Abstract :

จากผลการศึกษาของสถาบันวิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ได้วิเคราะห์ข้อมูลด้านเทคนิค และการวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจและการเงิน โดยสรุป พบว่า

ด้านเทคนิค การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปตามลักษณะการเอียงของหลังคาอาคารต่างๆ ภายในโรงงานผลิตยาสูบแห่งใหม่ จะทำให้โครงสร้างหลังคาเดิมรับน้ำหนักของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด รวมทั้งแรงยกจากลมที่กระทำต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ก็จะน้อยกว่าการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มุม 15° ไปทางทิศใต้การเลือกใช้แผงฯ ชนิดโพลีซิลิกอนและติดตั้งไปตามลักษณะการเอียงของหลังคาอาคารจะได้กำลังติดตั้งสูงสุด 9,330 กิโลวัตต์พีค

การวิเคราะห์ด้านเศรษฐกิจและการเงิน ที่ปรึกษาได้จัดทำสถานการณ์และกรณีศึกษาไว้ 8 กรณีศึกษา ดังนี้

กรณีศึกษา	แหล่งรายได้	การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์	ชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
1	(สถานการณ์ที่1) ไฟฟ้าที่ผลิตได้ขายให้การไฟฟ้าทั้งหมด	ติดตั้งที่มุม 15° และหันหน้าแผงฯ ไปทางทิศใต้	แผงโพลีซิลิกอน
2		ติดตั้งที่มุม 15° และหันหน้าแผงฯ ไปทางทิศใต้	แผงCIGS
3		ติดตั้งตามลักษณะการเอียงของหลังคาที่มุม 5° ถึง 10°	แผงโพลีซิลิกอน
4		ติดตั้งตามลักษณะการเอียงของหลังคาที่มุม 5° ถึง 10°	แผงCIGS
5	(สถานการณ์ที่2) ไฟฟ้าที่ผลิตได้ใช้ภายในโรงงานผลิตยาสูบแห่งใหม่	ติดตั้งที่มุม 15° และหันหน้าแผงฯ ไปทางทิศใต้	แผงโพลีซิลิกอน
6		ติดตั้งที่มุม 15° และหันหน้าแผงฯ ไปทางทิศใต้	แผงCIGS
7		ติดตั้งตามลักษณะการเอียงของหลังคาที่มุม 5° ถึง 10°	แผงโพลีซิลิกอน
8		ติดตั้งตามลักษณะการเอียงของหลังคาที่มุม 5° ถึง 10°	แผงCIGS

<u>สถานการณ์ที่ 1</u> กรณีศึกษาดังกล่าวจะขายไฟฟ้าที่ผลิตได้ ให้แก่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคทั้งหมด พบว่า กรณีศึกษาที่ 3 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปตามลักษณะการเอียงของหลังคาอาคารต่าง ๆ ภายในโรงงานผลิตยาสูบแห่งใหม่ จะมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่อกำลังการผลิตติดตั้งต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 1.7 เหรียญสหรัฐฯ ต่อวัตต์ เมื่อเทียบกับกรณีศึกษาที่ 1, 2 และ 4 จะมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่อกำลังการผลิตอยู่ระหว่าง 1.81 ถึง 2.03 เหรียญสหรัฐฯ ต่อวัตต์

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมดขายให้แก่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) โดยมีสมมติฐานอัตราค่าไฟฟ้าที่ขายให้กับ กฟภ. เท่ากับ 6.16 บาทต่อหน่วย

<u>สถานการณ์ที่ 2</u> กรณีศึกษาดังกล่าวจะใช้ไฟฟ้าที่ผลิตได้ภายในโรงงานผลิตยาสูบแห่งใหม่ทั้งหมด พบว่า กรณีศึกษาที่ 7 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปตามลักษณะการเอียงของหลังคา จะมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่อกำลังการผลิตติดตั้งต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 1.59 เหรียญสหรัฐฯ ต่อวัตต์ เมื่อเทียบกับกรณีศึกษาที่ 5, 6และ 8 จะมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่อกำลังการผลิตอยู่ระหว่าง 1.67 ถึง 1.86 เหรียญสหรัฐฯ ต่อวัตต์

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อใช้ภายในโรงงานผลิตยาสูบแห่งใหม่ ต้นทุนค่าไฟฟ้าของโรงงานยาสูบมีสมมติฐานอัตราค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.50 บาทต่อหน่วย

เมื่อพิจารณาจากผลการศึกษาเปรียบเทียบกันระหว่าง กรณีศึกษาที่ 3 ไฟฟ้าที่ผลิตได้ขายให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคทั้งหมด และกรณีศึกษาที่ 7 ไฟฟ้าที่ผลิตได้ใช้ภายในโรงงานฯ โดยทั้ง 2 กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีซิลิกอน และลักษณะการติดตั้งแผงฯ ติดตั้งตามลักษณะการเอียงของหลังคาอาคารต่างๆ ภายในโรงงานผลิตยาสูบแห่งใหม่ซึ่งมีมุมเอียงอยู่ระหว่าง 5° ถึง 10° *พบว่า กรณีศึกษาที่ 3 ไฟฟ้าที่ผลิตได้ขายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคทั้งหมด เป็นกรณีศึกษาที่คุ้มค่าต่อการลงทุน และมีความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุด* โดยผลตอบแทนทางเงิน (FIRR) เท่ากับ 13.61% ระยะเวลาการคืนทุนเท่ากับ 6.66 ปี และมีต้นทุนพลังงาน (LCOE) เท่ากับ 2.14 บาท ต่อหน่วย ดังตาราง

ข้อมูลสรุปแสดงรายละเอียดการวิเคราะห์ทางการเงิน

กรณีศึกษาที่	กำลังการผลิตติดตั้ง (กิโลวัตต์พีค)	ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (บาท)	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและการซ่อมบำรุงต่อปี (บาท)	กำไรก่อนหักค่าเสื่อมราคาต่อปี (บาท)	ผลตอบแทนจากการลงทุน (FIRR)%	ระยะเวลาการคืนทุน (PP) (ปี)	ต้นทุนพลังงาน(บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)
1	6,712	391,837,500	2,006,879	55,102,806	12.38	7.11	2.28
2	5,287	332,662,500	1,990,241	44,151,170	11.48	7.69	2.44
<u>*3</u>	<u>9,330</u>	<u>491,647,500</u>	<u>2,727,153</u>	<u>74,660,246</u>	<u>13.61</u>	<u>6.66</u>	<u>2.14</u>
4	7,351	411,637,500	2,750,444	59,791,714	12.86	7.12	2.28
5	6,712	364,851,000	2,006,879	34,922,233	7.52	10.50	2.15
6	5,287	304,967,500	1,990,241	27,846,578	6.93	11.15	2.27
7	9,330	460,366,900	2,727,153	47,470,720	8.41	9.87	2.03
8	7,351	381,110,000	2,750,444	37,817,793	7.90	10.11	2.14

หมายเหตุ : การคำนวณไม่ได้นำต้นทุนเงินทุน ค่าเสื่อม และภาษี มาคำนวณ

รายได้จากการขายคาร์บอนเครดิต จากการศึกษาพบว่า ระบบผลิตไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ของโรงงานผลิตยาสูบสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 6,353 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี กระบวนการขอขึ้นทะเบียน (CDM) จนกระทั่งการขายคาร์บอนเครดิต (CERs) มีค่าใช้จ่ายประมาณ 4.0 – 8.0 ล้านบาท ในขณะที่รายได้จากการขายคาร์บอนเครดิตคำนวณได้ 176,105* บาทต่อปี การดำเนินการขายคาร์บอนเครดิตในปัจจุบันจึงยังไม่คุ้มค่า แต่โรงงานยาสูบสามารถนำข้อมูลดังกล่าวใช้ในการประชาสัมพันธ์หรือการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้

**ราคาซื้อขายในตลาดคาร์บอน ณ วันที่ 7 สิงหาคม 2556 (0.66 Euro/tCO2-e)*

การปรับลดพื้นที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

การก่อสร้างอาคารบางส่วนในโรงงานผลิตยาสูบแห่งใหม่ อาจมีการแก้ไขเปลี่ยนแปลง โดยอาจจะไม่ได้ก่อสร้างอาคารคลังเก็บวัตถุดิบประเภทใบยา1(อาคารที่ 5) และ อาคารศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ (อาคารที่ 19)

การวิเคราะห์การเงิน ที่ปรึกษาได้ปรับปรุงการวิเคราะห์ทางการเงินเฉพาะกรณีศึกษาที่ 3 ซึ่งคุ้มค่าต่อการลงทุนและมีความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุด จากข้อมูลกำลังการผลิตติดตั้งที่เปลี่ยนไปแบบจำลองทางการเงินสำหรับกรณีศึกษาที่ 3 จะถูกเปลี่ยนเป็นแบบจำลองทางการเงิน กรณีที่3.1 รายละเอียดเป็นไปตามตารางข้อมูลสรุปแสดงรายละเอียดการวิเคราะห์ทางการเงิน

กรณีศึกษา	กำลังการผลิตติดตั้ง (กิโลวัตต์พีค)	ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (บาท)	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและการซ่อมบำรุงต่อปี (บาท)	กำไรก่อนหักค่าเสื่อมราคาต่อปี (บาท)	ผลตอบแทนจากการลงทุน(FIRR)	ระยะเวลาการคืนทุน (PP) (ปี)	ต้นทุนพลังงาน (บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)
3.1	8,528.50	453,592,824	2,573,281	68,168,368	13.41%	6.78	2.18

ข้อเสนอแนะ

จากสรุปผลการศึกษา พบว่า กรณีศึกษาที่ 3 การผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แล้วขายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคทั้งหมด จะมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุด ดังนั้น โรงงานยาสูบมีความจำเป็นที่ต้องหารือกับทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเกี่ยวกับสัญญาซื้อขายไฟฟ้า

Abstract :

Study Report on Renewable Energy Project for a New Plant of Thailand Tobacco Monopoly (TTM) was carried out by Thammasat University Research and Consultancy Institute to analyze technical installation and financial management. The significant findings demonstrate that 1) solar panel installation should be kept with certain angle and shape of sloped roof of entire buildings of the new plant for having least impact on increasing loads of the old roof structure. Moreover, lift force of wind on solar panels being quite lower than installing those at 15 ° angle towards the south. The solar panels which made of polysilicon and having been installed actually fit slope of the roofs will generate electricity at 9,330 kWh, 2) economic and financial analysis, simulations and case studies were created as follows:

Case study	Revenue sources	Solar panels installation	Types of solar panels
1	(Simulation 1) Electricity will be sold totally to PEA	Installed at 15° towards to the south	Polysilicon
2		Installed at 15° towards to the south	CIGS
3		Installed fitting roofs to be sloped at angle of 5° - 10°	Polysilicon
4		Installed fitting roofs to be sloped at angle of 5° - 10°	CIGS
5	(Simulation 2) Electricity will be consumed in TTM new plant	Installed at 15° towards to the south	Polysilicon
6		Installed at 15° towards to the south	CIGS
7		Installed fitting roofs to be sloped at angle of 5° - 10°	Polysilicon
8		Installed fitting roofs to be sloped at angle of 5° - 10°	CIGS

Simulation 1, Provincial Electricity Authority (PEA) will purchase electric power as whole. Comparing with each of case study, the third case spent the lowest investment cost of solar panel installation with the sloped roof of the new plant by which the installed generating capacity estimated at 1.7 US dollar per watt, whereas the first, the second and the fourth case actually did at 1.81 – 2.03 US dollar per watt.

The electricity generated by solar panels will be purchased all by PEA at estimated electricity rate, 6.16 Baht per unit.

Simulation 2 , the electricity generation using solar energy will be consumed only within the new plant. In comparison with investment cost of all cases, the seventh case concerning of installation solar panels fitting angle of the sloped roof spent definitely the lowest cost on the installed generating capacity at 1.59 US dollar per watt, whereas the fifth, the sixth and the eight case were estimated at 1.67 – 1.86 US dollar per watt. The electricity pricing rate of electricity generation using solar energy for the new plant is estimated at 3.50 Baht per unit.

Comparing the findings of the third (PEA purchased whole electric power) and the seventh case (electric power consumption within the new plant only), both cases similarly installed polysilicon solar panels at the angle of 5 °- 10 ° of the sloped roof of the entire buildings yet the third case revealed apparently the most worth of investment and economic feasibility. Considering financial internal rate of return (FIRR), it could be calculated to be 13.61%, payback period will be 6.66 year and levelized cost of energy (LCOE) is 2.14 Baht per unit. See more details in below table,

Findings of financial analysis

No.of case study	Installed capacity (kWh)	Cost of investment (Baht)	Operations& Maintenance cost (O&M / year) (Baht)	Operating income before depreciation/ Year (Baht)	Percentage of FIRR	Payback period (PP)(Year)	Energy cost (Baht/kWh)
1	6,712	391,837,500	2,006,879	55,102,806	12.38	7.11	2.28
2	5,287	332,662,500	1,990,241	44,151,170	11.48	7.69	2.44
*3	9,330	491,647,500	2,727,153	74,660,246	13.61	6.66	2.14
4	7,351	411,637,500	2,750,444	59,791,714	12.86	7.12	2.28
5	6,712	364,851,000	2,006,879	34,922,233	7.52	10.50	2.15
6	5,287	304,967,500	1,990,241	27,846,578	6.93	11.15	2.27
7	9,330	460,366,900	2,727,153	47,470,720	8.41	9.87	2.03
8	7,351	381,110,000	2,750,444	37,817,793	7.90	10.11	2.14

Note: calculating with excluding capital cost, depreciation cost and tax.

Revenue of carbon emission trading; the result of this study demonstrates that the solar energy system of the plant of Thailand Tobacco Monopoly (TTM) practically reduced greenhouse emissions as much as 6,353 tons of carbon dioxide equivalents. Total expenditure of CDM (Clean Development Mechanism) registration and CERs (Certified Emission Reduction) is about 4-8 million Baht whereas the revenue of carbon credits trading per year is just only 176,105 Baht*. Undoubtedly, it is not worth for participating in the

carbon emission market at the present time; anyway, TTM can get some extent to apply with public relations and other environmental activities.

** Market price on August7, 2013 (0.66 Euro/tCO2-e)*

Reduction of solar power installation

It seems some buildings of the new plant according to the blueprint to be cut off, i.e., warehouse of tobacco storage (5th building) and Information Center (19 th building).

For the above reason of changing installation location, the consultant had revised financial model of the third case which being the most worth of investment and economic feasibility to be 3.1 model, see more details as follows:

Table of financial analysis

Case study	Installed capacity (kWh)	Cost of investment (Baht)	Operations& Maintenance cost (O&M / year) (Baht)	Operating income before depreciation/ Year (Baht)	Percentage of FIRR	Payback period (PP)(Year)	Energy cost (Baht/kWh)
3.1	8,528.50	453,592,824	2,573,281	68,168,368	13.41%	6.78	2.18

Recommendation:

The finding reveal apparently that the third case of electricity generating by solar energy to be sold to PEA is the most worth of investment and economic feasibility, therefore TTM must do further negotiation about power purchase agreement.