

บทที่ 5

การวิเคราะห์และสรุปผล

5.1 ตัวประกอบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco Efficiency Factor)

ตัวประกอบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco Efficiency Factor) เป็นการเปรียบเทียบระหว่างค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์ตัวใหม่หรือตัวที่ได้รับการปรับปรุงเทียบกับประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์ตัวเก่าหรือตัวที่ยังไม่ได้รับการปรับปรุงในเทอมของมูลค่าของผลิตภัณฑ์และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{Eco Efficiency Factor} = \frac{\text{Service(New-product/Old-product)}}{\text{Environmental burden(New-product/Old-product)}} \quad (32)$$

$$= \frac{\text{Service(New)}}{\text{Service(Old)}} \times \frac{\text{Environmental burden(Old)}}{\text{Environmental burden(New)}} \quad (33)$$

จะเห็นได้ว่าถ้าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ใหม่ลดลงเทียบกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์เดิมจะทำให้ค่าตัวประกอบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจมีค่ามากกว่า 1 แสดงถึงการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ แต่ในทางตรงกันข้ามหากผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ใหม่ลดลงเทียบกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์เดิมจะทำให้ค่าตัวประกอบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจมีค่าน้อยกว่า 1 แสดงถึงการลดลงของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

แต่อย่างไรก็ดี การกำหนดราคาของผลิตภัณฑ์หรือมูลค่าของผลิตภัณฑ์ เป็นเรื่องกลยุทธิ์ในทางการค้าของบริษัท ทำให้ไม่สามารถนำราคาขายของผลิตภัณฑ์ใหม่มาหารด้วยราคาขายของผลิตภัณฑ์เดิมได้ กล่าวคือ เกี่ยวกับมูลค่าหรือราคาไม่อาจจะใช้ข้อมูลโดยตรงได้ จึงต้องหาจากราคาต้นทุนที่สามารถลดลงได้จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาคิดแทนราคา เนื่องจากการลดต้นทุนการผลิตได้ย่อมหมายถึงการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ได้นั่นเอง ดังนั้นจึงต้องทำการประมาณราคาของต้นทุนการผลิตในส่วนของค่าวัตถุดิบและค่าเชื้อเพลิง

วัตถุดิบ/ เชื้อเพลิง	ราคาต่อหน่วย (บาท/กิโลกรัม)	การผลิตเดิม (กิโลกรัม)	การผลิตใหม่ (กิโลกรัม)	ราคาเดิม (บาท)	ราคาใหม่ (บาท)
หินปูน	0.08	N/A	1.25	N/A	0.1
ดินเหนียว	0.15	N/A	0.13	N/A	0.02
ทราย	0.3	N/A	0.06	N/A	0.018
แร่เหล็ก	0.5	N/A	-	N/A	-
ถ่านหิน	3.1	0.128	0.95	0.397	0.295
แกลบ	1.1	-	-	-	-
ไบออย	0.5	-	0.06	-	0.03
ต้นทุนการผลิต				0.535	0.463

ตารางที่ 5.1 : การประมาณต้นทุนการผลิตของกระบวนการผลิตแบบเดิมเทียบกับแบบใหม่

เนื่องจากราคาวัตถุดิบและราคาเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตก็ดี ปริมาณวัตถุดิบแต่ละชนิดที่ใช้ในการผลิตก็ดี ทางบริษัทไม่อาจเปิดเผยข้อมูลได้เพราะเป็นกลยุทธ์ทางการค้าและเป็นทรัพย์สินทางปัญญาของบริษัท ดังนั้นในการประมาณราคาต้องอาศัยราคากลางที่มีอยู่ในท้องตลาดและต้องตั้งสมมุติฐานว่า

- 1. ต้นทุนที่ลดลงนั้นมาจากต้นทุนของเชื้อเพลิงเท่านั้นไม่ใช่มาจากต้นทุนค่าวัตถุดิบ
- 2. ราคาวัตถุดิบของการผลิตแบบเดิมก็ให้ถือเอาราคาวัตถุดิบของการผลิตแบบใหม่เป็นราคาที่ใช้แทนกันได้ และจากการสอบถามทางผู้ผลิตพบว่าราคาวัตถุดิบที่ประมาณได้ 0.138 บาท/กิโลกรัมปูนเม็ดนั้น ไม่แตกต่างจากราคาวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตจริงมากนัก ดังนั้นต้นทุนการผลิตแบบเดิมจึงมีค่าเท่ากับ 0.397 + 0.138 = 0.535 บาท/กิโลกรัมปูนเม็ด

จะเห็นได้ว่าถ้าใช้ไบออยจะทำให้ราคาลดลง
$$= \frac{0.535 - 0.463}{0.535} \times 100\%$$
$$= 13.5\%$$

ดังนั้นต้องถือว่าการทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงได้เทียบได้กับการทำให้สินค้ามีคุณค่าเพิ่มขึ้นได้ 13.5% และจากสมการที่ 33 ในพจน์แรกจะได้

$$\frac{Service(New)}{Service(Old)} = \frac{1.135}{1}$$

5.2 ตัวประกอบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco Efficiency Factor) เมื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทำให้สามารถเปรียบเทียบปริมาณก๊าซต่างๆที่เกิดจากเผาเชื้อเพลิงได้ดังตารางต่อไปนี้

ชนิดของก๊าซที่เกิดขึ้น	ใช้ถ่านหิน 128 กรัม	ใช้ถ่านหิน 95 กรัม	ใช้ชีวมวล 60 กรัม	รวมใช้ถ่านหิน และชีวมวล	ผลต่างของปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น ระหว่างถ่านหินอย่างเดียวกับ การใช้ถ่านหินร่วมกับชีวมวล
CO ₂	331.349	245.92	Neutral	245.92	85.429
SO ₂	3.328	2.47	0.024	2.494	0.834
NO ₂	5.046	3.745	0.335	3.847	1.199

ตารางที่ 5.2 : ปริมาณก๊าซที่เกิดจากการเผาเชื้อเพลิงชนิดต่างๆกัน (กรัม)

ค่าตัวประกอบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในด้านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการเผาวัตถุดิบไม่ว่าจะเป็นกรณีใช้หรือไม่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลยังคงมีค่าเท่าเดิมคือ 544 กรัม ดังนั้น ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการใช้ถ่านหินอย่างเดียวรวมกับที่เกิดจากการเผาวัตถุดิบจึงรวมกันได้เท่ากับ 875.35 กรัม และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการใช้ถ่านหินร่วมกับเชื้อเพลิงชีวมวลรวมกับที่เกิดจากการเผาวัตถุดิบจึงรวมกันได้เท่ากับ 789.92 กรัม

Eco Efficiency Factor = $\frac{Service(New)}{Service(Old)} \times \frac{Environmental\ burden(Old)}{Environmental\ burden(New)}$

Eco Efficiency Factor = $\frac{1.135}{1} \times \frac{875.35}{789.92}$

= 1.257

ค่าตัวประกอบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในด้านปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยจากกระบวนการเผามีค่ามากกว่า 1 คือมีการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ
ค่าตัวประกอบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในด้านก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

$$\text{Eco Efficiency Factor} = \frac{\text{Service(New)}}{\text{Service(Old)}} \times \frac{\text{Environmental burden(Old)}}{\text{Environmental burden(New)}}$$

$$\text{Eco Efficiency Factor} = \frac{1.135}{1} \times \frac{3.328}{2.494}$$

$$= 1.514$$

ค่าตัวประกอบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในด้านปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยจากกระบวนการเผามีค่ามากกว่า 1 คือมีการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

ค่าตัวประกอบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในด้านก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

$$\text{Eco Efficiency Factor} = \frac{\text{Service(New)}}{\text{Service(Old)}} \times \frac{\text{Environmental burden(Old)}}{\text{Environmental burden(New)}}$$

$$\text{Eco Efficiency Factor} = \frac{1.135}{1} \times \frac{5.046}{3.847}$$

$$= 1.488$$

ค่าตัวประกอบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในด้านปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยจากกระบวนการเผามีค่ามากกว่า 1 คือมีการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

ค่าตัวประกอบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในด้านวัตถุดิบ

ในการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจด้านวัตถุดิบนั้นจากการสอบถามข้อมูลของบริษัทผู้ผลิตปูนซีเมนต์พบว่าใช้ ปริมาณวัตถุดิบทั้งหมด 1.56 กิโลกรัมในการผลิต ปูนเม็ด 1

กิโลกรัม แต่ทางบริษัทไม่สามารถให้ข้อมูลได้ว่าใน 1.56 กิโลกรัมนั้นประกอบไปด้วยวัตถุดิบชนิด
ละเท่าใดเนื่องจากเป็นความลับของทางบริษัทผู้วิจัยไม่อาจก้าวล่วงได้ ส่วนปริมาณวัตถุดิบจาก
การประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์คือ ใช้หินปูน 1.25 กิโลกรัม ดินเหนียว 0.13 กิโลกรัม
ทราย 0.06 กิโลกรัม รวมใช้วัตถุดิบทั้งสิ้น 1.44 กิโลกรัม ในการผลิต ปูนเม็ด 1 กิโลกรัม

Eco Efficiency Factor = $\frac{Service(New)}{Service(Old)} \times \frac{Environmental\ burden(Old)}{Environmental\ burden(New)}$

Eco Efficiency Factor = $\frac{1.135}{1} \times \frac{1.56}{1.44}$

= 1.229

ค่าตัวประกอบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในด้านวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมีค่า
มากกว่า 1 คือมีการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

ปัจจัยที่พิจารณา	ผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อม (เดิม)	ผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อม (ใหม่)	Eco – Efficiency Factor
ด้าน CO ₂	875.35	789.92	1.257
ด้าน SO ₂	3.328	2.494	1.514
ด้าน NO ₂	5.046	3.847	1.488
ด้านวัตถุดิบ	1.56	1.44	1.229

ตารางที่ 5.3 : สรุปค่าตัวประกอบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในด้านต่างๆ เมื่อใช้ใบอ้อย

5.3 ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของแต่ละผลิตภัณฑ์

ในการที่จะผลิตผลิตภัณฑ์ขึ้นมา 1 ชนิด จะมีการบริโภคทรัพยากรหลายชนิดด้วยกันและ
อาจมีการปลดปล่อยของเสียหรือมีการปลดปล่อยก๊าซ สารเคมีต่างๆ ออกมาสู่สิ่งแวดล้อม สิ่ง
เหล่านี้ล้วนเป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งสิ้น ดังนั้นจึงต้องทำการหาค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศ
เศรษฐกิจของแต่ละผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถทำได้โดยนำค่าตัวประกอบประสิทธิภาพเชิงนิเวศ

เศรษฐกิจในแต่ละปีจึงมาทำการเฉลี่ยกันโดยวิธีรากที่สองของกำลังสอง (Root mean square – RMS) โดยที่

$$\text{RMS of Eco Efficiency} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n EEF_i^2}{n}} \quad (34)$$

แทนค่าตัวประกอบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของแต่ละปัจจัยจะได้

$$\begin{aligned} \text{RMS of Eco Efficiency} &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 EEF_i^2}{4}} \\ &= \sqrt{\frac{(1.257)^2 + (1.514)^2 + (1.488)^2 + (1.229)^2}{4}} \\ &= 1.378 \end{aligned}$$

ดังนั้นค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ทั่วไป คือ 1.378 ซึ่งในทางปฏิบัติโรงงานจะมีผลิตภัณฑ์หลายชนิดอยู่แล้ว เช่น คอนกรีตธรรมดา คอนกรีตทนแรงอัดสูง คอนกรีตทนทานซัลเฟตสูง คอนกรีตทนทานน้ำเค็ม ดินเค็ม คอนกรีตที่ใช้ในงานชุดเจาะน้ำมัน ซีเมนต์ขาวตราช้างเผือก ฯลฯ ก็สามารถนำหลักการนี้ไปหาค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดของบริษัทได้

แม้ว่าจากการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะเห็นได้ว่าการใช้ไบอ้อยเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกในลำดับที่ 1 แต่เนื่องจากไบอ้อยนั้นมีค่า LHV สูงและมีราคาต่อหน่วยต่ำเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงทางเลือกในลำดับที่ 2 (แกลบ) แต่ในความเป็นจริงไบอ้อยไม่สามารถนำมาใช้ได้ตลอดไปเพราะว่าไบอ้อยนั้นมีฤดูกาลเก็บเกี่ยวที่ค่อนข้างจำกัด กล่าวคือไม่สามารถนำมาใช้ได้ตลอดทั้งปี ดังนั้นจึงต้องนำแกลบซึ่งเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกในลำดับที่ 2 เข้ามาพิจารณาด้วยซึ่งแกลบนั้นก็มีฤดูกาลเก็บเกี่ยวเช่นกันแตเมื่อนำเชื้อเพลิงชีวมวล 2 ชนิดนี้มาใช้แล้วจะทำให้สามารถมีเชื้อเพลิงชีวมวลใช้ได้ตลอดทั้งปี โดยในการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกนั้นจะใช้ได้แต่เฉพาะเชื้อเพลิงทางเลือก 1 ชนิดเท่านั้น ไม่สามารถใช้เชื้อเพลิงทางเลือก 2 ชนิดไปพร้อมๆ กันได้ เช่น ใช้เชื้อเพลิงหลักเป็นถ่านหินประกอบกับใช้เชื้อเพลิงชีวมวลไบอ้อยหรือแกลบอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น จะใช้ถ่านหินประกอบไบอ้อยประกอบแกลบ เช่นนี้ไม่ได้ เพราะไบอ้อยกับแกลบนั้นมีค่า LHV ต่างกันทำ

ให้การควบคุมอุณหภูมิในเตาทำได้ยากขึ้นไปอีก ซึ่งตามปกติแล้วควรใช้เชื้อเพลิงเพียงชนิดเดียวในการเผาเท่านั้น การใช้เชื้อเพลิงถ่านหินประกอบไบอ้อยหรือแกลบอย่างใดอย่างหนึ่งก็ทำได้ยากอยู่แล้วและอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของปูนเม็ดที่ออกมาได้

ดังนั้นประเด็นที่จะต้องนำมาพิจารณาต่อไปมีว่า ในกรณีที่ใช้ไบอ้อยซึ่งเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกในลำดับที่ 1 หมดแล้วจึงนำแกลบเข้ามาใช้แทนไบอ้อยต่อไปนั้น แกลบให้ค่าตัวประกอบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเป็นอย่างไร ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของแต่ละผลิตภัณฑ์เป็นอย่างไรและเมื่อใดไม่ควรจะใช้เชื้อเพลิงชีวมวลอีกต่อไปแล้วโดยการทำการวิเคราะห์ความไว

จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นั้นเดิมใช้ไบอ้อย 60 กรัม เป็นการลดการใช้ปริมาณถ่านหินจาก 128 กรัมเหลือ 95 กรัม ต่อการผลิตปูนเม็ด 1 กิโลกรัม แต่เมื่อไบอ้อยซึ่งเป็นเชื้อเพลิงลำดับที่ 1 ถูกใช้ไปหมดแล้ว ดังนั้นจึงต้องทำการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ใหม่โดยฟังก์ชันวัตถุประสงค์และข้อจำกัดยังคงเหมือนเดิมทุกประการ เพียงแต่ตัดส่วนของไบอ้อยออกไปไม่ต้องนำมาพิจารณาอีกซึ่งจะได้ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ใหม่ดังต่อไปนี้

ส่วนประกอบ	สัญลักษณ์	ผลที่ได้ (kg/kg clk)
หินปูน	X1	1.250
ดินเหนียว	X2	0.130
ทราย	X3	0.060
เหล็ก	X4	0.000
ถ่านหิน	X5	0.105
เพ็ดโค้ก	X6	0.000
ยางรถยนต์	X7	0.000
แกลบ	X8	0.046
ไม้ยางพารา	X10	0.000

Clk = Clinker

ตารางที่ 5.4 : ผลการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อไม่พิจารณาไบอ้อย

ผลการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อไม่พิจารณาใบอ้อยทำให้ทราบว่าควรใช้วัตถุดิบในการผลิตคือ หินปูน 1.25 กิโลกรัม ดินเหนียว 0.13 กิโลกรัม หวาย 0.06 กิโลกรัม และใช้เชื้อเพลิงในการผลิตคือ ถ่านหิน 0.1055 กิโลกรัม และแกลบ 0.0462 กิโลกรัม ต่อการผลิตปูนเม็ด 1 กิโลกรัม ซึ่งเมื่อใช้อัตราส่วนดังกล่าวแล้วจะทำให้ต้นทุนในการผลิตต่อ 1 กิโลกรัมมีค่าประมาณ 52 สตางค์ (0.52บาท/กิโลกรัมปูนเม็ด)

เราสามารถหาส่วนประกอบของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของเชื้อเพลิงได้ดังต่อไปนี้

ธาตุที่เป็นองค์ประกอบ	ร้อยละ	กรัม
C	70.6	74.483
H	4.3	4.536
N	1.2	1.266
O	11.8	12.449
S	1.3	1.372

ตารางที่ 5.5 : องค์ประกอบของถ่านหินโดยใช้ถ่านหิน 105.5 กรัม
(Carpio 2008 และ U.Kaantee 2003)

ธาตุที่เป็นองค์ประกอบ	ร้อยละ	กรัม
C	37.48	17.327
H	4.41	2.038
N	0.17	0.078
O	33.27	15.380
S	0.04	0.018

ตารางที่ 5.6 : องค์ประกอบของแกลบโดยใช้แกลบ 46.23 กรัม
(www.efc.or.th)

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากถ่านหิน 105.5 กรัม :

$$\begin{aligned} \text{จากจำนวนโมล} &= \frac{g1}{M1} = \frac{g2}{M2} \\ &= \frac{74.48}{12} = \frac{g2}{44} \end{aligned}$$

จะได้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาเท่ากับ 273.09 กรัม

ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดจากถ่านหิน 105.5 กรัม :

$$\begin{aligned} \text{จากจำนวนโมล} &= \frac{g1}{M1} = \frac{g2}{M2} \\ &= \frac{1.372}{32} = \frac{g2}{64} \end{aligned}$$

จะได้ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกมาเท่ากับ 2.744 กรัม

ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่เกิดจากถ่านหิน 105.5 กรัม :

$$\begin{aligned} \text{จากจำนวนโมล} &= \frac{g1}{M1} = \frac{g2}{M2} \\ &= \frac{1.266}{14} = \frac{g2}{46} \end{aligned}$$

จะได้ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ออกมาเท่ากับ 4.159 กรัม

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากแกลบ 46.23 กรัม :

$$\begin{aligned} \text{จากจำนวนโมล} &= \frac{g1}{M1} = \frac{g2}{M2} \\ &= \frac{17.327}{12} = \frac{g2}{44} \end{aligned}$$

จะได้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาเท่ากับ 63.53 กรัม

ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดจากแกลบ 46.23 กรัม :

$$\begin{aligned} \text{จากจำนวนโมล} &= \frac{g1}{M1} = \frac{g2}{M2} \\ &= \frac{0.018}{32} = \frac{g2}{64} \end{aligned}$$

จะได้ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกมาเท่ากับ 0.036 กรัม

ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่เกิดจากแกลบ 46.23 กรัม :

$$\begin{aligned} \text{จากจำนวนโมล} &= \frac{g1}{M1} = \frac{g2}{M2} \\ &= \frac{0.078}{14} = \frac{g2}{46} \end{aligned}$$

จะได้ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ออกมาเท่ากับ 0.256 กรัม

จากการใช้แกลบทำให้สามารถเปรียบเทียบปริมาณก๊าซต่างๆ ที่เกิดจากเผาเชื้อเพลิงได้ดังตารางต่อไปนี้

ชนิดของก๊าซที่เกิดขึ้น	ใช้ถ่านหิน 128 กรัม	ใช้ถ่านหิน 105.5 กรัม	ใช้แกลบ 46.13 กรัม	รวมใช้ถ่านหินและแกลบ	ผลต่างของปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นระหว่างถ่านหินอย่างเดียวกับการใช้ถ่านหินร่วมกับชีวมวล
CO ₂	331.349	273.09	Neutral	273.09	58.259
SO ₂	3.328	2.744	0.036	2.780	0.584
NO ₂	5.046	4.159	0.256	4.415	0.631

ตารางที่ 5.7 : ปริมาณก๊าซที่เกิดจากการเผาเชื้อเพลิงชนิดต่างๆกัน (กรัม)

แต่อย่างไรก็ดี การกำหนดราคาของผลิตภัณฑ์หรือมูลค่าของผลิตภัณฑ์ เป็นเรื่องกลยุทธ์ในทางการค้าของบริษัท ทำให้ไม่สามารถนำราคาขายของผลิตภัณฑ์ใหม่มาหารด้วยราคาขายของผลิตภัณฑ์เดิมได้ กล่าวคือ เกี่ยวกับมูลค่าหรือราคาไม่อาจจะใช้ข้อมูลโดยตรงได้ จึงต้องหาจากราคาต้นทุนที่สามารถลดลงได้จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาคิดแทนราคา เนื่องจากการลดต้นทุนการผลิตได้ย่อมหมายถึงการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ได้นั่นเอง ดังนั้นจึงต้องทำการประมาณราคาของต้นทุนการผลิตในส่วน of ค่าวัตถุดิบและค่าเชื้อเพลิง

วัตถุดิบ/ เชื้อเพลิง	ราคาต่อหน่วย (บาท/กิโลกรัม)	การผลิตเดิม (กิโลกรัม)	การผลิตใหม่ (กิโลกรัม)	ราคาเดิม (บาท)	ราคาใหม่ (บาท)
หินปูน	0.08	N/A	1.25	N/A	0.1
ดินเหนียว	0.15	N/A	0.13	N/A	0.02
ทราย	0.3	N/A	0.06	N/A	0.018
แร่เหล็ก	0.5	N/A	-	N/A	-
ถ่านหิน	3.1	0.128	0.1055	0.397	0.327
แกลบ	1.1	-	0.0462	-	0.05
ใบอ้อย	0.5	-	-	-	-
ต้นทุนการผลิต				0.535	0.515

ตารางที่ 5.8 : การประมาณต้นทุนการผลิตของกระบวนการผลิตแบบเดิมเทียบกับแบบใหม่

จะเห็นได้ว่าถ้าใช้แกลบจะทำให้ราคาลดลง
$$= \frac{0.535 - 0.515}{0.535} \times 100\%$$
$$= 3.74\%$$

ดังนั้นต้องถือว่าการทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงได้เทียบได้กับการทำให้สินค้ามีคุณค่าเพิ่มขึ้นได้ 3.74% และจากสมการที่ 33 ในพจน์แรกจะได้

$$\frac{Service(New)}{Service(Old)} = \frac{1.037}{1}$$

ค่าตัวประกอบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในด้านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการเผาวัตถุดิบไม่ว่าจะเป็นกรณีใช้หรือไม่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลยังคงมีค่าเท่าเดิมคือ 544 กรัม ดังนั้น ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการใช้ถ่านหินอย่างเดียวรวมกับที่เกิดจากการเผาวัตถุดิบจึงรวมกันได้เท่ากับ 875.35 กรัม และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการใช้ถ่านหินร่วมกับแกลบรวมกับที่เกิดจากการเผาวัตถุดิบจึงรวมกันได้เท่ากับ 817.09 กรัม

Eco Efficiency Factor
$$= \frac{Service(New)}{Service(Old)} \times \frac{Environmental\ burden(Old)}{Environmental\ burden(New)}$$

$$\begin{aligned}\text{Eco Efficiency Factor} &= \frac{1.037}{1} \times \frac{875.35}{817.09} \\ &= 1.111\end{aligned}$$

ค่าตัวประกอบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในด้านปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยจากกระบวนการเผามีค่ามากกว่า 1 คือมีการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจซึ่งจะเห็นได้ว่าไม่ว่าจะเป็นการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลแกลบหรือไบโอดีเซลนั้นก็ไม่ได้ทำให้ Eco Efficiency Factor ของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปลี่ยนแปลงไปมากนัก

ค่าตัวประกอบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในด้านก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

$$\begin{aligned}\text{Eco Efficiency Factor} &= \frac{\text{Service(New)}}{\text{Service(Old)}} \times \frac{\text{Environmental burden(Old)}}{\text{Environmental burden(New)}} \\ \text{Eco Efficiency Factor} &= \frac{1.037}{1} \times \frac{3.328}{2.780} \\ &= 1.241\end{aligned}$$

ค่าตัวประกอบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในด้านปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยจากกระบวนการเผามีค่ามากกว่า 1 คือมีการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

ค่าตัวประกอบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในด้านก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

$$\begin{aligned}\text{Eco Efficiency Factor} &= \frac{\text{Service(New)}}{\text{Service(Old)}} \times \frac{\text{Environmental burden(Old)}}{\text{Environmental burden(New)}} \\ \text{Eco Efficiency Factor} &= \frac{1.037}{1} \times \frac{5.046}{4.415} \\ &= 1.185\end{aligned}$$

ค่าตัวประกอบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในด้านปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยจากกระบวนการเผามีค่ามากกว่า 1 คือมีการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

ค่าตัวประกอบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในด้านวัตถุดิบ

Eco Efficiency Factor = $\frac{Service(New)}{Service(Old)} \times \frac{Environmental\ burden(Old)}{Environmental\ burden(New)}$

Eco Efficiency Factor = $\frac{1.037}{1} \times \frac{1.56}{1.44}$

= 1.123

ค่าตัวประกอบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในด้านวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมีค่ามากกว่า 1 คือมีการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจซึ่งจะเห็นได้ว่าไม่ว่าจะเป็นการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลแกลบหรือไบโอยูนิ่นก็ไม่ทำให้ Eco Efficiency Factor ของวัตถุดิบเปลี่ยนแปลงไป

ปัจจัยที่พิจารณา	ผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อม (เดิม)	ผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อม (ใหม่)	Eco – Efficiency Factor
ด้าน CO ₂	875.35	817.09	1.111
ด้าน SO ₂	3.328	2.780	1.241
ด้าน NO ₂	5.046	4.415	1.185
ด้านวัตถุดิบ	1.56	1.44	1.123

ตารางที่ 5.9 : สรุปค่าตัวประกอบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในด้านต่างๆ เมื่อใช้แกลบ

แทนค่าตัวประกอบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของแต่ละปัจจัยจะได้

$$\begin{aligned}
 \text{RMS of Eco Efficiency} &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 EEF_i^2}{4}} \\
 &= \sqrt{\frac{(1.111)^2 + (1.241)^2 + (1.185)^2 + (1.123)^2}{4}} \\
 &= 1.166
 \end{aligned}$$

ศักยภาพเชื้อเพลิงชีวมวลในประเทศไทย

ในการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อเป็นพลังงานทางเลือกเสริมกับพลังงานหลักที่มาจากถ่านหินนั้น เชื้อเพลิงแต่ละชนิดจะมีฤดูกาลเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันซึ่งจะต้องดูจากปฏิทินชีวมวลจึงจะทำให้ทราบได้ว่าในเดือนใด มีชีวมวลประเภทใดบ้างที่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทางเลือกได้ อีกทั้งเพื่อให้มีการจัดซื้อมาสำรองไว้เป็นพัสดุดังคลังได้อีกด้วย

จากการสำรวจปฏิทินชีวมวลพบว่า ในภาคกลางนั้น เชื้อเพลิงชนิดแกลบจะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคมของทุกปี และอีกช่วงหนึ่งก็คือเดือนมีนาคมถึงเดือนกรกฎาคมของทุกปี รวมมีแกลบใช้ได้ประมาณ 7-8 เดือนต่อปี ส่วนเชื้อเพลิงชนิดใบอ้อยจะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในเดือนธันวาคมถึงเดือนเมษายนของทุกปี รวมมีใบอ้อยใช้ได้ประมาณ 4-5 เดือนต่อปี ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพภูมิอากาศด้วย ส่วนในเดือนสิงหาคมและกันยายนนั้นไม่มีเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดนี้เลย แต่จะเห็นได้ว่าในเดือนมีนาคมและเมษายนนั้นมีเชื้อเพลิงได้ทั้ง 2 ชนิด จึงต้องมีการสำรองเชื้อเพลิงในเดือนมีนาคมและเมษายนไว้ใช้ในเดือนสิงหาคมและกันยายนด้วย

เชื้อเพลิง	ระยะเวลา (เดือน)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
แกลบ												
ใบอ้อย												

ตารางที่ 5.10 : ปฏิทินชีวมวลในภาคกลาง (www.effe.or.th)

ประเทศไทยนับเป็นประเทศเกษตรกรรมที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก ประชาชนมากกว่าร้อยละ 50 ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ผลพลอยได้ที่สำคัญนอกเหนือจากผลผลิตการเกษตรก็คือ วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว แกลบ กากอ้อย กาก ใบ และทะลายปาล์ม เป็นต้น

ชีวมวล (Biomass) หมายถึง วัสดุหรือสารอินทรีย์ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานได้ ชีวมวลนับรวมถึงวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เศษไม้ ปลายไม้จากอุตสาหกรรมไม้ มูลสัตว์ ของเสียจากโรงงานแปรรูปทางการเกษตร และของเสียจากชุมชน

ปริมาณชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ที่ผลิตภายในประเทศจะแปรผันและขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตทางการเกษตรของประเทศ ตารางข้างล่างแสดงรายละเอียดพื้นที่ปลูก ผลผลิตพืชหลัก และไม้ยางพารา

	2549/50		2550/51	
ชนิด	พื้นที่เก็บเกี่ยว	ผลผลิต	พื้นที่เก็บเกี่ยว	ผลผลิต
ข้าว	6,314	64,365	6,588	73,501
ข้าว	67,610	29,640	66,950	29,900
ข้าวฟ่าง	208	57	205	55
ข้าวโพด	5,969	3,602	6,517	4,249
น้ำมันปาล์ม	2,663	6,613	2,873	9,264
มันสำปะหลัง	7,338	26,915	7,397	25,155
สับปะรด	597	2,305	581	2,278
ไม้ยางพารา	10,939	5,700	11,371	3,166

ตารางที่ 5.11 : รายละเอียดพื้นที่ปลูก ผลผลิตพืชหลัก และไม้ยางพารา (www.dede.go.th)

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 2551 (หน่วย: พันไร่ / พันตัน)

สำหรับศักยภาพของการผลิตชีวมวลในประเทศไทยจะประเมินจากผลคูณของปริมาณผลผลิตทางการเกษตรที่ก่อให้เกิดชีวมวลนั้นๆ กับสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณผลผลิตเป็นปริมาณชีวมวล ตารางข้างล่างแสดงศักยภาพชีวมวลของประเทศไทยปี 2551

ชนิด	ผลผลิต (ตัน)	ชีวมวล	ค่า เปลี่ยนเป็น ชีวมวล	ปริมาณ ชีวมวลที่ ได้ (ตัน)	ค่าความ ร้อน (MJ/kg)	พลังงาน (GJ)	เทียบเท่า น้ำมันดิบ (ktoe)	กำลังไฟฟ้า (MW)
อ้อย	73,501,000	ชานอ้อย	0.30	22,050,300	16.21	357,435,363	8,461	97.2
		อ้อยแฉะ ใบ	0.24	17,640,240	16.42	289,652,741	6,857	79
ข้าว	29,900,000	แกลบ	0.23	6,877,000	15.56	107,006,120	2,533	2.5
		ฟางข้าว	1.19	35,581,000	15.51	551,810,992	13,064	152.3
ข้าวโพด	4,249,000	ชัง	0.19	807,310	16.63	13,425,565	318	3.7
น้ำมันปาล์ม	9,264,000	ผลสด เปลือก	0.23	2,130,720	19.41	37,221,547	681	10.2
		กากใย	0.15	1,389,600	19.94	27,708,624	656	7.5
		กะลา	0.06	555,840	21.13	11,744,899	278	3.1
		หางใบ/ กาก	0.27	2,501,280	17.87	44,697,873	1,058	0.5
มัน สำปะหลัง	25,155,000	ลำต้น	0.12	301,860	13.38	4,038,887	96	1
		เหง้า	0.10	251,550	10.61	2,668,945	63	0.6
ยางพารา	3,166,000	ชี้น้อย	0.03	940,980	16.65	1,581,417	37	0.3
		เศษไม้	0.10	316,600	16.85	5,334,710	126	1.3
ยูคาดีปัส	6,800,000	ไม้คั้น	0.20	1,360,000	16.85	22,916,000	542	6.2
		เปลือกไม้	0.10	680,000	17.30	11,764,000	278	3.1
ไม้จากสวน ป่า	6,000,000	เศษไม้	0.10	600,000	16.85	10,110,000	239	2.6
รวม	158,035,000			98,118,970		1,499,168,000	35,488	363.4

ตารางที่ 5.12 : ศักยภาพเชื้อเพลิงชีวมวลของประเทศไทยปี 2551 (www.dede.go.th)

จากศักยภาพเชื้อเพลิงชีวมวลของประเทศไทยดังกล่าวทำให้ทราบว่า ชีวมวลประเภท
แกลบนั้นมีอยู่ด้วยกันทั้งหมดประมาณ 6.87 ล้านตัน ซึ่งแกลบมีค่า LHV เท่ากับ 13,517 kJ/kg คิด
เป็นพลังงานทั้งหมดจากชีวมวลแกลบมีค่าประมาณ 92.8×10^{15} จูล (92.8 เพตะจูล) ส่วนชี
วมวลประเภทใบอ้อยนั้นมีอยู่ด้วยกันทั้งหมดประมาณ 17.64 ล้านตัน ซึ่งใบอ้อยมีค่า LHV เท่ากับ
15,479 kJ/kg คิดเป็นพลังงานทั้งหมดจากชีวมวลใบอ้อยมีค่าประมาณ 273.05×10^{15} จูล

ส่วนกำลังการผลิตปูนทั้งหมดประมาณ 56 ล้านตัน/ปี โดยที่การผลิตปูน 1 ตันนั้นต้องใช้
พลังงาน 3.6 GJ (กิกะจูล) คิดเป็นพลังงานทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตปูนเท่ากับ 201.6×10^{15} จูล แต่
เนื่องจากการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทำให้ทราบว่าสามารถใช้ชีวมวลทดแทน
เชื้อเพลิงฟอสซิลได้ประมาณ 25% ของพลังงานที่ใช้ในการผลิต ดังนั้นพลังงานที่มาจากการใช้ชี
วมวลทั้งหมดในการผลิตปูนจึงมีค่าเท่ากับ 51.53×10^{15} จูล ซึ่งสามารถเห็นได้ว่าไม่ว่าจะใช้
เชื้อเพลิงชีวมวลประเภทใดก็ตาม ประเทศไทยยังคงมีศักยภาพเชื้อเพลิงชีวมวลที่เพียงพอต่อความ
ต้องการในการผลิตปูนอยู่นั่นเอง

แต่ในความเป็นจริงศักยภาพของชีวมวลดังกล่าวเป็นศักยภาพโดยรวมทั้งประเทศจึงไม่
อาจจะนำมาใช้ในจังหวัดใดจังหวัดหนึ่งได้ อีกทั้งทางบริษัทปูนหลายๆ แห่งก็ได้มีการนำเชื้อเพลิง
ชีวมวลมาใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลบางส่วนในการผลิต รวมทั้งมีการตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล

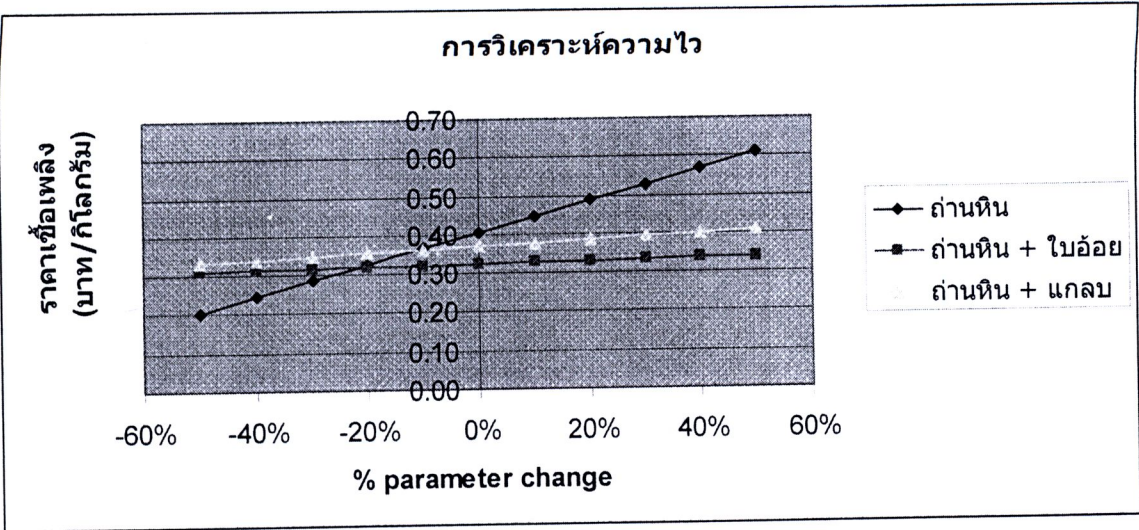
เพิ่มขึ้นมากมายหลายแห่งด้วยกัน ส่วนทางเจ้าของโรงสีเองก็อาจจะไม่ยอมขายเชื้อเพลิงชนิดนี้แล้วเพราะเหตุว่าเจ้าของโรงสีต้องการจะผลิตไฟฟ้าและขนานระบบเข้ากับระบบผลิตของการไฟฟ้าเสียเอง ซึ่งจะทำให้เจ้าของโรงสีได้รับกำไรจากการขนานระบบมากกว่าขายเชื้อเพลิงชีวมวลเองโดยตรง จึงทำให้ปริมาณเชื้อเพลิงชีวมวลที่เคยเพียงพอต่อการผลิตปูนทั้งหมดกลับกลายเป็นไม่เพียงพอต่อความต้องการผลิตปูนทั้งหมดเสียแล้ว ดังนั้นเมื่อความต้องการมากกว่าปริมาณที่มีอยู่ย่อมทำให้ราคาชีวมวลมีแต่จะเพิ่มขึ้น จึงมีปัญหที่ต้องนำมาพิจารณาว่า เมื่อราคาชีวมวลขยับขึ้นไปเป็นเท่าใด จึงควรหันกลับมาใช้ถ่านหินทั้งหมดตามเดิม

5.5 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

ในการวิเคราะห์ความไวนั้น จะพิจารณาจากราคาชีวมวลที่เปลี่ยนแปลงไปเท่านั้น กล่าวคือจะกำหนดให้ปริมาณที่ต้องใช้ชีวมวลยังคงเท่าเดิมอยู่ คือใช้ใบอ้อย 60 กรัม เป็นเชื้อเพลิงทดแทนในการผลิตปูนเม็ด 1 กิโลกรัม หรือใช้แกลบ 46.23 กรัม เป็นเชื้อเพลิงทดแทนในการผลิตปูนเม็ด 1 กิโลกรัม แล้วค่อยๆทำการเปลี่ยนแปลงราคาชีวมวลเพิ่มขึ้นทีละ 10 % จนกระทั่งทราบว่า เมื่อใดราคาชีวมวลรวมกับราคาถ่านหิน (95 กรัม) มากกว่าราคาของถ่านหินแต่เพียงชนิดเดียว (128 กรัม) ซึ่งราคาถ่านหิน 128 กรัม จะตกประมาณ 0.4 บาทหรือ 40 สตางค์ เมื่อนั้นควรจะเลิกใช้เชื้อเพลิงชีวมวลได้แล้ว

% change	ถ่านหิน	ใบอ้อย	แกลบ
50%	4.65	0.75	1.65
40%	4.34	0.7	1.54
30%	4.03	0.65	1.43
20%	3.72	0.6	1.32
10%	3.41	0.55	1.21
0%	3.1	0.5	1.1
-10%	2.79	0.45	0.99
-20%	2.48	0.4	0.88
-30%	2.17	0.35	0.77
-40%	1.86	0.3	0.66
-50%	1.55	0.25	0.55

ตารางที่ 5.13 : ราคาชีวมวลชนิดต่างๆเมื่อทำการเพิ่ม/ลดราคา คราวละ 10%(บาท/กิโลกรัม)

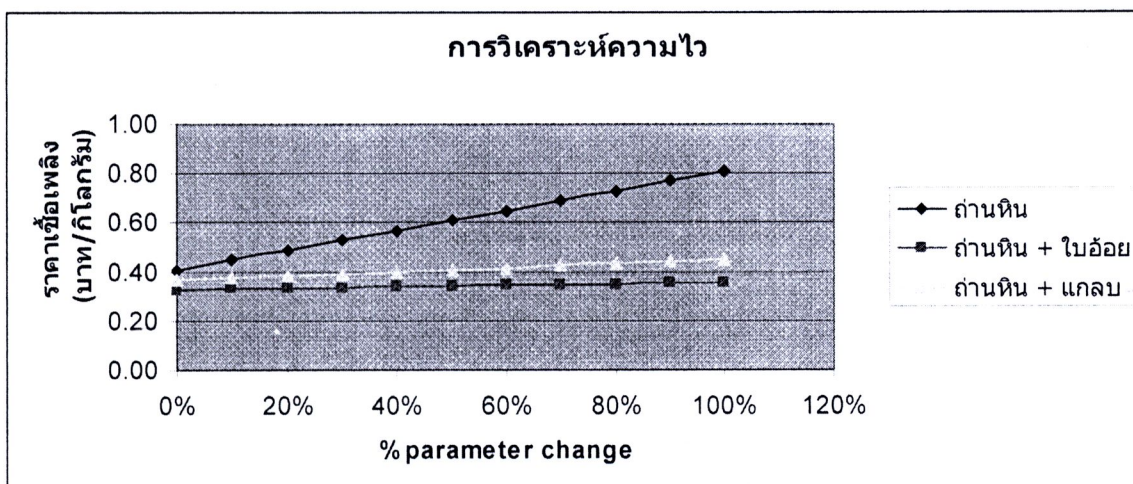


รูปที่ 5.1 : การวิเคราะห์ความไวเมื่อทำการเพิ่ม / ลด ราคาชีวมวลคราวละ 10%

เนื่องจากราคาเชื้อเพลิงชีวมวลมีแต่จะเพิ่มขึ้น ดังนั้นจะทำการวิเคราะห์ความไวแต่เฉพาะด้านการเปลี่ยนแปลงราคาชีวมวลในด้านบวกเท่านั้น ไม่จำเป็นต้องพิจารณาในด้านลบก็สามารถทำได้

% change	ถ่านหิน	ใบอ้อย	แกลบ
100%	6.2	1	2.2
90%	5.89	0.95	2.09
80%	5.58	0.9	1.98
70%	5.27	0.85	1.87
60%	4.96	0.8	1.76
50%	4.65	0.75	1.65
40%	4.34	0.7	1.54
30%	4.03	0.65	1.43
20%	3.72	0.6	1.32
10%	3.41	0.55	1.21
0%	3.1	0.5	1.1

ตารางที่ 5.14 : ราคาชีวมวลชนิดต่างๆ เมื่อทำการเพิ่มราคาชีวมวล คราวละ 10% (บาท/กิโลกรัม)



รูปที่ 5.2 : การวิเคราะห์ความไวเมื่อทำการเพิ่มราคาชีวมวลคราวละ 10%

จากการวิเคราะห์ความไวโดยการเปลี่ยนแปลงราคาเชื้อเพลิงชีวมวลจะเห็นได้ว่า ถ้าราคาแกลบเพิ่มขึ้นมากกว่า 50% จะทำให้ราคาค่าเชื้อเพลิงมากกว่าการใช้ถ่านหินแต่เพียงอย่างเดียว จึงควรเลิกใช้แกลบ ส่วนใบอ้อยนั้น แม้ราคาเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าก็ยังใช้ได้และยังคงใช้ได้ตลอดไป จนกว่าราคาใบอ้อยจะเพิ่มขึ้นอีก 260% จึงควรเลิกใช้ใบอ้อย

5.6 สรุปผลการศึกษา

1) ในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์โดยใช้การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจพบว่า การใช้เชื้อเพลิงก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยสารมลพิษดังกล่าวส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการบดวัตถุดิบในส่วนของการผลิตปูนซีเมนต์เป็นขั้นตอนที่เกิดปริมาณฝุ่นแขวนลอยมากที่สุด

2) การวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้ทราบว่ามลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นมากที่สุดจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีปริมาณถึง 875 กก. จากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปริมาณ 1 ตัน ทั้งนี้คิดจากสมการที่เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์

เท่านั้น ไม่คิดถึงกรณีที่เกิดการเผาไหม้อย่างไม่สมบูรณ์ซึ่งจะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซ SOx , NOx ออกมาด้วย

3) การลดผลกระทบที่มีต่อปริมาณสารมลพิษที่ปล่อยสู่อากาศสามารถทำได้โดยนำเชื้อเพลิงชีวมวลเข้ามาใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล ทำให้สามารถลดปริมาณ CO₂ จาก 875 กก. เหลือ 790 กก. ต่อตันปูนซีเมนต์ เฉพาะที่เกิดจากกระบวนการเผาเท่านั้นซึ่งเป็นกระบวนการหลักที่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาเป็นปริมาณมาก

4) จากการวิเคราะห์ความไวโดยการเปลี่ยนแปลงราคาเชื้อเพลิงชีวมวลจะเห็นได้ว่า ถ้าราคาแกลบเพิ่มขึ้นมากกว่า 40% จะทำให้ราคาค่าเชื้อเพลิงมากกว่าการที่ใช้ถ่านหินแต่เพียงอย่างเดียว จึงควรเลิกใช้แกลบ ส่วนไบอ้อยนั้น แม้ราคาเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าก็ยังคงใช้ได้และยังคงใช้ได้ตลอดไปจนกว่าราคาไบอ้อยจะเพิ่มขึ้นอีก 260% จึงควรเลิกใช้ไบอ้อย

5.7 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานวิจัย

1) การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์เป็นวิธีการที่มีความซับซ้อน และต้องการข้อมูลและความรู้เชิงเทคนิคเป็นอย่างมาก จึงเป็นอุปสรรคอย่างหนึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลและใช้ในวงการผลิตสาหร่าย

2) การเข้าถึงข้อมูลต่างๆ ไม่อาจทำได้เต็มที่เนื่องจากข้อมูลด้านปัจจัยการผลิตเช่น วัตถุดิบ เชื้อเพลิง ราคาวัตถุดิบ ราคาเชื้อเพลิง สมดุลวัตถุดิบ สมดุลพลังงาน การนำปูนมาผสม เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆของบริษัทเป็นเรื่องกลยุทธ์ทางการค้าและ เป็นความลับของบริษัทที่ไม่อาจเปิดเผยแก่บุคคลภายนอกได้เลย แม้กระทั่งผู้วิจัยเอง ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้จึงเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้หลักการทางนิเวศเศรษฐกิจเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ในบางส่วนเท่านั้น ไม่อาจครอบคลุมได้ในทุกกรณี อีกทั้งในความเป็นจริงการนำเชื้อเพลิงชีวมวลมาใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลทั้งหมดนั้น ไม่สามารถทำได้เพราะติดข้อจำกัดหลายๆ ประการดังที่ได้อธิบายในบทก่อนหน้านี้แล้ว

5.8 ข้อเสนอแนะ

- 1) ในการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นควรมีการติดต่อประสานงานกับโรงงานที่ใช้ในการศึกษา เพื่อให้ได้ข้อมูลปฐมภูมิที่สามารถนำมาใช้ในการพิจารณาให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น
- 2) ในการวิเคราะห์การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์นั้น อาจมีการพัฒนาโดยใช้โปรแกรม (Software) มาช่วยในการคำนวณ
- 3) ในการวิเคราะห์การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์นั้น อาจมีการพัฒนาโดยใช้โปรแกรม (Software) มาช่วยในการคำนวณกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์แล้ว ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวคิดของฉลากเขียว ที่เป็นกลยุทธ์หนึ่งในนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมที่ใช้การตลาดเป็นเครื่องมือ เพื่อผลักดันให้ผู้ผลิตอื่นๆ ต้องแข่งขันกับปรับปรุงคุณภาพของสินค้าหรือบริการของตน โดยคำนึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นสำคัญเช่นกัน
- 4) เนื่องจากก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมมาจากกระบวนการผลิตที่ต้องใช้หินปูนเป็นวัตถุดิบและจากการบริโภคพลังงานและเชื้อเพลิง การลดการปล่อยออกอาจมีการศึกษาเพิ่มเติมของการเปลี่ยนวัตถุดิบจากหินปูนไปเป็นอย่างอื่น การใช้สัดส่วนเม็ดปูนในการผลิตซีเมนต์ให้น้อยลงโดยที่ยังคงมีคุณสมบัติของคอนกรีตไว้ได้