รายงานการวิจัย

การพัฒนาแบบจำลองการใช้และการจัดหาพลังงานของไทย

Development of Thailand Energy Demand and Supply Model

จัดทำโดย

วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์

สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรกฎาคม 2554

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากโครงการส่งเสริมการทำงานวิจัยเชิงลึกในสาขาวิชาที่มีศักยภาพสูง กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช หรือ CU-CLUSTER-FUND

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการพัฒนาแบบจำลองการใช้และการจัดหาพลังงานในภาพรวม โดยใช้แบบจำลองสมดุลและพัฒนาภาพเหตุการณ์การใช้และการจัดหาพลังงานของประเทศในกรณีอ้างอิง (Reference scenario) ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของรูปแบบและเป้าหมายเชิงนโยบายปัจจุบัน แบบจำลองดังกล่าวได้ถูกออกแบบมาให้มีความสอดคล้องกับฐานข้อมูลด้านการใช้และการจัดหาพลังงานของประเทศ นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังได้ดำเนินการศึกษาในประเด็นเฉพาะในเรื่องเกี่ยวกับการศึกษาผลกระทบของการใช้พลังงานหมุนเวียนที่มีต่อระบบการผลิตไฟฟ้าในแง่ของต้นทุนการผลิตและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยได้ดำเนินการในลักษณะการฉายภาพอนาคตในอีกรูปแบบหนึ่งโดยพิจารณาถึงปัจจัยด้านการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อภาคการผลิตไฟฟ้า ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงผลกระทบเพียงเล็กน้อยในเรื่องของต้นทุนที่เพิ่มสูงขึ้นและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงเมื่อมีการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้นในระบบผลิตไฟฟ้าของประเทศ อย่างไรก็ดีแม้ว่าพลังงานหมุนเวียนจะส่งผลทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกลดลงแต่ควรพิจารณาเป็นเพียงหนึ่งในกลไกที่ช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกในภาพรวมและยังคงต้องพิจารณาทางเลือกอื่นๆประกอบอย่างเต็มที่สำหรับการกำหนดเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศ นอกจากนี้การเร่งพัฒนาพลังงานหมุนเวียนในระยะสั้นจะช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกสะสมในระยะยาวได้อย่างมีนัยสำคัญ และจากการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงราคาคาร์บอนในอนาคตที่ส่งผลกระทบของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าชี้ให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนซึ่งจะมีต้นทุนใกล้เคียงกับต้นทุนเฉลี่ยของระบบไฟฟ้าที่ราคาคาร์บอนประมาณ 100-120 ยูโรต่อตันเทียบเท่าคาร์บอนไดออกไซด์

Abstract

The research aims to develop an energy demand and supply model to represent the overview of Thailand energy system. An energy accounting model has been utilized to simulate the future scenarios. A most-likely case called "Reference scenario" has been developed based on the prospect of current policy target achievement including the power development plan (PDP). The current model has been designed corresponding to the available national energy database. Furthermore, the current study also focuses on the selected issue, under the topic of "Assessment of Renewable Energy Penetration of Power Development Plan in Thailand". An alternative scenario with higher market penetration of renewable energy has been comparatively simulated. The result indicate The results indicates that the incremental cost of RE-power is not significantly affect to the cost of entire power system. On the other hand, RE-powers should not be considered as a single dependable option for the GHG mitigation target in power sector. However, the early RE-power project implementation will multiply the contribution of GHG mitigation in the long run. In addition, the sensitivity analysis of carbon price indicate that the cost of RE-power would reduce to the level of the averaged cost of country power system at carbon price approximately 100-120 EUR per ton CO2 equivalent

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 1

1.4 ขอบเขตงานวิจัย 2

1.5 ทฤษฎี กรอบแนวคิดและวิธีการวิจัย 3

1.6 ขั้นตอบการดำเนินการวิจัย 4

1.7 แผนการดำเนินงาน 5

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

บทที่ 2 แบบจำลองพลังงานและวิธีการวิเคราะห์ 7

2.1 วิธีการที่ใช้ในแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์การใช้และการจัดหาพลังงานในภาพรวม 7

2.2 สรุปแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา 11

บทที่ 3 ประเด็นศึกษา "ผลกระทบของการใช้พลังงานหมุนเวียนสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าของไทย" 14

3.1 วิธีการและสมมติฐานสำหรับประเด็นศึกษา 14

3.2 การตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลอง 16

3.3 โครงสร้างการวิเคราะห์ภาพฉาย 18

3.4 ผลการจำลองและอธิปรายผลการศึกษา 21

บทที่ 4 สรุปผลการศึกษาและแนวทางในการวิจัยในอนาคต 25

4.1 สรุปผลการศึกษา 25

4.2 แนวทางการพัฒนาในขั้นต่อไป 25

4.2 ประโยชน์ในทางประยุกต์ของผลงานวิจัยที่ได้จากการศึกษา 26

บรรณานุกรม 27

ประวัตินักวิจัย 29

ภาคผนวก 35

ก. บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ 35

สารบัญภาพ

รูปที่ 1 โครงสร้างการวิเคราะห์แบบจำลองพลังงาน 3
รูปที่ 2 โครงสร้างข้อมูลสำหรับความต้องการใช้พลังงานรายสาขา 8
รูปที่ 3 การจำลองการทดแทนเชื้อเพลิงหลักในภาคคมนาคมขนส่ง 9
รูปที่ 4 โครงสร้างการวิเคราะห์การแปรรูปพลังงาน (Transformation module) 10
รูปที่ 5 โครงสร้างข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์การจัดหาและการแปรรูปพลังงาน 10
รูปที่ 6 โครงสร้างของแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์ด้านการใช้และการผลิตไฟฟ้า 15
รูปที่ 7 เปรียบเทียบสมมติฐานที่ใช้และภาพรวมการประเมินต้นทุนการผลิตไฟฟ้าทั่วโลก 16
รูปที่ 8 ผังภาพแสดงการคำนวณเพื่อตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลอง 17
รูปที่ 9 เปรียบเทียบค่า Reserve margin จากแบบจำลองที่ใช้และค่าที่ได้ตามแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้า (PDP2007 rev 2) 18
รูปที่ 10 กำลังการผลิตติดตั้ง (Installed capacity) ของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนชนิดต่างๆตามแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้า (PDP2007 rev2) 20
รูปที่ 11 กำลังการผลิตติดตั้ง (Installed capacity) ของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนชนิดต่างๆในกรณีพลังงานหมุนเวียนสูง (RENW) 21
รูปที่ 12 องค์ประกอบของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในกรณีพลังงานหมุนเวียนสูง (RENW) เปรียบเทียบกับภาพฉายกรณีอ้างอิง (REF) 22
รูปที่ 13 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีพลังงานหมุนเวียนสูง (RENW) เปรียบเทียบกับภาพฉายกรณีอ้างอิง (REF) 23
รูปที่ 14 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของราคาคาร์บอนที่มีต่อต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในกรณี RENW เปรียบเทียบกับกรณีอ้างอิง (@1EUR = 45 THB) 24

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 สรุปตัวแปรในแบบจำลองและแหล่งข้อมูลโดยสังเขป 11
ตารางที่ 2 สมมติฐานสำหรับตัวแปรด้านการผลิตและต้นทุนการผลิตไฟฟ้า 15
ตารางที่ 3 สมมติฐานการขยายตัวทางเศรษฐกิจและการคาดการณ์ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดในระยะยาว
ตามแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้า 19

สัญญาลักษณ์และคำย่อ

สัญญาลักษณ์และคำย่อ	คำอธิบาย
กฟผ.	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
พพ.	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
สนข	สำนักนโยบายและแผนคมนาคมขนส่ง
สศช.	สำนักงานคณะกรรมการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ
EGAT	Electricity Generation Authority of Thailand
EUR	The official currency of euro zone
GDP	Gross Domestic Product
GHG	Greenhouse gases
GWP	Global warming potential
IEA	International Energy Agency
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LEAP	Long-range energy alternative planning system
PDP	Power development plan
RE	Renewable energy
REF	Reference scenario
RENW	Renewable energy scenario
SPP	Small power producers (install capacity between 10 to 100 MW)
THB	The official currency of Thai baht
VSPP	Very small power producers (install capacity less than 10 MW)

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันโครงสร้างและรูปแบบการใช้และการจัดหาพลังงานทั่วโลกกำลังอยู่ในช่วงของการเปลี่ยนแปลงไปสู่การพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลน้อยลง อย่างไรก็ตามอัตราเร่งของการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้าน เช่น ความไม่แน่นอนทั้งในเรื่องราคาพลังงาน มุมมองด้านการเติบโตทางเศรษฐกิจและภาพการใช้พลังงานในอนาคต แรงขับเคลื่อนจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศและอื่นๆ ดังนั้นการวางแผนด้านพลังงานของประเทศในระยะยาวเพื่อให้สามารถรองรับกับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้และเพื่อเพิ่มศักยภาพการแข่งขันในเวทีโลก จำเป็นจะต้องมีบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญ ข้อมูลที่ทันสมัย และเครื่องมือการวิเคราะห์ที่เหมาะสม การพัฒนาแบบจำลองพลังงานที่แสดงภาพการใช้และการจัดหาพลังงานของประเทศในภาพรวมโดยพิจารณาจากปัจจัยต่างๆที่ส่งผลกระทบจึงถือเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์สถานการณ์พลังงานที่มีการเปลี่ยแปลงของประเทศได้

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาแบบจำลองด้านพลังงานที่สามารถจำลองภาพการใช้และการจัดหาพลังงานของไทยในองค์รวม และสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการติดตามและรองรับการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์พลังงานในปัจจุบันและในอนาคต

1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แบบจำลองด้านพลังงานเป็นถือเครื่องมือที่สำคัญในการวางแผนพลังงานในระดับต่างๆ แบบจำลองแต่ละชนิดต่างมีจุดเด่น รูปแบบการให้ข้อมูลข่าวสารและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน โดยมีรายละเอียดโดยสังเขปดังนี้

S. Tanatvanit etc. (2003) ได้พัฒนาแบบจำลองแบบเศรษฐมิติ (Econometric model) เพื่อจำลองการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรม คมนาคมขนส่ง และครัวเรือนของไทย โดยวิเคราะห์ในรายอุปกรณ์หรือเทคโนโลยีการใช้พลังงานในแต่ละสาขาเศรษฐกิจซึ่งถือเป็นการวิเคราะห์จากล่างขึ้นบน (Bottom-up) และได้จำลองภาพฉายโดยเน้นในเรื่องของประสิทธิภาพพลังงานเป็นหลัก

J. Santisirisomboon (2003) ได้พัฒนาแบบจำลองและเปรียบเทียบทางเลือกการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยโดยอาศัยวิธีการ Least-cost approach โดยพิจารณาทางเลือกที่มีต้นทุนต่ำที่สุดตามสมมติฐานที่กำหนดขึ้นเป็นเกณฑ์ในการวิเคราะห์

Energy Information Administration (EIA) ได้มีการพัฒนาแบบจำลองพลังงานเชิงบูรณาการณ์ (NEMS) โดยพัฒนาบนพื้นฐานของข้อมูลและโครงสร้างพื้นฐานของประเทศสหรัฐอเมริกาโดยเฉพาะ รวมถึงฐานข้อมูลของประเทศที่มีบทบาทต่อภาพรวมระบบพลังงานของโลก ทำให้สามารถสะท้อนภาพการใช้และการจัดหาพลังงานของประเทศ ได้อย่างเป็นระบบ

International Energy Agency (IEA) ได้พัฒนาแบบจำลองพลังงานการใช้และการจัดหาพลังงานของโลกและมีการเผยแพร่รายงานการศึกษาประจำปีภายใต้ชื่อ "World Energy Outlook" ที่มีการวิเคราะห์สถานการณ์ และประเด็นร้อนด้านพลังงานที่ส่งผลกระทบในระดับโลกที่เกิดขึ้น รวมถึงการคาดการณ์การใช้และการจัดหาพลังงานในระยะยาว

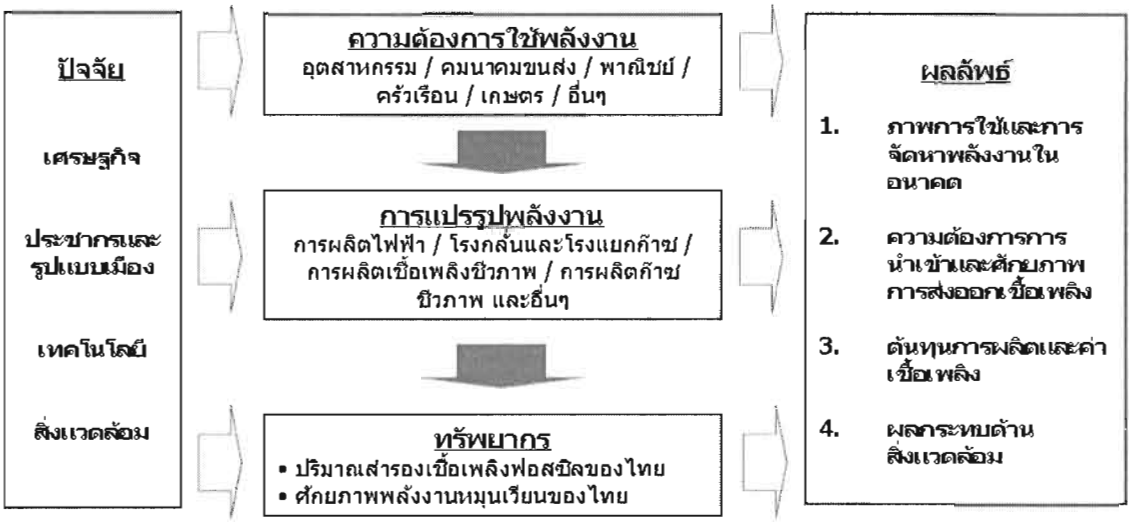
เนื่องจากการศึกษาในเชิงวิจัยของไทยที่ผ่านมาได้เน้นหนักไปที่การพัฒนาแบบจำลองเฉพาะด้าน/เฉพาะสาขา ที่เน้นวิเคราะห์ด้านเทคโนโลยีเฉพาะด้าน ทำให้ยังมีช่องว่างในการประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อตอบสนองกับการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยภายนอกเป็นหลัก และแม้ว่าในอดีตที่ผ่านมาประเทศไทยจะมีการพัฒนาและศึกษาแบบจำลองแบบบนลงล่าง (Top-down) แต่ความสัมพันธ์และความเชื่อมโยงของตัวแปรต่างๆยังมีช่องว่างและยังต้องการการศึกษาเชิงลึกเพิ่มเติมโดยเฉพาะการพัฒนาบนพื้นฐานของข้อมูลและโครงสร้างด้านพลังงานของไทย

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

การศึกษานี้มุ่งเน้นไปที่การพัฒนาแบบจำลองพลังงานที่สามารถแสดงภาพการใช้และการจัดหาพลังงานของประเทศในองค์รวม โดยพิจารณาปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจ การเปลี่ยนแปลงประชากรและรูปแบบของเมือง การพัฒนาเทคโนโลยีและแรงขับเคลื่อนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นตัวกำหนดรูปแบบการใช้และการจัดหาพลังงานของประเทศ ขอบเขตของการศึกษาครอบคลุม 1) การวิเคราะห์การใช้พลังงานในแต่ละสาขาเศรษฐกิจ 2) การแปรรูปพลังงานลักษณะต่างๆ เช่น การผลิตไฟฟ้า โรงกลั่นน้ำมันและโรงแยกก๊าซ รวมทั้งการแปรรูปพลังงานหมุนเวียน และการ และ 3) ด้านทรัพยากรพลังงาน ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยผลลัพธ์คาดว่าจะอยู่ในรูปของการสร้างบัญชีสมดุลพลังงานทั้งในปัจจุบันและภาพเหตุการณ์ในอนาคต ซึ่งจากการวิเคราะห์แนวโน้มการใช้พลังงานและศักยภาพในการจัดหาพลังงานจะทำให้สามารถประเมินความต้องการในการนำเข้าและศักยภาพในการส่งออกเชื้อเพลิงแต่ละ

ชนิดของไทย นอกจากนี้ยังรวมถึงการวิเคราะห์ต้นทุนการแปรรูปพลังงานและต้นทุนค่าเชื้อเพลิง รวมทั้งผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในอนาคต

รูปที่ 1 โครงสร้างการวิเคราะห์แบบจำลองพลังงาน



1.5 ทฤษฎี กรอบแนวคิดและวิธีการวิจัย

ในการจัดทำแผนและกำหนดยุทธศาสตร์ทั้งในเชิงธุรกิจและการกำหนดนโยบายของภาครัฐจำเป็นจะต้องสามารถจัดการกับความไม่แน่นอนของปัจจัยต่างๆที่อาจส่งผลกระทบต่อแผนและนโยบายในเรื่องที่เกี่ยวข้อง วิธีการวิเคราะห์ภาพฉาย (Scenario Analysis) ก็เป็นหนึ่งในเครื่องมือที่ช่วยให้สามารถวิเคราะห์ภาพเหตุการณ์อนาคตในรูปแบบต่างๆได้โดยเฉพาะในสถานการณ์ปัจจุบันที่จำเป็นจะต้องมีการพิจารณาองค์ประกอบหลายๆด้านพร้อมกัน การวิเคราะห์ภาพฉายมีรูปแบบการดำเนินการที่ไม่ตายตัวขึ้นอยู่กับลักษณะและความซับซ้อนของปัญหา แต่โดยทั่วไปจะประกอบไปด้วยขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดเป้าหมาย (Key Decision Focus)
2. กำหนดตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อเป้าหมาย (Key Decision Factor)
3. กำหนดปัจจัยขับเคลื่อน (Driver and Force)

4. วิเคราะห์ผลกระทบและความไม่แน่นอนของปัจจัยขับเคลื่อน (Impact and Uncertainty)

5. วิเคราะห์แกนและขอบเขตของความไม่แน่นอน (Axe of Uncertainty)

6. วิเคราะห์ความเป็นไปได้และทำการกำหนดนิยามของ Scenario

สำหรับการกำหนดนโยบายพลังงานของประเทศในภาพรวมได้มีเป้าหมายอย่างชัดเจนสำหรับการพัฒนาด้านพลังงานของประเทศในระยะยาว ไม่ว่าจะเป็นเรื่องความมั่นคงทางพลังงาน ประสิทธิภาพ การกำหนดราคาอย่างเป็นธรรม การพัฒนาพลังงานทดแทนและการลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ภายใต้สถานการณ์ที่มีความไม่แน่นอนในปัจจุบัน ความสำเร็จของเป้าหมายดังกล่าวไม่เพียงแต่จะขึ้นกับปัจจัยภายในประเทศเท่านั้นแต่ปัจจัยภายนอกไม่ว่าจะเป็นการขยายตัวของเศรษฐกิจโลก การพัฒนาเทคโนโลยีและแรงขับเคลื่อนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ต่างส่งผลกระทบโดยตรงต่อสถานการณ์พลังงานของไทย ซึ่งในการศึกษานี้จะเน้นการพัฒนาแบบจำลองพลังงานภายใต้แรงขับเคลื่อนจากปัจจัยดังกล่าวเพื่อให้สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการกำหนดนโยบายพลังงานของประเทศในระยะยาวได้

1.6 ขั้นตอบการดำเนินการวิจัย

1. รวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพที่เกี่ยวข้องจากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิ และการศึกษาวิจัยในประเด็นย่อยที่เกี่ยวข้อง
2. วิเคราะห์ปัจจัยขับเคลื่อนที่ส่งผลต่อการใช้และการจัดหาพลังงานในภาพรวม โดยการพิจารณาจากตัวแปรที่เกี่ยวข้องทั้งในเชิงปริมาณทางสถิติและเชิงคุณภาพ
3. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการใช้และการจัดหาพลังงาน โดยการอ้างอิงจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องหรือดำเนินการศึกษาวิจัยเชิงลึกเพิ่มเติมหรือกำหนดสมมติฐานในกรณีที่ไม่มีผลการศึกษารองรับ
4. จัดทำสมดุลพลังงานของปีฐาน (Current Account)โดยการเชื่อมโยงความสัมพันธ์และข้อมูลตัวแปรที่เกี่ยวข้องต่างๆเข้าด้วยกัน และจัดทำบัญชีพลังงานที่แสดงภาพรวมการใช้และการจัดหาพลังงานของปีฐาน
5. จัดทำภาพฉายกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario) โดยการกำหนดสมมติฐานของปัจจัยต่างๆที่ได้จากการวิเคราะห์ในข้อ 2 ภายใต้โครงสร้างและรูปแบบการใช้พลังงานเช่นเดียวกันกับปีฐาน ภาพฉายนี้เป็นการแสดงภาพอนาคตซึ่งจะใช้เป็นกรอบอ้างอิงสำหรับการพัฒนาภาพฉายทางเลือกอื่นๆในลำดับต่อไป โดยผลจากการวิเคราะห์ในเบื้องต้นจะสามารถวิเคราะห์

ภาพการใช้และการจัดหาพลังงานในองค์รวม ความต้องการในการนำเข้าและศักยภาพในการส่งออกเชื้อเพลิง ต้นทุนด้านพลังงาน และผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมดังแสดงรายละเอียดไว้ในหัวข้อ "ขอบเขตของการวิจัย"

6. ตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลอง
7. สรุปผลการวิจัย

1.7 แผนการดำเนินงาน

รวมระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย 12 เดือน

กิจกรรม/ขั้นตอนการดำเนินงาน	เดือน											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง												
2. วิเคราะห์ปัจจัยขับเคลื่อนที่ส่งผลต่อการใช้และการจัดหาพลังงานในภาพรวม												
3. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการใช้และการจัดหาพลังงาน												
4. จัดทำสมดุลพลังงานของปีฐาน												
5. จัดทำภาพฉายกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario)												
6. ตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลอง												
7. สรุปผลการศึกษา												

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลผลิตที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยจะอยู่ในรูปของชุดข้อมูลพื้นฐานและชุดข้อมูลเชิงวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้และการจัดหาพลังงานของประเทศ รวมทั้งแบบจำลองที่สามารถเชื่อมโยงปัจจัยพื้นฐานที่ส่งผลกระทบต่อภาพรวมการใช้และการจัดหาพลังงานของประเทศ อาทิเช่น ปัจจัยทางเศรษฐกิจ การขยายตัวของประชากรและการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของเมือง การพัฒนาเทคโนโลยี การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น การบูรณาการณ์ปัจจัยดังกล่าวไว้ในแบบจำลองจะทำให้สามารถติดตามและวิเคราะห์สถานการณ์พลังงานได้อย่างเป็นระบบ รวมไปถึงการวางแผนและการกำหนดนโยบายด้านพลังงานของประเทศในระยะยาว

นอกจากนี้ผลจากการวิจัยจะสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดทิศทางยุทธศาสตร์และการวางแผนด้านพลังงานในระยะยาวสำหรับภาครัฐเพื่อให้เกิดความสมดุลของการพัฒนาด้านพลังงานควบคู่กับการพัฒนาด้านเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการต่อยอดองค์ความรู้สำหรับนักวิจัยและผู้ที่สนใจโดยทั่วไป

บทที่ 2 แบบจำลองพลังงานและวิธีการวิเคราะห์

2.1 วิธีการที่ใช้ในแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์การใช้และการจัดหาพลังงานในภาพรวม

2.1.1 ภาคการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (Final Energy Demand)

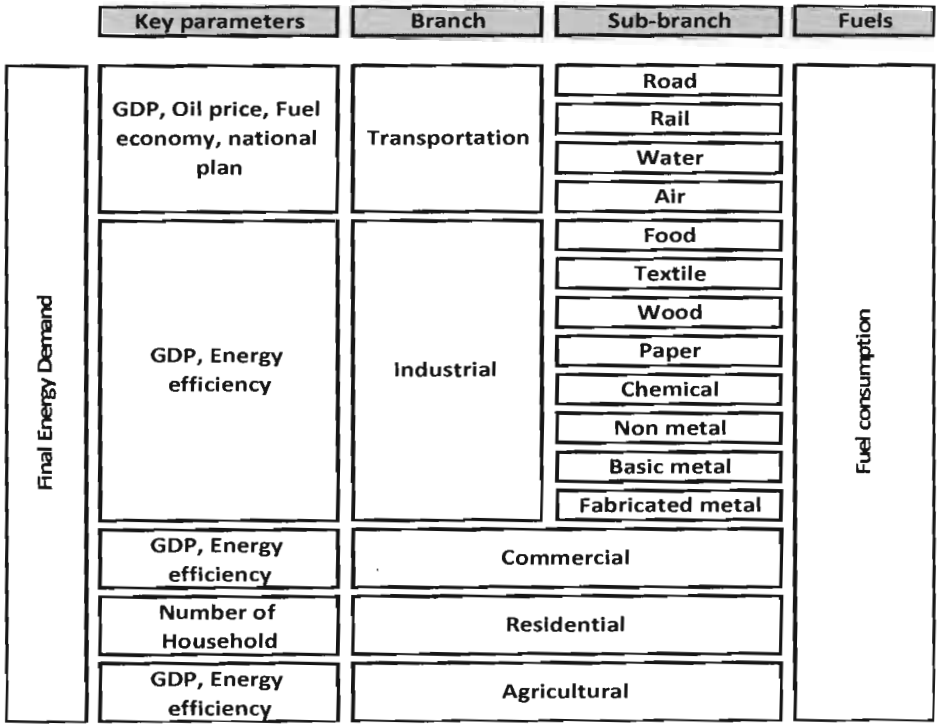
โครงสร้างข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ความต้องการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายรายสาขาแสดงดังรูปที่ 2 การจำแนกประเภทข้อมูลดังกล่าวอ้างอิงจากฐานข้อมูลพลังงานของประเทศซึ่งจัดทำโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) โดยได้ทำการรวบรวมข้อมูลด้านพลังงานรายปีจากหน่วยงานและแหล่งข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องตั้งแต่ทศวรรษที่ 1980 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในอนาคตในแต่ละสาขาจะถูกประเมินจากความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยขับเคลื่อนการใช้พลังงาน (Key drivers) และประสิทธิภาพการใช้พลังงานเป็นหลักดังแสดงตามสมการ

Energy demand [ktoe] = Driver [unit] x Energy intensity [ktoe/unit]

โครงสร้างข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์แสดงดังรูปที่ 2 ในการศึกษาจะพิจารณาองค์ประกอบย่อยของการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมและภาคคมนาคมขนส่งเนื่องจากเป็นสาขาที่มีการบริโภคพลังงานสูงและมีการการจัดเก็บข้อมูล ซึ่งจากโครงสร้างดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการใช้พลังงานในภาคบริการและอุตสาหกรรมจะถูกขับเคลื่อนด้วยปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจเป็นหลัก ในขณะการใช้พลังงานในภาคครัวเรือนจะแปรตามการขยายตัวของประชากรและครัวเรือนเป็นหลัก[1] และการใช้พลังงานในภาคคมนาคมขนส่งจะถูกขับเคลื่อนโดยการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ราคาพลังงาน และการส่งเสริมจากภาครัฐเป็นปัจจัยหลัก

[1] ภาพรวมพลังงานไทย (Thailand Energy Outlook 2030), กระทรวงพลังงาน

รูปที่ 2 โครงสร้างข้อมูลสำหรับความต้องการใช้พลังงานรายสาขา

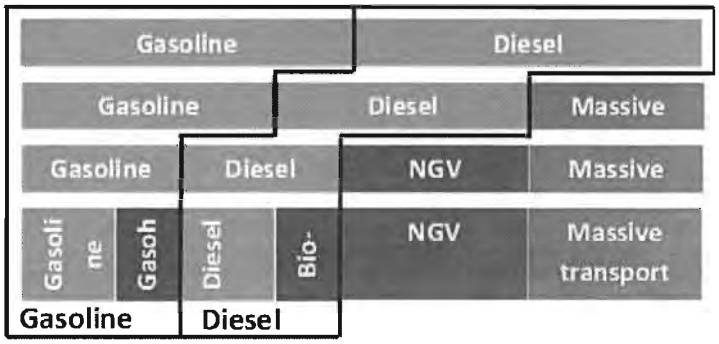


สำหรับการพิจารณาการทดแทนเชื้อเพลิงหลักจะพิจารณาจากประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงที่แตกต่างกันหรือการเปลี่ยนโหมดการเดินทางสำหรับภาคคมนาคมขนส่ง โดยจะกำหนดเป็นลักษณะตัวประกอบผลคูณ รวมถึงขีดจำกัดของการทดแทนเชื้อเพลิงที่สามารถดำเนินการได้เฉพาะเทคโนโลยีบางอย่าง ตัวอย่างเช่น ในภาคคมนาคมขนส่งทางถนนการใช้ก๊าซธรรมชาติและระบบขนส่งมวลชนสามารถทดแทนการใช้เชื้อเพลิงหลักได้ทั้งน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซล ในขณะที่การใช้ก๊าซโซฮอล์สามารถทดแทนได้เฉพาะน้ำมันเบนซิน และการใช้ไบโอดีเซลสามารถทดแทนได้เฉพาะน้ำมันดีเซล ดังแสดงในรูปที่ 3 ตามสมการ

$$E_{conventional\ fuel} = E_{demand} - C_1 \times E_{fuel\ switching} - C_2 \times E_{mode\ switching}$$

ทั้งนี้แบบจำลองในปัจจุบันยังเป็นลักษณะที่เหมาะสำหรับการศึกษาผลกระทบของแผนหรือโครงการต่างๆ โดยแบบจำลองนี้ยังไม่สามารถประเมินการใช้พลังงานทดแทนเป็นฟังก์ชั่นของต้นทุนและราคาเชื้อเพลิงได้โดยตรง ชุดข้อมูลรายเดือนในแต่ละสาขาพลังงานจำเป็นต้องถูกรวบรวมและดำเนินการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เพื่อประเมินฟังก์ชั่นดังกล่าวในอนาคต

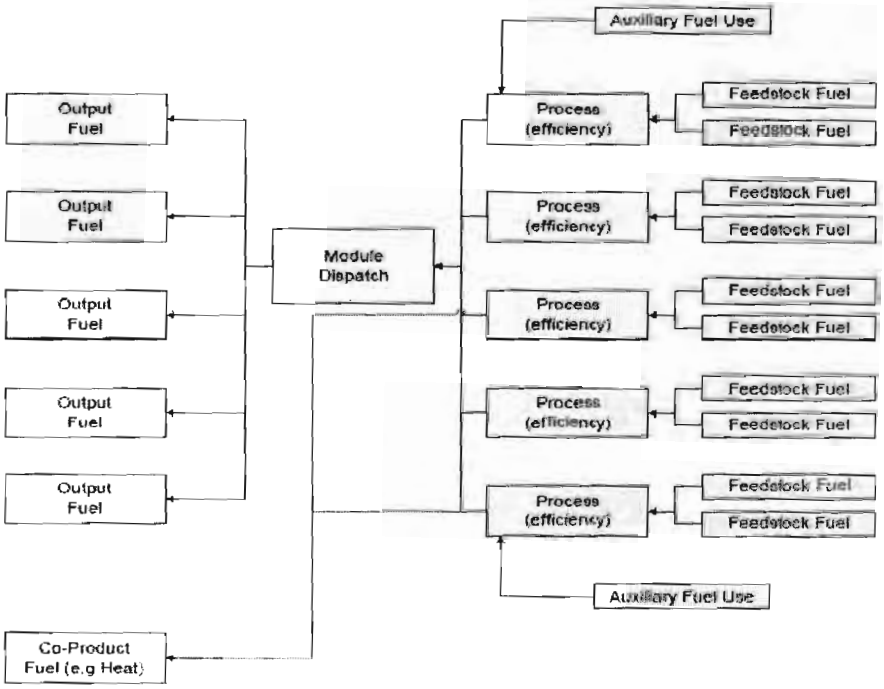
รูปที่ 3 การจำลองการทดแทนเชื้อเพลิงหลักในภาคคมนาคมขนส่ง



2.1.2 **ภาคการจัดหาพลังงาน** (Transformation and Resource Module)

โครงสร้างการวิเคราะห์ของแบบจำลองสำหรับการแปรรูปและจัดหาแหล่งเชื้อเพลิงแสดงดังรูปที่ 4 โดยในแต่ละโมดูลของการคำนวณจะเป็นจำแนกประเภทของการแปรรูปพลังงาน เช่น การผลิตไฟฟ้า การกลั่นปิโตรเลี่ยม การผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ เป็นต้น และในแต่ละโมดูลก็จะสามารถแบ่งตามประเภทย่อยของการแปรรูปพลังงานในแต่ละกระบวนการ (Process) ได้อีก เช่น โรงไฟฟ้าถ่านหิน โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ โรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล เป็นต้น ความต้องการพลังงานในแต่ละสาขาเศรษฐกิจจะเป็นตัวตั้งต้นในการกำหนดความต้องการในการผลิตเชื้อเพลิงแต่ละชนิดในกระบวนการแปรรูปพลังงาน ประกอบกับศักยภาพด้านการผลิตเชื้อเพลิง เช่น กำลังการผลิต ประสิทธิภาพการแปรรูป และความสามารถในการผลิต จะทำให้แบบจำลองสามารถคำนวณปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงภายใต้ศักยภาพที่มีอยู่ในปัจจุบันและอนาคตได้ โดยในระหว่างการคำนวณการแปรรูปพลังงาน เชื้อเพลิงตั้งต้น (Primary Energy) ซึ่งประกอบไปด้วยปริมาณสำรองเชื้อเพลิงในกรณีของเชื้อเพลิงฟอสซิลและศักยภาพพลังงานหมุนเวียนในกรณีของการใช้พลังงานหมุนเวียนจะถูกดึงไปใช้อย่างต่อเนื่องเพื่อให้เกิดการผลิตเชื้อเพลิงให้เพียงพอกับความต้องการ ความแตกต่างระหว่างความต้องการและการจัดหาพลังงานที่ผลิตได้จะถูกทำให้สมดุลโดยการนำเข้าหรือส่งออกเชื้อเพลิง ซึ่งอีกนัยหนึ่งคือจะเป็นการประเมินถึงความต้องการในการนำเข้าเชื้อเพลิง และศักยภาพในการส่งออกเชื้อเพลิงในอนาคต

รูปที่ 4 โครงสร้างการวิเคราะห์การแปรรูปพลังงาน (Transformation module)



รูปที่ 5 โครงสร้างข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์การจัดหาและการแปรรูปพลังงาน

	Key parameters	Branch	Sub-branch	Fuels
Transformation	Load forecast, PDP, Thermal efficiency, Capacity factor, Investment and generation cost	Power generation	Hydro Thermal coal Thermal NG Thermal Oil Thermal nuclear Combined Cycle Biomass Biogas Waste Solar Wind	Feedstock fuels: Hydro, Gas, Coal, Oil, Nuclear, Renewable energy
	Capacity, Output share, Conversion efficiency	Refinery		Feedstock fuels: Crude oil
	Capacity, Output share, Conversion efficiency	Gas Separation Plant (GSP)		Feedstock: Natural gas
	Capacity, Feedstock share, Conversion efficiency	Biofuel production		Feedstock: Palm, Cassava, Sugarcane
	Capacity, Feedstock share, Conversion efficiency	Biogas production		Feedstock: Waste

2.2 สรุปแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

การวิเคราะห์ภาพฉายจำเป็นต้องการอาศัยการรวบรวมข้อมูลที่จำเป็น ตารางที่ 1 แสดงรายการของตัวแปรที่ป้อนเข้าไปในแบบจำลองรวมถึงแหล่งข้อมูลของใช้ในการอ้างอิงสมมติฐานแต่ละประเด็นโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 สรุปตัวแปรในแบบจำลองและแหล่งข้อมูลโดยสังเขป

ประเภทของข้อมูล	ตัวแปร	แหล่งข้อมูล
ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการใช้และการจัดหาพลังงาน	การขยายตัวและคาดการณ์ทางเศรษฐกิจระยะยาว และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเศรษฐกิจรายสาขา	• สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) - แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 • แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้า (PDP 2007 rev 2)
	การเปลี่ยนแปลงทางประชากร ขนาดและจำแนวนครัวเรือน แนวโน้มการขยายตัวของเมือง	• สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) • กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย
	ราคาพลังงาน ซึ่งประกอบไปด้วย แนวโน้มการคาดการณ์ราคาน้ำมันดิบในอนาคต การกำหนดราคาอ้างอิง โครงสร้างราคา ราคานำเข้าเชื้อเพลิง เป็นต้น	• รายงานการศึกษาจากต่างๆประเทศ เช่น International Energy Agency (IEA) • สำนักนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) • กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) • กรมธุรกิจพลังงาน (ธพ.) • บลจ. ปตท. จำกัด (มหาชน)
ข้อมูลความต้องการใช้พลังงาน	การใช้พลังงานจำแนกตามสาขาและสาขาเศรษฐกิจย่อย	• กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)
	เป้าหมายการใช้พลังงานทดแทน ในระยะยาว เช่น เชื้อเพลิงชีวภาพ ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ	• กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) - แผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี

ประเภทของข้อมูล	ตัวแปร	แหล่งข้อมูล
	เป้าหมายการใช้ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (NGV)	• บลจ. ปตท. จำกัด (มหาชน)
	ตัวแปรด้านการคมนาคมขนส่ง เช่น อัตราการบริโภคเชื้อเพลิงและแต่ละโหมดการเดินทาง เป็นต้น	• บลจ. ปตท. จำกัด (มหาชน) • สำนักนโยบายและแผนคมนาคมขนส่ง (สนข.) • กรมการขนส่งทางบก กระทรวงคมนาคม
	แนวโน้มการพัฒนาระบบรางในเขตเมืองและระหว่างเมือง	• แผนการพัฒนาระบบรางในเขตกรุงเทพและปริมณฑล (สนข.) • แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้า (PDP2004)
	แนวโน้มการอนุรักษ์พลังงาน และด้านประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมและอาคาร	• สำนักนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) - แผนอนุรักษ์พลังงาน
	แนวโน้มการใช้และการพัฒนาเทคโนโลยีในอนาคต เช่น Electric Vehicle (EV) เซลล์เชื้อเพลิงและไฮโดรเจน และอื่นๆ	• รายงานการศึกษาจากต่างๆประเทศ เช่น IEA, EIA, Shell เป็นต้น
การแปรรูปพลังงานและการจัดหาแหล่งทรัพยากร	แผนจัดหาไฟฟ้าในระยะยาว (การผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าประเภทต่างๆ การรับซื้อไฟฟ้าจาก IPP SPP VSPP แผนการนำเข้าไฟฟ้าในอนาคต)	• การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) - แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าระยะยาว (PDP 2007 rev 2)
	ตัวแปรด้านการผลิตไฟฟ้า เช่น ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า Plant factor การสูญเสียในสายส่ง ต้นทุนการผลิตไฟฟ้า และอื่นๆ	• การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.)
	ตัวแปรด้านการกลั่นผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติ เช่น สัดส่วนการกลั่นผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม กำลังการผลิต	• สถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย
	แผนจัดหาก๊าซธรรมชาติระยะยาว เช่น การผลิตก๊าธรรมชาติ การนำเข้าก๊าซธรรมชาติทางท่อ การนำเข้า LNG	• บลจ. ปตท. - แผนการจัดหาก๊าซธรรมชาติ

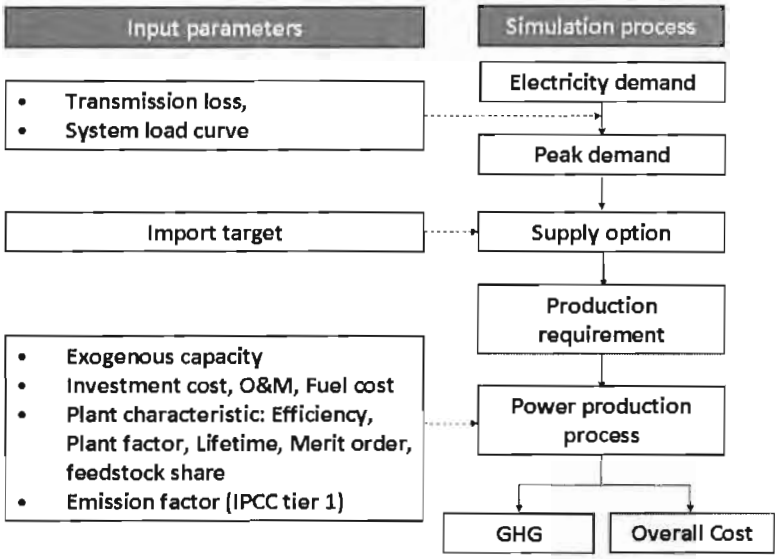
ประเภทของข้อมูล	ตัวแปร	แหล่งข้อมูล
	ปริมาณสำรองเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน	• กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ (ซธ.)
	ศักยภาพพลังงานหมุนเวียนประเภทต่างๆ เช่น ศักยภาพพลังงานลม แสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล ก๊าซชีวภาพ เป็นต้น	• กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) • สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (สศก.)
ด้านสิ่งแวดล้อม	Emission Factor	• IPCC tier 1 - ฐานข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมในแบบจำลอง LEAP

บทที่ 3 ประเด็นศึกษา "ผลกระทบของการใช้พลังงานหมุนเวียนสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าของไทย"

3.1 วิธีการและสมมติฐานสำหรับประเด็นศึกษา

โครงสร้างข้อมูลในครั้งนี้งานวิจัยได้มุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์การใช้และการจัดหาพลังงานไฟฟ้าเป็นหลักโดยพิจารณาผลกระทบของการใช้พลังงานหมุนเวียนที่อาจส่งผลกระทบต่อระบบการผลิตไฟฟ้าทั้งในแง่ของต้นทุนการผลิตและผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาพรวม เมื่อพิจารณาจากแนวทางการวิเคราะห์ข้างต้นในหัวข้อ 2.1.1 และ 2.1.2 จะสามารถเขียนโครงสร้างการวิเคราะห์ระบบพลังงานในภาคการผลิตพลังงานของไฟฟ้าของประเทศไทยโดยสังเขปดังรูปที่ 6 การคำนวณจะเริ่มต้นจากการคาดการณ์พลังงานไฟฟ้าในรูปของความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (Peak demand) ซึ่งจะพิจารณาจากรูปแบบการใช้ไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา (Load curve) และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม จากนั้นความต้องการในการจัดหาไฟฟ้าจะถูกประเมินจากระดับปริมาณสำรองไฟฟ้า (Reserve margin) และเป้าหมายการนำเข้าพลังงานไฟฟ้าจากประเทศเพื่อนบ้านเพื่อนำไปสู่ความต้องการในการผลิตไฟฟ้า (Production requirement) จากนั้นทางเลือกการผลิตไฟฟ้าจากเทคโนโลยีและเชื้อเพลิงประเภทต่างๆจะถูกนำมาพิจารณาเพื่อให้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เพียงพอกับความต้องการในรูปแบบของโรงไฟฟ้าที่เหมาะสมกับการใช้ความต้องการแต่ละประเภท เช่น โรงไฟฟ้าที่ตอบสนองกับความต้องการไฟฟ้าฐาน (Base load) ความต้องการไฟฟ้าขั้นกลาง (Intermediated load) และความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Peak load) ตามลำดับการจ่ายไฟ (Merit order) ซึ่งทางเลือกแต่ละประเภทจะมีต้นทุนการผลิตและค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตที่แตกต่างกัน จากการประมวลผลในแบบจำลองจะสามารถประเมินต้นทุนการผลิตไฟฟ้าและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาพรวมทั้งระบบผลิตไฟฟ้าในกรณีต่างๆได้

รูปที่ 6 โครงสร้างของแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์ด้านการใช้และการผลิตไฟฟ้า



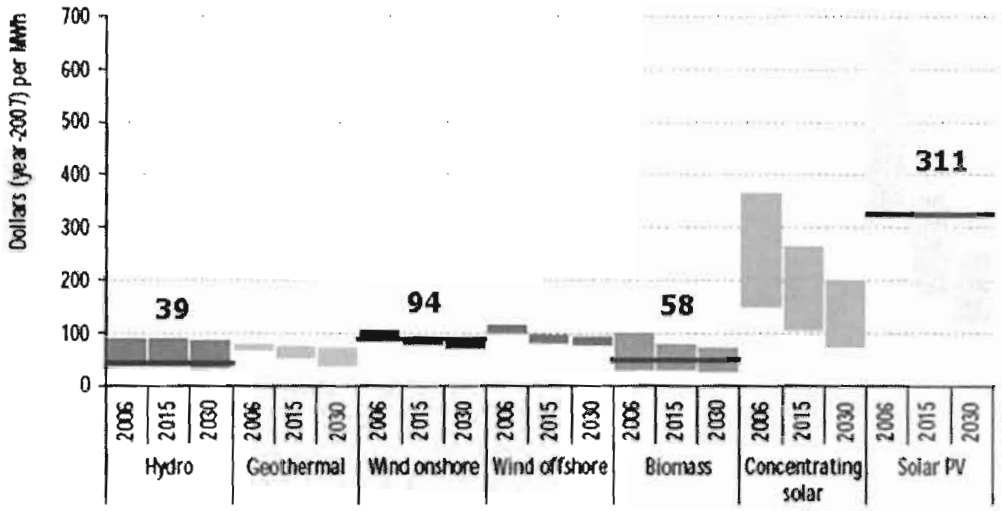
สมมติฐานสำหรับการกำหนดตัวแปรด้านการผลิตและต้นทุนการผลิตไฟฟ้าสำหรับโรงไฟฟ้าแต่ละประเภทแสดงดังตารางที่ 2 สมมติฐานดังกล่าวอ้างอิงจากข้อมูลจากหลายแหล่งโดยโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่อ้างอิงจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ในขณะที่การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนจะพิจารณาจากรายงานการศึกษาและวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประเทศไทยอื่นๆ และเมื่อนำสมมติฐานที่นำมาใช้เปรียบเทียบกับข้อมูลในภาพรวมทั่วโลกแสดงดังรูปที่ 7 ซึ่งการกำหนดสมมติฐานดังกล่าวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกรอบค่าเฉลี่ยทั่วโลก

ตารางที่ 2 สมมติฐานสำหรับตัวแปรด้านการผลิตและต้นทุนการผลิตไฟฟ้า

Technology	Technical Assumption[a]				Cost Assumption[b]			
	Size	Life time	Efficiency	Capacity Factor	Capital	Fixed O&M	Varied O&M	Fuel Cost[c]
	MW	yr	%	%	M.THB/MW		THB/kwh	THB/MBTU
Hydro power[2]	1000	50	38	45	87.5	0.04	0.13	0
Thermal: Oil-fired[1]	700	30	35	80	38.5	0.17	0.14	335
Thermal: Coal-fired with FGD[1]	700	30	35	90	42.0	0.29	0.17	92
Combined cycle[1]	700	20	45	90	17.5	0.11	0.09	250
Gas turbine[1]	230	20	35	90	9.1	0.01	0.04	250
Nuclear[1]	1000	30	35	90	56.0	0.39	0.28	28
Biomass[2]	80	30	35	50	49.0	1.47	0.25	107
Biogas[3]	10	30	30	50	80.8	1.47	1.20	0
Waste[3]	10	30	30	50	49.0	1.47	0.25	107
Wind[2]	10	20	15	20	56.6	0.82	0.65	0
PV[2]	5	20	15	15	175.0	0.42	0.03	0

ที่มา: PDP2010, กฟผ, APERC

รูปที่ 7 เปรียบเทียบสมมติฐานที่ใช้และภาพรวมการประเมินต้นทุนการผลิตไฟฟ้าทั่วโลก



ที่มา: International Energy Agency (IEA)

3.2 การตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลอง

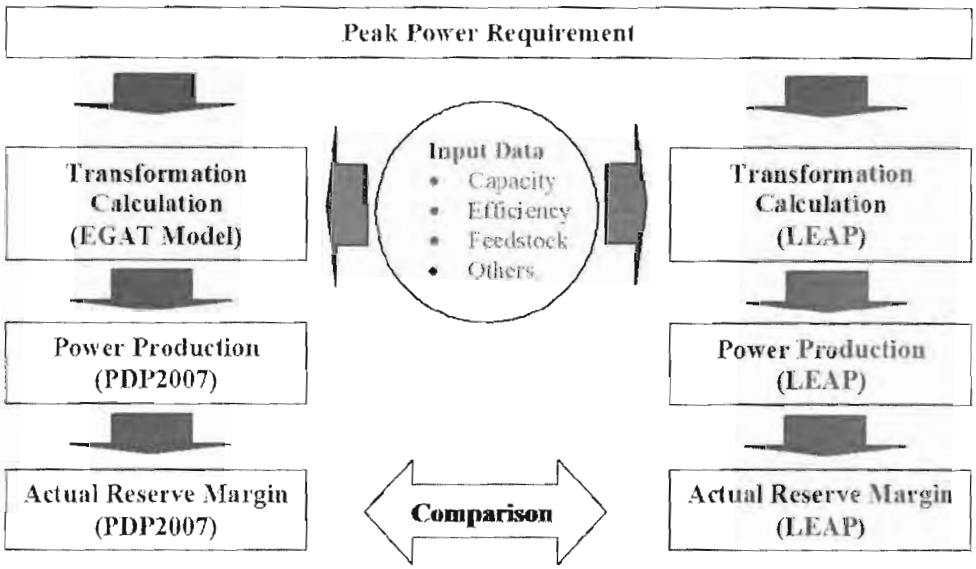
ในการตรวจสอบความแม่นยำของผลการคำนวณจากแบบจำลองกรณีฐาน จะพิจารณาบนพื้นฐานของผลการพยากรณ์การใช้พลังงาน แล้วนำข้อมูลพื้นฐานของการผลิตไฟฟ้าภายใต้แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้า (PDP2007 rev 2) เช่น

- ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (Peak power requirement)
- รูปแบบความต้องการไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา (Load curve)
- กำลังการผลิตติดตั้ง (Installed capacity)
- สัดส่วนการพึ่งพาได้ในการผลิต (Availability)
- ประสิทธิภาพการผลิตของโรงไฟฟ้าแต่ละประเภท
- สัดส่วนเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าแต่ละประเภท
- เป้าหมายการนำเข้าไฟฟ้าซึ่งพิจารณาจากโครงการนำเข้าไฟฟ้าจากประเทศเพื่อนบ้านที่อยู่ในแผนฯ
- ตัวแปรอื่นๆ

ผลการคำนวณที่ได้จะอยู่ในรูปของปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้และปริมาณสำรองไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริง (Actual Reserve Margin) เปรียบเทียบกับค่าที่ระบุไว้ในแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้า (PDP2007 rev 2) ตามโครงสร้างการคำนวณใน

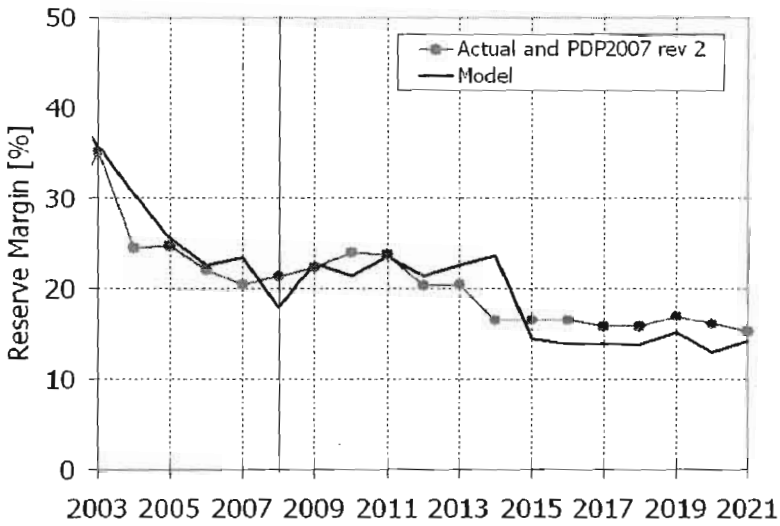
รูปที่ 8

รูปที่ 8 ผังภาพแสดงการคำนวณเพื่อตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลอง



ผลการวิเคราะห์ในแบบจำลองยังได้ถูกนำมาตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำโดยการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนการผลิตสำรอง (Reserve margin) กับแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้า (PDP2007 rev 2) ซึ่งพบว่าแบบจำลองสามารถจำลองสถานการณ์การใช้และการจัดหาพลังงานไฟฟ้าได้ใกล้เคียงกับภาพที่เกิดขึ้นจริงและการประเมินจากแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้า โดยในระยะยาวแนวโน้มค่าสัดส่วนการผลิตสำรองจะมีค่าลดลงแต่ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 15 ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 9

รูปที่ 9 เปรียบเทียบค่า Reserve margin จากแบบจำลองที่ใช้และค่าที่ได้ตามแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้า (PDP2007 rev 2)



3.3 โครงสร้างการวิเคราะห์ภาพฉาย

3.3.1 ภาพฉายกรณีอ้างอิง (Reference case: REF)

ภาพฉายกรณีอ้างอิง (Reference Scenario) ตั้งอยู่บนสมมติฐานของภาพอนาคตที่คาดว่าน่าจะเกิดขึ้น ภายใต้บริบทของสถานการณ์ปัจจุบัน อยู่บนพื้นฐานของการกำหนดเป้าหมายในด้านต่างๆ (Target base) ไม่ว่าจะเป็นเป้าหมายการขยายตัวทางเศรษฐกิจ เป้าหมายการใช้พลังงานทดแทน เป็นต้น สมมติฐานดังกล่าวเป็นการบ่งชี้ว่า ภาพฉายกรณีนี้เป็นการแสดงภาพอนาคตที่อยู่ภายใต้แนวนโยบายในปัจจุบัน โดยมีการกำหนดสมมติฐานดังต่อไปนี้

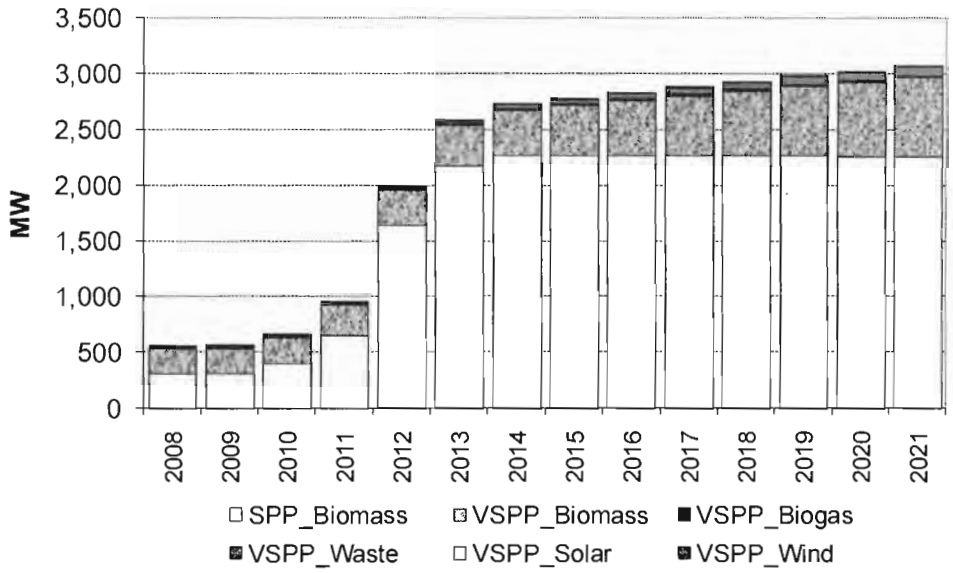
- การขยายตัวทางเศรษฐกิจในระยะยาวตั้งอยู่บนพื้นฐานของข้อมูล ณ ปี 2007 โดยอ้างอิงจากสมมติฐานการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้ากรณีฐานตามแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้า (PDP2007 rev2) ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยจากเป้าหมายการขยายตัวของผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศที่ประมาณร้อยละ 5.5 ต่อปี และด้วยความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้า (Elasticity) ที่มีค่าลดลงจนเหลือที่ประมาณ 0.98 ในปี 2021 จะมีปริมาณความต้องการไฟฟ้าสูงสุดทั้งประเทศที่ประมาณ 44.3 กิกะวัตต์

ตารางที่ 3 สมมติฐานการขยายตัวทางเศรษฐกิจและการคาดการณ์ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดในระยะยาวตามแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้า

Years	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
GDP GR [%]	2	3	4.5	5.3	5.5	5.5	5.8	5.8	5.7	5.6	5.5	5.5	5.5
Elasticity [-]	1.11	1.14	1.03	1.12	1.12	1.1	1.09	1.06	1.05	1.04	1.02	1.01	0.98
Peak Power [GW]	22.9	23.9	25.0	26.6	28.2	29.9	31.7	33.7	35.7	37.7	39.8	42.0	44.3

- กำลังการผลิตติดตั้งของโรงไฟฟ้าแต่ละประเภทอ้างอิงตามแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้า โดยการจัดหาไฟฟ้าตามแผนฯประกอบไปด้วยการนำเข้าพลังงานไฟฟ้าจากประเทศเพื่อนบ้าน การผลิตไฟฟ้าไฟฟ้าฐานจากเชื้อเพลิงถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติและโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ และการผลิตพลังงานหมุนเวียน การรับซื้อไฟฟ้าได้แบ่งออกเป็นโรงไฟฟ้าเอกชนขนาดใหญ่ (Independent Power Producers: IPPs) ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก (Small Power Producer: SPPs) และผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (Very Small Power Producer: VSPPs) สมมติฐานของการกำลังการผลิตติดตั้งสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในภาพฉายกรณีอ้างอิงแสดงดังรูปที่ 10 โดยมีชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงหลักในบรรดาพลังงานหมุนเวียนทั้งหมด ซึ่งประกอบไปด้วยชีวมวล ก๊าซชีวภาพ การผลิตไฟฟ้าจากขยะ พลังงานลมและแสงอาทิตย์ กำลังการผลิตติดตั้งรวมประมาณ 3,000 เมกะวัตต์ อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาถึงกำลังการผลิตพึ่งพาได้ (Dependable capacity) จะมีค่าแตกต่างกันไปตามคุณลักษณะของโรงไฟฟ้าดังในตารางที่ 2

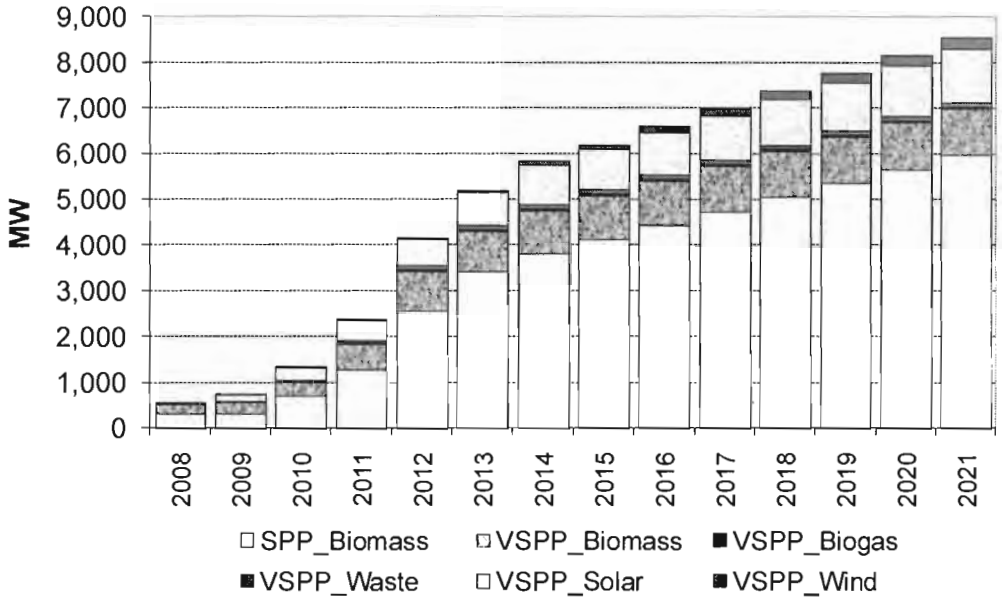
รูปที่ 10 กำลังการผลิตติดตั้ง (Installed capacity) ของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนชนิดต่างๆตามแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้า (PDP2007 rev2)



3.3.2 **กรณีพลังงานหมุนเวียนสูง** (Renewable Energy Scenario: RENW)

ภาพฉายกรณีนี้เป็นมุมมองที่การใช้พลังงานหมุนเวียนในการผลิตไฟฟ้าสูงกว่าการคาดการณ์ในแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้า (PDP2007 rev2) สมมติฐานกำลังการผลิตติดตั้งของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในกรณีแสดงดังรูปที่ 11 ภาพฉายในกรณีอยู่ภายใต้สมมติฐานที่มีการสนับสนุนด้านการเงินสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนชนิดต่างๆจนอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงหลัก หรือมีการพัฒนาเทคโนโลยีและตลาดการใช้พลังงานหมุนเวียนอย่างกว้างขวางจนมีความคุ้มค่าในการลงทุนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งในกรณีนี้นอกจากชีวมวลแล้ว พลังงานแสงอาทิตย์ก็เป็นหนึ่งในทางเลือกหลักและมีบทบาทมากขึ้นสำหรับการใช้พลังงานหมุนเวียนผลิตไฟฟ้าในกรณีนี้ อย่างไรก็ดีด้วยข้อจำกัดของกำลังการผลิตที่พึ่งพาได้ของพลังงานหมุนเวียน ส่วนต่างของกำลังการผลิตพึ่งพาได้ที่หายไปจะถูกทดแทนด้วยการใช้ก๊าซธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้า โดยกำหนดให้มีการขยายโครงข่ายการขนส่งทางท่อก๊าซธรรมชาติรองรับความต้องการดังกล่าวอย่างพอเพียง การจำลองภาพเหตุการณ์ดังกล่าวอยู่ภายใต้สมมติฐานของการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด และสภาพแวดล้อมอื่นๆเช่นเดียวกันกับภาพฉายกรณีอ้างอิง

รูปที่ 11 กำลังการผลิตติดตั้ง (Installed capacity) ของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนชนิดต่างๆในกรณีพลังงานหมุนเวียนสูง (RENW)



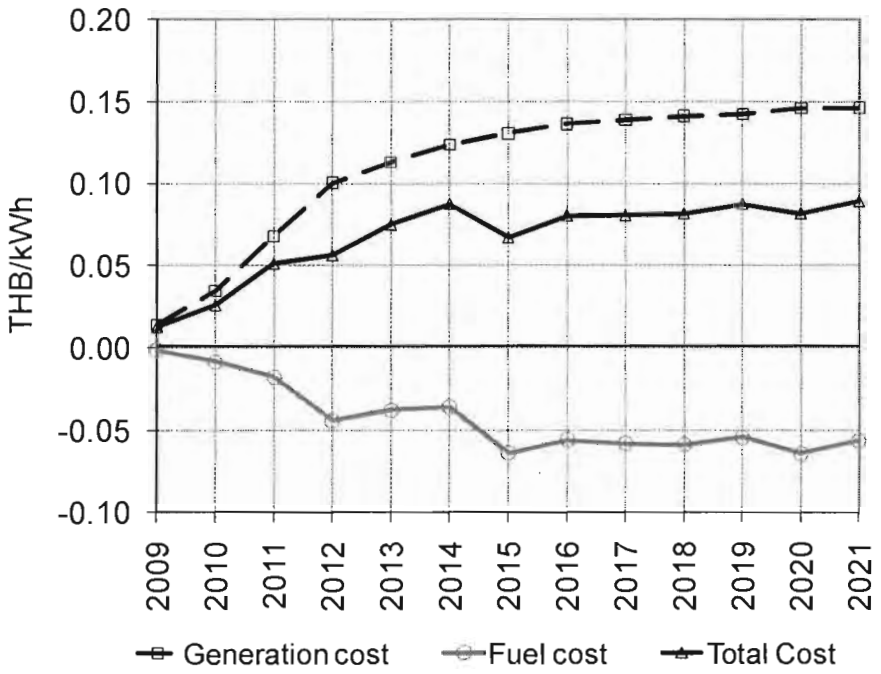
3.4 ผลการจำลองและอธิปรายผลการศึกษา

ผลการจำลองภาพฉายสำหรับต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในกรณีพลังงานหมุนเวียนสูง (RENW) เปรียบเทียบกับภาพฉายกรณีอ้างอิง (REF) แสดงดังรูปที่ 12 จะเห็นได้ว่าการใช้พลังงานหมุนเวียนเพิ่มขึ้นตามสมมติฐานข้างต้นจะทำต้นทุนสำหรับการลงทุนและการดำเนินการเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นแต่ละทำให้ต้นทุนค่าเชื้อเพลิงลดลง อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในภาพรวมของต้นทุนทั้งหมดเมื่อนำมาถัวเฉลี่ยในแต่ละปี การใช้พลังงานหมุนเวียนก็ยังทำให้ต้นทุนในภาพรวมสูงขึ้นประมาณ 9 สตางค์ต่อหน่วยในปี 2030 แต่มีเมื่อพิจารณาในรูปผลรวมแบบสะสมจะทำให้ต้นทุนเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นกว่า 88 สตางค์ต่อหน่วยหรือคิดเป็นกว่าร้อยละ 20 ของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าโดยเฉลี่ยทั้งหมด ทั้งนี้ตัวเลขดังกล่าวยังไม่พิจารณาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงค่าเงินและดอกเบี้ยในการลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าในอนาคตซึ่งอาจทำให้ตัวเลขดังกล่าวเพิ่มมากขึ้นจากการศึกษาในครั้งนี้

ในอีกมุมหนึ่งการใช้พลังงานหมุนเวียนเพิ่มขึ้นจะทำให้ภาพรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงอย่างมีนัยสำคัญดังแสดงในรูปที่ 13 โดยเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ซึ่งตามแผนจะสามารถดำเนินการได้ตั้งแต่ปี 2020 ประมาณ 2000 MW (แผน PDP2007 rev2) พบว่าศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาพฉายกรณี RENW จะมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 75 เมื่อเทียบกับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาด

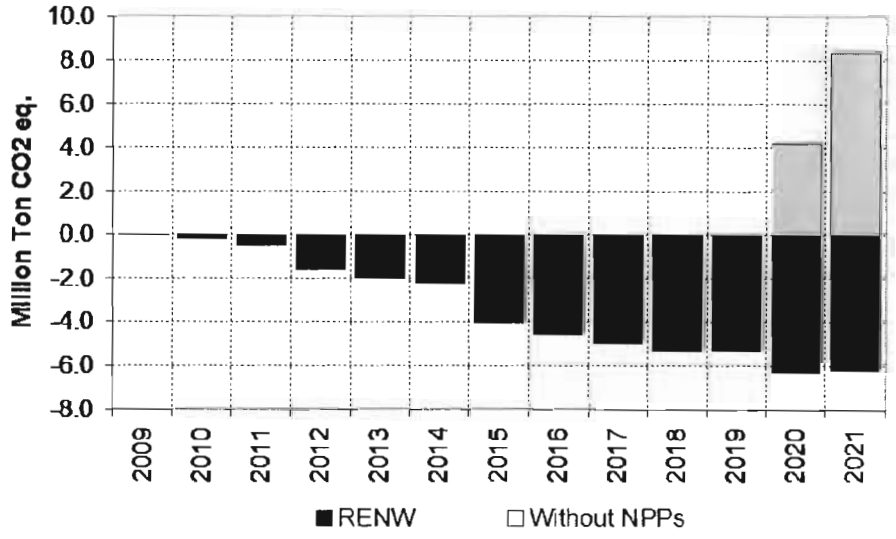
2000 MW ในปี 2021 อย่างไรก็ตามหากดำเนินการโครงการพลังงานหมุนเวียนยิ่งเร็วมากขึ้นเท่าใดก็จะยิ่งลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้มากและเร็วขึ้นเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากการประเมินศักยภาพข้างต้นพิจารณาจากเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนในปัจจุบันซึ่งสามารถดำเนินการได้ในทันทีซึ่งจะแตกต่างจากโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่จำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างและเตรียมการด้านอื่นๆที่จำเป็นประกอบ

รูปที่ 12 องค์ประกอบของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในกรณีพลังงานหมุนเวียนสูง (RENW) เปรียบเทียบกับภาพฉายกรณีอ้างอิง (REF)

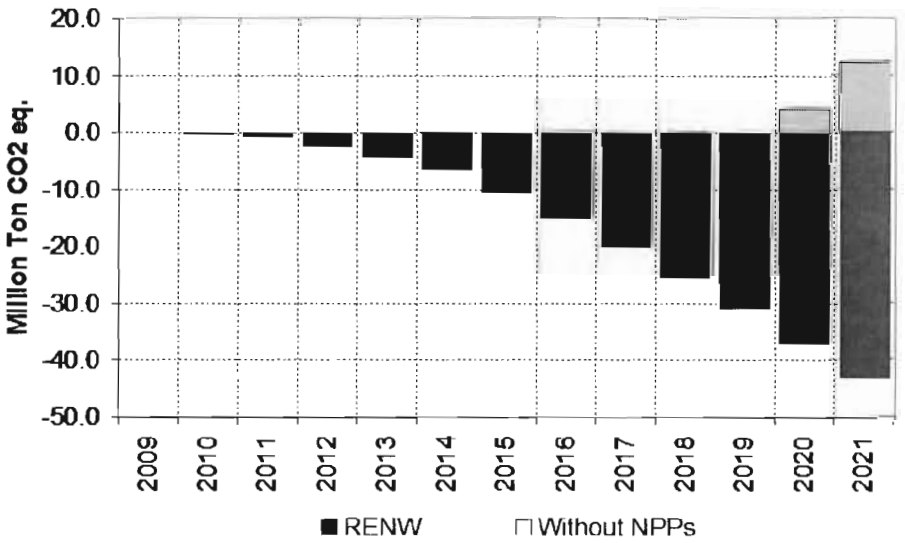


รูปที่ 13 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีพลังงานหมุนเวียนสูง (RENW) เปรียบเทียบกับภาพฉายกรณีอ้างอิง (REF)

(ก) ปริมาณในแต่ละปี



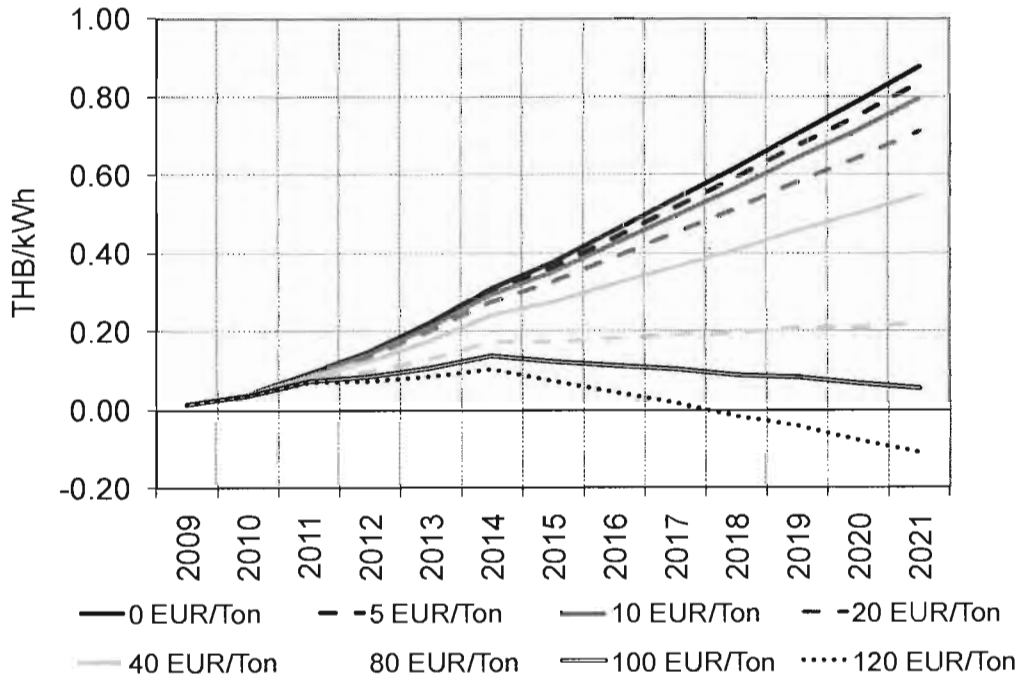
(ข) ผลรวมแบบสะสม (Cumulative term)



เพื่อเชื่อมโยงผลกระทบทั้งทางด้านต้นทุนการผลิตไฟฟ้าและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในที่นี้จึงได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของราคาคาร์บอนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงต้นทุนการผลิตไฟฟ้า โดยผลการจำลองภาพเหตุการณ์ในกรณี RENW เปรียบเทียบกับกรณีอ้างอิงแสดงดังรูปที่ 13 ด้วยราคาคาร์บอนที่เปลี่ยนแปลง

ตั้งแต่ 0 -120 ยูโรต่อตัน จากผลการศึกษาพบว่า ราคาคาร์บอนที่เพิ่มสูงขึ้นจะช่วยให้ช่องว่างของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าระหว่างภาพฉายกรณีพลังงานหมุนเวียนสูง (RENW) มีและภาพฉายกรณีอ้างอิง (REF) ลดลง จนกระทั่งต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนโดยเฉลี่ยจะเทียบเท่าต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงหลักในระบบที่ราคาคาร์บอนประมาณ 100-120 ยูโรต่อตัน อย่างไรก็ตามการศึกษานี้อยู่ภายใต้สมมติฐานของเทคโนโลยีปัจจุบันและยังไม่พิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนที่อาจเกิดขึ้นจากการพัฒนาเทคโนโลยีในอนาคต ต้นทุนภายนอก (Externality cost) และต้นทุนอื่นๆที่เกี่ยวข้องที่ไม่ใช่ต้นทุนค่าก่อสร้าง การบำรุงรักษา และค่าเชื้อเพลิง

รูปที่ 14 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของราคาคาร์บอนที่มีต่อต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในกรณี RENW เปรียบเทียบกับกรณีอ้างอิง (@1EUR = 45 THB)



บทที่ 4 สรุปผลการศึกษาและแนวทางในการวิจัยในอนาคต

4.1 สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการพัฒนาแบบจำลองการใช้และการจัดหาพลังงานในภาพรวม โดยใช้แบบจำลองสมดุลและพัฒนาภาพเหตุการณ์การใช้และการจัดหาพลังงานของประเทศในกรณีอ้างอิง (Reference scenario) ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของรูปแบบและเป้าหมายเชิงนโยบายปัจจุบัน แบบจำลองดังกล่าวได้ถูกออกแบบมาให้มีความสอดคล้องกับฐานข้อมูลด้านการใช้และการจัดหาพลังงานของประเทศซึ่งในปัจจุบันฐานข้อมูลด้านพลังงานยังมีแต่เฉพาะมิติในภาพกว้างโดยลงรายละเอียดในรายสาขาเศรษฐกิจแต่ยังขาดระบบการจัดเก็บข้อมูลเชิงลึกในรายอุปกรณ์และเทคโนโลยี

นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังได้ดำเนินการศึกษาในประเด็นเฉพาะในเรื่องเกี่ยวกับการศึกษาผลกระทบของการใช้พลังงานหมุนเวียนที่มีต่อระบบการผลิตไฟฟ้าในแง่ของต้นทุนการผลิตและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยได้ดำเนินการในลักษณะการฉายภาพอนาคตในอีกรูปแบบหนึ่งโดยพิจารณาถึงปัจจัยด้านการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อภาคการผลิตไฟฟ้า ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงผลกระทบในเรื่องของต้นทุนที่เพิ่มสูงขึ้นและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงเมื่อมีการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้นในระบบผลิตไฟฟ้าของประเทศ นอกจากนี้ยังได้มีการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงราคาคาร์บอนในอนาคตที่อาจส่งผลกระทบของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของประเทศในระยะยาว โดยเฉพาะหากการส่งเสริมการพัฒนากลไกสะอาดมีผลในเชิงปฏิบัติมากขึ้นทั้งจากแรงกดดันของทรัพยากรพลังงานหลักที่ลดลงรวมถึงปัญหาราคาพลังงานที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งผลจากการศึกษาก็ชี้ให้เห็นถึงผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญของการเปลี่ยนแปลงราคาคาร์บอนในระยะยาว แต่ยังไม่ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญในระยะสั้น โดยเมื่อพิจารณาถึงปัจจัยด้านการเปลี่ยนแปลงราคาคาร์บอนแล้ว การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนจะมีต้นทุนใกล้เคียงกับต้นทุนเฉลี่ยของระบบไฟฟ้าที่ราคาคาร์บอนประมาณ 100-120 ยูโรต่อตัน

4.2 แนวทางการพัฒนาในขั้นต่อไป

จากสรุปผลการศึกษาข้างต้นสามารถสรุปแนวทางการพัฒนาในขั้นต่อไปโดยสังเขปดังต่อไปนี้

1) การพัฒนาแบบจำลองโดยเน้นพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อภาพอนาคตการใช้และการจัดหาพลังงานเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะความสัมพันธ์ของด้านราคาพลังงานที่ส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานในสาขาต่างๆ

2) การขยายกรอบการวิเคราะห์สำหรับประเด็นศึกษาให้ครอบคลุมมากขึ้น เช่น ภาคคมนาคมจขนส่ง การใช้พลังงานในภาคอุตหสากรรมและอาคารพาณิชย์ และภาคเกษตร รวมถึงประเด็นปัญหาด้านพลังงานอื่นๆที่ส่งผลกระทบสูง เช่น ผลกระทบของการอุดหนุนราคาเชื้อเพลิงในระยะยาวในสาขาต่างๆ การพัฒนาประสิทธิภาพและส่งเสริมพลังงานทดแทนในแต่ละสาขา เป็นต้น

3) ขยายผลการศึกษาด้านเทคโนโลยีในอนาคตที่มีศักยภาพสูงสำหรับประเทศไทย เพื่อเป็นการกำหนดแนวทางการส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานภายในประเทศให้สอดคล้องกับทิศทางและการขับเคลื่อนเชิงนโยบายในระยะยาว เช่น การมุ่งเน้นการศึกษาวิจัยแบบมุ่งเป้าด้าน พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานชีวภาพ การอนุรักษ์พลังงาน เป็นต้น

4) ขยายผลการศึกษาในแง่ของการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการลงทุนและพัฒนาพลังงานทางเลือกในรูปแบบต่างๆภายใต้มาตรการต่างๆเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับพัฒนาแบบจำลองให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นต่อไป

4.2 ประโยชน์ในทางประยุกต์ของผลงานวิจัยที่ได้จากการศึกษา

ผลที่ได้จากการศึกษาโดยเฉพาะประเด็นศึกษาในเรื่อง "ผลกระทบของการใช้พลังงานหมุนเวียนสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าของไทย" สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในเชิงปริมาณ สำหรับการพิจารณาทางเลือกการใช้เชื้อเพลิงในภาคการผลิตไฟฟ้าของประเทศ โดยเฉพาะการพิจารณาทางเลือกด้านพลังงานหมุนเวียนในมุมมองที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคการผลิตไฟฟ้า ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าการใช้พลังงานหมุนเวียนที่เพิ่มขึ้นจากแผนฯได้ส่งผลกระทบต่อต้นทุนและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาพรวมในระดับหนึ่ง รวมถึงความคุ้มค่าของการใช้พลังงานหมุนเวียนในภาคการผลิตไฟฟ้าในอนาคตในกรณีที่ราคาคาร์บอนมีการเปลี่ยนแปลงในระดับต่างๆ นอกจากนี้การพัฒนาแบบจำลองพลังงานในภาพรวมยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาประเด็นเฉพาะด้านพลังงานในแต่ละเรื่องที่เกี่ยวข้องในอนาคตเพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายพลังงานของประเทศในระยะยาวต่อไป

บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน: http://www.dede.go.th
- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย: http://www.egat.co.th
- รายงานการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าโดยคณะอนุกรรมการความต้องการไฟฟ้า ฉบับธันวาคม 2552
- รายงานพลังงานของประเทศไทย (เบื้องต้น) (1982-2009) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
- สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: http://eri.chula.ac.th
- สำนักนโยบายและแผนพลังงาน: http://www.eppo.go.th
- แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2 (PDP2007 rev 2) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
- แผนพัฒนาพลังงานทดแทน 2552-2565 (REDP) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
- Annual Energy Outlook 2009, U.S. Energy Information Administration [Online]. Available: http://www.eia.doe.gov.
- Asia Pacific Energy Research Center (APERC): http://www.ieej.or.jp/aperc
- Energy Information Administrative (EIA): http://www.eia.doe.gov
- Greenpeace: http://www.greenpeace.org
- International Energy Agency (IEA): http://www.iea.org
- J. Santisirisomboon, Least cost electricity generation options based on environmental impact abatement, Energy Policy 6 (2003), 533-541.
- LEAP User Guide, Stockholm Environment, Institute (SEI) [Online]. Available: http://www.energycommuity.org.
- Renewable Electricity in APEC Region: Internalizing Externalities in the Cost of Power Generation (2005), Asia Pacific Energy Research Centre (APERC)

- Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 1996.
- Shell Energy Scenario to 2050 (2008), available at http://www.shell.com
- S. Tanatvanit, B. Limmeechokchai, and S. Chungpaibulpatana, "Sustainable energy development strategies: implications of energy demand management and renewable energy in Thailand," Renewable and Sustainable Energy Review, Vol. 7, pp. 376 – 395, 2003.
- W. Wangjiraniran and B. Eua-arporn, "Fuel Option Study for Power Generation in Thailand," The 2009 ASEAN Symposium on Power and Energy Systems, Hua-Hin, Thailand, September, 28-29, 2009.
- World Energy Model: Methodology and Assumption 2008, International Energy Agency (IEA) [Online]. Available: http://www.iea.org.
- World Energy Outlook (2009), International Energy Agency (IEA)

ประวัตินักวิจัย

ชื่อ-สกุล วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์

หน่วยงาน สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติการศึกษา

- ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมนิวเคลียร์ จาก Tokyo Institute of Technology (2544-2547)
- ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกลจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2541-2544)
- ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกลจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2537-2541)

ประวัติการทำงาน

- สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตำแหน่ง นักวิจัย (2552 – ปัจจุบัน)
- สถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย ตำแหน่ง นักวิเคราะห์อาวุโส แผนกธุรกิจปิโตรเลียมและพลังงานทางเลือก (2551-2552)
- กระทรวงพลังงาน ตำแหน่งเจ้าหน้าที่/ที่ปรึกษาโครงการ (2549-2550)
- ภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตำแหน่งอาจารย์พิเศษ (2548)

ประวัติการฝึกอบรม

- Application of Energy Statistics in ASEAN Thailand, ACE and IEEJ (2007)
- Wind Energy Technology and Project Development Thailand, EU-Thailand Economic Cooperation and AIT (2006)
- Energy Scenarios using LEAP Accounting Tool Thailand, JGSEE and SEI (2006)
- Radiation Protection for Radiation Safety Supervisor Thailand, OAP and JAERI (2005)

ผลงานทางวิชาการ

บทความและการประชุมวิชาการ

- W. Wangjiraniran, B. Eua-arporn, Assessment of Renewable Energy Penetration of Power Development Plan in Thailand, Journal of Power and Energy System, Vol. 5, No.3, 2011.
- W. Wangjiraniran, B. Eua-arporn, The Outlook of Energy-related GHG Emission in Thailand, Fostering Economic Growth throuth Low Carbon Initiative in Thailand, Chulalongkorn University, Feb. 25-26, 2010.
- W. Wangjiraniran, Prospect of Energy Demand in Greater Bangkok, Journal of Energy Research, Vol. 7, No. 1,66-75, 2010.
- W. Wangjiraniran, B. Eua-arporn, Fuel Options Study for Power Generation in Thailand, The 2009 ASEAN Symposium on Power and Energy Systems, Hua-Hin, Thailand, Sep, 28-29 (2009)
- W. Wanjiraniran, "Energy Model for Thailand Energy Strategy Study", PTIT Focus Special Annual Issue (2008)
- W. Wanjiraniran, S. Nitsuwankosit, N. Chankaw, Current Status of Nuclear Engineering Education in Thailand, Proc. of the 3rd Asian Specialist Meeting on Future Small-Sized LWR development, Yogyakarta, Indonesia, Nov, 22-24 (2005)
- W. Wanjiraniran, M. Aritomi, H. Kikura, Y. Motegi, and H.-M. Prasser, A Study of Non-Symmetric Air Water Flow Using Wire Mesh Sensor, Special issue of Experimental Thermal and Fluid Science (2005), Vol. 29, Issue 3, pp. 315-322
- W. Wanjiraniran, Y. Motegi, S. Richter, H. Kikura, M. Aritomi, and K. Yamamoto, Intrusive Effect of Wire Mesh Tomography On Gas-liquid Flow Measurement, Journal of Nuclear Science and Technology, (2003), Vol. 40, No.11, pp. 932-940.

โครงการ

- "โครงการศึกษาการเพิ่มศักยภาพและความเป็นไปได้ในการพัฒนาก๊าซชีวภาพสำหรับประเทศไทย" สำนักนโยบายและแผนพลังงาน (2553-2554)
- "โครงการว่าจ้างที่ปรึกษาเพื่อจัดทำ Scenario Analysis พัฒนาและจัดทำหลักสูตรเทคโนโลยีพลังงานและศึกษาวิเคราะห์แนวทางที่เหมาะสมในการพัฒนาองค์ความรู้ด้านพลังงานกับโรงเรียนมัธยมนานาชาติในประเทศ" กระทรวงพลังงาน (2553)
- "โครงการศึกษาเพื่อจัดทำแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศของโลก การผันผวนของราคาพลังงาน และ วิกฤตอาหารโลก, สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2552-2553)
- "โครงการศึกษาวิเคราะห์ระบบโครงสร้างต้นทุนการขนส่งและระบบ Logistics" สำนักนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม (2552-2553)
- "โครงการพัฒนาระบบงานตรวจสอบติดตามมาตฐานทางวิศวกรรม ความปลอดภัย และสมรรถนะของสถานประกอบกิจการพลังงาน" สำนักงานกำกับกิจการพลังงาน (2552-2553)
- "โครงการว่าจ้างที่ปรึกษาดำเนินการทบทวนแผนการจัดทำยุทธศาสตร์ของกระทรวงพลังงาน" สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงพลังงาน (2552)
- "โครงการว่าจ้างที่ปรึกษาที่มีความเชี่ยวชาญด้านการวางแผนพลังงานที่มีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีพลังงาน" กระทรวงพลังงาน (2552)
- "โครงการการบูรณาการด้านการสร้างความตระหนักเกี่ยวกับทางเลือกการใช้เชื้อเพลิงในอนาคต" กระทรวงพลังงาน (2551)
- "การศึกษาโครงสร้างธุรกิจและแนวโน้มการใช้ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์" สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (2551)
- "โครงการการจัดทำยุทธศาสตร์การพัฒนาพลังงานและระบบโครงข่ายขนส่งและการจัดส่งสินค้าและพัสดุของประเทศ" สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2550-2551)
- "โครงการพัฒนานักวางแผนพลังงานระดับจังหวัดและระดับชุมชน: Regional Energy Planning (REP)" กระทรวงพลังงานและ DANIDA (2549-2550)
- "โครงการพัฒนาการใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนในเครื่องยนต์สันดาปภายใน" สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2543-2544)

2. **ที่ปรึกษาโครงการ**

ชื่อ – สกุล : บัณฑิต เอื้ออาภรณ์

การศึกษา

- ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต จาก Imperial College of Science Technology and Medicine, University of London
- ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต จาก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต จาก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตำแหน่งปัจจุบัน

- ศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ผู้อำนวยการ สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประสบการณ์ด้านงานที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน

ปี	โครงการ
2548-50	**โครงการนำร่องสิทธิประโยชน์ทางภาษีเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน** ตำแหน่ง : ที่ปรึกษาโครงการ
2548-49	**โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์** ตำแหน่ง : ที่ปรึกษาโครงการ
2548-49	**โครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมในโรงงานอุตสาหกรรมโรงงานควบคุม ปี** 2548 ตำแหน่ง : หัวหน้าโครงการ และวิศวกรไฟฟ้า หน้าที่ความรับผิดชอบ: บริหารจัดการโครงการและให้คำปรึกษาแนะนำแก่ทีมงานของโรงงานในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานอย่างเป็นระบบ รวมทั้งต้องช่วยระดมสมองโดยให้ทีมงานของโรงงานเป็นแกนนำในการค้นหามาตรการที่จะช่วยประหยัดพลังงานและดำเนินการทุกอย่าง
2548-49	**โครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมโดยโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารธุรกิจขนาดกลางและขนาดเล็ก** ตำแหน่ง : หัวหน้าโครงการ และวิศวกรไฟฟ้า หน้าที่ความรับผิดชอบ : บริหารจัดการโครงการและให้คำปรึกษาแก่ทีมงานของโรงงานในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานอย่างเป็นระบบ รวมทั้งต้องช่วยระดมสมองโดยให้ทีมงานของโรงงาน

ปี	โครงการ
	เป็นแกนนำในการค้นหามาตรการที่จะช่วยประหยัดพลังงาน
2540 – 2547	**โครงการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้นอาคารควบคุมของสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย** ตำแหน่ง : หัวหน้าโครงการและวิศวกรไฟฟ้า 2) หน้าที่ความรับผิดชอบ : บริหารจัดการโครงการและดำเนินการตรวจวัดและตรวจสอบการใช้พลังงานในอาคารเพื่อหามาตรการอนุรักษ์พลังงาน จำนวน 10 แห่ง **โครงการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียดอาคารควบคุมของสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย** ตำแหน่ง : วิศวกรไฟฟ้า 1) หน้าที่ความรับผิดชอบ : บริหารจัดการโครงการและดำเนินการตรวจวัดและตรวจสอบการใช้พลังงานในอาคารเพื่อหามาตรการอนุรักษ์พลังงาน จำนวน 7 แห่ง

ตัวอย่างตำแหน่งกรรมการในวิชาชีพ

- กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิทำหน้าที่ประเมินบทความทางวิชาการ และงานวิจัยด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีวิศวกรรมสาร มข. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ.2547-ปัจจุบัน
- กรรมการตรวจพิจารณาและประเมินบทความทางวิชาการ วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ.2547
- กรรมการกองบรรณาธิการพิจารณาบทความวิชาการ สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตั้งแต่ พ.ศ.2545 – ปัจจุบัน
- คณะทำงานทดสอบความรู้ผู้ขอรับใบอนุญาตใหม่ ระดับภาคีวิศวกร สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สภาวิศวกร พ.ศ.2547
- ผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อพิจารณาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต และหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต พ.ศ.2546
- ผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อพิจารณาหลักสูตรการปรับปรุงหลักสูตรและการขอเปิดหลักสูตรใหม่ของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต พ.ศ.2546
- ผู้ทรงคุณวุฒิทำหน้าที่ประเมินผลงานทางวิชาการ ภาควิชาเทคโนโลยีเครื่องต้นกำลัง วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เดือน มิถุนายน 2547

- กรรมการตรวจสอบแบบอาคารของมหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตั้งแต่ พ.ศ.2545 – ปัจจุบัน
- อนุกรรมการยกร่างพระราชบัญญัติการประกอบกิจการไฟฟ้า สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ ตั้งแต่ พ.ศ.2547 – ปัจจุบัน
- อนุกรรมการพิจารณาระเบียบการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ พ.ศ.2547– ปัจจุบัน
- อนุกรรมการการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ พ.ศ.2546– ปัจจุบัน
- อนุกรรมการประสานการดำเนินงานในอนาคตของการไฟฟ้า สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ พ.ศ.2546 – ปัจจุบัน
- กรรมการพิจารณาเสนอแนวทางการปรับโครงสร้างกิจการไฟฟ้า กระทรวงพลังงาน พ.ศ.2545
- กรรมการกำกับโครงการศึกษาการกำหนดยุทธศาสตร์เพื่อการพัฒนากิจการพลังงานของประเทศไทยและการปรับปรุงประสิทธิภาพกิจการไฟฟ้า กระทรวงพลังงาน พ.ศ.2546
- กรรมการกำกับการจัดทำแผนยุทธศาสตร์พลังงานระดับจังหวัดแบบบูรณาการ กระทรวงมหาดไทย พ.ศ.2547

ภาคผนวก

ก. บทความที่ได้รับการตีพิมพ์

- W. Wangjiraniran and B. Eua-arporn, Assessment of Renewable Energy Penetration of Power Development Plan in Thailand, Journal of Power and Energy System, Vol. 5, No.3, 2011.

Journal of Power and Energy Systems

Vol. 5, No. 3, 2011

Assessment of Renewable Energy Penetration of Power Development Plan in Thailand*

Weerin WANGJIRANIRAN** and Bundhit EUA-ARPORN***

** Energy Research Institute, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330 Thailand

E-mail:weerin@eri.chula.ac.th

*** Electrical Engineering Department, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330 Thailand

Abstract

This paper investigates the impacts of renewable energy deployment on the overall cost and emission for power production. A scenario-based energy accounting model with an integrated environmental database, i.e. Long-range Energy Alternative Planning system (LEAP), has been applied. The "reference scenario" is derived by the most-likely projection of Thailand power generation system, based on the national power development plan (PDP). Biomass will take the majority on renewable energy for power generation (RE-power). The "RENW scenario" will be set alternatively with more optimistic prospective on renewable energy progress. It is assumed that all of the incoming proposals of RE-power in the PDP are able to accomplish commissioning. Solar and bio-energy will play much more important role for the future domestic supply for Thailand power sector. The results indicates that the incremental cost of RE-power is not significantly affect to the cost of entire power system. On the other hand, RE-powers should not be considered as a single dependable option for the GHG mitigation target in power sector. However, the early RE-power project implementation will multiply the contribution of GHG mitigation in the long run.

Key words: Renewable Energy, Power Generation, GHG Mitigation, Generation Cost, Energy Scenario

Nomenclature

Abbreviation	Description
EGAT	Electricity Generation Authority of Thailand
EUR	The official currency of euro zone
GHG	Greenhouse gases
GWP	Global warming potential
IEA	International Energy Agency
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LEAP	Long-range energy alternative planning system
NPPs	Nuclear power plants
PDP	Power development plan
RE	Renewable energy
REF	Reference scenario
RENW	Renewable energy scenario
SPP	Small power producers (install capacity between 10 to 100 MW)
THB	The official currency of Thai baht
VSPP	Very small power producers (install capacity less than 10 MW)

ceived 16 Aug., 2010 (No. 10-0358)
I: 10.1299/jpes.5.209]

Copyright © 2011 by JSME

1. Introduction

Renewable energy, in particular biomass, has been one of the traditional energy sources in Thailand for decades. Fuel wood and other biomass has been initially utilized in household sector for cooking activities, accounted for 17.6% of total primary energy supply of the country in 1998. The amount of renewable energy demand is continuously rising and being utilized not only for the residential sector, but also the industrial and transportation activities. However, portion of renewable energy utilization for power generation in Thailand is still very small. It is accounted for only 3.2% of total feedstock (excluding large scale hydro power) in 2007 as illustrated in Fig. 1. Biomass is currently the major renewable energy source for power generation, while the deployment of solar and wind power is still in the demonstration stage. However, clean energy will play much more important role in the global power market in the long-run. Under the government support, Thailand has a huge potential to implement the renewable energy project in the future, in particular biomass and biogas [1], [2], [3].

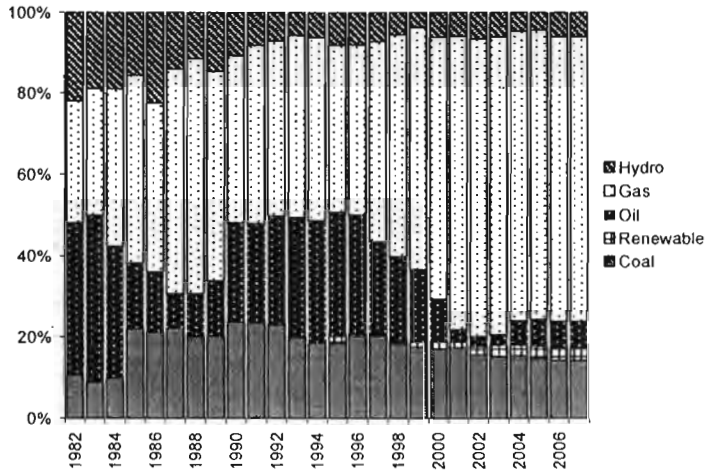


Fig.1 Fuel mix of power generation in Thailand.

The recent national power development plan (PDP), [4], has considered the option of renewable energy. Small-scaled power purchasing scheme has been adopted to promote the utilization of renewable energy. In this case, the Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT) allows to purchasing the electricity produced by small power producers (SPP) and very small power producers (VSPP). In the PDP, only part of the electricity produced from renewable energy is considered in the plan due to the constraint of power output instability. However, with the development of technology and the huge potential of renewable energy in Thailand, the opportunity to increase the utilization of renewable energy for power generation is still opened in the long run.

In this study, the long-term impact of renewable energy penetration on the overall cost and emission is investigated. The study is relied on the scenario-based approach. The reference scenario is constructed on the basis of the official load forecast and the official power development plan. The "RENW scenario" will be set alternatively with more optimistic prospective on renewable energy penetration.

2. Methodology

The energy-accounting model, i.e. LEAP (Long-Range Energy Alternative Planning system) [5] is utilized in this study. It is generally designed for balancing the energy system with an integrated environmental database. For the application of power generation [6], peak load requirement can be evaluated directly by the product of electricity demand and the assigned load duration curve. Additional capacity of power generation technology can be calculated based on the merit order with the constraint of planning reserve margin. Primary resource is withdrawal by the required feedstock during the transformation process. Moreover, targets of electricity import and export are also allowed for the target planning of power purchasing in the future. As the results total generation cost and environmental impact can be calculated from the electricity generation process by individual technology. The simulation structure has been summarized in Fig. 2.

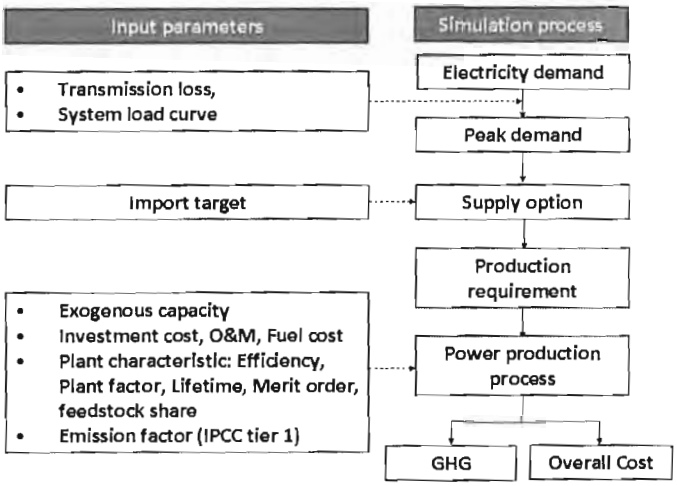


Fig.2 Calculation scheme for power production process

In this study, the characteristics of the existing power plant technology in Thailand are illustrated in table 1. With the variation of power generation cost, Fig. 3 shows the comparison of the current cost assumption to the global range, summarized by the International Energy Agency (IEA) [7].

The annual cost of power production can be calculated by the summation of annualized capital cost, O&M and fuel cost as described above with 5% interest rate. Global warming potential (GWP) is calculated directly from the integrated environmental database, which relies on emission factor recommended by the IPCC [8].

Table1. Assumption of power generation characteristics

Technology	Technical Assumption[a]				Cost Assumption[b]			
	Size	Life time	Efficiency	Capacity Factor	Capital	Fixed O&M	Varied O&M	Fuel Cost[c]
	MW	yr	%	%	M.THB/MW		THB/kwh	THB/MBTU
Hydro power[2]	1000[1]	50	38	45	87.5	0.04	0.13	0
Thermal: Oil-fired[1]	700	30	35	80	38.5	0.17	0.14	335
Thermal: Coal-fired with FGD[1]	700	30	35	90	42.0	0.29	0.17	92
Combined cycle[1]	700	20	45	90	17.5	0.11	0.09	250
Gas turbine[1]	230	20	35	90	9.1	0.01	0.04	250
Nuclear[1]	1000	30	35	90	56.0	0.39	0.28	28
Biomass[2]	80	30	35	50	49.0	1.47	0.25	107
Biogas[3]	10	30	30	50	80.8	1.47	1.20	0
Waste[3]	10	30	30	50	49.0	1.47	0.25	107
Wind[2]	10	20	15	20	56.6	0.82	0.65	0
PV[2]	5	20	15	15	175.0	0.42	0.03	0

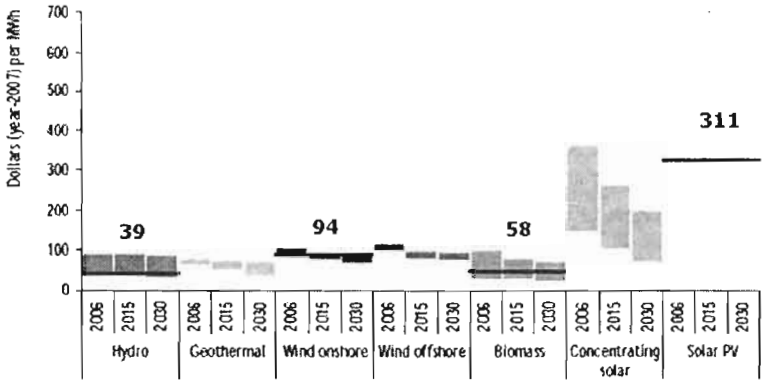


Fig.3 Comparative RE-power cost

Accuracy of the utilized simulation scheme has been verified by comparing the calculated reserve margin with the actual data (2003 – 2008) and the official PDP revision 2 (2009 – 2021) under the identical load forecast and exogenous installed capacity of power plants, as illustrated in Fig. 4. It is shown that the current scheme can capture the variation of reserve margin within margin of 5%. The deviation can be presumed by the averaged properties of power production by generation type.

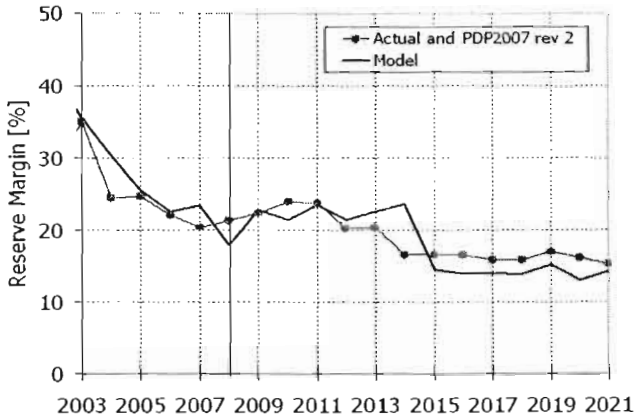


Fig.4 Verification of the utilized scheme compared to the actual and planned reserved margin

3. Scenarios

The Reference Scenario

The reference scenario represents the target future prospect under the pathway of current government policy. Economic ambitious and energy security is considerably the first priority among other key drivers. Electricity demand and fuel supply options are based on the latest official load forecast and power development plan (PDP)

The task force of official load forecast is conducted by the Thailand Load Forecast Sub-committee. The figure utilized in this study is based on the official load forecast released by December of 2008. Assumptions of economic growth and energy elasticity as well as the resulting peak power requirement for the moderated case are illustrated in Table 2.

Table2. Assumption of GDP growth and energy elasticity by the official load forecast (Dec. 2008)

Years	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
GDP GR [%]	2	3	4.5	5.3	5.5	5.5	5.8	5.8	5.7	5.6	5.5	5.5	5.5
Elasticity [-]	1.11	1.14	1.03	1.12	1.12	1.1	1.09	1.06	1.05	1.04	1.02	1.01	0.98
Peak Power [GW]	22.9	23.9	25.0	26.6	28.2	29.9	31.7	33.7	35.7	37.7	39.8	42.0	44.3

Capacity expansion and supply option are referred to the existing power development plan (PDP2007 revision 2) [4], of which the increase of base-load capacity is mainly from natural gas combined cycle, coal-fired, and nuclear power plant, expected to commissioning in 2020. The total supply is about 51,792 MW in 2021. Electricity import is taken approximately 11% of the total supply. Biomass and other renewable energy are also included in term of the intermediated and peak load under the mechanism of SPP and VSPP schemes. Penetration of RE-Powers in the PDP is illustrated in Fig.5 In this case, only firm contracts have been taken into the account. Biomass will take the majority for renewable energy deployment in the near-term and become saturated in the long-run due to the resource availability. In the other hand, other RE-Power technology e.g. wind and solar are considered only 30% of the incoming proposals. This figure is based on the presumption that large numbers of the incoming proposals could not practically allowed for the investment due to their unreliability. Some of them would also face the duplicated resource constraint, particularly biomass and wind power.

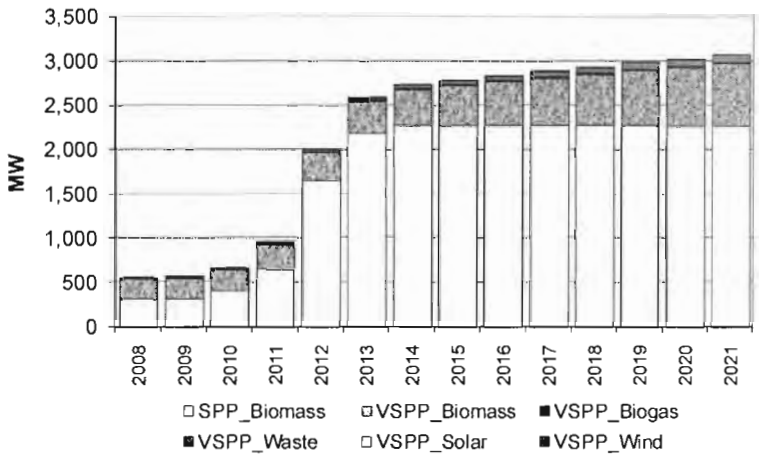


Fig.5 Capacity of RE-Power in the reference scenario

The Renewable Energy Scenario (RENW)

The Renewable Energy scenario (RENW) represents future prospect of more optimistic renewable energy utilization. It is assumed that all of the incoming RE-power proposals can achieve their power production goal. Financial support is strong enough for investment requirement. The constraint for system instability under the large penetration of RE-powers is presumably minimized. The proposed capacity of RE-powers is illustrated in Fig. 6. In this case, biomass will still take the majority for renewable energy deployment in the near-term and become saturated in the long-run due to the resource availability. Solar energy will play much more important role in the long-term power system from the prospect of cost reduction. Other RE-powers, e.g. biogas, waste and wind energy are account for a few percent of RE-power due to the resource availability.

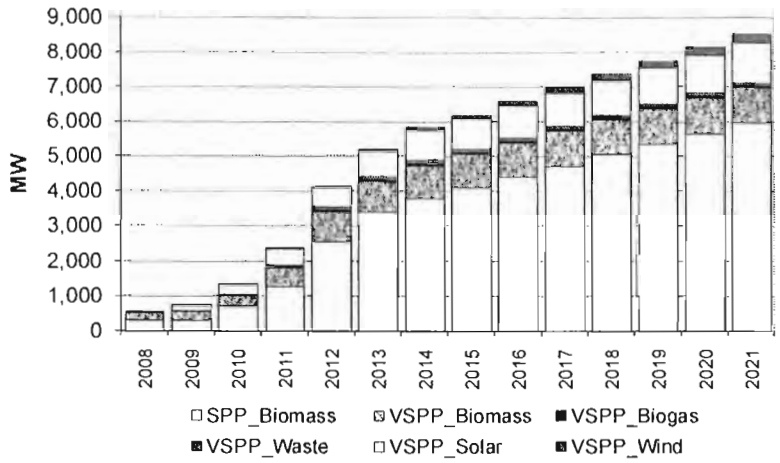


Fig.6 Capacity of RE-Power in the RENW scenario

The missing dependable capacity due to RE-powers penetration has been replaced by the conventional combined cycle gas turbine technology in order to keep the reserve margin to the same level of the reference case. The remainder parameters, such as load forecast, new construction of coal-fired and nuclear power plant as well as the import capacity, are kept identical with the reference case.

4. Results

The contribution of power generation cost for the RENW compared to the REF case is illustrated in Fig. 7. The result shows that RE-powers will significantly lift up the investment cost, while the fuel cost will be reduced. This leads to the rising of 0.09 THB/kWh for the total annual generation cost and 0.88 THB/kWh for the cumulative term in 2021. It must be noted that the financial parameters, e.g. impact of inflation rate and purchased power scheme, are not taken into the account. In the other hand, RE-powers will significantly reduce the GHG emission level compared to the REF scenario as illustrated in Fig.8. The result also indicates that the contribution of GHG mitigation by RE-powers is accounted for approximately 75 percent equivalent to the GHG mitigation by the 2000 MW of NPPs in 2021. However, the early RE-power project implementation will multiply the contribution of GHG mitigation in the long run as illustrated in Fig. 8 (b).

With the progressive development of carbon trading scheme, the total cost will be inevitably influenced by carbon price uncertainty in the future. Sensitivity of generation cost plus emission cost in term of carbon price has been illustrated in Fig. 9. The result shows that total cost of RE-powers will have negative effect on the rising of carbon price. The cumulative cost between the RENW and REF scenario will reach to an equivalent level at the carbon price around 100 - 120 EUR/ton.

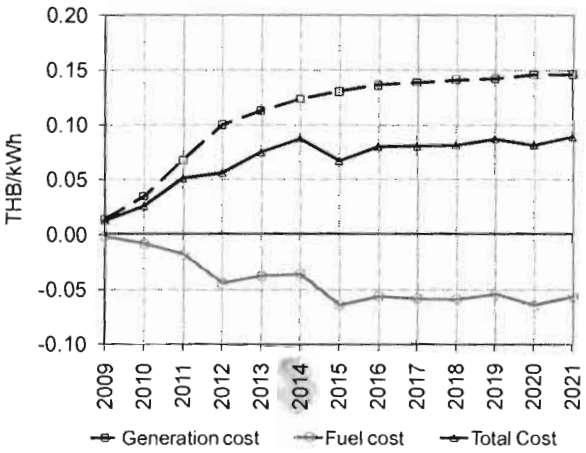
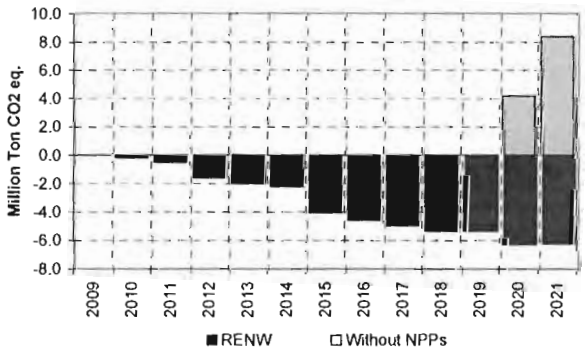
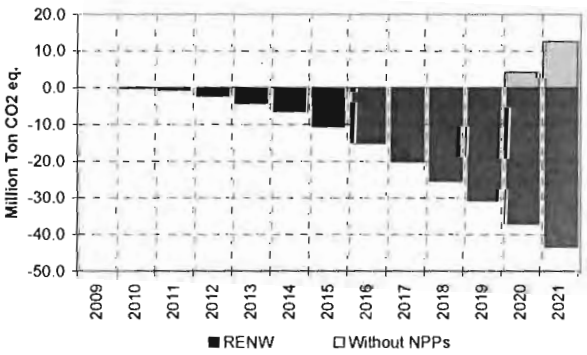


Fig.7 Contribution of power production cost for the RENW compared to the REF scenario



(a) Year-by-year



(b) Cumulative term

Fig.8 GHG emission for the RENW compared to the REF scenario

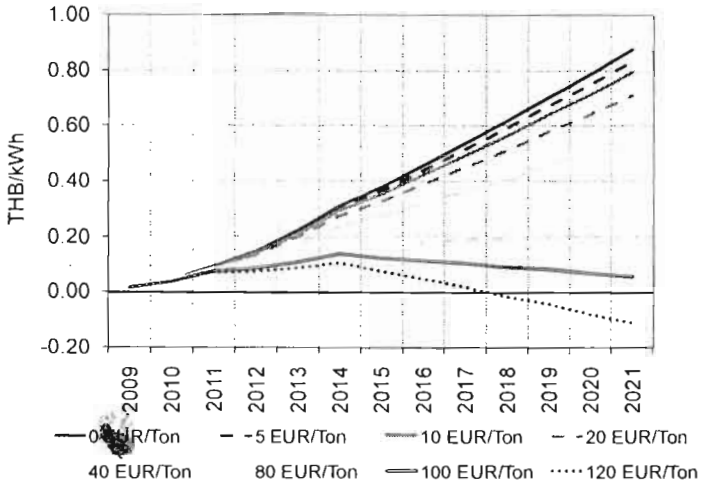


Fig.9 Sensitivity of cumulative cost deviation on the carbon price (1 EUR = 45 THB)

5. Conclusions

In this study, the impact of RE-powers penetration on the overall cost and GHG emission has been investigated. The results indicated that although full potential of RE-power has been adopted, the incremental cost of power production is quite small. This is similar to the GHG mitigation aspect. The contribution of GHG mitigation from the deployment of 8000 MW of RE-powers in the RENW scenario is accounted for only 75 percent of the GHG mitigation by 2000 MW of NPPs in 2021.

From the results, it is clearly seen that the incremental cost of RE-power is not significantly affect to the cost of entire power system. On the other hand, RE-powers should not be considered as a single dependable option for the GHG mitigation target in power sector. However, the early RE-power project implementation will multiply the contribution of GHG mitigation in the long run. Furthermore, other options such as NPPs and energy efficiency programs or even clean coal technology should be inevitably taken into the integration scheme.

Acknowledgements

This work is the revision and extension of the paper in RE2010, International Conference in Yokohama with the paper number O-PO-1-3 (00074). The work presented in this paper is part of a research project funded by the Ratchadaphiseksomphot Endowment Fund referred to the project number EN1182A.

References

[1] S. Prasertsan and B. Sajjakulnakit, "Biomass and biogas energy in Thailand: Potential, opportunity and barriers", *Renewable Energy*., Vol. 31, 2006, pp. 599-610.

[2] B. Limmeechokchai and P. Suksuntornsiri, "Assessment of cleaner electricity generation technologies for net CO2 mitigation in Thailand", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*., Vol. 11, 2007, pp. 315-330.

[3] Renewable Energy Development Plan 2008-2022 (REDP), Department of Alternative Energy Development and Efficiency (DEDE), 2009.

[4] Power Development Plan 2007 revision 2 (2009-2021), Electricity Generation Authority of Thailand (EGAT) [Online]. Available: http://egat.co.th.

[5] LEAP User Guide, Stockholm Environment Institute (SEI) (Online), available from <http://energycommuity.org>.

[6] W. Wangjiraniran and B. Eua-arporn, "A Study on Fuel Options for Power Generation in Thailand", *Engineering Journal*, Vol. 14, No.3: Green Power Engineering, pp. 35-44.

[7] World Energy Outlook 2008, International Energy Agency (IEA), OECD/IEA Publication (Online), available from < http://iea.org>.

[8] Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 1996.