สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

การศึกษาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์สำรองถ่านหินสำหรับโรงไฟฟ้า

อดิศร นาวเหนียว

31 ส.ค. 2559
365512 TH 00 ล4537

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
สิงหาคม 2558
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

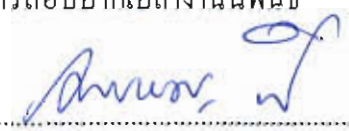
อาจารย์ผู้ควบคุมงานนิพนธ์และคณะกรรมการสอบปากเปล่างานนิพนธ์ ได้พิจารณางานนิพนธ์ของ อดิศร นาวเหนียว ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

อาจารย์ผู้ควบคุมงานนิพนธ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรหาญ ลิลา)

คณะกรรมการสอบปากเปล่างานนิพนธ์

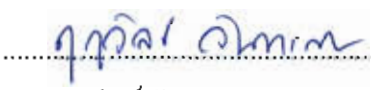


..... ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรหาญ ลิลา)

..... กรรมการ

(ดร. จักรวาล คุณะดิลก)



..... กรรมการ

(ดร. ฤภูวัลย์ จันทรสา)

คณะวิศวกรรมศาสตร์อนุมัติให้รับงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ดร. อาณัติ ดีพัฒนา)

วันที่ 14 เดือน สิงหาคม พ.ศ 2558

กิตติกรรมประกาศ

งานนิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความอนุเคราะห์ และความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรหาญ ลิลา ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษางานนิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา รวมถึงผู้ทรงคุณวุฒิ ดร. จักรวาล คุณะดิลก และ ดร. ฤภูวัลย์ จันทรสา คณะกรรมการสอบปากเปล่างานนิพนธ์ ที่กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา ตรวจแก้ไขและวิจารณ์ผลงาน ทำให้งานนิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณผู้ปฏิบัติงานส่วนกลาง การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนวคิด และข้อมูลที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนความร่วมมือและอำนวยความสะดวกในการตอบแบบสอบถาม ทำให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ครบถ้วน

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ ตลอดระยะเวลาที่ศึกษาเล่าเรียน เพื่อน ๆ ปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ช่วยให้คำปรึกษา และแนะนำตลอดระยะเวลาที่ศึกษา ขอบคุณครอบครัวที่เป็นแบบอย่างที่ดีของข้าพเจ้าในทุก ๆ เรื่อง รวมทั้งเป็นแรงผลักดันที่สำคัญในการศึกษาของข้าพเจ้าในครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์สูงสุดอันพึงมีของงานนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบันที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษา และประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้ สำหรับข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นนั้น ผู้วิจัยขอน้อมรับผิดเพียงผู้เดียว และยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษาเพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

อติศร นาวเหนียว

56920620: สาขาวิชา: วิศวกรรมศาสตร์; วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ)
คำสำคัญ: การศึกษาปัจจัยที่สำคัญ/ การเลือกทำเลที่ตั้งที่เหมาะสม/ การขนส่งถ่านหินนำเข้าจากต่างประเทศ/ ศูนย์สำรองถ่านหินนำเข้าจากต่างประเทศ

อดิศร นาวเหนียว: การศึกษาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์สำรองถ่านหินสำหรับโรงไฟฟ้า อาจารย์ผู้ควบคุมงานนิพนธ์ (THE STUDY OF A SUITABLE LOCATION OF THE COAL CENTER FOR POWER PLANYS.) อาจารย์ผู้ควบคุมงานนิพนธ์: บรรหาญ ลิลา, Ph.D., 108 หน้า. ปี พ.ศ. 2558.

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัจจัยที่สำคัญและทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์สำรองถ่านหินสำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดที่จะตั้งขึ้นในภาคใต้ 4 แห่ง และภาคเหนือ 1 แห่ง การศึกษาพิจารณาเลือกที่ตั้งของศูนย์สำรองถ่านหินจากทำเลที่เป็นไปได้จำนวน 3 แห่ง พร้อมทั้งศึกษาแนวทางการนำเข้าถ่านหินผ่านศูนย์สำรองถ่านหินที่เลือกเพื่อใช้ตลอดอายุโครงการ 30 ปี การศึกษาปัจจัยและความสำคัญของแต่ละปัจจัยใช้การสัมภาษณ์ผู้บริหารและผู้เกี่ยวข้อง จำนวน 30 คน การศึกษาทำเลที่ตั้งใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เทคนิคจุดศูนย์ถ่วง เทคนิคการหาระยะทางร่วมกับค่าขนส่ง และการถ่วงน้ำหนักของปัจจัย จากผลการสัมภาษณ์บ่งชี้ปัจจัยสำคัญต่อการเลือกศูนย์สำรองถ่านหินจำนวน 17 รายการ ผลการวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งของศูนย์สำรองถ่านหินด้วยเทคนิคจุดศูนย์ถ่วงและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์บ่งชี้ว่า Coal Center 3 ซึ่งตั้งอยู่ที่พิกัด 7°47'48.5"N 101°46'29.3" E มีความเหมาะสม จากแนวทางการนำเข้าถ่านหินที่ประเมินจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่าแหล่งนำเข้าถ่านหินที่เหมาะสมไม่แตกต่างกันสำหรับทั้ง 3 ทำเลทางเลือกของศูนย์สำรองถ่านหิน โดยคาดว่าจะส่งผลให้มีต้นทุนการขนส่ง 9,484,209,893 เหรียญสหรัฐฯ ในขณะที่ผลการวิเคราะห์เทคนิคการถ่วงน้ำหนักของปัจจัยบ่งชี้ว่า Coal Center 2 เหมาะสมที่สุด ซึ่งเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ไม่สอดคล้องกันเนื่องจากผล ของน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยเชิงคุณภาพที่สูงกว่าของปัจจัยเชิงปริมาณ ดังนั้นผลการศึกษาในงานวิจัยนี้จึงเป็นข้อมูลสำคัญส่วนหนึ่งประกอบการพิจารณาของผู้บริหารระดับสูงก่อนการตัดสินใจขั้นสุดท้ายต่อไป

56920620: MAJOR: MASTER OF INDUSTRIAL ENGINEERING; M.Eng (INDUSTRIAL ENGINEERING)

KEYWORDS: A STUDY OF IMPORTANT FACTORS/ SELECTED LOCATION/ IMPORTED COAL TRANSPORTATION/ IMPORTED COAL CENTER

ADISORN NOWNEOW: THE STUDY OF A SUITABLE LOCATION OF THE COAL CENTER FOR POWER PLANYS. ADVISOR: BANHAN LILA, Ph.D., 108 P. 2015.

This research presents a study of important factors and suitable location for a coal center which will supply coal to 5 coal-fired power plants, 4 and 1 plants are located in the southern part and northern part of Thailand, respectively. Three potential sites were considered. This study also aimed to determine the routes of importing coals via the selected center to the power plants for the entire 30 years of project life. The factors and their importance were studied by interviewing 30 people which comprised of executives and other involved employees. The potential location was identified by using 4 techniques - mathematical model, Center of Gravity, Load Distance and Location Rating Factor. The interview indicated 17 factors and their associated weight of importance. The Center 3 located at 7°47'48.5"N 101°46'29.3" E, was the best location based on the result of the mathematical model and Center of Gravity Technique. The possible importing route of coals was identified to be the same regardless of the site of the Center with the expected total transportation cost of $9,484,209,893. However, the result was not the same for the location rating factor technique since it indicated that the Center 2 was the most suitable location, otherwise. The discrepancy came from the higher weigh of importance of the qualitative factors over the quantitative factors. Thus, the result of this study does not indicate the solution but provides important pieces of information for executive to later make final decision.problem with approximately 100 ppm in defective fraction.

Subsequently, the total cost from coffee stick leakage was decreased from 11,564,290 to 5,165,782 baht per year or 55 percent

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 9

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย 10

ขอบเขตของการวิจัย 10

แผนการดำเนินงาน 10

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11

ความหมายของศูนย์กระจายสินค้า 11

คลังสินค้า 13

ความแตกต่างของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้า 15

องค์ประกอบของการกระจายตัวสินค้า 16

การวางแผนเลือกที่ตั้ง 17

การประเมินผลทางเลือกและตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้ง 19

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 21

3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 24

การศึกษาปัจจัยที่สำคัญต่อการเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์สำรองถ่านหิน 24

การวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งและแนวทางการนำเข้าถ่านหินด้วยแบบจำลองทาง
คณิตศาสตร์ 27

การวิเคราะห์เพื่อเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์สำรองถ่านหิน ด้วยเทคนิค Location
rating factor: LRF 53

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการดำเนินงาน	62
ผลจากการทำแบบสอบถามของปัจจัยที่นำมาพิจารณาในการเลือกที่ตั้งศูนย์สำรองถ่านหิน	62
แนวทางการนำเข้าถ่านหินด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	70
ผลการวิเคราะห์เพื่อเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์สำรองถ่านหิน ด้วยเทคนิค Location rating factor: LRF	86
5 สรุปและอภิปรายผล	89
ปัญหาและแนวทางการแก้ไข	89
สรุปผลการดำเนินงาน	90
อภิปรายผลการดำเนินงาน	90
ข้อเสนอแนะ	92
บรรณานุกรม	94
ภาคผนวก	96
ประวัติย่อของผู้วิจัย	108

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1-1	สถานการณ์ราคาเชื้อเพลิงและอัตราส่วนปริมาณสำรองต่อกำลังผลิต (Reserve/ Production: R/ P Ratio) เชื้อเพลิงฟอสซิลทั่วโลก ณ สิ้นปี พ.ศ. 2553	1
1-2	ปริมาณความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Peak) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551-2556	3
1-3	ความต้องการไฟฟ้าสุทธิ ในช่วงเวลา Peak (หน่วย MW)	4
1-4	แผนการเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหินใน PDP 2010 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3	5
1-5	โครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558 (PDP 2015) "ฉบับร่าง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2558"	7
1-6	ประเทศที่มีปริมาณถ่านหินสำรอง 10 อันดับแรกของโลก (ล้านตัน)	8
1-7	ปริมาณถ่านหินส่งออกในแต่ละประเทศ ปี พ.ศ. 2551-2555	9
1-8	แผนการดำเนินงานของโครงการ	10
2-1	การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคลังสินค้ากับศูนย์กระจายสินค้า	15
3-1	ปัจจัยที่สำคัญต่อการเลือกทำเลที่ตั้งของ Coal center	25
3-2	โครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558 (PDP 2015 ฉบับร่าง)	27
3-3	แหล่งถ่านหินเบื้องต้นที่มีความเหมาะสมสำหรับโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาด	28
3-4	ข้อมูลทางเทคนิคของ Kooragang coal terminal	32
3-5	ข้อมูลทางเทคนิคของเรือลากจูง	34
3-6	ข้อมูลเชิงเทคนิคของเรือ	35
3-7	ข้อมูลทางเทคนิคของเรือเดินสมุทรในแต่ละชนิด	38
3-8	ค่าเช่าเหมาลำ 1 เที่ยว (ไป-กลับ) โดยเฉลี่ยตามชนิดของเรือในปี พ.ศ. 2558	40
3-9	ข้อมูลท่าเรือส่งออกถ่านหิน	44
3-10	ข้อมูลเชิงเทคนิคของเรือเดินสมุทร	45
3-11	ระยะทางตั้งแต่ท่าเรือส่งออกถ่านหินมายังศูนย์สำรองถ่านหิน	45
3-12	ข้อมูลเชิงเทคนิคในการขนถ่ายถ่านหินของศูนย์สำรองถ่านหิน	46
3-13	คุณสมบัติของเรือ Barge ที่ใช้ในประเทศ	46
3-14	ระยะทางจากศูนย์สำรองถ่านหินไปยังโรงไฟฟ้าแต่ละแห่ง	47
3-15	ข้อมูลเชิงเทคนิคในการขนส่งถ่านหินของท่าเรือโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาด	47

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3-16	เวลาเผื่อในการขนส่ง	48
3-17	ค่าธรรมเนียมท่าเรือในการขนส่งถ่านหินจากต่างประเทศ	49
3-18	ค่าธรรมเนียมท่าเรือในการขนส่งถ่านหินในต่างประเทศ	50
3-19	ต้นทุนที่เกิดจากกิจกรรมการขนส่งถ่านหิน	51
3-20	พิกัดของโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาด	53
3-21	การประเมินคะแนนรายปัจจัยของแต่ละพื้นที่	55
3-22	การให้คะแนนของระยะทางจากแหล่งถ่านหินถึง Coal center	56
3-23	การให้คะแนนของความเหมาะสมการดำเนินการ	56
3-24	การให้คะแนนของการคำนวณ Loading distance	57
3-25	การให้คะแนนของการจัดหาแรงงานและต้นทุนค่าแรงงาน	57
3-26	การให้คะแนนของความพร้อมใช้งานด้านระบบสาธารณูปโภคพื้นฐาน	58
3-27	การให้คะแนนของความพร้อมด้านที่ดิน	58
3-28	การให้คะแนนของการยอมรับของชุมชน	59
3-29	การให้คะแนนของผลกระทบของกฎหมายที่มีความเกี่ยวข้อง	59
3-30	การให้คะแนนของการแข่งขันของธุรกิจ Coal center	60
3-31	การให้คะแนนของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรอบ Coal center	60
3-32	การให้คะแนนของความเสี่ยงจากภัยพิบัติและก่อการร้าย	61
4-1	ระยะทางจากท่าเรือถ่านหินต้นทางถึงศูนย์สำรองถ่านหิน	63
4-2	เส้นทางการเดินเรือจากท่าเรือถ่านหินต้นทางมายังศูนย์สำรองถ่านหิน	63
4-3	ตัวอย่างการคำนวณคะแนนความสำคัญของแต่ละปัจจัย	65
4-4	ระยะทางจากศูนย์สำรองถ่านหินไปยังท่าเทียบเรือโรงไฟฟ้า	66
4-5	สรุปค่าน้ำหนักแต่ละปัจจัย	69
4-6	แหล่งถ่านหินต้นทาง i	71
4-7	ชนิดของเรือเดินสมุทร j	72
4-8	ท่าเทียบเรือของโรงไฟฟ้า	72
4-9	การคำนวณต้นทุนนำเข้าถ่านหินมายัง Coal center 1 (k = 1)	73
4-10	การคำนวณต้นทุนนำเข้าถ่านหินมายัง Coal Center 2 (k = 2)	74

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4-11 การคำนวณต้นทุนนำเข้าถ่านหินมายัง Coal Center 3 (k = 3) 75

4-12 ความต้องการถ่านหินของโรงไฟฟ้า m (t) 76

4-13 การคำนวณต้นทุนการขนส่งถ่านหินภายในประเทศจาก Coal center1 (k=1) 77

4-14 การคำนวณต้นทุนการขนส่งถ่านหินภายในประเทศจาก Coal center 2 (k=2) 77

4-15 การคำนวณต้นทุนการขนส่งถ่านหินภายในประเทศจาก Coal center 3 (k=3) 78

4-16 น้ำหนักสูงสุดที่เรือสามารถบรรทุกได้ 78

4-17 อัตราการขนถ่ายลงเรือเดินสมุทรจากแหล่ง i 79

4-18 เซตของเรือที่เป็นไปได้ของท่าเรือส่งออก i 79

4-19 ศูนย์สำรองถ่านหิน k 80

4-20 ผลลัพธ์การคำนวณแนวทางการนำเข้าถ่านหินมายัง Coal center 1 81

4-21 ผลลัพธ์การคำนวณแนวทางการขนส่งถ่านหินภายในประเทศจาก Coal center 1 82

4-22 ผลลัพธ์การคำนวณแนวทางการนำเข้าถ่านหินมายัง Coal center 2 82

4-23 ผลลัพธ์การคำนวณแนวทางการขนส่งถ่านหินภายในประเทศจาก Coal center 2 82

4-24 ผลลัพธ์การคำนวณแนวทางการนำเข้าถ่านหินมายัง Coal center 3 83

4-25 ผลลัพธ์การคำนวณแนวทางการขนส่งถ่านหินภายในประเทศจาก Coal center 3 83

4-26 ผลลัพธ์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 84

4-27 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการหาศูนย์กลางของการขนส่ง 85

4-28 ผลคะแนนดามปัจจัยที่มีความสำคัญกับการเลือกทำเลที่ตั้งด้วยวิธี LRF 86

4-29 ผลการวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งโดยวิธี LFR 87

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1-1 การบริโภคถ่านหินและการเติบโตของความต้องการถ่านหินในทุก ๆ 10 ปี 2

1-2 สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงเพื่อการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย อาเซียน และทั่วโลก 3

1-3 สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ปี พ.ศ. 2557 5

1-4 สัดส่วนการผลิตไฟฟ้าตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2555-2573 (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3) 6

1-5 สัดส่วนการบริโภคถ่านหินนำเข้าและลิกไนต์ในปี พ.ศ. 2554 7

3-1 แหล่งถ่านหินที่มีศักยภาพและท่าเรือส่งออกถ่านหินในประเทศอินโดนีเซีย 29

3-2 ท่าเรือส่งออกน้ำลึกของบริษัท PT Adaro 30

3-3 ท่าเรือทั้งหมดของท่าเรือ Newcastle 31

3-4 บริเวณท่าเรือ 33

3-5 ตัวอย่างเรือลากจูง 34

3-6 ตัวอย่างเรือ Salf propelled barge (SPB) 35

3-7 ตัวอย่างเรือขนาดเรือ Handysize 35

3-8 ตัวอย่างเรือขนาดเรือ Supramax/ Handymax 36

3-9 ตัวอย่างเรือขนาดเรือ Panamax 36

3-10 ตัวอย่างเรือขนาตเรือ Capesize 37

3-11 สถานที่ที่ถูกพิจารณาในการสร้างศูนย์สำรองถ่านหิน 40

3-12 แนวทางการขนส่งดั้งแต่ต้นทางจนถึงท่าเทียบเรือของโรงไฟฟ้า 41

3-13 กิจกรรมการขนส่งถ่านหินจากแหล่งถ่านหินจนถึงท่าเรือของโรงไฟฟ้า 50

4-1 เส้นทางในการเดินเรือจากท่าเรือถ่านหินต้นทางมายังศูนย์สำรองถ่านหิน 64

4-2 เส้นทางรถไฟ ปี พ.ศ. 2552 67

4-3 เส้นทางการขนส่งตั้งแต่ต้นทางจนถึงท่าเทียบเรือของโรงไฟฟ้า 71

4-4 ตำแหน่งพิกัดที่ได้จากเทคนิค Center of gravity 85

5-1 โครงการโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคมในอนาคต ฉบับร่าง ปี พ.ศ. 2556 93

บทที่ 1
บทนำ

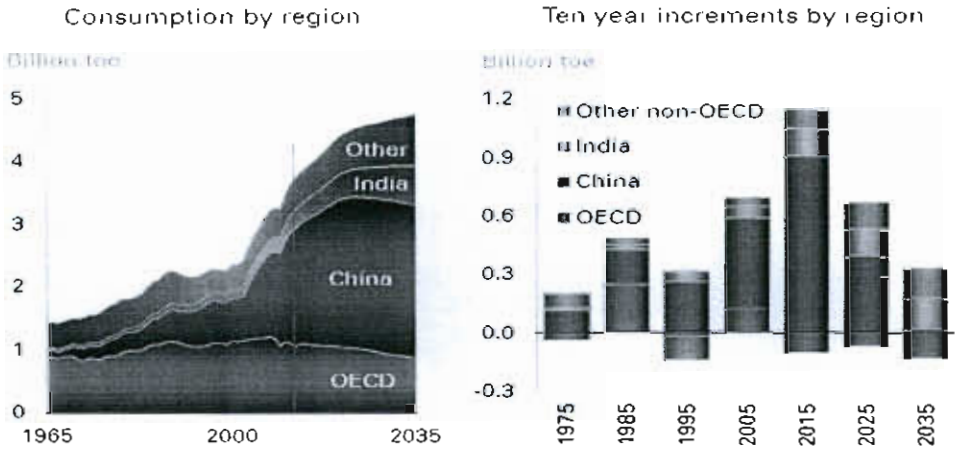
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้มากเป็นอันดับ 2 รองจากน้ำมัน เนื่องจากมีราคาต่ำ (ราคาน้ำมันดิบ 803 เหรียญสหรัฐฯ/ tons of equivalent oil (toe) ราคาก๊าซธรรมชาติ 368 เหรียญสหรัฐฯ/ toe และราคาถ่านหิน 132 เหรียญสหรัฐฯ/ toe) (British Petroleum, 2014) ง่ายต่อการจัดหา และปริมาณสำรองทั่วโลกยังมีมาก (ปริมาณสำรองน้ำมันดิบประมาณ 50 ปี ปริมาณสำรองก๊าซธรรมชาติประมาณ 60 ปี และปริมาณสำรองถ่านหินประมาณ 120 ปี) (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2555) (ตารางที่ 1-1) ถ่านหินจึงถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในภาคอุตสาหกรรมที่ต้องใช้ความร้อนและไอน้ำในกระบวนการผลิต เช่น การผลิตไฟฟ้า (ซึ่งคิดเป็น 41% ของการผลิตไฟฟ้าทั่วโลก) การถลุงเหล็ก (ซึ่งคิดเป็น 68% ของการผลิตเหล็กทั่วโลก) การผลิตปูนซีเมนต์ การผลิตเคมีและปิโตรเลียม เป็นต้น จึงกล่าวว่าถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศกำลังพัฒนา

ตารางที่ 1-1 สถานการณ์ราคาเชื้อเพลิงและอัตราส่วนปริมาณสำรองต่อกำลังผลิต (Reserve/ Production: R/ P Ratio) เชื้อเพลิงฟอสซิลทั่วโลก ณ สิ้นปี พ.ศ. 2553

ชนิดเชื้อเพลิง	ราคาเชื้อเพลิง (USD/ toe)	R/ P Ratio (ปี)
น้ำมันดิบ	803	48
ผลิตภัณฑ์ปิโตเลียม	782.92	48
ก๊าซธรรมชาติ	367.75	59
ถ่านหิน	132.22	118

ในอนาคตความต้องการใช้พลังงานทั่วโลกมีทิศทางที่สูงขึ้นเกิดจากการเติบโตทางเศรษฐกิจและจำนวนประชากรอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในประเทศในภูมิภาคเอเชีย จึงมีการบริโภคถ่านหินอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับประเทศที่พัฒนาแล้ว (Organization for economic Co-operation and development: OECD) ซึ่งส่วนใหญ่มาจากความต้องการถ่านหินของประเทศจีนและอินเดีย (British Petroleum, 2014) แสดงดังภาพที่ 1-1



ภาพที่ 1-1 การบริโภคถ่านหินและการเติบโตของความต้องการถ่านหินในทุก ๆ 10 ปี

จากภาพที่ 1-2 พบว่า ในปี พ.ศ. 2554 ถ่านหินได้รับความนิยมใช้ในด้านการผลิตไฟฟ้าเป็นอันดับ 1 ของทั่วโลก แต่กลับได้รับความนิยมในการใช้ผลิตไฟฟ้าเป็นอันดับที่ 2 ของอาเซียนและของประเทศไทย (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2554) ซึ่งจะเห็นได้ว่า ประเทศไทยใช้ก๊าซธรรมชาติเพื่อการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุด ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกันกับในปี พ.ศ. 2556 โดยสถานการณ์การผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยปริมาณโดยประมาณ 173,475 หน่วย ในจำนวนนี้เป็นพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตด้วยก๊าซธรรมชาติมากที่สุดถึง 116,663 หน่วย หรือคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 67.25 ในขณะที่ผลิตด้วยถ่านหิน 33,238 หน่วย หรือคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 19.15 ซึ่งเป็นสัดส่วนขนาดใหญ่อันดับที่ 2 (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2557)

ทั้งนี้ หลักการในการพิจารณาการเลือกเชื้อเพลิงเพื่อใช้ผลิตไฟฟ้า ประกอบด้วย

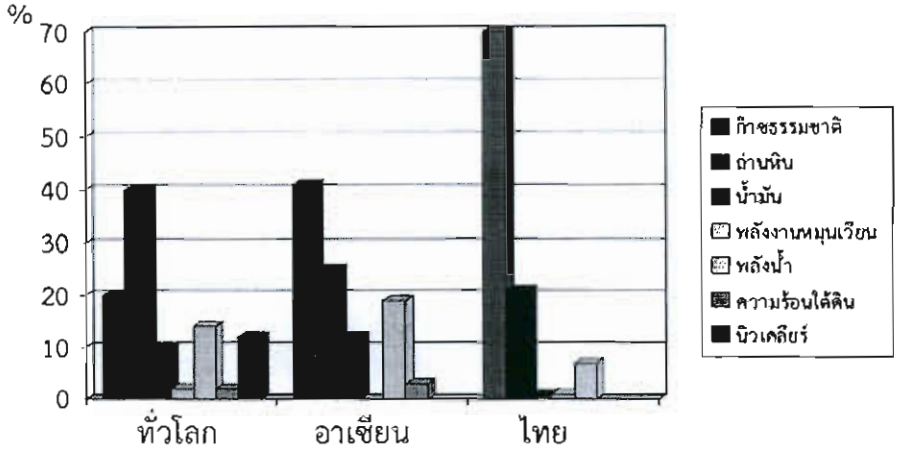
1. ความมั่นคงในการจัดหา คือ ต้องมีแหล่งสำรองเชื้อเพลิงที่มีปริมาณเพียงพอและแน่นอน

2. การลดความเสี่ยงจากการพึ่งพาเชื้อเพลิงจากแหล่งหรือเพียงชนิดเดียว

3. ความเหมาะสมและเสถียรภาพของราคา

4. สามารถควบคุมมลพิษให้อยู่ในระดับมาตรฐาน เป็นมิตรต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม

ทำให้แต่ละประเทศมีสัดส่วนเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับนโยบายจากองค์ประกอบเหล่านี้



ภาพที่ 1-2 สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงเพื่อการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย อาเซียน และทั่วโลก

พลังงานมีอัตราการเพิ่มขึ้นของการใช้เฉลี่ยปีละประมาณ 4.2% สอดคล้องความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ ประชากร และอุตสาหกรรมของประเทศด้วย (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2554) ทั้งนี้ ปริมาณความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Peak) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี ดังตารางที่ 1-2 (รายละเอียด ดังแสดงในภาคผนวก ก)

ตารางที่ 1-2 ปริมาณความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Peak) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551-2556

วัน เดือน ปี	ความต้องการพลังไฟฟ้า (MW)	กำลังผลิตรวม (MW)
21 เมษายน 2551	22,568.20	29,964.26
24 เมษายน 2552	22,044.90	28,479.00
10 พฤษภาคม 2553	24,009.90	30,160.02
24 พฤษภาคม 2554	23,900.21	31,516.62
26 เมษายน 2555	26,121.10	31,450.72
16 พฤษภาคม 2556	26,598.14	33,051.02

เมื่อวิเคราะห์สถานการณ์การผลิตไฟฟ้าในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2551 ถึงปี พ.ศ. 2556 พบว่า ภาคเหนือเป็นภาคที่มีกำลังการผลิตสูงกว่าความต้องการใช้ไฟฟ้าในภูมิภาค ในขณะที่ภาคใต้มีกำลังผลิตน้อยกว่าความต้องการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 เป็นต้นมา ทำให้ภาคใต้มีความเสี่ยงสูงกว่า

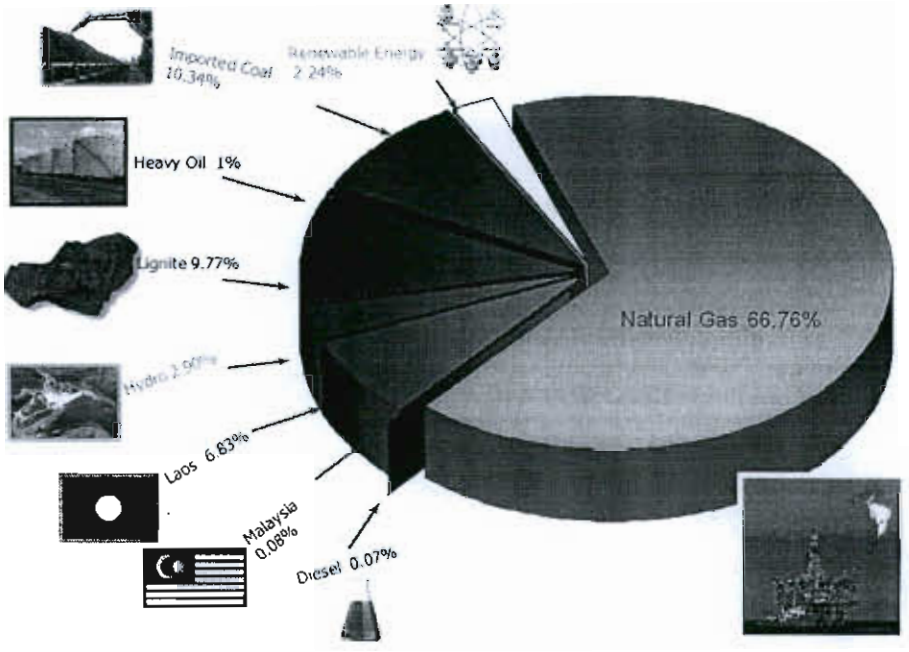
ทุกภาคที่ไฟฟ้าจะไม่เพียงพอ ส่งผลให้ต้องนำเข้าไฟฟ้าจากภาคอื่น ซึ่งมีข้อจำกัดในด้านสายส่ง ทำให้ส่งไฟฟ้าได้ปริมาณจำกัด และเกิดความสูญเสียในการส่งไฟฟ้าเป็นระยะทางไกล ทั้งนี้หากเกิดเหตุการณ์ที่ทำให้การส่งไฟฟ้าขัดข้องอาจทำให้เกิดไฟฟ้าดับเป็นบริเวณกว้างได้ ดังตารางที่ 1-3

ตารางที่ 1-3 ความต้องการไฟฟ้าสุทธิ ในช่วงเวลา Peak (หน่วย MW)

ปี พ.ศ.	ภาคเหนือ	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ภาคกลาง	ภาคใต้
2551	1,166	-1,032	-429	296
2552	1,048	-1,282	451	-218
2553	491	-215	136	-412
2554	260	486	-211	-535
2555	753	-62	-118	-281
2556	260	119	109	-457

สถานการณ์กำลังการผลิตไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2557 มีการผลิตไฟฟ้าทั้งสิ้น 177,580.47 GWh ซึ่งมีสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติสูงถึง 3 เท่าของถ่านหินลิกไนต์ และถ่านหินนำเข้ารวมกัน ในขณะที่นำเข้าไฟฟ้าจากต่างประเทศประมาณ 6.91% พลังงานน้ำ 2.9% และเป็นพลังงานหมุนเวียน 2.24% นอกจากนี้เป็นน้ำมันเตา 1% และน้ำมันดีเซล 0.07% ตามลำดับ ดังภาพที่ 1-3

เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ และหลักการพิจารณาการเลือกเชื้อเพลิงเพื่อใช้ผลิตไฟฟ้า ที่กล่าวมาข้างต้น รัฐบาลจึงจัดทำแผนพัฒนากำลังผลิตกระแสไฟฟ้าของประเทศไทย ที่ครอบคลุมการขยายกำลังผลิตไฟฟ้าในอนาคตระหว่าง พ.ศ. 2555-2573 (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3) โดยมีเป้าหมายในการลดความเสี่ยงจากการพึ่งพาก๊าซธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้า ด้วยการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกชนิดอื่น เช่น ถ่านหิน นิวเคลียร์และพลังงานทดแทน เป็นผลให้เกิดโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดใหม่ขึ้นจำนวน 7 แห่ง กำลังการผลิตรวม 4,400 MW ประกอบด้วย โรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดของผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายใหญ่ (Independent power producer: IPP) จำนวน 3 โครงการ ขนาดกำลังผลิตรวม 1,200 MW และโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) จำนวน 4 แห่ง ขนาดกำลังผลิตรวม 3,200 MW โดยรายละเอียดจะแสดงในตารางที่ 1-4

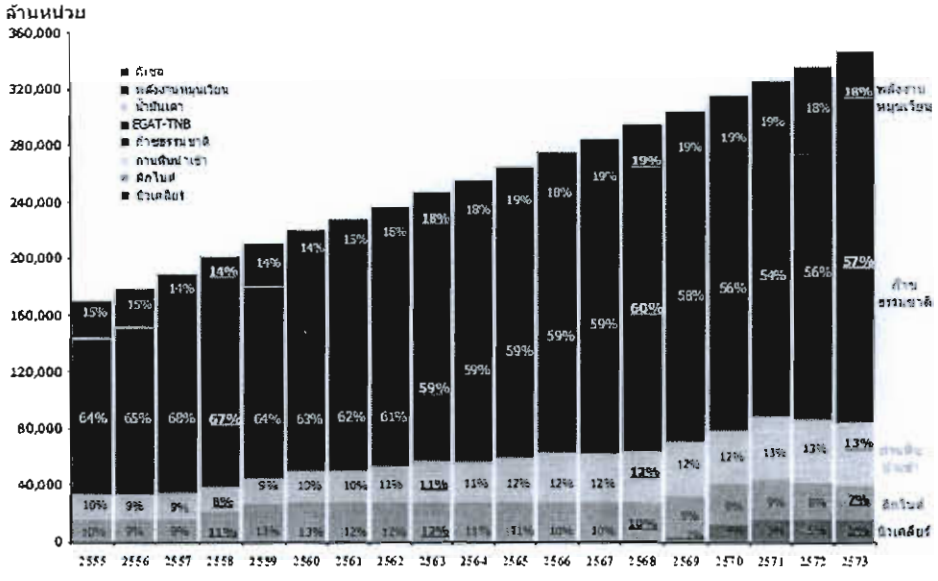


ภาพที่ 1-3 สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ปี พ.ศ. 2557

ตารางที่ 1-4 แผนการเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหินใน PDP 2010 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3

ชื่อ	กำลังการผลิตติดตั้ง (MW)	จำนวนถ่านหินที่ใช้ (ล้านตัน/ปี)	ปีที่เริ่มดำเนินการ (พ.ศ.)	ชนิดถ่านหิน
กฟผ.				
โรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาด 1	1×800	2.25	2562	ซับบิทูมินัส
โรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาด 2	1×800	2.25	2565	ซับบิทูมินัส
โรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาด 3	1×800	2.25	2568	ซับบิทูมินัส
โรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาด 4	1×800	2.25	2571	ซับบิทูมินัส
IPP				
เก็คโค-วัน	1×660	1.76	2555	ซับบิทูมินัส
NPS. Phase 1-2	2×135	0.72	2559	ซับบิทูมินัส
NPS. Phase 3-4	2×135	0.72	2560	ซับบิทูมินัส

แต่ถึงกระนั้นสัดส่วนในการผลิตไฟฟ้าโดยใช้ก๊าซธรรมชาติในปี พ.ศ. 2573 ยังคงเป็นอันดับที่ 1 ในสัดส่วนร้อยละ 57 ในขณะที่การผลิตไฟฟ้าโดยใช้ถ่านหินอยู่ที่ร้อยละ 20 พลังงานหมุนเวียนร้อยละ 18 และพลังงานนิวเคลียร์ที่ร้อยละ 5 ตามลำดับ ดังภาพที่ 1-4



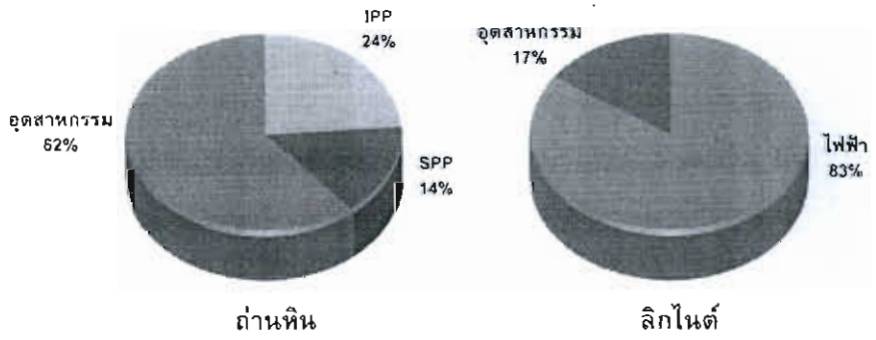
ภาพที่ 1-4 สัดส่วนการผลิตไฟฟ้าตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2555-2573 (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3)

ต่อมาในปี พ.ศ. 2558 ซึ่งอยู่ระหว่างปรับปรุงแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558 (PDP 2015) โดยมีการเพิ่มความต้องการโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดขึ้น รายละเอียดดังตารางที่ 1-5

ตารางที่ 1-5 โครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558 (PDP 2015) "ฉบับร่าง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2558"

ปี พ.ศ.	ชื่อโครงการ	ขนาดกำลังผลิต (MW)
2562	รฟ. กระบี่	800
2564	รฟ. เทพาเครื่องที่ 2	1,000
2565	รฟ. เทพาเครื่องที่ 3	1,000
2569	รฟ. ทตแทนแม่เมาะ	1,200
2570	ภาคใต้ เครื่องที่ 4	900
2572	ภาคใต้ เครื่องที่ 5	900

ประเทศไทยมีทรัพยากรถ่านหินอยู่อย่างจำกัด ซึ่งถ่านหินภายในประเทศส่วนใหญ่เป็นถ่านหินลิกไนต์และมีเพียงเล็กน้อยที่เป็นซับบิทูมินัส ซึ่งผลิตได้จาก 2 ผู้ผลิตหลัก คือ เหมืองของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) และเหมืองของบริษัทเอกชน โดยเหมืองของ กฟผ. จะนำถ่านหินมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าทั้งหมด และใช้ในภาคอุตสาหกรรมสำหรับเหมืองเอกชน ซึ่งยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของภาคเอกชน ซึ่งประกอบด้วยผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายใหญ่ (Independent power producers: IPPs) และผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก (Small power producer: SPP) จึงต้องนำเข้าถ่านหินจากต่างประเทศเพื่อเป็นเชื้อเพลิง (Energy statistics of Thailand 2012) ดังภาพที่ 1-5



ภาพที่ 1-5 สัดส่วนการบริโภคถ่านหินนำเข้าและลิกไนต์ในปี พ.ศ. 2554

เมื่อพิจารณาความต้องการบริโภคถ่านหินที่สูงขึ้น จากโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดดังกล่าว ในอนาคต ถ่านหินที่เหมืองแม่เมาะของ กฟผ. ไม่สามารถตอบสนองความต้องการได้ จึงจำเป็นต้องนำเข้าถ่านหินจากต่างประเทศ เพื่อมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดให้มีปริมาณเพียงพอต่อไป ซึ่งในการนำเข้าถ่านหินได้พิจารณาถึงความพร้อมเบื้องต้นของแหล่งถ่านหินต่างประเทศ ดังนี้

1. ปริมาณถ่านหินสำรองทั่วโลก ณ ปี 2554 มีทั้งหมด 891 พันล้านตัน หรือมีค่า Reserve/ Production (R/ P) มากกว่า 100 ปี ซึ่งประกอบด้วย แอนทราไซต์ และบิทูมินัส จำนวน 403 พันล้านตัน ซับ-บิทูมินัส จำนวน 287 พันล้านตัน และลิกไนต์ จำนวน 201 พันล้านตัน (World Energy consil, 2013) ซึ่งมีประเทศที่มีกำลังสำรองถ่านหินมากเป็น 10 อันดับแรกของโลก ดังตารางที่ 1-6

ตารางที่ 1-6 ประเทศที่มีปริมาณถ่านหินสำรอง 10 อันดับแรกของโลก (ล้านตัน)

ประเทศ	แอนทราไซต์และบิทูมินัส	ซับ-บิทูมินัส	ลิกไนต์	รวม
United States of America	108,501	98,618	30,176	237,295
Russian Federation	49,088	97,472	10,450	157,010
China	62,200	33,700	18,600	114,500
China	62,200	33,700	18,600	114,500
Australia	37,100	2,100	37,200	76,400
India	56,100		4,500	60,600
Germany	48		40,500	40,548
Ukraine	15,351	16,577	1,945	33,873
Kazakhstan	21,500		12,100	33,600
South Africa	30,156			30,156
Indonesia		28,017		28,017

2. ประเทศที่มีการส่งออกถ่านหินมาก 10 อันดับแรกของโลก ในปี 2555 (EIA, 2014) แสดงดังตารางที่ 1-7

ตารางที่ 1-7 ปริมาณถ่านหินส่งออกในแต่ละประเทศ ปี พ.ศ. 2551-2555

อันดับ	ประเทศ	ปริมาณถ่านหินส่งออก (ล้านตัน)				
		2551	2552	2553	2554	2555
1	Indonesia	200	233	267	301	383
2	Australia	252	262	293	285	302
3	United States	76	55	75	98	115
4	Russia	101	108	135	127	137
5	Colombia	69	68	70	81	84
6	South Africa	58	52	66	69	74
7	Canada	33	29	33	34	35
8	Kazakhstan	33	29	31	30	32
9	Mongolia	4	7	17	24	22
10	Vietnam	19	25	20	18	19

เพื่อตอบสนองต่อแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558 (PDP 2015) ฉบับร่าง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2558 ทำให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย มีแผนก่อสร้างโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดดังที่กล่าวข้างต้น โดยโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดที่จะตั้งขึ้นในเขตพื้นที่ภาคใต้ฝั่งอ่าวไทยจำนวน 4 โรง และภาคเหนือ 1 โรง มีความจำเป็นต้องนำเข้าถ่านหินเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้าทั้ง 5 โรง ซึ่งมีแนวความคิดในการสร้างศูนย์สำรองถ่านหิน (Coal center) ขึ้นเพื่อจัดเก็บถ่านหินนำเข้า ก่อนส่งไปให้ตามความต้องการของแต่ละโรงไฟฟ้าในฝั่งอ่าวไทย อีกทั้งยังทำให้ต้นทุนในการนำเข้าต่ำลงเมื่อเทียบกับการนำเข้าและสำรองถ่านหินในแต่ละแห่งโดยตรง

งานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาแนวทางในการเลือกทำเลที่ตั้งของ Coal center เพื่อให้ต้นทุนการดำเนินงานในภาพรวมมีความเหมาะสมมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ ในขณะที่ทำการศึกษา

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่สำคัญต่อการเลือกทำเลที่ตั้งของ Coal center

2. เพื่อวิเคราะห์เลือกทำเลที่ตั้งของ Coal center ที่เหมาะสมกับการดำเนินการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดที่ตั้งขึ้นในภาคใต้จำนวน 4 โรง และภาคเหนือจำนวน 1 โรง

3. ศึกษาแนวทางการนำเข้าถ่านหินเพื่อใช้ในโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดผ่าน Coal center

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. ทำให้ทราบถึงปัจจัยที่สำคัญต่อการเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์สำรองถ่านหิน
2. สามารถบ่งชี้ทำเลที่ตั้งของ Coal center ที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากปัจจัยที่สำคัญในการเลือกทำเลที่ตั้งของ Coal center

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลแผนก่อสร้างโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดใหม่ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2558
2. การศึกษาในครั้งนี้ ยังมิได้พิจารณาถึงอิทธิพลของปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์
3. การศึกษาในครั้งนี้ ยังไม่ตัดสินเลือกทำเลที่ตั้งของ Coal center

แผนการดำเนินการ

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาและสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. ดำเนินการงานวิจัย
4. สรุปงานวิจัย
5. นำเสนองานวิจัย

ตารางที่ 1-8 แผนการดำเนินงานของโครงการ

ลำดับ	กิจกรรม	ม.ค.-58	ก.พ.-58	มี.ค.-58	เม.ย.-58	พ.ค.-58	มิ.ย.-58
1	ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น						
2	ศึกษาและสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง						
3	ดำเนินการงานวิจัย						
4	สรุปงานวิจัย						
5	นำเสนองานวิจัย						

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเลือกสถานที่ตั้งของสถานที่ประกอบกิจการไม่ว่าจะเป็น โรงงานการผลิต ศูนย์กระจายสินค้า หรือสถานที่ให้บริการ จัดว่าเป็นการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ที่สำคัญอย่างยิ่งขององค์กร และเป็นส่วนหนึ่งของระบบโซ่อุปทานที่จะส่งผลต่อต้นทุนการดำเนินงานยิ่งในปัจจุบันระบบเศรษฐกิจมีการแข่งขันสูงขึ้น ยิ่งต้องให้ความสำคัญกับต้นทุนที่เกิดขึ้น เพื่อวัตถุประสงค์ที่จะดำเนินธุรกิจให้ได้รับผลกำไรและผลประโยชน์สูงที่สุด

ดังนั้น ในการศึกษาแนวทางความเหมาะสมในการเลือกตำแหน่งที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหินของ กฟผ. นั้น ผู้ศึกษาได้นำเสนอแนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. ศูนย์กระจายสินค้า
2. คลังสินค้า
3. ความแตกต่างของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้า
4. องค์ประกอบของการกระจายสินค้า
5. การวางแผนเลือกที่ตั้ง
6. การประเมินผลทางเลือกและตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้ง
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความหมายของศูนย์กระจายสินค้า

ความหมายของศูนย์กระจายสินค้า ในส่วนความหมายของคำว่า ศูนย์กระจายสินค้า (Distribution center) มีผู้ให้คำจำกัดความที่เป็นความหมายที่น่าสนใจ และทำให้สามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าได้อย่างชัดเจน ดังนี้

ในพจนานุกรมโลจิสติกส์ ได้ให้คำจำกัดความคำว่า ศูนย์กระจายสินค้า "เป็นคลังสินค้าของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ซึ่งรวมไปถึงสถานที่ที่รวมสินค้าของการค้าส่งและค้าปลีก"

ศูนย์กระจายสินค้า คือ คลังสินค้าที่ทำหน้าที่ทั้งในฐานะเป็นคลังสินค้า (Warehouse) และเป็นหน่วยเชื่อมโยงระหว่างผู้ผลิต (Manufacturer) กับผู้ขายปลีก (Retailers)

ศูนย์กระจายสินค้าหรือศูนย์จัดจำหน่าย นิยมเรียกย่อ ๆ ว่า DC ที่มาจากคำว่า (Distribution center) หมายถึง คลังสินค้าของบริษัทเอกชน ที่ดำเนินการในการรวบรวมคำสั่งซื้อจากหลาย ๆ ที่รวบรวมเป็นคำสั่งซื้อเดียว และจัดส่งคำสั่งซื้อไปยังโรงงานผู้ผลิต หรือ Suppliers เพื่อให้จัดส่งสินค้ามาในคราวเดียวเพื่อลดต้นทุน ลดระยะเวลาในการจัดส่ง และทำหน้าที่ใน

การแยกย่อยสินค้าไปบรรจุลงกล่องจัดส่งไปยังสาขาต่าง ๆ ของบริษัทเอกชนเหล่านั้น ถือว่าเป็นคลังสินค้าอีกประเภทหนึ่งที่ได้รับความนิยมมาก ดำเนินการจัดตั้งขึ้นโดยธุรกิจคนกลางทั้งค้าส่งและค้าปลีกโดยมีวัตถุประสงค์ในการรวบรวมการจัดส่งสินค้าจากโรงงานผู้ผลิตต่าง ๆ หรือ Suppliers จำนวนมาก ให้จัดส่งสินค้าไปยังที่ใดที่หนึ่งเพื่อลดต้นทุนของเวลา และค่าใช้จ่ายโดยศูนย์กระจายสินค้าจะทำหน้าที่ในการแยกแยะสินค้าที่มีขนาดใหญ่ออกเป็นขนาดย่อยและจัดส่งไปยังสาขาของธุรกิจที่กระจัดกระจายกันทั่วไป ศูนย์กระจายสินค้า หรือ DC เป็นวิธีการที่ทันสมัยโดยมีปรัชญาการดำเนินงานเพื่อลดต้นทุนคลังสินค้า ลดการมีสินค้าคงคลังเกินความจำเป็น ลดระยะเวลาในการเก็บรักษาสินค้า มีการบริหารจัดการโดยใช้เทคโนโลยี รับคำสั่งซื้อจากสาขาต่าง ๆ ของกิจการ กล่าวคือ ทำหน้าที่ในการรวบรวมคำสั่งซื้อที่มีปริมาณไม่มากนักจากสาขาจนกลายเป็นคำสั่งซื้อที่มีปริมาณมากขึ้น เพื่อสะดวกในสั่งซื้อ รวมการขนส่งสินค้า

ปัจจุบันได้มีแนวคิดด้านการกระจายสินค้าไปอย่างรวดเร็ว และเรียกว่า Cross dock โดยให้สินค้ามีเวลาอยู่ในศูนย์กระจายสินค้าน้อยที่สุด ระบบ Cross dock จะทำหน้าที่บรรจุและคัดแยกสินค้า โดยเปลี่ยนถ่ายสินค้าหรือโอนถ่ายสินค้าจากพาหนะขาเข้าที่มาส่งสินค้าไปยังพาหนะขาออกโดยตรงผ่านศูนย์กระจายสินค้า โดยไม่มีการนำไปจัดเก็บ (Put-away) ดังนั้นการทำงานในรูปแบบ Cross dock ต้องอาศัยการวางแผนและการประสานงานที่ดี โดยปกติในการควบคุมการทำงานให้เกิดประสิทธิผลจะมีการสร้างระบบชุดคำสั่งควบคุมหรือ Software ขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่ในการเชื่อมโยง และประสานงานซึ่งจะช่วยให้เกิดการลดต้นทุนในระบบการจัดเก็บลง อีกทั้งทำให้สินค้าไปถึงจุดหมายปลายทางได้รวดเร็ว

สรุป ความหมายของคำว่า ศูนย์กระจายสินค้า (Distribution center) เป็นคลังสินค้าลักษณะหนึ่งที่เน้นกระบวนการในการกระจาย คัดแยกหรือแปลงหน่วยสินค้าไปยังร้านค้าย่อย มักเป็นที่รวมสินค้าของการค้าปลีกและค้าส่ง

ประโยชน์ของศูนย์กระจายสินค้า

ในปัจจุบันการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรในประเทศไทยมีอัตราสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องส่งผลต่อความต้องการบริโภคสินค้า และบริการ หน้าที่ในการตอบสนองความต้องการเหล่านั้นเป็นหน้าที่ของผู้ผลิต และผู้จัดจำหน่ายสินค้า ที่จะต้องตอบสนองให้ทันเวลาและความต้องการคลังสินค้าอาจไม่สามารถสนองความต้องการได้อย่างสมบูรณ์ ผู้ประกอบการค้าส่ง และค้าปลีกจึงหันมาให้ความสำคัญกับการสร้างศูนย์กระจายสินค้า เพื่อช่วยให้ธุรกิจลดต้นทุนด้านการจัดจำหน่าย รวมทั้งการให้บริการที่ดี รวดเร็ว ประโยชน์พื้นฐานของศูนย์กระจายสินค้าจะแตกต่างจากคลังสินค้าทั่วไป ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

1. ศูนย์กระจายสินค้าจะเป็นจุดรวบรวมสินค้า (Consolidation facility) แยกประเภท (Product assortment facility) และกระจายสินค้า (Distribution) ที่มาจากต้นทางหลายแห่งเพื่อไปยังลูกค้า โดยผู้ขนส่งสินค้าจากแหล่งต่าง ๆ จะนำสินค้ามารวบรวมที่ศูนย์กระจายสินค้า เพื่อบรรจุและคัดแยกสินค้า ส่งมอบโดยกระจายสินค้าแก่ลูกค้าปลายทางที่หลากหลาย การดำเนินการในลักษณะนี้จะช่วยลดต้นทุนในการขนส่งจากต้นทาง (ผู้ผลิต) ไปยังลูกค้าปลายทาง (ผู้ประกอบการค้าส่ง และค้าปลีก)

2. เป็นจุดเปลี่ยนถ่ายสินค้าระหว่างการขนส่งหลายรูปแบบ (Inter-modal trans-shipment facility) เช่น การเปลี่ยนถ่ายจากการขนส่งโดยรถบรรทุกคอนเทนเนอร์ มาเป็นรถบรรทุกขนาดเล็ก หรือจากการขนส่งจากรถไฟ มาเป็นรถบรรทุก ซึ่งเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้สินค้าและบริการเคลื่อนที่และส่งมอบให้กับลูกค้าปลายทางได้อย่างเหมาะสมตามสภาพของแต่ละท้องถิ่น

3. ศูนย์กระจายสินค้าจะทำหน้าที่เป็นจุดเก็บสินค้า (Storage facility) เพื่อเป็นที่เก็บสินค้าในการนำส่งต่อไปยังลูกค้า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะทางและเวลาในการนำส่ง โดยปกติการจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้าของผู้ประกอบการค้าส่ง และค้าปลีกขนาดใหญ่ มักจะกำหนดพื้นที่ในการจัดตั้งศูนย์โดยแบ่งเป็นเขตหรือโซนแต่ละเขต หรือโซนจะรับผิดชอบพื้นที่การให้บริการลูกค้า โดยมีกำหนดระยะเวลาในการดำเนินงานสั้น ๆ เพื่อให้ทันเวลา สามารถส่งมอบสินค้าให้ลูกค้าได้อย่างสม่ำเสมอ

4. จุดให้บริการด้านการผลิต (Manufacturing related services) และ บริการด้านโลจิสติกส์ (Logistics related services) เป็นการให้บริการที่เพิ่มมูลค่าให้กับสินค้า สำหรับการบริการด้านการจัดการที่อยู่ในศูนย์กระจายสินค้ามักจะเป็นการดำเนินกิจกรรม ง่าย ๆ เช่น การบรรจุหีบห่อ ที่เหมาะสม และนำส่งให้กับลูกค้าปลายทางตามความต้องการ

คลังสินค้า

คลังสินค้ามีรูปแบบและวิธีการที่แตกต่างกันไป และถูกจัดตั้งขึ้นเพื่อดำเนินกิจกรรมอันเกี่ยวข้องกับการเก็บรักษาสินค้าสำเร็จรูป และวัตถุดิบ เพื่อใช้ในเวลาที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม แม้คลังสินค้าจะมีหลากหลายรูปแบบ แต่จะมีวัตถุประสงค์หลักที่สำคัญที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

1. เพื่อทำหน้าที่รักษาระดับสินค้าคงคลังให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม
2. เพื่อสนับสนุนการผลิต ให้มีวัตถุดิบและส่วนที่เกี่ยวข้องไว้ใช้อย่างเพียงพอ
3. เพื่อทำหน้าที่ผสมผสานสินค้า

4. เพื่อทำหน้าที่รวบรวมสินค้าก่อนจัดส่ง

5. เพื่อทำหน้าที่คัดแยกหีบห่อ หรือทำหน้าที่เป็นศูนย์กระจายสินค้า

ประโยชน์ของคลังสินค้า

คลังสินค้า เป็นส่วนหนึ่งของระบบการจัดจำหน่าย และการกระจายสินค้า ซึ่งเกี่ยวพันกับระบบของการผลิต และการขนส่ง ซึ่งปัจจัยทั้งหมดดังกล่าวจัดเป็นต้นทุนเกือบทั้งหมดของการผลิตสินค้าต่อหนึ่งหน่วยเสมอ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าหากมีการจัดการที่ดีมีประสิทธิภาพไม่ว่าจะเป็นด้านใดด้านหนึ่ง จะส่งผลต่อการลดต้นทุนทั้งสิ้น อันจะส่งผลไปสู่ผลกำไรและการสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้าเสมอ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าประโยชน์และความจำเป็นของคลังสินค้ามีมากมาย จึงขอสรุปให้เห็นชัดเจนเป็นข้อ ๆ ดังนี้

1. เป็นสถานที่ที่ใช้ในการจัดเก็บสำรองวัตถุดิบ และสินค้า ไว้ใช้ในการดำเนินงานอย่างเหมาะสมโดยหน้าที่หลักของคลังสินค้าจะทำหน้าที่ในการจัดเก็บรักษาวัตถุดิบ สินค้าสำเร็จรูป ทั้งเพื่อรอนำเข้าสู่กระบวนการผลิต และรอการจัดจำหน่ายไปยังตลาด ซึ่งในบางครั้งอาจต้องใช้เวลา ผลิตเสร็จอาจไม่มีคำสั่งซื้อหรือมีคำสั่งซื้อเป็นจำนวนไม่เหมาะสม อาจทำให้ต้องมีการเก็บรักษาไว้ระยะเวลาหนึ่งเพื่อรอการจำหน่ายต่อไป

2. สามารถตอบสนองการทำงานในระบบการทำงานแบบทันเวลาพอดี (Just in time) ซึ่งเป็นปรัชญาการบริหารสินค้าคงคลังที่มุ่งลดการสูญเสีย และลดสินค้าคงคลัง ระบบจะเน้นในเรื่องการผลิตในสิ่งที่ลูกค้าต้องการ และจะต้องการวัตถุดิบเมื่อมีการผลิตด้วยต้นทุนที่ต่ำ และคุณภาพที่เหมาะสม ลดการถือครองสินค้า หรือวัตถุดิบลงจนทำให้เกิดการพัฒนารูปแบบการจัดตารางการส่งสินค้า และปรับลดระยะเวลาในสถานที่พักสินค้าลงให้มากที่สุดจนกลายเป็นรูปแบบของศูนย์กระจายสินค้าในปัจจุบัน การดำเนินงานในรูปแบบนี้จะต้องประสานกันอย่างใกล้ชิดกับความต้องการในอุปสงค์ด้านโลจิสติกส์ บริษัทขนส่ง ผู้จัดส่งสินค้า วัตถุดิบ และผู้ผลิต

3. ตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้าในด้านการมีสินค้าและบริการไว้อย่างต่อเนื่อง การมีระบบของการจัดการคลังสินค้าที่ดี เหมาะสม จะช่วยให้การจัดการเกี่ยวกับสินค้าที่มีอยู่ จัดส่งไปให้บริการลูกค้าตามคำสั่งซื้อ และเวลาที่ลูกค้าต้องการได้ทันท่วงที เป็นอีกบริบทหนึ่งของการสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า

4. ป้องกันการขาดแคลนสินค้าที่อาจมีการปรับเปลี่ยนได้ตามสถานการณ์ของตลาดและฤดูกาล คลังสินค้าทำหน้าที่ในการจัดเก็บสำรองวัตถุดิบ และสินค้าสำเร็จรูปในปริมาณที่เหมาะสม ย่อมเป็นวิธีการในการป้องกันการขาดแคลนสินค้าที่จะตอบสนองความต้องการของตลาดและลูกค้าได้

5. ก่อให้เกิดความประหยัดในด้านต้นทุนดำเนินการและระบบการผลิตสินค้า กล่าวคือ ในทฤษฎีเรื่องความประหยัดที่มีต่อขนาด Economies of scale การมีคลังสินค้าช่วยส่งเสริมการผลิตจำนวนมากอันส่งผลไปสู่ต้นทุนรวมในการผลิตที่จะลดลงตามขนาดของการผลิต

6. สร้างความได้เปรียบด้านการแข่งขันในอุตสาหกรรม คลังสินค้าจัดเป็นเครื่องมือที่สำคัญอย่างหนึ่งในการสร้างความได้เปรียบทางด้านการแข่งขัน ทั้งในด้านเวลา สถานที่ ปริมาณที่พร้อมเสมอที่จะให้บริการแก่ลูกค้าของธุรกิจอย่างต่อเนื่อง

ความแตกต่างของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้า

โดยทั่วไปกิจกรรมพื้นฐานภายในคลังสินค้าจะประกอบด้วย 3 กิจกรรมหลัก ได้แก่ กิจกรรมในการรับสินค้า (receiving) กิจกรรมในการเก็บสินค้าเข้าชั้นวาง (Put-away or Transfer/ Bulk storage) และกิจกรรมในการจ่ายสินค้าหรือหยิบสินค้า (Order picking) สำหรับศูนย์กระจายสินค้าจะมีกิจกรรมพิเศษเพิ่มเติม คือ กิจกรรมในการคัดแยกหรือแปลงหน่วย (Selection or Let down) เพื่อแยกสินค้าเป็นหน่วยย่อย และบรรจุลงในหีบห่อใหม่สำหรับจัดส่งให้กับร้านค้าปลีกที่เป็นสาขาทั่วไป ทั้งนี้ได้แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคลังสินค้ากับศูนย์กระจายสินค้า ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคลังสินค้ากับศูนย์กระจายสินค้า

No.	คลังสินค้า	ศูนย์กระจายสินค้า
1.	ใช้ได้กับการดำเนินกิจการทุกประเภท	ใช้ได้เฉพาะกับกิจการค้า ที่เป็นกิจการจำหน่ายสินค้าให้แก่ลูกค้าจำนวนมาก และมีสาขากระจายกันทั่วไป
2.	สามารถเก็บรักษาสินค้าได้ทุกประเภท	เก็บรักษาสินค้าได้เฉพาะประเภท และเน้นสินค้าที่เป็นความต้องการของตลาด เหมาะสำหรับสินค้าอุปโภค บริโภคทั่วไป
3.	ขั้นตอนในการดำเนินงานจะยาว มักประกอบด้วย การรับ การจัดเก็บ การจัดส่ง	ลดขั้นตอนการดำเนินงานมีการดำเนินงานโดยนำระบบ Cross docking หรือการส่งข้ามฟากท่ามาใช้ กล่าวคือ ในบางครั้งจะลดขั้นตอนการจัดเก็บ เมื่อนำสินค้าเข้าประตูหน้า อาจส่งสินค้าออกทันทีในวันเดียวกัน ลดต้นทุนการจัดเก็บสินค้าลง
4.	เป็นกิจการคลังสินค้าเอกชนและคลังสินค้าสาธารณะก็ได้	เป็นคลังสินค้าเอกชนเท่านั้น

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

No.	คลังสินค้า	ศูนย์กระจายสินค้า
5.	เทคโนโลยีที่ใช้อยู่ในขั้นต่ำกว่า	มีการควบคุมการดำเนินงานโดยใช้เทคโนโลยีตั้งแต่ขั้นตอนการรวบรวมคำสั่งซื้อ สั่งซื้อ รอรับสินค้า แยกแยะสินค้า จนถึงการนำส่ง โดยใช้ Software เฉพาะของแต่ละกิจการ ใช้ Barcode เข้ามาช่วยในการดำเนินการมากกว่าคลังสินค้าทั่วไป
6.	มีกิจกรรมในการดำเนินงานหลักเพียง 3 กิจกรรม คือ การรับ การจัดเก็บ และการจัดส่ง	มีกิจกรรมในศูนย์กระจายสินค้าจะมีกิจกรรมมากกว่ากิจกรรมในคลัง โดยกิจกรรมที่เพิ่มขึ้น คือ กิจกรรมในการคัดแยกหรือแปลงหน่วย เพื่อแยกสินค้าเป็นหน่วยย่อย และบรรจุลงหีบห่อใหม่สำหรับการจัดส่งให้กับร้านค้าปลีกสาขาทั่วไป

องค์ประกอบของการกระจายตัวสินค้า

องค์ประกอบของการกระจายตัวสินค้ามี 5 ระบบย่อย ดังนี้

1. ทำเลที่ตั้งคลังสินค้าและการคลังสินค้า (Inventory location and warehousing) ทำเลที่ตั้งคลังสินค้าเป็นงานที่เกี่ยวข้องการเลือกสถานที่ตั้งของคลังสินค้าว่าควรจะเก็บสินค้าไว้ที่ไหน ส่วนงานที่เกี่ยวข้องกับการคลังสินค้า (Warehousing) เป็นกิจกรรมของการกระจายตัวสินค้าที่ประกอบด้วยการเก็บรักษา การจัดหมวดหมู่ การแบ่งแยกและการเตรียมผลิตภัณฑ์เพื่อการขนส่ง ธุรกิจมีทางเลือกที่จะดำเนินงานโดยมีคลังสินค้าของตนเอง (Private warehouse) หรือไปใช้บริการของคลังสินค้าสาธารณะ (Public warehouse)

2. การจัดการวัสดุ (Material handing) เป็นการเลือกใช้อุปกรณ์เครื่องมือที่เหมาะสมในการจัดการวัตถุดิบและปัจจัยการผลิตเครื่องมือ อุปกรณ์ที่เหมาะสมสามารถทำให้เกิดการสูญเสียที่เกิดจากการแตกหัก เน่าเสียและขโมยน้อยที่สุด อุปกรณ์เครื่องมือมีประสิทธิภาพสามารถทำให้ลดต้นทุนและเวลาที่ต้องใช้ในการจัดการดังกล่าว อุปกรณ์เครื่องมือในการจัดการวัสดุ ได้แก่ สายพาน รถยก ล้อเลื่อน ลิฟท์ ตู้เก็บสินค้า (Container) เป็นต้น

3. การควบคุมสินค้าคงเหลือ (Inventory control) หมายถึง กิจกรรมในการเก็บรักษาสินค้าคงเหลือให้มีขนาดและประเภทของสินค้าในปริมาณที่เหมาะสม สินค้าคงเหลือสำหรับหลายบริษัทจะแสดงถึงขนาดของการลงทุน เป้าหมายของการควบคุมสิ้นค้าคงเหลือ คือ การควบคุมการลงทุนและการขึ้นลงของสิ้นค้าให้เกิดน้อยที่สุดโดยสามารถรับคำสั่งซื้อของลูกค้าได้ทันทีและถูกต้อง

4. การดำเนินงานเกี่ยวกับคำสั่งซื้อ (Order processing) เป็นขั้นตอนในการจัดการตามใบสั่งซื้อของลูกค้า ประกอบด้วยการจัดทำเอกสารการขาย การให้สินเชื่อ การจัดเตรียมในการเก็บสินค้า การเก็บหนี้ที่ต้องชำระ

5. หน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการขนย้ายสินค้าไปยังลูกค้า ฝ่ายบริหารต้องตัดสินใจถึงประเภทของการขนส่งและพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง วิธีการขนส่งหลักที่นิยมในปัจจุบันมี 5 ประเภท ดังนี้

5.1 การขนส่งโดยรถบรรทุก (Truck) เป็นการขนส่งทางบกที่นิยมใช้มาก โดยเฉพาะการขนส่งภายในประเทศเพราะสะดวก รวดเร็ว มีเวลาให้เลือกมาก

5.2 การขนส่งโดยรถไฟ (Railroads) เหมาะสำหรับการขนส่งสินค้าที่มีน้ำหนักมาก ขนาดใหญ่มีปริมาณมาก และต้องมีการขนส่งระยะทางไกล เพราะค่าใช้จ่ายถูก ความปลอดภัยสูง สินค้าที่นิยมใช้บริการรถไฟ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ หินทราย น้ำมัน เป็นต้น

5.3 การขนส่งทางเครื่องบิน (Airlines) เป็นการขนส่งทางอากาศที่ถือว่ารวดเร็วที่สุด และค่าขนส่งสูงที่สุด เหมาะสำหรับสินค้าที่เสียง่าย หรือมีราคาแพง เช่น ดอกไม้ เพชร ฯลฯ

5.4 การขนส่งทางเรือ (Water way) เป็นการขนส่งทางน้ำที่ประหยัดค่าขนส่ง เหมาะสำหรับสินค้าที่คนกลางในช่องทางการจัดจำหน่ายหรือคลังสินค้าที่อยู่ใกล้ทางน้ำ เช่น ซุง ข้าวเปลือก แร่ ถ่าน ฯลฯ

5.5 การขนส่งทางท่อ (Pipelines) เป็นการขนส่งสินค้าที่เป็นของเหลวหรือแก๊ส เช่น น้ำมัน น้ำ แก๊ส

นอกจาก 5 วิธี อาจมีการขนส่งโดยใช้หลายวิธีต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นร่วมกันดังนี้

1. พิกกี้แบ็ค (Piggy back) เป็นการขนส่งต่อเนื่องระหว่างรถไฟและรถบรรทุก

2. ฟิชชี่แบ็ค (Fishy back) เป็นการขนส่งต่อเนื่องระหว่างเรือและรถบรรทุก

(ชัยวัฒน์ ชูตระกูร, 2557)

การวางแผนเลือกที่ตั้ง

การลงทุนสร้างศูนย์กระจายสินค้ามีการลงทุนที่สูง รวมทั้งข้อจำกัดด้านกฎหมาย และสิ่งแวดล้อม ทำให้การย้ายศูนย์กระจายสินค้าเป็นเรื่องที่ยุ่งยากมาก

ทำเลที่ตั้ง หมายถึง สถานที่ที่เอื้ออำนวย สนับสนุนให้วิสาหกิจประกอบธุรกรรมได้สะดวกที่สุดภายใต้ความคุ้มค่าที่สุดจากค่าใช้จ่าย สิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ผลกำไร และความสำพันธ์ต่อลูกค้า และพนักงานในช่วงที่วิสาหกิจดำเนินการ (สุรัส ตั้งไพฑูรณ์, 2547)

ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกที่ตั้งโรงงานมีอยู่มากมาย อย่างไรก็ตามมักปรากฏอยู่เสมอว่า มีเพียงปัจจัยไม่กี่อย่างที่มีผลสำคัญต่อการตัดสินใจ ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกที่ตั้งของ

โรงงาน อาจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ ปัจจัยที่เกี่ยวกับทรัพยากรการผลิต และปัจจัยที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อม

1. ปัจจัยทางด้านทรัพยากรการผลิต ประกอบด้วยปัจจัยที่มีความสำคัญ ดังนี้

1.1 วัตถุดิบ มีความสำคัญต่อการตัดสินใจเลือกที่ตั้งโรงงานที่ใกล้แหล่งวัตถุดิบมีเหตุผลหลัก คือ เพื่อลดต้นทุนการผลิตอันเกิดจากการขนส่งวัตถุดิบ ซึ่งวัตถุดิบมีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก การขนส่งต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง และวัตถุดิบบางประเภทเกิดการเน่าเสียได้ง่าย จึงต้องรีบส่งเข้าโรงงานอย่างรวดเร็ว

1.2 ตลาดสินค้า มีความสำคัญต่อโรงงานหรือการดำเนินการในลักษณะที่ใช้วัตถุดิบน้อยมักนิยมตั้งใกล้ตลาดสินค้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจการด้านการบริการ หรือสินค้าที่เกิดการเน่าเสียได้ง่าย

1.3 แรงงาน เป็นปัจจัยที่สำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมที่ต้องการใช้แรงงานจำนวนมาก รวมทั้งแรงงานที่มีความชำนาญการ

1.4 ที่ดิน มีความสำคัญในอุตสาหกรรมที่ต้องใช้ที่ดินมากในการสร้างโรงงานหรือดำเนินกิจการ ต้นทุนค่าที่ดินในเมืองใหญ่หรือเมืองที่มีความเจริญมาก ค่าที่ดินก็จะยิ่งสูงขึ้น แต่ปัจจัยอื่น ๆ ก็จะมีความสะดวกมากตามไปด้วย เช่น ตลาดสินค้า แรงงงาน พลังงาน และสาธารณูปโภคต่าง ๆ

1.5 การขนส่ง เป็นปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง เพราะต้นทุนค่าขนส่งมีผลอย่างสำคัญต่อการดำเนินการ เส้นทางคมนาคมประกอบไปด้วย ทางบก ทางน้ำ และทางอากาศ

1.6 พลังงานและสาธารณูปโภคต่าง ๆ เป็นปัจจัยที่อุตสาหกรรมที่ต้องใช้พลังงานมากหรือจำเป็นต้องอาศัยสาธารณูปโภคต่าง ๆ ในการดำเนินการย่อมต้องเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานที่ใกล้กับแหล่งพลังงานและมีสาธารณูปโภคที่สมบูรณ์ ทั้งนี้ในบริเวณที่มีพลังงานและสาธารณูปโภคไม่พอเพียงต่อการใช้งานของโรงงาน โรงงานอาจผลิตพลังงานและสาธารณูปโภคขึ้นใช้เอง แต่ต้นทุนย่อมสูงกว่าการได้รับบริการจากภาครัฐบาล

2. ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม ประกอบด้วยปัจจัยที่มีความสำคัญ ดังนี้

2.1 สภาพการยอมรับของชุมชนที่มีต่อธุรกิจที่ทำอยู่ ในด้านความเชื่อของคนในชุมชน และหลักธรรมคำสั่งสอนทางศาสนาในชุมชน

2.2 สภาพความเป็นอยู่ของชุมชน คุณภาพของชีวิตในชุมชน เช่น แหล่งพักผ่อนหย่อนใจ โรงมหรสพ สภาพภูมิอากาศ โรงเรียน โรงพยาบาล สถานที่ปฏิบัติกิจทางศาสนา มาตรฐานค่าครองชีพ ความปลอดภัยและทรัพย์สิน เป็นต้น

2.3 กฎระเบียบและกฎหมายของชุมชน เช่น ภาษีต่าง ๆ กฎหมายแรงงาน กฎหมายการจ้างงานและอื่น ๆ

2.4 สภาพการรวมตัวทางธุรกิจและอุตสาหกรรมในชุมชน ความช่วยเหลือซึ่งกันและกันในธุรกิจ สภาพการแข่งขันทางธุรกิจ แหล่งที่มีการรวมตัวร่วมมือช่วยเหลือกันทางธุรกิจมาก ย่อมส่งเสริมต่อการดำเนินการผลิตและบริการ (พิชิต สุขเจริญพงษ์, 2549)

การประเมินผลทางเลือกและตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้ง

การประเมินผลทางเลือกและตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้ง สามารถทำการประเมินได้ 3 วิธี คือ

1. การประเมินโดยวิธีเชิงคุณภาพ โดยการเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัยที่แตกต่างกันและการให้คะแนนปัจจัยเพื่อจัดลำดับ

1.1 เทคนิคการเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัย (Ranking technique) เป็นการใช้การตัดสินใจโดยการใช้ความรู้สึก และดุลยพินิจของผู้บริหาร โดยการเปรียบเทียบกันแล้วเลือกทำเลที่ดีกว่าโดยเรียงลำดับกันของแต่ละทำเลในแต่ละปัจจัย

1.2 เทคนิคการให้คะแนนปัจจัย (Rating technique) เป็นการให้น้ำหนักของปัจจัยตามความสำคัญในการดำเนินการเพื่อผลกำไรสูงสุด จากนั้นทำการพิจารณาโดยละเอียดรายปัจจัยในแต่ละปัจจัย รวบรวมผลคะแนน เลือกพื้นที่ที่ได้รับคะแนนสูงสุดเป็นทำเลที่ตัดสินใจเลือก

2. การประเมินโดยวิธีเชิงปริมาณ โดยการใช้ตัวเลขที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในการวิเคราะห์

2.1 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break-even analysis) เป็นวิธีการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์เพื่อเปรียบเทียบทางเลือกต่าง ๆ โดยจะพิจารณาปริมาณการผลิตและต้นทุน มีการแจกแจงและกำหนดค่าใช้จ่ายคงที่ ค่าใช้จ่ายผันแปร ภายใต้เงื่อนไขมีค่าคงที่ตลอดการผลิต ซึ่งในการดำเนินการวิเคราะห์นิยมใช้เป็นค่าเฉลี่ย หาความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายรวม ทำการแสดงในกราฟรวมกับเส้นปริมาณการผลิต และสรุปผลจุดที่มีความคุ้มทุนในการผลิตต่ำสุด

2.2 ตัวแบบการขนส่ง (Transportation model) เป็นตัวแบบที่ใช้คณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการคำนวณเพื่อหาค่าขนส่งต่ำที่สุดในการตัดสินใจเลือกที่ตั้ง จะมีหลายกรณี เช่น

2.2.1 กรณีที่มีทำเลที่ตั้งแห่งเดียว แต่ทำเลวัตถุดิบหรือตลาดไม่จำกัด ลักษณะนี้จะใช้การหาค่าความต่างของระยะทางคูณกับต้นทุนในเส้นทางนั้น ๆ แล้วเลือกค่าต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด

2.2.2 กรณีที่มีทำเลที่ตั้งหลายแห่ง และทำเลวัตถุดิบหรือตลาดไม่จำกัด การหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) จะใช้การคำนวณคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนขึ้นในการหาคำตอบเบื้องต้น จากวิธี Least cost rule วิธี Vogel approximation method: VAM และวิธี Northwest corner rule และ

พัฒนาวิธีเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด เช่น Stepping stone method และ Modified distribution method: MODI เป็นต้น (Industrial technology review, 2547)

2.3 เทคนิคการหาระยะทางร่วมกับค่าขนส่ง (Load distance technique) เป็นวิธีการเลือกทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมเพียงแห่งเดียวจากหลายทำเลที่ตั้ง และเป็นเทคนิคที่ใช้ในการคำนวณระยะทางของแต่ละทำเลคูณเข้ากับอัตราค่าขนส่งของแต่ละทำเล (Roberta & Bernard, 2011) โดยมีวิธีคำนวณดังต่อไปนี้

$$LD = \sum_{i=1}^{n} l_i d_i$$

เมื่อ

LD = มูลค่าของ Load distance

l_i = น้ำหนักในการบรรทุกสินค้า จำนวนเที่ยวการขนส่ง หรือหน่วยสินค้าที่ทำการส่งจากตำแหน่งที่ต้องการกำหนด (Proposed site) ถึงตำแหน่งของสิ่งอำนวยความสะดวกที่มีอยู่แล้ว (Existing facility)

d_i = ระยะทางระหว่างสถานที่ต้องการกำหนดประกอบการไปยังตำแหน่งของสิ่งอำนวยความสะดวกที่มีอยู่แล้ว

ระยะทาง d_i เป็นสูตรที่ใช้ในการคำนวณระยะทางในการเดินทางระหว่างทำเล สามารถคำนวณได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$d_i = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2}$$

เมื่อ (x, y) = พิกัดที่ตั้งของสถานที่ที่ต้องการกำหนด

(x_i, y_i) = พิกัดที่ตั้งของสิ่งอำนวยความสะดวกที่มีอยู่แล้ว

2.4 เทคนิคการหาศูนย์กลางของการขนส่ง (Center of gravity technique) เป็นเทคนิคเชิงปริมาณที่ใช้ในการคำนวณหาทำเลที่ตั้งทางภูมิศาสตร์แห่งเดียวตามระยะทางและน้ำหนักของสินค้าที่ต้องขนส่ง โดยเทคนิคนี้จะเป็นการออกแบบทำเลที่ตั้งที่เป็นศูนย์กลางในการกระจายสินค้าไปยังทำเลที่ตั้งอื่น ๆ (Roberta & Bernard, 2011)

สูตร $x = \dfrac{\sum_{i=1}^{n} x_i W_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i}$

$y = \dfrac{\sum_{i=1}^{n} y_i W_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i}$

กำหนดให้

x_i, y_i = จุดที่ตั้งของแหล่งสิ่งอำนวยความสะดวก

W_i = น้ำหนักสินค้าต่อปีที่ใช้ขนไปจากแหล่งสิ่งอำนวยความสะดวก

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปรีชา ประเสริฐสกุลไชย (2553) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาความเหมาะสมของศูนย์กระจายสินค้าในเขตภูมิภาค พบว่า กลุ่มธุรกิจร้านค้าปลีก (Retail) ที่เปิดสาขาใหม่มีแนวโน้มขนาดร้านเล็กลงทำให้ไม่สามารถเก็บสินค้าคงคลังที่ร้านได้ในปริมาณมาก แต่จะต้องทำการรักษาระดับการให้บริการกับลูกค้าไว้ (service level) ทำให้ต้องมีการเพิ่มความถี่ในการจัดส่งให้มากขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ต้นทุนทาง Logistics เพิ่มสูงขึ้น ผู้ศึกษาจึงทำการศึกษาหาแนวทางในการหารูปแบบ ตำแหน่งและระยะเวลาที่เหมาะสมในการตั้งศูนย์กระจายสินค้าในภูมิภาค โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างการจัดส่งสินค้าตรงหน้าร้าน กับการใช้ Regional distribution center: RDC ในการรับและกระจายสินค้าให้กับสาขาต่าง ๆ ในภูมิภาค โดยทำการศึกษาทางเชิงปริมาณด้วยวิธี Center of gravity และการศึกษาเชิงคุณภาพด้วยวิธี Factor rating ผลการศึกษาพบว่า ตำแหน่งที่ 3 ที่อำเภอห้วยยอด จังหวัดตรัง ซึ่งมีต้นทุนทางด้านขนส่งเท่ากับ 157,712.65 บาทต่อวัน หรือคิดเป็นต้นทุนทางด้านขนส่งที่ลดลงได้ 52,404.95 บาท และมีคะแนนจากการประเมิน Factor Rating เท่ากับ 6.92 คะแนน และเป็นตำแหน่งที่มีค่า NPV สูงที่สุด คือ 8,158,741 บาท ค่า IRR เท่ากับ 15.27% และ Pay back period ที่ปีที่ 6

ณัติฐากร ชูก้าน และอรรถกร เก่งพล (2547) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการประเมินบริษัทขนส่ง โดยใช้ตัวแบบการขนส่ง Multicommodity, AHP และ LP ซึ่งวิธีดังกล่าวนี้ จะได้ประเมินบริษัทขนส่งที่อยู่บนพื้นฐานของกฎเกณฑ์ในการตัดสินใจที่มีความหลากหลายทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพแทนที่จะตัดสินใจเฉพาะต้นทุนหรือผลประโยชน์เชิงปริมาณเพียงอย่างเดียว โดยการวิจัยปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการตัดสินใจเลือกบริษัทขนส่งประกอบด้วย เกณฑ์หลัก/ เกณฑ์รอง คือ

1. Benefits/ Delivery time, Quality
2. Flexubility/ Urgent delivery, Amount of truck
3. Risks/ Business Well- Known, Business performance ซึ่งนำมาเปรียบเทียบโดยใช้ AHP และนำไปหาต้นทุนด้วยโมเดลทางคณิตศาสตร์เชิงเส้น ซึ่งผลการศึกษาพบว่า เลือกใช้บริษัทขนส่ง LF_4 (Logistics-Firm_4) เป็นผู้ดำเนินการขนส่ง

ปวีณา เสนาเก่า และวันชัย รัตนวงษ์ (2552) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบการกระจายสินค้าระหว่างการขนส่งผ่านศูนย์กระจายสินค้ากับเอเย่นต์เพื่อวางแผนการเพิ่ม

ปวีณา เสนาเก่า และวันชัย รัตนวงษ์ (2552) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบการกระจายสินค้าระหว่างการขนส่งผ่านศูนย์กระจายสินค้ากับเอเย่นต์เพื่อวางแผนการเพิ่มประสิทธิภาพ โดยการศึกษาต้นทุนการขนส่งสินค้าด้วยเอเย่นต์เกิดขึ้นสูง และจากการพยากรณ์ต้นทุนการขนส่งดังกล่าวในอนาคต พบว่ามีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี รวมทั้งไม่สามารถควบคุมปริมาณและประสิทธิภาพของสินค้าได้ ดังนั้น จึงได้ทำการศึกษาการขนส่งสินค้าโดยใช้ศูนย์กระจายสินค้าเข้าร่วมด้วย พร้อมทั้งได้ใช้วิธีเทคนิคการหาระยะทางร่วมกับค่าขนส่ง (Load-distance technique) มาใช้ในการตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าและเรื่องการปรับปรุงระบบการขนส่ง ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การตั้งศูนย์กระจายสินค้าและการจัดการเรื่องการขนส่งโดยวิธี Outsource สามารถลดต้นทุนในการขนส่งได้ถึง 54,871.45 บาทต่อเดือน และ 658,457.40 บาทต่อปี

ทองพูน ทองดี และระพีพันธ์ ปิตาคะโส (2554) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและการมอบหมายเส้นทางแบบหลายลำดับขั้น หลายต้นกำเนิดและหลายจุดประสงค์ โดยรูปแบบการขนส่งจะเป็นแบบหลายลำดับขั้น ด้วยการพิจารณาการขนส่งวัตถุดิบจากหลายต้นกำเนิด คือ ชานอ้อยและกากมันไปยังโรงงานผลิตเอทานอล และการขนส่งเอทานอลจากโรงงานผลิดไปยังคลังน้ำมัน เพื่อที่จะนำเอทานอลไปผสมกับน้ำมันเบนซินเป็นแก๊สโซฮอล์ ซึ่งทำการศึกษาโดยคัดเลือกจากการวิเคราะห์ปัจจัยการเลือกทำเลที่ตั้งโรงงาน ด้วยวิธีการให้คะแนน (Rating plan) และเลือกโรงงานที่ได้คะแนนมากสุดใน 5 อันดับ เมื่อรวบรวมข้อมูลจนครบสมบูรณ์แล้ว ข้อมูลทั้งหมดจะนำไปใช้ในการประมวลผลด้วยซอฟท์แวร์สำเร็จรูป LINGO 11.0 ตามตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในรูปของกำหนดการเชิงเส้นที่เป็นจำนวนเต็ม (Integer linear programming) ซึ่งผลการทดสอบพบว่า บริษัท เคไอเอทานอล จำกัด จังหวัดนครราชสีมา จะเปิดรับกากมันอย่างเดียวมาผลิดเป็นเอทานอล และบริษัท เพโทรกรีน จำกัด (กาฬสินธุ์) จังหวัด กาฬสินธุ์ จะเปิดรับทั้งชานอ้อยและกากมันมาผลิดเป็นเอทานอล

นภัสวรรณ เรือนเพ็ชร์ (2552) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาระบบการขนส่งและเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายน้ำมัน ซึ่งทำการศึกษาโดยเทคนิคการหาศูนย์กลางการขนส่ง (Center of gravity technique) และเทคนิคการหาระยะทางร่วมกับค่าขนส่ง (Load distance technique) จากนั้นจึงนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบต้นทุนการขนส่ง โดยพิจารณาจากระยะทาง และระยะเวลาในการตอบสนองความต้องการของลูกค้ากับระบบเดิมที่บริษัทใช้ ผลการทดสอบพบว่า

1. ด้านระยะทาง พบว่าระบบเดิมของบริษัท ระยะทางที่ใช้ในการขนส่งน้ำมันมากกว่าระบบที่พัฒนาขึ้น โดยวิธี Center of gravity ระยะทางลดลงจากระบบเดิม 27.88% และวิธี Load distance ระยะทางลดลงจากระบบเดิม 29.30% และพบว่า วิธี Load distance เหมาะกับจำนวนลูกค้ามาก (จำนวนเที่ยว) เพราะ ยิ่งจำนวนเที่ยวมากจะทำให้ค่าของระยะทางน้อยลง แต่ถ้าพื้นที่ใดมี

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

ลูกค้าจำนวนน้อย (จำนวนเที่ยว) วิธีที่เหมาะสม คือ วิธี Center of gravity เพราะวิธีนี้ไม่ได้นำจำนวนเที่ยวมาใช้ในการคำนวณ

2. ด้านระยะเวลา พบว่าระยะเวลาในการขนส่งน้ำมันระบบเดิมของบริษัทใช้เวลามากกว่าระบบที่พัฒนาขึ้น โดยระบบใหม่วิธี Center of gravity ระยะเวลาลดลงจากระบบเดิม 64.84% และวิธี Load distance ระยะเวลาลดลงจากระบบเดิม 56.67% จึงเห็นว่าการเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายน้ำมันด้วยวิธี Center of gravity และวิธี Load distance ผลลัพธ์ที่ได้ ระยะเวลาในการขนส่งใกล้เคียงกันทั้งสองวิธี

สุทิศา สรรพกิจไพศาล (2550) ได้ทำการวิจัยเรื่อง กรณีศึกษาการวิเคราะห์เลือกทำเลที่ตั้งคลังสินค้าสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตเยื่อกระดาษแห่งหนึ่ง พบว่า กระดาษเป็นสินค้า Make to stock และบริษัทได้วางแผนเพิ่มกำลังผลิตให้มากขึ้น ส่งผลให้คลังสินค้าที่มีอยู่ในปัจจุบันมีพื้นที่การจัดเก็บไม่เพียงพอ จึงทำให้บริษัทพิจารณาที่จะสร้างคลังสินค้าแห่งใหม่ ซึ่งในการศึกษาได้ใช้ทั้งการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ด้วยการสร้างแบบสอบถามและสัมภาษณ์โดยตรงจากผู้บริหาร เพื่อคัดเลือกปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้ง และการวิเคราะห์เชิงปริมาณ ด้วยการวิเคราห์ระยะทางกับภาระงาน (Load distance: LD) และการวิเคราะห์ทางการเงิน ซึ่งประกอบด้วย ระยะเวลาคืนทุน (Payback) มูลค่าปัจจุบัน (NPV) และอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (IRR) แล้วจึงทำการให้คะแนนแบบช่วงมาตรวัดทัศนคติของลิเคอร์ท (Likert scale) ที่เรียกว่าวิธีการประเมินแบบรวมค่า (Method of summated rating) เพื่อลดปัญหาความลำเอียง ผลการทดสอบพบว่า จากการให้คะแนนหรือน้ำหนักของแต่ละปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงไปจะมีผลต่อการตัดสินใจ และสามารถสรุปได้ว่า จังหวัดนครราชสีมา เป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมที่สุดด้วยคะแนน Location rating factor ที่ 81.14

365512

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการวิจัยนี้ เป็นการศึกษาปัจจัยที่สำคัญต่อการเลือกทำเลที่ตั้งของ Coal center และวิเคราะห์เลือกทำเลที่ตั้งของ Coal center ที่เหมาะสมกับการดำเนินการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดที่ตั้งขึ้นในภาคใต้จำนวน 4 โรง และภาคเหนือจำนวน 1 โรง รวมถึงเป็นการศึกษาแนวทางการนำเข้าถ่านหินเพื่อใช้ในโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดผ่าน Coal center โดยจัดทำแบบสอบถามเพื่อปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเลือกทำเลที่ตั้ง วิเคราะห์แนวทางการนำเข้าถ่านหินด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และวิเคราะห์เลือกทำเลที่ตั้งของ Coal center ด้วยเทคนิค Location rating factor: LRF

การศึกษาปัจจัยที่สำคัญต่อการเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์สำรองถ่านหิน

การศึกษาปัจจัยที่สำคัญต่อการเลือกทำเลที่ตั้งของ Coal center โดยการสัมภาษณ์โดยตรงจากผู้บริหาร และผู้มีประสบการณ์ในการพิจารณาโครงการต่าง ๆ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเลือกที่ตั้งของ Coal center โดยใช้แบบสอบถามที่กำหนดให้ผู้ประเมินบ่งชี้ระดับความสำคัญทั้ง 17 ปัจจัย ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ด้านดังที่กำหนดความสำคัญของแต่ละปัจจัยด้วยระดับสเกลดังต่อไปนี้

1 หมายถึง มีความสำคัญระดับน้อยที่สุด

2 หมายถึง มีความสำคัญน้อย

3 หมายถึง มีความสำคัญปานกลาง

4 หมายถึง มีความสำคัญมาก

5 หมายถึง มีความสำคัญมากที่สุด

แบบสอบถามที่ใช้ในการประเมินดังแสดงในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ปัจจัยที่สำคัญต่อการเลือกทำเลที่ตั้งของ Coal center

ลำดับ	ปัจจัยที่ต้องพิจารณาต่อ Coal center	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
		5	4	3	2	1
ด้านการขนส่ง						
1	ระยะทางจากแหล่งถ่านหินถึง Coal center					
2	การขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางเรือ					
3	การขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางรถ					
4	การขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางรถไฟ					
5	การวิเคราะห์ระยะทางกับภาระงานจาก Coal center ถึงโรงไฟฟ้า (ระยะทาง x น้ำหนักถ่านหินที่ใช้)					
ด้านทรัพยากรการผลิต						
6	แรงงานและค่าจ้าง					
7	ระบบสาธารณูปโภคพื้นฐาน					
8	ความพร้อมด้านที่ดิน					
ด้านสภาพแวดล้อม						
9	การยอมรับของชุมชน					
10	กฎหมายที่เกี่ยวข้อง					
11	การแข่งขันทางธุรกิจ					
12	สิ่งแวดล้อมรอบ Coal center					
13	ภัยพิบัติและก่อการร้าย					
ด้านเศรษฐศาสตร์						
14	ระยะเวลาคืนทุน (PB)					

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

ลำดับ	ปัจจัยที่ต้องพิจารณาต่อ Coal center	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
		5	4	3	2	1
15	มูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ (NPV) (ผลตอบแทนเมื่อเทียบในปีปัจจุบัน)					
16	อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (IRR) (เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยค่าตอบแทนจากการลงทุน)					
17	อื่น ๆ					

นำแบบสอบถามให้ผู้บริหารและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานด้านถ่านหินจำนวนทั้งหมด 15 คน ทำการประเมิน เพื่อทราบระดับน้ำหนักในแต่ละปัจจัย

ในการคำนวณน้ำหนักของแต่ละปัจจัย ทำได้ดังนี้

กำหนดดัชนี (Indices)

i คือ ปัจจัยที่ถูกพิจารณา; i = 1, 2, 3,..., 17

j คือ ระดับความสำคัญ; j = 1, 2, 3, 4 และ 5

กำหนดให้

f_{ij} คือ ความถี่ของปัจจัย i ที่ได้รับการประเมินความสำคัญระดับ j

U_j คือ คะแนนของระดับความสำคัญ j

สมการค่าน้ำหนัก

$$\text{ค่าน้ำหนัก } (W_i) = \frac{\sum_{j}^{h} fij.Uj}{\sum_{i}^{k}\sum_{j}^{h} fij.Uj}, \forall i = 1,2,\ldots, 17 \qquad (3\text{-}1)$$

การวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งและแนวทางการนำเข้าถ่านหินด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ มีส่วนประกอบที่ต้องพิจารณา คือ

1. ข้อมูลตัวแปรคงที่ และข้อจำกัดต่าง ๆ
2. สมการเชิงเส้นตรงทางคณิตศาสตร์

1. โครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดของ กฟผ.

ตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (PDP 2015 ฉบับร่าง) และแผนงานสำหรับโรงไฟฟ้าแม่เมาะ รวมทั้งสิ้น 5,800 MW ซึ่งประมาณการความต้องการถ่านหินรวมทั้งสิ้น ล้านตันต่อปี ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 โครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558 (PDP 2015 ฉบับร่าง)

ปี พ.ศ.	ชื่อโครงการ	ขนาดกำลังผลิต (MW)	ความต้องการใช้ถ่านหินเบื้องต้น (ล้านตัน/ ปี/ โรง)
2562	รฟ. กระบี่	800	2.7
2564	รฟ. เทพาเครื่องที่ 2	1,000	3.5
2565	รฟ. เทพาเครื่องที่ 3	1,000	3.5
2569	รฟ. ทดแทนแม่เมาะ	1,200	3
2570	ภาคใต้ เครื่องที่ 4	900	3
2572	ภาคใต้ เครื่องที่ 5	900	3

โรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดจะใช้ถ่านหินซับบิทูมินัส ซึ่งมีค่าความร้อนประมาณ 5,000 kcal/kg, gar (Gross calorific value) โดย รฟ. กระบี่ ซึ่งเป็นโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดโรงแรกของแผน PDP 2015 ฉบับร่าง และตั้งอยู่ฝั่งอันดามันจะนำเข้าถ่านหินโดยตรงจากประเทศอินโดนีเซีย ในขณะที่โรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดในส่วนที่เหลือจะตั้งอยู่ฝั่งอ่าวไทย และมีแผนที่จะใช้ถ่านหินนำเข้าจากหลากหลายประเทศผ่าน Coal center เพื่อบริหารความเสี่ยงของอุปทานถ่านหิน โดยมีรายละเอียดสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาด ดังนี้

1.1 โรงไฟฟ้าเทพาจำนวน 2 โรง ซึ่งตั้งอยู่ที่ อำเภอเทพา จังหวัดสงขลา

1.2 โรงไฟฟ้าเครื่องที่ 4 และ 5 มีแผนที่จะก่อสร้างที่ อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช

1.3 โรงไฟฟ้าทดแทนแม่เมาะ ตั้งอยู่ที่อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

2. แหล่งถ่านหินนำเข้าจากต่างประเทศ

แหล่งถ่านหินเบื้องต้นที่มีความเหมาะสมสำหรับโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาด ที่ได้ศึกษาไว้มีอยู่ 3 ประเทศ ซึ่งมีคุณสมบัติดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 แหล่งถ่านหินเบื้องต้นที่มีความเหมาะสมสำหรับโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาด

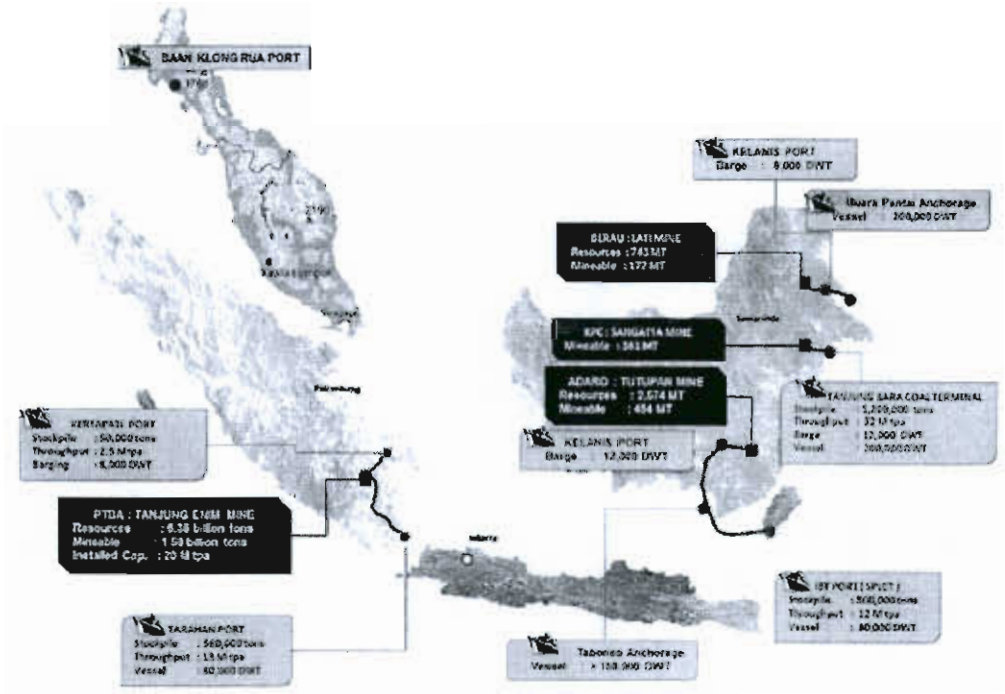
ลำดับ	ประเทศ	คุณสมบัติ
1	คุณสมบัติถ่านหินประเทศอินโดนีเซีย	
	ค่าความร้อน	4,050-6,000 kcal/kg, gar
	ค่ากำมะถัน	0.1-0.99 %, ar[1]
	ค่าขี้เถ้า	2.33-13.19 %, ad[2]
	ค่าความชื้น	11-30 %, ar
2	คุณสมบัติถ่านหินประเทศออสเตรเลีย	คุณสมบัติ
	ค่าความร้อน	5,290-6,070 kcal/kg, gar
	ค่ากำมะถัน	0.4-0.56 %, ar
	ค่าขี้เถ้า	7.2-13.51 %, ad
	ค่าความชื้น	11-18.5 %, ar
3	คุณสมบัติถ่านหินประเทศแอฟริกา	คุณสมบัติ
	ค่าความร้อน	5,980-6,140 kcal/kg, gar
	ค่ากำมะถัน	0.75-0.84 %, ar
	ค่าขี้เถ้า	13.6-15.00 %, ad
	ค่าความชื้น	8.5-8.9 %, ar

หมายเหตุ: ar[1] หมายถึง as received basis

Ad[2] หมายถึง air dried basis

2.1 แหล่งถ่านหินประเทศอินโดนีเซีย

ประเทศอินโดนีเซีย เป็นประเทศที่มีศักยภาพในการผลิตถ่านหิน และมีระยะทางใกล้มากที่สุดเมื่อเทียบกับประเทศออสเตรเลีย และแอฟริกาใต้ ทำให้มีผู้ผลิตถ่านหินจำนวนมาก ซึ่งจะมีผู้ผลิตและจุดขนถ่ายถ่านหินที่มีความเหมาะสม ดังภาพที่ 3-1 จำนวน 4 บริษัท โดยมีรายละเอียดท่าเรือส่งออกถ่านหิน ดังนี้



ภาพที่ 3-1 แหล่งถ่านหินที่มีศักยภาพและท่าเรือส่งออกถ่านหินในประเทศอินโดนีเซีย

2.1.1 บริษัท PT. Bulk Asam (PTBA)

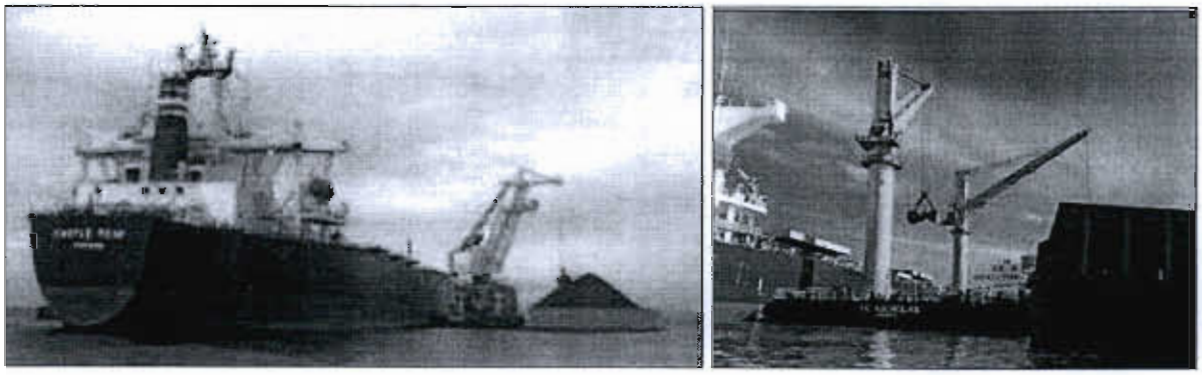
PTBA ตั้งอยู่บนเกาะสุมาตราใต้ ซึ่งประกอบไปด้วยเหมืองถ่านหิน จำนวน 9 เหมือง โดยจะลำเลียงถ่านหินด้วยรถไฟไปยังท่าเรือ Tarahan เพื่อส่งออกถ่านหินไปยังภายในประเทศและต่างประเทศ โดยสามารถรับเรือสูงสุดที่ขนาด 80,000 DWT ภายใต้ข้อจำกัดเรือ LOA = 229 m, Beam = 32.25 m และ Draft = 15 m. ด้วยกำลังการขนถ่ายประมาณ 25, 000-30,000 tpd

2.1.2 บริษัท PT Adaro

Adaro ตั้งอยู่ที่จังหวัดกาลิมันตันใต้ ดำเนินการลานกอง และขนถ่านถ่านหินส่งออก ซึ่งจะทำได้ 2 วิธีหลัก ดังนี้

2.1.2.1 ส่งออกโดยตรงด้วยเรือ Barge ขนาดเฉลี่ย 10,000–12,000 DWT จากท่าเรือ Kalanis ซึ่งส่วนใหญ่เป็นตลาดภายในประเทศ ด้วยอัตรา 2,000 tph คิดเป็นสัดส่วนประมาณ 20%

2.1.2.2 ส่งออกที่จุดขนถ่ายถ่านหินน้ำลึก Taboneo anchorage ซึ่งอยู่ที่ปากอ่าวทะเล โดยเรือ Barge จะขนส่งถ่านหินสู่เรือเดินสมุทรขนาดใหญ่ดั้งแต่ panama จนถึง capsize ด้วยกำลังการขนถ่าย 15,000-30,000 tpd โดยเครนขนถ่ายลอยน้ำ หรือกำลังการขนถ่าย 10,000-15,000 tpd ด้วยอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนเรือเดินสมุทร คิดเป็นสัดส่วนประมาณ 80% ดังภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 ท่าเรือส่งออกน้ำลึกของบริษัท PT Adaro

2.1.3 PT Kaltim Prima Coal (KPC)

PT Kaltim Prima Coal ตั้งอยู่ที่จังหวัดกาลิมันตันตะวันออก โดยส่งออกถ่านหินบริเวณท่าเรือ Tanjung bara ที่มีความยาวถึง 17.25 m สู่เรือเดินสมุทรถึงขนาด Capesize ด้วยเครื่องขนถ่ายจำนวน 2 เครื่อง ที่กำลังการขนถ่าย เครื่องละ 4,700 tpd

2.1.4 PT Berau Coal

PT Berau Coal ตั้งอยู่ที่จังหวัดกาลิมันตันตะวันออก ส่งออกถ่านหินจากท่าเรือในลุ่มน้ำลาติ ด้วยเรือ Barge ขนาด 8,000 DWT เนื่องจากข้อจำกัดความลึกร่องน้ำ และขนถ่ายถ่านหินสู่เรือเดินสมุทรถึงขนาด Capesize ที่จุดขนถ่ายกลางทะเล Muara pantai anchorage บริเวณทะเลสุลาเวสี ด้วยกำลังการขนถ่าย 18,000-40,000 tpd ด้วยเครนขนถ่ายลอยน้ำ หรือกำลังการขนถ่าย และด้วยกำลังการขนถ่าย 10,000-12,000 tpd ด้วยอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนเรือเดินสมุทร

2.2 แหล่งถ่านหินประเทศออสเตรเลีย

ประเทศออสเตรเลียมีปริมาณถ่านหินสำรอง และกำลังการส่งออกถ่านหินที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับประเทศอินโดนีเซีย และแอฟริกาใต้ แต่มีระยะทางมาประเทศไทย ที่ไกลกว่าประเทศ

อินโดนีเซีย แม้ว่าเส้นทางการเดินเรือมายังประเทศไทยที่สั้นที่สุดจะต้องผ่านช่องแคบ Torres ซึ่งมีความลึกร่องน้ำเพียง 12.2 m. ซึ่งทำให้เรือที่มีขนาดใหญ่กว่า Panamax ไม่สามารถผ่านช่องแคบนี้ได้ แต่สามารถใช้เส้นทางผ่านชายฝั่งของปาปัวนิวกินีได้ ทั้งนี้มีท่าเรือส่งออกถ่านหินที่สำคัญจำนวน 2 ท่าเรือ ดังนี้

2.2.1 Kooragang coal terminal

ท่าเรือ Kooragang coal terminal เป็นท่าเรือส่งของถ่านหินที่มีความสำคัญ และเป็นส่วนหนึ่งในท่าเรือ Newcastle ซึ่งตั้งอยู่ในเมือง Newcastle รัฐ New South Wales ประเทศออสเตรเลียเป็นศูนย์ส่งออกถ่านหินที่มีขนาดใหญ่ที่สุดของออสเตรเลีย โดยเริ่มดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2342 ดังภาพที่ 3-4 และมีข้อมูลทางเทคนิค ดังตารางที่ 3-4

ภาพที่ 3-3 ท่าเรือทั้งหมดของท่าเรือ Newcastle

ตารางที่ 3-4 ข้อมูลทางเทคนิคของ Kooragang coal terminal

Item	Detail
Coal Receive	3 × 6,600 tph rail capacity
Coal Storage	2 × 2.5 kilometres × 56 metres
	1 × 1.0 kilometres × 56 metres
	3,500,000 tonnes capacity
	3,000,000 tonnes working capacity
	5 × 6,000 tph stacking capacity
Coal Loading	3 × 8,000 tph reclaiming capacity
	3 × 10,500 tph ship loading capacity
Vessel Capacity	180,000 t max DWT
	300 metres max length
	50 metres max beam

2.2.2 ท่าเรือ Clinton coal whaef

ท่าเรือ Clinton coal whaef เป็นท่าเรือส่งของถ่านหินที่มีความสำคัญ และเป็นส่วนหนึ่งในท่าเรือ Gladstone ตั้งอยู่เมือง Gladstone รัฐ Queensland เป็นท่าเรือที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในออสเตรเลียและเป็นศูนย์ส่งออกถ่านหินอันดับที่ 4 ของโลก ด้วยกำลังการส่งออกทั้งสิ้น 98 ล้านตันต่อปี ซึ่งประกอบด้วยถ่านหินถึง 70 ล้านตันต่อปี ถ่านหินส่วนใหญ่จะขนส่งที่ท่าเรือ Clinton coal Whaef ซึ่งสามารถรองรับเรือที่มีขนาดถึง 200,000 DWT ภายใต้ข้อจำกัดเรือ LOA = 315 m, Beam = 55 m และ Draft = 17 m. ด้วยกำลังการขนถ่ายเครื่องละ 6,000 tpd จำนวน 3 เครื่อง

2.3 แหล่งถ่านหินประเทศแอฟริกาใต้

ประเทศแอฟริกาใต้มีถ่านหินอยู่จำนวนมาก ประกอบกับคุณสมบัติของถ่านหินมีความเหมาะสมกับโรงไฟฟ้าสะอาดที่จะก่อสร้างในอนาคต อีกทั้งมีท่าเรือ Richards bay ซึ่งเป็นท่าเรือที่มีขนาดใหญ่ที่สุดของประเทศในการส่งออกถ่านหิน จนในปัจจุบันมีขนาดใหญ่ที่สุดของโลก และสามารถรับเรือขนาดใหญ่ถึง Capsize โดยมีกำลังการส่งออกถึง 91 ล้านตันต่อปี มีเครื่องขนถ่ายถ่านหิน 4 เครื่อง โดย 2 เครื่องแรกมีกำลังการขนถ่ายเครื่องละ 8,500 tph และ 2 เครื่องที่เหลือมีกำลังการขนถ่ายเครื่องละ 10,000 tph ดังภาพที่ 3-4

ภาพที่ 3-4 บริเวณท่าเรือ Richards bay

3. พาหนะในการขนส่งถ่านหินทางทะเล

การนำเข้าถ่านหิน จะใช้เรือขนส่งนำเข้าถ่านหินจากประเทศต้นทางมายังศูนย์สำรองถ่านหิน ทั้งนี้ เรือที่ใช้ในการขนส่งถ่านหินนั้น มีหลายขนาดขึ้นอยู่กับความจุของลำเรือที่จะสามารถบรรทุกถ่านหินได้ ซึ่งเรือเดินทะเลที่จะนำมาขนส่งถ่านหินนำเข้าจะเป็นเรือบรรทุกสินค้าลานกอง (Bulk carrier) มีรายละเอียดดังนี้

3.1 เรือลากจูง (Tug and barge) คือ เรือขนาดเล็ก ท้องแบน ทำการออกแบบและสร้างง่ายโดยทั่วไปมีขนาดต่ำกว่า 10,000 DWT และใช้เรือในการลากจูง นิยมใช้ในการขนส่งตามแม่น้ำหรือทะเลน้ำตื้น สามารถเดินเรือลอดใต้สะพานและเดินเรือในพื้นที่ร่องน้ำตื้นได้ ดังภาพที่ 3-5

ข้อมูลเชิงเทคนิคของเรือลากจูง (Tug and barge) ที่ใช้ในการขนส่งถ่านหินภายในประเทศอินโดนีเซีย ที่มีขนาดเหมาะสมในการนำมาใช้ขนส่งถ่านหินภายในประเทศไทย ดังตารางที่ 3-5

ภาพที่ 3-5 ตัวอย่างเรือลากจูง (Tug and barge)

ตารางที่ 3-5 ข้อมูลทางเทคนิคของเรือลากจูง (Tug and barge)

Cargo capacity	LOA	Beam	Loaded draft	Tug's draft
	(m)	(m)	(m)	(m)
8,000	100	25.6	4.88	3.5
10,000	100.6	27.5	5.1	3.5
12,000	111	28	5.5	3.8

3.2 เรือ Self propelled barge (SPB) คือ เรือที่มีขนาดใกล้เคียงกับเรือลากจูง แตกต่างกันที่ SPB มีเครื่องยนต์ภายในตัว จึงสามารถขับเคลื่อนด้วยตนเองได้ รวมถึงส่วนมากจะกินน้ำลึกกว่าเรือลากจูง (Tug and barge) ดังภาพที่ 3-7

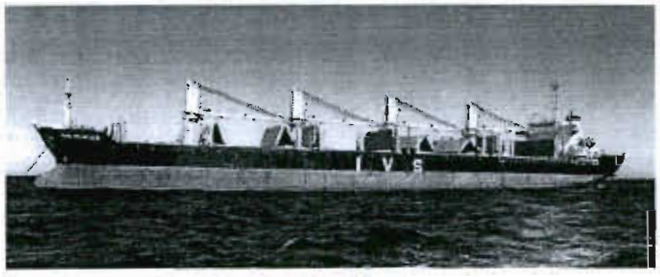
ข้อมูลเชิงเทคนิคของเรือ Self propelled barge (SPB) ที่ใช้ในการขนส่งถ่านหินในประเทศอินโดนีเซีย ที่มีขนาดเหมาะสมในการนำมาใช้ขนส่งถ่านหินภายในประเทศไทย ดังตารางที่ 3-6

ภาพที่ 3-6 ตัวอย่างเรือ Self propelled barge (SPB)

ตารางที่ 3-6 ข้อมูลเชิงเทคนิคของเรือ Self propelled barge (SPB)

Cargo capacity	LOA	Beam	Draft
	(m)	(m)	(m)
10,000	103	26	5.5
13,000	128	26	5.7

3.3 เรือ Handysize คือ เรือที่มีขนาด 10,000-35,000 DWT นิยมใช้เดินเรือสำหรับสินค้าลานกอง มีความยืดหยุ่นสูงเนื่องจาก มีขนาดที่สามารถเข้าได้เกือบทุกท่าเรือ และส่วนใหญ่มีอุปกรณ์ขนถ่ายติดตั้งอยู่บนเรือ (Geared) ทำให้สามารถขนสินค้าขึ้นและลงจากเรือได้เอง ดังภาพที่ 3-8



ภาพที่ 3-7 ตัวอย่างเรือขนาดเรือ Handysize

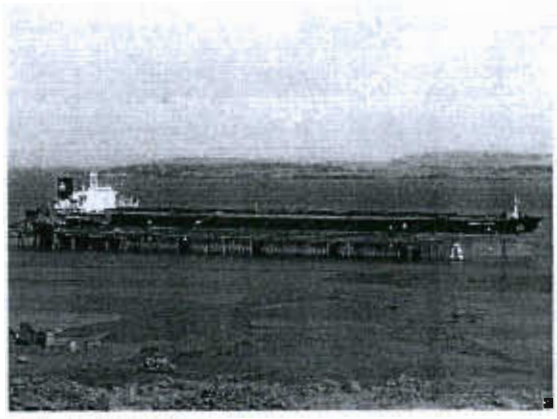
3.4 เรือ Supramax/ Handymax คือ เรือที่มีขนาด 45,000-59,000 DWT โดยทั่วไปมีความยาว 150 ถึง 200 เมตร และมีช่องใส่ถ่านหิน 5 ช่อง รวมทั้งมีเครนติดตั้งอยู่ 4 ตัว ดังภาพที่ 3-9

ภาพที่ 3-8 ตัวอย่างเรือขนาดเรือ Supramax/ Handymax

3.5 เรือ Panamax คือ เรือขนาดกลางที่มีขนาด 60,000-80,000 DWT ซึ่งถูกออกแบบให้มีขนาดสูงสุดที่สามารถแล่นผ่านช่องแคบพานามาได้ โดยมีข้อจำกัดในความปลอดภัยของเรือ ให้ความยาว (LOA) อยู่ที่ 294.13 เมตร ความกว้าง (Width) อยู่ที่ 32.31 เมตร และความลึกกินน้ำ (Draft) 12.04 เมตร ดังภาพที่ 3-10

ภาพที่ 3-9 ตัวอย่างเรือขนาดเรือ Panamax

3.6 เรือ Capesize คือ เรือขนาดใหญ่ที่มีขนาด 80,000-200,000 DWT ไม่สามารถแล่นผ่านคลองสุเอชและช่องแคบพานามาได้ จึงต้องใช้เส้นทางผ่านแหลมกู๊ดโฮป ทางตอนใต้ของทวีปแอฟริกาแทน ในการแล่นผ่านทะเลระหว่างมหาสมุทรแอตแลนติกส์กับมหาสมุทรอินเดีย ทั้งนี้เนื่องด้วยขนาดที่ใหญ่จึงมีท่าเรือไม่มากที่สามารถรองรับเรือชนิดนี้ได้ ดังภาพที่ 3-11



ภาพที่ 3-10 ตัวอย่างเรือขนาดเรือ Capesize

ข้อมูลเชิงเทคนิคของเรือเดินสมุทรเชิงพาณิชย์ในตลาดเรือระดับสากลในปัจจุบัน จะมีความแตกต่างกัน ซึ่งจะประกอบด้วยข้อมูลที่สำคัญ คือ ขนาดในการบรรทุก (DWT) อายุโดยเฉลี่ย (ปี) ความกว้างสูงสุดของเรือ (Beam) ความยาวเรือ (LOA) การกินน้ำลึก (Draft) ความจุของระวางสินค้าของเรือเดินสมุทร (Grain) และเปอร์เซ็นต์ของเรือเดินสมุทรที่มีอุปกรณ์ขนถ่ายถ่านหินที่ติดตั้งไว้บนเรือ ดังตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3-7 ข้อมูลทางเทคนิคของเรือเดินสมุทรในแต่ละชนิด

Fleet by dwt sector	Avg. Size/Age		Speed/Consumption		LOA	Beam	Draft	Grain	Geared
	(DWT)	(Year)	(Knot)	(t/day)	(m)	(m)	(m)	(CBM)	(%)
Avg. Handysize	28,339	11.8	13.9	23.6	169.5	26.3	9.8	36,854	86
Avg. Supramax	52,841	8.1	14.3	30.6	191.6	32	12.2	68,042	94
Avg. Panamax	78,809	8.4	14.2	34.5	227.3	33.4	14	93364	4
Avg. Capesize	187,458	7.2	14.7	59.4	292.8	46.9	18	189,740	0

จากตารางที่ 3-7 แสดงให้เห็นว่าตลาดในปัจจุบัน แบ่งชนิดของเรือออกตามน้ำหนักการบรรทุก ซึ่งจะไปสอดคล้องกับการออกแบบขนาดเรือตามมาตรฐานรองรับ โดยมีปัจจัยที่สำคัญดังนี้

1. Dead weight tonnage: DWT คือ ผลรวมของน้ำหนักต่าง ๆ ที่เรือบรรทุก ในขณะที่เรือกินน้ำลึกตามที่ได้ออกแบบไว้ ได้แก่ น้ำหนักของสินค้า เชื้อเพลิง ลูกเรือ เครื่องยนต์ ฯลฯ

2. Year คือ จำนวนปีที่เรือดำเนินการจนถึงปัจจุบัน

3. Speed/ Consumption คือ ความเร็วในการเดินเรือ (นอต) และอัตราการใช้เชื้อเพลิงในการเดินเรือ (ตัน/ วัน)

4. ขนาด (Dimensions) จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ (ภาคผนวก ข) คือ

4.1 Length overall (LOA) คือ ความยาวของเรือวัดขนานไปกับระดับน้ำจากปลายสุดของหัวเรือไปยังปลายสุดท้ายเรือ เป็นค่าที่นิยมใช้บอกขนาดของเรือ

4.2 Length at the waterline (LWL) คือ ความยาวของเรือวัดที่ตำแหน่งระดับน้ำจากด้านฝั่งหัวเรือไปสุดเส้นด้านฝั่งท้ายเรือ ในตำแหน่งที่เรืออยู่ในสภาวะบรรทุกน้ำหนัก (Defined loaded condition) ความยาว LWL นี้มีความสำคัญต่อการกำหนดคุณลักษณะของตัวเรือ เป็นปัจจัยที่กำหนดความเร็วเรือ แรงเสียดทาน และแรงต้าน

4.3 Length between perpendiculars (LBP or LPP) คือ ความยาวของเรือวัดจากเส้นตั้งฉากจากตำแหน่งหัวเรือที่ตัดกับแนวน้ำ ไปยังเส้นตั้งฉากจากตำแหน่งท้ายเรือส่วนปลายหางเสือ ในขณะที่เรืออยู่ในสภาวะบรรทุก

4.4 Beam or breadth or width คือ ความกว้างสูงสุดของเรือ โดยวัดความกว้างของเรือที่แนวระดับน้ำปกติ

4.5 Depth or moulded depth คือ ความสูงของเรือวัดจากจุดสูงสุดจนถึงจุดต่ำสุดของเรือ

4.6 Draft คือ การวัดขนาดจากจุดล่างสุดของเรือขึ้นมาถึงเส้น Water line ขนาดการกินน้ำลึก เป็นตัวเลขที่บ่งบอกหรือกำหนดขนาดการบรรทุกเพื่อวัดความลึกของเรือ เช่น เมื่อเรือบรรทุกสินค้าเต็ม (Full load) จะมีขนาดกินน้ำลึกเท่าใด หรือ ถ้าเรือไม่บรรทุกอะไรเลย (Light load) จะมีขนาดกินน้ำลึกเท่าใด เป็นต้น

4.7 Freeboard เป็นความแตกต่างของค่า Depth และ Draft

4.8 Grain คือ ปริมาตรห้องบรรทุกสินค้า (ลูกบาศก์เมตร)

4.9 Geraed คือ อุปกรณ์ขนถ่ายที่ติดตั้งอยู่บนเรือ (สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของเรือชนิดนั้น ๆ ที่มีอุปกรณ์ขนถ่ายที่ติดตั้งอยู่บนเรือ)

การแบ่งขนาดเรือเดินสมุทร ประเภทสินค้าลานกอง ดังที่กล่าวข้างต้น ส่งผลต่อค่าบริการจ้างเหมาเรือที่แตกต่างกันไป ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3-8

ตารางที่ 3-8 ค่าเช่าเหมาลำ 1 เที่ยว (ไป-กลับ) โดยเฉลี่ยตามชนิดของเรือในปี พ.ศ. 2558

ชนิดเรือ	ค่าเช่า (usd/ day)
Handysize	5,032
Supramax	6,181
Panamax	4,949
Capesize	5,010

4. ศูนย์สำรองถ่านหิน Coal center

ศูนย์สำรองถ่านหิน มีหน้าที่ในการสำรองและกระจายถ่านหินนำเข้า ไปยังโรงไฟฟ้าถ่านหินตามความต้องการผลิตไฟฟ้า โดยตำแหน่งที่ถูกพิจารณาในการสร้างศูนย์สำรองถ่านหิน จะอยู่บริเวณอ่าวไทย และเป็นพื้นที่ติดทะเลเนื่องจากการขนส่งถ่านหินนำเข้าด้วยเรือเดินสมุทร และอยู่ในบริเวณตั้งของโรงไฟฟ้าถ่านหินภาคใต้ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ถูกพิจารณามี 3 แห่ง ดังภาพที่ 3-12

ภาพที่ 3-11 สถานที่ที่ถูกพิจารณาในการสร้างศูนย์สำรองถ่านหิน

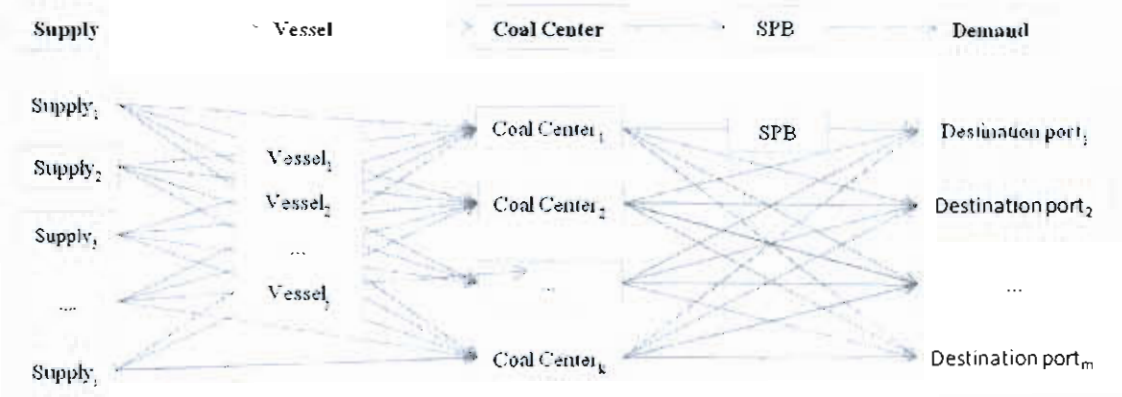
4.1 ตำแหน่งที่ 1 (13°08'43.8"N 100°48'05.0"E) เป็นตำแหน่งที่มีกิจกรรมการขนถ่ายถ่านหินกลางทะเล โดยบริษัทเอกชน อยู่แล้ว

4.2 ตำแหน่งที่ 2 (13°09'22.2"N 100°52'55.4"E) กฟผ. ถือครองกรรมสิทธิ์ในที่ดินส่วนนี้

4.3 ตำแหน่งที่ 3 (7°47'48.5"N 101°46'29.3"E) อยู่บริเวณอ่าวไทย นอกชายฝั่งบริเวณอำเภอเทพา จังหวัดสงขลา บริเวณน่านน้ำภายในประเทศ

5. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

งานวิจัยนี้นำเสนอแบบจำลองเชิงเส้น เพื่อใช้ในการกำหนดการขนส่งถ่านหิน ที่ทำให้ต้นทุนเกิดขึ้นต่ำที่สุดโดยจะเลือกทำเลที่ตั้งของ Coal center ที่มีต้นทุนการดำเนินงานรวมน้อยที่สุด (Minimization) โดยเรือเดินสมุทร (Vessel) จะบรรทุกถ่านหินจากท่าเรือส่งออกถ่านหิน (Supply) มายัง Coal center จากนั้นเรือ Self propelled barge (SPB) จะขนส่งถ่านหินไปยังท่าเรือของโรงไฟฟ้า (Destination port) ตามความต้องการของโรงไฟฟ้านั้น ๆ ดังภาพที่ 3-12



ภาพที่ 3-12 แนวทางการขนส่งตั้งแต่ต้นทางจนถึงท่าเทียบเรือของโรงไฟฟ้า

และเขียนเป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์เชิงเส้น สำหรับการเลือกทำเลที่ตั้ง ได้ดังนี้

กำหนดดัชนี (Indices)

i คือ แหล่งถ่านหินต้นทาง; i = 1, 2, 3, ..., o

j คือ ชนิดของเรือเดินสมุทร; j = 1, 2, 3, ..., p

k คือ ศูนย์สำรองถ่านหิน; k = 1, 2, 3, ..., u

m คือ ท่าเทียบเรือของโรงไฟฟ้า; m = 1, 2, 3, ..., n

ตัวแปรที่ทราบค่า (Parameter)

C_{ijk} คือ ต้นทุนขนส่งถ่านหินนำเข้าจากแหล่ง i ด้วยเรือชนิด j ไปยังศูนย์สำรองถ่านหิน k (usd)

D_m คือ ความต้องการถ่านหินของโรงไฟฟ้า m ตลอดอายุโครงการ (t)

Q_m คือ ปริมาณถ่านหินนำเข้าทั้งหมดที่ท่าเทียบเรือโรงไฟฟ้า m ได้รับ (t)

$Q_m = \frac{D_m}{\sum_m D_m} \cdot \sum_i \sum_j \sum_k Q_{ijk}$ สำหรับทุก i, k, m และ j ในเซต P ใด ๆ

C_{km} คือ ต้นทุนการขนส่งถ่านหินนำเข้าจากศูนย์สำรองถ่านหิน k ไปยังท่าเทียบเรือโรงไฟฟ้า m (usd)

V_j คือ ปริมาณถ่านหินสูงสุดที่เรือชนิด j สามารถบรรทุกได้ (t/ trip)

S_i คือ อัตราการขนถ่ายลงเรือเดินสมุทรจากท่าเรือส่งออก i (t/ day)

T คือ อายุตลอดโครงการ (day)

P_i คือ เซตของชนิดเรือที่เป็นไปได้ของท่าเรือส่งออก i

R_{kjm} คือ จำนวนรอบของเรือในการขนส่งถ่านหินจากศูนย์สำรองถ่านหิน k ด้วยเรือชนิด j ไปยังท่าเทียบเรือโรงไฟฟ้า m (trip)

$R_{kjm} = \frac{Q_{km}}{V_j}$. สำหรับทุก k, m และ j ใด ๆ

ดัวแปรในการตัดสินใจ (Decision variables)

X_k คือ ศูนย์สำรองถ่านหิน k

$$X_k \begin{cases} 1 & \text{ถ้าเลือกที่ตั้งศูนย์สำรองถ่านหิน k} \\ 0 & \text{ถ้าไม่ใช่} \end{cases}$$

R_{ijk} คือ จำนวนรอบของเรือในการนำเข้าถ่านหินจากแหล่ง i ด้วยเรือชนิด j ไปยังศูนย์สำรองถ่านหิน k (trip)

Q_{ijk} คือ ปริมาณถ่านหินนำเข้าจากแหล่ง i ด้วยเรือชนิด j ไปยังศูนย์สำรองถ่านหิน k (t)

โดย $Q_{ijk} = R_{ijk} . V_j X_k$, $\forall$j ในเซต Pi

สมการเป้าหมาย (Objection function)

Minimize Y = ต้นทุนการนำเข้าถ่านหินจากต่างประเทศ + ต้นทุนการขนส่งภายในประเทศ

โดย

ต้นทุนการนำเข้าถ่านหินจากต่างประเทศ = $\sum_{i}^{o}\sum_{j\in Pi}\sum_{k}^{u} Q_{ijk}.C_{ijk}$, $\forall$j ในเซต Pi

ต้นทุนการขนส่งภายในประเทศ = $\sum_{k}^{u}\sum_{m}^{n} Q_{km}.C_{km}$

$$\text{Minimize } Y = \sum_{i}^{o}\sum_{j\in Pi}\sum_{k}^{u} Q_{ijk}.C_{ijk} + \sum_{k}^{u}\sum_{m}^{n} Q_{km}.C_{km} \quad (3\text{-}2)$$

สมการข้อจำกัด (Constraints)

$$\sum_{i}^{o}\sum_{k}^{u} Q_{ik} \geq \sum_{m}^{n} D_m \quad (3\text{-}3)$$

$$\text{โดย } Q_{ik} = \sum_{j\in Pi} Q_{ijk} \quad (3\text{-}4)$$

$$\sum_{i}^{o}\sum_{k}^{u} Q_{ik} \leq S_i.T \quad (3\text{-}5)$$

$X_k = 0,1$

$R_{ijk} \geq 0$, และเป็นจำนวนเต็ม

$R_{kjm} \geq 0$, และเป็นจำนวนเต็ม

แบบจำลองเชิงเส้นนี้ เป็นแบบจำลองของปัญหาการขนส่ง (Transportation model) โดยมีเป้าหมายในการดำเนินการที่ต่ำที่สุด ที่ประกอบไปด้วยต้นทุนการนำเข้าถ่านหินจากต่างประเทศซึ่งมาจากจำนวนถ่านหินนำเข้า (Q_{ijk}) คูณด้วยต้นทุนขนส่งถ่านหินนำเข้าจากแหล่ง i ด้วยเรือชนิด j ไปยังศูนย์สำรองถ่านหิน k และต้นทุนในการขนส่งภายในประเทศไปยังโรงไฟฟ้า ซึ่งมาจากจำนวนถ่านหินนำเข้า (Q_{ik}) คูณด้วยต้นทุนการขนส่งถ่านหินนำเข้าจากศูนย์สำรองถ่านหิน k ไปยังท่าเทียบเรือโรงไฟฟ้า m ดังสมการที่ 3-2 ภายใต้เงื่อนไขที่ ปริมาณถ่านหินนำเข้ารวมจากแหล่ง i ด้วยเรือชนิด j ที่อยู่ในเซต P_i ไปยังศูนย์สำรองถ่านหิน k (Q_{ijk}) ต้องมากกว่าหรือเท่ากับความต้องการรวมของถ่านหินของโรงไฟฟ้า (D_m) ตลอดอายุโครงการ ดังสมการที่ 3-3 โดยจำนวนถ่านหินนำเข้า จะมีปริมาณเท่ากับปริมาณทั้งหมดของถ่านหินที่ถูกขนส่งด้วยเซตของชนิดเรือที่เป็นไปได้ของท่าเรือส่งออก i ดังสมการที่ 3-4 และปริมาณถ่านหินนำเข้ารวมจากแหล่ง i ด้วยเรือชนิด j ที่อยู่ในเซต P_i ไปยังศูนย์สำรองถ่านหิน k (Q_{ijk}) ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ อัตราการขนถ่ายถ่านหินลงเรือเดินสมุทรจากแหล่ง i (S_i) คูณกับอายุตลอดโครงการ (T) ดังสมการที่ 3-5

ทั้งนี้จะให้สมมติฐานว่า ถ่านหินจะเป็นราคา Free on board (FOB) และมีราคาเท่ากันในทุกแหล่งถ่านหินนำเข้า จึงไม่ถูกรวมเข้าไปในแบบจำลองคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ มีความจำเป็นต้องใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ เพื่อการวิเคราะห์หาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลที่มีความสำคัญ ดังนี้

แหล่งถ่านหินต้นทาง

แหล่งถ่านหินนำเข้าที่มีศักยภาพ ที่ตรงตามความต้องการของโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาด จะพิจารณาจาก 3 ประเทศ คือ อินโดนีเซีย ออสเตรเลีย และแอฟริกาใต้ ซึ่งจะส่งออกจากท่าเรือที่มีความเหมาะสม ทั้งหมด 9 แห่ง ดังตารางที่ 3-9

ตารางที่ 3-9 ข้อมูลท่าเรือส่งออกถ่านหิน

ประเทศ	ท่าเรือ	ข้อจำกัดขนาดเรือ (DWT)	Loading rate (t/ day)
อินโดนีเซีย	Tarahan port	80,000	25,000
	Taboneo anchorage 1	55,000	10,000
	Taboneo anchorage 2	200,000	20,000
	Tanjung bara coal terminal	200,000	9,400
	Muara pantal anchorage 1	55,000	10,000
	Muara pantal anchorage 2	200,000	20,000
ออสเตรเลีย	Kooragang coal terminal	180,000	30,000
	Clinton coal wharf	200,000	30,000
แอฟริกาใต้	Richards bay	200,000	34,000

ขนส่งถ่านหินด้วยเรือเดินสมุทร

เรือเดินสมุทรที่นำมาขนส่งถ่านหินมีทั้งหมด 4 ชนิด ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ดังตารางที่ 3-10

ตารางที่ 3-10 ข้อมูลเชิงเทคนิคของเรือเดินสมุทร

Vessel		Avg Handysize	Avg Supramax	Avg Panamax	Avg Capesize
ขนาดความจุ (DWT)	≤	28,339	52,841	78,809	187,458
อายุโดยเฉลี่ย	year	11.8	8.1	8.4	7.2
ความเร็วเรือ	knot	13.9	14.30	14.20	14.70
อัตราใช้น้ำมันเชื้อเพลิง	t/day	23.6	30.60	34.50	59.40
ความลึก	m	10	12.2	14	18
Grain	CBM	36,854	68,042	93,364	189,740
ค่าเช่าเรือ	usd/ day	5,032	6,181	4,949	5,010
Stowage Factor (Cubic meter: CMB)		1.36	1.36	1.36	1.36
Loadable MT. by stowage factor		27,099	50,031	68,650	139,515
น้ำหนักที่เรือบรรทุกได้ (t)		27,000	50,000	68,000	139,000

ระยะทางจากท่าเรือส่งออกถ่านหินต่างประเทศถึงศูนย์สำรองถ่านหินที่มีศักยภาพในประเทศไทยทั้ง 3 แห่ง ด้วยแนวเส้นทางการเดินเรือที่สั้นที่สุด ดังตารางที่ 3-11

ตารางที่ 3-11 ระยะทางตั้งแต่ท่าเรือส่งออกถ่านหินมายังศูนย์สำรองถ่านหิน

ท่าเรือส่งออกถ่านหิน	ระยะทางถึงปลายทาง (Nautical mile, nm)		
	Coal center 1	Coal center 2	Coal center 3
Tarahan port	1,304.00	1,306.16	977.32
Taboneo anchorage	1,424.95	1,427.11	1,098.27
Tanjung bara coal terminal (KPC)	1,683.05	1,685.21	1,500.54
Muara pantal anchorage	1,539.42	1,541.58	1,356.91
Kooragang caol terminal (torres[1])	4,894.71	4,896.87	4,568.03
Kooragang caol terminal (PNG[2])	4,992.98	4,995.14	4,810.48
Clinton coal wharf (torres)	4,188.98	4,191.14	3,862.31
Clinton coal wharf (PNG)	4,359.61	4,361.77	4,177.11
Richards bay	5,644.17	5,646.33	5,317.49

หมายเหตุ: (torres[1]) เส้นทางเดินเรือผ่านช่องแคบ torres

(PNG[2]) เส้นทางเดินเรือผ่านประเทศปาปัวนิวกินี

คุณสมบัติของศูนย์สำรองถ่านหินแต่ละแห่ง ที่สามารถรองรับเรือเดินสมุทร และความสามารถในการ Unload ถ่านหินนำเข้าขึ้นจากเรือเดินสมุทร อีกทั้ง Load ถ่านหินลงเรือ Self Propelled barge (SPC) เพื่อกระจายถ่านหินไปยังโรงไฟฟ้าตามที่ต้องการ ได้ดังตารางที่ 3-12

ตารางที่ 3-12 ข้อมูลเชิงเทคนิคในการขนถ่ายถ่านหินของศูนย์สำรองถ่านหิน

ข้อมูลเชิงเทคนิค	Coal center 1	Coal center 2	Coal center 3
ข้อจำกัดขนาดเรือ (DWT)	200,000	200,000	200,000
Loading rate (t/ day)	70,000	70,000	70,000
Unloading rate (t/ day)	70,000	70,000	70,000

เรือ Self propelled barge (SPC) มีความเหมาะสมในการดำเนินงานขนถ่ายถ่านหินในประเทศ เนื่องจาก

1. มีขนาดที่เหมาะสมกับข้อจำกัดของร่องน้ำบริเวณท่าเทียบเรือของโรงไฟฟ้าแต่ละแห่งที่มีร่องน้ำตื้น
2. ความคล่องตัวในการเดินเรือมากกว่าเรือลากจูง
3. มีเสถียรภาพในการเดินเรือ ท่ามกลางสภาวะอากาศทางทะเลมากกว่าเรือลากจูง
4. เดินเรือได้เร็วและมีประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงในการเดินเรือดีกว่าเรือลากจูง

คุณสมบัติของเรือ SPC ที่ใช้ในการลำเลียงถ่านหินนำเข้าจากศูนย์สำรองถ่านหินไปยังโรงไฟฟ้าแต่ละแหล่ง ซึ่งเป็นเรือที่ได้รับการออกแบบและต่อเรือขึ้นมาใหม่ ดังตารางที่ 3-13

ตารางที่ 3-13 คุณสมบัติของเรือ Barge ที่ใช้ในประเทศ

Self propelled barge (SPC)	
ขนาดความจุ (DWT)	13,000
ความเร็วเรือ (Knot)	9
อัตราใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (t/ day)	10.5
ความลึก (m)	5.5
Grain (Cubic meter; CBM)	14500
ค่าเช่าเรือ (usd/ day)	8,000
Stowage Factor (CBM)	1.36
Loadable MT. by Stowage Factor	10,662

ระยะทางจากศูนย์สำรองถ่านหินไปยังโรงไฟฟ้าแต่ละแห่ง ดังตารางที่ 3-14

ตารางที่ 3-14 ระยะทางจากศูนย์สำรองถ่านหินไปยังโรงไฟฟ้าแต่ละแห่ง

สถานที่	ท่าเรือแหลมฉบัง (nm)	ท่าเรือ รฟ. หัวไทร (nm)	ท่าเรือ รฟ. เทพา (nm)
Coal center 1	8.15	313.17	377.97
Coal center 2	6.70	315.33	380.67
Coal center 3	345.57	79.37	46.65

ท่าเทียบเรือของโรงไฟฟ้ามีคุณสมบัติที่สามารถรองรับเรือขนส่งถ่านหิน และความสามารถในการ Unload ถ่านหินนำเข้า จากเรือ SPC ดังตารางที่ 3-15

ตารางที่ 3-15 ข้อมูลเชิงเทคนิคในการขนส่งถ่านหินของท่าเรือโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาด

ข้อมูลเชิงเทคนิค	ท่าเรือแหลมฉบัง	รฟ. หัวไทร	รฟ. เทพา
ขนาดเรือ (DWT)	13,000	13,000	13,000
Unloading rate (t/ day)	11,000	22,000	26,000
ความต้องการ (t/ day)	9,091	18,182	21,212

ในการขนส่งครั้งนี้ใช้ค่าเวลาเผื่อในการเดินทางในทะเลและกิจกรรมในท่าเรือ ดังตารางที่ 3-16

ตารางที่ 3-16 เวลาเผื่อในการขนส่ง

เวลาเผื่อ	จำนวน (วัน)
From Coal Port to Coal Center	
Weather Allowance at Sea (day)	1.00
Free Time Allowance at Loading Port (day)	0.5
Weather Allowance at Loading Port (day)	0.5
Free Time Allowance at Discharge Port (day)	0.5
Weather Allowance at Discharge Port (day)	0.5
From Coal Center to Power Plant Port	
Free Time Allowance at Loading Port (day)	0.1
Weather Allowance at Loading Port (day)	0.1
Free Time Allowance at Discharge Port (day)	0.1
Weather Allowance at Discharge Port (day)	0.1

ค่าธรรมเนียมท่าเรือ คือ ค่าใช้ท่าเทียบเรือในการจอดเรือสินค้า เรือโดยสาร หรือเรืออื่น ๆ ค่าบริการพนักงานในการผูกและปลดเชือกเรือที่เข้าและออกจากที่จอดเรือ รวมทั้งการทำความสะอาดหน้าท่าเทียบเรือ โดยมีค่าธรรมเนียมท่าเรือในการขนส่งถ่านหินจากต่างประเทศดังตารางที่ 3-17 และค่าธรรมเนียมท่าเรือในการขนส่งถ่านหินในต่างประเทศ ดังตารางที่ 3-18

ตารางที่ 3-17 ค่าธรรมเนียมท่าเรือในการขนส่งถ่านหินจากต่างประเทศ

Fee	Tarahan port			Taboneo anchorage				Tanjung bara coal terminal				Muara pantal anchorage				Kooragang caol terminal				Clinton coal wharf				Richards bay			
	Handysize	Supramax	Panamax	Handysize	Supramax	Panamax	Capesize	Handysize	Supramax	Panamax	Capesize	Handysize	Supramax	Panamax	Capesize	Handysize	Supramax	Panamax	Capesize	Handysize	Supramax	Panamax	Capesize	Handysize	Supramax	Panamax	Capesize
From coal port to coal center																											
Coal port fee (usd)	5,800	7,000	8,600	5,800	7,000	8,600	14,000	20,000	27,000	30,000	38,000	18,000	25,000	28,000	36,000	35,000	50,000	70,000	86,000	35,000	50,000	70,000	86,000	34,000	42,000	50,000	58,000
Coal center port fee (usd)	6,000	8,000	10,000	6,000	8,000	10,000	12,000	6,000	8,000	10,000	12,000	6,000	8,000	10,000	12,000	6,000	8,000	10,000	12,000	6,000	8,000	10,000	12,000	6,000	8,000	10,000	12,000

หมายเหตุ: ค่าธรรมเนียมท่าเรือที่ Coal center เท่ากันทุกที่

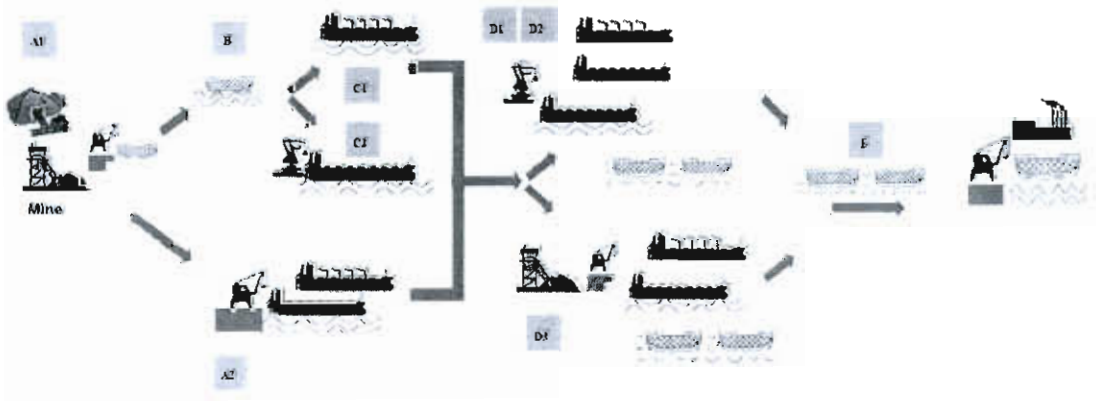
ตารางที่ 3-18 ค่าธรรมเนียมท่าเรือในการขนส่งถ่านหินในต่างประเทศ

สถานที่	ค่าธรรมเนียม (usd/ time)
Coal center port fee	6,000
Power plant port fee	6,000

หมายเหตุ: ค่าธรรมเนียมท่าเรือที่ Coal center และ Power plant เท่ากันทุกที่

ราคาน้ำมันเตาสำหรับเดินเรือ ใช้อ้างอิง ณ ช่วงสิ้นปี 2557 ที่ราคา 586.52 usd/ ton

ต้นทุนที่เกิดจากการขนส่งตั้งแต่การนำเข้าถ่านหินจนถึงการส่งถ่านหินไปยังท่าเทียบเรือของโรงไฟฟ้าแต่ละแห่ง แยกได้ตามกิจกรรมดังภาพที่ 3-14 โดยท่าเรือน้ำตื้น (A1) ส่วนใหญ่จะอยู่ใกล้กับบริเวณเหมืองถ่านหิน ในประเทศอินโดนีเซีย โดยถ่านหินจะถูกลำเลียงออกมายังจุดขนถ่ายกลางทะเลไปยังเรือเดินสมุทร (C1 & C2) ในขณะที่ท่าเรือน้ำลึก (A2) จะอยู่ที่ออสเตรเลีย แอฟริกาใต้ และบางแห่งในอินโดนีเซีย ซึ่งถ่านหินจะถูกลำเลียงมาจากเหมืองถ่านหินและลำเลียงลงเรือเดินสมุทรที่ท่าเทียบเรือนั้น ๆ จากนั้นเรือเดินสมุทรจะเดินทางมายังศูนย์กระจายถ่านหิน ซึ่งแบ่งออกเป็น บริเวณกลางทะเล (D1), (D2) และบนฝั่ง (D3) จากนั้นถ่านหินจะถูกลำเลียงไปยังโรงไฟฟ้าโดยเรือ Barge (E) ตามลำดับ ดังตารางที่ 3-19



ภาพที่ 3-13 กิจกรรมการขนส่งถ่านหินจากแหล่งถ่านหินจนถึงท่าเรือของโรงไฟฟ้า

ตารางที่ 3-19 ต้นทุนที่เกิดจากกิจกรรมการขนส่งถ่านหิน

บริเวณ		ต้นทุน
A1	ท่าเรือน้ำตื้น	ถ่านหินราคา FOB
		ค่าระวาง
A2	ท่าเรือน้ำลึก	ถ่านหินราคา FOB
		ค่าระวาง
B	ลำเลียงด้วยเรือ Barge	ค่าระวาง
C1	เรือเดินสมุทรที่มีอุปกรณ์ขนถ่ายติดตั้งอยู่	ค่าแรงงาน (Stevedoring)
		ค่าระวาง
C2	เรือเดินสมุทรที่ไม่มีอุปกรณ์ขนถ่ายติดตั้งอยู่ (Gearless)	ค่าแรงงาน (Stevedoring)
		ค่าลำเลียง (Transshipment)
		ค่าระวาง
D1	จุดขนถ่ายกลางทะเล สำหรับเรือมีอุปกรณ์ขนถ่ายติดตั้งอยู่ (Gear)	ค่าแรงงาน (Stevedoring)
		ค่าระวาง
D2	จุดขนถ่ายกลางทะเล สำหรับเรือไม่มีอุปกรณ์ขนถ่ายติดตั้งอยู่ (Gearless)	ค่าลำเลียง (transshipment)
		ค่าระวาง
D3	ท่าเรือของศูนย์สำรองถ่านหิน	ค่าแรงงาน (Stevedoring)
		ค่าขนส่งขึ้นจากเรือ (Unloading)
		ค่าระวาง
E	ลำเลียงด้วยเรือ Barge ขนาด 13,000 DWT	ค่าขนส่งลงเรือ (Loading)
		ค่าระวาง
		ค่าขนส่งขึ้นจากเรือ (Unloading)

โดยที่ต้นทุนในการดำเนินงานสามารถคิดได้ ดังนี้

1. ถ่านหินราคา Free on board (FOB) คือ ราคาถ่านหินรวมค่าขนถ่ายลงเรือ ตามสัญญา Incoterm

2. ค่าระวาง คือ ผลรวมของต้นทุนที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันตลอดการเดินเรือ (Fuel cost) ค่าเช่าเรือ (Charter) และค่าธรรมเนียมท่าเรือ (Port charge) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 Fuel cost = Consumption rate (t/ day) × Fuel price (usd/ t) × Time use (day)

โดย Time use = Loading time (day) + Unloading time (day) + Voyage time (day)

ซึ่ง Loading time = $\frac{Loading\ ability}{Loading\ rate}$ + Free time Allowance at loading Port + Weather allowance at loading Port

Unloading time = $\frac{Loading\ ability}{Unloading\ rate}$ + Free time Allowance at discharging port + Weather allowance at discharging port

Voyage time = $\frac{dis\tan ce(trip)}{velocity \times hour}$ + Weather allowance at sea

2.2 Charter = Time use (days) × Charter rate (usd/ day)

2.3 Port charge = Loading port fee (usd) + Discharge port fee (usd)

3. ค่าแรงงาน (Stevedoring) คือ ค่าแรงงานในการดำเนินการขนถ่าย หรือบรรทุกสินค้าขึ้นท่าหรือลงเรือ โดยเฉพาะเรือเดินสมุทรที่มีอุปกรณ์ขนถ่ายติดตั้งบนลำเรือ

4. ค่าลำเลียง (Transshipment) คือ ค่าดำเนินการขนถ่านถ่านหินขึ้นท่าเรือหรือลงเรือ โดยที่ใช้อุปกรณ์ที่ท่าเรือลอยน้ำ (Anchorage)

5. ค่าขนส่ง (Loading และ Unloading) คือ ค่าดำเนินการขนถ่ายถ่านหินจากท่าเรือลงสู่เรือ และนำถ่านหินขึ้นจากเรือสู่ท่าเรือตามลำดับ โดยใช้อุปกรณ์ขนถ่ายถ่านหินที่อยู่บนท่าเรือนั้น

6. เทคนิคการหาศูนย์กลางของการขนส่ง (Center of gravity technique)

เทคนิการหาศูนย์กลางของการขนส่ง (Center of gravity technique) เป็นเทคนิคเชิงปริมาณที่ใช้ในการคำนวณหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์สำรองถ่านหินเพียงแห่งเดียวตามระยะทางและปริมาณถ่านหินนำเข้าที่ต้องขนส่ง โดยเทคนิคนี้จะเป็นการออกแบบทำเลที่ตั้งที่เป็นศูนย์กลางในการขนส่งถ่านหินไปยังโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดตามที่กล่าวไว้ข้างต้น โดยได้แสดงพิกัดของโรงไฟฟ้าสะอาด ดังตารางที่ 3-20

สูตร $x = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i W_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i}$ (3-6)

$y = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i W_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i}$ (3-7)

กำหนดให้

x, y = จุดที่ตั้งของศูนย์สำรองถ่านหิน

x_i, y_i = จุดที่ตั้งของโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาด

W_i = ปริมาณถ่านหินรวมทั้งสิ้นตลอดจนสิ้นอายุโครงการโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาด

ตารางที่ 3-20 พิกัดของโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาด

โรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาด	พิกัด	พิกัดตามแนวแกน (x_i,y_i)
โรงไฟฟ้าแม่เมาะทดแทน	18°17'53.9"N 99°44'53.5"E	18.298314, 99.748205
โรงไฟฟ้าหัวไทร 1-2	8°02'20.8"N 100°20'12.8"E	7.953396, 100.329588
โรงไฟฟ้าเทพา 1-2	6°52'15.0"N 100°58'50.8"E	6.863166, 100.980389

การวิเคราะห์เพื่อเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์สำรองถ่านหิน ด้วยเทคนิค Location rating factor: LRF

การวิเคราะห์เพื่อเลือกทำเลที่ตั้งของ Coal center ด้วยเทคนิค Location rating factor: LRF เป็นการให้น้ำหนักของปัจจัยตามความสำคัญที่ได้จากการทำแบบสอบถาม จากผู้บริหารและผู้เกี่ยวข้อง จากนั้นทำการพิจารณาโดยให้คะแนนรายปัจจัยในแต่ละปัจจัยของแต่ละพื้นที่ที่พิจารณา แล้วจึงทำการรวบรวมผลคะแนนที่ได้จากค่าน้ำหนักคูณกับคะแนนรายปัจจัยของแต่ละพื้นที่ เลือกพื้นที่ที่ได้รับคะแนนสูงสุดเป็นทำเลที่ตัดสินใจเลือก

1. ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเลือกทำเลที่ตั้ง

ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเลือกทำเลที่ตั้ง สามารถแยกออกเป็นปัจจัยเชิงคุณภาพ และปัจจัยเชิงปริมาณ ดังนี้

1.1 ปัจจัยเชิงคุณภาพประกอบด้วย

1.1.1 การขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางเรือ

1.1.2 การขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางรถ

1.1.3 การขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางรถไฟ

1.1.4 แรงงานและค่าจ้าง

1.1.5 ระบบสาธารณูปโภคพื้นฐาน

1.1.6 ความพร้อมด้านที่ดิน

1.1.7 การยอมรับของชุมชน

1.1.8 กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

1.1.9 การแข่งขันทางธุรกิจ

1.1.10 สิ่งแวดล้อมรอบ Coal center

1.1.11 ภัยพิบัติและก่อการร้าย

1.2 ปัจจัยเชิงปริมาณประกอบด้วย

1.2.1 ระยะทางจากแหล่งถ่านหินถึง Coal center

1.2.2 การวิเคราะห์ระยะทางกับภาระงานจาก Coal center ถึงโรงไฟฟ้า (ระยะทาง x น้ำหนักถ่านหินที่ใช้) ซึ่งเป็นวิธีการเลือกทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมเพียงแห่งเดียวจากหลายทำเลที่ตั้ง และเป็นเทคนิคที่ใช้ในการคำนวณระยะทางของแต่ละทำเลคูณเข้ากับอัตราค่าขนส่งของแต่ละทำเล โดยมีวิธีคำนวณดังต่อไปนี้

$$LD = \sum_{m=1}^{n} l_m d_m \qquad (3\text{-}8)$$

เมื่อ

LD = มูลค่าการขนส่ง

l_m = น้ำหนักความต้องการถ่านหินของโรงไฟฟ้า m

d_m = ระยะทางระหว่าง Coal Center ไปยังท่าเรือของโรงไฟฟ้า m

ทั้งนี้ยังมิได้พิจารณาถึงอิทธิพลของปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากยังไม่มีความพร้อมด้านข้อมูลที่จำเป็นในการศึกษาปัจจัยดังกล่าว

2. การให้คะแนนรายปัจจัยในแต่ละปัจจัยของแต่ละพื้นที่ที่พิจารณา

พิจารณาโดยให้คะแนนรายปัจจัยในแต่ละปัจจัยของแต่ละพื้นที่ที่พิจารณา โดยกำหนดให้ช่วงคะแนนของแต่ละปัจจัยมีคะแนนเต็ม 100 คะแนน และทำการประเมินร่วมกับผู้เกี่ยวข้องระดับหัวหน้างาน ดังตารางที่ 3-21

ตารางที่ 3-21 การประเมินคะแนนรายปัจจัยของแต่ละพื้นที่

No.	ปัจจัยที่ต้องพิจารณา	Coal center 1	Coal center 2	Coal center 3
ด้านการขนส่ง				
1	ระยะทางจากแหล่งถ่านหินถึง Coal center			
2	การขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางเรือ			
3	การขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางรถ			
4	การขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางรถไฟ			
5	การวิเคราะห์ระยะทางกับภาระงานจาก Coal center ถึงโรงไฟฟ้า (ระยะทาง x น้ำหนักถ่านหินที่ใช้)			
ด้านทรัพยากรการผลิต				
6	แรงงานและค่าจ้าง			
7	ระบบสาธารณูปโภคพื้นฐาน			
8	ความพร้อมด้านที่ดิน			
ด้านสภาพแวดล้อม				
9	การยอมรับของชุมชน			
10	กฎหมายที่เกี่ยวข้อง			
11	การแข่งขันทางธุรกิจ			
12	สิ่งแวดล้อมรอบ Coal center			
13	ภัยพิบัติและก่อการร้าย			

3. ช่วงการให้คะแนนของแต่ละปัจจัย

ในการประเมินคะแนนของปัจจัยเชิงปริมาณและปัจจัยเชิงคุณภาพ จะใช้การกำหนดคะแนนแบบช่วงมาตรวัดทัศนคติของลิเคอร์ท (Likert scale) เพื่อลดปัญหาความลำเอียง (Bias) โดยพิจารณาการให้คะแนนแต่ละปัจจัย ทั้งนี้จะทำการให้คะแนนโดยใช้ค่ากลางของระดับคะแนนที่ได้สำหรับปัจจัยเชิงคุณภาพทุกปัจจัย ดังนี้

3.1 ระยะทางจากแหล่งถ่านหินถึง Coal center จะทำการประเมินคะแนนโดยใช้ผลของการคำนวณระยะทางรวมจากแหล่งถ่านหินถึง Coal center แต่ละแห่ง เทียบกับช่วงการให้คะแนน โดยระยะทางยิ่งไกลจะได้รับคะแนนยิ่งน้อยลง ดังตารางที่ 3-22

ตารางที่ 3-22 การให้คะแนนของระยะทางจากแหล่งถ่านหินถึง Coal center

Factor	Range	Score
Total distance	≥ 40,001 nm.	0
	30,001-40,000 nm.	25
	20,001-30,000 nm.	50
	10,001-20,000 nm.	75
	0-10,000 nm.	100

3.2 ปัจจัยด้านการขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางเรือ

3.3 ปัจจัยด้านการขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางรถ

3.4 ปัจจัยด้านการขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางรถไฟ

วิธีการขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้า จะมีเกณฑ์การให้คะแนนตามช่วงความสำคัญในแต่ละปัจจัย โดยประเมินจากการพิจารณาความเหมาะสมในการดำเนินการซึ่งจะคำนึงถึงการดำเนินการที่ทำให้เกิดต้นทุนต่ำที่สุด ความเป็นไปได้ในการดำเนินการ และความสะดวกในการดำเนินการขนส่งถ่านหินจาก Coal center ยังท่าเรือของโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาด ดังตารางที่ 3-23

ตารางที่ 3-23 การให้คะแนนของความเหมาะสมการดำเนินการ

ความเหมาะสมการดำเนินการ	ระดับคะแนน
น้อยที่สุด	1-20
น้อยมาก	21-40
ปานกลาง	41-60
ค่อนข้างมาก	61-80
มากที่สุด	81-100

3.5 การวิเคราะห์ระยะทางจากแหล่งถ่านหินถึงศูนย์สำรองถ่านหิน และระยะทางกับภาระงานจากศูนย์สำรองถ่านหินถึงโรงไฟฟ้า (ระยะทาง x น้ำหนักถ่านหินที่ใช้) จะทำการประเมินคะแนนโดยใช้ผลของการคำนวณ Load distance ได้ดังตารางที่ 3-24

ตารางที่ 3-24 การให้คะแนนของการคำนวณ Loading distance

Factor	Range	Score
Load distance	≥ 4,001 ล้าน	0
	3,001-4,000 ล้าน	25
	2,001-3,000 ล้าน	50
	1,001-2,000 ล้าน	75
	0-1,000 ล้าน	100

3.6 ปัจจัยด้านแรงงานและค่าจ้าง พิจารณาจากระดับการจัดหาแรงงานที่มีความยากง่ายแตกต่างกันและต้นทุนค่าแรงงานที่มีค่าแรงแตกต่างกัน ดังตารางที่ 3-25

ตารางที่ 3-25 การให้คะแนนของการจัดหาแรงงานและต้นทุนค่าแรงงาน

การจัดหาแรงงาน	ระดับคะแนน
หายากและค่าจ้างสูงที่สุด	1-20
ค่อนข้างหายากและค่าจ้างสูง	21-40
ปานกลาง	41-60
หาง่ายและถูกมาก	61-80
หาง่ายและถูกที่สุด	81-100

3.7 ปัจจัยด้านระบบสาธารณูปโภคพื้นฐาน พิจารณาจากความพร้อมใช้งานของระบบสาธารณูปโภคพื้นฐาน ซึ่งประกอบด้วยระบบไฟฟ้า น้ำประปา โทรศัพท์ การขนส่ง เป็นต้น โดยทั้งก่อนหน้าและระหว่างดำเนินการ Coal center ดังตารางที่ 3-26

ตารางที่ 3-26 การให้คะแนนของความพร้อมใช้งานด้านระบบสาธารณูปโภคพื้นฐาน

ความพร้อมใช้งาน	ระดับคะแนน
มีความพร้อมน้อยที่สุด	1-20
ค่อนข้างมีความพร้อมน้อย	21-40
มีความพร้อมปานกลาง	41-60
ค่อนข้างมีความพร้อมมาก	61-80
มีความพร้อมมากที่สุด	81-100

3.8 ปัจจัยความพร้อมด้านที่ดิน พิจารณาจากระดับความพร้อมในการบริหารจัดการและใช้สอยพื้นที่ Coal center ได้แน่นอน อีกทั้งมีอำนาจตัดสินใจเด็ดขาดบนที่ดินแปลงนั้น ๆ ดังตารางที่ 3-27

ตารางที่ 3-27 การให้คะแนนของความพร้อมด้านที่ดิน

ความพร้อมของที่ดิน	ระดับคะแนน
มีความพร้อมน้อยที่สุด	1-20
ค่อนข้างมีความพร้อมน้อย	21-40
มีความพร้อมปานกลาง	41-60
ค่อนข้างมีความพร้อมมาก	61-80
มีความพร้อมมากที่สุด	81-100

3.9 ปัจจัยด้านการยอมรับของชุมชน พิจารณาจากระดับความน่าจะเป็นของทัศนคติและการยอมรับของชุมชนต่อ Coal center ที่จะไปตั้งบริเวณนั้น ๆ ดังตารางที่ 3-28

ตารางที่ 3-28 การให้คะแนนของการยอมรับของชุมชน

ระดับการยอมรับของชุมชน	ระดับคะแนน
ยอมรับน้อยมาก	1-20
ค่อนข้างยอมรับน้อย	21-40
ปานกลาง	41-60
ค่อนข้างยอมรับมาก	61-80
ยอมรับมากที่สุด	81-100

3.10 ปัจจัยด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้อง พิจารณาจากผลกระทบของกฎหมายที่มีความเกี่ยวข้องด้วย เมื่อดำเนินกิจการ Coal Center ในพื้นที่นั้น ๆ ดังตารางที่ 3-29

ตารางที่ 3-29 การให้คะแนนของผลกระทบของกฎหมายที่มีความเกี่ยวข้อง

ผลกระทบของกฎหมาย	ระดับคะแนน
ผลกระทบมากที่สุด	1-20
ค่อนข้างมีผลกระทบมาก	21-40
ปานกลาง	41-60
ค่อนข้างมีผลกระทบน้อย	61-80
ผลกระทบน้อยที่สุด	81-100

3.11 ปัจจัยด้านการแข่งขันทางธุรกิจ พิจารณาจากระดับการแข่งขันของธุรกิจ Coal center ในพื้นที่นั้น ๆ ดังตารางที่ 3-30

ตารางที่ 3-30 การให้คะแนนของการแข่งขันของธุรกิจ Coal center

การแข่งขันทางธุรกิจ	ระดับคะแนน
รุนแรงมากที่สุด	1-20
ค่อนข้างรุนแรงมาก	21-40
ปานกลาง	41-60
ค่อนข้างรุนแรงน้อย	61-80
รุนแรงน้อยที่สุด	81-100

3.12 ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมรอบ Coal center พิจารณาจากระดับผลกระทบจาก Coal center ต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งรวมถึงการดำเนินชีวิตของชุมชน รอบบริเวณที่ตั้ง Coal Center นั้น ๆ ดังตารางที่ 3-31

ดารางที่ 3-31 การให้คะแนนของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรอบ Coal center

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	ระดับคะแนน
ผลกระทบมากที่สุด	1-20
ค่อนข้างมีผลกระทบมาก	21-40
ปานกลาง	41-60
ค่อนข้างมีผลกระทบน้อย	61-80
ผลกระทบน้อยที่สุด	81-100

3.13 ปัจจัยด้านภัยพิบัติและก่อการร้าย พิจารณาจากระดับความเสี่ยงในการเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติ และการก่อการร้ายจากผู้ไม่หวังดี ในพื้นที่ตั้ง Coal center ดังตารางที่ 3-32

ตารางที่ 3-32 การให้คะแนนของความเสี่ยงจากภัยพิบัติและก่อการร้าย

ระดับความเสี่ยง	ระดับคะแนน
ความเสี่ยงมากที่สุด	1-20
ค่อนข้างมีความเสี่ยงมาก	21-40
ความเสี่ยงปานกลาง	41-60
ค่อนข้างมีความเสี่ยงน้อย	61-80
ความเสี่ยงน้อยที่สุด	81-100

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์สำรองถ่านหินที่เหมาะสม มีผลการดำเนินงาน ดังนี้

1. ผลจากการทำแบบสอบถามของปัจจัยที่นำมาพิจารณาในการเลือกที่ตั้งศูนย์สำรองถ่านหิน

2. แนวทางการนำเข้าถ่านหินด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

3. ผลการวิเคราะห์เพื่อเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์สำรองถ่านหิน ด้วยเทคนิค Location rating factor: LRF

โดยมีรายละเอียดผลการดำเนินงานดังต่อไปนี้

ผลจากการทำแบบสอบถามของปัจจัยที่นำมาพิจารณาในการเลือกที่ตั้งศูนย์สำรองถ่านหิน

ผลจากการทำแบบสอบถามจากผู้บริหาร และผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง จำนวน 15 คน ได้ค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยดังต่อไปนี้

1. ด้านการขนส่ง

1.1 ระยะทางจากแหล่งถ่านหินถึงศูนย์สำรองถ่านหิน

ถ่านหินจะถูกนำเข้ามายังศูนย์สำรองถ่านหินโดยทางเรือเดินสมุทร โดยจะเลือกใช้เส้นทางการเดินเรือที่มีระยะทางสั้นที่สุด ซึ่งมีระยะทางและเส้นทางการเดินเรือดังตารางที่ 4-1 และตารางที่ 4-2 และจากการทำแบบสอบถาม ผู้บริหารและผู้เกี่ยวข้องได้ให้คะแนนความสำคัญของระยะทางจากแหล่งถ่านหินถึงศูนย์สำรองถ่านหิน คือ 0.0600 ตามสูตรการคำนวณในสมการที่ 3-1 ซึ่งแสดงตัวอย่างการคำนวณดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-1 ระยะทางจากท่าเรือถ่านหินต้นทางถึงศูนย์สำรองถ่านหิน

ท่าเรือต้นทาง	ระยะทางถึงปลายทาง (Nautical mile: nm)		
	Coal center 1	**Coal center 2**	**Coal center 3**
Tarahan port	1,304.00	1,306.16	977.32
Taboneo anchorage	1,424.95	1,427.11	1,098.27
KPC	1,683.05	1,685.21	1,500.54
Muara pantal anchorage	1,539.42	1,541.58	1,356.91
Kooragang caol terminal (Torres)	4,894.71	4,896.87	4,568.03
Clinton coal wharf (Torres)	4,188.98	4,191.14	3,862.31
Richards bay	5,644.17	5,646.33	5,317.49
Total possible distance	20,679.27	20,694.38	18,680.89
Likert scale (ตารางที่ 3-15)	25	25	50

ตารางที่ 4-2 เส้นทางการเดินเรือจากท่าเรือถ่านหินต้นทางมายังศูนย์สำรองถ่านหิน

ท่าเรือต้นทาง	เส้นทางเดินเรือ
Tarahan port	ผ่านตอนใต้ของเกาะสุมาตรา
Taboneo anchorage	ผ่านตอนใต้ของเกาะกาลิมันตัน
Tanjung bara coal terminal (KPC)	ผ่านตอนเหนือของเกาะกาลิมันตัน
Muara pantal anchorage	ผ่านตอนเหนือของเกาะกาลิมันตัน
Kooragang caol terminal (Torres)	ผ่านช่องแคบ Torres
Kooragang caol terminal (PNG)	ผ่านประเทศปาปัวนิวกินี
Clinton coal wharf (Torres)	ผ่านช่องแคบ Torres
Clinton coal wharf (PNG)	ผ่านประเทศปาปัวนิวกินี
Richards bay	ผ่านตอนใต้ของเกาะสุมาตรา

แสดงภาพรวมในการจัดหาถ่านหินนำเข้าจากต่างประเทศมายังศูนย์สำรองถ่านหิน และส่งถ่านหินไปยังท่าเรือของโรงไฟฟ้า ดังภาพที่ 4-1

โดย

หยดน้ำสีแดง คือ ท่าเรือของแหล่งถ่านหินนำเข้า

หยดน้ำสีเขียว คือ ท่าเทียบเรือของโรงไฟฟ้า

หยดน้ำสีเหลือง คือ ศูนย์สำรองถ่านหิน

หยดน้ำสีเทา คือ โรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาด

ภาพที่ 4-1 เส้นทางในการเดินเรือจากท่าเรือถ่านหินต้นทางมายังศูนย์สำรองถ่านหิน

ตารางที่ 4-3 ตัวอย่างการคำนวณคะแนนความสำคัญของแต่ละปัจจัย

No.	ปัจจัยที่ต้องพิจารณาต่อ	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	$\sum_{j=1}^{5} fij.Uj$	ค่าน้ำหนัก
	Coal center	**5**	**4**	**3**	**2**	**1**		**(W_i)**
ด้านการขนส่ง								
1	ระยะทางจากแหล่งถ่านหินถึง Coal center	3	8	4			59	0.0600
2	การขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางเรือ	8	6	1			67	0.0681
.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	
16	อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (IRR) (เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยค่าตอบแทนจากการลงทุน)	5	8	2			63	0.0640
17	อื่น ๆ							
รวม					$\sum_{i=1}^{17}\sum_{j=1}^{5} fij.Uj$		984	1

1.2 การขนส่งถ่านหินจากศูนย์สำรองถ่านหินไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางเรือ

การขนส่งจากศูนย์สำรองถ่านหินไปยังโรงไฟฟ้าจะใช้เรือ Self propelled barge ขนาด 13,000 DWT แต่จะขนส่งเที่ยวละ 10,000 ตัน เนื่องจากเป็นเรือที่มีความเหมาะสมกับความลึกร่องน้ำของท่าเทียบเรือแต่ละโรงไฟฟ้า จากการทำแบบสอบถาม ผู้บริหารและผู้เกี่ยวข้องได้ให้คะแนนความสำคัญในการขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางเรือ คือ 0.0681 มีระยะทางจากศูนย์สำรองถ่านหินไปยังท่าเรือของโรงไฟฟ้า ดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ระยะทางจากศูนย์สำรองถ่านหินไปยังท่าเทียบเรือโรงไฟฟ้า

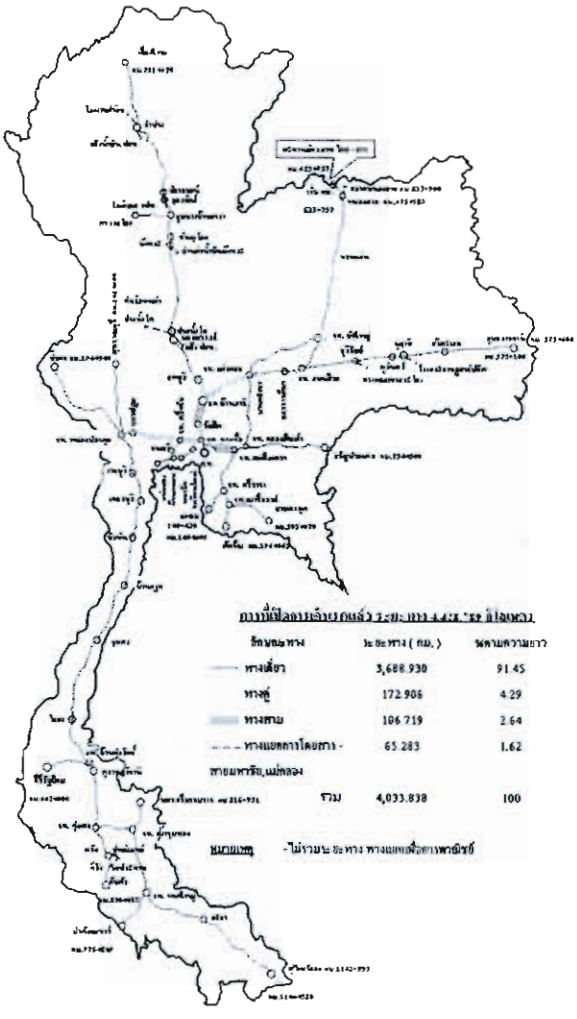
โครงการโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาด	ระยะทางเดินเรือ (Nautical mile: nm)		
	Coal center 1	Coal center 2	Coal center 3
รฟ. เทพาเครื่องที่ 2	377.97	380.67	46.65
รฟ. เทพาเครื่องที่ 3	377.97	380.67	46.65
ภาคใต้ เครื่องที่ 4	313.17	315.33	79.37
ภาคใต้ เครื่องที่ 5	313.17	315.33	79.37
รฟ. ทดแทนแม่เมาะ	8.15	6.70	345.57

1.3 การขนส่งถ่านหินจากศูนย์สำรองถ่านหินไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางรถ

ตามประกาศผู้อำนวยการทางหลวงชนบท รถบรรทุก ชนิดรถพ่วง สามารถบรรทุกน้ำหนักได้สูงสุดที่ 50.5 ตัน ทำให้ต้องใช้จำนวนรถบรรทุกจำนวนมาก ซึ่งจะเกิดต้นทุนสูง และเกิดปัญหากับชุมชนได้อีกทั้งศูนย์สำรองถ่านหินที่ไม่อยู่บนแผ่นดินจะเกิดต้นทุนซ้ำซ้อน เนื่องจากต้องทำการขนส่งถ่านหินขึ้นมาบนฝั่งอีกครั้ง จากการทำแบบสอบถาม ผู้บริหารและผู้เกี่ยวข้องได้ให้คะแนนความสำคัญในการขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางรถ คือ 0.0417

1.4 การขนส่งถ่านหินจากศูนย์สำรองถ่านหินไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางรถไฟ

การขนส่งทางรถไฟ สามารถขนส่งได้สูงสุดขบวนละ 800 ตัน ตามเส้นทางดังภาพที่ 4-2 แต่ยังมีข้อจำกัดในการเข้าถึงโรงไฟฟ้าหรือศูนย์สำรองถ่านหินที่ไม่มีหรือไม่สามารถเชื่อมต่อกับเส้นทางการเดินรถไฟ ทำให้เกิดต้นทุนในการขนลำเลียงซ้ำซ้อนเพื่อไปยังสถานีรถไฟ ทั้งนี้ ยังมีความเป็นไปได้ที่รัฐบาลจะมีโครงการสร้างรถไฟระบบรางคู่ ซึ่งจะทำให้การขนส่งถ่านหินด้วยรถไฟมีความเป็นไปได้สูงขึ้นจากการทำแบบสอบถาม ผู้บริหารและผู้เกี่ยวข้องได้ให้คะแนนความสำคัญในการขนส่งถ่านหินจาก Coal Center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางรถ คือ 0.0579



ภาพที่ 4-2 เส้นทางรถไฟ ปี พ.ศ. 2552

1.5 การวิเคราะห์ระยะทางกับภาระงานจากศูนย์สำรองถ่านหินถึงโรงไฟฟ้า (ระยะทาง x น้ำหนักถ่านหินที่ใช้)

ทำเลที่ตั้งที่มีความเหมาะสม คือ ที่ตั้งที่มีจากการคำนวณ Loading distance ต่ำที่สุด ซึ่งมีแนวโน้มที่จะทำให้เกิดต้นทุนต่ำที่สุด จากการทำแบบสอบถามผู้บริหาร และ**ผู้เกี่ยวข้อง**ได้ให้คะแนนความสำคัญในการวิเคราะห์ Loading distance คือ 0.0630 โดยผลที่ได้จากการวิเคราะห์ระยะทางกับภาระงานตามสมการที่ 3-8 และอ้างอิงการให้คะแนนจากตารางที่ 3-27 มีดังนี้

Coal center 1 = 2,251,580,000 = 50 คะแนน เนื่องจากค่า loading distance = 2,001-3,000 ล้าน

Coal center 2 = 2,255,500,000 = 50 คะแนน เนื่องจากค่า loading distance = 2,001-3,000 ล้าน

Coal center 3 = 998,780,000 = 100 คะแนน เนื่องจากค่า Loading distance = 0-1,000 ล้าน

2. ด้านทรัพยากรการผลิต

2.1 แรงงานและค่าจ้าง

สำหรับฝ่ายบริหารจะเป็นพนักงานของหน่วยงาน และในส่วนของฝ่ายปฏิบัติการโดยจะมีทั้งพนักงานขององค์การ และผู้รับเหมาภายนอก ซึ่งต้องมีผู้ปฏิบัติชำนาญการของหน่วยงานเป็นกำลังสำคัญทั้งนี้ได้คะแนนความสำคัญ คือ 0.0559

2.2 ระบบสาธารณูปโภคพื้นฐาน

ระบบสาธารณูปโภคพื้นฐานมีคะแนนความสำคัญ คือ 0.0661 โดยทำเลที่ตั้งศูนย์สำรองถ่านหินที่อยู่บนพื้นดินจะมีความพร้อมของระบบสาธารณูปโภคมากกว่าทำเลที่ตั้งศูนย์สำรองถ่านหินที่อยู่กลางทะเล

2.3 ความพร้อมด้านที่ดิน

ทำเลที่ตั้งศูนย์สำรองถ่านหินทั้ง 3 แห่ง มีเพียง 1 แห่งเท่านั้นที่ กฟผ. เป็นกรรมสิทธิ์ นอกจากนั้น กฟผ. ต้องดำเนินการเช่า ซื้อที่ดิน หรือวิธีการอื่นต่อไป โดยได้คะแนนความสำคัญ คือ 0.0681

2.4 การยอมรับของชุมชน

กฟผ. เป็นหน่วยงานของรัฐที่ให้ความสำคัญถึงการยอมรับของชุมชนเป็นอย่างมาก ซึ่งหากไม่ได้รับการเห็นชอบจากชุมชนแล้ว โครงการก็ไม่สามารถดำเนินการได้ อีกทั้งยังต้องการที่จะอยู่ร่วมกับชุมชนอย่างมีความสุขโดยได้คะแนนความสำคัญ คือ 0.0722

2.5 กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

ผู้บริหารให้ความสำคัญต่อกฎหมายที่เกี่ยวข้อง ซึ่งการดำเนินงานของศูนย์สำรองถ่านหินจะต้องไม่ขัดต่อหลักกฎหมายใด ๆ ทั้งสิ้น โดยได้คะแนนความสำคัญ คือ 0.0711

2.6 การแข่งขันทางธุรกิจ

ในปัจจุบันยังไม่มีศูนย์สำรองถ่านหินในประเทศไทย ประกอบกับโครงการศูนย์สำรองถ่านหินเป็นโครงการที่เกิดขึ้นได้ยาก เนื่องจากยังไม่มีผู้ประกอบการใดที่จะมีความต้องการถ่านหินในปริมาณมาก จึงเป็นเรื่องที่ท้าทายอย่างมาก สำหรับผู้ประกอบการที่จะเข้ามาดำเนินธุรกิจประเภทนี้ จึงได้คะแนนความสำคัญ คือ 0.0549

2.7 สิ่งแวดล้อมรอบศูนย์สำรองถ่านหิน

กฟผ. มีประสบการณ์ในการดำเนินงานโรงไฟฟ้าและเหมืองลิกไนต์ จึงมี

ความเชี่ยวชาญในการจัดการสิ่งแวดล้อมทั้งใน และนอกศูนย์สำรองถ่านหิน โดยได้คะแนนความสำคัญ คือ 0.0681

2.8 ภัยพิบัติและก่อการร้าย

พื้นที่ทั้ง 3 แห่ง ไม่ได้อยู่ในเขตพื้นที่เสี่ยงต่อความไม่สงบ มีเพียงจุดขนถ่ายกลางทะเลที่มีความเสี่ยงต่อภัยธรรมชาติมากที่สุด เนื่องจากไม่มีสถานที่ใดจะกำบังต่อภัยพิบัติได้ โดยได้คะแนนความสำคัญ คือ 0.0640

3. ด้านเศรษฐศาสตร์

3.1 ระยะเวลาคืนทุน (PB) คือ ระยะเวลาที่กิจการได้รับผลตอบแทนและคืนทุนได้ โดยได้คะแนนความสำคัญ คือ 0.0630

3.2 มูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ (NPV) (ผลตอบแทนเมื่อเทียบในปีปัจจุบัน) เป็นจำนวนเงินที่จ่ายหรือรับครั้งเดียว ณ เวลาปัจจุบันจากมูลค่าอนาคต โดยได้คะแนนความสำคัญ คือ 0.0620

3.3 อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (IRR) (เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยค่าตอบแทนจากการลงทุน) เป็นวิธีการหาอัตราส่วนลดหรืออัตราดอกเบี้ยที่จะนำไปปรับเงินสดที่ได้รับจากโครงการลงทุนให้มีค่าเป็นปัจจุบันเท่ากับกระแสเงินสดจ่ายออก หรือเงินลงทุนสุทธิโดยได้คะแนนความสำคัญ คือ 0.0640

สามารถสรุปค่าน้ำหนักของปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเลือกทำเลที่ตั้งได้ ดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 สรุปค่าน้ำหนักแต่ละปัจจัย

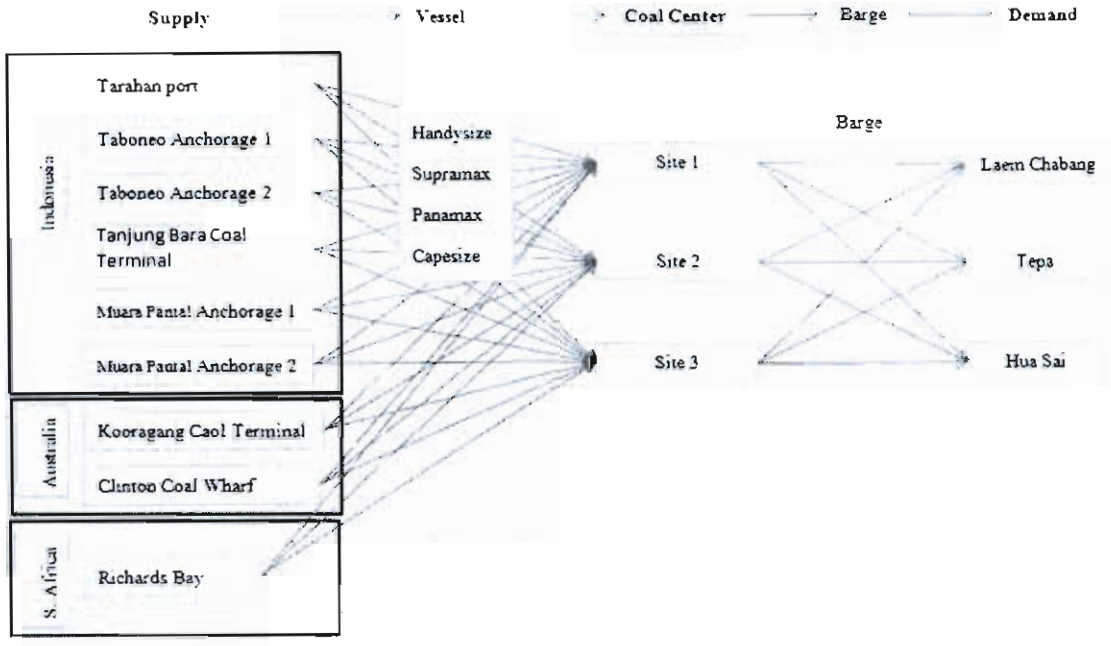
ลำดับ	ปัจจัยที่ต้องพิจารณาต่อ Coal center	ค่าน้ำหนัก
ด้านการขนส่ง		
1	ระยะทางจากแหล่งถ่านหินถึง Coal center	0.0600
2	การขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางเรือ	0.0681
3	การขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางรถ	0.0417
4	การขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางรถไฟ	0.0579
5	การวิเคราะห์ระยะทางกับภาระงานจาก Coal centerถึงโรงไฟฟ้า (ระยะทาง x น้ำหนักถ่านหินที่ใช้)	0.0630

ตารางที่ 4-5 (ต่อ)

ลำดับ	ปัจจัยที่ต้องพิจารณาต่อ Coal center	ค่าน้ำหนัก
ด้านทรัพยากรการผลิต		
6	แรงงานและค่าจ้าง	0.0559
7	ระบบสาธารณูปโภคพื้นฐาน	0.0661
8	ความพร้อมด้านที่ดิน	0.0681
ด้านสภาพแวดล้อม		
9	การยอมรับของชุมชน	0.0722
10	กฎหมายที่เกี่ยวข้อง	0.0711
11	การแข่งขันทางธุรกิจ	0.0549
12	สิ่งแวดล้อมรอบ Coal center	0.0681
13	ภัยพิบัติและก่อการร้าย	0.0640
ด้านเศรษฐศาสตร์		
14	ระยะเวลาคืนทุน (PB)	0.0630
15	มูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ (NPV) (ผลตอบแทนเมื่อเทียบในปีปัจจุบัน)	0.0620
16	อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (IRR) (เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยค่าตอบแทนจากการลงทุน)	0.0640
รวมทั้งสิ้น		1

แนวทางการนำเข้าถ่านหินด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การแก้ปัญหาด้วยวิธี Optimization ของต้นทุนการดำเนินการ โดยจะเลือกทำเลที่ตั้งที่มีต้นทุนการดำเนินงานที่น้อยที่สุด (Minimize) ซึ่งการขนส่งตั้งแต่ต้นทางจนถึงท่าเทียบเรือของโรงไฟฟ้านั้นสามารถเขียนเป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์เชิงเส้น สำหรับการเลือกทำเลที่ตั้งได้ดังภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-3 เส้นทางการขนส่งตั้งแต่ต้นทางจนถึงท่าเทียบเรือของโรงไฟฟ้า

กำหนดดัชนี (Indices)

i คือ แหล่งถ่านหินต้นทาง; i = 1, 2, 3, ...,9 (ตารางที่ 4-6)

ตารางที่ 4-6 แหล่งถ่านหินต้นทาง i

i	ท่าเรือ
1	Tarahan port
2	Taboneo anchorage 1
3	Taboneo anchorage 2
4	Tanjung bara coal terminal
5	Muara pantal anchorage 1
6	Muara pantal anchorage 2
7	Kooragang coal terminal
8	Clinton coal wharf
9	Richards bay

j คือ ชนิดของเรือเดินสมุทร; j = 1, 2, 3, 4 (ตารางที่ 4-7)

ตารางที่ 4-7 ชนิดของเรือเดินสมุทร j

j	เรือเดินสมุทร
1	Handymax
2	Supramax
3	Panamax
4	Capesize

m คือ ท่าเทียบเรือของโรงไฟฟ้า; m = 1, 2, 3 (ตารางที่ 4-8)

ตารางที่ 4-8 ท่าเทียบเรือของโรงไฟฟ้า

m	ท่าเทียบเรือของโรงไฟฟ้า
1	ท่าเรือแหลมฉบังเป็นท่าเรือของโรงไฟฟ้าแม่เมาะทดแทน
2	ท่าเรือหัวไทรเป็นท่าเรือของ รฟ. หัวไทร 1 และ 2
3	ท่าเรือเทพา เป็นท่าเรือของ รฟ. เทพา 1 และ 2

ตัวแปรที่ทราบค่า (Parameter)

C_{ijk} คือ ต้นทุนขนส่งถ่านหินนำเข้าจากแหล่ง i ด้วยเรือชนิด j ไปยังศูนย์สำรองถ่านหิน k (usd) ดังตารางที่ 4-9-ตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4-9 การคำนวณต้นทุนนำเข้าถ่านหินมายัง Coal center 1 (k = 1)

Coal center 1	Tarahan port			Taboneo anchorage				Tanjung bara coal terminal				Muara pantal anchorage				Kooragang caol terminal				Clinton coal wharf				Richards bay			
	Handysize	Supramax	Panamax	Handysize	Supramax	Panamax	Capesize	Handysize	Supramax	Panamax	Capesize	Handysize	Supramax	Panamax	Capesize	Handysize	Supramax	Panamax	Capesize	Handysize	Supramax	Panamax	Capesize	Handysize	Supramax	Panamax	Capesize
ค่าเรือระวางเรือบาร์จ (usd/ t)				4.6	4.6	4.6	4.6					4.2	4.2	4.2	4.2												
ค่าแรงงานการขนถ่าย (usd/ t)				1.5	1.5	0.2	0.2					1.5	1.5	0.2	0.2												
ค่าลำเลียง (usd/ t)						2	2							2	2												
ค่าระวางเรือเดินสมุทร (usd/ t)	9	6.7	5.6	10.7	8.5	6.1	5.9	11.3	8.4	7	6.5	11.6	9.2	6.6	6.3	25	17.5	14.3	11.6	22.1	15.5	13	10.5	28.1	19.4	15.4	12.3
ค่าแรงงานการขนถ่าย (usd/ t)	1.8	1.8		1.8	1.8			1.8	1.8			1.8	1.8			1.8	1.8			1.8	1.8			1.8	1.8		
ค่าขนส่ง (usd/ t)			3			3	3			3	3			3	3			3	3			3	3			3	3
รวมต้นทุนการนำเข้าถ่านหิน (usd/ t)	10.8	8.5	8.6	18 6	16.4	15.9	15.7	13.1	10.2	10	9.5	19.1	16.7	16	15.7	26.8	19.3	17.3	14.6	23.9	17.3	16	13.5	29.9	21.2	18.4	15.3

ตารางที่ 4-10 การคำนวณต้นทุนนำเข้าถ่านหินมายัง Coal center 2 (k = 2)

Coal center 2	Tarahan port			Taboneo anchorage				Tanjung bara coal terminal				Muara pantal anchorage				Kooragang caol terminal				Clinton coal wharf				Richards bay			
	Handysize	Supramax	Panamax	Handysize	Supramax	Panamax	Capesize	Handysize	Supramax	Panamax	Capesize	Handysize	Supramax	Panamax	Capesize	Handysize	Supramax	Panamax	Capesize	Handysize	Supramax	Panamax	Capesize	Handysize	Supramax	Panamax	Capesize
ค่าเรือระวางเรือบาร์จ (usd/ t)				4.6	4.6	4.6	4.6					4.2	4.2	4.2	4.2												
ค่าแรงงานการขนถ่าย (usd/ t)				1.5	1.5	0.2	0.2					1.5	1.5	0.2	0.2												
ค่าลำเลียง (usd/ t)						2	2							2	2												
ค่าระวางเรือเดินสมุทร (usd t)	9	6.7	5.6	10.7	8.5	6.1	5.9	11.3	8.4	7	6.5	11.6	9.2	6.6	6.3	25	17.5	14.3	11.6	22.1	15.5	13	10.6	28.1	19 4	15 4	12.3
ค่าแรงงานการขนถ่าย (usd/ t)	1.8	1.8		1.8	1.8			1.8	1.8			1.8	1.8			1.8	1.8			1.8	1.8			1.8	1.8		
ค่าขนส่ง (usd/ t)			3			3	3			3	3			3	3			3	3			3	3			3	3
รวมต้นทุนการนำเข้าถ่านหิน (usd/ t)	10.8	8.5	8.6	18 6	16 4	15.9	15.7	13.1	10.2	10	9.5	19 1	16.7	16	15.7	26.8	19.3	17.3	14.6	23.9	17.3	16	13.6	29.9	21.2	18.4	15.3

ตารางที่ 4-11 การคำนวณต้นทุนนำเข้าถ่านหินมายัง Coal center 3 (k = 3)

Coal center 3	Tarahan port			Taboneo anchorage				Tanjung bara coal terminal				Muara pantal anchorage				Kooragang caol terminal				Clinton coal wharf				Richards bay			
	Handysize	Supramax	Panamax	Handysize	Supramax	Panamax	Capesize	Handysize	Supramax	Panamax	Capesize	Handysize	Supramax	Panamax	Capesize	Handysize	Supramax	Panamax	Capesize	Handysize	Supramax	Panamax	Capesize	Handysize	Supramax	Panamax	Capesize
ค่าเรือระวางเรือบาร์จ (usd/ t)				4.6	4.6	4.6	4.6					4.2	4.2	4.2	4.2												
ค่าแรงงานการขนถ่าย (usd/ t)				1.5	1.5	0.2	0.2					1.5	1.5	0.2	0.2												
ค่าลำเลียง (usd/ t)						2	2							2	2												
ค่าระวางเรือเดินสมุทร (usd/ t)	7.7	5.8	4.9	9.3	7.6	5.4	5.4	10.6	7.9	6.6	6.2	10.8	8.7	6.2	6	23.7	16.6	13.9	11.3	20.7	14.6	12.6	10.3	26.7	18.5	14.7	11.7
ค่าแรงงานการขนถ่าย (usd/ t)	1.8	1.8		1.8	1.8			1.8	1.8			1.8	1.8			1.8	1.8			1.8	1.8			1.8	1.8		
ค่าขนส่ง (usd/ t)			3			3	3			3	3			3	3			3	3			3	3			3	3
รวมต้นทุนการนำเข้าถ่านหิน (usd/ t)	9.5	7.6	7.9	17.2	15.5	15.2	15.2	12.4	9.7	9.6	9.2	18.3	16.2	15.6	15.4	25.5	18.4	16.9	14.3	22.5	16.4	15.6	13.3	28.5	20.3	17.7	14.7

D_m คือ ความต้องการถ่านหินของโรงไฟฟ้า m ตลอดอายุโครงการ (t) ดังตารางที่ 4-12

ตารางที่ 4-12 ความต้องการถ่านหินของโรงไฟฟ้า m (t)

D_m	โรงไฟฟ้า	ปริมาณความต้องการ (t)
D_1	รฟ. แม่เมาะทดแทน	90,000,000
D_2	รฟ. หัวไทร 1 และ 2	180,000,000
D_3	รฟ. เทพา 1 และ 2	210,000,000

Q_m คือ ปริมาณถ่านหินนำเข้าทั้งหมดที่ท่าเทียบเรือโรงไฟฟ้า m ได้รับ (t)

$$Q_m = \frac{D_m}{\sum_m D_m} \cdot \sum_{i=1}^{9} \sum_{j \in Pi} \sum_{k=1}^{3} Q_{ijk} \quad \forall j \text{ ในเซต Pi}$$

จะได้

$$Q_1 = \frac{90,000,000}{480,000,000} \cdot \sum_{i=1}^{9} \sum_{j \in Pi} \sum_{k=1}^{3} Q_{ijk} \quad , \forall j \text{ ในเซต Pi}$$

$$Q_2 = \frac{180,000,000}{480,000,000} \cdot \sum_{i=1}^{9} \sum_{j \in Pi} \sum_{k=1}^{3} Q_{ijk} \quad , \forall j \text{ ในเซต Pi}$$

$$Q_3 = \frac{210,000,000}{480,000,000} \cdot \sum_{i=1}^{9} \sum_{j \in Pi} \sum_{k=1}^{3} Q_{ijk} \quad , \forall j \text{ ในเซต Pi}$$

C_{km} คือ ต้นทุนการขนส่งถ่านหินนำเข้าจากศูนย์สำรองถ่านหินk ไปยังท่าเทียบเรือโรงไฟฟ้า m (usd) ดังตารางที่ 4-13-ตารางที่ 4-15

ตารางที่ 4-13 การคำนวณต้นทุนการขนส่งถ่านหินภายในประเทศจาก Coal center1 (k=1)

ตารางที่ 4-13 การคำนวณต้นทุนการขนส่งถ่านหินภายในประเทศจาก Coal center1 (k=1)

Coal center 1	ท่าเรือโรงไฟฟ้า		
	แหลมฉบัง	รฟ. หัวไทร	รฟ. เทพา
การขนถ่าย (usd/ t)	3.00	3.00	3.00
ค่าเรือระวาง Barge (usd/ t)	3.36	6.72	7.47
การขนถ่าย (usd/ t)	3.00	3.00	3.00
รวมต้นทุนการขนส่งภายในประเทศ (usd/ t)	9.36	12.72	13.47

ตารางที่ 4-14 การคำนวณต้นทุนการขนส่งถ่านหินภายในประเทศจาก Coal center 2 (k=2)

Coal center 2	ท่าเรือโรงไฟฟ้า		
	แหลมฉบัง	รฟ. หัวไทร	รฟ. เทพา
การขนถ่าย (usd/ t)	3.00	3.00	3.00
ค่าเรือระวาง Barge (usd/ t)	3.34	6.75	7.50
การขนถ่าย (usd/ t)	3.00	3.00	3.00
รวมต้นทุนการขนส่งภายในประเทศ (usd/ t)	9.34	12.75	13.50

ตารางที่ 4-15 การคำนวณต้นทุนการขนส่งถ่านหินภายในประเทศจาก Coal center 3 (k=3)

Coal Center 3	ท่าเรือโรงไฟฟ้า m		
	แหลมฉบัง	รฟ. หัวหิน	รฟ. เทพา
การขนถ่าย (usd/ t)	3.00	3.00	3.00
ค่าเรือระวาง Barge (usd/ t)	7.79	3.65	3.12
การขนถ่าย (usd/ t)	3.00	3.00	3.00
รวมต้นทุนการขนส่งภายในประเทศ (usd/ t)	13.79	9.65	9.12

V_j คือ ปริมาณถ่านหินสูงสุดที่เรือชนิด j สามารถบรรทุกได้ (t/ trip) ดังตารางที่ 4-16

ตารางที่ 4-16 น้ำหนักสูงสุดที่เรือสามารถบรรทุกได้

V_j	เรือเดินสมุทร	น้ำหนักบรรทุก (t)
V_1	Handymax	27,000
V_2	Supramax	50,000
V_3	Panamax	68,000
V_4	Capesize	139,000
V_5	SPB	10,000

S_i คือ อัตราการขนถ่ายลงเรือเดินสมุทรจากแหล่ง i (t/ day) ดังตารางที่ 4-17

ตารางที่ 4-17 อัตราการขนถ่ายลงเรือเดินสมุทรจากแหล่ง i

Si	ท่าเรือ	Loading rate (t/ day)
S_1	Tarahan port	25,000
S_2	Taboneo anchorage 1	10,000
S_3	Taboneo anchorage 2	20,000
S_4	Tanjung bara coal terminal	9,400
S_5	Muara pantal anchorage 1	10,000
S_6	Muara pantal anchorage 2	20,000
S_7	Kooragang coal terminal	30,000
S_8	Clinton coal wharf	30,000
S_9	Richards bay	34,000

T คือ อายุตลอดโครงการ จำนวน 30 ปี โดยทำงาน 330 วัน/ ปี รวมทั้งสิ้นเป็น 9,900 วัน

P_i คือ เซตของชนิดเรือที่เป็นไปได้ของท่าเรือส่งออก i ดังตารางที่ 4-18

ตารางที่ 4-18 เซตของเรือที่เป็นไปได้ของท่าเรือส่งออก i

Pi	ท่าเรือ	Set Pi
P_1	Tarahan port	V_1, V_2, V_3
P_2	Taboneo anchorage 1	V_1, V_2
P_3	Taboneo anchorage 2	V_3, V_4
P_4	Tanjung bara coal terminal	V_1, V_2, V_3, V_4
P_5	Muara pantal anchorage 1	V_1, V_2
P_6	Muara pantal anchorage 2	V_3, V_4
P_7	Kooragang coal terminal	V_1, V_2, V_3, V_4
P_8	Clinton coal wharf	V_1, V_2, V_3, V_4
P_9	Richards bay	V_1, V_2, V_3, V_4

R_{kjm} คือ จำนวนรอบของเรือในการขนส่งถ่านหินจากศูนย์สำรองถ่านหิน k ด้วยเรือชนิด j ไปยังท่าเทียบเรือโรงไฟฟ้า m (trip)

$R_{kjm} = \frac{Q_{km}}{V_5}$. ; k = 1, 2, 3 และ m = 1, 2, 3

ตัวแปรในการตัดสินใจ (Decision variables)

k คือ ศูนย์สำรองถ่านหิน; k = 1, 2, 3

ตารางที่ 4-19 ศูนย์สำรองถ่านหิน k

k	ศูนย์สำรองถ่านหิน
1	Coal center 1
2	Coal center 2
3	Coal center 3

$X_k \begin{cases} 1 \text{ ถ้าเลือกที่ตั้งศูนย์สำรองถ่านหิน k} \\ 0 \text{ ถ้าไม่ใช่} \end{cases}$

R_{ijk} คือ จำนวนรอบของเรือในนำเข้าถ่านหินจากแหล่ง i ด้วยเรือชนิด j ไปยังศูนย์สำรองถ่านหิน k (trip)

Q_{ijk} คือ ปริมาณถ่านหินนำเข้าจากแหล่ง i ด้วยเรือชนิด j ไปยังศูนย์สำรองถ่านหิน k(t)

$Q_{ijk} = R_{ijk} . V_j X_k$, $\forall$j ในเซต Pi

สมการเป้าหมาย (Objection function)

min ต้นทุนการนำเข้า + ต้นทุนการขนส่งภายในประเทศ

โดย

ต้นทุนการนำเข้าถ่านหินจากต่างประเทศ = $\sum_{i=1}^{9} \sum_{j \in P_i} \sum_{k=1}^{3} Q_{ijk} . C_{ijk}$

ต้นทุนการขนส่งภายในประเทศ = $\sum_{k=1}^{3} \sum_{m=1}^{3} Q_{km} . C_{km}$, $\forall$j ในเซต Pi

$$\text{Minimize } Y = \sum_{i=1}^{9} \sum_{j \in P_i} \sum_{k=1}^{3} Q_{ijk} . C_{ijk} + \sum_{k=1}^{3} \sum_{m=1}^{3} Q_{km} . C_{km} \qquad (4\text{-}1)$$

สมการข้อจำกัด (Constraints)

$$\sum_{i=1}^{9}\sum_{k=1}^{3} Q_{ik} \geq 480{,}000{,}000 \quad (4\text{-}2)$$

$$\text{โดย} \quad Q_{ik} = \sum_{j \in Pi} Q_{ijk} \quad (4\text{-}3)$$

$$\sum_{i=1}^{9}\sum_{k=1}^{3} Q_{ijk} \leq 9{,}900S_i, \ \forall j \text{ ในเซต Pi} \quad (4\text{-}4)$$

$X_k = 0,1$

$R_{ijk} \geq 0$, และเป็นจำนวนเต็ม

ผลการคำนวณแนวทางการนำเข้าถ่านหินด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

เมื่อทำการ Run model ด้วยโปรแกรม Microsoft excel ฟังก์ชั่น Solve จำนวน 3 ครั้ง ด้วยการให้ตัวแปรตัดสินใจ $X_k = 1$ เพียงตัวเดียว และแทนค่า X_k ที่เหลือด้วย 0 ในแต่ละครั้งในการ Run จนครบทุก X_k ทำให้ได้ผลลัพธ์ดังนี้

เมื่อให้ Coal center 1 (X_1) = 1 จะเกิดต้นทุนรวม 10,558,394,621 เหรียญสหรัฐ ฯ ซึ่งแยกเป็นต้นทุนนำเข้าและขนส่งภายใน ดังต่อไปนี้

1. ต้นทุนการนำเข้าถ่านหินจากต่างประเทศ ผลลัพธ์ดังตารางที่ 4-20

ตารางที่ 4-20 ผลลัพธ์การคำนวณแนวทางการนำเข้าถ่านหินมายัง Coal center 1

Coal center 1 (X_1 = 1)	Tarahan port	Tanjung bara coal terminal	Clinton coal wharf
	Supramax	Capesize	Capesize
จำนวนรอบการขนส่ง (trip)	4,950	669	1,004
ปริมาณการขนส่งถ่านหิน (t)	247,500,000	92,991,000.0	139,556,000.0
ต้นทุนการขนส่งถ่านหิน (usd)	2,109,842,449	884,976,414.1	1,890,694,070.8

2. ต้นทุนการขนส่งถ่านหินภายในประเทศ ดังตารางที่ 4-21

ตารางที่ 4-21 ผลลัพธ์การคำนวณแนวทางการขนส่งถ่านหินภายในประเทศจาก Coal center 1

Coal center 1 ($X_1 = 1$)	ท่าเรือแหลมฉบัง	รฟ. หัวไทร	รฟ. เทพา
จำนวนรอบการขนส่ง (trip)	9,001	18,002	21,003
ปริมาณการขนส่งถ่านหิน (t)	90,008,812.5	180,017,625.0	210,020,562.5
ต้นทุนการขนส่งถ่านหิน (usd)	842,729,665.9	2,289,457,172.9	2,828,730,847.9

เมื่อเลือก Coal center 2 (X_2) = 1 จะเกิดต้นทุนรวม 10,571,524,725 เหรียญสหรัฐ ฯ ซึ่งแยกเป็นต้นทุนนำเข้าและขนส่งภายใน ดังต่อไปนี้

1. ต้นทุนการนำเข้าถ่านหินจากต่างประเทศ ผลลัพธ์ดังตารางที่ 4-22

ตารางที่ 4-22 ผลลัพธ์การคำนวณแนวทางการนำเข้าถ่านหินมายัง Coal center 2

Coal center 2 (X_2= 1)	Tarahan port	Tanjung bara coal terminal	Clinton coal wharf
	Supramax	Capesize	Capesize
จำนวนรอบการขนส่ง (trip)	4,950	669	1,004
ปริมาณการขนส่งถ่านหิน (t)	247,500,000.0	92,991,000.0	139,556,000.0
ต้นทุนการขนส่งถ่านหิน (usd)	2,111,345,720.7	885,302,826.9	1,891,183,933.9

2. ต้นทุนการขนส่งถ่านหินภายในประเทศ ดังตารางที่ 4-23

ตารางที่ 4-23 ผลลัพธ์การคำนวณแนวทางการขนส่งถ่านหินภายในประเทศจาก Coal center 2

Coal center 2 ($X_2 = 1$)	ท่าเรือแหลมฉบัง	รฟ. หัวไทร	รฟ. เทพา
จำนวนรอบการขนส่ง	9,001	18,002	21,003
ปริมาณการขนส่งถ่านหิน	90,008,812.5	180,017,625.0	210,020,562.5
ต้นทุนการขนส่งถ่านหิน	841,009,359.5	2,294,554,377.1	2,836,164,506.6

เมื่อเลือก Coal center3 (X_3) = 1 จะเกิดต้นทุนรวม 9,196,173,893 เหรียญสหรัฐ ฯ ซึ่งแยกเป็นต้นทุนนำเข้าและขนส่งภายใน ดังต่อไปนี้

1. ต้นทุนการนำเข้าถ่านหินจากต่างประเทศ ผลลัพธ์ดังตารางที่ 4-24

ตารางที่ 4-24 ผลลัพธ์การคำนวณแนวทางการนำเข้าถ่านหินมายัง Coal center 3

Coal center 3 (X_3 = 1)	Tarahan port	Tanjung bara coal terminal	Clinton coal wharf
	Supramax	Capesize	Capesize
จำนวนรอบการขนส่ง (trip)	4,950	669	1,004
ปริมาณการขนส่งถ่านหิน (t)	247,500,000.0	92,991,000.0	139,556,000.0
ต้นทุนการขนส่งถ่านหิน (usd)	1,882,472,613.6	857,394,536.9	1,849,300,640.7

2. ต้นทุนการขนส่งถ่านหินภายในประเทศ ดังตารางที่ 4-25

ตารางที่ 4-25 ผลลัพธ์การคำนวณแนวทางการขนส่งถ่านหินภายในประเทศจาก Coal center 3

Coal center 3 (X_3 = 1)	ท่าเรือแหลมฉบัง	รฟ. หัวไทร	รฟ. เทพา
จำนวนรอบการขนส่ง	9,001	18,002	21,003
ปริมาณการขนส่งถ่านหิน	90,008,812.5	180,017,625.0	210,020,562.5
ต้นทุนการขนส่งถ่านหิน	1,240,885,026.1	1,737,684,822.4	1,916,472,253.3

จากตารางที่ 4-9-ตารางที่ 4-14 พบว่าผลการ Run แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ครั้ง มีผลของจำนวนรอบของการขนส่ง ปริมาณการขนส่งถ่านหิน ชนิดของเรือเดินสมุทรและท่าเรือส่งออกถ่านหินเหมือนกันทั้งการขนส่งจากต่างประเทศ และภายในประเทศ เนื่องจากใช้ข้อมูลท่าเทียบเรือนำเข้า เรือเดินสมุทร และท่าเทียบเรือของโรงไฟฟ้า ชุดเดียวกัน มีความแตกต่างกันเพียงตำแหน่งของ Coal center ที่ส่งผลให้ต้นทุนค่าระวางที่เกิดจากระยะทางเปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญ โดย Coal center 3 มีตำแหน่งที่ตั้งอยู่ทางภาคใต้ ทำให้มีระยะทางรวมใกล้กับท่าเรือส่งออกถ่านหินจากต่างประเทศ มากกว่า 2 แห่งที่เหลือ ซึ่งมีตำแหน่งอยู่บริเวณภาคตะวันออก

และอยู่ตำแหน่งที่ตั้งใกล้เคียงกัน ทำให้ระยะทางรวมมีค่าใกล้เคียงกัน จึงส่งผลให้ Coal center 2 ที่มีระยะทางไกลที่สุด เกิดต้นทุนการขนส่งสูงที่สุด สามารถสรุปผลลัพธ์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ได้ดังตารางที่ 4-26

ตารางที่ 4-26 ผลลัพธ์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

Result	Coal center 1	Coal center 2	Coal center 3
Total imported coal (t)	480,047,000	480,047,000	480,047,000
Total transportation cost (usd)	10,846,430,621	10,859,560,725	9,484,209,893

จากผลลัพธ์ในตารางที่ 4-26 พบว่า Coal center 3 มีต้นทุนการขนส่งต่ำที่สุด และต่ำกว่าอันดับที่ 2 (Coal center 1) ที่ 1,362,220,728 หรือ 14.36% เมื่อเทียบกับ Coal center 3 (Coal center 2) และอันดับที่ 3 ที่ 1,375,350,832 หรือ 14.50% เมื่อเทียบกับ Coal center 3 ตามลำดับ

ต้นทุนที่ได้จากการวิเคราะห์แนวทางการนำเข้าถ่านหินด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จะพิจารณาเฉพาะส่วนที่ขนส่งทางเรือเดินทะเลจากท่าเรือส่งออกจากต่างประเทศ มายังศูนย์สำรองถ่านหิน และสิ้นสุดที่ท่าเทียบเรือของโรงไฟฟ้า เนื่องจากระยะทางในการลำเลียงถ่านหินจากท่าเทียบเรือไปยังโรงไฟฟ้าเทพา และโรงไฟฟ้าหัวไทร มีระยะทางสั้น ในขณะที่ระยะทางจากท่าเทียบเรือแหลมฉบังไปยังโรงไฟฟ้าแม่เมาะที่มีระยะทางไกล แต่ปริมาณความต้องการถ่านหินมีเพียง 18.75% ของปริมาณความต้องการรวมทั้งสิ้น ซึ่งจะไม่ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อผลที่ได้ จึงมิได้รวมการคำนวณในส่วนนี้เข้าไปในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ทั้งนี้หากรวมต้นทุนการขนส่งทางบกจากท่าเทียบเรือไปยังโรงไฟฟ้าแม่เมาะเข้าไปในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ผลการคำนวณก็จะมีต้นทุนเพิ่มขึ้นจากการขนส่งจากท่าเทียบเรือแหลมฉบังไปสู่โรงไฟฟ้าแม่เมาะในทุก ๆ การ Run ในจำนวนที่เท่า ๆ กัน จึงไม่ส่งผลให้สถานที่ที่เกิดต้นทุนต่ำที่สุดเปลี่ยนแปลงไป

ผลการหาทำเลที่ตั้งด้วยเทคนิคการหาศูนย์กลางของการขนส่ง (Center of gravity technique)

ตำแหน่งที่อยู่บริเวณศูนย์กลางของโรงไฟฟ้าถ่านหินทั้ง 3 แห่ง ตามปริมาณถ่านหินที่ต้องการรวมทั้งสิ้นอายุโครงการ 30 ปี คำนวณโดยใช้สมการที่ 3-6 และ สมการที่ 3-7 ได้ผลดังตารางที่ 4-27

ตารางที่ 4-27 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการหาศูนย์กลางของการขนส่ง

โรงไฟฟ้า	x	Y	ปริมาณถ่านหิน (W) (ล้านตัน)	∑(x.W)	∑(y.W)
โรงไฟฟ้าแม่เมาะทดแทน	99.75	18.30	90	8977.33845	1646.84826
โรงไฟฟ้าหัวไทร 1-2	100.33	7.95	180	18059.32584	1431.61128
โรงไฟฟ้าเทพา 1-2	100.98	6.86	210	21205.88169	1441.26486
Total			480	48248.5460	4519.7244
Location				100.5053	9.4161

ได้พิกัดตามแนวแกน (x, y) คือ 100.505304125, 9.4160925 หรือ 9°24'57.9"N 100°30'19.1"E ซึ่งอยู่กลางทะเลบริเวณรอยต่อของ จังหวัดสุราษฎร์ธานี กับ จังหวัดนครศรีธรรมราช (ใกล้กับเกาะสมุย) แสดงได้ดังภาพที่ 4-4

ภาพที่ 4-4 ตำแหน่งพิกัดที่ได้จากเทคนิค Center of gravity

ผลการวิเคราะห์เพื่อเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์สำรองถ่านหิน ด้วยเทคนิค Location rating factor: LRF

จากการสัมภาษณ์โดยใช้แบบสอบถามจากผู้บริหารและผู้เกี่ยวข้องกับงานจัดหาถ่านหินนำเข้าสำหรับโรงไฟฟ้า จำนวน 15 คน ทำให้ได้ค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยและการให้คะแนนความสำคัญของศูนย์สำรองถ่านหินตามปัจจัยที่ถูกพิจารณาจากคะแนนเต็ม 100 คะแนน ซึ่งมีผลคะแนนตามปัจจัยที่พิจารณาดังตารางที่ 4-28 ทั้งนี้มิได้ประเมินปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากยังไม่พร้อมด้านข้อมูลที่จำเป็นในการศึกษาปัจจัยดังกล่าว

ตารางที่ 4-28 ผลคะแนนตามปัจจัยที่มีความสำคัญกับการเลือกทำเลที่ตั้งด้วยวิธี LRF

ลำดับ	ปัจจัยที่ต้องพิจารณา	ค่าถ่วงน้ำหนัก	Coal center 1	Coal center 2	Coal center 3
ด้านการขนส่ง					
1	ระยะทางจากแหล่งถ่านหินถึง Coal center	0.0600	50	50	75
2	การขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางเรือ	0.0681	90	90	90
3	การขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางรถ	0.0417	50	70	30
4	การขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางรถไฟ	0.0579	50	70	30
5	การวิเคราะห์ระยะทางกับภาระงานจาก Coal center ถึงโรงไฟฟ้า (ระยะทาง x น้ำหนักถ่านหินที่ใช้)	0.0630	50	50	100
ด้านทรัพยากรการผลิต					
6	แรงงานและค่าจ้าง	0.0559	70	90	50
7	ระบบสาธารณูปโภคพื้นฐาน	0.0661	70	90	30
8	ความพร้อมด้านที่ดิน	0.0681	50	90	30

ตารางที่ 4-28 (ต่อ)

ลำดับ	ปัจจัยที่ต้องพิจารณา	ค่าถ่วงน้ำหนัก	Coal center 1	Coal center 2	Coal center 3
ด้านสภาพแวดล้อม					
9	การยอมรับของชุมชน	0.0722	90	50	50
10	กฎหมายที่เกี่ยวข้อง	0.0711	50	50	50
11	การแข่งขันทางธุรกิจ	0.0549	70	70	90
12	สิ่งแวดล้อมรอบ Coal center	0.0681	50	50	70
13	ภัยพิบัติและก่อการร้าย	0.0640	70	90	30

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ระดับความสำคัญและค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัย ดังตารางที่ 4-29

ตารางที่ 4-29 ผลการวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งโดยวิธี LFR

ลำดับ	ปัจจัยที่ต้องพิจารณา	ค่าถ่วงน้ำหนัก	Coal center 1	Coal center 2	Coal center 3
ด้านการขนส่ง					
1	ระยะทางจากแหล่งถ่านหินถึง Coal center	0.0600	3.00	3.00	4.50
2	การขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางเรือ	0.0681	6.13	6.13	6.13
3	การขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางรถ	0.0417	2.08	2.92	1.25
4	การขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางรถไฟ	0.0579	2.90	4.05	1.74
5	การวิเคราะห์ระยะทางกับภาระงานจาก Coal center ถึงโรงไฟฟ้า (ระยะทาง x น้ำหนักถ่านหินที่ใช้)	0.0630	3.15	3.15	6.30

ตารางที่ 4-29 (ต่อ)

ลำดับ	ปัจจัยที่ต้องพิจารณา	ค่าถ่วงน้ำหนัก	Coal center 1	Coal center 2	Coal center 3
ด้านทรัพยากรการผลิต					
6	แรงงานและค่าจ้าง	0.0559	3.91	5.03	2.79
7	ระบบสาธารณูปโภคพื้นฐาน	0.0661	4.62	5.95	1.98
8	ความพร้อมด้านที่ดิน	0.0681	3.40	6.13	2.04
ด้านสภาพแวดล้อม					
9	การยอมรับของชุมชน	0.0722	6.49	3.61	3.61
10	กฎหมายที่เกี่ยวข้อง	0.0711	3.56	3.56	3.56
11	การแข่งขันทางธุรกิจ	0.0549	3.84	3.84	4.94
12	สิ่งแวดล้อมรอบ Coal center	0.0681	3.40	3.40	4.77
13	ภัยพิบัติและก่อการร้าย	0.0640	4.48	5.76	1.92
	รวมคะแนน	0.81	50.98	56.52	45.52

จากผลลัพธ์ในตารางที่ 4-29 พบว่า Coal center 2 ได้คะแนนสูงที่สุดในขณะที่ Coal center 3 ได้คะแนนต่ำที่สุด ซึ่งแม้ว่า Coal center 3 จะมีคะแนนสูงในปัจจัยเชิงปริมาณ เนื่องจากมีระยะทางจากท่าเรือส่งออกถ่านหินจากต่างประเทศที่น้อยที่สุด แต่เมื่อรวมการพิจารณาปัจจัยด้านคุณภาพและค่าน้ำหนักเข้ามาเกี่ยวข้อง ทำให้ Coal center 3 ได้รับการประเมินที่ต่ำกว่า Coal center 2 ถึง 11 คะแนน และ Coal center 1 ที่ 5.45 คะแนน ตามลำดับ เนื่องจาก Coal center 2 ได้คะแนนการประเมินสูงและมีผลต่างจาก Coal center 3 มาก มีจำนวนถึง 6 ปัจจัย ในขณะที่ Coal center 3 จะได้คะแนนการประเมินที่สูงที่สุด 4 ปัจจัย แต่คะแนนก็ยังไม่ต่างจาก Coal center 2 มากนัก อีกทั้งCoal center 1 ยังมีคะแนนปัจจัยสูงที่สุดจำนวน 1 ปัจจัย นอกจากนี้ ยังมีผลคะแนนจากการประเมินเท่ากันทั้ง 3 แห่ง จำนวน 2 ปัจจัย จึงทำให้ Coal center 2 ได้รับคะแนนสูงที่สุดที่ 56.52 คะแนน

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผล

ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

ในการศึกษาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์สำรองถ่านหินสำหรับโรงไฟฟ้า เริ่มจากศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และกระบวนการในการขนส่งถ่านหิน ตั้งแต่ท่าเรือผู้ส่งออก จนถึงท่าเรือของโรงไฟฟ้า โดยในการศึกษาแผนพัฒนากำลังผลิตกระแสไฟฟ้าของประเทศไทยฉบับร่าง พ.ศ. 2558 (PDP 2015) พบว่าจะมีโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดของ กฟผ. ที่จะทยอยสร้างใหม่ทั้งหมดประมาณ 5,800 mw โดยศูนย์สำรองถ่านหินนำเข้าจะครอบคลุมความต้องการในการผลิตไฟฟ้าจำนวน 5,000 mw ซึ่งจะไม่รวมความต้องการจากโรงไฟฟ้ากระบี่ ขนาดกำลังผลิต 800 mw เนื่องจาก รฟ. กระบี่ จะนำเข้าถ่านหินจากอินโดนีเซียโดยตรง และจะเริ่มก่อสร้างเป็นโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดโรงแรกตาม PDP ดังกล่าว ทั้งนี้ จากความแตกต่างกันของสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้าถ่านหินใหม่ จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาเลือกสถานที่ตั้งศูนย์สำรองถ่านหินนำเข้าทั้ง 3 แห่ง โดยจะนำเข้าถ่านหินจากประเทศอินโดนีเซีย ออสเตรเลีย และแอฟริกาใต้ ภายใต้วิธีการขนส่งที่ทำให้เกิดต้นทุนต่ำที่สุด พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางเพื่อให้สามารถเลือกทำเลที่ตั้งได้อย่างเหมาะสมมากขึ้น โดยใช้เทคนิคการให้คะแนนปัจจัย (Rating technique) เทคนิคการหาระยะทางร่วมกับค่าขนส่ง (Load distance technique) เทคนิคการหาศูนย์กลางของการขนส่ง (Center of gravity technique) และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาแนวทางการขนส่งที่มีต้นทุนการดำเนินงานต่ำที่สุด

วิธีการที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกทำเลที่ตั้ง พร้อมทั้งวิเคราะห์ทำเลที่เหมาะสม สำหรับศูนย์สำรองถ่านหิน ด้วยการประยุกต์ทั้งเทคนิคเชิงปริมาณ และเทคนิคเชิงคุณภาพ ได้แก่ วิธี Rating factor, วิธีการแก้ปัญหาด้วยสมการคณิตศาสตร์เชิงเส้น, วิธี Center of gravity และ Loading distance ซึ่งมีลักษณะเดียวกับวิธีการที่ใช้ในการศึกษาของ สุทิศา สรรพกิจไพศาล (2550), ปรีชา ประเสริฐสกุลไชย (2553), ณัติฐากร ชูก้าน และอรรถกร เก่งพล (2547), ปวีณา เสนาเก่า และวันชัย รัตนวงษ์ (2552), ทองพูน ทองดี และระพีพันธ์ ปิตาคะโส (2554) อีกทั้ง นภัสวรรณ เรือนเพ็ชร์ (2552)

สรุปผลการดำเนินงาน

จากการวิเคราะห์แนวทางการนำเข้าถ่านหินด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่า Coal center 3 มีต้นทุนการดำเนินการขนส่งที่ต่ำที่สุด ด้วยต้นทุนการขนส่งตลอดโครงการ 9,484,209,893 เหรียญสหรัฐ ฯ และจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการหาศูนย์กลางของการขนส่ง ได้สถานที่ตั้งอยู่นอกชายฝั่ง บริเวณรอยต่อของ จังหวัดสุราษฎร์ธานี กับ จังหวัดนครศรีธรรมราช (ใกล้กับเกาะสมุย) นครศรีธรรมราช ที่ตำแหน่ง 9°24'57.9"N 100°30'19.1"E ซึ่งอยู่ใกล้กับที่ตั้งของ Coal center 3 มากที่สุด อีกทั้ง Coal center 3 ยังมีค่า Loading distance ต่ำที่สุดที่ 998,780,000 เช่นกัน แต่ทั้งนี้หากพิจารณาด้วยวิธี Location rating factor: LRF ซึ่งเป็นการพิจารณาทั้งปัจจัยเชิงปริมาณและคุณภาพ รวมทั้งสิ้น 13 ปัจจัย กลับพบว่า Coal center 2 มีความเหมาะสมมากที่สุด ด้วยคะแนน 56.52 รองมาด้วย Coal center 1 ด้วยคะแนน 50.98 ในขณะที่ Coal center 3 มีความเหมาะสมน้อยที่สุด ด้วยคะแนน 45.52 จากนั้นจึงให้ผู้บริหารพิจารณาผล เพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้ง Coal center ต่อไป

อภิปรายผลการดำเนินงาน

เมื่อพิจารณาการดำเนินการศึกษา และผลการศึกษาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์สำรองถ่านหินสำหรับโรงไฟฟ้าวิธีที่ใช้ในการเลือกทำเลที่ตั้ง สามารถอภิปรายได้ดังนี้

1. วิเคราะห์ผลสำเร็จของการศึกษา

การวิเคราะห์เชิงคุณภาพด้วยวิธี Center of gravity ได้ผลลัพธ์ออกมาอยู่ที่บริเวณใกล้กับเกาะสมุย ซึ่งยังไม่มีการลงพื้นที่ศึกษาความเหมาะสมในบริเวณนั้น อีกทั้งผลการวิเคราะห์ด้วยผลรวมของระยะทางจากแหล่งถ่านหินถึงศูนย์สำรองถ่านหิน และวิธี Loading distance ยังมีความสอดคล้องกับแนวทางการนำเข้าถ่านหินด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากมีระยะทางจากท่าเรือส่งออกมายัง Coal center จนถึงท่าเรือของโรงไฟฟ้าสั้นที่สุด และอยู่ใกล้กับแหล่งความต้องการถ่านหินสูง จึงส่งผลให้ต้นทุนการเดินเรือต่ำอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ต้นทุนในส่วนอื่นใกล้เคียงกัน

ในการทำแบบสอบถามเพื่อศึกษาปัจจัยที่สำคัญต่อการเลือกทำเลที่ตั้งของ Coal center โดยผู้ทำแบบสอบถามทั้ง 15 คน โดยประกอบด้วยผู้บริหารระดับกองขึ้นไป จำนวน 3 คน ผู้เกี่ยวข้องที่มีประสบการณ์ในการทำงานมากกว่า 10 ปีขึ้นไป จำนวน 8 คน และผู้เกี่ยวข้องที่มีประสบการณ์ในการทำงานต่ำกว่า 3 ปี จำนวน 4 คน ทั้งนี้ ผลการคำนวณค่าน้ำหนักที่ได้จากเฉพาะผู้บริหารระดับกองขึ้นไป และผู้มีประสบการณ์ในการทำงานมากกว่า 10 ปี พบว่าไม่มี

ความแตกต่างกับผลที่ได้จากผู้ประเมินทั้ง 15 คน อย่างมีนัยสำคัญ (ดังตารางภาคผนวก ค) ซึ่งกล่าวได้ว่าผู้เกี่ยวข้องที่มีประสบการณ์ในการทำงานต่ำกว่า 3 ปีทั้ง 4 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 26.67 ของจำนวนทั้งหมด ไม่ส่งผลกระทบต่อผลคะแนนในภาพรวมอย่างมีนัยสำคัญ จึงนำผลลัพธ์ที่ได้จากการทำแบบสอบถามทั้ง 15 คน มาใช้ในงานวิจัยครั้งนี้

ในการให้คะแนนความสำคัญของศูนย์สำรองถ่านหินตามปัจจัย ได้ให้คะแนนโดยเป็นผู้มีประสบการณ์ในการทำงานด้านการจัดหาเชื้อเพลิง และเป็นคณะทำงานในการศึกษาการจัดหาถ่านหินนำเข้าเพื่อโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาด ซึ่งมีประสบการณ์ในการดูงาน Coal center ในต่างประเทศ และมีโอกาสได้ลงพื้นที่โครงการโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดภาคใต้ ทำให้มีความเข้าใจชุมชน และแนวทางการดำเนินงานของ Coal center เป็นอย่างดี ทั้งสิ้นจำนวน 2 คน ที่ทำการประเมินความสำคัญในแต่ละปัจจัยของการเลือกทำเลที่ตั้งของ Coal center ในงานวิจัยครั้งนี้

ปัจจัยที่มีความสำคัญกับการเลือกทำเลที่ตั้งสูงที่สุด คือ ปัจจัยทางด้านการยอมรับของชุมชน เนื่องจากประชาชนมีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินกิจการขององค์การอย่างยั่งยืน รองลงมาจะเป็นปัจจัยด้านกฎหมายที่เกี่ยวของ เนื่องจากการนำเข้าถ่านหินจากต่างประเทศมีกฎหมายเข้ามาเกี่ยวข้อง ในขณะที่ปัจจัยด้านการขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางรถ มีผลต่อการตัดสินใจน้อย เนื่องจากการขนส่งทางรถต้องใช้รถบรรทุกจำนวนมากในการขนส่งแต่ละครั้ง ทำให้อาจจะกระทบต่อการใช้ชีวิตของชุมชนได้ ทั้งนี้การให้คะแนนความสำคัญของแต่ละปัจจัยและคะแนนค่าถ่วงน้ำหนักที่เปลี่ยนไปจะมีผลต่อการตัดสินใจ กล่าวคือ การให้คะแนนความสำคัญจะขึ้นอยู่กับวิจารณญาณของผู้บริหารในการตัดสินใจเป็นสำคัญ หรือขึ้นอยู่กับกลยุทธ์/ นโยบายของหน่วยงานนั้น ๆ

2. ปัญหาและอุปสรรค

เนื่องด้วย กฟผ. ยังไม่เคยดำเนินกิจการศูนย์สำรองถ่านหินนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งมีส่วนที่จะเกี่ยวข้องกับการค้าระหว่างประเทศ อีกทั้งข้อมูลบางประเภทเป็นข้อมูลเชิงพาณิชย์ จึงจำเป็นต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญในการค้าถ่านหินตลาดโลก อีกทั้งในปัจจุบันที่ภาคประชาชนมีอิทธิพลต่อโครงการค่อนข้างมาก โดยเฉพาะโครงการที่จะมีผลกระทบต่อชีวิตความเป็นอยู่ สิ่งแวดล้อม และการท่องเที่ยว โดยเฉพาะทางทะเลสำหรับภาคใต้ ทำให้ต้องระมัดระวังผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับผู้มีส่วนได้เสียผลประโยชน์อย่างมาก

ข้อเสนอแนะ

หลังจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ พบว่ามีปัญหาบางประการที่ควรเสนอแนะต่อแนวทางการเลือกศูนย์สำรองถ่านหินเพื่อทำการปรับปรุงแก้ไขให้ดียิ่งขึ้นไป โดยมีรายละเอียดดังนี้

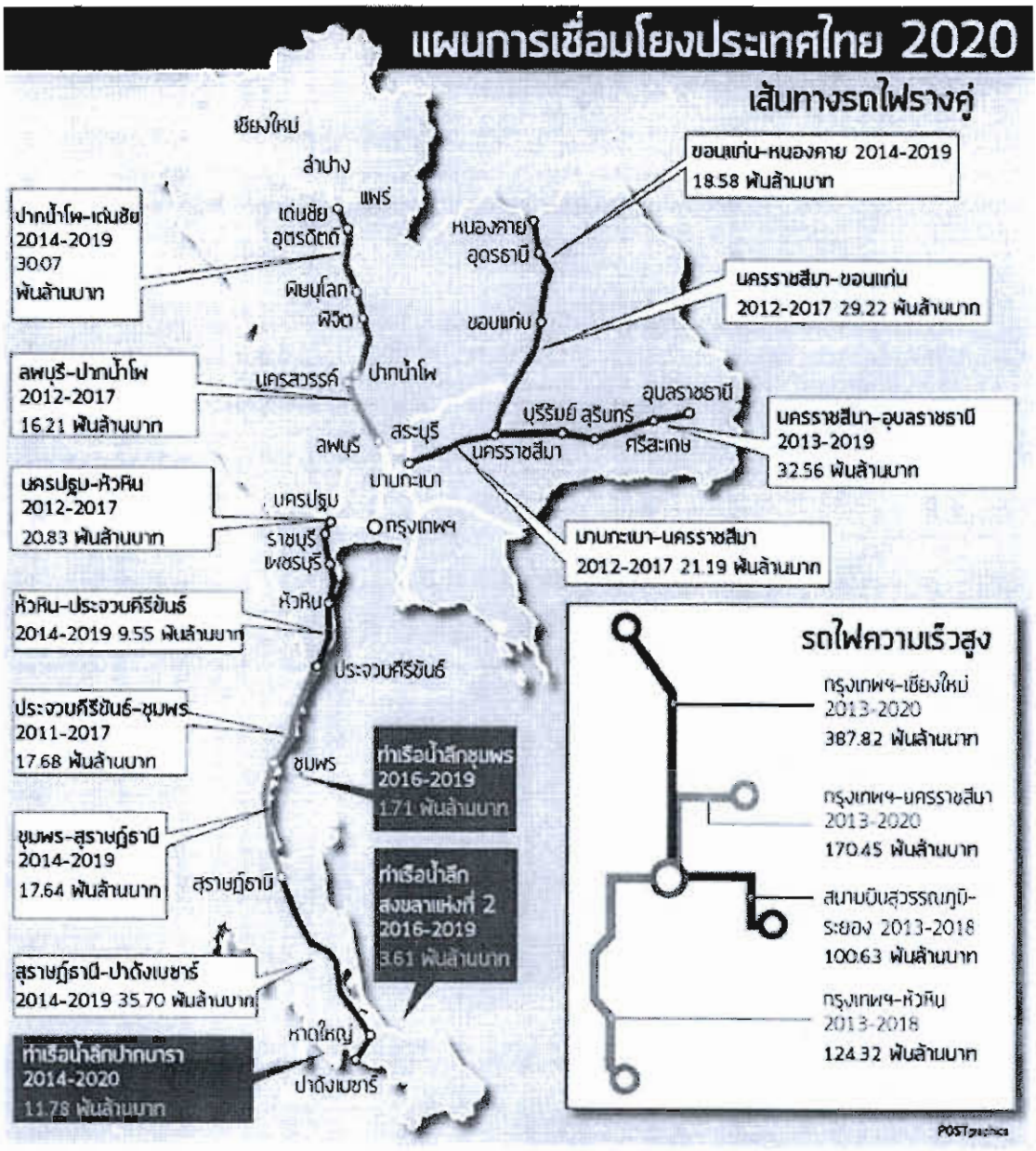
1. สำหรับการศึกษาในครั้งต่อไป ควรศึกษาปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์ หากมีข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์เพียงพอ ทั้งนี้จากการศึกษาในครั้งนี้มีค่าน้ำหนักรวมถึง 0.1864 หรือ 18.64% ของค่าน้ำหนักของปัจจัยทั้งหมดที่พิจารณา

2. ควรพิจารณาปัจจัยของโครงการที่จะก่อสร้างในอนาคตในระดับประเทศ ซึ่งอาจจะมีผลต่อการตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์สำรองถ่านหินครั้งนี้ โดยโครงการที่น่าสนใจ คือ ท่าเรือน้ำลึกชุมพร ซึ่งอยู่ใกล้เคียงกับผลลัพธ์ของเทคนิคการหาระยะทางร่วมกับค่าขนส่ง (Load distance technique) ทั้งนี้หากมีการศึกษาเพิ่มเติมจะเป็นการเพิ่มทางเลือกในการตั้งศูนย์สำรองถ่านหินที่มีศักยภาพอีกแห่ง ทั้งนี้ โครงการโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคมในอนาคต ฉบับร่าง ปี พ.ศ. 2556 ซึ่งจะประกอบด้วย รถไฟรางคู่ และท่าเรือน้ำลึก ที่อาจจะก่อสร้างในอนาคต มีส่วนช่วยให้การคมนาคมขนส่งมีความสะดวกและรวดเร็วขึ้น ดังภาพที่ 5-1

3. ศึกษาเพิ่มเติมถึงความเป็นไปได้ในการสร้างรางรถไฟ เชื่อมต่อกับบริเวณท่าเรือของโรงไฟฟ้า เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งถ่านหินซ้ำซ้อน ซึ่งอาจจะทำให้ต้นทุนในการขนส่งลดต่ำลง

4. การดำเนินงานจริงควรใช้ราคาถ่านหินที่มีการเจรจา ในเรื่องราคาถ่านหินตามคุณภาพถ่านหิน และอายุของสัญญาในการซื้อขาย กับผู้ผลิตถ่านหินในแต่ละรายไป ซึ่งมีส่วนทำให้ราคาถ่านหินในแต่ละแหล่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

5. ในการประเมินเชิงปริมาณควรให้ผู้มีประสบการณ์ และมีความเชี่ยวชาญในการทำงาน รวมทั้งให้มีผู้ทำการประเมินจำนวนมากเพียงพอ เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ออกมามีความน่าเชื่อถือ



ภาพที่ 5-1 โครงการโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคมในอนาคต ฉบับร่าง ปี พ.ศ. 2556

บรรณานุกรม

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2551). *Statistical Report Year 2008*. นนทบุรี: กองประมวลผลและพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า ฝ่ายควบคุมระบบกำลังไฟฟ้า.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2552). *Statistical Report Year 2009*. นนทบุรี: กองประมวลผลและพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า ฝ่ายควบคุมระบบกำลังไฟฟ้า.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2553). *Statistical Report Year 2010*. นนทบุรี: กองประมวลผลและพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า ฝ่ายควบคุมระบบกำลังไฟฟ้า.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2554). *Statistical Report Year 2011*. นนทบุรี: กองประมวลผลและพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า ฝ่ายควบคุมระบบกำลังไฟฟ้า.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2555). *Statistical Report Year 2012*. นนทบุรี: กองประมวลผลและพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า ฝ่ายควบคุมระบบกำลังไฟฟ้า.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2556). *Statistical Report Year 2013*. นนทบุรี: กองประมวลผลและพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า ฝ่ายควบคุมระบบกำลังไฟฟ้า.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2557). *Statistical Report Year 2014*. นนทบุรี: กองประมวลผลและพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า ฝ่ายควบคุมระบบกำลังไฟฟ้า.

ชัยวัฒน์ ชูตระกูร. (2557). *การกระจายตัวสินค้า*. เข้าถึงได้จาก http://www.l3nr.org/posts/ 372152.

ณัติฐากร ชูก้าน และอรรถกร เก่งพล. (2547). *การออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการประเมินบริษัทขนส่ง โดยใช้ตัวแบบการขนส่ง Multicommodity, AHP และ LP*. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, *14*(1), หน้า 49-58.

นภัสวรรณ เรือนเพ็ชร์. (2552). *การศึกษาระบบการขนส่งและเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายน้ำมัน กรณีศึกษา: ธุรกิจรับจัดการขนส่งน้ำมัน*. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, สาขาวิชาบริหารลอจิสติกส์และโซ่อุปทาน, มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตชลบุรี.

ทองพูน ทองดี และระพีพันธ์ ปิตาคะโส. (2554). *การแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและการมอบหมายเส้นทางแบบหลายลำดับขั้น หลายต้นกำเนิดและหลายจุดประสงค์: กรณีศึกษาโรงงานผลิตเอทานอลจากชานอ้อยและกากมันในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ*. วารสารวิจัย มข., *17*(1), หน้า 71-87.

ปวีณา เสนาเก่า และวันชัย รัตนวงษ์. (2552). *การศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบการกระจายสินค้าระหว่างการขนส่งผ่านศูนย์กระจายสินค้ากับเอเย่นต์เพื่อวางแผนการเพิ่มประสิทธิภาพ กรณีศึกษาร้านหนังสือ บริษัท วันวัน ออลล์ จากัด(มหาชน).* วิทยานิพนธ์รบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, สาขาการจัดการโลจิสติกส์, คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

ปรีชา ประเสริฐสกุลไชย. (2553). *การศึกษาความเหมาะสมของศูนย์กระจายสินค้าในเขตภูมิภาค กรณีศึกษา: บริษัท ABC.* วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์, คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

พิชิต สุขเจริญพงษ์. (2549). *การจัดการวิศวกรรมการผลิต.* กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับคลังสินค้า ตอนที่ 1. (2554). เข้าถึงได้จาก http://logisticscorner.com/index.php?option =com_content&view=article&id=2548:-1&catid=38:warehousing&Itemid=92

สุทิศา สรรพกิจไพศาล. (2550). *การศึกษาวิเคราะห์เลือกทำเลที่ตั้งคลังสินค้ากระดาษ.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์, คณะโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุรัส ตั้งไพฑูรณ์. (2547). *การเลือกทำเลที่ตั้งโรงงาน และการวางแผนโรงงาน.* Industrial Technology Review, (126), หน้า 137-143. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2555). *Energy Statistics of Thailand 2012.* กรุงเทพฯ: กระทรวงพลังงาน.

British Petroleum. (2014). *BP Statistical Review of World Energy 2014.* Retrieved from http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2014/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf

British Petroleum. (2014). *BP Energy Outlook 2035.* Retrieved from http://www.bp.com/content/dam /bp/pdf/Energy-economics/Energy-Outlook/Energy_Outlook_2035_booklet.pdf.

Roberta, S. R., & Bernard, W. T. (2011). *Operations Management Along the Supply Chain* (6th ed.). Denver, MA: John Wiley & Sons.

U.S.Energy Information Administration. (2014). *Total Coal Imports.* Retrieved from http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/iedindex3.cfm?tid=1&pid=1&aid=3&cid=&syid=2006&eyid=2010&unit=TST.

World Energy Council. (2013). *World Energy Resources.* Retrieved from http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/Complete_WER_2013_Survey.pdf.

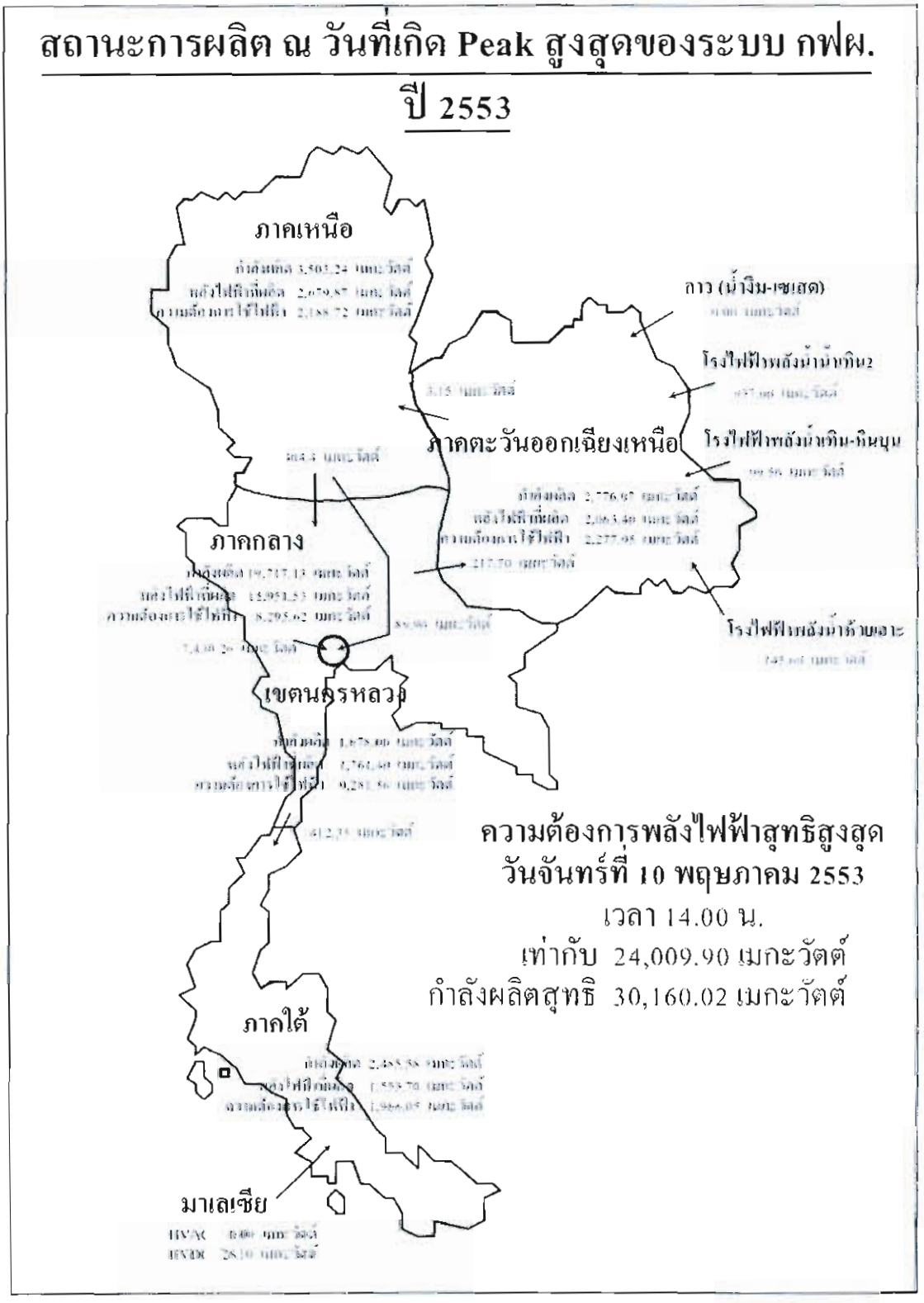
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

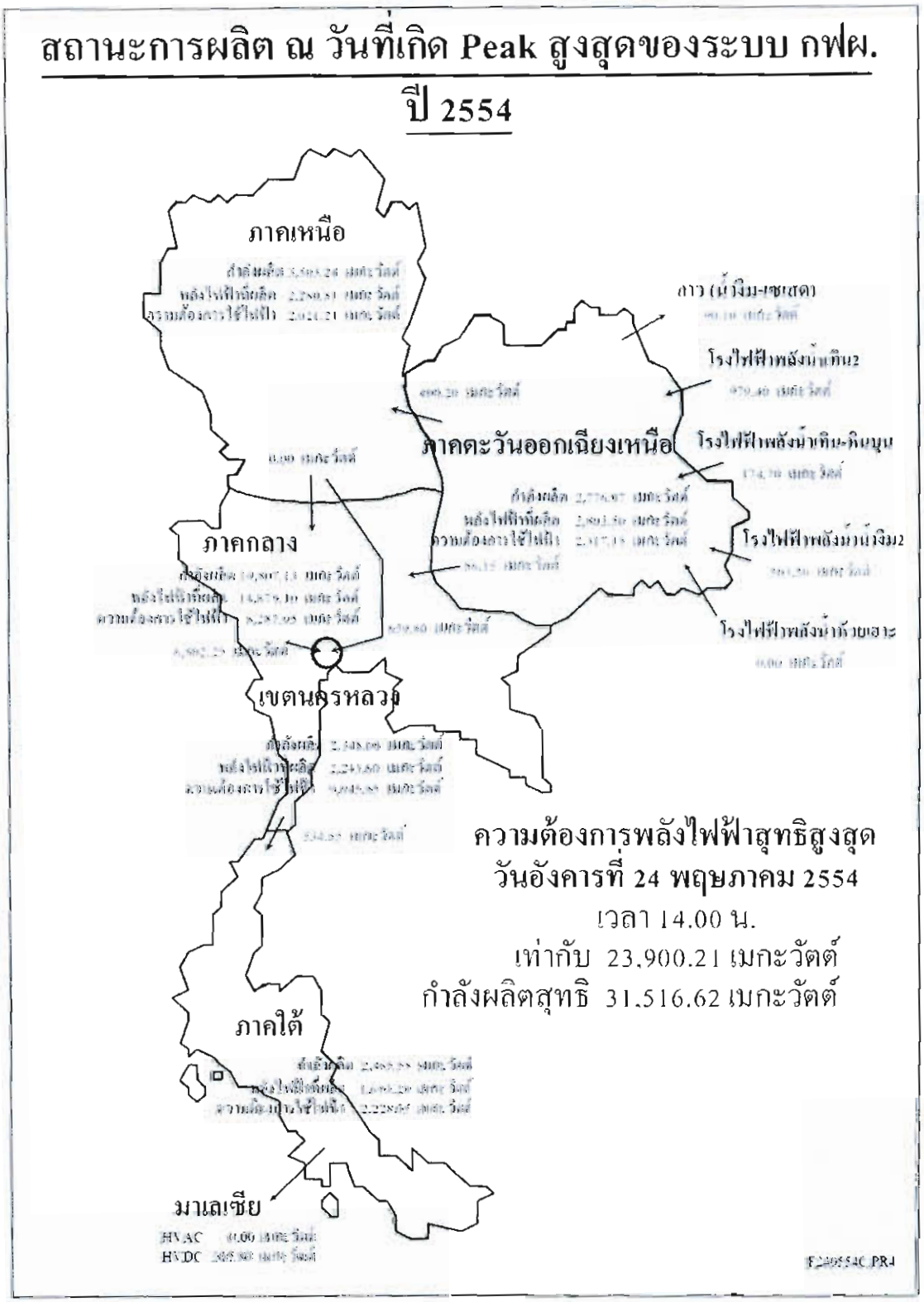
สถานการณ์ผลิตไฟฟ้า ณ วันที่เกิด Peak สูงสุดของระบบ กฟผ.

ภาพภาคผนวก ก-1 สถานการณ์ผลิตไฟฟ้า ณ วันที่เกิด Peak สูงสุดของระบบ กฟผ. ปี พ.ศ. 2551

ภาพภาคผนวก ก-2 สถานการณ์ผลิตไฟฟ้า ณ วันที่เกิด Peak สูงสุดของระบบ กฟผ. ปี พ.ศ. 2552



ภาพภาคผนวก ก-3 สถานการณ์ผลิตไฟฟ้า ณ วันที่เกิด Peak สูงสุดของระบบ กฟผ. ปี พ.ศ. 2553

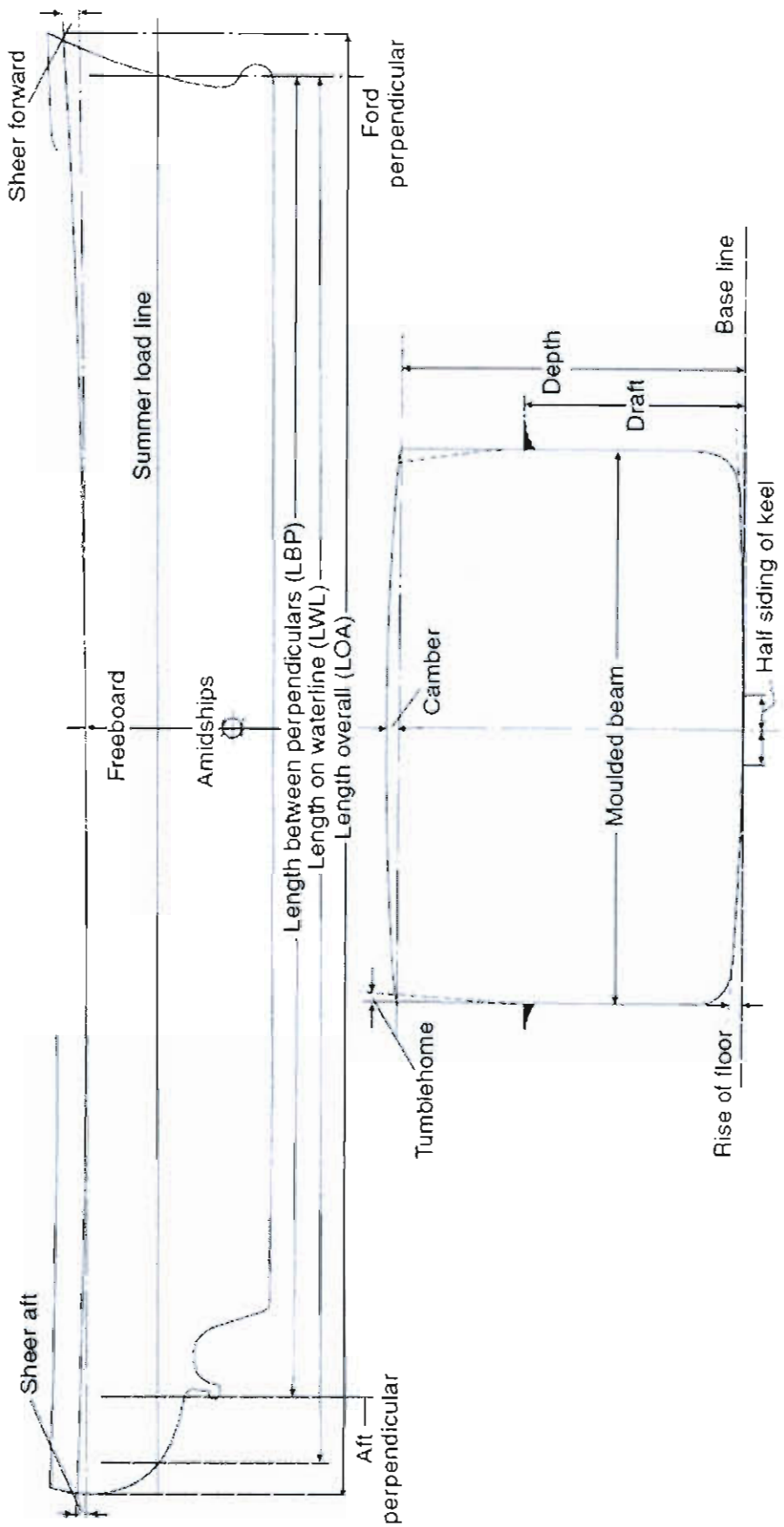


ภาพภาคผนวก ก-4 สถานการณ์ผลิตไฟฟ้า ณ วันที่เกิด Peak สูงสุดของระบบ กฟผ. ปี พ.ศ. 2554

ภาพภาคผนวก ก-5 สถานการณ์ผลิตไฟฟ้า ณ วันที่เกิด Peak สูงสุดของระบบ กฟผ. ปี พ.ศ. 2555

ภาพภาคผนวก ก-6 สถานการณ์ผลิตไฟฟ้า ณ วันที่เกิด Peak สูงสุดของระบบ กฟผ. ปี พ.ศ. 2556

ภาคผนวก ข
การวัดขนาดเรือโดยทั่วไป



ภาพภาคผนวก ข-1 การวัดขนาดเรือโดยทั่วไป

ภาคผนวก ค

สรุปค่าน้ำหนักแต่ละปัจจัยเฉพาะผู้บริหารและผู้เกี่ยวข้องที่มีประสบการทำงานมากกว่า 10 ปี

ตารางภาคผนวก ค-1 สรุปค่าน้ำหนักแต่ละปัจจัยผู้มีอายุงานตั้งแต่ 10 ปี ขึ้นไป

ลำดับ	ปัจจัยที่ต้องพิจารณาต่อ Coal center	ค่าน้ำหนัก
ด้านการขนส่ง		
1	ระยะทางจากแหล่งถ่านหินถึง Coal center	0.0600
2	การขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางเรือ	0.0681
3	การขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางรถ	0.0417
4	การขนส่งถ่านหินจาก Coal center ไปยังโรงไฟฟ้าด้วยวิธีทางรถไฟ	0.0579
5	การวิเคราะห์ระยะทางกับภาระงานจาก Coal centerถึงโรงไฟฟ้า (ระยะทาง x น้ำหนักถ่านหินที่ใช้)	0.0630
ด้านทรัพยากรการผลิต		
6	แรงงานและค่าจ้าง	0.0559
7	ระบบสาธารณูปโภคพื้นฐาน	0.0661
8	ความพร้อมด้านที่ดิน	0.0681
ด้านสภาพแวดล้อม		
9	การยอมรับของชุมชน	0.0722
10	กฎหมายที่เกี่ยวข้อง	0.0711
11	การแข่งขันทางธุรกิจ	0.0549
12	สิ่งแวดล้อมรอบ Coal center	0.0681
13	ภัยพิบัติและก่อการร้าย	0.0640
ด้านเศรษฐศาสตร์		
14	ระยะเวลาคืนทุน (PB)	0.0630
15	มูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ (NPV) (ผลตอบแทนเมื่อเทียบในปีปัจจุบัน)	0.0620
16	อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (IRR) (เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยค่าตอบแทนจากการลงทุน)	0.0640
รวมทั้งสิ้น		1