปัญหาขาดทุนในการดำเนินการ เนื่องจากถ่านหินนำเข้าที่มี คุณสมบัติใกล้เคียงมีราคาต่ำกว่า

เนื่องด้วยปัญหามลพิษจากโรงไฟฟ้าถ่านหินแม่เมาะที่เคยเกิดขึ้นในจังหวัดลำปางจึงทำให้ชาวบ้านชุมชนต่อต้านการใช้ถ่านหินที่มีคุณภาพแย่ ขาดการจัดการทางด้านมลพิษซึ่งส่งผลทำให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศแก่ชุมชนชาวบ้านโดยรอบ ทางเลือกในการใช้ถ่านหินในจังหวัดนี้คือการใช้ ถ่านหินที่มีคุณภาพสูงให้พลังงานความร้อนสูงและมีสารปนเปื้อนน้อยซึ่งถ่านหินที่เหมาะสำหรับการใช้คือ ถ่านหินประเภทแอนทราไซท์ ซึ่งไม่มีการผลิตหรือจัดจำหน่ายในประเทศมีแต่เพียงการนำเข้าเท่านั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าเชื้อเพลิงประเภทถ่านหินที่นำมาศึกษาคือถ่านหินนำเข้าประเภทแอนทราไซท์

การวิเคราะห์โครงการทางด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์โครงการด้านเศรษฐศาสตร์ของการใช้ระบบแกสิฟิเคชันมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในงานวิจัย ได้แบ่งองค์ประกอบค่าใช้จ่ายเป็น 2 ประเภท คือค่าใช้จ่ายในการลงทุน และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ส่วนองค์ประกอบของรายได้หรือผลประโยชน์ของโครงการ คือ รายรับที่ได้จากการใช้พลังงานของเชื้อเพลิงทางเลือก ทั้ง 3 ชนิด คือ ชีวมวลประเภทฟางข้าว ชีวมวลประเภทยอดและใบอ้อย และถ่านหินแอนทราไซท์ ที่นำมาใช้แทนค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงแก๊ส LPG ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ในการวิเคราะห์เลือกใช้ระบบแกสิฟิเคชันตามขนาดของโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์แต่ละขนาดจะพิจารณาอัตราการใช้เชื้อเพลิง LPG ในแต่ละขนาดโรงงานมีจำนวนใกล้เคียงกับอัตราการผลิตโปรดิวเซอร์แก๊ส ซึ่งพบว่าโรงงานขนาดเล็กควรใช้ระบบแกสิฟิเคชันขนาดเล็ก โรงงานขนาดกลางควรใช้ระบบแกสิฟิเคชันขนาดกลาง และโรงงานขนาดใหญ่ควรใช้ระบบแกสิฟิเคชันขนาดใหญ่ตามข้อมูลเบื้องต้นในบทที่ 4 ว่าด้วยการเลือกขนาดระบบแกสิฟิเคชันให้เหมาะสมกับขนาดของอุตสาหกรรมเซรามิกส์

การวิเคราะห์โครงการในครั้งนี้ใช้อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 7.375 ต่อปี โดยกำหนดจากอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ที่โครงการกู้ยืม จากผลการคำนวณสามารถนำไปคำนวณตัวชี้วัดต่าง ๆ เพื่อช่วยในการตัดสินใจสำหรับการลงทุนในการใช้ระบบแกสิฟิเคชันมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR) โดยสามารถสรุปผลการวิจัยในครั้งนี้ ได้เป็น 9 กรณีดังนี้

1. ผลจากการวิเคราะห์กรณีการใช้ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ -7,052,372.28 บาท อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) มีค่าเท่ากับ -1.35 อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR) มีค่าเท่ากับ 0 %

2. ผลจากการวิเคราะห์กรณีการใช้ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ 2,721,453.89 บาท อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) มีค่าเท่ากับ 1.90 อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR) มีค่าเท่ากับ 16%ระยะเวลาคืนทุน 6 ปี

3. ผลจากการวิเคราะห์กรณีการใช้ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ 35,087,286.11 บาท อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) มีค่าเท่ากับ 12.69 อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR) มีค่าเท่ากับ 110% ระยะเวลาคืนทุน 11 เดือน

4. ผลจากการวิเคราะห์กรณีการใช้ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลางมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ 67,966,347.27 บาท อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) มีค่าเท่ากับ 4.12 อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR) มีค่าเท่ากับ 36% ระยะเวลาคืนทุน 2 ปี 10 เดือน

5. ผลจากการวิเคราะห์กรณีการใช้ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลางมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ 126,297,570.19 บาท อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) มีค่าเท่ากับ 6.79 อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR) มีค่าเท่ากับ 59% ระยะเวลาคืนทุน 1 ปี 9 เดือน

6. ผลจากการวิเคราะห์กรณีการใช้ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลางมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ 320,700,411.10 บาท อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) มีค่าเท่ากับ 15.71 อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR) มีค่าเท่ากับ 136% ระยะเวลาคืนทุน 9 เดือน

7. ผลจากการวิเคราะห์กรณีการใช้ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ 378,898,929.97 บาท อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) มีค่าเท่ากับ 6.34 อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR) มีค่าเท่ากับ 55% ระยะเวลาคืนทุน 1ปี 10 เดือน

8. ผลจากการวิเคราะห์กรณีการใช้ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ 613,470,765.57 บาท อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) มีค่าเท่ากับ 9.64 อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR) มีค่าเท่ากับ 84% ระยะเวลาคืนทุน 1ปี 3 เดือน

9. ผลจากการวิเคราะห์กรณีการใช้ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ 1,390,250,836.59 บาท อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) มีค่าเท่ากับ 20.58 อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR) มีค่าเท่ากับ 178% ระยะเวลาคืนทุน 7 เดือน

ผลสรุปพบว่าโครงการที่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุดคือการใช้ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่ และโครงการที่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนน้อยที่สุด คือ การใช้การใช้ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังมีโครงการที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุนคือ การใช้ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็ก และจากการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการพบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพของระบบผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเตาแกสิฟิเคชันจาก 75% ลดลงเหลือ 37.5% จะทำให้โครงการต่าง ๆ เริ่มมีความไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนอย่างเห็นได้ชัดเจน

จากข้อมูลสามารถกล่าวได้ว่ากรณีที่ไม่คุ้มค่ากับการลงทุนคือการใช้ระบบแกสิฟิเคชันที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็กเนื่องจากค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานมีค่ามากกว่าผลประโยชน์ที่ได้รับ นอกเหนือจากกรณีแรกพบว่ามีความคุ้มค่าในการลงทุนซึ่งจากข้อมูลผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่าเชื้อเพลิงประเภทถ่านหินมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)และผลตอบแทนของการลงทุน (IRR) สูงกว่าเชื้อเพลิงประเภทชีวมวลทั้งสองชนิดเมื่อเทียบกับการลงทุนในขนาดโรงงานขนาดเท่ากัน ในส่วนชีวมวลพบว่าชีวมวลยอดใบอ้อยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)และผลตอบแทนของการลงทุน (IRR) สูงกว่า ชีวมวลประเภทฟางข้าว

ในส่วนขนาดของระบบ ระบบที่มีขนาดใหญ่สามารถผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สได้มากกว่าระบบขนาดเล็กดังนั้นเมื่อวิเคราะห์การลงทุนกับผลประโยชน์ที่ได้รับพบว่าระบบแกสิฟิเคชันในโรงงานขนาดใหญ่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) และผลตอบแทนของการลงทุน (IRR) สูงกว่า ระบบขนาดเล็กของโรงงานขนาดเล็ก

สามารถกล่าวได้ว่าเชื้อเพลิงที่มีศักย์ภาพในการให้ผลตอบแทนที่มากที่สุดคือ ถ่านหิน เนื่องจากสามารถผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สมาทดแทนแก๊ส LPG ได้มากและราคาในกาจัดซื้อที่มีค่าไม่สูงมาก ในส่วนของเชื้อเพลิงประเภทชีวมวล ชีวมวลประเภทยอดและใบอ้อยมีศักย์ภาพในการให้ผลตอบแทนที่มากกว่าชีวมวลประเภทฟางข้าว จึงสามารถเรียงลำดับศักย์ภาพในการให้ผลตอบแทนได้ดังนี้ อันดับที่หนึ่ง คือ ถ่านหิน อันดับที่สอง คือ ชีวมวลประเภทยอดและใบอ้อย อันดับที่สามคือ ชีวมวลประเภท ฟางข้าว และ ระบบแกสิฟิเคชันที่มีขนาดใหญ่ในโรงงานขนาดใหญ่จะให้ผลประโยชน์ที่ได้รับมากกว่าระบบแกสิฟิเคชันขนาดเล็กในโรงงานขนาดเล็ก

6.2 สมมุติฐานของงานวิจัย

1.งานวิจัยนี้ไม่ได้นำค่าการกำจัดขี้เถ้าจากการใช้เชื้อเพลิงเนื่องจากสามารถที่จะนำมาใช้ประโยชน์เพื่อเป็นรายรับให้แก่โครงการได้ในการทำแท่งคาร์บอนดูดซับสารในกรณีที่เชื้อเพลิงที่ใช้เป็นชีวมวล หรือนำมาใช้เป็นสารผสมในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ที่สามารถใช้เถ้าลอยจากเชื้อเพลิงที่เป็นถ่านหินได้

2.สาเหตุในการ กำหนดค่าดอกเบี้ยอยู่ที่ 7.37 เนื่องจากเริ่มงานวิจัยทำการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์จากแกสิฟิเคชั้นในปี พ.ศ.2551 จึงใช้อัตราดอกเบี้ยในขณะนั้น อีกทั้งดอกเบี้ยที่ใช้ในงานวิจัยที่ได้อ้างอิงเป็นการลงทุนตั้งโรงไฟฟ้าที่ใช้เทคโนโลยีจากแกสิฟิเคชันในการนำเชื้อเพลิงจากเปลือกไม้และเศษไม้ยูคาลิปตัสมาใช้ประโยชน์เช่นเดียวกับงานวิจัยนี้ที่ได้นำชีวมวลจากฟางข้าวและชีวมวลจากยอดและใบอ้อยมาใช้เป็นพลังงานทดแทน

3.สาเหตุที่มีการอ้างถึงปริมาณผลผลิตย้อนหลังทางการเกษตร 11 ปี เพื่อเป็นการชี้ให้เห็นถึงประมาณการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตรที่สามารถนำมาใช้เป็นชีวมวลให้พลังงาน เนื่องจากพื้นที่ทางการเพาะปลูกในบริเวณพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยมีพื้นที่จำกัดชีวมวลที่นำมาใช้ได้จึงมีปริมาณที่จำกัดเช่นเดียวกัน ดังนั้นหากไม่มีการลดพื้นที่การเกษตรจากกลุ่มอุตสาหกรรมหรือกลุ่มที่อยู่อาศัยปริมาณผลผลิตโดยรวมทางการเกษตรในอนาคตนั้นจะมีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละปี โดยการเปลี่ยนแปลงจะเกิดจากเกษตกรเลือกปลูกพืชชนิดพืชชนิดเดิม

4.งานวิจัยนี้ได้ทำการเลือกบริษัทที่ให้ราคาในการผลิตระบบแกสิฟิเคชันมาเพียงหนึ่งบริษัทเนื่องจากบริษัทนี้มีการผลิตระบบแกสิฟิเคชันที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีแกสิฟิเคชันมากจากต่างประเทศที่มีความรู้ในระบบนี้มากอีกทั้งเป็นบริษัทที่เป็นที่ยอมรับวงการธุรกิจโดยมีบริษัทแม่ที่ก่อตั้งมายาวนาน และมีการสร้างระบบที่แตกต่างกันตามขนาดและกำลังการใช้ในแต่ละโรงงานอุตสาหกรรมมีค่าการจัดจำหน่ายที่แน่นอนจึงเหมาะสำหรับการอ้างอิง

5.การใช้ราคาอ้างอิงถ่านหินแอนทราไซท์ในแต่ละเดือนของปี พ.ศ.2552 จำนวน 9 เดือน โดยนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยของเชื้อเพลิงนั้นเพื่อแสดงถึงราคาถ่านหินในปัจจุบันว่ามีมูลค่าใน

การจำหน่ายอยู่ที่เท่าไร โดยราคาถ่านหินจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากถ้าเทียบกับราคาน้ำมันในตลาดโลกเพราะแหล่งถ่านหินเป็นแหล่งเชื้อเพลิงที่มีมากที่สุดในโลกที่สามารถนำมาใช้งานได้ดังนั้นหากไม่มีการใช้ถ่านหินเพิ่มขึ้นในปริมาณมากแล้วราคาถ่านหินจะมีมูลค่าใกล้เคียงกันในแต่ละปีดังนั้นราคาเชื้อเพลิงถ่านหินที่นำมาคำนวณจึงใกล้เคียงกับราคาถ่านหินในอนาคต

6. ราคาแก๊ส LPG ที่นำมาคำนวณเป็นราคากลางที่ชี้ให้เห็นว่าราคาแก๊ส LPG ในปัจจุบันมีราคาในการจัดจำหน่ายเท่าใด หากแต่แก๊ส LPG เป็นเชื้อเพลิงที่ใช้แล้วหมดไปและภายในประเทศมีแหล่งแก๊ส LPG ในอ่าวไทยที่มีปริมาณจำกัด ดังนั้นในอนาคตราคาของแก๊ส LPG ย่อมมีแล้วโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ทำให้การศึกษาการใช้ประโยชน์จากเชื้อเพลิงชนิดอื่นมาแทนการใช้แก๊ส LPG ในประเทศเกิดประโยชน์มากขึ้นในอนาคตเนื่องจากทำให้ผลประโยชน์ของโครงการเพิ่มขึ้นจากการนำเชื้อเพลิงอื่นมาทดแทนแก๊ส LPG

7. ในการวิจัยนี้ได้อ้างอิงค่าความร้อนที่ได้จากชีวมวลแต่ละประเภทที่มีการศึกษาจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน เนื่องจากหน่วยงานนี้มีหน้าที่ในการให้ความรู้ในการใช้พลังงานทดแทนในปัจจุบันที่มีงานวิจัยต่าง ๆ เป็นที่ยอมรับภายในและภายนอกประเทศจึงเหมาะสำหรับการอ้างอิงปริมาณความร้อนที่ได้จากชีวมวลในแต่ละประเภทที่มีการเพาะปลูกในประเทศไทย

8.ในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ ได้ทำการวิเคราะห์เพียง 4 กรณี คือ(1.)การเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายในการลงทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เพิ่มขึ้น 20 % จากค่าใช้จ่ายเดิม (2.) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพของระบบผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเตาแกสิฟิเคชันจาก 75% ลดลง เหลือ 60% (3.) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพของระบบผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเตาแกสิฟิเคชันจาก 75% ลดลง เหลือ 50% (4.)เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพของระบบผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเตาแกสิฟิเคชันจาก 75% ลดลง เหลือ 37.5%

เพื่อแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อโครงการ โดยสามารถสรุปได้ว่า ในกรณีที่ 1 และ 2 จะมีโครงการที่ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน 2 โครงการ ส่วนในกรณีที่ 3 จะมีโครงการที่ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน 3 โครงการ และในกรณีที่ 4 เหลือเพียงสามโครงการคุ้มค่ากับการลงทุน โดยสรุปได้ว่าเมื่อประสิทธิภาพของระบบผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเตาแกสิฟิเคชันจาก 75% ลดลง เหลือ 37.5% จะทำให้โครงการต่าง ๆ เริ่มมีความไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนอย่างเห็นได้ชัดเจน

9.งานวิจัยนี้ได้กำหนดระยะเวลาโครงการที่ 25 ปีในการวิเคราะห์เนื่องจากได้อิงอ้างระยะเวลาโครงการการลงทุนตั้งโรงไฟฟ้าที่ใช้เทคโนโลยีจากแกสิฟิเคชันในการนำเชื้อเพลิงจากเปลือกไม้และเศษไม้ยูคาลิปตัสเพื่อใช้เป็นมาตรฐานเดียวกันในการคิดคำนวณเนื่องจากเครื่องจักรโดยทั่วไปเริ่มมีการเสื่อมและต้องซ่อมบำรุงมากหลังจากใช้งานมาเป็นเวลา 25 ปี

10.งานวิจัยนี้ได้นำชีวมวลที่มีปริมาณความร้อนที่ยังมิได้นำไปใช้มากที่สุดคือ ชีวมวลจากฟางข้าว และชีวมวลจากยอดและใบอ้อย เนื่องจากหากไม่มีการนำชีวมวลเหล่านี้ซึ่งมีค่าความร้อนหลงเหลือมากที่สุดมาใช้เกษตกรจะทำการฝังกลบหรือเผาทิ้งซึ่งเป็นการศูนย์เสียประโยชน์จากการใช้พลังงานจากชีวมวล

11.ในการศึกษาได้เลือกถ่านหินแอนทราไซท์มาใช้ในการวิเคราะห์เนื่องจากทางภาคเหนือของประเทศไทยเคยได้รับปัญหาจากการใช้ถ่านหินของโรงไฟฟ้าแม่เหมาะทีมีการใช้ลิกไนต์ที่มีปริมาณซัลเฟอร์สูงและขาดการบำบัดมลพิษอย่างถูกต้อง ทำให้กลุ่มชมชนมีทัศนคติในทางลบกับการใช้ถ่านหิน หากแต่ถ่านหินแอนทราไซท์มีค่าความร้อนที่สูงและมีปริมาณสารปนเปื้อนที่เป็นพิษที่น้อยดังนั้นการใช้ถ่านหินประเภทนี้และมีการบำบัดมลพิษที่ถูกต้องถือเป็นทางเลือกหนึ่งในการใช้พลังงานทดแทนแก๊ส LPG ได้ ในการใช้เชื้อเพลิงประเภทถ่านหินชนิดนี้จำเป็นที่จะต้องให้ความรู้และความเข้าใจในการบำบัดมลพิษที่เกิดจากการใช้ที่มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ได้กำหนดเพื่อเปลี่ยนทัศนคติที่ชุมชนมีแก่โรงงานทีมีการใช้เชื้อเพลิงประเภทถ่านหิน

12.ในการศึกษาได้กำหนดจังหวัดลำปางเป็นปลายทางในการขนส่งเนื่องจากจังหวัดลำปางมีการผลิตเซรามิกส์และมีจำนวนโ รงงานมากที่สุดทางภาคเหนือของประเทศไทยจึงทำการตั้งสมมุติฐานให้ปลายทางอยู่ที่จังหวัดลำปางและค่าขนส่งเชื้อเพลิงไปสู่จังหวัดเชียงใหม่มีค่าการขนส่งแตกต่างจากจังหวัดลำปากไม่มากนักจึงใช้ค่านี้ในการกำหนดค่าค่ากลางขนส่งที่ใช้ในการคำนวณ

13.อุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่นำมาใช้ในการศึกษางานวิจัยนี้คืออุตสาหกรรมเซรามิกส์ประเภทเครื่องเคลือบจากนชามและของที่ระลึก เนื่องจากจากการสำรวจพบว่าอุตสาหกรรมประเภทลูกถ้วยไฟฟ้า เครื่องสุขภัณฑ์ และ กระเบื้อง ไม่ได้มีการตั้งโรงงานภายในสองจังหวัดคือลำปางและเชียงใหม่ หากแต่การผลิตกระเบื้องอาจจะมีอยู่แต่เป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็กหรืออาจจะอยู่ในระดับหัตถกรรมที่มีการใช้ตกแต่งเพียงเล็กน้อย

14. ในการศึกษาทางเศรษฐศาสตร์สิ่งที่ทำการคำนวณมีดังนี้คือมูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB),มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PVC),มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV),อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR),อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR),ระยะเวลาคืนทุน โดยตัวเลขเหล่านี้จะแสดงให้เห็นถึง ค่าความคุ้มค่าต่อการลงทุน ในโครงการทั้ง 9 กรณีที่มีการแยกระบบเป็น 3 ระบบ คือเล็ก กลาง ใหญ่ ตามขนาดของโรงงาน แต่ละระบบมีการใช้เชื้อเพลิงแตกต่างกันคือชีวมวลประเภทฟางข้าว ชีวมวลประเภทยอดและใบอ้อย และถ่านหินประเภทแอนทราไซท์

15. ในการศึกษาเพื่อวิเคราะห์ขนาดระบบให้เหมาะสมกับขนาดโรงงานได้กำหนดให้มีการใช้ชีวมวลประเภทฟางข้าวเนื่องจากระบบมีข้อกำจัดในการป้อนวัตถุดิบเชื้อเพลิงดังนั้นฟางข้าวที่มี

ค่าความร้อนเมื่อเทียบกับน้ำหนักต่ำสุดจึงถือเป็นตัวแปรในการเลือกระบบให้เหมาะสมกับการใช้ในโรงงานขนาดต่าง ๆ

16.ในงานวิจัยนี้คิดค่าประสิทธิภาพของระบบผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเตาแกสิฟิเคชันที่ 75% เนื่องจากในการผลิตจริงมีการความสูญเสียความร้อนไปในระหว่างกระบวนการผลิตและจากการเก็บข้อมูลบริษัทที่ผลิตระบบพบว่าประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของระบบอยู่ที่ 75 %

17.เหตุผลที่ทำให้การวิเคราะห์นี้เชื่อว่าในอนาคตถ่านหินมีประสิทธิภาพในการนำมาใช้แทน แก๊ส LPG ได้เนื่องด้วยจากการคำนวณเบื้องต้นในหัวข้อ 4.3 พบว่าค่าพลังงานที่ได้ต่อบาทของถ่านหินมีค่ามากกว่าแก๊ส LPG อยู่มากดังนั้นถ่านหินจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ทดแทนแก๊ส LPG และเมื่อคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงราคาถ่านหินพบว่าการเปลี่ยนแปลงราคาเพิ่มขึ้นได้ยากเนื่องจากข้อมูลจากกระทรวงพลังงานที่ระบุปริมาณสำรองถ่านหินโลกมีมากถึง 909พันล้านตันและการนำมาใช้ที่ไม่สะดวกเท่าน้ำมันทำให้มีการเปลี่ยนแปลงราคาที่น้อยกว่าแก๊ส LPG ซึ่งอิงกับราคาน้ำมันในตลาดโลก แต่ในปัจจุบันไทยได้กำหนดราคาแก๊ส LPG ให้เป็นสินค้าควบคุมจึงไม่พบการเปลี่ยนแปลงราคาแก๊ส LPG

6.3 ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะจากการศึกษาวิจัย

1.ข้อจำกัดด้านข้อมูล

ก. เนื่องจากข้อมูลส่วนใหญ่เป็นข้อมูลซื้อขายทางด้านธุรกิจผู้ประกอบการบางบริษัทไม่สามารถให้ข้อมูลได้เนื่องจากจำเป็นต้องเก็บเป็นความลับของบริษัท ข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิจัยบางส่วนของข้อมูลเป็นค่าประมาณการที่บริษัทให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล ดังนั้นหากนำการวิจัยนี้ไปใช้ในการอ้างอิงสามารถที่จะใช้ในเบื้องต้นเท่านั้น

ข. ข้อมูลในด้านชีวมวลในปัจจุบันไม่มีการจัดเก็บอย่างถูกต้องและแน่นอนระบุในจังหวัดมีการผลิตชีวมวลประเภทใด จำนวนเท่าใด มีการใช้ประโยชน์ไปแล้วเท่าใด คงเหลือในแต่ละประเภทเท่าใด เนื่องจากแหล่งผลิตชีวมวลในประเทศไทยมีอยู่มากมาย และจำเป็นที่จะต้องลงพื้นที่เก็บข้อมูลอย่างจริงจัง

ค. ผลของข้อมูลในการวิจัยสามารถแสดงให้เห็นได้เฉพาะโรงงานที่มีการเลือกระบบที่สอดคล้องกับการวิจัย ในกรณีที่โรงงานมีการผลิตที่ใช้ระบบแกสิฟิเคชันที่มีการอัตราการผลิตที่แตกต่างจากระบบแกสิฟิเคชันที่ได้อ้างอิงจำเป็นที่จะต้องทำการวิเคราะห์ผลประโยชน์ใหม่

ง. ในการวิจัยได้แสดงให้เห็นถึงผลประโยชน์ที่ได้รับโดยการลงทุนในการสร้างระบบเองมิได้ใช้เงินกู้ยืม ในกรณีหากมีการกู้ยืมเงินจากธนาคารเป็นจำนวนเงินที่แตกต่างกันตามการตัดสินใจของผู้ประกอบการ จะทำให้ต้องเสียค่าดอกเบี้ยเงินกู้ และทำให้ผลประโยชน์สุทธิรายปีของโครงการแตกต่างจากข้อมูลผลการวิจัย

2.ข้อเสนอแนะ

ก.หากหน่วยงานภาครัฐให้ความสำคัญกับการใช้ชีวมวลจะส่งผลให้มีการใช้ชีวมวลอย่างกว้างขวางเนื่องจากในการนำชีวมวลมาใช้เป็นพลังงานมีข้อดีหลายประการดังนี้

- การนำชีวมวลมาใช้ เป็นการนำวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้ประโยชน์สูงสุด นอกจากจะก่อให้เกิดรายได้แก่ผู้ผลิตชีวมวลแล้ว ยังลดภาระในการกำจัดเช่น นำไปฝังกลบ หรือเผาทิ้ง

- การไม่นำชีวมวลมาใช้ โดยปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติจะเกิดแก๊สมีเทน ซึ่งถือว่าเป็นแก๊สเรือนกระจกชนิดหนึ่งและมีอันตรายกว่าแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 21 เท่า

- ชีวมวลจะมีกำมะถัน หรือซัลเฟอร์ไม่เกินร้อยละ 0.2 ดังนั้นการนำชีวมวลมาเผาไหม้ จะไม่สร้างปัญหาเรื่องฝนกรด

- ขี้เถ้าของชีวมวลมีสภาพเป็นด่าง ดังนั้นเหมาะสมที่นำไปเพาะปลูก หรือปรับสภาพดินที่เป็นกรดนอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมถลุงเหล็ก ผสมในซีเมนต์

-ก่อให้เกิดรายได้ การสร้างงานในชุมชน

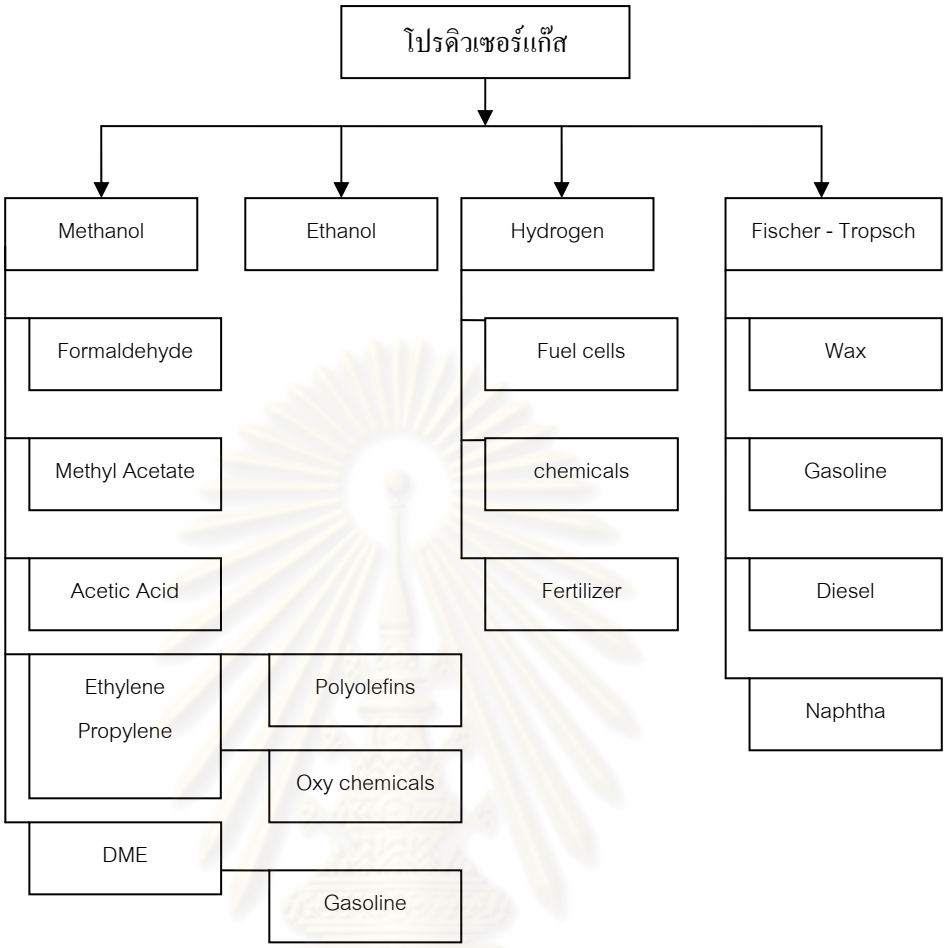
- ประหยัดเงินตราต่างประเทศเพราะไม่ต้องนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ

แต่ปัจจุบันการใช้ชีวมวลมาผลิตเป็นพลังงานนั้นยังมีการใช้อยู่เฉพาะบางภาคอุตสาหกรรมเนื่องจากชีวมวลมีอยู่อย่างกระจัดกระจายไม่มีการจัดเก็บอย่างเป็นระบบ

ข. การนำถ่านหินมาใช้ผลิตพลังงานถือเป็นทางเลือกหนึ่งในยุคราคาน้ำมันปรับตัวสูงขึ้น ข้อควรระวังในการใช้ถ่านหินคือปัญหามลพิษที่เป็นผลกระทบสืบเนื่องจากการใช้จำเป็นที่จะต้องมีการบำบัดมลพิษให้ได้ค่ามาตรฐานก่อนปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมโดยรอบการใช้ระบบบำบัดที่มีประสิทธิภาพ และการใช้ถ่านหินที่มีคุณภาพดีเป็นทางเลือกหนึ่งที่ทำให้ได้พลังงานจากเชื้อเพลิงสูงและมลพิษน้อย

ค. การวิจัยเกี่ยวกับการใช้ระบบแกสิฟิเคชันของประเทศไทยในปัจจุบันมีอยู่อย่างกว้างขวางแต่ขาดการสนับสนุนจากภาครัฐในการส่งเสริมให้มีการผลิตระบบแกสิฟิเคชันที่ได้จากการวิจัยจำหน่ายแก่เอกชนหรือบริษัทที่มีความสนใจใช้เทคโนโลยีนี้

ง.เชื้อเพลิงที่ได้จากระบบแกสิฟิเคชัน นอกจากนำไปใช้ในการให้พลังงานแล้วยังสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมภาคปิโตรเคมีได้ หากสามารถทำให้โปรดิวเซอร์แก๊สมีความสะอาดและบริสุทธิ์มากขึ้น จะเป็นการเพิ่มมูลค่าของโปรดิวเซอร์แก๊สนอกจากการนำไปใช้ให้พลังงานโดยตรงแสดงในรูปต่อไปนี้



รูปที่ 6.1 รูปแสดงใช้ประโยชน์จากโปรดิวเซอร์แก๊สเป็นสารตั้งต้นอุตสาหกรรมปิโตรเคมี
ที่มา: www.biomassmagazine.com

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรกฎ ใยบัวเทศ,วัชระ ทองงอก,คมกฤต เล็กสกุล. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม Engineering Economy. (กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อป, 2549).

กระทรวงพลังงาน,กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. เอกสารเผยแพร่โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมอโลหะ. (กรุงเทพฯ: สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน, 2550).

เจริญภพ พรวิริยางกูร. การประหยัดต้นทุนพลังงานจากการใช้ถ่านหินและต้นทุนสิ่งแวดล้อมจากการใช้ถ่านหิน.. (กรุงเทพฯ: กลุ่มเศรษฐกิจแร่และอุตสาหกรรมพื้นฐาน สำนักพัฒนาและส่งเสริมกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ ,2550).

ฐาปนพงษ์ ลาธุลี. “มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก”(วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550).

ทิพย์ สุภินทร์ หินซุย. “การศึกษาการกำจัดกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อผลิตพลังงานโดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น กรณีศึกษากากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกย้อม” (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี , 2550).

บริษัท เอทีที คอนซัลแตนท์ จำกัด,บริษัท ที ไอ เอส คอนซัลแตนส์ จำกัด, บริษัท เอเบิล คอนซัลแตนส์ จำกัด.รายงานฉบับสมบูรณ์การศึกษาและประเมินศักยภาพแหล่งชีวมวล. (กรุงเทพฯ: 2548).

ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. เซรามิกส์. (กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535).

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. รายงานการตรวจสอบการใช้พลังงานก่อนปรับปรุง (Baseline Adudit)บริษัท เซรามิคอุตสาหกรรมไทย จำกัด โครงการสิทธิประโยชน์ทางภาษีเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ระยะที่ 2. (กรุงเทพฯ : 2551).

เล็ก อุตตมะศิล. รายงานสถานการณ์อุตสาหกรรมเซรามิคส์. (กรุงเทพฯ : 2533).

วีรชัย อาจชาญ, นิวัตน์ คงกะพี้ และคณะ โรงไฟฟ้าต้นแบบชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชนแบบครบวงจร. รายงานการวิจัยภารกิจโครงการและประสานงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ , 2551.

ศสิรส พิทักษ์รัตนโชติ. “การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวลที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง” (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทรัพยากร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548).

ศูนย์ระดับภูมิภาคทางวิศวกรรมระบบการผลิต. รายงานการตรวจวัด(โรงงานตัวอย่าง)โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมและอาคารต่างๆ (SEC) (อุตสาหกรรมอโลหะ) . (กรุงเทพฯ : 2550).

สถาบันวิจัยสังคมมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. รายงานการศึกษาโครงการต้นแบบการพัฒนาเครือข่ายวิสาหกิจอุตสาหกรรม.(กรุงเทพฯ : 2547).

สัมฤทธิ์ ทองศรี,พรรณวดี ธำรงหวัง และคณะ. พลังงานสะอาดจากถ่านหินลิกไนต์ ทางเลือกใหม่สำหรับประเทศไทย. , 2536.

สิริพิลาส ไชยทองพันธ์. “การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการลงทุนโรงไฟฟ้าชีวมวลจากเปลือกไม้และเศษไม้ยูคาลิปตัส”. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาธุรกิจการเกษตร ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตรและทรัพยากร , 2551).

ภาษาอังกฤษ

Conesa, J.A., Marcilla, A., Moral,R., Moreno-Casell,J.and Perez, E. Evolution of gase in the primary pyrolysis of different sewage sludge .Thermochemical Actaul 313(1998) :1-20.

Dogru,M. “Fixed Bed Gasification of Biomass” (PhD thisis, University of Newcastle, UK.2000).

Kwak,T.H.,Makens.,Lee s., Park J. W.,Yoo Y.D. Environmental aspects of gasification of Korean municipalsolid waste in a pilot plant. Fuel 85(2012-217).

Malkow, T. Novel and innovative pyrolysis and gasification technolagies for energy efficient and environmentally sound MSW disposal Waste Management 24:53-79.

Mckendry,P.Energy production from biomass (part 2) : Conversion technologies. Bioresourse Technology 83(2002) : 47-54.

Midilli, A., Dogru, m., Howarth, C. R., Ling, M. J.,Ayhan T. Combustible gas production from sewage sludge with a downdraft gasifier. Energy Conversion and management 42(2000): 157-172.

Pinto, F.,Lopes,H.,Andre R. Effect of catalysts in the quality of syngas and by-products obtained by co-gasification of coal and wastes , Heavy metals sulphur and halogen compounds abatement .

Yves Ryckmans ,Frederic Bourgois , Ivan Sintzoff. Cost effective biomass gasification in small scall power plant.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก (Appendix)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
กระบวนการผลิตเซรามิกส์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กระบวนการผลิตเซรามิกส์

1.อุตสาหกรรมเครื่องสุขภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในอุตสาหกรรมเครื่องสุขภัณฑ์ แบ่งได้เป็น 4 ประเภทใหญ่ คือ ส้วมแบบชักโครกและแบบนั่งยอง ที่ปัสสาวะชายและหญิง อ่างล้างหน้าและอ่างล้างจาน ที่ใส่สบู่และที่ใส่กระดาษ โดยกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ประกอบด้วยกระบวนการ

1.1 การเตรียมวัตถุดิบ นำวัตถุดิบที่เป็นดินขาว ดินดำ หินฟันม้า ทรายแก้ว เคมีภัณฑ์และน้ำ นำมาชั่งและผสมรวมกัน หลังจากนั้นนำเข้าเครื่องบดละเอียดและผสมกับน้ำบดละเอียดเป็นน้ำดินข้นๆที่มีส่วนผสมต่างๆเป็นเนื้อเดียวกัน ส่งไปเก็บไว้ในบ่อพักน้ำดิน

1.2 การทำแม่แบบ นำปูนปลาสเตอร์ผสมกับน้ำแล้วทำแม่พิมพ์ หลังจากนั้นเข้าตู้อบเพื่ออบแม่พิมพ์ให้แข็งแรง

1.3 การขึ้นรูป โดยการเทน้ำดินลงในแม่แบบ

1.4 การอบผลิตภัณฑ์ นำผลผลิตเข้าเตาอบ(Dryer) เพื่อไล่ความชื้น หลังจากนั้นตรวจสอบความเสียหายและการส่งผลิตภัณฑ์ที่ตรวจสอบแล้วไปยังกระบวนการเคลือบ

1.5 การเคลือบ หลังจากผ่านเตาอบ เครื่องสุขภัณฑ์จะถูกนำไปเคลือบและตกแต่งให้สวยงาม

1.6 การเผาเคลือบ เป็นการนำเครื่องสุขภัณฑ์ที่ผ่านการตกแต่งแล้ว มาลำเลียงไปเข้าเตาเผา(Tunnel kiln) ที่มีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 1,200 องศาเซลเซียส จนได้เครื่องสุขภัณฑ์ที่มีความแข็งแกร่ง

1.7 ทำการคัดแยก ตรวจสอบและบรรจุเครื่องสุขภัณฑ์ที่ได้เพื่อรอส่งให้แก่คลังสินค้า

2. อุตสาหกรรมจานชามและเครื่องประดับเซรามิกส์

ผลิตภัณฑ์จานชามเซรามิกส์สามารถแบ่งตามคุณภาพเนื้อดินได้เป็น 4 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มเอิร์ทเธนแวร์(Earthen Ware) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะหนา เนื้อละเอียดแน่นและเคลือบทึบแสง มีความพรุนตัวสามารถดูดซับน้ำ ส่วนผสมของเนื้อดินปั้นอาจใช้ดินขาวอย่างดีหรือผสมกับหินควอตซ์ หินฟันม้า และดินขาวเหนียวเพื่อง่ายต่อการปั้นขึ้นรูป เนื้อดินปั้นชนิดนี้มีส่วนผสมของดินขาวมากที่สุดถึงร้อยละ 55 และเผาดิบอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส และเผาเคลือบที่ 1,200 องศาเซลเซียส

2. กลุ่มสโตนแวร์ (Stone Ware) เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อแข็งแกร่งเคลือบทึบแสงในเนื้อดินมีเนื้อหินผสมมาก โดยใช้หินควอตซ์ หรือดินเชื้อ (Grog) ผสมทำเนื้อดินปั้น โดยมีส่วนผสมของ

ดินดำและหินฟันม้ามากที่สุดถึงร้อยละ 50 และเผาดิบที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เผาเคลือบที่ 1,200 องศาเซลเซียส

3. กลุ่มปอร์ซเลน(Porcelain) เป็นผลิตภัณฑ์ชั้นดีมีทั้งแบบเคลือบทึบและแบบเคลือบใสมีลักษณะโปร่งแสง เนื้อบางเคลือบเป็นมัน เนื้อแข็งแรงไม่ดูดซึมน้ำ เกิดจากการผสมของแร่เฟลด์สปาร์หรือแร่ควอร์ตผสมดินขาว ส่วนผสมของเนื้อดินปั้นต้องมีดินขาวคุณภาพดีมีปริมาณของธาตุเหล็กน้อยที่สุดเพื่อจะได้เนื้อดินปั้นสีขาวและใช้หินฟันม้าหรือหินควอตซ์ผสมด้วย เนื้อดินมีส่วนผสมของดินขาวและหินควอตซ์มากที่สุดถึงร้อยละ 35 ทำการเผาดิบที่ 900 องศาเซลเซียส และเผาเคลือบที่ 1,250-1,300 องศาเซลเซียส

4. กลุ่มโบนไชน่า (Bone China) เป็นผลิตภัณฑ์ชั้นดีที่สุดมีราคาแพงที่สุด มีความขาวและวาว เนื้อบางและเบา เคลือบโปร่งแสงมีความแข็งแกร่งดีมาก กระบวนการผลิตยุ่งยากซับซ้อนเพราะผลิตจากกระดูกสัตว์ โดยนำกระดูกสัตว์มาล้างจนหมดไขมัน แล้วเผาให้ขาวหลังจากนั้นจึงนำมาผสมกับดินขาว ดินขาวเหนียว โดยใช้หินควอตซ์และหินฟันม้าผสมบ้างเล็กน้อย เนื้อดินปั้นชนิดนี้มีส่วนผสมของเถ้ากระดูกมากที่สุดถึงร้อยละ 40 เผาดิบที่ 1,200 องศาเซลเซียส และเผาเคลือบที่ 1,080 องศาเซลเซียส

กระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ต่างกันเฉพาะอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาผลิตภัณฑ์ ซึ่งกระบวนการผลิตประกอบด้วย

2.1 การเตรียมเนื้อดินปั้น เป็นการเตรียมวัตถุดิบประเภทดินและหินต่างๆเพื่อนำไปทำเนื้อดินปั้น โดยจะต้องควบคุมคุณภาพในส่วนต่างๆเช่น ควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ ควบคุมการชั่งน้ำหนัก ควบคุมการบดในเครื่องบด ควบคุมคุณภาพของเนื้อดินปั่น เป็นต้น

2.2 การขึ้นรูป สามารถทำได้หลายวิธีแล้วแต่ชนิดของเนื้อดินปั้น เมื่อเตรียมเนื้อดินปั้นสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีต่างๆไว้แล้ว ก็จะนำมาขึ้นรูป ซึ่งจะต้องควบคุมคุณภาพด้วย การขึ้นรูปมีอยู่ 4 วิธี ประกอบด้วย การปั้นด้วยมือ การปั้นด้วยแป้นหมุน การปั้นอัดลงแบบ และการปั้นหล่อด้วยแบบ เมื่อปั้นเป็นผลิตภัณฑ์แล้วต้องตรวจสอบว่า มีคุณภาพดีพอที่จะนำไปผลิตในขั้นต่อไปหรือไม่ ถ้าเห็นว่าคุณภาพไม่ดีก็จะนำกลับไปสู่กระบวนการเตรียมเนื้อดินใหม่

2.3 การอบและเผา การอบเป็นการทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปเรียบร้อยแล้ว แห้งและมีความแข็งแรงพอสำหรับนำไปตกแต่ง ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีขนาดและความหนาไม่เท่ากันจึงต้องมีการควบคุณอุณหภูมิของการอบตามชนิดของผลิตภัณฑ์ เพื่อถ้าแห้งเร็วเกินไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์แตกเสียหายได้ เมื่ออบเสร็จแล้วก็เข้าเตาเผาเพื่อเผาให้เนื้ออบแห้งและแกร่งขึ้นก่อนที่จะนำไปเคลือบ การเผาจะเผาที่อุณหภูมิประมาณ 1,000-1,300 องศาเซลเซียส แล้วแต่ชนิดของวัตถุดิบ

2.4 การเคลือบและเผาเคลือบ ก่อนเคลือบต้องทำการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งหรือเผาดิบแล้ว เพื่อนำไปทำการเคลือบ การคัดเลือกนี้เป็นจุดหนึ่งที่ต้องการควบคุมเพื่อคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่ดีเท่านั้นไปใช้ขั้นต่อไป ผลิตภัณฑ์ที่เผาดิบแล้ว อาจจะบิ่นหรือมีรอยขีด มีจุดหรือรอยต่อไม่สนิท ซึ่งในช่วงที่มีการปั้นอบยังมองไม่เห็นรอยดังกล่าว แต่หลังจากที่เผาดิบแล้วทำให้หดตัวจึงมีรอยตำหนิเกิดขึ้น

2.5 การคัดเลือกผลิตภัณฑ์ เป็นการควบคุมคุณภาพในขั้นสุดท้ายก่อนที่จะนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด ขั้นตอนนี้ก็นับว่าสำคัญมาก

3. อุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์

ผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมนี้ประกอบด้วย กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องบุผนัง และกระเบื้องโม-เสค สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

ประเภทที่ 1 กระเบื้องปูพื้น-บุผนัง ชนิดเคลือบ ซึ่งมีความมันวาวใช้ตกแต่งอาคารบ้านเรือน

ประเภทที่ 2 กระเบื้องปูพื้น-บุผนัง ชนิดไม่เคลือบ ซึ่งความเสียดทานดีกว่า จึงเหมาะสมสำหรับปู-พื้น เพื่อความปลอดภัยไม่เกิดอุบัติเหตุ

กรรมวิธีการผลิตกระเบื้องเซรามิกส์ของทั้งสองชนิด มีลักษณะคล้ายกัน แตกต่างกันเฉพาะกรรมวิธีการเผาและจำนวนครั้งของการเผา โดยมีรายละเอียดประกอบด้วย

3.1 การเตรียมเนื้อดินปั้น นำวัตถุดิบที่เป็นหินไปผ่านกระบวนการย่อยหยาบ ให้ได้ขนาดตามที่กำหนด และนำมาชั่งรวมกับวัตถุดิบอื่นๆ หลังจากนั้น นำเข้าเครื่องบดละเอียดและผสมกับน้ำ บดละเอียดเป็นน้ำดินข้นๆที่มีส่วนผสมต่างๆเป็นเนื้อเดียวกัน ส่งไปเก็บไว้ในบ่อน้ำดิน(Slip tank)

3.2 การเผาไล่ความชื้น โดยเตาเผาแบบพ่น (Spray Dryer) เมื่อถึงเวลาใช้งาน น้ำดินจะถูกดูดไปผ่านเครื่องกรองและร่อนกากที่ไม่ต้องการออกด้วยเครื่องร่อนกาก น้ำดินที่บริสุทธิ์จะถูกฉีดเป็นฝอยในเตาเผาแบบพ่น (Spray Dryer) ซึ่งใช้มีอุณหภูมิประมาณ 600 องศาเซลเซียส จะได้เม็ดดินที่มีรูปทรงกลมที่มีความละเอียดและความชื้นที่เหมาะสม จากนั้นเก็บผงดินในถังเก็บผงดินสำรองเพื่อรอการขึ้นรูปต่อไป

3.3 การขึ้นรูป นำผงดินไปเข้าเครื่องขึ้นรูปกระเบื้อง โดยใช้วิธีการขึ้นรูปแบบอัด (Hydraulic press) จะได้แผ่นกระเบื้องดิบที่ยังมีความชื้นเหลืออยู่ส่งต่อไปยังกระบวนการอบ

3.4 การอบ จะนำแผ่นกระเบื้องดิบเข้าเตาอบ(Dryer) เพื่อไล่ความชื้น

3.5 การเคลือบ หลังจากผ่านเตาอบกระเบื้องจะถูกนำไปเคลือบและแต่งลวดลายให้สวยงาม จากนั้นจึงส่งไปเผาอีกครั้ง

3.6 การเผาเคลือบ กระเบื้องที่ผ่านการตกแต่งลวดลายแล้ว จะถูกลำเลียงไปเข้าเตาเผา(Roller kiln) ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส จนได้กระเบื้องที่มีความแข็งแกร่ง

3.7 คัดแยก ตรวจสอบและบรรจุกระเบื้องเพื่อรอส่งไปยังคลังสินค้า

4. อุสาหกรรมลูกถ้วยไฟฟ้า

อุตสาหกรรมลูกถ้วยไฟฟ้ามักนิยมการขึ้นรูปแบบเปียกด้วยเครื่องมือขึ้นรูปแบบต่างๆ เทคโนโลยีที่ใช้ส่วนใหญ่มาจากต่างประเทศ โดยที่โรงงานขนาดใหญ่จะมีส่วนพัฒนาและมีการผลิตที่ก้าวหน้า ส่วนโรงงานขนาดกลางและเล็กยังใช้เทคโนโลยีการผลิตแบบเก่าที่มีต้นทุนการผลิตที่ค่อนข้างต่ำและมีของเสียระหว่างกระบวนการมาก

4.1 การเตรียมเนื้อดินปั้น เป็นการเตรียมวัตถุดิบประเภทดินและหินต่างๆเพื่อนำไปทำเนื้อดินปั้น โดยจะต้องควบคุมคุณภาพในส่วนต่างๆเช่น ควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ ควบคุมการชั่งน้ำหนัก ควบคุมการบดในเครื่องบด ควบคุมคุณภาพของเนื้อดินปั่น เป็นต้น

4.2 การขึ้นรูป จะใช้การขึ้นรูปโดยอาศัยความเหนียว และขึ้นรูปร่างโดยอาศัยแป้นหมุน การทำงานต้องอาศัยความชำนาญเป็นอย่างมาก

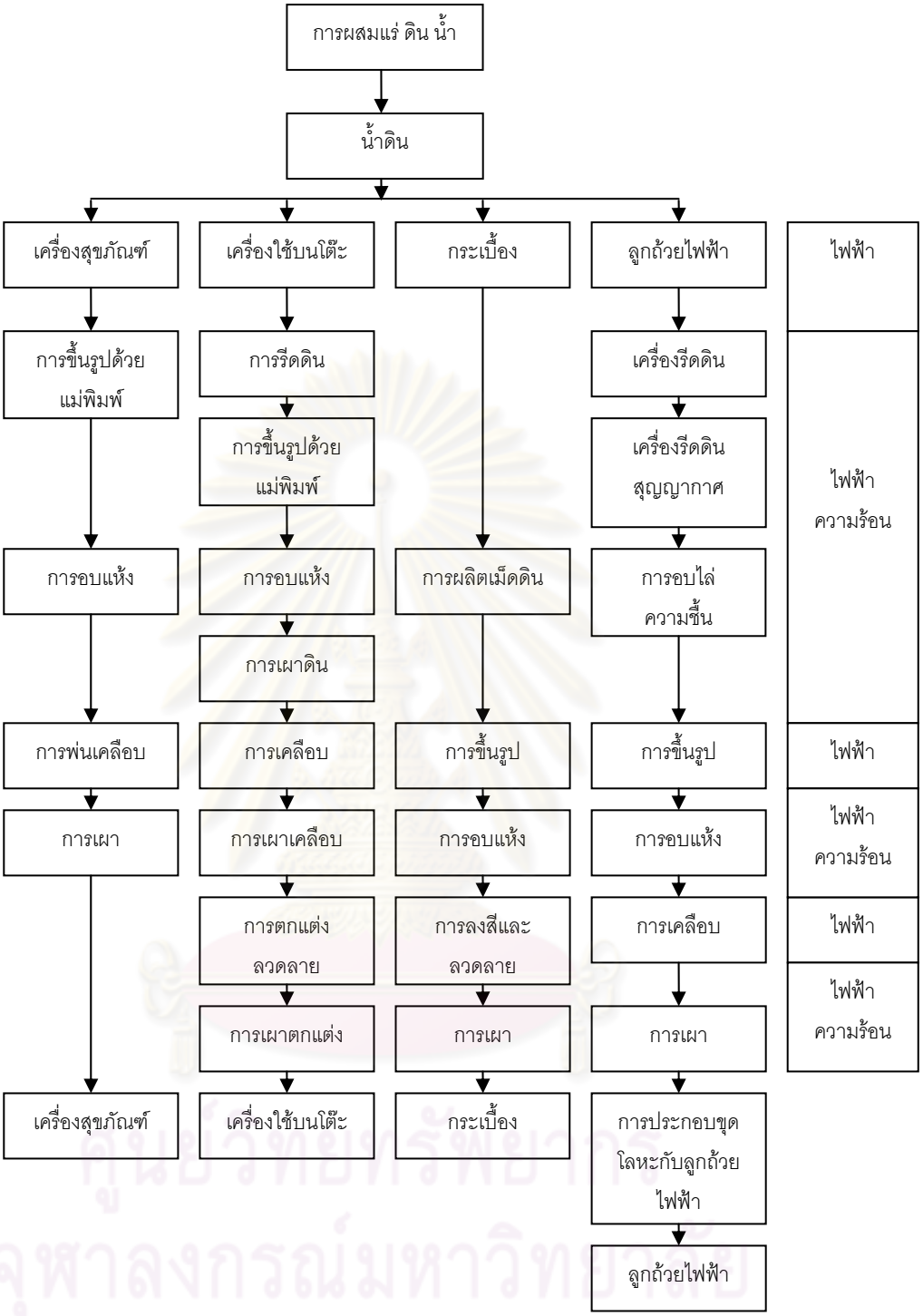
4.3 การอบ นำลูกถ้วยดิบเข้าเตาอบ(Dryer) เพื่อไล่ความชื้น จากนั้นส่งต่อไปทำการเคลือบ

4.4 การเคลือบ หลังจากผ่านเตาอบ ลูกถ้วยจะถูกนำไปเคลือบและตกแต่งแล้วส่งไปเผาเคลือบอีกครั้ง

4.5 การเผาเคลือบ ลูกถ้วยที่ผ่านการเคลือบแล้ว จะถูกลำเลียงไปเข้าเตาเผา(Shuttle kiln) ที่มีอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส จนได้ลูกถ้วยไฟฟ้าที่มีความแข็งแกร่ง

4.6 คัดแยก ตรวจสอบและบรรจุลูกถ้วยไฟฟ้าที่ได้เพื่อรอส่งเข้าคลังสินค้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก.1 กระบวนการผลิตเซรามิกส์

ภาคผนวก ข
ผลกระทบจากมลพิษของถ่านหิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลกระทบจากมลพิษของถ่านหิน

1.ผลกระทบทางด้านอากาศ

โดยปกติของเสียที่เป็นแก๊สถูกปล่อยออกไปในอากาศตลอดเวลา มีสารที่จะทำให้อากาศเกิดความเป็นพิษ 9อย่าง คือ คาร์บอนไดออกไซด์, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์, ไฮโดรคาร์บอน, ไนโตรเจนออกไซด์, ออกซิเจเนต, โอโซน และ ออกซิเดน, ไฮโดรเจนฟลูออไรด์, กลุ่มอนุภาคที่มีชีวิต เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา สุดท้ายคือกลุ่มอนุภาคที่ไม่มีชีวิต เช่น ฝุ่นละออง (Turk และคณะ 1977) แต่สารที่สำคัญอันเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหิน คือ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ และ ฝุ่นละออง ซึ่งมลสารแต่ละชนิดจะส่งผลกระทบทางกายภาพในระดับความรุนแรงต่างกัน

1.1 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO2)

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดจากมนุษย์ทำขึ้นนั้นกล่าวกันว่ามีปริมาณมากกว่าครึ่งหนึ่งของปริมาณทั้งหมด (มาลี,2528) นั่นคือ เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเป็นสำคัญ เช่น ถ่านหินหรือน้ำมันเชื้อเพลิง โดยเฉพาะถ่านหินลิกไนต์ ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนต่ำมากกว่าถ่านหินชนิดอื่นๆ เมื่อเผาไหม้ จะเกิดแก๊สซัลเฟอร์ออกไซด์มาก ซึ่งขั้นตอนการเกิดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในการเผาเชื้อเพลิงถ่านหินนั้น คือ ในระหว่างการเผาไหม้ซัลเฟอร์จะถูกเติมออกซิเจน จนกลายเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นส่วนใหญ่ ดังสมการ

$S + O_2$ ----------> SO_2

ในระหว่างกระบวนการเผาไหม้และอยู่ในบรรยากาศเป็นเวลาหลายๆชั่วโมงในล้านส่วนในถ่านหินมีปริมาณซัลเฟอร์ตั้งแต่ 0.3% - 5% การที่มี SO_3 เกิดขึ้น ก่อให้เกิดผลเสียตามมาหลายอย่างมาก เพราะจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดกรดขึ้นมาตัวหนึ่ง คือ กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ซึ่งเกิดจาก SO_3 รวมตัวกับน้ำ (H_2O) ในบรรยากาศ บางส่วนของแก๊สจะละลายน้ำกลายเป็นกรดซัลฟูริก ดังสมการ

$SO_3 + H_2O$ ----------> H_2SO_4

กรดซัลฟูริกในบรรยากาศเมื่อรวมกับหยดน้ำในบรรยากาศตกลงมาจะกลายเป็นฝนที่มีสภาพเป็นกรด ทำลายตั้งแต่สิ่งมีชีวิตไปจนถึงวัสดุสิ่งก่อสร้างต่างๆ รวมไปจนถึงการสะสมในดินเป็นตะกอนกรด

1.2 ไนโตรเจนออกไซด์(NO_x)

ออกไซด์ตัวสำคัญของไนโตรเจนในอากาศที่เป็นมลภาวะ คือ ไนโตรเจนออกไซด์ (NO หรือ NO_x) และไนโตรเจนออกไซด์ (NO_2) ทั้ง 2ตัว นี้มาจากกระบวนการเผาไหม้และปลดปล่อยสู่

อากาศ (Turk และคณะ,1974) โดยเฉพาะตัว NO_2 นี้จะเกิดขึ้นได้ดีมาก เมื่อมีการเผาไหม้ในอุณหภูมิที่สูงมากและทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว (มาลี,2521) โดยเฉพาะเชื้อเพลิง เช่น ถ่านหิน Turk และคณะ (1974) ได้กล่าวถึงเรื่องนี้ไว้ว่า ในกระบวนการทางชีวภาพผลิต NOx (โดยมากเป็น NO และ N_2O) ได้มากกว่าที่มาจากกระบวนการเผาไหม้ (ในกรณีที่อยู่ในสภาพพื้นที่ปกติ ไม่มีการเผาไหม้ในระดับสูง) เมื่อไนโตรเจนและออกซิเจนมารวมกันจะก่อให้เกิดไนโตรเจนออกไซด์ ทั้งไนโตรเจนออกไซด์ที่เกิดขึ้น อาจเป็นไนตริกออกไซด์ (NO) และไนโตรเจนออกไซด์ (NO_2) ทั้ง 2 อย่าง เป็นแก๊ส

$N_2 + O_2$ - - - - - - - - - - - - - - - - - - > 2NO (เกิดเป็นไนตริกออกไซด์)

$2NO + O_2$ - - - - - - - - - - - - - - - - - - > $2NO_2$ (เกิดเป็นไนโตรเจนไดออกไซด์)

ปฏิกิริยาการเกิดแก๊สนี้อาจเกิดการผันกลับได้ ในกรณีแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงไม่ถูกทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว NO หรือ N_2O ที่เกิดขึ้นจะสลายกลับเป็น N_2 และ O_2

ในปัจจุบัน ยานพาหนะที่ใช้ในการคมนาคมและโรงงานเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูง ที่ผลิตผลที่เกิด NO_x เป็นส่วนใหญ่ การเผาไหม้ของเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงมาก เช่นเดียวกับโรงไฟฟ้าและโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ โดยปกติไนโตรเจนเป็นแก๊สที่อุณหภูมิต่ำ แต่สามารถรวมกับออกซิเจนได้เมื่ออุณหภูมิสูง และคงรวมอยู่ได้ ถ้าแก๊สที่ได้ออกมานั้นทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว ไนโตรเจนออกไซด์ส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นในระหว่างการเผาไหม้เชื้อเพลิงคือ ไนตริกออกไซด์(NO) ซึ่งมีผลจะถูกออกซิไดส์ให้เป็นไนโตรเจนไดออกไซด์โดยโอโซน (O_3) ที่มีอยู่ในบรรยากาศ ดังสมการ

$NO + O_3$ - - - - - - - - - - - - - - - - - - > $NO_2 + O_2$

NO_2 เป็นแก๊สมีลักษณะสีน้ำตาลเหลือง ทำให้เกิดหมอกควัน ซึ่งมีสีน้ำตาลเป็นแก๊สพิษซึ่งอาจฆ่ามนุษย์และสัตว์ให้ตายได้ ถ้ามีปริมาณมากถึง 100 ส่วนในล้านส่วน

ผลของไนโตรเจนออกไซด์ต่อสภาวะแวดล้อมทางกายภาพนั้น ถ้าสังเกตบรรยากาศในเมืองที่มีปริมาณไนโตรเจนออกไซด์สูง พบว่ามีผลทำความเสียหายต่อเสื้อผ้าและโลหะ นอกจากนี้ยังมีผลต่อพืชพรรณใบไม้และมนุษย์ ส่วนไนตริกออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ มีส่วนทำให้เกิด Photochemical Smog เพราะว่า Photochemical Smog เกิดจากปฏิกิริยาระหว่าง Oxides ของไนโตรเจน โอโซน และไฮโดรคาร์บอน ซึ่งส่วนใหญ่จะออกมาจากท่อไอเสียและไฮโดรคาร์บอนซึ่งส่วนใหญ่จะออกมาจากท่อไอเสียรถยนต์ จะทำปฏิกิริยากับแสงแดด ทำให้เกิดสารที่เป็นอุปสรรคต่อการมองเห็น เรียกว่าออกซิแดนซ์ ดังสมการ

NO_2 - - - -- - - - - -- รังสีอุลตร้าไวโอเลต - - - - - - - - - - - - - > NO + O

ไนโตรเจนไดออกไซด์ ดูดกลืนรังสีอุลตร้าไวโอเลตจากดวงอาทิตย์ที่เข้ามาสู่ผิวโลก ไนโตรเจนออกไซด์จะแตกออกเป็นไนตริกออกไซด์ และ อะตอมของออกซิเจน ต่อมาอะตอมของ

ออกซิเจน (O) จะรวมกับโมเลกุลของออกซิเจน (O_2) ทำให้เกิดโอโซน (O_3) เป็นออกซิแดนซ์ที่พบมากที่สุดใน Photochemical Smog

$$O + O_2 \text{ - - - - - - - - - - - - - - - - - -} > O_3$$

ผลของ Photochemical Oxidants เมื่อถูกกับยางจะทำลายความแข็งแรงและความยืดหยุ่น ทำลายดอกไม้ พืชผักและต้นไม้ ทำให้เยื่อนัยตาอักเสบ

1.3 ฝุ่นละอองในอากาศ

วงศ์พันธ์ ลิปเสนีย์และคณะ (2525) ได้กล่าวถึงผลของฝุ่นละอองในอากาศไว้ดังนี้ ฝุ่นละอองในบรรยากาศ เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงของ

- ระยะที่มองเห็นได้ จะลดลงตามความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่มากขึ้น ทำให้เกิดอันตรายในการขับขี่ยานยนต์ เช่น เครื่องบิน รถยนต์ และยังบดบังทิวทัศน์

- ผลต่อดินฟ้าอากาศ ฝุ่นละอองมีผลทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงของดินฟ้าอากาศ เนื่องจากฝุ่นละอองนั้นจะเป็น Nuclei ในการก่อตัวของ เมฆ ฝน และหิมะ ดังนั้น ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับระดับฝุ่นละอองในอากาศ ในวันที่ฝุ่นละอองน้อยก็จะมีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่าวันอื่นด้วย

- วัสดุต่างๆทำให้เกิดความสกปรก และผุกร่อนโดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่ออากาศมีความชื้นสูง

ฝุ่นละอองเกิดเป็นอันตรายขึ้น เพราะ เหตุใดเหตุหนึ่ง หรือ หลายสาเหตุดังต่อไปนี้

- เป็นสารมีพิษทางฟิสิกส์เคมี

- ขัดขวางการทำงานของระบบกำจัดของเสียออกจากร่างกายของระบบทางเดินหายใจ

ฝุ่นละอองในอากาศเมื่อรวมกับมลสารอื่นๆ จะเพิ่มความเป็นพิษต่อทั้งสุขภาพร่างกายและภัยพิบัติในแหล่งต่างๆตามที่กล่าวมาแล้ว

2ผลกระทบทางน้ำ

Gates (1985) กล่าวถึงผลของการทำถ่านหินว่าส่งผลต่อแหล่งน้ำได้หลายทาง เช่น บางส่วนของเศษตะกอนจากโรงงานขวางทางเดินของน้ำ ทำให้น้ำบางส่วนเสียไป นำไปใช้ไม่ได้ เนื่องจากเกิดตะกอนขุ่นข้น และที่สำคัญคือเกิดการสะสมความเป็นมลพิษทางน้ำและอาจทำให้ทางเดินของน้ำเปลี่ยนทิศทาง ซึ่งจะส่งผลของระบบนิเวศภายในน้ำ ส่งผลต่อชีวิตสัตว์น้ำไม่ว่าจะเป็นปลาและสัตว์ชนิดต่างๆ ทั้งยังจะส่งผลต่อระบบนิเวศที่มีส่วนเกี่ยวข้องแหล่งน้ำนั้นด้วย ไม่ว่า

จะเป็นพวกสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สัตว์ป่า นก สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก ที่มีชีวิตอยู่โดยใช้แหล่งน้ำนั้น

น้ำชะจากการถลุงแร่ลิกไนต์หรือถ่านหิน ทำให้แหล่งน้ำเพิ่มความเป็นกรดมีความเป็นด่างลดลง มีซัลเฟตสูงขึ้น เพิ่มเหล็กและโลหะต่างๆ ในน้ำและเพิ่มตะกอนในน้ำสูงขึ้น ผลกระทบนี้จะเกิดในน้ำเป็นเวลานานหลังจากการชะล้างได้เกิดขึ้น

ส่วนสารประกอบซัลเฟอร์นั้น มีโอกาสที่จะสะสมในแหล่งน้ำ จากกระบวนการเผาไหม้ถ่านหินก็โดยวัฏจักการหมุนเวียนซัลเฟอร์นั่นเอง โดยสารประกอบ SO_2 ในบรรยากาศ เมื่อรวมกับน้ำในบรรยากาศตกลงมาเป็นฝนกรดซัลฟูริกสู่ดิน และบางส่วนชะล้างลงสู่แหล่งน้ำหรือตกสู่แหล่งน้ำโดยตรง หรือสะสมอยู่ในแหล่งน้ำใต้ดิน Nriagu และ Hem (1978) กล่าวถึงซัลเฟอร์ในแหล่งน้ำธรรมดาว่าเกิดจากแหล่งธรรมชาติและเกิดจากมนุษย์ โดยซัลเฟอร์ที่ได้มาจากกระบวนการผุกร่อนของหินมีประมาณ 35% ของซัลเฟตในโลก (Bemer, 1971)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค
ต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์
โครงการแต่ละประเภท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.1 ต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็กตลอดอายุโครงการ 25 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ	รายได้	รายได้สุทธิ
0	3,000,000	-	-	-
1	-	4,029,733.23	3,685,102.42	-344,630.81
2	-	4,029,733.23	3,685,102.42	-344,630.81
3	-	4,029,733.23	3,685,102.42	-344,630.81
4	-	4,029,733.23	3,685,102.42	-344,630.81
5	-	4,029,733.23	3,685,102.42	-344,630.81
6	-	4,029,733.23	3,685,102.42	-344,630.81
7	-	4,029,733.23	3,685,102.42	-344,630.81
8	-	4,029,733.23	3,685,102.42	-344,630.81
9	-	4,029,733.23	3,685,102.42	-344,630.81
10	-	4,029,733.23	3,685,102.42	-344,630.81
11	-	4,029,733.23	3,685,102.42	-344,630.81
12	-	4,029,733.23	3,685,102.42	-344,630.81
13	-	4,029,733.23	3,685,102.42	-344,630.81
14	-	4,029,733.23	3,685,102.42	-344,630.81
15	-	4,029,733.23	3,685,102.42	-344,630.81
16	-	4,029,733.23	3,685,102.42	-344,630.81
17	-	4,029,733.23	3,685,102.42	-344,630.81
18	-	4,029,733.23	3,685,102.42	-344,630.81
19	-	4,029,733.23	3,685,102.42	-344,630.81
20	-	4,029,733.23	3,685,102.42	-344,630.81
21	-	4,029,733.23	3,685,102.42	-344,630.81
22	-	4,029,733.23	3,685,102.42	-344,630.81
23	-	4,029,733.23	3,685,102.42	-344,630.81
24	-	4,029,733.23	3,685,102.42	-344,630.81
25	-	4,029,733.23	3,685,102.42	-344,630.81

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.2 ต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็กตลอดอายุโครงการ 25 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ	รายได้	รายได้สุทธิ
0	3,000,000	-	-	-
1	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
2	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
3	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
4	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
5	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
6	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
7	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
8	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
9	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
10	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
11	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
12	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
13	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
14	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
15	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
16	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
17	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
18	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
19	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
20	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
21	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
22	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
23	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
24	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
25	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.3 ต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็กตลอดอายุโครงการ 25 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ	รายได้	รายได้สุทธิ
0	3,000,000	-	-	-
1	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
2	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
3	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
4	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
5	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
6	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
7	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
8	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
9	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
10	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
11	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
12	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
13	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
14	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
15	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
16	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
17	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
18	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
19	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
20	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
21	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
22	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
23	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
24	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27
25	-	3,810,733.23	4,312,630.50	501,897.27

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.4 ต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลางตลอดอายุโครงการ 25 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ	รายได้	รายได้สุทธิ
0	21,800,000	-	-	-
1	-	14,298,636.04	22,110,614.79	7,820,978.75
2	-	14,298,636.04	22,110,614.79	7,820,978.75
3	-	14,298,636.04	22,110,614.79	7,820,978.75
4	-	14,298,636.04	22,110,614.79	7,820,978.75
5	-	14,298,636.04	22,110,614.79	7,820,978.75
6	-	14,298,636.04	22,110,614.79	7,820,978.75
7	-	14,298,636.04	22,110,614.79	7,820,978.75
8	-	14,298,636.04	22,110,614.79	7,820,978.75
9	-	14,298,636.04	22,110,614.79	7,820,978.75
10	-	14,298,636.04	22,110,614.79	7,820,978.75
11	-	14,298,636.04	22,110,614.79	7,820,978.75
12	-	14,298,636.04	22,110,614.79	7,820,978.75
13	-	14,298,636.04	22,110,614.79	7,820,978.75
14	-	14,298,636.04	22,110,614.79	7,820,978.75
15	-	14,298,636.04	22,110,614.79	7,820,978.75
16	-	14,298,636.04	22,110,614.79	7,820,978.75
17	-	14,298,636.04	22,110,614.79	7,820,978.75
18	-	14,298,636.04	22,110,614.79	7,820,978.75
19	-	14,298,636.04	22,110,614.79	7,820,978.75
20	-	14,298,636.04	22,110,614.79	7,820,978.75
21	-	14,298,636.04	22,110,614.79	7,820,978.75
22	-	14,298,636.04	22,110,614.79	7,820,978.75
23	-	14,298,636.04	22,110,614.79	7,820,978.75
24	-	14,298,636.04	22,110,614.79	7,820,978.75
25	-	14,298,636.04	22,110,614.79	7,820,978.75

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.5 ต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลางตลอดอายุโครงการ 25 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ	รายได้	รายได้สุทธิ
0	21,800,000	-	-	-
1	-	12,984,636.04	25,875,783.44	12,873,147.40
2	-	12,984,636.04	25,875,783.44	12,873,147.40
3	-	12,984,636.04	25,875,783.44	12,873,147.40
4	-	12,984,636.04	25,875,783.44	12,873,147.40
5	-	12,984,636.04	25,875,783.44	12,873,147.40
6	-	12,984,636.04	25,875,783.44	12,873,147.40
7	-	12,984,636.04	25,875,783.44	12,873,147.40
8	-	12,984,636.04	25,875,783.44	12,873,147.40
9	-	12,984,636.04	25,875,783.44	12,873,147.40
10	-	12,984,636.04	25,875,783.44	12,873,147.40
11	-	12,984,636.04	25,875,783.44	12,873,147.40
12	-	12,984,636.04	25,875,783.44	12,873,147.40
13	-	12,984,636.04	25,875,783.44	12,873,147.40
14	-	12,984,636.04	25,875,783.44	12,873,147.40
15	-	12,984,636.04	25,875,783.44	12,873,147.40
16	-	12,984,636.04	25,875,783.44	12,873,147.40
17	-	12,984,636.04	25,875,783.44	12,873,147.40
18	-	12,984,636.04	25,875,783.44	12,873,147.40
19	-	12,984,636.04	25,875,783.44	12,873,147.40
20	-	12,984,636.04	25,875,783.44	12,873,147.40
21	-	12,984,636.04	25,875,783.44	12,873,147.40
22	-	12,984,636.04	25,875,783.44	12,873,147.40
23	-	12,984,636.04	25,875,783.44	12,873,147.40
24	-	12,984,636.04	25,875,783.44	12,873,147.40
25	-	12,984,636.04	25,875,783.44	12,873,147.40

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.6 ต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดกลางตลอดอายุโครงการ 25 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ	รายได้	รายได้สุทธิ
0	21,800,000	-	-	-
1	-	20,610,216.04	50,320,931.54	29,710,715.50
2	-	20,610,216.04	50,320,931.54	29,710,715.50
3	-	20,610,216.04	50,320,931.54	29,710,715.50
4	-	20,610,216.04	50,320,931.54	29,710,715.50
5	-	20,610,216.04	50,320,931.54	29,710,715.50
6	-	20,610,216.04	50,320,931.54	29,710,715.50
7	-	20,610,216.04	50,320,931.54	29,710,715.50
8	-	20,610,216.04	50,320,931.54	29,710,715.50
9	-	20,610,216.04	50,320,931.54	29,710,715.50
10	-	20,610,216.04	50,320,931.54	29,710,715.50
11	-	20,610,216.04	50,320,931.54	29,710,715.50
12	-	20,610,216.04	50,320,931.54	29,710,715.50
13	-	20,610,216.04	50,320,931.54	29,710,715.50
14	-	20,610,216.04	50,320,931.54	29,710,715.50
15	-	20,610,216.04	50,320,931.54	29,710,715.50
16	-	20,610,216.04	50,320,931.54	29,710,715.50
17	-	20,610,216.04	50,320,931.54	29,710,715.50
18	-	20,610,216.04	50,320,931.54	29,710,715.50
19	-	20,610,216.04	50,320,931.54	29,710,715.50
20	-	20,610,216.04	50,320,931.54	29,710,715.50
21	-	20,610,216.04	50,320,931.54	29,710,715.50
22	-	20,610,216.04	50,320,931.54	29,710,715.50
23	-	20,610,216.04	50,320,931.54	29,710,715.50
24	-	20,610,216.04	50,320,931.54	29,710,715.50
25	-	20,610,216.04	50,320,931.54	29,710,715.50

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.7 ต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่ตลอดอายุโครงการ 25 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ	รายได้	รายได้สุทธิ
0	71,000,000	-	-	-
1	-	49,325,595.07	88,442,459.12	39,116,864.05
2	-	49,325,595.07	88,442,459.12	39,116,864.05
3	-	49,325,595.07	88,442,459.12	39,116,864.05
4	-	49,325,595.07	88,442,459.12	39,116,864.05
5	-	49,325,595.07	88,442,459.12	39,116,864.05
6	-	49,325,595.07	88,442,459.12	39,116,864.05
7	-	49,325,595.07	88,442,459.12	39,116,864.05
8	-	49,325,595.07	88,442,459.12	39,116,864.05
9	-	49,325,595.07	88,442,459.12	39,116,864.05
10	-	49,325,595.07	88,442,459.12	39,116,864.05
11	-	49,325,595.07	88,442,459.12	39,116,864.05
12	-	49,325,595.07	88,442,459.12	39,116,864.05
13	-	49,325,595.07	88,442,459.12	39,116,864.05
14	-	49,325,595.07	88,442,459.12	39,116,864.05
15	-	49,325,595.07	88,442,459.12	39,116,864.05
16	-	49,325,595.07	88,442,459.12	39,116,864.05
17	-	49,325,595.07	88,442,459.12	39,116,864.05
18	-	49,325,595.07	88,442,459.12	39,116,864.05
19	-	49,325,595.07	88,442,459.12	39,116,864.05
20	-	49,325,595.07	88,442,459.12	39,116,864.05
21	-	49,325,595.07	88,442,459.12	39,116,864.05
22	-	49,325,595.07	88,442,459.12	39,116,864.05
23	-	49,325,595.07	88,442,459.12	39,116,864.05
24	-	49,325,595.07	88,442,459.12	39,116,864.05
25	-	49,325,595.07	88,442,459.12	39,116,864.05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.8 ต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่ตลอดอายุโครงการ 25 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ	รายได้	รายได้สุทธิ
0	71,000,000	-	-	-
1	-	44,069,595.07	103,503,133.70	59,433,538.63
2	-	44,069,595.07	103,503,133.70	59,433,538.63
3	-	44,069,595.07	103,503,133.70	59,433,538.63
4	-	44,069,595.07	103,503,133.70	59,433,538.63
5	-	44,069,595.07	103,503,133.70	59,433,538.63
6	-	44,069,595.07	103,503,133.70	59,433,538.63
7	-	44,069,595.07	103,503,133.70	59,433,538.63
8	-	44,069,595.07	103,503,133.70	59,433,538.63
9	-	44,069,595.07	103,503,133.70	59,433,538.63
10	-	44,069,595.07	103,503,133.70	59,433,538.63
11	-	44,069,595.07	103,503,133.70	59,433,538.63
12	-	44,069,595.07	103,503,133.70	59,433,538.63
13	-	44,069,595.07	103,503,133.70	59,433,538.63
14	-	44,069,595.07	103,503,133.70	59,433,538.63
15	-	44,069,595.07	103,503,133.70	59,433,538.63
16	-	44,069,595.07	103,503,133.70	59,433,538.63
17	-	44,069,595.07	103,503,133.70	59,433,538.63
18	-	44,069,595.07	103,503,133.70	59,433,538.63
19	-	44,069,595.07	103,503,133.70	59,433,538.63
20	-	44,069,595.07	103,503,133.70	59,433,538.63
21	-	44,069,595.07	103,503,133.70	59,433,538.63
22	-	44,069,595.07	103,503,133.70	59,433,538.63
23	-	44,069,595.07	103,503,133.70	59,433,538.63
24	-	44,069,595.07	103,503,133.70	59,433,538.63
25	-	44,069,595.07	103,503,133.70	59,433,538.63

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.9 ต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์ที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซท์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่ตลอดอายุโครงการ 25 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ	รายได้	รายได้สุทธิ
0	71,000,000	-	-	-
1	-	74,571,915.07	201,283,726.40	126,711,811.33
2	-	74,571,915.07	201,283,726.40	126,711,811.33
3	-	74,571,915.07	201,283,726.40	126,711,811.33
4	-	74,571,915.07	201,283,726.40	126,711,811.33
5	-	74,571,915.07	201,283,726.40	126,711,811.33
6	-	74,571,915.07	201,283,726.40	126,711,811.33
7	-	74,571,915.07	201,283,726.40	126,711,811.33
8	-	74,571,915.07	201,283,726.40	126,711,811.33
9	-	74,571,915.07	201,283,726.40	126,711,811.33
10	-	74,571,915.07	201,283,726.40	126,711,811.33
11	-	74,571,915.07	201,283,726.40	126,711,811.33
12	-	74,571,915.07	201,283,726.40	126,711,811.33
13	-	74,571,915.07	201,283,726.40	126,711,811.33
14	-	74,571,915.07	201,283,726.40	126,711,811.33
15	-	74,571,915.07	201,283,726.40	126,711,811.33
16	-	74,571,915.07	201,283,726.40	126,711,811.33
17	-	74,571,915.07	201,283,726.40	126,711,811.33
18	-	74,571,915.07	201,283,726.40	126,711,811.33
19	-	74,571,915.07	201,283,726.40	126,711,811.33
20	-	74,571,915.07	201,283,726.40	126,711,811.33
21	-	74,571,915.07	201,283,726.40	126,711,811.33
22	-	74,571,915.07	201,283,726.40	126,711,811.33
23	-	74,571,915.07	201,283,726.40	126,711,811.33
24	-	74,571,915.07	201,283,726.40	126,711,811.33
25	-	74,571,915.07	201,283,726.40	126,711,811.33

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายวรวิทย์ ลีลาวรรณ เกิดวันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2526 ที่อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี จบการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสาธิตสถาบันราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม เมื่อปีการศึกษา 2544 และได้รับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาปิโตรเคมีและวัสดุพอลิเมอร์ จากคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยศิลปากร เมื่อปีการศึกษา 2548 หลังจากนั้นเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2549

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย