



ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยพระนคร

ภาคผนวก ก ค่าคงที่ต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณ

- Discount Rate = 7.00%

ที่มา: MRR, อัตราดอกเบี้ยลูกค้ารายย่อยชั้นดีของธนาคารแห่งประเทศไทย ณ วันที่ 25 มกราคม 2554

- อายุการใช้งานระบบ 10 ปี
- ค่าความร้อนของก๊าซ LPG = 50.22 MJ/kg
- ประสิทธิภาพของ Boiler = 70%
- การสูญเสียในระบบ Boiler = 15%
- ประสิทธิภาพตัวรับรังสีอาทิตย์ = 60%
- ราคาก๊าซ LPG = 20.00 บาท/ลิตร

ที่มา: การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย ณ วันที่ 25 มกราคม 2554

- ค่าดูแลรักษาและซ่อมบำรุงระบบปีละ = 20,000 บาท



ภาคผนวก ข การคำนวณหาผลประโยชน์ ของการทดแทนก๊าซ LPG จากการผลิตน้ำร้อนด้วย ความร้อนเหลือทิ้งจากตู้แช่

ตู้แช่ขนาด 2 ตัน มีค่าพลังงาน	24,000	BTU/h
มีจำนวน	4	ตู้
ชั่วโมงการทำงานของตู้แช่	24	ชั่วโมง
ค่าความร้อนเหลือทิ้ง	$24,000 \times 4 \times 24 =$	2,304,000 BTU/วัน
พลังงานความร้อนเหลือทิ้ง	$2,304,000 \times 1.055 =$	2,430,720 KJ/วัน
		2,430.72 MJ/วัน
ค่าความร้อนของก๊าซ LPG	50.22	MJ/กิโลกรัม
พลังงานความร้อนเหลือทิ้งจากตู้แช่ทดแทน LPG ได้	$2,430.72 / 50.22 =$	48.40 กิโลกรัม/วัน
จำนวนวันทำงาน เท่ากับ	350	วัน/ปี
พลังงานความร้อนเหลือทิ้งจากตู้แช่จึงทดแทน LPG ได้	$48.40 / 350 =$	16,940 กิโลกรัม/ปี
ราคาก๊าซ LPG เท่ากับ	20	บาท/กิโลกรัม
คิดเป็นผลประโยชน์	$16,940 \times 20 =$	338,800 บาท/ปี

การคำนวณหาผลประโยชน์ของการทดแทนก๊าซ LPG จากการผลิตน้ำร้อนด้วยตัวรับรังสีอาทิตย์

1. การคำนวณหาขนาดของพื้นที่รับรังสีอาทิตย์คิดที่ปริมาณความต้องการใช้น้ำร้อน 100 % กำหนดข้อมูลดังนี้

ปริมาณน้ำร้อนที่ต้องการจากตัวรับรังสีอาทิตย์ 8,019 ลิตร/วัน

อุณหภูมิน้ำป้อนเข้า 30°C และอุณหภูมิน้ำออก 60°C

จากสมการ $Q_{in} = Q_{out}$

$$G_t \times A_c \times \eta_c = mc_p(T_{out} - T_{in})$$

$$G_t \times A_c \times \eta_c = mc_p \Delta T$$

กำหนดให้

G_t = ความเข้มแสงอาทิตย์ W/m^2

A_c = ขนาดพื้นที่รับแสง, m^2

η_c = ประสิทธิภาพของแผงรับความร้อน (60%)

m = อัตราไหลเชิงมวล kg/s

C_p = ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ $4.184 \text{ kJ/kg } ^{\circ}\text{K}$

T = ผลต่างของอุณหภูมิ $^{\circ}\text{C}$

แทนค่า

$$\begin{aligned} Q_u &= mc_p \Delta T \\ &= 8,019 \text{ liter/day} \times 4.184 \text{ KJ/Kg} \times (60^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}) \\ &= 1,006.06 \text{ MJ/day} \end{aligned}$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{Q_u}{G_t A_c} \\ &= \frac{1,006.06 \text{ MJ/day}}{19.07 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{day} \times A_c} \\ A_c &= \frac{1,006.06 \text{ MJ/day}}{19.07 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{day} \times 0.6} \\ &= 85.11 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

พื้นที่รับรังสีอาทิตย์คิดที่ปริมาณความต้องการใช้น้ำร้อน 100 % จะมีขนาดเท่ากับ

85.11 ตารางเมตร

2. ผลประโยชน์ของการทดแทนก๊าซ LPG จากการผลิตน้ำร้อนด้วยตัวรับรังสีอาทิตย์		
พื้นที่ตัวรับรังสีอาทิตย์มีขนาดเท่ากับ	85.11	ตารางเมตร
สามารถผลิตพลังงานพลังงานความร้อนได้เท่ากับ	1,006.06	MJ/กิโลกรัม
ค่าความร้อนของก๊าซ LPG	50.22	MJ/กิโลกรัม
พลังงานความร้อนจากตัวรับรังสีอาทิตย์จึงทดแทนก๊าซ LPG ได้		
	$1,006.06 / 50.22 =$	20.03 กิโลกรัม/วัน
จำนวนวันทำงาน เท่ากับ	350	วัน/ปี
พลังงานความร้อนเหลือทิ้งจากตู้แช่จึงทดแทน LPG ได้		
	$20.03 / 350 =$	7,010.56 กิโลกรัม/ปี
ราคาก๊าซ LPG เท่ากับ	20	บาท/กิโลกรัม
คิดเป็นผลประโยชน์	$7,010.56 \times 20 =$	140,210 บาท/ปี



ภาคผนวก ค ตารางแสดงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

ตาราง 8 แสดงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

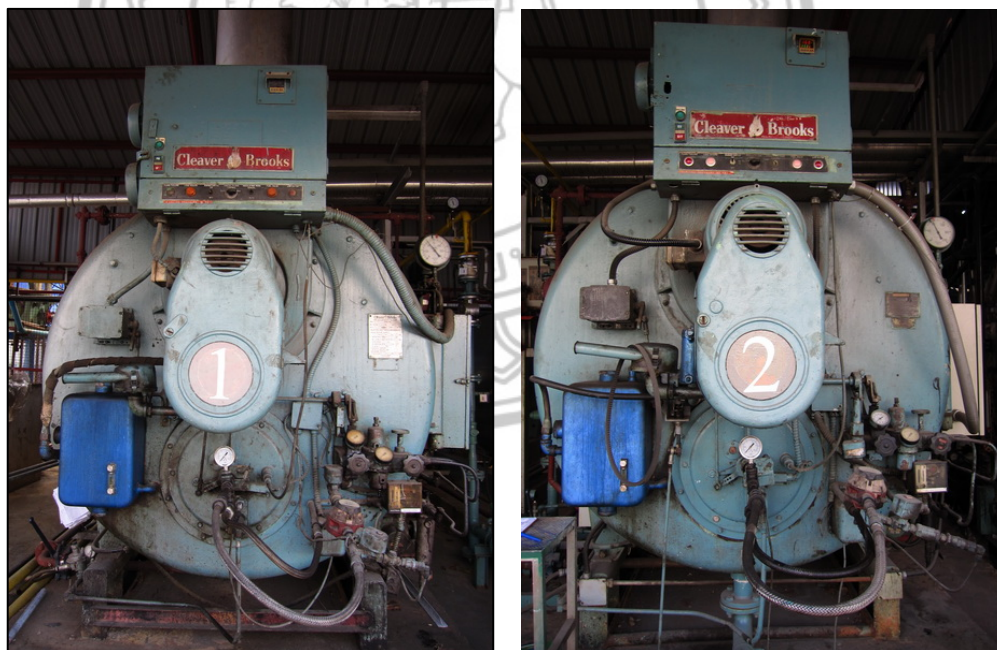
ประเภท	ชนิดเชื้อเพลิง	ค่าความร้อน (หน่วยอังกฤษ)	ค่าความร้อน (หน่วย SI)
เชื้อเพลิงแข็ง	ถ่านหินบิทูมินัส	6,297.16 kcal/kg	26,366.21 kJ/kg
	ถ่านหินลิกไนท์	2,500.24 kcal/kg	10,468.50 kJ/kg
	ขี้เลื่อย	2,598.14 kcal/kg	10,878.41 kJ/kg
	แกลบ	3,438.72 kcal/kg	14,397.92 kJ/kg
	ชานอ้อย	1,798.16 kcal/kg	7,528.90 kJ/kg
เชื้อเพลิงเหลว	น้ำมันเบนซิน	8,245.76 kcal/L	34,525.00 kJ/L
	น้ำมันดีเซล	8,697.10 kcal/L	36,414.76 kJ/L
	น้ำมันเตาเอ	9,857.66 kcal/L	41,274.02 kJ/L
	น้ำมันเตาซี	9,117.38 kcal/L	38,174.47 kJ/L
เชื้อเพลิงก๊าซ	ก๊าซธรรมชาติ	8,763.96 kcal/Nm ³	36,694.47 kJ/Nm ³
	ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG)	11,992.53 kcal/kg	50,220 kJ/kg

ที่มา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2553

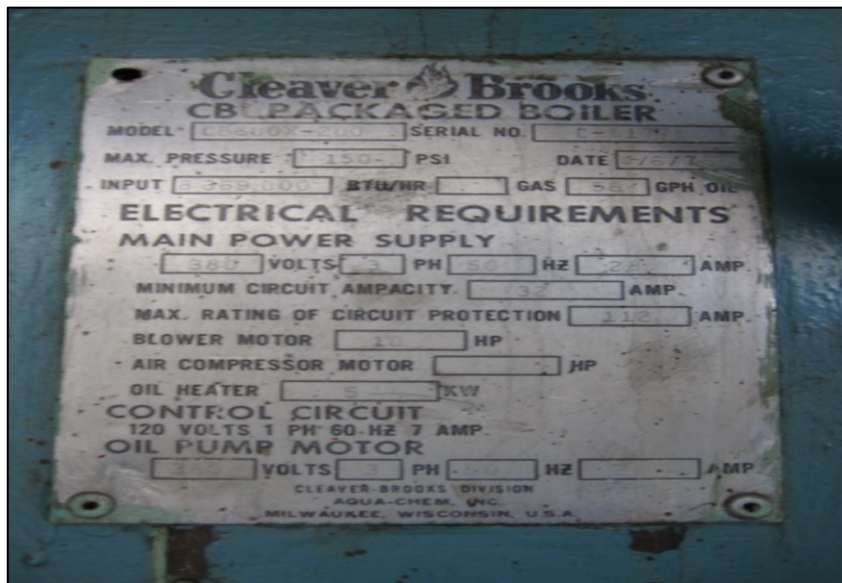
ภาคผนวก ง ภาพพื้นที่ และอุปกรณ์ของบริษัท องกรณ์ห้องเย็น จำกัด



ภาพ 16 พื้นที่สำหรับติดตั้งแผงรับรังสีอาทิตย์ขนาดกว้าง 10 เมตร ยาว 25 เมตร



ภาพ 17 Boiler ที่ใช้ในบริษัท องกรณ์ห้องเย็น จำกัด จำนวน 2 ชุด



ภาพ 18 Nameplate Boiler ที่ใช้ในบริษัท องกรณ์ห่องเย็น จำกัด ชุดที่ 1



ภาพ 19 Nameplate Boiler ที่ใช้ในบริษัท องกรณ์ห่องเย็น จำกัด ชุดที่ 2

ภาคผนวก จ ตารางการคำนวณทางด้านเศรษฐศาสตร์

ตาราง 9 แสดงข้อมูลสรุปทางด้านเศรษฐศาสตร์ในกรณีที่ไม้ได้รับเงินสนับสนุน โดย
คำนวณที่อัตราคิดลด 7%

ปีที่	รายจ่าย	ค่าใช้จ่ายรายปี	ผลตอบแทนรายปี	PVC	PVB	NPV
0	เงินลงทุนเริ่มต้น	2,000,000.00		2,000,000.00		-2,000,000.00
1	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	18,691.59	447,672.90	428,981.31
2	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	17,468.77	418,385.89	400,917.11
3	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	16,325.96	479,010.00	462,684.04
4	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	15,257.90	365,434.44	350,176.53
5	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	14,259.72	341,527.51	327,267.79
6	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	13,326.84	319,184.59	305,857.74
7	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	12,454.99	298,303.35	285,848.36
8	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	11,640.18	278,788.18	267,148.00
9	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	10,878.67	260,549.70	249,671.03
10	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	10,166.99	243,504.39	233,337.41
Total		2,200,000.00	4,790,100.00	2,140,471.63	3,452,360.95	1,311,889.32
					NPV	1,311,889.32
					BCR	1.61
					IRR	11.97%
					PB	5.28

ที่มา: จากการคำนวณ

ตาราง 10 แสดงข้อมูลสรุปทางด้านเศรษฐศาสตร์ในกรณีที่ได้รับเงินสนับสนุน โดย
คำนวณที่อัตราคิดลด 7%

ปีที่	รายจ่าย	ค่าใช้จ่ายราย		ผลตอบแทนราย		
		ปี	ปี	PVC	PVB	NPV
0	เงินลงทุนเริ่มต้น	1,617,500.00		1,617,500.00		-1,617,500.00
1	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	18,691.59	447,672.90	428,981.31
2	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	17,468.77	418,385.89	400,917.11
3	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	16,325.96	391,014.85	374,688.89
4	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	15,257.90	365,434.44	350,176.53
5	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	14,259.72	341,527.51	327,267.79
6	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	13,326.84	319,184.59	305,857.74
7	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	12,454.99	298,303.35	285,848.36
8	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	11,640.18	278,788.18	267,148.00
9	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	10,878.67	260,549.70	249,671.03
10	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	10,166.99	243,504.39	233,337.41
Total		1,817,500.00	4,790,100.00	1,757,971.63	3,364,365.79	1,606,394.16
					NPV	1,606,394.16
					BCR	1.91
					IRR	17.23%
					PB	4.40

ที่มา: จากการคำนวณ

ตาราง 11 แสดงข้อมูลสรุปทางด้านเศรษฐศาสตร์ในกรณีที่得不到เงินสนับสนุน โดย
คำนวณที่อัตราคิดลด 8%

ปีที่	รายจ่าย	ผลตอบแทนราย				
		ค่าใช้จ่ายรายปี	ปี	PVC	PVB	NPV
0	เงินลงทุนเริ่มต้น	2,000,000.00		2,000,000.00		2,000,000.00
1	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	18,518.52	443,527.78	425,009.26
2	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	17,146.78	410,673.87	393,527.09
3	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	15,876.64	380,253.58	364,376.94
4	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	14,700.60	352,086.65	337,386.05
5	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	13,611.66	326,006.16	312,394.49
6	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	12,603.39	301,857.55	289,254.16
7	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	11,669.81	279,497.73	267,827.93
8	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	10,805.38	258,794.20	247,988.82
9	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	10,004.98	239,624.26	229,619.28
10	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	9,263.87	221,874.31	212,610.44
Total		2,200,000.00	4,790,100.00	2,134,201.63	3,214,196.09	1,079,994.46
					NPV	1,079,994.46
					BCR	1.51
					IRR	10.07%
					PB	5.73

ที่มา: จากการคำนวณ

ตาราง 12 แสดงข้อมูลสรุปทางด้านเศรษฐศาสตร์ในกรณีที่ได้รับเงินสนับสนุน โดย
 จำนวนที่อัตราคิดลด 8%

ปีที่	รายจ่าย	ค่าใช้จ่ายรายปี	ผลตอบแทนรายปี	PVC	PVB	NPV
0	เงินลงทุนเริ่มต้น	1,617,500.00		1,617,500.00		-1,617,500.00
1	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	18,518.52	443,527.78	425,009.26
2	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	17,146.78	410,673.87	393,527.09
3	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	15,876.64	380,253.58	364,376.94
4	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	14,700.60	352,086.65	337,386.05
5	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	13,611.66	326,006.16	312,394.49
6	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	12,603.39	301,857.55	289,254.16
7	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	11,669.81	279,497.73	267,827.93
8	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	10,805.38	258,794.20	247,988.82
9	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	10,004.98	239,624.26	229,619.28
10	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	9,263.87	221,874.31	212,610.44
Total		1,817,500.00	4,790,100.00	1,751,701.63	3,214,196.09	1,462,494.46
					NPV	1,462,494.46
					BCR	1.83
					IRR	16.14%
					PB	4.51

ที่มา: จากการคำนวณ

ตาราง 13 แสดงข้อมูลสรุปทางด้านเศรษฐศาสตร์ในกรณีที่ไม่มีเงินสนับสนุน โดย
คำนวณที่อัตราคิดลด 10%

ปีที่	รายจ่าย	ค่าใช้จ่ายราย		PVC	PVB	NPV
		ปี	ผลตอบแทนรายปี			
0	เงินลงทุนเริ่มต้น	2,000,000.00		2,000,000.00		-2,000,000.00
1	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	18,181.82	435,463.64	417,281.82
2	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	16,528.93	395,876.03	379,347.11
3	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	15,026.30	359,887.30	344,861.01
4	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	13,660.27	327,170.28	313,510.01
5	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	12,418.43	297,427.52	285,009.10
6	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	11,289.48	270,388.66	259,099.18
7	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	10,263.16	245,807.87	235,544.71
8	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	9,330.15	223,461.70	214,131.55
9	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	8,481.95	203,147.00	194,665.05
10	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	7,710.87	184,679.09	176,968.23
Total		2,200,000.00	4,790,100.00	2,122,891.34	2,943,309.09	820,417.75
					NPV	820,417.75
					BCR	1.39
					IRR	8.07%
					PB	6.15

ที่มา: จากการคำนวณ

ตาราง 14 แสดงข้อมูลสรุปทางด้านเศรษฐศาสตร์ในกรณีที่ได้รับเงินสนับสนุน โดย
 จำนวนที่อัตราคิดลด 10%

ปีที่	รายจ่าย	ค่าใช้จ่ายรายปี	ผลตอบแทนรายปี	PVC	PVB	NPV
0	เงินลงทุนเริ่มต้น	1,617,500.00		1,617,500.00		-1,617,500.00
1	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	18,181.82	435,463.64	417,281.82
2	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	16,528.93	395,876.03	379,347.11
3	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	15,026.30	359,887.30	344,861.01
4	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	13,660.27	327,170.28	313,510.01
5	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	12,418.43	297,427.52	285,009.10
6	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	11,289.48	270,388.66	259,099.18
7	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	10,263.16	245,807.87	235,544.71
8	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	9,330.15	223,461.70	214,131.55
9	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	8,481.95	203,147.00	194,665.05
10	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	7,710.87	184,679.09	176,968.23
Total		1,817,500.00	4,790,100.00	1,740,391.34	2,943,309.09	1,202,917.75
					NPV	1,202,917.75
					BCR	1.69
					IRR	14.03%
					PB	4.75

ที่มา: จากการคำนวณ

ตาราง 15 แสดงข้อมูลสรุปทางด้านเศรษฐศาสตร์ในกรณีที่得不到เงินสนับสนุน โดย
คำนวณที่อัตราคิดลด 12%

ปีที่	รายจ่าย	ค่าใช้จ่ายราย		PVC	PVB	NPV
		ปี	ผลตอบแทนรายปี			
0	เงินลงทุนเริ่มต้น	2,000,000.00		2,000,000.00		-2,000,000.00
1	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	17,857.14	427,687.50	409,830.36
2	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	15,943.88	381,863.84	365,919.96
3	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	14,235.60	340,949.86	326,714.25
4	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	12,710.36	304,419.51	291,709.15
5	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	11,348.54	271,803.14	260,454.60
6	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	10,132.62	242,681.37	232,548.75
7	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	9,046.98	216,679.80	207,632.81
8	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	8,077.66	193,464.11	185,386.44
9	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	7,212.20	172,735.81	165,523.61
10	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	6,439.46	154,228.40	147,788.94
Total		2,200,000.00	4,790,100.00	2,113,004.46	2,706,513.33	593,508.87
					NPV	593,508.87
					BCR	1.28
					IRR	6.14%
					PB	6.66

ที่มา: จากการคำนวณ

ตาราง 16 แสดงข้อมูลสรุปทางด้านเศรษฐศาสตร์ในกรณีที่ได้รับเงินสนับสนุนโดย
 จำนวนที่อัตราคิดลด 12%

ปีที่	รายจ่าย	ค่าใช้จ่ายรายปี	ผลตอบแทนรายปี	PVC	PVB	NPV
0	เงินลงทุนเริ่มต้น	1,617,500.00		1,617,500.00		-1,617,500.00
1	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	17,857.14	427,687.50	409,830.36
2	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	15,943.88	381,863.84	365,919.96
3	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	14,235.60	340,949.86	326,714.25
4	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	12,710.36	304,419.51	291,709.15
5	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	11,348.54	271,803.14	260,454.60
6	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	10,132.62	242,681.37	232,548.75
7	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	9,046.98	216,679.80	207,632.81
8	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	8,077.66	193,464.11	185,386.44
9	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	7,212.20	172,735.81	165,523.61
10	ค่าใช้จ่ายรายปี	20,000.00	479,010.00	6,439.46	154,228.40	147,788.94
Total		1,817,500.00	4,790,100.00	1,730,504.46	2,706,513.33	976,008.87
					NPV	976,008.87
					BCR	1.56
					IRR	12.00%
					PB	5.02

ที่มา: จากการคำนวณ