

แบบจำลองราคาซื้อขายทางใบปาล์มและศักยภาพโรงไฟฟ้า
: กรณีตั้งโรงไฟฟ้าที่โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

Oil Palm Frond Price Scenarios and Potential of Power Plants

: Case study for the mill-owned power plants

วิชัย สังข์แก้ว^{1*}, สุธีระ ประเสริฐสรณ์¹ นันทพันธ์ นัทธานันท์¹ และพูนสุข ประเสริฐสรณ์²

¹ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

²ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพอุตสาหกรรม คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

*ติดต่อ: E-mail: sungkaeww@hotmail.com เบอร์โทรศัพท์ 074-287222, เบอร์โทรสาร 074-558830

บทคัดย่อ

ความต้องการพลังงานไฟฟ้าทางภาคใต้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ด้วยเหตุนี้แผนการจัดหาพลังงานทดแทนจึงมีนโยบายให้ใช้พลังงานทางเลือก งานวิจัยนี้จึงศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ราคาซื้อขายเชื้อเพลิงทางใบปาล์มจากแบบจำลองกระแสเงิน เพื่อหาราคาซื้อขายที่เหมาะสม และประเมินศักยภาพการตั้งโรงไฟฟ้า ณ โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มในพื้นที่จังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี และกระบี่ โดยใช้แผนที่ทางภูมิศาสตร์การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use) ประยุกต์กับโปรแกรม ArcMap คำนวณความหนาแน่นชีวมวลเชิงพื้นที่ รวมถึงใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์กำหนดราคาซื้อขายชีวมวล (ทางใบปาล์ม) เพื่อประเมินโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่เหมาะสมกับการตั้งโรงไฟฟ้า การศึกษาพบว่าในพื้นที่ดังกล่าวนี้มีศักยภาพตั้งโรงงานผลิตไฟฟ้าจำนวน 3 โรง รวมกำลังการผลิต 71.22 เมกกะวัตต์ ด้วยราคาซื้อขายทางใบปาล์มเฉลี่ย 180.74 บาท/ตัน ในรัศมีรอบๆโรงไฟฟ้า 30-35 กิโลเมตร

คำหลัก: ราคาซื้อขายชีวมวล, โรงไฟฟ้าชีวมวล, ทางใบปาล์ม

Abstract

In the response to the increasing demand of electricity, biomass from oil palm plantation is a potential source of fuel for renewable energy power plant. This paper presents mathematical models of oil palm frond price, if power plants to be installed at existing palm oil mills in Chumphon, Surattani and Krabi provinces, southern Thailand. GIS data of land use was analyzed with ArcMap program to estimate the frond availability density (ton/km²/year). It was found that 3 power plants of total capacity of 71.22 MW_e are feasible with the biomass price of 180.74 baht/ton. This should covers area within of 30-35 km radius.

Keywords: fuel cost, biomass power plant, palm oil frond

1. บทนำ

ความต้องการพลังงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะภาคใต้ซึ่งมีความต้องการใช้ไฟฟ้าถึง 2,467 เมกกะวัตต์ (พ.ศ.2557) ซึ่งการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยต้องนำไฟฟ้าจากภาคกลางเข้ามาเสริมอีก 600 เมกกะวัตต์ พร้อมทั้งคาดการณ์ว่า ในปี 2567 ภาคใต้จะมีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงถึง 3,774 เมกกะวัตต์ [1] ประกอบกับมีสถานการณ์ไฟฟ้าดับครั้งใหญ่ภาคใต้ในปี พ.ศ.2556

จากแผนการจัดหาพลังงานทดแทน (แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศ พ.ศ. 2555-2573) รัฐบาลมีนโยบายจะใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก เพื่อทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลให้ได้อย่างน้อยร้อยละ 25 ภายใน 10 ปี [2] ด้วยประเทศไทยมีพื้นที่ทำเกษตรกรรมหลายอย่าง เช่น ข้าว ยางพารา อ้อย และปาล์มน้ำมัน โดยภาคใต้มีพื้นที่ปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมัน ส่งผลให้มีชีวมวลเศษเหลือเป็นจำนวนมาก

AEC-35

ปาล์มน้ำมันถือเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยในปี พ.ศ.2556 มีเนื้อที่ให้ผล 4.09 ล้านไร่ ผลผลิต 12.42 ล้านตัน[3] โดยจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมาก 3 อันดับ คือ กระบี่ สุราษฎร์ธานี ชุมพร ตามลำดับ[4] พบว่าพื้นที่ปลูกปาล์มนั้นมีชีวมวลที่ได้จากสวน เช่น ลำต้นที่ตัดโค่นเมื่ออายุ 20-25 ปี และทางใบปาล์ม คือ ส่วนของใบและก้านใบของต้นปาล์ม ที่เกษตรกรต้องตัดใบล่างที่รองรับทะลายปาล์มออกก่อนเก็บเกี่ยว โดยเก็บเกี่ยวผลผลิตปาล์มทุก ๆ 15-20 วัน แต่ละครั้งมีการตัดทางใบออกเฉลี่ยอย่างน้อย 2 ทางใบต่อต้น หรือ 44 ทางใบต่อไร่ (ปลูก 22 ต้นต่อไร่) ในแต่ละปีจะมีการตัดทางใบปาล์มประมาณ 18 ครั้ง โดยแต่ละทางใบมีน้ำหนักเฉลี่ย 5 กิโลกรัม คิดเป็นน้ำหนักสดประมาณ 3,960 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี[5] หรือคิดเป็นน้ำหนักแห้งประมาณ 937.5 ตันต่อตารางกิโลเมตรต่อปี

Nomenclature

C_l	Annual labor cost, Baht yr ⁻¹	m	Number of months, months yr ⁻¹
C_{ls}	Specific wage per capita of labor cost, Baht person ⁻¹ yr ⁻¹	$MC_{wet, frond}$	Moisture content of frond, % or decimal
C_m	Annual maintenance, Baht yr ⁻¹	n	Economic life time, yr
C_{ts}	Annual transportation cost, Baht yr ⁻¹	N	Number of workers, person
$C_{ts, frond}$	Unit cost of frond transportation, Baht t ⁻¹ km ⁻¹	NPV	Net present value, Baht
C_w	annual biomass cost, Baht y ⁻¹	OUT	Total outgoing finance, Baht yr ⁻¹
$C_{ws, frond}$	Unit cost of shell fuel, Baht t ⁻¹	P_{Add}	Price of adder, Baht kW ⁻¹
$(C_{ws, frond})_o$	Optimal unit cost of shell fuel, Baht t ⁻¹	P_{ec}	Price of electricity capacity, BahtkW ⁻¹ month ⁻¹
CF	Annual cash flow, Baht yr ⁻¹	P_{ee}	Price of electricity energy, Baht kW ⁻¹
E	Electricity output, MW _e	P_{FS}	Price of fuel saving, Baht kW ⁻¹
E_o	Optimal electricity output, MW _e	P_{REP}	Price of renewable energy promotion, Baht kW ⁻¹
f_e	Electricity export factor, % or decimal	Q_B	Boiler thermal load, MW _{th}
%H	hydrogen in fuel, % or decimal	$Q_{B, frond}$	Frond thermal load, MW _{th}
h_{fg}	Vaporization enthalpy of water at 25°C, kJ kg ⁻¹	$(Q_B)_o$	Optimal boiler thermal load, MW _{th}
HHV	Higher heating value of fuel, kJ kg ⁻¹	R	Radius of plantation area, km
i	Discount rate, %	$(R)_o$	Optimal radius of plantation area, km
I_s	Specific investment, Baht kW _e ⁻¹	t	annual power plant operating time, h yr ⁻¹
I_{total}	Total Power plant investment, Baht	VAT	Vat (1.07), % or decimal
IN	total income, Baht yr ⁻¹	η_B	Boiler efficiency, % or decimal
IRR	Internal rate return, % or decimal	η_E	Overall efficiency, % or decimal
k_m	Maintenance coefficient, % yr ⁻¹ or decimal	ψ	Annual specific biomass frond availability, t km ⁻² y ⁻¹
LHV_{frond}	Lower heating value of frond, MJ kg ⁻¹		

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาราคาซื้อขายเชื้อเพลิงชีวมวลทางใบปาล์ม ทั้งนี้อิทธิพลการตัดสินใจตั้งโรงไฟฟ้ามาจากราคาเชื้อเพลิงซึ่งเป็นต้นทุนสำคัญมากโดยที่ราคาเชื้อเพลิงต้องเป็นราคาที่ต่อรองและยอมรับได้ระหว่างผู้ซื้อและขายเพื่อไม่ให้ราคาสูงเกินที่กำหนด ซึ่งราคาชีวมวลจะขึ้นกับระยะทางการขนส่ง ต้นทุนผลิตชีวมวล และคุณภาพเชื้อเพลิง (ค่าความชื้น) ดังนั้นการกาารับซื้อและความหนาแน่นเชิงพื้นที่ของเชื้อเพลิงจึงเป็นปัจจัยหลักในการกำหนดที่ตั้งโรงไฟฟ้า

การศึกษานี้เป็นกรณีตั้งโรงไฟฟ้าที่โรงงานสกัดน้ำมัน ซึ่งปกติเป็นโรงงานที่ผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมเพื่อใช้ในกระบวนการอยู่แล้ว แต่ก็ยังมีชีวมวลจากการสกัดน้ำมันเหลือเป็นจำนวนมากพอที่จะผลิตไฟฟ้าอย่างเดียวเพื่อเป็นรายได้จากการขายไฟฟ้าเข้าระบบ

AEC-35

2.วัสดุและวิธีการ

2.1 แผนที่ใช้ประโยชน์ที่ดิน

แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน คือ แผนที่ที่ดินซึ่งสร้างจากภาพถ่ายออร์โธรีซิเริงเลข[6] โดยการบันทึกภาพจากดาวเทียม THEOS ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการวางแผนและพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารจัดการการใช้ทรัพยากรธรรมชาติได้อย่างยั่งยืนและสอดคล้องกับสถานการณ์ในปัจจุบัน โดยข้อมูลอยู่ในรูปของ Shape File ที่มีระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ของประเทศไทยแบบ WGS 1984 Zone 47N และ 48N (เฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้บางส่วน) ซึ่งแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน จะใช้ร่วมกับโปรแกรม ArcMap คำนวณพื้นที่ปลูกป่าแล้วแปลงเป็นความหนาแน่นชีวมวลทางใบป่าไม้ที่ได้จากสวน

2.2 แบบจำลองคณิตศาสตร์

2.2.1 ขนาดของโรงไฟฟ้า

โรงไฟฟ้าชีวมวล ในกรณีศึกษาเป็นโรงไฟฟ้าแบบผลิตไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว (Fully condensing) คือโรงไฟฟ้าที่ไม่นำไอน้ำความดันสูงไปใช้ในกระบวนการทางความร้อน แต่มีการดึงไอน้ำความดันต่ำบางส่วนไปใช้เพื่ออุ่นน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำ โดยประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า [7] ขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตไฟฟ้า (E) และ กำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไอน้ำ (Q_B) สมการ (1)

$$\eta_E = \frac{E}{Q_B} \quad (1)$$

การผลิตกระแสไฟฟ้าจะให้โรงไฟฟ้าตั้งอยู่ ณ โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่ล้อมรอบด้วยพื้นที่ปลูกปาล์มรัศมี R (km) ซึ่งสวนปาล์มมีความหนาแน่นชีวมวลทางใบปาล์ม (Availability density) ปีละ ψ ($t \text{ km}^{-2} \text{ y}^{-1}$) ผลิตกระแสไฟฟ้าปีละ t (hr) ซึ่งการผลิตของเครื่องกำเนิดไอน้ำ (2) ขึ้นอยู่กับปริมาณความร้อนและค่าดังกล่าว (3)

$$Q_B = Q_{frond} \quad (2)$$

$$Q_{B, frond} = \frac{\psi \pi R^2 (LHV_{frond}) \eta_B}{t} \quad (3)$$

เมื่อ

$$LHV_{frond} = (1 - MC_{wet}) [HHV - 9h_{fg}(\%H)] - h_{fg} MC_{wet} \quad (4)$$

2.2.2 แบบจำลองราคาเชื้อเพลิง

การวิเคราะห์ราคาของเชื้อเพลิงนั้นใช้วิธีการจำลองอัตราการไหลเข้าออกของเงิน (Cash flow)[8] โดยในธุรกิจโรงไฟฟ้าคิดจากรายได้ลบด้วยรายจ่ายซึ่งกำหนดให้ IN คือรายรับทั้งหมด และ OUT คือรายจ่ายทั้งหมดดังสมการ (5)

$$CF = IN - OUT \quad (5)$$

รายได้ประกอบไปด้วย[9]

P_{ee} รายได้จากพลังงานไฟฟ้า (Baht kWh^{-1})

P_{FS} รายได้ประหยัดการใช้เชื้อเพลิง (Baht kWh^{-1})

P_{Add} รายได้การสนับสนุนของรัฐบาล (Baht kWh^{-1})

P_{REP} รายได้การส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงพลังงานหมุนเวียน (Baht kWh^{-1})

P_{ec} รายได้การขายพลังไฟฟ้า (Baht $kW^{-1} \text{ month}^{-1}$)

$$* P_{ec} = 624.34(0.5(FX/37) + 0.5)$$

* FX อัตราแลกเปลี่ยนเงินเหรียญสหรัฐ (คิดที่ 32 บาท)

VAT อัตราภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% ($1 + 0.07 = 1.07$)

แทนค่ารายรับทั้งหมด IN จะได้

$$IN = (VAT) \{ t f_e E (P_{ee} + P_{FS} + P_{Add} + P_{REP}) + m (f_e E p_{ec}) \} \quad (6)$$

แทนค่า E จาก (1) จะได้ว่า

$$IN = (VAT) \{ f_e (P_{ee} + P_{FS} + P_{Add} + P_{REP}) (\eta_E Q_B) + m f_e p_{ec} (\eta_E Q_B) \} \quad (7)$$

แทนค่า Q_B จาก (2) จะได้

$$IN = t \eta_E (VAT) f_e \left\{ P_{ee} + P_{FS} + P_{Add} + P_{REP} + \frac{m p_{ec}}{t} \right\} \times [Q_{B, frond}] \quad (8)$$

แทนค่า (3) จะได้

$$IN = t \eta_E (VAT) f_e \left\{ P_{ee} + P_{FS} + P_{Add} + P_{REP} + \frac{m p_{ec}}{t} \right\} \times \left[\frac{\psi \pi R^2 (LHV_{frond}) \eta_B}{t} \right] \quad (9)$$

AEC-35

กำหนดให้ OUT คือ รายจ่ายเงินทั้งหมด ประกอบด้วย 4 ส่วน[7] ได้แก่ ค่าเชื้อเพลิงชีวมวล (C_w) ค่าขนส่งเชื้อเพลิง (C_{ts}) ค่าจ้างบุคลากร (C_l) ที่ทำหน้าที่ต่างกันในโรงไฟฟ้า และค่าบำรุงรักษา (C_m)

$$OUT = C_w + C_t + C_l + C_m \quad (10)$$

$$C_w = \int_0^R C_{ws} \psi(2\pi R) dR$$

$$= C_{ws} \int_0^R \psi \pi R^2 \quad (11)$$

$$C_t = \int_0^R C_{ts} \psi(2\pi R) R dR$$

$$= \frac{2}{3} C_{ts} \int_0^R \psi \pi R^3 \quad (12)$$

$$C_l = \sum_{u=1}^N \left(C_{ls} N \right) \quad (13)$$

$$C_m = k_m I_{total} \quad (14)$$

แทนค่า IN และ OUT ลงในสมการ (5)

$$CF = \eta_E \eta_B \psi \pi R^2 (VAT) f_e P (LHV_{frond})$$

$$- C_{ws} \int_0^R \psi \pi R^2 - \frac{2}{3} C_{ts} \int_0^R \psi \pi R^3$$

$$- \sum_{u=1}^N (C_{ls} N) - k_m I_{total} \quad (15)$$

กำหนดให้ $P = \left\{ p_{ee} + p_{FS} + p_{Add} + p_{REP} + \frac{mp_{ec}}{t} \right\}$

$$NPV = f_a CF - I_{total} \quad (16)$$

โดย $f_a = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$

การลงทุนทั้งหมดของระบบไฟฟ้าแบบผลิตพลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว (Fully condensing) ดัง (17)

$$I_{total} = I_s E \quad (17)$$

โดยแทนค่า E (1) และ Q_B (2) และ (3) ดัง (18)

$$I_{total} = \frac{I_s \psi \pi R^2 \eta_B \eta_E (LHV_{frond})}{t} \quad (18)$$

เมื่อ $NPV = 0$ ใน (16) ค่า i จะเป็นอัตราผลตอบแทน (IRR) ทำให้คำนวณราคารับซื้อเชื้อเพลิงได้ ดังสมการ

$$C_{ws} \int_0^R \psi \pi R^2 = \eta_E \eta_B (VAT) f_e P (LHV_{frond})$$

$$- \frac{2}{3} C_{ts} \int_0^R \psi \pi R^3 - \frac{1}{\psi \pi R^2} \sum_{u=1}^N (C_{ls} N)$$

$$- \frac{I_s \eta_B \eta_E (LHV_{frond}) (k_m f_a + 1)}{t f_a} \quad (19)$$

กำหนดให้ตัวแปร α (อัลฟา) β (เบต้า) และ γ (แกมมา) ดังสมการ (20-22) เพื่อให้สมการราคารับซื้อเชื้อเพลิงอยู่ในรูปฟังก์ชันอย่างง่าย (23)

$$\alpha = -\frac{1}{\psi \pi} \sum_{u=1}^N (C_{ls} N) \quad (20)$$

$$\beta = -\frac{2}{3} C_{ts} \int_0^R \psi \pi R^3 \quad (21)$$

$$\gamma = \eta_E \eta_B (LHV_{frond}) \left[(VAT) f_e P - \frac{I_s}{t f_a} (k_m f_a + 1) \right] \quad (22)$$

ดังนั้นแบบจำลองราคารับซื้อเชื้อเพลิงอยู่ในรูปฟังก์ชันอย่างง่าย สมการ (23)

$$C_{ws} \int_0^R \psi \pi R^2 = \alpha R^{-2} + \beta R + \gamma \quad (23)$$

2.2.3 แบบจำลองราคารับซื้อเชื้อเพลิงทางใบปาล์มสูงสุด

รัศมีที่เหมาะสมของพื้นที่ R_o ซึ่งสามารถรับซื้อเชื้อเพลิงด้วยราคาสูงสุดสามารถหาได้จาก $dC_{ws, frond}/dR = 0$ ในสมการ (23) โดยแสดงผล (24)

$$R_o = \left(\frac{2\alpha}{\beta} \right)^{1/3} \quad (24)$$

แทนค่า R_o ลงใน (3) จะได้ขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และกำลังผลิตไฟฟ้า ตามสมการ (25) และ (26)

$$(Q_B)_o = \frac{\psi \pi R_o^2 (LHV_{frond}) \eta_B}{t} \quad (25)$$

$$E_o = \frac{\psi \pi R_o^2 (LHV_{frond}) \eta_B \eta_E}{t} \quad (26)$$

ดังนั้น ราคารับซื้อเชื้อเพลิงสูงสุดในการทำข้อตกลงรับซื้อเชื้อเพลิงต้องไม่เกิน สมการ (27)

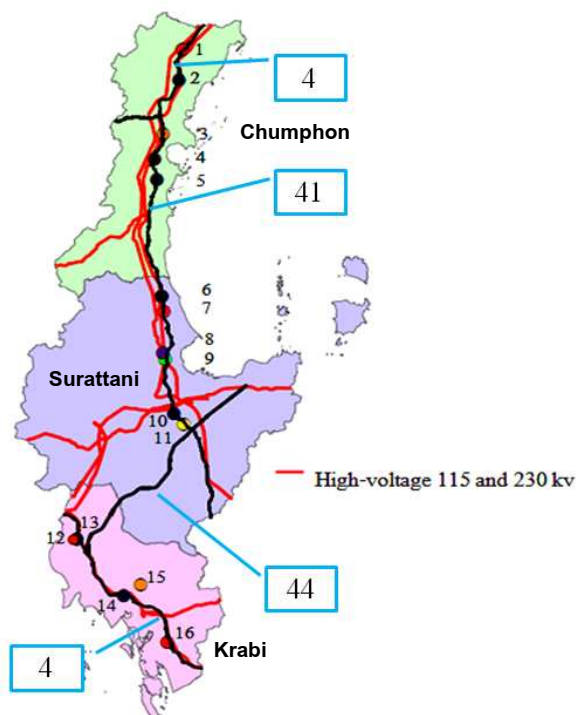
$$\left(C_{ws} \int_0^R \psi \pi R^2 \right)_o = \alpha R_o^{-2} + \beta R_o + \gamma \quad (27)$$

การตัดสินใจราคารับซื้อชีวมวลในสมการ (23) และ (27) นั้น ต่างกันดังนี้ สมการ (23) คือกำหนดราคารับซื้อเชื้อเพลิงซึ่งขึ้นอยู่กับรัศมี และอัตราผลตอบแทนที่ต้องการ ซึ่งทำให้ได้โรงไฟฟ้าที่มีกำลังการผลิตทุกขนาด แต่ราคารับซื้อเชื้อเพลิงสมการ (27) คือ ราคาที่ขนาดของโรงไฟฟ้ามีค่าคงที่ (ขนาด optimum ตามสมการ 26) สมการ 27 จึงเป็นราคารับซื้อเชื้อเพลิงสูงสุดที่ใช้ในการทำข้อตกลงรับซื้อจาก supplier

AEC-35

2.3 ที่ตั้งโรงไฟฟ้า ณ โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ในกรณีศึกษาการตั้งโรงไฟฟ้านี้เลือกโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐาน (หีบแยก) ซึ่งกระบวนการสกัดจะแยกเปลือกและเมล็ดในออกจากกันทำให้ผลิตน้ำมันปาล์มดิบออกมาได้ 2 ชนิด คือ น้ำมันจากเปลือกของผลปาล์ม และน้ำมันเมล็ดในปาล์ม[4] ซึ่งมีจำนวน 16 โรงงานที่เป็นเป้าหมายการศึกษาจะเลือกจากโรงงานที่มีการคมนาคมสะดวก (ทางหลวง 4, 41 และ 44) และใกล้สายส่งไฟฟ้าแรงสูง (115 และ 230 kV) ดังรูปที่ 1

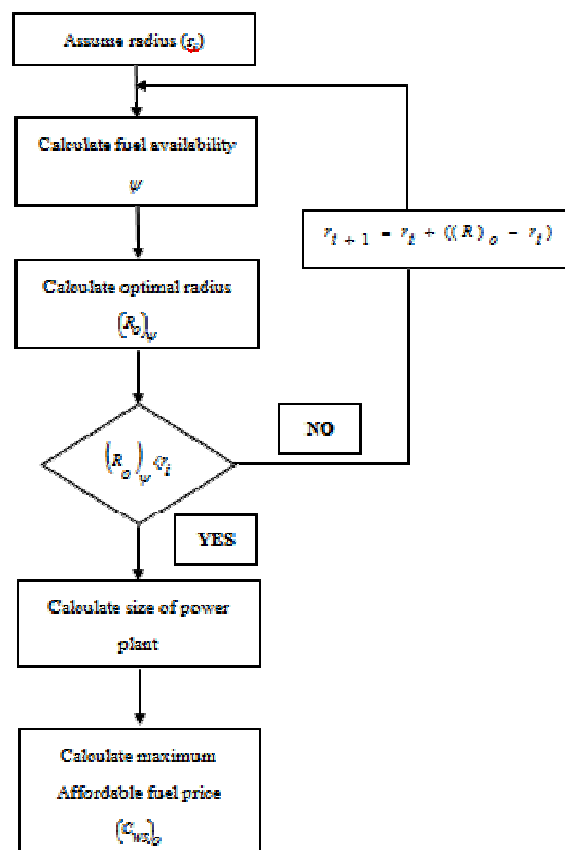


รูปที่ 1 ตำแหน่งที่ตั้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

2.4 การคำนวณความหนาแน่นของชีวมวล

การประเมินศักยภาพโรงไฟฟ้าชีวมวลทางใบปาล์ม สำหรับการศึกษาของโครงการนี้จะพิจารณาการผลิตไฟฟ้าทางภาคใต้ในรูปของผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (SPP) รวมถึงราคาเชื้อเพลิงสูงสุดที่ยอมรับได้ (IRR=15%) ณ โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม สำหรับวิธีการคำนวณใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ควบคู่กับโปรแกรมการคำนวณเชิงพื้นที่ใช้ร่วมกับแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use) ของกรมพัฒนาที่ดิน (Department of Land Development) เพื่อคำนวณรัศมีที่เหมาะสม ขนาด

โรงไฟฟ้าและศึกษาตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้า ณ โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่เหมาะสม (สมการ 24-27) ดังแผนผัง [7] (รูปที่ 2) โดยสมมติค่าขนาดรัศมีโรงไฟฟ้า (r_i) เริ่มต้นจากที่รัศมี 20 กิโลเมตร คำนวณพื้นที่ปลูกปาล์มด้วยโปรแกรม ArcMap แล้วแปลงเป็นความหนาแน่นของชีวมวลทางใบปาล์ม (ψ) เพื่อใช้คำนวณหาขนาดรัศมีของโรงไฟฟ้า (R_o) ψ ถ้าหากพบว่าค่า (R_o) $\psi > r (= 20$ กิโลเมตร) แสดงว่าไม่สามารถก่อตั้งโรงไฟฟ้าได้ เพราะบริเวณโดยรอบโรงไฟฟ้าในรัศมีดังกล่าวมีชีวมวลทางใบปาล์มไม่เพียงพอสำหรับโรงไฟฟ้า การคำนวณจะวนซ้ำรัศมีมีค่าเดิม (convergence) และเพื่อให้มั่นใจปริมาณเชื้อเพลิงเพียงพอ ค่าตอบสุดท้ายจะต้องเผื่อรัศมีเพิ่มไว้ 5 กม.



รูปที่ 2 แผนผังการคำนวณการออกแบบโรงไฟฟ้าชีวมวล

AEC-35

3.ผลการจำลองทางคณิตศาสตร์

สมมติให้โครงการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลทางใบปาล์ม โดยมีข้อมูลทางเทคนิคและกำลังคนปรากฏในตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งเป็นข้อมูลเทียบเคียงจากโรงไฟฟ้าชีวมวลไม้ยางพารา [7] และเมื่อใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการจำลองหาราคาเชื้อเพลิงสูงสุดที่ยอมรับได้แล้ว พบว่าตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้ามีรัศมีการรับซื้อชีวมวลทางใบปาล์มทับซ้อนกัน กรณีนี้จะให้โรงไฟฟ้าที่มีราคารับซื้อชีวมวลทางใบปาล์มมากที่สุดสามารถตั้งโรงไฟฟ้าได้ เพราะมีความสามารถในการแข่งขันทางด้านราคาเชื้อเพลิงมากกว่า ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 รายละเอียดกำลังคนโรงไฟฟ้าชีวมวลปาล์ม

	จำนวนบุคลากร N (person)	ค่าจ้างบุคลากร, C_{ls} (Bath person ⁻¹ yr ⁻¹)
Plant manager	1	1,000,000
Shift leader	5	650,000
O&M personnel	12	450,000
Operator	12	400,000
Secretary	5	200,000
Fuel handing	6	250,000
Total	41	

ตารางที่ 1 ข้อมูลทางเทคนิคการออกแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลแบบผลิตไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว

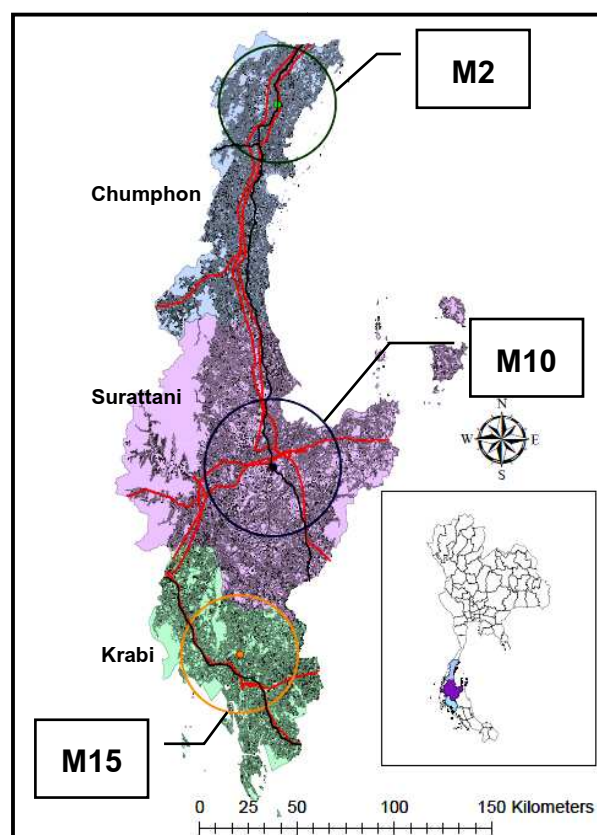
parameter	symbol	value	unit	Reference
Fully Condensing Plant				
Running time	t	8,000	h yr ⁻¹	[7]
Overall efficiency	η_E	20	%	[7]
Boiler efficiency	η_B	75	%	Assumed
Electrical export factor	f_e	90	%	[7]
Number of months	m	12	month yr ⁻¹	[7]
Biomass				
Oil palm frond distribution	ψ	937.5	t km ⁻² yr ⁻¹	[5]
Moisture of oil palm frond	$MC_{wet, frond}$	0.5	*100 (%)	Assumed
HHV of oil palm frond	HHV	17,033	kJ kg ⁻¹	Experiment
%H	%H	0.0575	%	Experiment
$h_{fg}@25^\circ\text{C}$	h_{fg}	2,442.3	kJ kg ⁻¹	
Unit of transportation cost of chipped Oil palm frond	$C_{ts, frond}$	2.44	baht t ⁻¹ km ⁻¹	[10]
Specific investment	I_S	75,000	baht kW _e ⁻¹	[7]
Internal rate of return	IRR	15	%	[7]
Maintenance coefficient	k_m	3	%	[7]
Economic life time	n	20	yr	[7]
Price of electricity capacity	P_{ec}	582.15	baht kW ⁻¹ month ⁻¹	[9]
Price of electricity energy	P_{ee}	0.88	baht kWh ⁻¹	[9]
Price of support fuel saving	P_{FS}	0.36	baht kWh ⁻¹	[9]
Price of renewable energy promotion	P_{REP}	0.39	baht kWh ⁻¹	[9]
Price of adder support by government	P_{Add}	0.3	baht kWh ⁻¹	[9]
Vat	VAT	7	%	[9]

AEC-35

ตารางที่ 3 ผลการจำลองทางคณิตศาสตร์การตั้งโรงไฟฟ้า ณ โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มทางภาคใต้

competitors	Power Plant	Province	Geographical location (Latitude/longitude)	μ (t km ⁻² yr ⁻¹)	Radius of biomass supply (R ₀) (km.)	MAP (C _{wo}) (Baht/ton)	Capacity (MW)
Group 1	M1	Chumphon	10° 50' 27.913" N/ 99° 13' 19.056" E	166.58	35	172.26	21.18
	M2	Chumphon	10° 41' 44.732" N/99° 12' 14.796" E	230.48	30	180.79	23.61
	M3	Chumphon	10° 25' 31.8900" N/ 99° 7' 55.851" E	150.06	35	169.29	20.46
	M4	Chumphon	10° 17' 37.492" N/ 99° 5' 22.671" E	108.06	40	159.33	18.34
	M5	Chumphon	10° 11' 28.730" N/ 99° 6' 1.854" E	102.28	40	157.55	18.00
Group 2	M6	Surattani	9° 36' 19.425" N/ 99° 7' 24.704" E	155.54	35	170.32	20.70
	M7	Surattani	9° 30' 33.328" N/ 99° 7' 55.545" E	147.51	35	168.80	20.34
	M8	Surattani	9° 19' 9.462" N/ 99° 7' 46.930" E	155.00	35	170.22	20.68
	M9	Surattani	9° 16' 54.285" N/ 99° 8' 23.586" E	159.75	35	171.07	20.89
	M10	Surattani	9° 1' 24.628" N/ 99° 10' 35.446" E	173.69	35	173.40	21.48
	M11	Surattani	8° 57' 42.854" N/ 99° 13' 29.182" E	158.29	35	170.81	20.82
Group 3	M12	Krabi	8° 22' 57.126" N/ 98° 42' 58.388" E	244.58	30	182.26	24.07
	M13	Krabi	8° 23' 6.716" N/ 98° 43' 45.624" E	235.61	30	181.34	23.77
	M14	Krabi	8° 6' 11.203" N/ 98° 56' 48.879" E	227.54	30	180.47	23.50
	M15	Krabi	8° 9' 9.583" N/ 99° 1' 23.898" E	312.66	30	188.02	26.13
	M16	Krabi	7° 51' 49.752" N/ 99° 8' 49.750" E	166.08	35	172.16	21.16

จากผลการจำลองทางคณิตศาสตร์ หาดำเนินที่ตั้งโรงไฟฟ้าที่เหมาะสม ณ โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มต่างๆ (ตารางที่ 3) พบว่ามีโรงงานที่มีรัศมีการทับซ้อน 3 กลุ่ม คู่แข่ง ดังนี้ กลุ่มที่ 1 อยู่ในเขตจังหวัดชุมพร เป็นโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม M2 สามารถตั้งโรงไฟฟ้าได้ด้วยราคารับซื้อชีวมวลทางใบปาล์มสูงสุด 180.79 บาท/ตัน ความหนาแน่นของชีวมวลทาง 230.48 t km⁻² yr⁻¹ มีกำลังการผลิตไฟฟ้า 23.6 MW กลุ่มที่ 2 โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม M10 อยู่ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยราคารับซื้อ 173.40 บาท/ตัน ที่ความหนาแน่นของชีวมวล 173.69 t km⁻² yr⁻¹ ส่งผลให้โรงไฟฟ้ามีกำลังการผลิต 21.41 MW กลุ่มที่ 3 โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มในจังหวัดกระบี่ M15 มีราคารับซื้อสูงสุด 188.02 บาท/ตัน ที่ความหนาแน่นของชีวมวลทางใบปาล์ม 312.66 t km⁻² yr⁻¹ มีกำลังการผลิต 21.41 MW รวมกำลังการผลิตไฟฟ้าใน 3 จังหวัด ดังแผนที่ตั้งโรงไฟฟ้า ณ โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม (รูปที่ 3) จำนวน 3 โรง ซึ่งโรงไฟฟ้ามีกำลังการผลิตรวม 71.22 MW ด้วยราคารับซื้อชีวมวลเฉลี่ย 180.74 บาท/ตัน และมีรัศมีการทับซ้อนโรงไฟฟ้า 30-35 กิโลเมตร



รูปที่ 3 ศักยภาพและตำแหน่งที่ตั้งของโรงไฟฟ้า ณ โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

AEC-35

4.สรุป

จากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของราคารับซื้อเชื้อเพลิงชีวมวลปาล์มทางใบปาล์มกับการผลิตไฟฟ้าแบบผลิตพลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว โดยแสดงถึงรายรับและรายจ่ายต่างๆ ของโรงไฟฟ้า เพื่อจำลองหาราคารับซื้อเชื้อเพลิงชีวมวลทางใบปาล์มสูงสุดที่ยอมรับได้ โดยใช้ข้อมูลบางส่วนจากโรงไฟฟ้าชีวมวลไม้ยางพาราประยุกต์ใช้กับโรงไฟฟ้าชีวมวลทางใบปาล์มน้ำมัน เพื่อเป็นกรณีศึกษาศักยภาพการตั้งโรงไฟฟ้า ณ โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ด้วยโปรแกรม ArcMap คำนวณพื้นที่ปลูกปาล์มแล้วแปลงเป็นค่าความหนาแน่นของชีวมวลทางใบปาล์ม ศึกษาพบว่าค่าความหนาแน่นชีวมวล (Availability density) มีผลต่อราคารับซื้อทางใบปาล์มและขนาดของโรงไฟฟ้า เพราะหากมี Availability density น้อยจะส่งผลต่อขนาดของโรงไฟฟ้าและการแข่งขันด้านราคารับซื้อชีวมวล ดังนั้นหากสามารถแข่งขันเรื่องราคารับซื้อ โรงงานสกัดที่สามารถตั้งโรงไฟฟ้าได้จะต้องมีราคารับซื้อสูงกว่าโรงงานใกล้เคียงที่มีรัศมีทับซ้อนกัน ซึ่งการศึกษาศักยภาพเชิงพื้นที่ชีวมวลทางใบปาล์มเพื่อผลิตพลังงานสามารถประเมินตำแหน่งที่ตั้งของโรงไฟฟ้าที่เหมาะสมได้มีจำนวน 3 โรง รวมกำลังการผลิต 71.22 MW ด้วยราคารับซื้อทางใบปาล์มเฉลี่ย 180.74 บาท/ตัน ในขณะที่ผลการศึกษาใช้เป็นข้อมูลสำหรับกำหนดขนาดของพื้นที่สวนปาล์ม นอกจากนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับชีวมวลการเกษตรประเภทอื่นๆ ทำให้ประเมินข้อมูลพลังงานชีวมวลที่เป็นเชิงพาณิชย์ เพื่อให้ภาครัฐสนับสนุนนโยบายเพื่อส่งเสริมพลังงานจากชีวมวลได้ต่อไป

5.กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนจากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ รวมถึงคำแนะนำข้อมูลจากศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ภาคใต้ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการทำวิจัย และ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ชื่อทุน RTA 5780002

6.เอกสารอ้างอิง

- [1] Electricity Generating Authority of Thailand, (2009). *Statistic Data*, URL: <http://www.egat.co.th>, access on 16/03/2015.
- [2] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2555 สรุปแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2555-2573 (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3)
- [3] สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร (2556). สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2557
- [4] Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy (2006). *Best Practice Guide Eco-Efficiency in palm oil industry* (2006)
- [5] ขบวน อินทรักษ์ และ เพ็ญศรี ศรีประสิทธิ์ (2552) ทางปาล์มน้ำมันใช้เลี้ยงสัตว์ (บทความที่ 7/2552), [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.dld.go.th>, เข้าดูเมื่อวันที่ 5/04/58
- [6] ส่วนงานวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดินที่ สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2555). การใช้ประโยชน์ที่ดิน, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.ddd.go.th/web_OLP/index.html, เข้าดูเมื่อวันที่ 25/03/58.
- [7] Prasertsan S and Krukanont P (1998). Implications of fuel moisture content and distribution on the fuel purchasing strategy of biomass cogeneration power plants. Hanoi, Vietnam, October 12–14, 1998, p. 103–11.
- [8] Fiala M, Pellizzi G and Riva G (1997) .A model for the optimal dimensioning of biomass-fuelled electric power plants, *Journal of Agricultural Engineering Research*, 67(1).
- [9] ฝ่ายสัญญาซื้อขายไฟฟ้า งานบริหารสัญญาซื้อขายไฟฟ้า ผู้ผลิตรายเล็ก การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2550 (ปรับปรุง 2552). ระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (SPP), [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.ppa.egat.co.th>, เข้าดูเมื่อวันที่ 26/05/58
- [10] กรมขนส่ง (2557). ตารางค่าขนส่งกรมบัญชีกลาง