



รายงานการวิจัย

การศึกษารายละเอียดของโรงไฟฟ้าพลังน้ำห้วยป่าเลา

Detailed Study of Huai Pa Law Hydropower Plant

เอนกพงศ์ ธรรมาธิวัฒน์

สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2558

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษารายละเอียดของโรงไฟฟ้าพลังน้ำห้วยป่าเถา

Detailed Study of Huai Pa Law Hydropower Plant

เอนกพงศ์ ธรรมาธิวัฒน์

สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

ทุนอุดหนุนเพื่อพัฒนาชุมชนและท้องถิ่น

งบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2558

ชื่องานวิจัย การศึกษารายละเอียดของโรงไฟฟ้าพลังน้ำห้วยป่าเลา
ผู้วิจัย เอนกพงศ์ ธรรมาธิวัฒน์
สาขาวิชา เทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีเสร็จวิจัย 2558

บทคัดย่อ

ปัจจุบันความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยมีเพิ่มสูงขึ้นทุกปี ตามอัตราการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจ จึงต้องพึ่งพาพลังงานไฟฟ้าจากประเทศเพื่อนบ้าน จึงมีความจำเป็นเพื่อหาแนวทางเลือกที่เป็นไปได้ในการพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศโดยการศึกษาการพึ่งพาแหล่งพลังงานทดแทนภายในประเทศโดยเฉพาะไฟฟ้าพลังน้ำซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่มีต้นทุนการผลิตต่ำเพื่อเป็นพลังงานทดแทนที่มีความยั่งยืนทั้งในด้านสิ่งแวดล้อมและการทดแทนแบบไม่สิ้นสุดวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อทบทวนศึกษาการออกแบบโรงไฟฟ้าพลังน้ำห้วยป่าเลา ศึกษารายละเอียดของโรงไฟฟ้าพลังน้ำห้วยป่าเลา และเพื่อจัดทำรายงานที่เกี่ยวข้องของโรงไฟฟ้าพลังน้ำห้วยป่าเลา ผลการศึกษาพบว่า โดยรวมอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลามีศักยภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ เนื่องจากโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลาเป็นอ่างเก็บน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และเพื่อใช้ในการเกษตรเป็นหลัก จะระบายน้ำให้เกษตรกรตามฤดูกาลเพาะปลูกเท่านั้น ซึ่งโดยเฉลี่ยในหนึ่งปี จะระบายน้ำประมาณ 8 เดือน เท่านั้น โดยมีศักยภาพสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำได้ไม่ต่ำกว่า 105 กิโลวัตต์ โดยการติดตั้งกังหันน้ำชนิด Francis Turbine พร้อมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ไว้ด้านท้ายอาคารท่อสร้างน้ำลงลำน้ำเดิมจากผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์และการเงินสรุปได้ว่าโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลามีความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์และการเงิน โดยมีความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตกรณีต้นทุนเพิ่มหรือผลประโยชน์ลดลงอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ

คำสำคัญ : การศึกษารายละเอียด, โรงไฟฟ้าพลังน้ำ, พลังงานทดแทน

Research	Detailed Study of Huai Pa Law Hydropower Plant
Researcher	Anekpong Thammathiwat
Major	Industrial Technology
	Phetchabun Rajabhat University Year 2015

Abstract

Thailand is dependent on electricity from neighboring countries and likely to increase in each year. The study of development particularly hydropower from water reservoir is therefore crucial and necessary so as to find feasible alternative plans for the country's power development. The purpose of this research is to build collaborative networks of researchers to evaluate the potential of hydroelectric power at Huai Palao reservoir, Muang district, Phetchabun province and potential hydroelectric development at Huai Palao reservoir. It would found that the evaluation results in an overview of all projects in the most level and to evaluate the potential of hydroelectric power from Huai Palao reservoir found that Huai Palao reservoir is low to produce electricity to compare with the large reservoir, because of Huai Palao reservoir is a reservoir for domestic service and for use in agriculture is the main. Huai Palao reservoir to drain to farmers by irrigating season only for 8 months on average in a year with the potential to produce electricity from the hydroelectric reservoir of not less than 105 kW which water turbine installed by the Francis Turbine and generator building a water pipe on the end of the river. The analysis of the economics and finance hydroelectric power projects concluded that Huai Palao reservoir is a risk that may arise in the future it costs increase or decrease benefits in a low level.

Keyword : Detailed Study, Hydropower Plant, Alternative Energy

(ค)

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนทุนอุดหนุนเพื่อพัฒนาชุมชนและท้องถิ่น งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2558 ขอขอบคุณ ดร.บุญช่วย สุทธิรักษ์ ที่ให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางการวิจัยตลอดช่วงระยะเวลาการวิจัย และ ผศ.ดร.สำราญ ท้าวเงินที่ช่วยเรียบเรียงบทคัดย่อและ Abstract ตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้ช่วยในการประสานงาน อำนวยความสะดวก ตอบแบบสอบถาม และเก็บข้อมูลการวิจัยในครั้งนี้

เอนกพงศ์ ธรรมาธิวัฒน์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 กรอบแนวความคิดของการวิจัย	4
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 หลักเกณฑ์ในการวางแผนและคัดเลือกทางเลือกที่เหมาะสม	5
2.1.1 เกณฑ์ในการวิเคราะห์วางแผนโครงการ	5
2.1.2 เกณฑ์ในการประมาณราคาโครงการ	12
2.1.3 เกณฑ์ในการประเมินผลตอบแทนโครงการ	13
2.1.4 เกณฑ์ในการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์	13
2.2 โครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำทำอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา	15
2.2.1 การศึกษาสภาพการจัดการน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา	15
2.2.2 การพิจารณาทางเลือกที่ตั้งโรงไฟฟ้าทำอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา	25
2.2.3 การพิจารณาความสูงหัวน้ำและชนิดเครื่องกังหันน้ำ	25
2.2.4 ทางเลือกปริมาณน้ำออกแบบเครื่องกังหันน้ำโรงไฟฟ้าพลังน้ำ	25
2.3 สรุปองค์ประกอบโครงการที่เหมาะสม	30
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	31
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	35
3.1 การออกแบบรายละเอียดของโครงการด้านวิศวกรรม	35

3.2	การประเมินผลประโยชน์ของโครงการ	35
3.3	การวิเคราะห์ความเหมาะสมด้านเศรษฐกิจ	36
3.4	การวิเคราะห์ด้านการเงิน	36
3.5	การศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม	36
บทที่ 4	ผลการวิจัย	37
4.1	การออกแบบรายละเอียดโครงการด้านวิศวกรรม	37
4.2	การประเมินผลประโยชน์ของโครงการ	41
4.3	การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์และการเงิน	42
4.3.1	ต้นทุนของโครงการ	42
4.3.2	การประเมินผลประโยชน์ของโครงการ	45
4.3.3	ตัวชี้วัดความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์	46
4.3.4	ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์	47
4.3.5	ผลการวิเคราะห์โครงการ	48
4.4	การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม	50
4.4.1	ผลกระทบต่อทรัพยากรสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ	50
4.4.2	ผลกระทบต่อทรัพยากรสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ	50
4.4.3	ผลกระทบต่อคุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์	51
4.4.4	ผลกระทบต่อคุณค่าคุณภาพชีวิต	51
4.4.5	ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของแนวสายส่งไฟฟ้าโครงการ	51
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	52
5.1	สรุปผลการวิจัย	52
5.2	ข้อเสนอแนะ	53
เอกสารอ้างอิง		54
ภาคผนวก		56
ภาคผนวก ก	รายการคำนวณเพื่อการออกแบบ	57
ภาคผนวก ข	แบบรายละเอียดโครงการไฟฟ้าพลังน้ำทำอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา	62
ภาคผนวก ค	ประวัติผู้วิจัย	84

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย.....	4
รูปที่ 3.1 อัตราการไหลของอาคารระบายท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา	6
รูปที่ 3.2 โค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับผิวน้ำกับปริมาณน้ำไหลผ่านคลองระบายท้ายน้ำ	6
รูปที่ 3.3 แสดงการเลือกเครื่องกั้นน้ำขนาดเล็ก	11
รูปที่ 3.4 พื้นที่ชลประทานเป้าหมายของอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา.....	16
รูปที่ 3.5 แผนภูมิวิเคราะห์สมดุลอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา.....	19
รูปที่ 3.6 โค้งความจุเก็บกัก ระดับน้ำ พื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา	20
รูปที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของเวลากับอัตราการระบายน้ำผ่านท่อระบายท้ายเขื่อนห้วย ป่าเลา.....	23
รูปที่ 3.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของเวลากับระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา.....	24
รูปที่ 3.9 แปลนเขื่อนที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา	26
รูปที่ 4.1 แสดงแปลนและรูปตัดโรงไฟฟ้าพลังน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา	38
รูปที่ 4.2 แสดงรูปด้านโรงไฟฟ้าพลังน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา.....	39
รูปที่ 4.3 รูปตัดอาคารควบคุมน้ำเข้าโรงไฟฟ้าพลังน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา	40

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 ราคาต่อหน่วยที่ใช้ในการประมาณราคาโครงการ	12
ตารางที่ 3.2 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา	18
ตารางที่ 3.3 ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลาผ่านทางอาคารระบายน้ำ.....	22
ตารางที่ 3.4 ราคาค่าก่อสร้างโครงการไฟฟ้าพลังน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลาเปรียบเทียบหาปริมาณ น้ำออกแบบที่เหมาะสม	27
ตารางที่ 3.5 สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบหาปริมาณน้ำออกแบบเครื่องกั้นน้ำที่เหมาะสม ..	28
ตารางที่ 4.1 ราคาโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา	43
ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์โครงการไฟฟ้าพลังน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา ...	49

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ปัจจุบันความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยมีเพิ่มสูงขึ้นทุกปี ตามอัตราการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจ จากแผนพัฒนาพลังงานไฟฟ้าแห่งชาติ ปี 2558 ประเทศไทยจะต้องพึ่งพาพลังงานไฟฟ้าจากประเทศเพื่อนบ้านในอัตราร้อยละ 26 กล่าวคือเริ่มมีค่ามากกว่ากำลังการผลิตไฟฟ้าสำรองของปีนั้นๆ และจะเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 28 ใน ปี 2564 และอาจเพิ่มสูงขึ้นถึงร้อยละ 30 ในปี 2570 การศึกษาการพึ่งพาแหล่งพลังงานทดแทนภายในประเทศโดยเฉพาะไฟฟ้าพลังน้ำซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่มีต้นทุนการผลิตต่ำ เป็นพลังงานทดแทนที่มีความยั่งยืนทั้งในด้านสิ่งแวดล้อมและการทดแทนแทบไม่สิ้นสุด (นภัทร วจนเทพินทร์, 2550) จึงมีความจำเป็นเพื่อหาแนวทางเลือกที่เป็นไปได้ในการพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศโดยอาศัยความร่วมมือของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง

ประกอบกับในปัจจุบันประเทศไทยได้ทำการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และเพื่อใช้ในการเกษตร เป็นจำนวนมาก คณะวิจัยจึงมีแนวคิดที่จะประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำเพื่อการเกษตรดังกล่าว โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา ตั้งอยู่ที่บริเวณบ้านป่าเลา อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ประกอบด้วยเขื่อนดินห้วยงานและอาคารประกอบพร้อมส่วนประกอบ อื่น ๆ คือ อ่างเก็บน้ำมีความจุ 8.40 ล้านลูกบาศก์เมตร มีความยาวสันเขื่อน 451 เมตร สูง 28 เมตร สำหรับอาคารประกอบของตัวเขื่อนประกอบด้วยอาคารระบายน้ำล้น ระบายน้ำได้สูงสุดวินาทีละ 76 ลูกบาศก์เมตร อาคารท่อระบายน้ำลงลำน้ำเดิม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.20 เมตร ระบายน้ำได้วินาทีละ 9.17 ลูกบาศก์เมตร (กรมชลประทาน, 2545)

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลอุทกนิยมนิเทศและอุทกวิทยา การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า การวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลาก การวิเคราะห์อุทกวิทยาเพื่อหาความต้องการด้านชลประทาน ธรณีวิทยา และวัสดุก่อสร้าง ด้านการใช้น้ำเพื่อการผลิตไฟฟ้า ด้านเศรษฐศาสตร์สังคม เป็นต้น เพื่อการประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา พบว่าโรงไฟฟ้าพลังน้ำควรตั้งอยู่บนฝั่งขวาของอาคารท่อส่งน้ำที่ระดับความสูง +155.20 ม.รทก. ปลอดภัยจากน้ำท่วม มีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 200 ตร.ม. อาคารสูงประมาณ 7.70 ม. ซึ่งประกอบด้วยห้องกังหันน้ำ ห้องควบคุม ห้องเบตเตอร์ และมีเครนเพื่อยกของขนาด 3 ตัน ตัวอาคารเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก หลังคาเป็น โครงเหล็ก และมีอาคารระบายน้ำ เพื่อปล่อยน้ำที่ผ่านเครื่องกังหันน้ำ แล้วลงคลองท้ายน้ำ โดยมีอุปกรณ์ที่จำเป็นดังนี้

(1) เครื่องกังหันน้ำ (Turbine) เครื่องกังหันน้ำที่เลือกใช้สำหรับโครงการมีรายละเอียดดังนี้

ชนิด	Horizontal Shaft Francis Turbine	
กำลังผลิต	1 x 105	กิโลวัตต์
หัวน้ำออกแบบ	16.42	ม.
อัตราการไหลต่อเครื่อง	0.76	ลบ.ม./วินาที
ประสิทธิภาพที่กำลังผลิตสูงสุด	89	(Overall efficiency)
ความเร็วรอบ	1,000	รอบ/นาที
ระดับน้ำออกแบบด้านท้ายน้ำ	+152.76 ม.ทรก.	

(2) เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)

ชนิด	3-phase, Horizontal Shaft A.C. Synchronous Generation	
จำนวน	1	ชุด
กำลังผลิตต่อชุด	1,500	กิโลวัตต์แอมแปร์
ความเร็วรอบ	เท่ากับความเร็วรอบของกังหันน้ำ	
แรงดันไฟฟ้า	3,300	โวลต์
ความถี่	50	Hz
Power Factor	0.80	
ประสิทธิภาพ ณ จุดออกแบบ	0.95	

โดยทั่วไป ขั้นตอนการดำเนินงานในการพัฒนาโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นศึกษาความเป็นไปได้ (Reconnaissance) ขั้นศึกษาความเหมาะสม (Feasibility study) ขั้นตอนแบบรายละเอียด (Detailed design) และขั้นก่อสร้างโครงการ (Construction) ซึ่งโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำห้วยป่าเลาได้ดำเนินศึกษาความเหมาะสมไปแล้วในการวิจัยการพัฒนาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ภายใต้งบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ดังนั้นเพื่อให้การดำเนินงานโรงไฟฟ้าพลังน้ำห้วยป่าเลาสามารถทำการก่อสร้างได้ จึงควรศึกษาออกแบบรายละเอียดให้เรียบร้อยก่อน ในงานวิจัยนี้จึงเน้นการวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อทบทวนการออกแบบโรงไฟฟ้าพลังน้ำห้วยป่าเลาและการศึกษารายละเอียดของโรงไฟฟ้าพลังน้ำห้วยป่าเลา เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับการวางแผนและผลักดันให้การดำเนินการการผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำขนาดเล็กอย่างเป็นรูปธรรม ลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ เพิ่มรายได้ให้กับประเทศชาติ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 1) เพื่อทบทวนศึกษาการออกแบบโรงไฟฟ้าพลังน้ำห้วยป่าเลา
- 2) เพื่อศึกษารายละเอียดของโรงไฟฟ้าพลังน้ำห้วยป่าเลา
- 3) เพื่อจัดทำรายงานที่เกี่ยวข้องของโรงไฟฟ้าพลังน้ำห้วยป่าเลา

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ขอบเขตด้านพื้นที่

เป็นการศึกษารายละเอียดของโรงไฟฟ้าพลังน้ำห้วยป่าเลา ตำบลป่าเลา อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

ขอบเขตด้านการจัดทำรายงานที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย

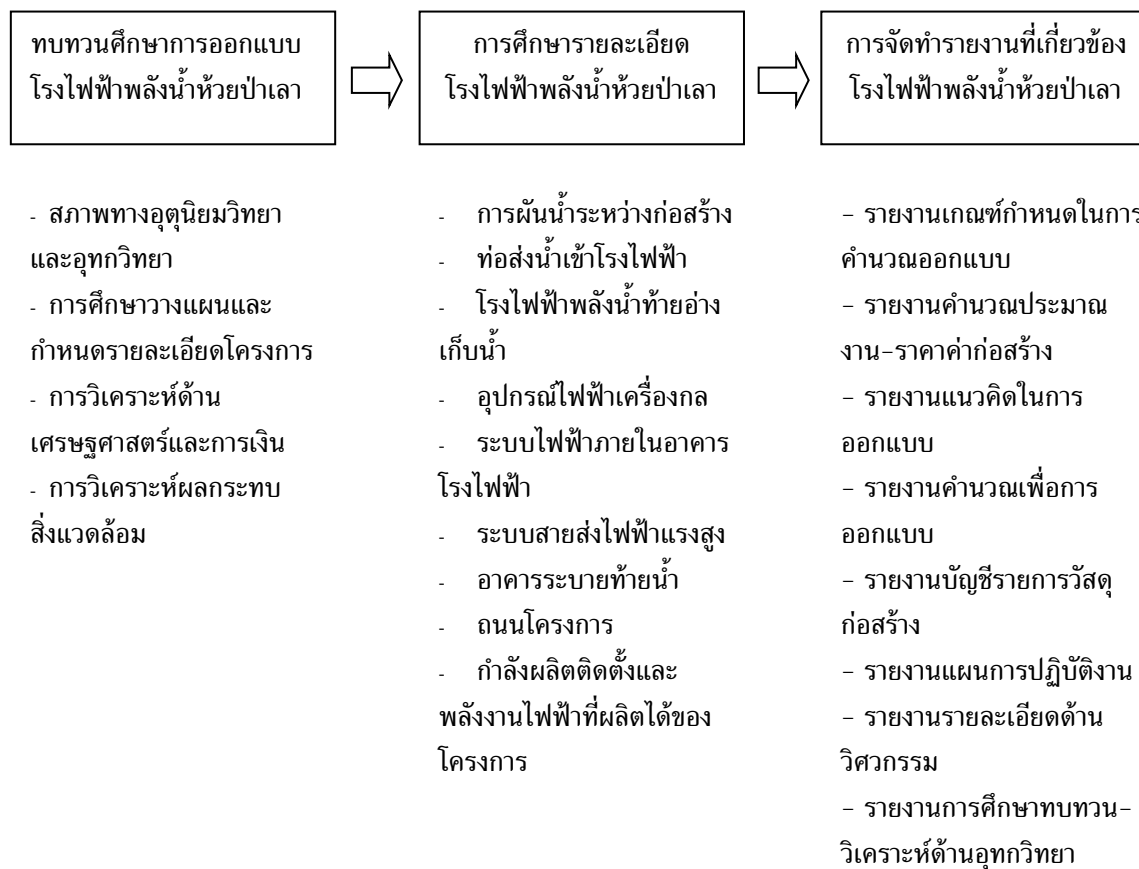
- รายงานเกณฑ์กำหนดในการคำนวณออกแบบ
- รายงานคำนวณประมาณงาน-ราคาก่อสร้าง
- รายงานแนวคิดในการออกแบบ
- รายงานคำนวณเพื่อการออกแบบ
- รายงานบัญชีรายการวัสดุก่อสร้าง
- รายงานแผนการปฏิบัติงาน
- รายงานรายละเอียดด้านวิศวกรรม
- รายงานการศึกษาทบทวน-วิเคราะห์ด้านอุทกวิทยา

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

กลุ่มเป้าหมายที่จะได้ประโยชน์โดยตรงได้แก่นักวิจัยและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการเตือนภัย ตลอดจนประชาชนทั่วไป โดยประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับคือ

- 1) ได้ฐานข้อมูลการวิจัยสำหรับการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับเตือนภัยแล้งของจังหวัดเพชรบูรณ์
- 2) ได้รูปแบบ ข้อจำกัด ปัญหาและอุปสรรคในการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับเตือนภัยแล้งของจังหวัดเพชรบูรณ์ของทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง
- 3) ได้กระบวนการและองค์ประกอบหลักของการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับเตือนภัยแล้งของจังหวัดเพชรบูรณ์ของทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง
- 4) ได้แนวทางการผันน้ำและแหล่งเก็บกักน้ำบริเวณที่ราบลุ่มเพื่อบรรเทาอุทกภัย และแก้ปัญหาวิกฤตการณ์น้ำ จากการขาดแคลนน้ำ ในลุ่มน้ำวังตามแนวทางปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

1.5 กรอบแนวความคิดของการวิจัย



รูปที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษารายละเอียดของโรงไฟฟ้าพลังน้ำห้วยป่าเลา มีแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

- 1) หลักเกณฑ์ในการวางแผนและคัดเลือกทางเลือกที่เหมาะสม
- 2) โครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำทำอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา
- 3) สรุปองค์ประกอบโครงการที่เหมาะสม
- 4) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักเกณฑ์ในการวางแผนและคัดเลือกทางเลือกที่เหมาะสม

2.1.1 เกณฑ์ในการวิเคราะห์วางแผนโครงการ

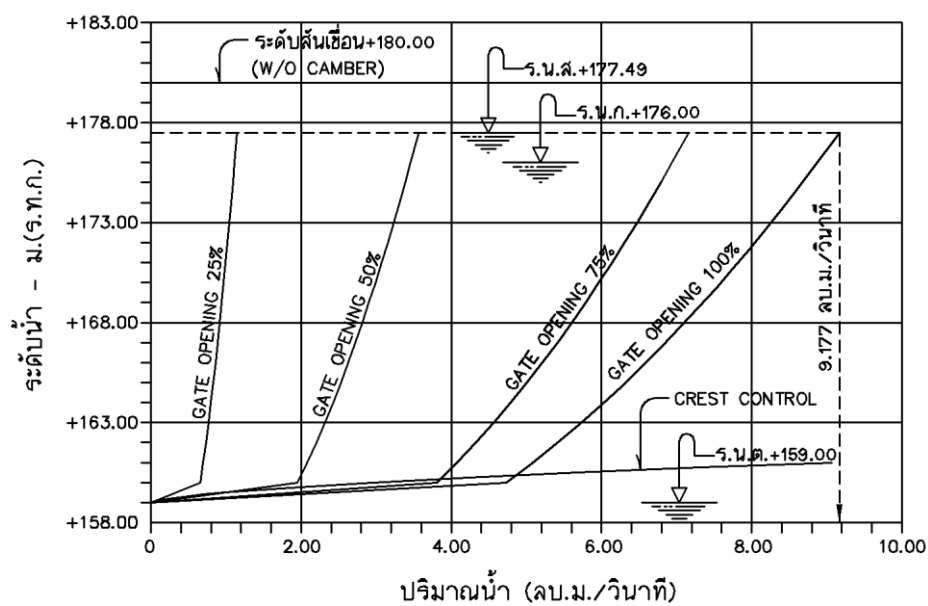
การวิเคราะห์วางแผนโครงการ เพื่อหาปริมาณพลังงานไฟฟ้าซึ่งผลิตได้ และสภาพการจัดการอ่างเก็บน้ำของโครงการประกอบด้วยข้อกำหนดต่างๆ ดังหัวข้อต่อไปนี้

- 1) ข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์

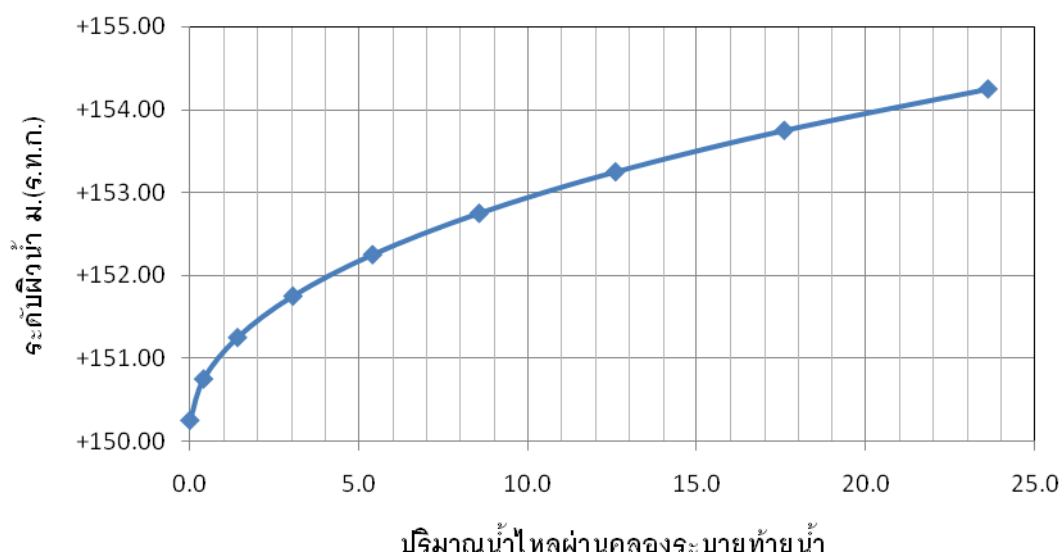
ในการวิเคราะห์หาพลังงานไฟฟ้าในเบื้องต้นมีการจัดเตรียมข้อมูลพื้นฐานของโครงการที่จะศึกษาในด้านต่างๆ ประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

- 1) สถิติปริมาณน้ำท่ารายเดือนไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ
- 2) ระดับน้ำรายเดือนในอ่างเก็บน้ำ
- 3) สถิติปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำรายเดือน ผ่านทางอาคารควบคุมน้ำต่างๆ
- 4) สถิติปริมาณน้ำล้นอ่างเก็บน้ำรายเดือนผ่านทางอาคารระบายน้ำล้นต่างๆ
- 5) สถิติพื้นที่เพาะปลูกพืชฤดูฝน/ฤดูแล้ง
- 6) โค้งความจุอ่างเก็บน้ำ
- 7) อัตราการไหลของอาคารควบคุมการระบายน้ำออกจากเขื่อนดังแสดงในรูปที่ 3.1
- 8) โค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับผิวน้ำกับปริมาณน้ำไหลผ่านคลองแสดงในรูปที่ 3.2
- 9) ข้อมูลความต้องการน้ำจากเขื่อนหรือปริมาณน้ำที่เขื่อนต้องจัดสรรให้แก่การใช้น้ำด้านต่างๆ โดยตรง เช่น การสูบน้ำโดยตรงจากอ่างเก็บน้ำ เป็นต้น
- 10) แผนการส่งน้ำหรือแผนการขยายพื้นที่การส่งน้ำในอนาคต

โค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำกับปริมาณน้ำ



รูปที่ 2.1 อัตราการไหลของอาคารระบายน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา



รูปที่ 2.2 โค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับผิวน้ำกับปริมาณน้ำไหลผ่านคลองระบายน้ำ

2) ความสูญเสียทางชลศาสตร์

ความสูญเสียทางชลศาสตร์ (Hydraulic Losses) ที่คำนวณคิดเฉพาะความสูญเสียในระบบท่อและอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ ข้องอ ประตุน้ำ และแรงเสียดทานเนื่องจากการไหล ทั้งนี้ไม่รวมการสูญเสียผ่านเครื่องกั้นน้ำ โดยความสูญเสียรวมทั้งหมดอยู่ในรูปของความสูญเสียหัวน้ำรวม (Total Head Losses) ดังสมการต่อไปนี้

$$H_L = h_f + h_e + h_o + h_m \quad (2.1)$$

เมื่อ H_L = ความสูญเสียหัวน้ำรวมทั้งหมด, ม.

h_f = ความสูญเสียรวมเนื่องจากแรงเสียดทานของท่อ, ม.

$$= f \frac{LV^2}{2gD}$$

L = ความยาวเส้นท่อ, ม.

V = ความเร็วของน้ำไหลในท่อ, ม./วินาที

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ 9.81 ม./วินาที²

D = เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อ, ม.

f = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานการไหล

$$= 124.5n^2 / D^{1/3}$$

n = สัมประสิทธิ์ของความขรุขระ

= 0.015 สำหรับท่อคอนกรีต

= 0.012 สำหรับท่อเหล็ก

h_e = ความสูญเสียที่ปากทางเข้า, ม.

$$= K_e \frac{V^2}{2g}$$

K_e = สัมประสิทธิ์ความสูญเสียที่ปากทางเข้าเท่ากับ 0.50

h_o = ความสูญเสียที่ปากทางออก, ม.

$$= K_o \frac{V^2}{2g}$$

K_o = สัมประสิทธิ์ความสูญเสียที่ปากทางออกเท่ากับ 0.50

h_m = ความสูญเสียรองเป็นความสูญเสียเนื่องจากอุปกรณ์ การเปลี่ยนทิศทางการไหล การเปลี่ยนขนาดท่อ เป็นต้น, ม.

3) ความสูงหัวน้ำออกแบบ

ความสูงหัวน้ำออกแบบจะพิจารณาจากค่าผลต่างระดับน้ำด้านท้ายน้ำที่อัตราการไหลออกแบบเครื่องกังหันน้ำกับค่าเฉลี่ยของระดับน้ำรายเดือนหน้าอ่างเก็บน้ำที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้มากที่สุด ทั้งนี้เพื่อให้ความสูงหัวน้ำที่ใช้เดินเครื่องกังหันน้ำได้ครอบคลุมค่าระดับน้ำสูงสุดต่ำสุดในอ่างเก็บน้ำโดยค่าความสูงหัวน้ำออกแบบจะเป็นค่าที่หักการสูญเสียเนื่องจากการไหลในระบบท่อส่งน้ำแล้ว

4) การประเมินพลังงานไฟฟ้า

กำลังผลิตติดตั้งของเครื่องกังหันน้ำคำนวณจากสมการ

$$P = 9.81 H_D Q_D n_g n_t \quad (2.2)$$

เมื่อ P = กำลังผลิตติดตั้ง, กิโลวัตต์

H_D = ความสูงหัวน้ำออกแบบ, ม.

Q_D = ปริมาณน้ำออกแบบ, ลบ.ม./วินาที

n_t = ประสิทธิภาพเครื่องกังหันน้ำ

n_g = ประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับค่าความสูงหัวน้ำและปริมาณน้ำท่าในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการข้างต้น ในขั้นตอนการเปรียบเทียบทางเลือกโครงการได้กำหนดค่าประสิทธิภาพเครื่องกังหันน้ำ 0.90 สำหรับกังหันน้ำชนิด Kaplan และ 0.89 สำหรับกังหันน้ำชนิด Francis ส่วนเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากำหนดค่าประสิทธิภาพที่ 0.95 โดยภายหลังจากได้ลักษณะองค์ประกอบโครงการที่เหมาะสมแล้วจะทำการทบทวนค่าประสิทธิภาพเครื่องกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอีกครั้งหนึ่ง

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้คำนวณจากสมการ

$$E = P_i NH \quad (2.3)$$

เมื่อ E = พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้, กิโลวัตต์-ชั่วโมง

P_i = กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้, กิโลวัตต์

NH = จำนวนชั่วโมงที่เดินเครื่องกังหันน้ำ, ชั่วโมง

5) หลักเกณฑ์เบื้องต้นในการพิจารณาทางเลือกโครงการ

หลักเกณฑ์เบื้องต้นในการพิจารณาทางเลือกโครงการมีรายละเอียดดังนี้

1) เนื่องจากห้วงงานโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลาเป็นเขื่อนเพื่อการเกษตรและอุปโภคบริโภคของกรมชลประทาน ดังนั้นการจัดสรรน้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลาในสภาพมีการก่อสร้างโรงไฟฟ้าท้ายอ่างเก็บน้ำจะยังเป็นไปตามแนวทางการจัดสรรน้ำเดิมของกรมชลประทาน และไม่ถือว่าปริมาณน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นความต้องการน้ำหลักที่อ่างเก็บน้ำต้องจัดสรรให้เป็นการเฉพาะเจาะจง เว้นแต่กรณีที่มีปริมาณน้ำเหลือมากพอหรือเป็นการระบายน้ำเพื่อลดระดับน้ำท่วมหน้าเขื่อน จึงจะนำปริมาณน้ำดังกล่าวมาผลิตกระแสไฟฟ้า

2) การก่อสร้างโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำจะต้องไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการใช้งานของโครงสร้างอาคารในปัจจุบันและไม่เป็นอุปสรรคต่อแผนงานในอนาคตของกรมชลประทาน

3) ทางเลือกในการพัฒนาโครงการที่จะพิจารณาประกอบด้วย ทางเลือกที่ตั้งโรงไฟฟ้า ระดับน้ำออกแบบเครื่องกังหันน้ำ ปริมาณน้ำออกแบบเครื่องกังหันน้ำ ขนาดท่อส่งน้ำเข้าโรงไฟฟ้า และจำนวนหน่วยผลิตไฟฟ้า จะพิจารณาเป็นลำดับขั้นดังนี้

3.1) ทางเลือกที่ตั้งโรงไฟฟ้า : พิจารณาให้สอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศปัจจุบัน และผลการออกแบบรายละเอียดห้วงงาน โดยได้กำหนดให้ตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้าไม่กระทบกับการใช้งานของเขื่อนและแผนงานในอนาคตของเขื่อนแต่ละแห่ง ในขั้นการพิจารณาทางเลือกโครงการได้กำหนดรูปแบบโรงไฟฟ้าและอาคารประกอบเพื่อใช้ประมาณราคาและวิเคราะห์ทางเลือกดังแสดงในภาคผนวก ก. ภายหลังจากได้คัดเลือกทางเลือกที่เหมาะสมแล้วจึงทำการทบทวนการออกแบบเบื้องต้นอีกครั้ง ดังแสดงรายละเอียดในบทที่ 6

3.2) ระดับน้ำออกแบบเครื่องกังหันน้ำ: ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำจะพิจารณาจากสถิติระดับน้ำรายวันและรายเดือนที่เก็บรวบรวมข้อมูลได้จากห้วงงานเขื่อนประกอบกับผลการวิเคราะห์แบบจำลองอ่างเก็บน้ำในสภาพอนาคต โดยกำหนดระดับน้ำออกแบบด้านเหนือน้ำจะพิจารณาให้ครอบคลุมค่าที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้มากที่สุด หรือเป็นค่าที่ทำให้เครื่องกังหันน้ำสามารถเดินเครื่องได้ครอบคลุมช่วงระดับน้ำสูงสุด-ต่ำสุดในอ่างเก็บน้ำได้มากที่สุด

3.3) ทางเลือกปริมาณน้ำออกแบบเครื่องกังหันน้ำ: พิจารณาจาก Flow duration ของปริมาณน้ำที่ระบายผ่านทางอาคารระบายน้ำลงสู่ลำน้ำด้านท้าย เพื่อกำหนดเป็นทางเลือกปริมาณน้ำออกแบบเครื่องกังหันน้ำและทำการคัดเลือกโดยวิธี Benefit-Cost Analysis ปริมาณน้ำออกแบบที่คัดเลือกได้ในขั้นตอนนี้จะกำหนดเป็นค่าปริมาณน้ำออกแบบที่เหมาะสมของโครงการ โดยในขั้นตอนนี้ขนาดท่อส่งน้ำสำหรับแต่ละปริมาณน้ำออกแบบจะกำหนดค่าความเร็วน้ำในท่อส่งน้ำประมาณ 3.5 เมตรต่อวินาที

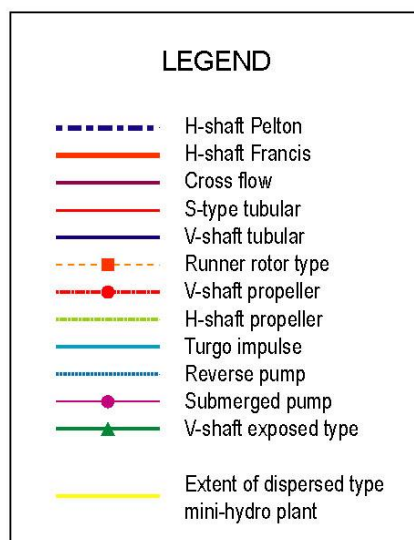
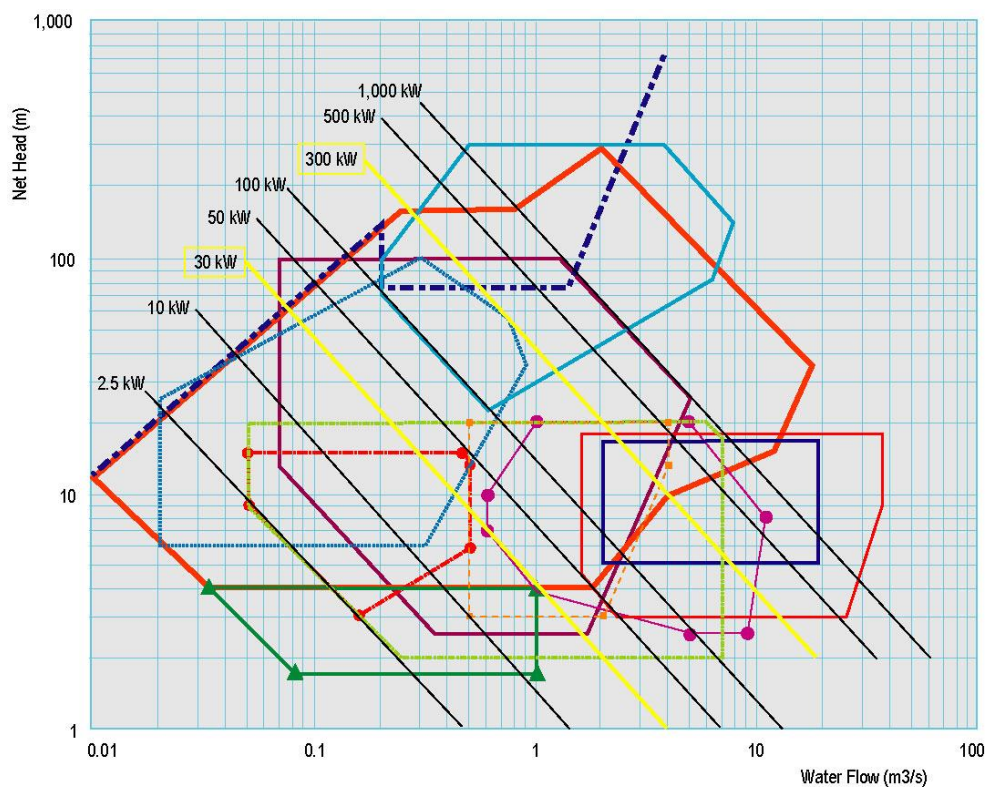
3.4) ทางเลือกขนาดท่อส่งน้ำที่เหมาะสม: ปริมาณน้ำออกแบบเครื่องกังหันน้ำในขั้นตอน 3.3 จะนำมาทบทวนกำหนดขนาดท่อส่งน้ำที่เหมาะสมของโครงการอีกครั้งหนึ่ง โดยเปรียบเทียบค่าลงทุนกับผลประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ ผลสรุปที่ได้จากขั้นตอนนี้จะได้เป็นปริมาณน้ำออกแบบขนาดท่อส่งน้ำและขนาดกำลังผลิตที่เหมาะสมของโครงการ

3.5) จำนวนหน่วยผลิตกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสม : ในการคัดเลือกรูปแบบประกอบโครงการเบื้องต้นจะพิจารณาจำนวนหน่วยผลิตกระแสไฟฟ้า 1 ชุด เมื่อได้ขนาดกำลังผลิตที่เหมาะสมของโครงการแล้วจะทำการเปรียบเทียบเพื่อกำหนดจำนวนชุดติดตั้งที่เหมาะสมกับขนาดกำลังผลิตดังกล่าวอีกครั้งหนึ่ง

4) ชนิดของเครื่องกังหันน้ำ กำหนดตามขนาดของความเร็วสูงหัวน้ำออกแบบและค่าปริมาณน้ำออกแบบโดยพิจารณาจากรูปที่ 3.3 แสดงการเลือกชนิดของเครื่องกังหันน้ำขนาดเล็ก ทั้งนี้จากการพิจารณาเบื้องต้นพบว่า ชนิดเครื่องกังหันน้ำที่เลือกใช้สำหรับโครงการนี้จะเป็นกังหันน้ำชนิด Kaplan หรือ กังหันน้ำ Francis ชนิดแกนนอน

5) ช่วงความเร็วของหัวน้ำที่เดินเครื่องกังหันน้ำได้สำหรับเครื่องกังหันน้ำประเภท Francis และ Kaplan อยู่ระหว่าง 65-125% ของความเร็วสูงหัวน้ำออกแบบ

6) ชนิดปริมาณน้ำเดินเครื่องกังหันน้ำได้สำหรับเครื่องกังหันน้ำประเภท Francis พิจารณาเท่ากับ 40-100% ของปริมาณน้ำออกแบบเครื่องกังหันน้ำ และพิจารณาเท่ากับ 30-100% ของปริมาณน้ำออกแบบเครื่องกังหันน้ำชนิด Kaplan



รูปที่ 2.3 แสดงการเลือกเครื่องกังหันน้ำขนาดเล็ก

2.1.2 เกณฑ์ในการประมาณราคาโครงการ

การประมาณราคาโครงการได้ใช้ราคาต่อหน่วยดังแสดงใน ตารางที่ 3.1 ซึ่งได้จากการทบทวนราคางานก่อสร้างโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ในอดีตและปรับเป็นราคาปัจจุบัน ณ ปี พ.ศ.2555 โดยพิจารณาราคางานตามลักษณะประเภทของงานด้านต่างๆ คือ

1) งานเตรียมงานก่อสร้าง เป็นงานจัดเตรียมพื้นที่บริเวณที่ก่อสร้างสถานที่เก็บวัสดุระหว่างก่อสร้างรวมถึงงานผันน้ำระหว่างก่อสร้างเพื่อให้การทำงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 2.1 ราคาต่อหน่วยที่ใช้ในการประมาณราคาโครงการ

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ราคา (บาท)
1	งานขุดลอกหน้าดินพร้อมขนย้าย	ลบ.ม.	25
2	งานขุดดิน	ลบ.ม.	60
3	งานดินถมบดอัด	ลบ.ม.	100
4	งานหินถม	ลบ.ม.	650
5	คอนกรีตโครงสร้าง	ลบ.ม.	7,500
6	คอนกรีตหยาบ	ลบ.ม.	3,200
7	เหล็กเสริมคอนกรีต	ตัน	3,800
8	Geotextile	ตร.ม.	120
9	ถนนโครงการ	ตร.ม.	500
10	ท่อส่งน้ำ/ท่อเหล็ก	ตัน	51,030
11	บานประตูน้ำ	ตัน	51,030
12	หลังคา	ตร.ม.	1,500
13	อิฐก่อฉาบผิว	ตร.ม.	210
14	งานอุปกรณ์ไฟฟ้า-เครื่องกล	กิโลวัตต์	30,000-60,000
15	งานระบบสายส่ง 22 Kv	กม.	1,600,000

2) งานโยธา ประกอบด้วย งานเชื่อมต่อท่อส่งน้ำกับอาคารระบายน้ำเดิม งานวางท่อส่งน้ำ อาคารวางท่อส่งน้ำ โรงไฟฟ้า ลานไถไฟฟ้า อาคารบ้านพักพนักงาน และถนนเข้าโครงการ

3) งานอุปกรณ์ชลศาสตร์ ประกอบด้วย งานประตูน้ำท้ายจุดแยกท่อสำหรับใช้บำรุงรักษาท่อส่งน้ำ งานท่อส่งน้ำรับแรงดัน และวาล์วลดแรงดันน้ำ

- 4) งานเครื่องจักรกลไฟฟ้า ประกอบด้วย เครื่องกังหันน้ำ อุปกรณ์ควบคุม (Turbine & Governor) เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และหม้อแปลงไฟฟ้า (Generator & Transformer)
- 5) ระบบสายส่งไฟฟ้า ประกอบด้วย หม้อแปลงปรับแรงดันไฟฟ้า เสาไฟฟ้า และสายส่งจากโรงไฟฟ้าไปยังสายส่งหลักของ กฟภ. ที่อยู่ใกล้บริเวณโรงไฟฟ้าท้ายเขื่อน
- 6) ค่าวิศวกรที่ปรึกษาควบคุมงาน เพื่อเป็นค่าจ้างบริษัทที่ปรึกษาควบคุมงานก่อสร้าง และค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในระหว่างก่อสร้าง คิด 5 เปอร์เซ็นต์ของงานในหัวข้อ (2) ถึงหัวข้อ (5)
- 7) ค่าดำเนินการ คิดในอัตรา 3 เปอร์เซ็นต์ของงานในหัวข้อ (2) ถึงหัวข้อ (5)
- 8) ราคาสำรองเผื่อขาด เพื่อเป็นค่าใช้จ่ายสำรองของงานต่างๆ คิด 100% ของราคางานในหัวข้อ (2) ถึง (5)

2.1.3 เกณฑ์ในการประเมินผลตอบแทนโครงการ

ผลตอบแทนโครงการไฟฟ้าพลังน้ำทำอย่างเก็บน้ำสำหรับการวางแผนในขั้นนี้คิดผลประโยชน์ด้านไฟฟ้าและผลประโยชน์จากการขายคาร์บอนเครดิต

1) ผลประโยชน์ด้านไฟฟ้า ผลประโยชน์ของโครงการในขั้นการคัดเลือกทางเลือกโครงการคิดเทียบกับโรงไฟฟ้าแก๊สเทอร์ไบน์ ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงดังนี้

(1) ต้นทุนค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้า (ด้านเศรษฐศาสตร์)	13,515	บาท/กิโลวัตต์
(2) ต้นทุนค่าก๊าซธรรมชาติ	2.10	บาท/หน่วย
(3) ค่าบำรุงรักษาและดำเนินการ	0.13	บาท/หน่วย
(4) อายุการใช้งานโรงไฟฟ้าแก๊สเทอร์ไบน์	20	ปี
(5) ระยะเวลาก่อสร้างโรงไฟฟ้าแก๊สเทอร์ไบน์	2	ปี

2) ผลประโยชน์จากการขายคาร์บอนเครดิต คิดจากราคาขายคาร์บอนเครดิตในตลาดคาร์บอนเฉลี่ย ณ ปัจจุบันเป็นราคาด้านเศรษฐศาสตร์เท่ากับ 1,194.18 บาท/ตัน CO₂

2.1.4 เกณฑ์ในการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อเปรียบเทียบหาโครงการที่ให้ผลประโยชน์สุทธิสูงสุดจากทางเลือกต่างๆ ใช้วิธีวิเคราะห์อัตราส่วนลด (Discounting Cash Flow Technique) ที่อัตราส่วนลด 8% และพิจารณาค่าตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ อัตราผลตอบแทนโครงการ (EIRR), ผลประโยชน์สุทธิ (B-C) และค่าผลประโยชน์ต่อทุน (B/C) โดยยึดหลักในการวิเคราะห์ดังนี้

- 1) เงินลงทุนโครงการยึดปีฐานที่ปี 2552 โดยไม่รวมค่าภานำเข้าอุปกรณ์ ค่าดอกเบี้ย และค่าเงินเพื่อ และไม่คิดการเปลี่ยนแปลงของราคาวัสดุที่จะเกิดขึ้นในอนาคต
- 2) ระยะเวลาก่อสร้างโครงการเท่ากับ 2 ปี

3) การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ได้เปลี่ยนราคาทางการเงิน เป็นราคาด้านเศรษฐศาสตร์ โดยใช้แฟกเตอร์ปรับค่าดังนี้

(1) งานโยธาและเตรียมงาน	0.88
(2) งานเครื่องจักรกลไฟฟ้าพลังน้ำ	0.84
(3) งานระบบสายส่งไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้า	0.92
(4) งานที่ปรึกษาและค่าดำเนินการ	0.94

4) อายุการใช้งานทางด้านเศรษฐศาสตร์

องค์ประกอบต่างๆ ของโครงการมีอายุการใช้งานที่ต่างกัน องค์ประกอบด้านงานโยธามีอายุใช้งานเท่ากับอายุโครงการ ในขณะที่องค์ประกอบบางอย่างมีอายุการใช้งานสั้นกว่า เมื่อทำการเปลี่ยนอุปกรณ์เหล่านี้จะถือเป็นค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าก่อสร้างทดแทน (Replacement Cost) โดยอายุการใช้งานองค์ประกอบแต่ละประเภทมีดังนี้

(1) งานด้านโยธา	อายุการใช้งาน	50	ปี
(2) งานเครื่องจักรกลไฟฟ้าพลังน้ำ	อายุการใช้งาน	50	ปี
(3) งานระบบสายส่งไฟฟ้า	อายุการใช้งาน	50	ปี
(4) งานอุปกรณ์ลานไถไฟฟ้า	อายุการใช้งาน	50	ปี
(5) งานอุปกรณ์ทางด้านชลศาสตร์	อายุการใช้งาน	50	ปี

5) ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา

ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาในแต่ละปี ประกอบด้วย เงินเดือน ค่าจ้าง ค่าอุปกรณ์ในสำนักงาน ค่าอุปกรณ์ในการบำรุงรักษา ฯลฯ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาที่ได้รวบรวมข้อมูลจากโครงการอื่นๆ สรุปได้ดังนี้

(1) งานด้านโยธา	1.0	เปอร์เซ็นต์ของราคางาน
(2) งานเครื่องจักรกลไฟฟ้าพลังน้ำ	2.5	เปอร์เซ็นต์ของราคางาน
(3) งานระบบสายส่งไฟฟ้า	1.0	เปอร์เซ็นต์ของราคางาน
(4) งานอุปกรณ์ชลศาสตร์	1.0	เปอร์เซ็นต์ของราคางาน
(5) งานอุปกรณ์ลานไถไฟฟ้า	2.0	เปอร์เซ็นต์ของราคางาน

2.2 โครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำทำอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเล

2.2.1 การศึกษาสภาพการจัดการน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเล

(1) กิจกรรมการใช้น้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเล

โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลเป็นโครงการที่กรมชลประทานกำหนดอยู่ในแผนหลักการพัฒนาลุ่มน้ำป่าสัก ตามพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้พระราชทานให้กรมชลประทานพิจารณา เก็บกักน้ำตอนบนของลำน้ำสาขาแม่น้ำป่าสักไว้ให้มาก เพื่อใช้ด้านการเกษตรและป้องกันอุทกภัยเนื่องจากน้ำเหนือเขื่อนป่าสัก มีปริมาณมากและพิจารณาจัดเก็บให้เหมาะสม กรมชลประทานได้สนองพระราชดำริ โดยบรรจุโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเล ไว้ในแผนงานระยะเร่งด่วนของโครงการพัฒนาแหล่งน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักตอนบนเหนือเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ ประกอบกับกรมชลประทาน ได้รับการร้องเรียนจากประชาชนหมู่ที่ 3 ต.ป่าเล อ.เมืองเพชรบูรณ์ ขอให้ช่วยก่อสร้างฝายคอนกรีตเสริมเหล็กเก็บกักน้ำเพื่อช่วยเหลือในการทำนาและภาคเกษตรอื่นๆ

โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเล มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยบรรเทาอุทกภัยให้แก่ประชาชนที่อยู่อาศัยในเขตเทศบาลเมืองเพชรบูรณ์และพื้นที่ใกล้เคียง เป็นแหล่งน้ำต้นทุนสำรองเสริมพื้นที่ชลประทานโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเล ซึ่งเป็นแหล่งผลิตน้ำดิบที่สำคัญของจังหวัดสำหรับใช้ในการอุปโภค - บริโภค การผลิตน้ำประปาและทำการเกษตร และเป็นแหล่งแพร่พันธุ์ปลาน้ำจืดให้ประชาชนได้บริโภค รวมทั้งเป็นแหล่งท่องเที่ยวของจังหวัดเพชรบูรณ์ที่สวยงามอีกแห่งหนึ่ง ทำการกำหนดพื้นที่เป้าหมายของโครงการไว้ 1,000 ไร่ ดังแสดงในรูปที่ 3.4 ครอบคลุมพื้นที่ตำบลป่าเล อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ในการศึกษากิจกรรมการใช้น้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลจะพิจารณาการใช้น้ำของพื้นที่เพื่อการเกษตร และพิจารณาค่าการใช้น้ำอุปโภค-บริโภค

(2) การวิเคราะห์สมดุลอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเล

ในการศึกษาวิเคราะห์สมดุลอ่างเก็บน้ำใช้หลักสมดุลของปริมาณน้ำโดยจะต้องมีการจัดการอ่างเก็บน้ำให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำที่อ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำที่สูญเสียจากอ่างเก็บน้ำและปริมาณน้ำที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำตามวัตถุประสงค์ต่างๆ เช่น การชลประทาน อุปโภค-บริโภค การผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น

$$S_i = S_i + I_i - Q_i - E_i \quad (2.4)$$

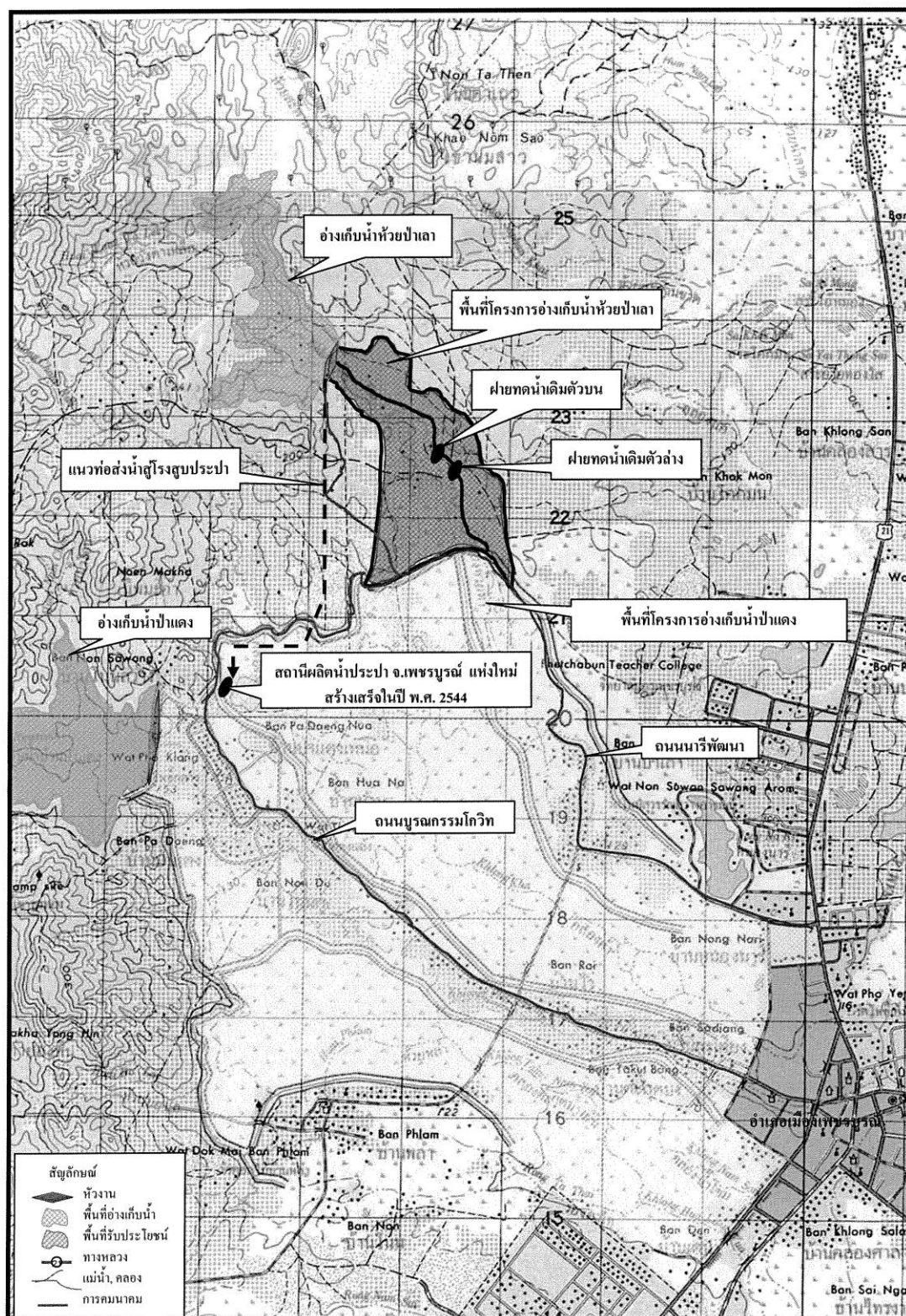
เมื่อ S_i = ปริมาตรเก็บกักในอ่างเก็บน้ำที่ปลายคาบเวลาปัจจุบัน i

S_{i-1} = ปริมาตรเก็บกักในอ่างเก็บน้ำที่ปลายคาบเวลาที่ผ่านมา $i-1$

I_i = ปริมาตรน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำระหว่างคาบเวลา i

Q_i = ปริมาตรน้ำที่ปล่อยออกจากอ่างเก็บน้ำระหว่างคาบเวลา i

E_i = ปริมาตรน้ำที่สูญเสียเนื่องจากการระเหยสุกและรั่วซึมระหว่างคาบเวลา i



รูปที่ 2.4 พื้นที่ชลประทานเป้าหมายของอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเถา

การวิเคราะห์สมดุลน้ำของอ่างเก็บน้ำ มีเกณฑ์การวิเคราะห์ ดังนี้

- 1) การใช้น้ำอุปโภค-บริโภค จะไม่ยอมให้มีการขาดแคลนน้ำ
- 2) การใช้น้ำชลประทานเพื่อการเพาะปลูก ยอมให้มีการขาดแคลนน้ำได้ไม่เกินร้อยละ 20 ของปริมาณความต้องการน้ำรายเดือน จากช่วงข้อมูลที่วิเคราะห์ 30 ปี (1983-2012)

3) การจ่ายน้ำของอ่างเก็บน้ำจะจ่ายน้ำเพื่อการเกษตรและอุปโภคบริโภคเป็นหลัก ปริมาณน้ำที่เหลือค้างในอ่างแต่ละเดือนจะสงวนไว้เพื่อสำรองใช้ในเดือนถัดไปตามแผนการบริหารจัดการน้ำของกรมชลประทานจะไม่มีการปล่อยน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มเติมเกินกว่าปริมาณน้ำเพื่อการชลประทาน ยกเว้นในกรณีที่ระบายน้ำหลากในช่วงฤดูฝน

4) การวิเคราะห์สมดุลอ่างเก็บน้ำในขั้นต้นจะทำการจำลองสถานการณ์น้ำระยะยาว เพื่อศึกษาศักยภาพการจัดสรรน้ำของอ่างเก็บน้ำตามวัตถุประสงค์ของกรมชลประทาน จากนั้นจึงนำค่าระดับน้ำและปริมาณน้ำที่ระบายผ่านอาคารระบายน้ำท้ายน้ำแต่ละเดือนไปพิจารณาค่าพลังงานไฟฟ้าต่อไป

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์สมดุลน้ำ ประกอบด้วย

- 1) ปริมาณน้ำท่าไหลเข้าอ่างเก็บน้ำและปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าพื้นที่ท้ายน้ำที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า ดังแสดงในตารางที่ 3.2
- 2) ปริมาณน้ำชลประทานเป้าหมายของโครงการเป็นพื้นที่ปลูกข้าว พืชไร่ พืชผักและไม่ผลยืนต้นที่มีศักยภาพในการส่งน้ำในอนาคตสุทธิประมาณ 1,000 ไร่
- 3) ปริมาณน้ำต้องการด้านชลประทานรายเดือน กำหนด ตามแผนการปลูกพืชของโครงการ
- 4) ปริมาณน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภคที่ต้องการจากอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา พิจารณาจากความต้องการน้ำ อุปโภค-บริโภคในอนาคต ของชุมชนท้องถิ่นและเพื่อการประปาในเขตพื้นที่ส่งน้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลามีค่าเท่ากับ 4.99 ล้าน ลบ.ม./ปี
- 5) แผนภูมิระบบสมดุลน้ำของอ่างเก็บน้ำดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.5
- 6) โค้งความจุเก็บกัก-ระดับน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา แสดงไว้ในรูปที่ 3.6

ผลการวิเคราะห์สมดุลอ่างเก็บน้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา พบว่า ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมีค่า 10.76 ล้าน ลบ.ม./ปี ซึ่งอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลาสามารถจัดสรรน้ำ ให้แก่ การใช้น้ำอุปโภคบริโภคท้ายอ่างเก็บน้ำและพื้นที่การเกษตรเป้าหมาย จำนวน 1,000 ไร่ ได้อย่างเพียงพอ โดยมีปริมาณน้ำที่จัดสรรสรุปดังนี้

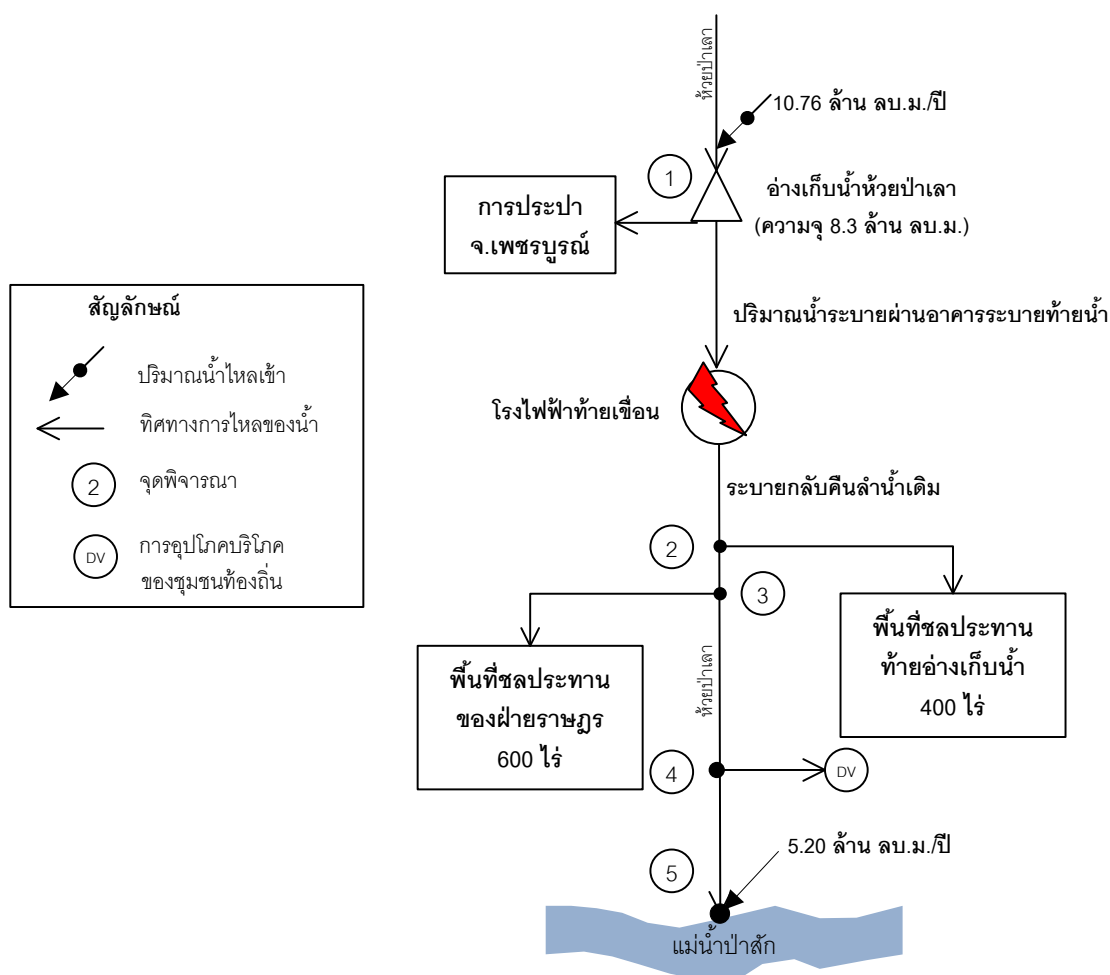
- 1) ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ
- 2) ปริมาณน้ำท่าระบายผ่านทางอาคารระบายน้ำท้ายน้ำ

- เพื่อการอุปโภค-บริโภคชุมชนท้องถิ่น	0.19	ล้านลบ.ม./ปี
- เพื่อการประปา จังหวัดเพชรบูรณ์	4.80	ล้านลบ.ม./ปี
- พื้นที่การเกษตรเป้าหมาย 1,000 ไร่	1.98	ล้านลบ.ม./ปี

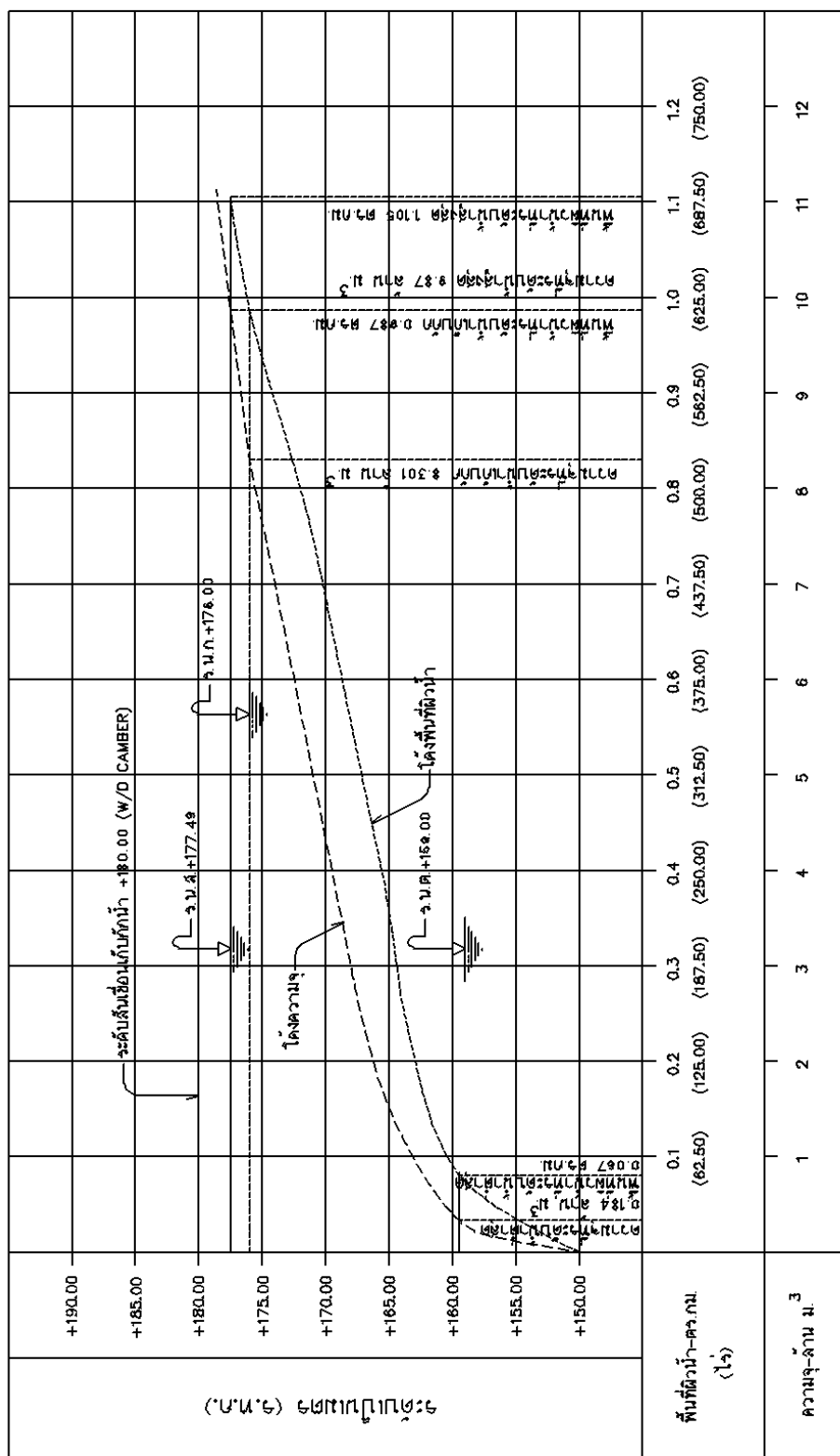
ตารางที่ 2.2 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา

ระดับเก็บกักสูงสุด	+177.49	ม.รทก.	ปริมาตรเก็บกักสูงสุด	9.87	ล้าน ลบ.ม.
ระดับเก็บกักปกติ	+176.00	ม.รทก.	ปริมาตรเก็บกักปกติ	8.30	ล้าน ลบ.ม.
ระดับเก็บกักต่ำสุด	+159.00	ม.รทก.	ปริมาตรเก็บกักต่ำสุด	0.564	ล้าน ลบ.ม.

ปี พ.ศ.	ปริมาณน้ำท่า (ล้าน ลบ.ม.)												
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	รายปี
2526	0.05	0.21	0.59	0.48	1.46	2.32	1.32	0.33	0.22	0.21	0.18	0.21	7.58
2527	0.15	0.80	1.88	1.21	1.17	3.96	3.39	0.55	0.27	0.18	0.22	0.09	13.87
2528	1.09	0.90	0.48	1.61	0.85	1.46	2.07	0.85	0.31	0.11	0.07	0.04	9.84
2529	0.07	1.21	1.13	2.61	1.90	2.93	0.37	0.58	0.41	0.24	0.15	0.18	11.78
2530	0.18	0.24	0.16	0.10	1.88	2.37	2.01	0.65	0.29	0.15	0.14	0.12	8.29
2531	0.16	0.92	0.93	0.80	1.54	1.45	2.24	0.63	0.30	0.18	0.15	0.16	9.46
2532	0.31	1.07	1.21	2.00	1.19	1.68	2.12	0.73	0.36	0.20	0.13	0.38	11.38
2533	0.12	1.79	1.79	4.07	1.93	2.87	2.05	0.99	0.51	0.27	0.19	0.22	16.80
2534	0.12	0.15	0.10	0.56	1.65	5.29	1.25	0.62	0.40	0.29	0.23	0.18	10.84
2535	0.50	0.18	0.13	1.50	0.90	2.02	1.15	0.38	0.33	0.21	0.07	0.12	7.49
2536	0.06	0.22	0.15	0.89	1.55	2.78	1.21	0.73	0.44	0.29	0.21	0.25	8.78
2537	0.25	0.45	0.67	0.37	1.30	1.53	1.83	0.29	0.19	0.18	0.17	0.19	7.42
2538	0.08	1.16	0.71	1.87	2.95	3.64	1.35	0.49	0.23	0.11	0.11	0.33	13.03
2539	0.42	0.67	1.32	0.73	1.50	7.37	1.97	0.91	0.53	0.26	0.09	0.19	15.96
2540	0.09	0.10	0.12	0.88	1.22	2.95	2.78	0.41	0.26	0.12	0.08	0.11	9.12
2541	0.36	0.22	0.24	0.43	1.59	1.41	0.56	0.44	0.33	0.17	0.07	0.09	5.91
2542	0.73	1.17	1.33	2.01	1.42	4.14	1.29	1.03	0.53	0.22	0.20	0.25	14.32
2543	0.48	1.14	2.63	2.85	1.75	3.95	2.23	0.63	0.32	0.10	0.11	0.32	16.51
2544	0.36	1.34	0.67	2.10	1.24	2.19	1.67	0.76	0.39	0.24	0.17	0.18	11.31
2545	0.26	0.28	0.71	0.46	0.95	1.54	2.23	0.35	0.22	0.11	0.11	0.27	7.49
2546	0.14	0.37	0.27	0.40	0.62	2.07	1.41	0.51	0.25	0.20	0.13	0.10	6.47
2547	0.12	0.18	0.23	0.29	0.88	2.12	1.50	0.99	0.55	0.29	0.23	0.27	7.65
2548	0.11	0.25	0.36	1.34	1.43	3.25	1.96	0.97	0.49	0.26	0.24	0.33	10.99
2549	0.44	2.15	1.05	1.96	1.28	2.30	1.02	0.45	0.25	0.21	0.09	0.13	11.33
2550	0.24	2.31	1.08	0.97	2.06	1.24	0.30	0.74	0.45	0.26	0.20	0.16	10.01
2551	0.11	0.28	0.28	6.57	2.63	2.41	0.40	0.60	0.31	0.27	0.24	0.06	14.16
2552	0.19	0.32	1.94	0.70	1.61	1.37	0.59	0.17	0.11	0.03	0.00	0.06	7.09
2553	0.22	0.59	2.53	2.22	2.80	5.12	1.38	0.56	0.28	0.11	0.04	0.01	15.86
2554	0.15	0.17	0.77	1.69	3.48	1.60	1.27	0.88	0.55	0.46	0.33	0.28	11.63
2555	0.13	0.16	0.22	0.22	0.51	3.55	1.67	0.54	0.27	0.13	0.05	0.03	7.48
ค่าเฉลี่ย	0.26	0.70	0.86	1.46	1.57	2.76	1.55	0.63	0.35	0.20	0.15	0.18	10.66
ค่าสูงสุด	1.09	2.31	2.63	6.57	3.48	7.37	3.39	1.03	0.55	0.46	0.33	0.38	16.80
ค่าต่ำสุด	0.05	0.10	0.10	0.10	0.51	1.24	0.30	0.17	0.11	0.03	0.00	0.01	5.91



รูปที่ 2.5 แผนภูมิวิเคราะห์สมดุลอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา



รูปที่ 2.6 โค้งความจุเก็บกัก ระดับน้ำ พื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา

(3) ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา

ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลผ่านทางอาคารระบายน้ำจากผลการวิเคราะห์สมมูลน้ำในระยะยาว จะใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ของโครงการโรงไฟฟ้าทำอ่างเก็บน้ำดังแสดงในตารางที่ 3.3 ปริมาณน้ำที่แสดงในตารางดังกล่าวได้หักค่าปริมาณน้ำที่ไหลล้น เนื่องจากเกินความสามารถของอาคารระบายน้ำ และปริมาณน้ำที่ใช้เพื่อการประปา จังหวัดเพชรบูรณ์ ออกแล้ว โดยมีค่าปริมาณน้ำระบายผ่านอาคารระบายน้ำที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้เฉลี่ยประมาณ 5.86 ล้านลบ.ม./ปี ข้อมูลดังกล่าวได้นำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของเวลากับอัตราการระบายน้ำผ่านท่อดังแสดงในรูปที่ 3.7 ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำออกแบบเครื่องกั้นน้ำ

(4) ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเล

จากผลการวิเคราะห์สมมูลน้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลได้นำข้อมูลระดับน้ำรายเดือนที่ได้จากการจำลองสภาพการจ่ายน้ำของอ่างเก็บน้ำมาวิเคราะห์หาโอกาสในการเกิดแสดงในรูปที่ 3.8 สรุปดังต่อไปนี้

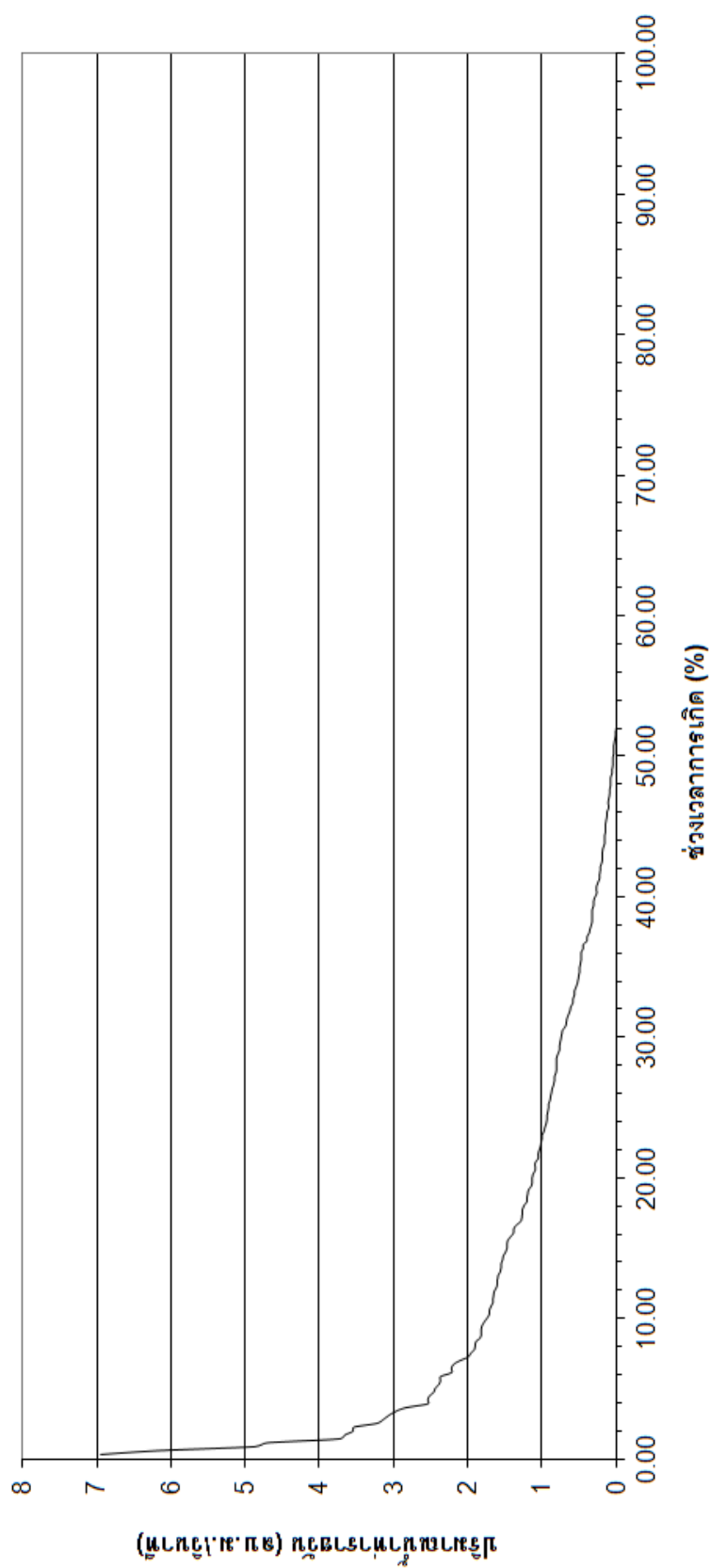
ระดับน้ำ	% ที่ค่าระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลจะสูงกว่าหรือเท่ากับค่าที่ระบุในตาราง										
(ม.รทก.)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
รายเดือน	175.59	175.40	175.32	175.23	175.00	174.85	174.75	174.72	174.68	173.78	171.46

โดยทั่วไประดับน้ำออกแบบเครื่องกั้นน้ำมีค่าอยู่ประมาณ 2/3 เท่าของผลต่างระหว่างค่าระดับน้ำเก็บกักกับค่าระดับน้ำต่ำสุด สำหรับโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลจะมีค่าอยู่ประมาณระดับ +170.33 ม.ทก. เมื่อพิจารณาจากตารางข้างต้น พบว่า ควรกำหนดค่าระดับน้ำออกแบบเครื่องกั้นน้ำไว้ที่ระดับ +174.00 ม.ทก. ซึ่งจะมีโอกาสเกิดขึ้นไม่น้อยกว่า 80% ของระดับน้ำทั้งปี

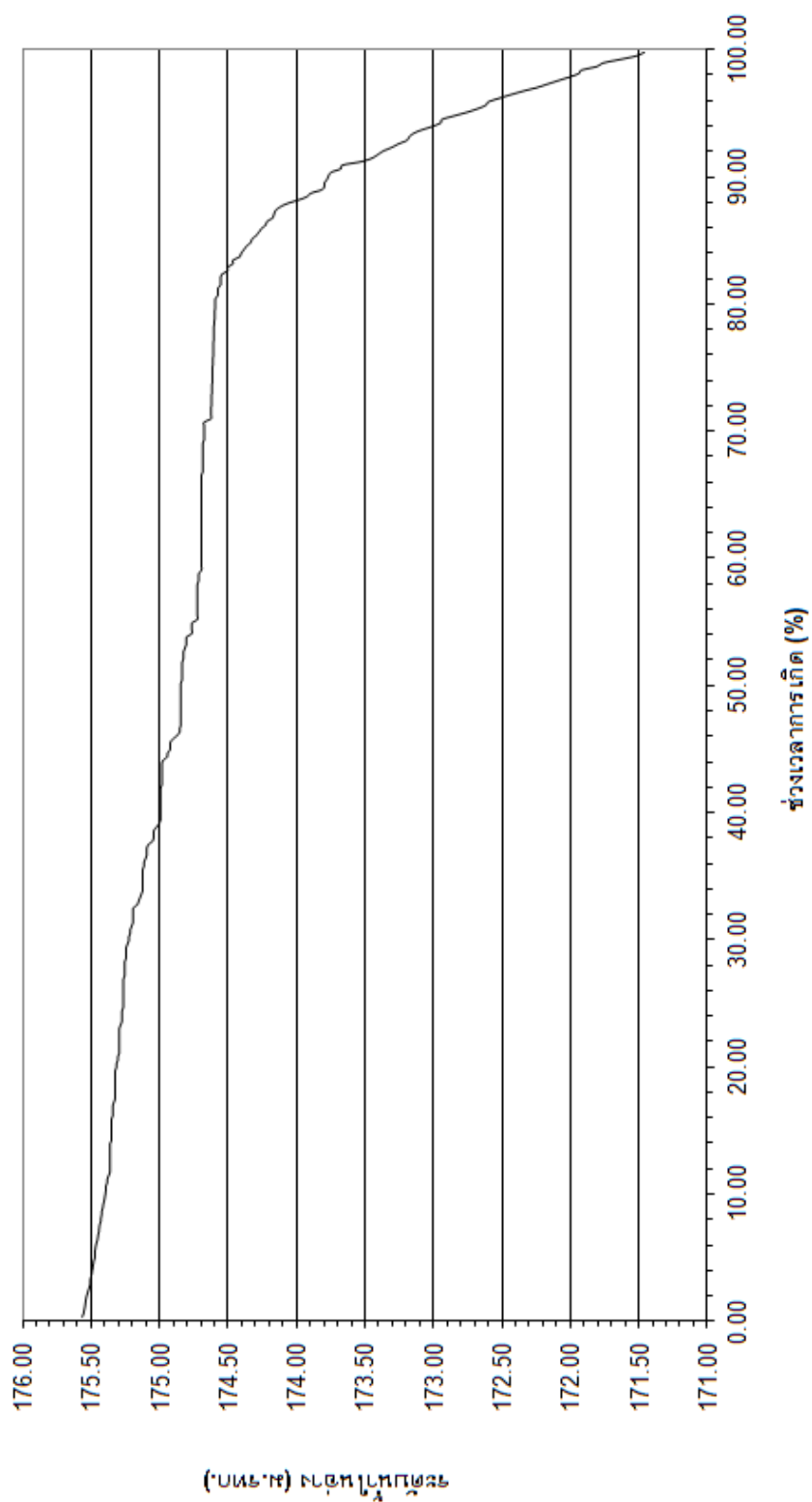
ตารางที่ 2.3 ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเถาผ่านทางอาคารระบายน้ำ

หน่วย : ล้าน ลบ.ม.

ปี	ปริมาณน้ำท่า (ล้าน ลบ.ม.)													
	พ.ศ.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	รายปี
2526		0.05	0.21	0.59	0.48	1.46	2.32	1.32	0.33	0.22	0.21	0.18	0.21	7.58
2527		0.15	0.80	1.88	1.21	1.17	3.96	3.39	0.55	0.27	0.18	0.22	0.09	13.87
2528		1.09	0.90	0.48	1.61	0.85	1.46	2.07	0.85	0.31	0.11	0.07	0.04	9.84
2529		0.07	1.21	1.13	2.61	1.90	2.93	0.37	0.58	0.41	0.24	0.15	0.18	11.78
2530		0.18	0.24	0.16	0.10	1.88	2.37	2.01	0.65	0.29	0.15	0.14	0.12	8.29
2531		0.16	0.92	0.93	0.80	1.54	1.45	2.24	0.63	0.30	0.18	0.15	0.16	9.46
2532		0.31	1.07	1.21	2.00	1.19	1.68	2.12	0.73	0.36	0.20	0.13	0.38	11.38
2533		0.12	1.79	1.79	4.07	1.93	2.87	2.05	0.99	0.51	0.27	0.19	0.22	16.80
2534		0.12	0.15	0.10	0.56	1.65	5.29	1.25	0.62	0.40	0.29	0.23	0.18	10.84
2535		0.50	0.18	0.13	1.50	0.90	2.02	1.15	0.38	0.33	0.21	0.07	0.12	7.49
2536		0.06	0.22	0.15	0.89	1.55	2.78	1.21	0.73	0.44	0.29	0.21	0.25	8.78
2537		0.25	0.45	0.67	0.37	1.30	1.53	1.83	0.29	0.19	0.18	0.17	0.19	7.42
2538		0.08	1.16	0.71	1.87	2.95	3.64	1.35	0.49	0.23	0.11	0.11	0.33	13.03
2539		0.42	0.67	1.32	0.73	1.50	7.37	1.97	0.91	0.53	0.26	0.09	0.19	15.96
2540		0.09	0.10	0.12	0.88	1.22	2.95	2.78	0.41	0.26	0.12	0.08	0.11	9.12
2541		0.36	0.22	0.24	0.43	1.59	1.41	0.56	0.44	0.33	0.17	0.07	0.09	5.91
2542		0.73	1.17	1.33	2.01	1.42	4.14	1.29	1.03	0.53	0.22	0.20	0.25	14.32
2543		0.48	1.14	2.63	2.85	1.75	3.95	2.23	0.63	0.32	0.10	0.11	0.32	16.51
2544		0.36	1.34	0.67	2.10	1.24	2.19	1.67	0.76	0.39	0.24	0.17	0.18	11.31
2545		0.26	0.28	0.71	0.46	0.95	1.54	2.23	0.35	0.22	0.11	0.11	0.27	7.49
2546		0.14	0.37	0.27	0.40	0.62	2.07	1.41	0.51	0.25	0.20	0.13	0.10	6.47
2547		0.12	0.18	0.23	0.29	0.88	2.12	1.50	0.99	0.55	0.29	0.23	0.27	7.65
2548		0.11	0.25	0.36	1.34	1.43	3.25	1.96	0.97	0.49	0.26	0.24	0.33	10.99
2549		0.44	2.15	1.05	1.96	1.28	2.30	1.02	0.45	0.25	0.21	0.09	0.13	11.33
2550		0.24	2.31	1.08	0.97	2.06	1.24	0.30	0.74	0.45	0.26	0.20	0.16	10.01
2551		0.11	0.28	0.28	6.57	2.63	2.41	0.40	0.60	0.31	0.27	0.24	0.06	14.16
2552		0.19	0.32	1.94	0.70	1.61	1.37	0.59	0.17	0.11	0.03	0.00	0.06	7.09
2553		0.22	0.59	2.53	2.22	2.80	5.12	1.38	0.56	0.28	0.11	0.04	0.01	15.86
2554		0.15	0.17	0.77	1.69	3.48	1.60	1.27	0.88	0.55	0.46	0.33	0.28	11.63
2555		0.13	0.16	0.22	0.22	0.51	3.55	1.67	0.54	0.27	0.13	0.05	0.03	7.48
เฉลี่ย		0.26	0.70	0.86	1.46	1.57	2.76	1.55	0.63	0.35	0.20	0.15	0.18	10.66
สูงสุด		1.09	2.31	2.63	6.57	3.48	7.37	3.39	1.03	0.55	0.46	0.33	0.38	16.80
ต่ำสุด		0.05	0.10	0.10	0.10	0.51	1.24	0.30	0.17	0.11	0.03	0.00	0.01	5.91



รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของเวลาที่เกิดขึ้นกับการระบายน้ำผ่านท่อระบายน้ำที่เขื่อนห้วยป่าเลา



รูปที่ 2.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของเวลาที่ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา

2.2.2 การพิจารณาทางเลือกที่ตั้งโรงไฟฟ้าทำอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา

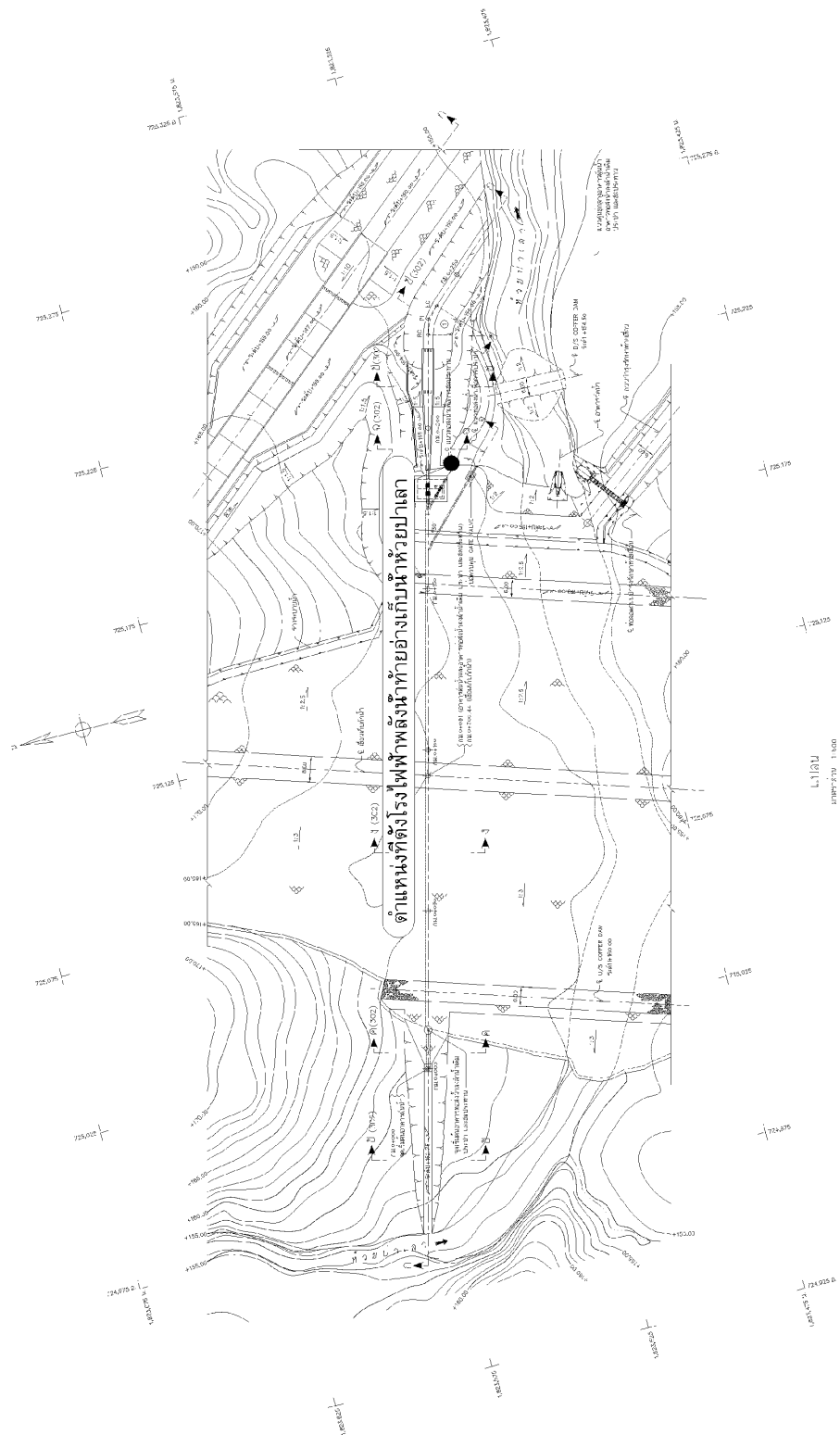
รูปแบบทั่วไปของอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลาจากผลการออกแบบรายละเอียดแสดงในรูปที่ 3.9 อาคารระบายน้ำและอาคารระบายน้ำล้นของอ่างเก็บน้ำวางแนวคูขนานกันอยู่ฝั่งขวาของเขื่อนดินปิดกั้นลำน้ำเดิม โดยมีพื้นที่ว่างกว้างเฉลี่ยประมาณ 40 เมตร คั่นอยู่ระหว่างอาคารทั้งสองแห่ง ช่วงปลายของคลองระบายน้ำอาคารทั้งสองแห่งมีแนวสอบเข้าหากัน และมีแนวถนนบำรุงรักษาทำย่นเชื่อมวิ่งเข้าหาด้านซ้ายของอาคารระบายน้ำ ซึ่งหากทำการวางแนวอาคารโรงไฟฟ้าไว้ทางฝั่งซ้ายของอาคารระบายน้ำจะมีปัญหาในการก่อสร้างเนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นเนินหินลาดเอียงเข้าหาอาคารระบายน้ำขณะก่อสร้างต้องระเบิดหินเป็นจำนวนมาก และอาจรบกวนอาคารระบายน้ำล้นของโครงการ รวมทั้งการเดินทางเข้าออกโรงไฟฟ้าจะต้องอ้อมผ่านอาคารระบายน้ำ และอาจก่อให้เกิดความไม่สะดวกในการบำรุงรักษาโครงการ ขณะเดียวกันถ้าการวางแนวโรงไฟฟ้าไว้ฝั่งขวาของอาคารระบายน้ำซึ่งบริเวณดังกล่าวเป็นที่โล่งอยู่แล้วและมีแนวท่อส่งน้ำเพื่อการเกษตรอยู่แล้ว ทำให้ค่าก่อสร้างลดลงเป็นจำนวนมาก

2.2.3 การพิจารณาความสูงหัวน้ำและชนิดเครื่องกังหันน้ำ

ท้องน้ำคลองห้วยป่าเลาที่บริเวณทำอ่างเก็บน้ำมีค่าประมาณ +150.25 ม.รทก. ระดับน้ำในคลองป่าเลามีค่าระดับน้ำเมื่ออาคารระบายน้ำ (River Outlet) ทำการระบายน้ำสูงสุดเท่ากับ +152.76 ม.รทก. และมีค่าระดับน้ำเมื่ออาคารระบายน้ำล้น (Spillway) ระบายน้ำหลากรอบ 100 ปี และ 1,000 ปี เท่ากับ +177.25 และ +177.70 ม.รทก. ตามข้อมูลแบบรายละเอียดของโครงการ ดังนั้นพิจารณากำหนดค่าระดับน้ำออกแบบด้านท้ายน้ำเท่ากับ +152.76 ม.รทก. ซึ่งเป็นค่าระดับน้ำเฉลี่ยเมื่ออาคารระบายน้ำจ่ายน้ำเพื่อการเกษตร ในกรณีที่เลือกใช้ค่าระดับน้ำออกแบบในอ่างเก็บน้ำที่ระดับ +174.00 ม.รทก. จะมีค่าความสูงหัวน้ำออกแบบอยู่ในช่วงประมาณ 19 เมตร เมื่อพิจารณาตามรูปที่ 3.3 พบว่าเครื่องกังหันน้ำที่เหมาะสม สำหรับโครงการเป็นเครื่องกังหันน้ำแบบ Francis

2.2.4 ทางเลือกปริมาณน้ำออกแบบเครื่องกังหันน้ำโรงไฟฟ้าพลังน้ำ

ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของเวลาใช้อัตราการระบายน้ำผ่านท่อระบายน้ำเขื่อนห้วยป่าเลา (Flow Duration) แสดงในรูปที่ 3.7 การพิจารณาเปรียบเทียบทางเลือกเพื่อคัดเลือกปริมาณน้ำออกแบบที่เหมาะสมของโครงการจะพิจารณาที่อัตราการไหลในช่วงร้อยละ 25-40 ของเวลา มีค่าอยู่ระหว่าง 0.30-0.92 ลบ.ม./วินาที รวม 4 ทางเลือก ระดับน้ำท้ายน้ำและความสูงหัวน้ำออกแบบแต่ละทางเลือกผันแปรตามค่าปริมาณน้ำออกแบบเครื่องกังหันน้ำ ในการเปรียบเทียบเบื้องต้นจะทำการกำหนดค่าความเร็วในท่อส่งน้ำประมาณ 3.5 เมตร/วินาที ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อส่งน้ำมีค่าเท่ากับ 0.50 เมตร ขนาดกำลังผลิตติดตั้งอยู่ในช่วง 83-132 กิโลวัตต์ ราคาค่าก่อสร้างทางเลือกปริมาณน้ำออกแบบเครื่องกังหันน้ำทั้ง 4 ทางเลือก แสดงในตารางที่ 3.4 และแสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบไว้ในตารางที่ 3.5 สรุปได้ว่าค่าปริมาณน้ำออกแบบที่อัตราการไหลร้อยละ 30 ของเวลา มีค่าเท่ากับ 0.76 ลบ.ม./วินาที มีค่าผลประโยชน์สุทธิ (B-C) ส่งอัตราส่วนลด 8% สูงที่สุดในบรรดาทางเลือกต่างๆ จึงเลือกใช้ค่าอัตราการไหลดังกล่าวเป็นปริมาณน้ำออกแบบเครื่องกังหันน้ำของโครงการ



รูปที่ 2.9 แผนเขียนที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังน้ำท่าอ่างเก็บน้ำห้วยปลาเลา

ตารางที่ 2.4 ราคาก่อสร้างโครงการไฟฟ้าพลังน้ำทำอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลาเปรียบเทียบหาปริมาณน้ำ
ออกแบบที่เหมาะสม

ลำดับที่	รายการ	ราคาก่อสร้าง, บาท			
		Q25%	Q30%	Q35%	Q40%
1	งานเตรียมงานและงานผันน้ำ	100,000	100,000	100,000	100,000
2	งานโยธา				
	งานวางท่อส่งน้ำ	961,881	884,500	714,262	582,714
	โรงไฟฟ้าและลานไถไฟฟ้า	2,270,857	2,228,000	2,133,714	2,060,857
	อาคารบริการ	385,000	385,000	385,000	385,000
	ถนนโครงการ	50,000	50,000	50,000	50,000
	รวมราคางานโยธา	3,667,738	3,547,500	3,282,976	3,078,571
3	งานอุปกรณ์ชุดศาสตร์	429,762	425,000	414,524	406,429
4	งานอุปกรณ์ไฟฟ้าเครื่องกล	7,119,048	6,500,000	5,138,095	4,085,714
5	งานระบบสายส่งและลานไถไฟฟ้า				
	ลานไถไฟฟ้า 3.5 kV	500,000	500,000	500,000	500,000
	สายส่ง 3.5 kV (ก่อสร้างใหม่)	4,200,000	4,200,000	4,200,000	4,200,000
	รวมราคางานระบบสายส่ง	4,700,000	4,700,000	4,700,000	4,700,000
6	ค่าวิศวกรที่ปรึกษาและควบคุมงาน	795,827	758,625	676,780	613,536
7	ค่าดำเนินการ	477,496	455,175	406,068	368,121
8	เงินเพื่อขาด	1,591,655	1,517,250	1,353,560	1,227,071
	รวมลำดับที่ 1-8	18,881,526	18,003,550	16,072,002	14,579,443
	เงินภาษี	1,321,707	1,260,249	1,125,040	1,020,561
	รวมราคาโครงการปี พ.ศ.2556	20,203,233	19,263,799	17,197,043	15,600,004
	ค่าดำเนินการและบำรุงรักษารายปี	270,951	254,225	217,427	188,993

ตารางที่ 2.5 สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบหาปริมาณน้ำออกแบบเครื่องกังหันน้ำที่เหมาะสม

รายการ	สรุปผลการวิเคราะห์			
	Q25%	Q30%	Q35%	Q40%
1. <u>เขื่อน</u>				
ระดับเก็บกักปกติ (ม.รทก.)	+176.00	+176.00	+176.00	+176.00
ระดับน้ำออกแบบด้านเหนือน้ำ (ม.รทก.)	+175.27	+175.23	+175.13	+175.00
ระดับเก็บกักต่ำสุด (ม.รทก.)	+159.00	+159.00	+159.00	+159.00
ระดับท้องน้ำ (ม.รทก.)	+150.00	+150.00	+150.00	+150.00
2. <u>ท่อส่งน้ำ</u>				
ขนาดท่อส่งน้ำ (ม.)	0.50	0.50	0.50	0.50
อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)	0.85	0.76	0.59	0.46
ความเร็วน้ำในท่อ (ม./วินาที)	4.33	3.87	3.00	2.34
ความยาวท่อ (ม.)	15.00	15.00	15.00	15.00
ความหนาผนังท่อที่ใช้ (มม.)	6	6	6	6
3. <u>โรงไฟฟ้าพลังน้ำ</u>				
ระดับพื้นอาคาร (ม.รทก.)	+154.10	+154.10	+154.10	+154.10
ระดับน้ำท้ายโรงไฟฟ้า (ม.รทก.)				
- ที่อัตราการไหลออกแบบ	+152.75	+152.75	+152.75	+152.75
- ที่ปริมาณน้ำไหลกรอบ 100 ปี	+177.25	+177.25	+177.25	+177.25
4. <u>เครื่องกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า</u>				
ชนิดเครื่องกังหันน้ำ	Francis	Francis	Francis	Francis
จำนวนเครื่องกังหันน้ำ	1	1	1	1
ปริมาณน้ำออกแบบ (ลบ.ม./วินาที)	0.85	0.76	0.59	0.46
ความสูญเสียหัวน้ำที่ Qd (HL)	1.39	1.16	0.76	0.51
ระดับน้ำออกแบบด้านท้ายน้ำ (ม.รทก.)	+152.76	+152.76	+152.76	+152.76
ความสูงหัวน้ำออกแบบ	16.18	16.42	16.81	17.06
5. <u>กำลังผลิตโครงการ (กิโลวัตต์)</u>	115	105	83	66
6. <u>พลังไฟฟ้าสุทธิเฉลี่ยต่อปี (ล้านหน่วย)</u>				
- Primary energy	0.201	0.196	0.179	0.159
- Secondary energy	0.343	0.334	0.307	0.273
- Total energy	0.544	0.530	0.486	0.432
- Plant Factor	0.45	0.50	0.59	0.65

ตารางที่ 3.5 สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบหาปริมาณน้ำออกแบบเครื่องกังหันน้ำที่เหมาะสม (ต่อ)

รายการ	สรุปผลการวิเคราะห์			
	Q25%	Q30%	Q35%	Q40%
7. ระบบสายส่ง (กม.)	7.5	7.5	7.5	7.5
8. ราคาโครงการ (ล้านบาท)	20.20	19.26	17.20	15.60
9. อัตราผลตอบแทน (%)	105.959	79.230	50.652	37.408
10. ผลประโยชน์สุทธิที่อัตราส่วนลดต่างๆ (ล้านบาท)				
8.00%	26.619	25.284	21.731	17.929
10.00%	20.296	19.198	16.273	13.193
12.00%	15.962	15.021	12.529	9.944
11. ผลประโยชน์ต่อทุนที่อัตราส่วนลดต่างๆ (ล้านบาท)				
8.00%	2.424	2.420	2.377	2.260
10.00%	2.173	2.165	2.111	1.998
12.00%	1.981	1.969	1.908	1.797
12. มูลค่าปัจจุบันเงินลงทุนที่อัตราส่วนลดต่างๆ (ล้านบาท)				
8.00%	18.699	17.807	15.777	14.224
10.00%	17.305	16.481	14.641	13.225
12.00%	16.277	15.507	13.800	12.484
13. มูลค่าปัจจุบันผลประโยชน์ที่อัตราส่วนลดต่างๆ (ล้านบาท)				
8.00%	45.318	43.092	37.507	32.153
10.00%	37.601	35.679	30.914	26.418
12.00%	32.239	30.528	26.329	22.428
14. ผลประโยชน์ต่อทุนที่อัตราส่วนลดต่างๆ (ล้านบาท)				
8.00%	2.820	2.756	2.663	2.701
10.00%	3.214	3.142	3.044	3.093
12.00%	3.606	3.526	3.422	3.483

2.3 สรุปองค์ประกอบโครงการที่เหมาะสม

ผลการศึกษาโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลในหัวข้อที่ผ่านมาสรุปผลการคัดเลือกองค์ประกอบโครงการที่จะนำไปทำการออกแบบรายละเอียดได้ดังนี้

- | | | |
|--|---------------------------------------|--------------|
| 1) แหล่งน้ำของโครงการ | ห้วยป่าเล | |
| 2) พื้นที่รับน้ำฝนเหนือที่ตั้งเขื่อน | 25.00 | ตร.กม. |
| 3) ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำต่อปี | 10.76 | ล้าน ลบ.ม. |
| 4) เขื่อน | | |
| - ที่ตั้ง | ตำบลป่าเล อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ | |
| - พิกัด | N16°-28'-59" E101°-06'-33" | |
| - ชนิด | เขื่อนดินถมแบบแบ่งโซน | |
| - ระดับสูงสุดของเขื่อน | +180.00 | ม.รทก. |
| - ระดับสันอาคารระบายน้ำล้น | +176.00 | ม.รทก. |
| - ปริมาณน้ำไหลออกแบบอาคารระบายน้ำล้น | 76.52 | ลบ.ม./วินาที |
| - ระดับน้ำไหลออกแบบสูงสุด | +177.49 | ม.รทก. |
| 5) อ่างเก็บน้ำห้วยป่าเล | | |
| - ระดับเก็บกักปกติ | +176.00 | ม.รทก. |
| - ระดับน้ำต่ำสุด | +159.00 | ม.รทก. |
| - ความจุอ่างเก็บน้ำที่ระดับเก็บกักปกติ | 8.30 | ล้าน ลบ.ม. |
| - ความจุอ่างเก็บน้ำที่ระดับเก็บกักสูงสุด | 9.87 | ล้าน ลบ.ม. |
| - พื้นที่ผิวน้ำที่ระดับเก็บกักปกติ | 0.987 | ตร.กม. |
| 6) ท่อส่งน้ำเข้าโรงไฟฟ้า (Penstock) | | |
| - ชนิด | ท่อเหล็กเหนียวทนแรงดัน | |
| - ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน | 0.50 ม. | |
| - ความยาว (ตามแนวท่อ) | | ม. |
| 7) เครื่องกังหันน้ำ | | |
| - ชนิด | Francis | |
| - ปริมาณน้ำออกแบบ | 0.76 | ลบ.ม./วินาที |
| - ความสูงหัวน้ำออกแบบ | 16.42 | ม. |
| 8) โรงไฟฟ้าและกำลังผลิตติดตั้งของโครงการ | | |
| - ระดับพื้นอาคาร | +155.20 | ม.รทก. |
| - ขนาด (กว้างxยาว) | 18x25 | ม. |
| - กำลังผลิตติดตั้งของโรงไฟฟ้า | 105 | กิโลวัตต์ |
| - พลังงานไฟฟ้าผลิตได้เฉลี่ยต่อปี | 0.53 | ล้านหน่วย |

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุริย์พร พานิชอัตรา (2540) ศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำกิริธารแบบสูบกลับ เป็นโครงการที่ได้นำเอาพลังงานไฟฟ้าที่เหลือใช้จากช่วงความต้องการใช้ไฟฟ้าต่ำ โดยนำมาสูบน้ำจากอ่างเก็บน้ำตอนล่างกลับไปเก็บไว้ยังอ่างเก็บน้ำตอนบนและนำน้ำนั้นมาผลิตกระแสไฟฟ้าอีกครั้งในช่วงที่มีความต้องการสูงสุดของวัน จึงเป็นการใช้ทรัพยากรน้ำที่มีอยู่มาหมุนเวียนใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการเดินเครื่องผลิตไฟฟ้าที่มีอยู่แล้ว และเพิ่มความมั่นคงให้ระบบไฟฟ้าในภูมิภาคนี้อีกด้วย โดยมีวัตถุประสงค์หลักของการศึกษานี้ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการโดยพิจารณาจากต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ

ชิดชนก นุตาคม (2541) ศึกษาการประเมินผลโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กกรณีศึกษาโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กแม่ยะ อำเภोजอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ในการศึกษาจะแบ่งเป็น 2 ช่วงคือ ข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงและการคาดการณ์ในอนาคต โดยในการประเมินผลโครงการนี้จะใช้การวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจ และจะนำมาเปรียบเทียบกับการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ เพื่อดูความมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลของโครงการ รวมถึงการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการที่มีต่อต้นทุนและผลประโยชน์ และในอนาคต กฟภ. จะมีการแปรรูปจากรัฐวิสาหกิจเป็นเอกชน ดังนั้นจึงทำการประเมินผลโดยใช้การวิเคราะห์ทางการเงิน โดยนำมาเปรียบเทียบผลการประเมินผลทั้ง 2 แบบว่าโครงการนี้ลงทุนในรูปแบบใดได้รับผลประโยชน์คุ้มค่ามากกว่า จากผลการศึกษาพบว่า กฟภ. สามารถดำเนินโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผล และไม่อ่อนไหวต่อต้นทุนที่เพิ่มขึ้น หรือผลประโยชน์ที่ลดลงของโครงการ

สุบิน เนตรสว่าง (2550) ศึกษาการกำหนดการผลิตกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนภูมิพล พบว่าต้นทุนดำเนินงานของการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำประกอบด้วยต้นทุนน้ำ ต้นทุนเดินเครื่อง และต้นทุนบำรุงรักษา ต้นทุนน้ำของแต่ละหน่วยผลิตสามารถคำนวณจากแผนภาพฮิลล์ต้นแบบของกังหันน้ำ โดยแสดงปริมาณน้ำระบายให้อยู่ในรูปฟังก์ชันกำลังสองของกำลังไฟฟ้า โรงไฟฟ้าพลังน้ำมีชุดฟังก์ชันต้นทุนน้ำหลายชุดซึ่งแปรค่าตามหัวน้ำ ดังนั้น ปริมาณน้ำระบายจะมีค่าต่ำสุดเมื่อรักษากังหันน้ำให้ทำงาน ณ จุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ส่วนปัญหาการกำหนดการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำถูกกำหนดเป็นปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมแบบไม่เป็นเชิงเส้น และหาผลเฉลยได้โดยประยุกต์วิธีใช้ปรับค่าตัวคูณลากรองจ์ ฟังก์ชันเป้าหมายมี 2 แบบ คือ เพื่อให้มีปริมาณน้ำระบายน้ำที่ต่ำสุดและเพื่อให้ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุด เงื่อนไขจำกัดที่เท่ากัน ได้แก่ สมดุลกำลังไฟฟ้า สมดุลพลังงานไฟฟ้า และสมดุลน้ำระบายในแต่ละชั่วโมง

บุญทริกา เทพธรรม (2550) ศึกษาความคิดเห็นของชุมชนรอบโรงไฟฟ้าราชบุรี ด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมของบริษัท ผลิตไฟฟ้าราชบุรี จำกัด พบว่า ด้านการจัดการคุณภาพอากาศ คือ การติดตั้งเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติในโรงไฟฟ้าราชบุรีอย่างมีประสิทธิภาพ ด้านการจัดการคุณภาพน้ำ คือ การขุดคลองเล็กๆ และสร้างระบบระบายน้ำในบริเวณพื้นที่โรงไฟฟ้า เพื่อป้องกันปัญหาน้ำท่วมจากโรงไฟฟ้าผู้ชุมชน ด้านการจัดการคุณภาพเสียง คือ การหยุดกิจกรรมของโรงไฟฟ้าที่ก่อให้เกิดเสียงรบกวนชุมชนในเวลากลางคืน ด้านการจัดการกากสารพิษและกากของเสีย คือ การจัดการขยะมูลฝอยโดยให้หน่วยงานราชการในท้องถิ่นนำไปกำจัดทุกวัน ด้านการจัดการสภาพความร้อน คือ การห่อหุ้มอุปกรณ์ในโรงไฟฟ้าที่มีอุณหภูมิสูงเกิน 54 องศาเซลเซียส ด้วยฉนวน 2 ชั้น เพื่อป้องกันความร้อน

ประเสริฐ อินทับ (2546) ศึกษาขนาดกำลังผลิตที่เหมาะสมสำหรับโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กระดับหมู่บ้านในเขตภาคเหนือของประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่าสามารถจัดกลุ่มขนาดกำลังผลิตที่เหมาะสมได้ 2 ขนาด คือ เครื่องขนาด 20 และ 40 กิโลวัตต์ ผลการศึกษาวិเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เปรียบเทียบโครงการติดตั้งโรงไฟฟ้าระดับหมู่บ้านขนาดกำลังผลิตที่เหมาะสมกับโครงการเดิม พบว่าค่าอุปกรณ์เครื่องจักรกลไฟฟ้า น้ำลดลง 12,489,007 บาท สามารถลดเวลาการหยุดซ่อมบำรุงแต่ละครั้งได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ค่าบำรุงรักษาจะประหยัดได้ปีละ 699,281 บาท และหากโครงการดังกล่าวสามารถขายไฟฟ้าตรงให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะมีรายได้จากการขายไฟฟ้าปีละ 13.3 ล้านบาท ผลการศึกษานี้คาดว่าจะประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการนำไปประยุกต์ใช้หรือพัฒนาและปรับปรุงโรงไฟฟ้าที่มีอยู่เดิมหรือโรงไฟฟ้าที่อยู่ในแผนการติดตั้งใหม่ ให้กลับคืนความสำคัญและเป็นโรงไฟฟ้าของชุมชนตลอดไป

ชัยศรี ภูริวุฒิ (2545) ศึกษาต้นทุนการผลิตต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้า ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนภูมิพล การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยต้นทุนการผลิตต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 1.70694 บาท แยกเป็นองค์ประกอบของต้นทุนทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ต้นทุนด้านการผลิตต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.18272 บาท ด้านการบำรุงรักษาต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.42610 บาท และด้านการบริหารทั่วไปต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 1.09811 บาท ซึ่งกิจกรรมที่มีต้นทุนต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้าสูงสุดได้แก่ กิจกรรมการจัดการของส่วนกลางเขื่อนภูมิพลเท่ากับ 0.67409 บาท รองลงมาได้แก่กิจกรรมการบริการระหว่างหน่วยงาน ส่วนกลางเขื่อนภูมิพลเท่ากับ 0.08810 บาท และกิจกรรมทำงานฝึกอบรม ส่วนกลางเขื่อนภูมิพลมีต้นทุนต่ำสุดเท่ากับ 0.00037 บาท ซึ่งทั้ง 3 กิจกรรมอยู่ในองค์ประกอบต้นทุนด้านการบริหารทั่วไป ขณะที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนภูมิพล การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ยังไม่ได้ดำเนินการคำนวณหาต้นทุนของน้ำที่ใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า

สมคิด หาญวุฒิพงศ์ (2546) ศึกษาการวิเคราะห์ราคาและเปรียบเทียบต้นทุนส่วนเพิ่มเฉลี่ยของโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้า กรณีศึกษาโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำลำตะคองแบบสูบกลับ และโรงไฟฟ้าวังน้อย ผลการศึกษาสรุปดังนี้คือ ราคาค่าไฟฟ้าของโครงการทั้งสอง ได้ค่าต้นทุนส่วนเพิ่มเฉลี่ย เท่ากับ 1.370 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งเป็นราคาที่ต่ำกว่าราคาไฟฟ้าขายส่งเฉลี่ยที่มีค่าเท่ากับ 1.9708 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกันในทางทฤษฎีแสดงให้เห็นว่าราคาไฟฟ้าขายส่งเฉลี่ยนั้นไม่เป็นราคาที่ก่อให้เกิดการจัดสรรทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ การเปรียบเทียบระหว่างโครงการโรงไฟฟ้า พบว่าโรงไฟฟ้าพลังน้ำลำตะคองแบบสูบกลับได้ค่าต้นทุนส่วนเพิ่มเฉลี่ย เท่ากับ 4.050 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งเป็นราคาที่สูงกว่าโรงไฟฟ้าวังน้อยที่มีค่าต้นทุนส่วนเพิ่มเฉลี่ย เท่ากับ 1.295 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง

ณัฐวดี มานะสุวรรณผล (2538) ศึกษาการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้พยากรณ์อัตราเงินเฟ้อและนำมาประยุกต์เพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมของโครงการโรงไฟฟ้า ผลจากการพยากรณ์อัตราเงินเฟ้อสำหรับปีหน้าอยู่ระหว่าง 3.3% และ 11.25% สำหรับค่าอัตราเงินเฟ้อเฉลี่ยที่ได้ คือ 6.3% ซึ่งจะนำมาใช้ในแผนการเงินเป็นตัวปรับค่ารายปี ของอัตราค่าไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมวังน้อย ชุดที่ 1-4 จากการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการโดยคิดส่วนของโครงการทางการเงินให้ค่าอัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับ 29% และมูลค่าปัจจุบันสุทธิที่ได้ เท่ากับ 75,103.32 ล้านบาท ส่วนการวิเคราะห์โดยคิดส่วนของเจ้าของ ปรากฏว่าได้อัตราผลตอบแทนภายใน 29% มูลค่าปัจจุบันสุทธิที่ได้ เท่ากับ 42,761.52 ล้านบาท

มโน อาชวพงศ์ (2550) ศึกษาความพึงพอใจของประชาชนต่อการดำเนินงานด้านมวลชนสัมพันธ์ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยกรณีศึกษาโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ผลการศึกษาพบว่า 1) ประชาชนอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อการดำเนินงานมวลชนสัมพันธ์ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีงานสนับสนุนประเพณีและวัฒนธรรมเป็นอันดับแรก รองลงมา คืองานสนับสนุนทำนุบำรุงศาสนา งานสนับสนุนสาธารณประโยชน์ งานส่งเสริมอาชีพและคุณภาพชีวิต และงานส่งเสริมการศึกษาและกีฬา ตามลำดับ 2) ผลการเปรียบเทียบความพึงพอใจต่อการดำเนินงานมวลชนสัมพันธ์ของประชาชนอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ประชาชนเพศชายและหญิงมีความพึงพอใจไม่แตกต่างกันทุกงาน ประชาชนที่มีอายุแตกต่างกันมีความพึงพอใจแตกต่างกันเฉพาะงานสนับสนุนประเพณีและวัฒนธรรม ประชาชนที่มีอาชีพแตกต่างกันมีความพึงพอใจแตกต่างกันในงานสนับสนุนสาธารณประโยชน์

ยั้งยง เรืองทอง (2537) ศึกษาผลกระทบของโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนปากมูลที่มีต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม ผลของการวิจัย สรุปได้ดังต่อไปนี้ 1) ประชาชนผู้ได้รับผลกระทบส่วนใหญ่ มีความพึงพอใจต่อค่าชดเชยทรัพย์สินที่ถูกน้ำท่วม นอกจากนี้ยังมีความพึงพอใจต่อความช่วยเหลือที่ได้รับจากภาครัฐบาล 2) ประชาชนผู้ได้รับผลกระทบส่วนใหญ่ มีความเห็นว่า วิธีชีวิตคงดีขึ้นกว่าเดิม ภายหลังที่การสร้างเขื่อนได้เสร็จสิ้นแล้ว 3) กรมประมงได้ทำการศึกษาชีวิตของปลาในแม่น้ำมูลบริเวณเหนือและท้ายเขื่อน เพื่อการอนุรักษ์และการแพร่พันธุ์ โดยมีความคาดหวังว่าปริมาณปลาจะเพิ่มจำนวนมากขึ้น 4) ตัวเขื่อนปากมูลได้รับการออกแบบ เพื่อกักน้ำไว้ที่ระดับ 108 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง ดังนั้น จึงไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อแก่งสะพือ และมีเพียงป่าไม้ร้อยละ 12 ในบริเวณอุทยานแห่งชาติแก่งตะนะเท่านั้นที่ถูกน้ำท่วม แม่น้ำยังคงไหลตามปกติ โดยไม่เป็นแหล่งน้ำนิ่งที่แพร่เชื้อโรค

จรรยา สอนสังข์ (2552) ศึกษาการมีส่วนร่วมของประชาชนต่อสถานที่ตั้งและก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนขององค์การบริหารส่วนท้องถิ่น จังหวัดพัทลุง ผลการศึกษาพบว่า ลักษณะทางกายภาพของชุมชนที่เอื้อต่อการก่อสร้างโรงไฟฟ้าชุมชนด้วยพลังงานทดแทน ได้แก่ พื้นที่ที่เป็นที่ราบสูง มีแหล่งน้ำที่เพียงพอ ห่างไกลจากแหล่งชุมชนแออัด สามารถตัดเส้นทางเพื่อการขนส่งได้อย่างสะดวกมีจำนวนพื้นที่ที่มีประมาณ 70 ไร่ ทำให้สามารถที่จะสร้างโรงคัดแยกขยะและโรงไฟฟ้าได้ในบริเวณที่ใกล้เคียงกันหรือเพื่อรองรับการขยายตัวในอนาคตได้ประชาชนในพื้นที่มีความต้องการ และความคิดเห็นเกี่ยวกับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการเลือกสถานที่ตั้งและการก่อสร้างโรงไฟฟ้าชุมชนด้วยพลังงานทดแทนจากการจัดประชุมกลุ่มพบว่าประชาชนส่วนใหญ่มีความต้องการให้มีการก่อสร้างโรงงาน

พชรพร เจริญวินัย (2554) ได้ศึกษารูปแบบการจัดการทรัพยากรน้ำร่วมกับไฟฟ้าพลังน้ำ กรณีศึกษาโครงการสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กหมู่บ้านแม่น้ำน้อย อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดกาฬสินธุ์ ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบการจัดการทรัพยากรน้ำร่วมกับไฟฟ้าพลังน้ำ กรณีศึกษาโครงการสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กหมู่บ้านแม่น้ำน้อย พบว่าโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กนี้จะผลิตไฟฟ้าเพื่อแจกจ่ายให้ครัวเรือนในชุมชนเป็นหลัก ไฟฟ้าและทรัพยากรน้ำที่เหลือนำมาใช้เพื่อสาธารณะประโยชน์ของชุมชน และทำระบบประปาของหมู่บ้านเพื่อใช้ในครัวเรือนและเพื่อการเกษตร หากยังมีไฟฟ้าเหลือจะส่งขายเข้าสู่ระบบ นำเงินมาดูแลรักษาโรงไฟฟ้า และพัฒนาหมู่บ้านในด้านต่างๆ ต่อไป โดยชาวบ้านเข้าไปมีส่วนร่วมในกระบวนการจัดการโรงไฟฟ้า โดยการจัดตั้งคณะกรรมการโรงไฟฟ้าที่มาจากคนในชุมชน แบ่งเป็น 3 ฝ่าย ได้แก่ ฝ่ายควบคุมดูแลและรักษาโรงไฟฟ้า ฝ่ายการเงิน และฝ่ายดูแลรักษาฝ่ายและต้นน้ำ โดยทั้ง 3 ฝ่ายจะทำงานร่วมกับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค องค์การบริหารส่วนตำบลลำทะเมนชัย และอุทยานแห่งชาติลำทะเมนชัย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษารายละเอียดของโรงไฟฟ้าพลังน้ำห้วยป่าเล เป็นการวิจัยเพื่อทบทวนศึกษาการออกแบบโรงไฟฟ้าพลังน้ำห้วยป่าเล ศึกษารายละเอียดของโรงไฟฟ้าพลังน้ำห้วยป่าเล และจัดทำรายงานที่เกี่ยวข้องของโรงไฟฟ้าพลังน้ำห้วยป่าเล ซึ่งตั้งอยู่ที่บ้านป่าเล อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ประกอบด้วยเขื่อนดินห้วยงานและอาคารประกอบพร้อมส่วนประกอบอื่น ๆ คือ อ่างเก็บน้ำมีความจุ 8.40 ล้านลูกบาศก์เมตร มีความยาวสันเขื่อน 451 เมตร สูง 28 เมตร สำหรับอาคารประกอบของตัวเขื่อนประกอบด้วยอาคารระบายน้ำล้น ระบายน้ำได้สูงสุดวินาทีละ 76 ลูกบาศก์เมตร อาคารท่อระบายน้ำลงลำน้ำเดิม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.20 เมตร ระบายน้ำได้วินาทีละ 9.17 ลูกบาศก์เมตร โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

- 1) การออกแบบรายละเอียดของโครงการด้านวิศวกรรม
- 2) การประเมินผลประโยชน์ของโครงการ
- 3) การวิเคราะห์ความเหมาะสมด้านเศรษฐกิจ
- 4) การวิเคราะห์ด้านการเงิน
- 5) การศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

3.1 การออกแบบรายละเอียดของโครงการด้านวิศวกรรม

ประกอบด้วยการศึกษาด้านอุทกวิทยา การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า และการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำเพื่อการเกษตร การออกแบบด้านวิศวกรรม ซึ่งได้แก่ งานโยธา ระบบส่งน้ำเข้าโรงไฟฟ้า การออกแบบโรงไฟฟ้า อาคารรับน้ำ คลองส่งน้ำ/ท่อส่งน้ำ โรงไฟฟ้า อาคารระบายน้ำท้ายโรงไฟฟ้า ข้อกำหนดด้านไฟฟ้าพลังน้ำ อุปกรณ์ชลศาสตร์ เครื่องจักรกลไฟฟ้าพลังน้ำ ระบบสายส่งไฟฟ้า การประมาณราคา และแผนการก่อสร้างโครงการ การวิเคราะห์ด้านเศรษฐกิจ เพื่อหาอัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุน ผลประโยชน์สุทธิ อัตราผลตอบแทนการลงทุน

3.2 การประเมินผลประโยชน์ของโครงการ

โครงการไฟฟ้าพลังน้ำทำอ่างเก็บน้ำเป็นโครงการด้านพลังงาน เพื่อตอบสนองความต้องการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้น อีกทั้งยังเป็นแหล่งพลังงานที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยและช่วยลดการสูญเสียเงินตราต่างประเทศ ทั้งนี้โครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำเป็นโครงการที่ก่อให้เกิดผลตอบแทนทางเศรษฐกิจหลายประการ อย่างไรก็ตามผลประโยชน์ที่เกิดขึ้น สามารถประเมินได้ออกเป็น 2 ส่วน

ได้แก่ ผลประโยชน์ทางตรง เป็นผลประโยชน์ที่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการ แล้วจัดเป็นผลตอบแทนโดยตรง ผลประโยชน์ด้านการผลิตไฟฟ้า และผลประโยชน์ทางอ้อม เป็นผลตอบแทนอื่นๆ ของโครงการ ซึ่งไม่ใช่ผลตอบแทนตามวัตถุประสงค์ของโครงการ

3.3 การวิเคราะห์ความเหมาะสมด้านเศรษฐกิจ

วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ด้านเศรษฐกิจ เพื่อศึกษาคัดเลือกแนวทางการพัฒนาโครงการที่มีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐกิจ โดยประเมินหาตัวแปรทางเศรษฐกิจ ซึ่งได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (Economic Internal Rate of Return, EIRR) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio, B/C) และต้นทุนพลังงานไฟฟ้า (Average Incremental Costs, AIC) ของแต่ละโครงการ เพื่อนำผลไปให้คะแนนและจัดลำดับความเหมาะสมของโครงการต่างๆ โดยจะพิจารณาร่วมกับผลการศึกษาด้านวิศวกรรม สังคมและสิ่งแวดล้อม เพื่อจัดทำแผนพัฒนาโครงการตามลำดับความเหมาะสมต่อไป

3.4 การวิเคราะห์ด้านการเงิน

การวิเคราะห์ด้านการเงินจะทำการวิเคราะห์โครงการ เพื่อหาต้นทุนและผลตอบแทนทางการเงิน เพื่อใช้พิจารณาในการวางแผนและตัดสินใจในการลงทุน ซึ่งแนวทางการศึกษาจะใช้แนวทางเดียวกับการวิเคราะห์ด้านเศรษฐกิจ โดยจะนำอัตราเงินเพื่อ ดอกเบี้ย รวมทั้งค่าภาษีเข้ามารวมคิดในการประเมินค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์โครงการด้วย การวิเคราะห์ผลประโยชน์ทางการเงินของโครงการ ผลประโยชน์ทางการเงินของโครงการ คือ รายได้หลักจากการขายไฟฟ้า โดยโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก มีกำลังการผลิต 5-200 กิโลวัตต์ ซึ่งจะเป็นไปตามระเบียบการสนับสนุนให้ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก โดยประกอบด้วย ผลประโยชน์ 2 ส่วนดังนี้ ราคาซื้อขายจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก และส่วนเพิ่ม

3.5 การศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

เนื่องจากลักษณะโครงการที่ศึกษาเป็นโครงการไฟฟ้าพลังน้ำทำอ่างเก็บน้ำที่ได้ทำการที่ก่อสร้างระบบชลประทานแล้วและเป็นการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำอ่างเก็บน้ำในภายหลัง ดังนั้นในการตรวจสอบประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมสามารถแบ่งได้ดังนี้ ทรัพยากรน้ำ เสนอข้อมูลสภาพลำน้ำ คุณภาพน้ำของแหล่งน้ำ และการนำน้ำมาใช้ประโยชน์ในปัจจุบัน ทรัพยากรป่าไม้ สถานภาพของพื้นที่ตามกฎหมายด้านการป่าไม้บริเวณพื้นที่องค์ประกอบของโครงการ โดยข้อมูลที่รวบรวมได้ จะนำมาประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมเบื้องต้นจากการดำเนินโครงการ และเสนอมาตรการป้องกันและลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่จำเป็น เพื่อให้ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากโครงการอยู่ในระดับต่ำหรืออยู่ในระดับที่ยอมรับได้

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 การออกแบบรายละเอียดโครงการด้านวิศวกรรม

โรงไฟฟ้าพลังน้ำดังแสดงในรูปที่ 4.1 ถึง 4.3 ตั้งอยู่บนฝั่งขวาของอาคารท่อส่งน้ำมีระดับพื้นอาคารที่ +155.20 ม.รทก. ปลอดภัยจากน้ำท่วมมีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 200 ตร.ม. อาคารสูงประมาณ 7.70 ม. ซึ่งประกอบด้วย ห้องกังหันน้ำ ห้องควบคุม ห้องแบตเตอรี่ และมีเครนเพื่อยกของขนาด 3 ตัน ตัวอาคารเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก หลังคาเป็น โครงเหล็ก พื้นอาคารวางอยู่บนระดับชั้นหิน หรือระดับดินที่สามารถรับน้ำหนักของอาคารได้ และมีอาคารท้ายน้ำ เพื่อปล่อยน้ำที่ผ่านเครื่องกังหันน้ำแล้วลงคลองท้ายน้ำ

(1) เครื่องกังหันน้ำ (Turbine) เครื่องกังหันน้ำที่เลือกใช้สำหรับโครงการมีรายละเอียดดังนี้

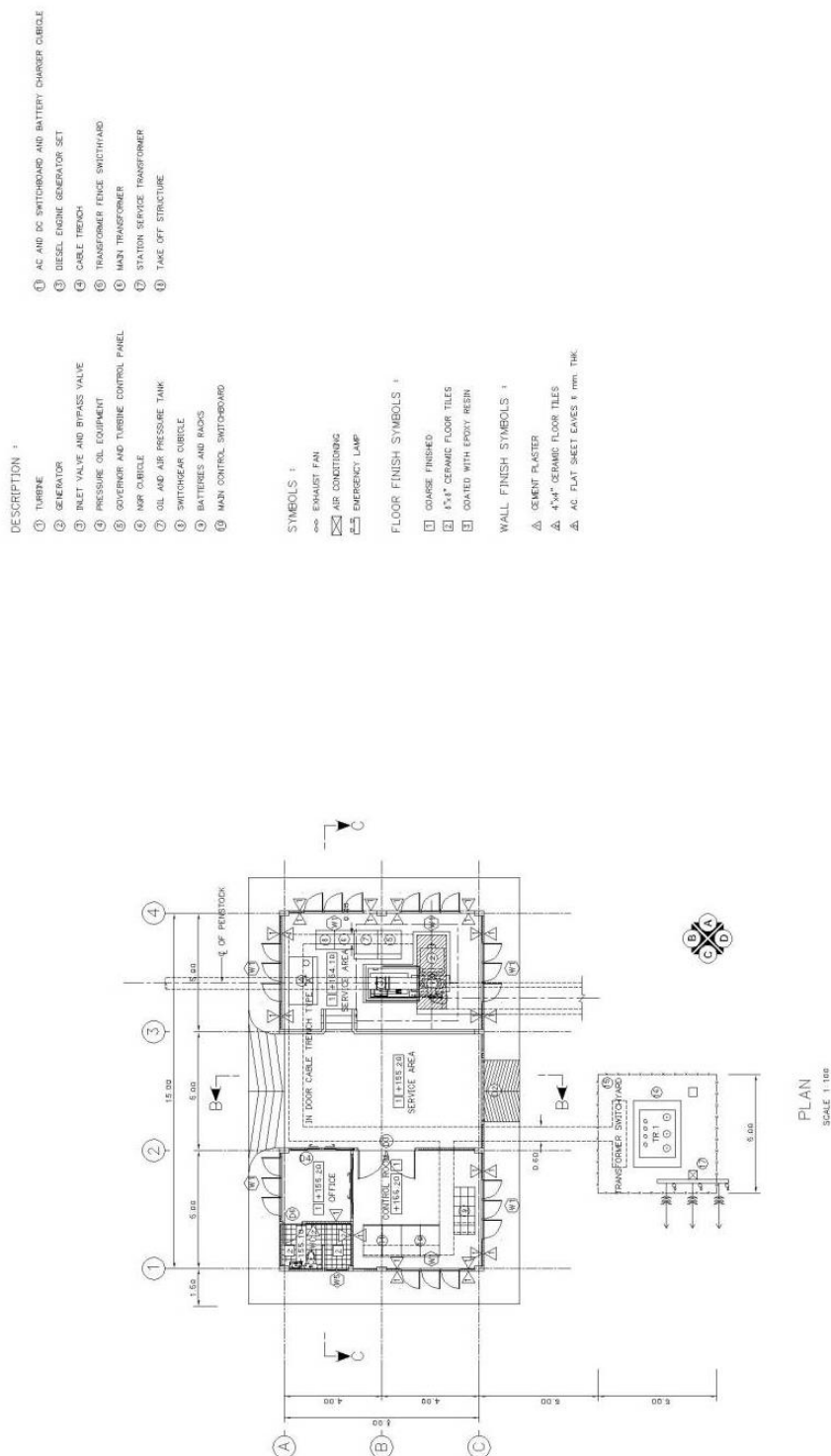
ชนิด	Horizontal Shaft Francis Turbine	
กำลังผลิต	1 x 105	กิโลวัตต์
หัวน้ำออกแบบ	16.42	ม.
อัตราการไหลต่อเครื่อง	0.76	ลบ.ม./วินาที
ประสิทธิภาพที่กำลังผลิตสูงสุด	89	(Overall efficiency)
ความเร็วรอบ	1,000	รอบ/นาที
ระดับน้ำออกแบบด้านท้ายน้ำ	+152.76	ม.ทก.

(2) เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)

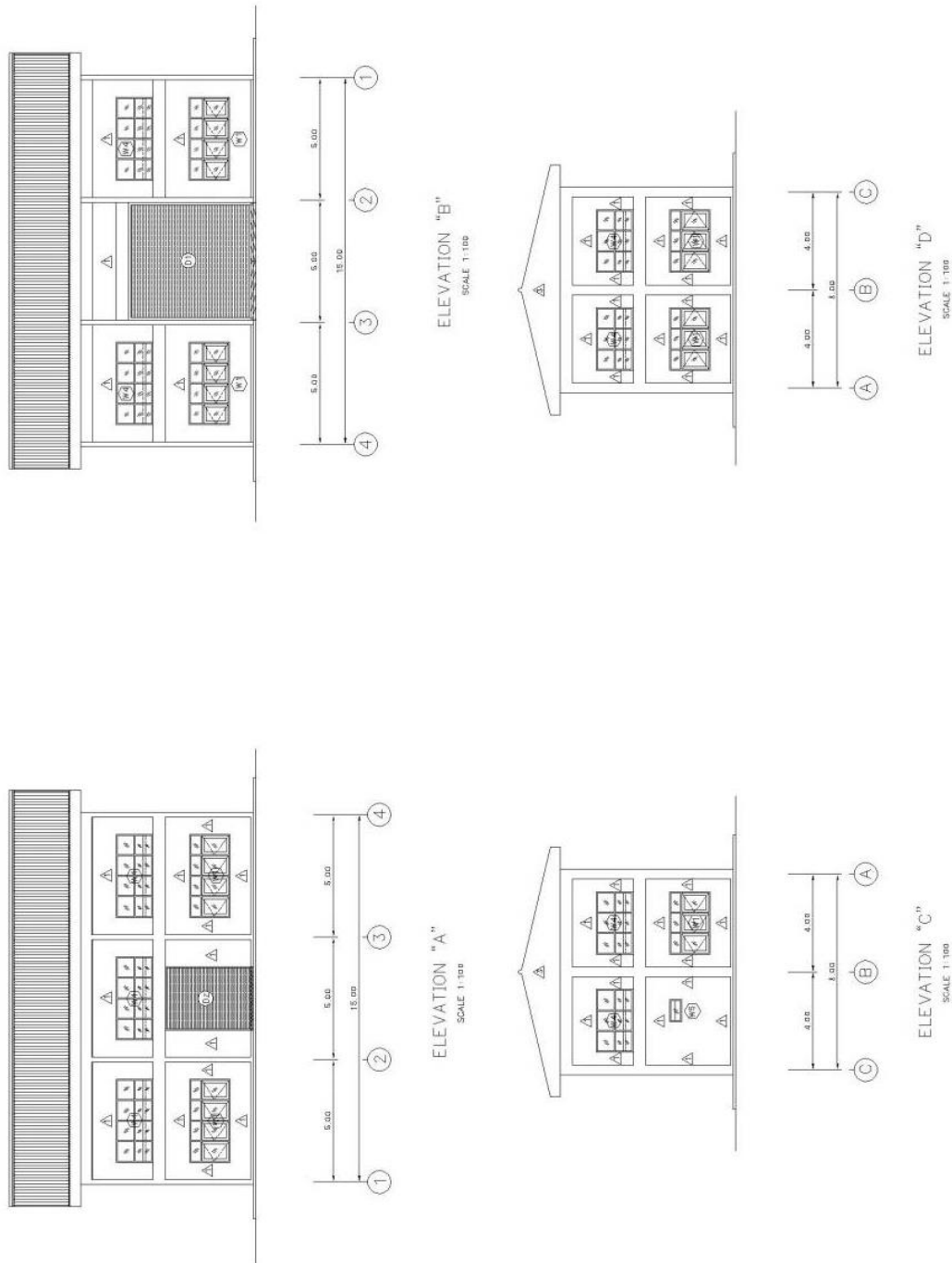
ชนิด	3-phase, Horizontal Shaft A.C. Synchronous Generation	
จำนวน	1	ชุด
กำลังผลิตต่อชุด	1,500	กิโลวัตต์แอมแปร์
ความเร็วรอบ	เท่ากับความเร็วรอบของกังหันน้ำ	
แรงดันไฟฟ้า	3,300	โวลต์
ความถี่	50	Hz
Power Factor	0.80	
ประสิทธิภาพ ณ จุดออกแบบ	0.95	

(3) Draft Tube ขนาดของ Draft Tube จะต้องมีความเหมาะสมและติดตั้งประตูระบายน้ำสำหรับปิด เมื่อมีการซ่อมบำรุงโดยใช้รอกยกเปิด-ปิด

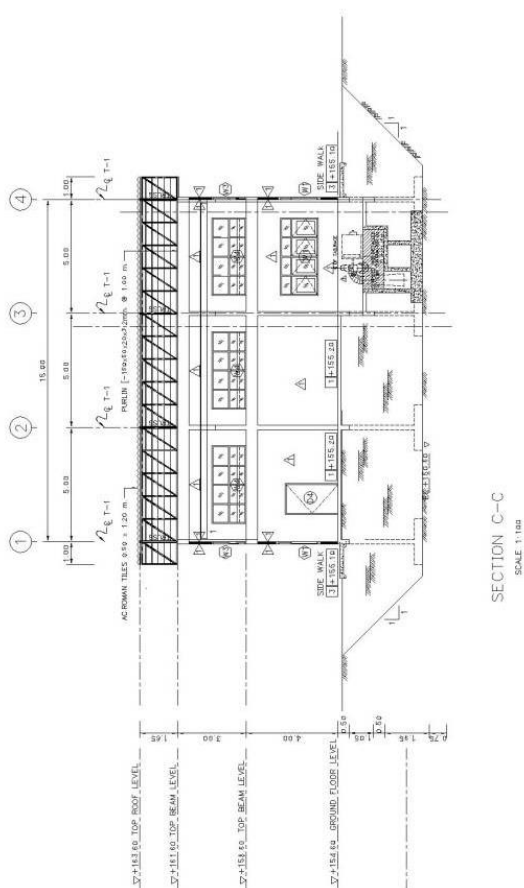
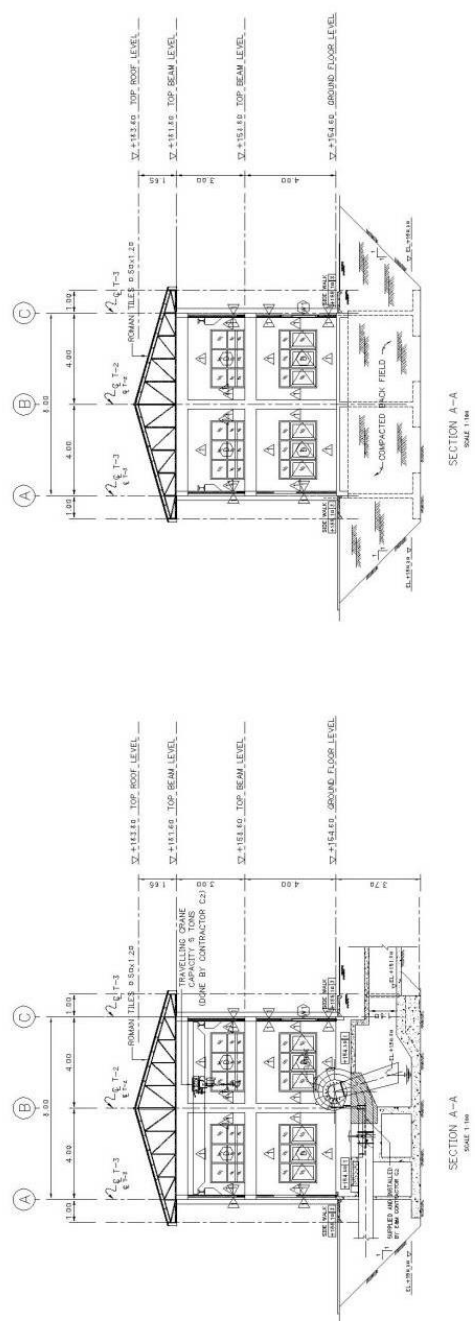
(4) เครน (Powerhouse Crane) ขนาดของเครนที่ติดตั้งจะต้องสามารถยกอุปกรณ์เครื่องจักรกลไฟฟ้าขณะติดตั้งและซ่อมบำรุง



รูปที่ 4.1 แสดงแบบและรูปตัดโรงไฟฟ้าพลังงานทำอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเถา



รูปที่ 4.2 แสดงรูปด้านโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำอย่างเก็บน้ำห้วยป่าเตา



รูปที่ 4.3 รูปตัดอาคารควบคุมน้ำเข้าโรงไฟฟ้าลงน้ำท่าอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา

4.2 การประเมินผลประโยชน์ของโครงการ

ผลประโยชน์หลักของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำที่สามารถตีค่าเป็นตัวเลขได้จะพิจารณาจากผลประโยชน์ที่ได้จากการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งสามารถคิดเป็นมูลค่าตัวเงินได้ และเป็นผลประโยชน์โดยตรงจากการพัฒนาโครงการ ส่วนผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมที่ได้จากการลดการปล่อยก๊าซ CO₂ เข้าสู่ชั้นบรรยากาศ ซึ่งสามารถประเมินเป็นปริมาณ CO₂ ที่ลดลงและคิดเป็นมูลค่าตัวเงินได้เช่นกัน ดังนั้นการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์จะนำผลประโยชน์ดังกล่าวมาคิดรวมกับผลประโยชน์ทางตรงที่ต่อเมื่อการวิเคราะห์โครงการด้านเศรษฐศาสตร์ด้วยผลประโยชน์ทางตรงเพียงอย่างเดียวให้ผลวิเคราะห์ไม่คุ้มทุน เนื่องจากการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำจะวิเคราะห์ในลักษณะเปรียบเทียบค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนโครงการว่าคุ้มค่าการลงทุนหรือไม่เมื่อเปรียบเทียบกับค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้าแบบอื่นที่สามารถสนองความต้องการทางด้านไฟฟ้าได้เหมือนกัน ซึ่งการวิเคราะห์โดยใช้ผลประโยชน์ทางตรงจากการผลิตกระแสไฟฟ้าจะให้ผลวิเคราะห์ที่ชัดเจนว่าโครงการไฟฟ้าพลังน้ำนั้นๆ คุ้มค่าการลงทุนอย่างแท้จริง

ในการประเมินผลประโยชน์โครงการไฟฟ้าพลังน้ำทำอย่างเก็บน้ำจะทำการประเมินผลทางตรงจากการผลิตกระแสไฟฟ้าจะใช้วิธีต้นทุนเปรียบเทียบ คือ “ผลประโยชน์จะคิดจากต้นทุนของโครงการอื่นที่สูงถัดไปจากโครงการไฟฟ้าพลังน้ำ โดยที่โครงการทั้งสองสามารถสนองความต้องการทางด้านไฟฟ้าเหมือนกัน” สำหรับโครงการไฟฟ้าพลังน้ำทำอย่างเก็บน้ำห้วยป่าเลาได้ประเมินผลประโยชน์โครงการเปรียบเทียบกับโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ด้วยเหตุผลที่ว่าโครงการไฟฟ้าพลังน้ำเป็นโครงการที่มีวัตถุประสงค์ในการเสริมปริมาณกระแสไฟฟ้า สำหรับการผลิตไฟฟ้าในช่วงความต้องการไฟฟ้าสูงสุดและลดการสูญเสียที่ปลายสาย เช่นเดียวกับลักษณะการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ โดยใช้ข้อมูลต้นทุนค่าก่อสร้าง ค่าเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าประเภทดังกล่าวจากโรงไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต มีรายละเอียดดังนี้

1) ต้นทุนค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้า (ด้านเศรษฐศาสตร์)	128,000	บาท/กิโลวัตต์
2) ต้นทุนค่าน้ำมันดีเซล	4.73	บาท/หน่วย
3) ค่าบำรุงรักษาและดำเนินการ	0.24	บาท/หน่วย
4) อายุการใช้งานโรงไฟฟ้าแก๊สเทอร์ไบน์	20	ปี
5) ระยะเวลาก่อสร้างโรงไฟฟ้าแก๊สเทอร์ไบน์	2	ปี

4.3 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์และการเงิน

การวิเคราะห์ความเหมาะสมของโครงการด้านเศรษฐศาสตร์ เป็นการวิเคราะห์ในมุมมองของประเทศหรือของสังคมโดยรวม เพื่อพิจารณาถึงการจัดสรรทรัพยากรทุกอย่างของประเทศที่มีอยู่อย่างจำกัด เพื่อใช้ในการดำเนินงานตามแผนงานและหรือโครงการพัฒนาต่างๆ ว่าการใช้ทรัพยากรดังกล่าวเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และก่อให้เกิดผลประโยชน์แก่ประเทศชาติ และสังคมโดยรวมคุ้มค่างกับทรัพยากรที่ได้จากการเสียสละการใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ มาใช้ตามโครงการนี้มากน้อยเพียงไร ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาวิเคราะห์ถึงความเหมาะสมและความคุ้มค่าของโครงการ ตามแนวทางที่เป็นที่ยอมรับตามหลักสากลทั่วไป เพื่อใช้ผลของการศึกษาประกอบการตัดสินใจว่าสมควรจะดำเนินงานโครงการหรือไม่ ดำเนินงานโครงการให้เป็นไปอย่างถูกต้องเหมาะสม โดยในการวิเคราะห์ความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์มีข้อสมมติฐานตามหลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์โครงการดังต่อไปนี้

4.3.1 ต้นทุนของโครงการ

(1) ราคาค่าก่อสร้าง

ราคาที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการลงทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษาของโครงการใช้ราคาคงที่ (Constant Prices) ปี 2555 โดยไม่รวมค่าภาษี ค่าดอกเบี้ย ค่าเงินเพื่อและไม่คิดการเปลี่ยนแปลงราคาวัสดุที่เกิดขึ้นในอนาคต ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5.1 โดยพิจารณาแยกตามลักษณะประเภทของงานด้านต่างๆ คือ

1) งานเตรียมงานก่อสร้าง เป็นงานจัดเตรียมสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ จัดเตรียมพื้นที่บริเวณที่จะเข้าไปก่อสร้าง สถานที่เก็บวัสดุและงานผันน้ำระหว่างก่อสร้างเพื่อให้การทำงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

2) งานโยธา ประกอบด้วย งานเชื่อมต่อท่อส่งน้ำ อาคารควบคุมน้ำเข้าท่อส่งน้ำ งานวางท่อส่งน้ำ โรงไฟฟ้า อาคารบริการต่างๆ และถนนเข้าโครงการ

ตารางที่ 4.1 ราคาโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำทำอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา

ลำดับที่	รายการ	ราคาค่าก่อสร้าง, บาท	
		ด้านการเงิน	เศรษฐศาสตร์
1	งานเตรียมงานและงานผันน้ำ	100,000	88,000
2	งานโยธา		
	งานวางท่อส่งน้ำ	884,500	778,360
	โรงไฟฟ้าและลานไถไฟฟ้า	2,228,000	1,960,640
	อาคารบริการ	385,000	338,800
	ถนนโครงการ	50,000	44,000
รวมราคางานโยธา		3,547,500	3,121,800
3	งานอุปกรณ์ชลศาสตร์	425,000	391,000
4	งานอุปกรณ์ไฟฟ้าเครื่องกล	6,500,000	5,460,000
5	งานระบบสายส่งและลานไถไฟฟ้า		
	ลานไถไฟฟ้า	500,000	460,000
	สายส่ง 22 kV (ก่อสร้างเสาใหม่)	4,200,000	3,864,000
รวมราคางานระบบสายส่ง		4,700,000	4,324,000
6	ค่าวิศวกรที่ปรึกษาและควบคุมงาน	758,625	713,108
7	ค่าดำเนินการ	455,175	427,865
8	เงินเผื่อขาด	1,517,250	1,395,870
รวมลำดับที่ 1-8		18,003,550	15,921,642
เงินภาษี		1,260,249	0
รวมราคาโครงการปี พ.ศ. 2555		19,263,799	15,921,642
ค่าดำเนินการและบำรุงรักษารายปี		254,225	233,887

3) งานอุปกรณ์ชลศาสตร์ ประกอบด้วย วาล์วควบคุมภายในอาคารควบคุมน้ำเข้าท่อส่งน้ำ วาล์วลดแรงดันน้ำ และงานท่อส่งน้ำรับแรงดัน

4) งานอุปกรณ์ไฟฟ้าเครื่องกล ประกอบด้วย เครื่องกังหันน้ำ อุปกรณ์ควบคุม (Turbine & Governor) เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และหม้อแปลงไฟฟ้า (Generator & Transformer)

5) ระบบสายส่งไฟฟ้า ประกอบด้วย เสาไฟฟ้า และสายส่งพร้อมอุปกรณ์จากโรงไฟฟ้าไปยังสายส่งหลักของ กฟภ. ที่บริเวณถนนเข้าห้วยงานเขื่อน

6) ค่าวิศวกรที่ปรึกษาควบคุมงาน เพื่อเป็นเงินจ้างบริษัทที่ปรึกษาควบคุมงานก่อสร้าง และค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในระหว่างก่อสร้าง คิด 5 เปอร์เซ็นต์ของงานในหัวข้อ (2) ถึงหัวข้อ (5)

7) ค่าดำเนินการในส่วนของ พ.พ. คิดในอัตรา 3 เปอร์เซ็นต์ของงานในข้อ (2) ถึงหัวข้อ (5)

8) ราคาสำรองเผื่อขาด เพื่อเป็นค่าใช้จ่ายสำรองของงานต่างๆ คิด 10% ของราคางานในหัวข้อ (2) ถึง (5)

(2) ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา

ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาในแต่ละปี ประกอบด้วย เงินเดือน ค่าจ้าง ค่าอุปกรณ์ในสำนักงาน ค่าอุปกรณ์ในการบำรุงรักษา ฯลฯ ค่าใช้จ่ายในการ ดำเนินการและบำรุงรักษาที่ได้รวบรวมข้อมูลจากโครงการ อื่นๆ สรุปได้ดังนี้

1) งานโยธา	1.0	เปอร์เซ็นต์ของราคางาน
2) งานเครื่องจักรกลไฟฟ้าพลังน้ำ	2.5	เปอร์เซ็นต์ของราคางาน
3) งานระบบสายส่งไฟฟ้า	1.0	เปอร์เซ็นต์ของราคางาน
4) งานอุปกรณ์ชลศาสตร์	1.0	เปอร์เซ็นต์ของราคางาน
5) งานอุปกรณ์ลานไถไฟฟ้า	2.0	เปอร์เซ็นต์ของราคางาน

(3) แฟกเตอร์ปรับราคาการเงินเป็นราคาของเศรษฐกิจศาสตร์

ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจศาสตร์ จะต้องปรับราคาทางการเงิน (Financial Prices) ให้เป็นราคาทางเศรษฐกิจศาสตร์ (Economic Prices) โดยจะใช้วิธีหักค่าบิดเบือนของราคา (price distortion) ออกจากมูลค่าตลาดหรือมูลค่าทางการเงินของสินค้าหรือบริการสาเหตุสำคัญของการบิดเบือนราคาที่เกิดขึ้น คือ ภาษีนำเข้า ภาษีสรรพสามิต ภาษีอื่นๆ ที่เจาะจงเฉพาะสินค้าหรือบริการ ในการวิเคราะห์ราคาด้านเศรษฐกิจศาสตร์ได้แบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม โดยใช้แฟกเตอร์ปรับค่าดังนี้

1) งานโยธาและเตรียมงาน	0.88
2) งานเครื่องจักรกลไฟฟ้าพลังน้ำ	0.84

3) งานระบบสายส่งไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้า	0.92
4) งานอุปกรณ์ชลศาสตร์และงานอื่นๆ	0.92
5) งานที่ปรึกษาและค่าดำเนินการ	0.94

(4) อายุการใช้งานและการเปลี่ยนวัสดุอุปกรณ์ทดแทน

องค์ประกอบต่างๆ ของโครงการมีอายุการใช้งานที่ต่างกัน องค์ประกอบด้านงานโยธามีอายุใช้งานเท่ากับอายุโครงการ ในขณะที่องค์ประกอบบางอย่างมีอายุการใช้งานสั้นกว่า เมื่อทำการเปลี่ยนอุปกรณ์เหล่านี้จะถือเป็นค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าก่อสร้างทดแทน (Replacement Cost) โดยอายุการใช้งานองค์ประกอบแต่ละประเภทมีดังนี้

1) งานโยธา	อายุการใช้งาน	50	ปี
2) งานเครื่องจักรกลไฟฟ้าพลังน้ำ	อายุการใช้งาน	25	ปี
3) งานระบบสายส่งไฟฟ้า	อายุการใช้งาน	40	ปี
4) งานอุปกรณ์ลานไถไฟฟ้า	อายุการใช้งาน	25	ปี
5) งานอุปกรณ์ทางด้านชลศาสตร์	อายุการใช้งาน	20	ปี

4.3.2 การประเมินผลประโยชน์ของโครงการ

ผลประโยชน์หลักของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำที่สามารถตีค่าเป็นตัวเลขได้จะพิจารณาจากผลประโยชน์ที่ได้จากการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งสามารถคิดเป็นมูลค่าตัวเงินได้ และเป็นผลประโยชน์โดยตรงจากการพัฒนาโครงการ ส่วนผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมที่ได้จากการลดการปล่อยก๊าซ CO₂ เข้าสู่ชั้นบรรยากาศ ซึ่งสามารถประเมินเป็นปริมาณ CO₂ ที่ลดลงและคิดเป็นมูลค่าตัวเงินได้เช่นกัน ดังนั้นการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์จะนำผลประโยชน์ดังกล่าวมาคิดรวมกับผลประโยชน์ทางตรงที่ต่อเนื่องเมื่อการวิเคราะห์โครงการด้านเศรษฐศาสตร์ด้วยผลประโยชน์ทางตรงเพียงอย่างเดียวให้ผลวิเคราะห์ไม่คุ้มทุน เนื่องจากการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำจะวิเคราะห์ในลักษณะเปรียบเทียบค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนโครงการว่าคุ้มค่าการลงทุนหรือไม่เมื่อเปรียบเทียบกับค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้าแบบอื่นที่สามารถสนองความต้องการทางด้านไฟฟ้าได้เหมือนกัน ซึ่งการวิเคราะห์โดยใช้ผลประโยชน์ทางตรงจากการผลิตกระแสไฟฟ้าจะให้ผลวิเคราะห์ที่ชัดเจนว่าโครงการไฟฟ้าพลังน้ำนั้นๆ คุ้มค่าการลงทุนอย่างแท้จริง

ในการประเมินผลประโยชน์โครงการไฟฟ้าพลังน้ำทำอย่างเก็บน้ำจะทำการประเมินผลทางตรงจากการผลิตกระแสไฟฟ้าจะใช้วิธีต้นทุนเปรียบเทียบ คือ “ผลประโยชน์จะคิดจากต้นทุนของโครงการอื่นที่สูงถัดไปจากโครงการไฟฟ้าพลังน้ำ โดยที่โครงการทั้งสองสามารถสนองความต้องการทางด้านไฟฟ้าเหมือนกัน” สำหรับโครงการไฟฟ้าพลังน้ำทำอย่างเก็บน้ำห้วยป่าเลาได้ประเมินผลประโยชน์โครงการเปรียบเทียบกับโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ด้วยเหตุผลที่ว่าโครงการไฟฟ้าพลังน้ำเป็นโครงการที่มีวัตถุประสงค์ในการเสริมปริมาณกระแสไฟฟ้า สำหรับการผลิตไฟฟ้าในช่วงความต้องการไฟฟ้าสูงสุดและลดการสูญเสียที่ปลายสาย เช่นเดียวกับลักษณะการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้ากังหัน

ก๊าซ โดยใช้ข้อมูลต้นทุนค่าก่อสร้าง ค่าเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าประเภทดังกล่าวจาก โรงไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต มีรายละเอียดดังนี้

6) ต้นทุนค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้า (ด้านเศรษฐศาสตร์)	128,000	บาท/กิโลวัตต์
7) ต้นทุนค่าน้ำมันดีเซล	4.73	บาท/หน่วย
8) ค่าบำรุงรักษาและดำเนินการ	0.24	บาท/หน่วย
9) อายุการใช้งานโรงไฟฟ้าแก๊สเทอร์ไบน์	20	ปี
10) ระยะเวลาก่อสร้างโรงไฟฟ้าแก๊สเทอร์ไบน์	2	ปี

4.3.3 ตัวชี้วัดความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์

1) อัตราคิดลดหรือค่าเสียโอกาสเงินลงทุน จากแนวทางและหลักเกณฑ์การวิเคราะห์โครงการ ของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ได้กำหนดอัตราส่วนลดหรือค่าเสีย โอกาสเงินลงทุนที่ร้อยละ 9-12 แต่เนื่องจากในปัจจุบันสถานะดอกเบี้ยเงินกู้มีอัตราต่ำ จึงได้พิจารณาอัตรา คิดลดร่วมกับอัตราดอกเบี้ยพันธบัตรระยะยาว หรือค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนที่ประเทศจะต้องจ่ายลงทุนใน การพัฒนาประเทศ ซึ่งมีอัตราระหว่างร้อยละ 5-8 (สถิติเศรษฐกิจและการเงิน ธนาคารแห่งประเทศไทย) ดังนั้นเพื่อความเหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพปัจจุบันจึงเลือกใช้อัตราส่วนลดที่ร้อยละ 8 แต่อย่างไรก็ ตามได้พิจารณาเพิ่มเติมในกรณีที่อัตราส่วนลดเท่ากับ ร้อยละ 10 และร้อยละ 12

2) เกณฑ์การยอมรับ โครงการที่มีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์พิจารณาจากตัวชี้วัดดังนี้

- (1) ผลประโยชน์สุทธิ (Net Present Value : NPV, B-C) ณ อัตราคิดลดร้อยละ 8
- (2) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio : B/C) ณ อัตราคิดลดร้อยละ 8
- (3) อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ (Economic Internal Rate of Return :

EIRR)

- (4) ต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้า (Average Incremental Cost : AIC) ณ อัตราคิดลดร้อยละ 8

4.3.4 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

(1) ต้นทุนโครงการ

ต้นทุนโครงการ (Project Cost) ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ค่าลงทุนของโครงการ ซึ่งใช้เวลาก่อสร้าง 2 ปี และค่าใช้จ่ายรายปีในการดำเนินการและบำรุงรักษาหลังก่อสร้างเสร็จ

1) ค่าลงทุนของโครงการ (Investment Cost) แยกตามลักษณะประเภทของงานในแต่ละด้าน ดังนี้

รายการ	มูลค่า (ล้านบาท)	
	การเงิน	เศรษฐศาสตร์
- งานเตรียมงานและงานผันน้ำระหว่างก่อสร้าง	0.100	0.088
- งานโยธา	3.548	3.122
- อุปกรณ์ชลศาสตร์	0.425	0.391
- อุปกรณ์เครื่องจักรกลไฟฟ้าพลังน้ำ	6.500	5.460
- งานระบบส่งไฟฟ้า	4.700	4.324
- ค่าวิศวกรที่ปรึกษาควบคุมงาน	0.759	0.713
- ค่าดำเนินการ	0.455	0.428
- เงินเผื่อขาด	1.517	1.396
รวม (ปีฐาน พ.ศ. 2555)	18.004	15.922

2) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา (Operation and Maintenance Cost) คืองานที่ต้องทำในช่วงดำเนินการ เพื่อให้ผลประโยชน์เกิดขึ้นตามเป้าหมาย จะเริ่มในปีที่ 3 คิดเป็นมูลค่าทางการเงิน 0.468 ล้านบาท/ปี คิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจ 0.430 ล้านบาท/ปี

(2) ผลประโยชน์ของโครงการด้านเศรษฐศาสตร์

ผลประโยชน์รวมของโครงการโรงไฟฟ้าทำอย่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา กำลังผลิตติดตั้งขนาด 105 กิโลวัตต์ ผลิตกระแสไฟฟ้าได้เฉลี่ย 0.53 ล้านหน่วย/ปี เกิดผลประโยชน์คิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ดังนี้

1) ทดแทนค่าลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้า Gas Turbine คิดเป็นมูลค่า 23.753 ล้านบาทตลอดอายุโครงการ

2) ทดแทนค่าใช้จ่ายในการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าประเภท Gas Turbine ที่ใช้น้ำมันดีเซลในเชื้อเพลิง 14.085 ล้านบาท/ปี

4.3.5 ผลการวิเคราะห์โครงการ

ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำทำอย่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา มีอัตราผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ เท่ากับร้อยละ 12.941 เป็นโครงการมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนในทางเศรษฐกิจ กล่าวคือ มีอัตราผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงกว่าเกณฑ์การประเมินโครงการที่กำหนดไว้ร้อยละ 8 รายละเอียดแสดงในตารางที่ 5.1 ซึ่งมีค่าดัชนีต่างๆ ที่อัตราส่วนลด 8-12% สรุปได้ดังนี้

รายการ	หน่วย	8%	10%	12%
มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน	ล้านบาท	17.807	16.481	15.507
มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์	ล้านบาท	43.092	35.679	30.528
ผลประโยชน์สุทธิ (B-C)	ล้านบาท	25.284	19.198	15.021
อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C)		2.420	2.165	1.969
ต้นทุนเฉลี่ยส่วนเพิ่ม (AIC)	บาท/กิโลวัตต์-ชม.	2.756	3.142	3.526

4.4 การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

4.4.1 ผลกระทบต่อทรัพยากรสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ

การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมเบื้องต้นของโครงการ ที่อาจมีต่อทรัพยากรสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ ซึ่งประกอบด้วยประเด็น การศึกษา 8 ประเด็น ดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ประเมินแล้วพบว่า โครงการอาจมีผลกระทบเชิงลบต่อทรัพยากรสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ ทั้งในระยะก่อสร้าง และ / หรือระยะดำเนินการ รวม 4 หัวข้อ ประกอบด้วย (1) สภาพภูมิอากาศและอุตุนิยมวิทยา (2) คุณภาพน้ำผิวดิน (3) ทรัพยากรดิน (4) การกัดเซาะดินและการตกตะกอน แต่ผลกระทบเชิงลบที่เกิดขึ้นต่อทั้ง 4 หัวข้อ เป็นผลกระทบในระดับต่ำ และเกิดขึ้นในระยะก่อสร้างเป็นส่วนใหญ่ มีเพียงประเด็นการกัดเซาะดินและการตกตะกอนเท่านั้นที่คาดว่าจะมีผลกระทบทั้งในระยะก่อสร้างและระยะดำเนินการ

4.4.2 ผลกระทบต่อทรัพยากรสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ

นิเวศวิทยาทางน้ำและการประมง ประเมินแล้วพบว่า ในช่วงระยะการก่อสร้างโครงการจะมีตะกอนขุ่นเกิดขึ้นในระหว่างการก่อสร้างโครงการ ซึ่งอาจจะมีผลต่อการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช ทำให้ผลผลิตในเบื้องต้นของแหล่งน้ำลดลงบ้าง นิเวศวิทยาป่าไม้และชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ ประเมินแล้วพบว่า มีผลกระทบเชิงลบต่อนิเวศวิทยาป่าไม้และชั้นคุณภาพลุ่มน้ำมาก อย่างไรก็ตามก็มีผลกระทบในเชิงบวกในช่วงตลอดระยะเวลาดำเนินโครงการ สัตว์ป่า ประเมินว่าโครงการอาจมีผลกระทบเชิงลบต่อสัตว์ป่าทั้งในระยะก่อสร้างและระยะดำเนินการ คือระยะก่อสร้าง สัตว์ป่าอาจถูกรบกวนจากการใช้เครื่องจักรกล และแรงงานคน พื้นที่อาศัย แหล่งหากิน และแหล่งหลบภัยอาจลดลงจากการใช้ก่อสร้าง รวมทั้งอาจถูกล่ามาเป็นอาหารเพิ่มขึ้น ส่วนในระยะดำเนินการซึ่งมีการเก็บกักน้ำเหนือฝายอาจเป็นปัจจัยในการขัดขวางการเคลื่อนย้ายที่อาศัย และแหล่งหากินของสัตว์ป่าบางชนิด รวมทั้งการตัดถนนเข้าสู่โครงการทำให้การลักลอบตัดไม้และล่าสัตว์ป่ากระทำได้ง่ายและกว้างขวางขึ้น

4.4.3 ผลกระทบต่อคุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์

การศึกษาผลกระทบต่อคุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ ประกอบด้วยการศึกษา 4 ประเด็น คือ 1) การใช้ประโยชน์ที่ดิน 2) การเกษตรกรรมและการเลี้ยงสัตว์ 3) การใช้ไฟฟ้า และ 4) การคมนาคมขนส่ง การประเมินคาดว่า โครงการไม่มีผลกระทบต่อการเกษตรกรรมและการเลี้ยงสัตว์แต่อย่างใด แต่อาจมีผลกระทบเชิงลบในระดับสูงต่อประเด็นการใช้ประโยชน์ที่ดิน และผลกระทบเชิงลบต่อการคมนาคมขนส่งในระยะก่อสร้างโครงการ อย่างไรก็ตามเมื่อการก่อสร้างโครงการแล้วเสร็จ และเริ่มดำเนินโครงการ จะให้ประโยชน์ต่อการใช้ไฟฟ้าในระดับชุมชนท้องถิ่น และท้องถิ่นโดยภาพรวม

4.4.4 ผลกระทบต่อคุณค่าคุณภาพชีวิต

การศึกษาผลกระทบของโครงการต่อคุณค่าคุณภาพชีวิต ซึ่งประกอบด้วยการศึกษา 3 ประเด็น คือ 1) เศรษฐกิจและสังคม 2) สภาพสาธารณสุข และ 3) แหล่งโบราณคดี / ประวัติศาสตร์ และแหล่งท่องเที่ยว โดยประเมินว่าในระยะก่อสร้างโครงการ อาจมีผลกระทบเชิงลบต่อสภาพสาธารณสุขเล็กน้อย ในด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม และอาชีวอนามัย แต่เป็นผลกระทบในระยะก่อสร้างเท่านั้น แต่เมื่อโครงการก่อสร้างแล้วเสร็จและเริ่มดำเนินโครงการ จะส่งผลกระทบเชิงบวกต่อสภาพเศรษฐกิจและสังคม และสภาพสาธารณสุขในบริเวณพื้นที่โครงการในระดับปานกลาง และในระดับต่ำ

4.4.5 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของแนวสายส่งไฟฟ้าโครงการ

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมเบื้องต้นของแนวสายส่งไฟฟ้าของโครงการ คาดว่าอาจมีประเด็นผลกระทบเชิงลบที่มีนัยสำคัญ เพียง 3 ประเด็น คือ ผลกระทบต่อทรัพยากรป่าไม้ ทรัพยากรดินและการใช้ที่ดิน การกัดเซาะและการตกตะกอน เนื่องจากกิจกรรมการแผ้วถาง การขุดถมดินเพื่อปรับระดับพื้นที่ตามแนวสายส่งไฟฟ้า อย่างไรก็ตาม ประเมินว่าผลกระทบดังกล่าวจะสามารถควบคุมให้อยู่ในระดับต่ำ และเป็นผลกระทบในระยะสั้นช่วงการก่อสร้างเป็นส่วนใหญ่

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

เนื่องจากโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลาเป็นอ่างเก็บน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และเพื่อใช้ในการเกษตรตั้งอยู่ที่บริเวณบ้านป่าเลา อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ประกอบด้วยเขื่อนดินห้วยงาน และอาคารประกอบพร้อมส่วนประกอบอื่น ๆ คือ อ่างเก็บน้ำมีความจุ 8.40 ล้านลูกบาศก์เมตร มีความยาวสันเขื่อน 451 เมตร สูง 28 เมตร อาคารระบายน้ำลงลำน้ำเดิม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.20 เมตร ระบายน้ำได้วินาทีละ 9.17 ลูกบาศก์เมตร พื้นที่ที่ได้รับประโยชน์ของโครงการตั้งอยู่ในเขตตำบลป่าเลาและตำบลในเมือง รวมพื้นที่ 1,000 ไร่ เพื่อพัฒนาศักยภาพโรงไฟฟ้าพลังน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลาโดยใช้กระบวนการแบบมีส่วนร่วม ผลจากการศึกษาเพื่อประเมินศักยภาพเบื้องต้นของโรงไฟฟ้าพลังน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา พบว่า โดยรวมอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลามีศักยภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ เนื่องจากโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลาเป็นอ่างเก็บน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และเพื่อใช้ในการเกษตรเป็นหลัก จะระบายน้ำให้เกษตรกรตามฤดูกาลเพาะปลูกเท่านั้น ซึ่งโดยเฉลี่ยในหนึ่งปี จะระบายน้ำประมาณ 8 เดือน เท่านั้น โดยมีศักยภาพสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำได้ไม่ต่ำกว่า 105 กิโลวัตต์ โดยการติดตั้งกังหันน้ำชนิด Francis Turbine พร้อมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ไว้ด้านท้ายอาคารท่อสร้างน้ำลงลำน้ำเดิม จากผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์และการเงินสรุปได้ว่าโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลามีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการเงิน โดยมีความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตกรณีต้นทุนเพิ่มหรือผลประโยชน์ลดลงอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวเป็นการประเมินเฉพาะในส่วนผลประโยชน์ที่ประเมินเป็นตัวเงินได้ ส่วนผลประโยชน์ที่ไม่สามารถประเมินเป็นตัวเงินได้ เช่น ความสะดวกสบายที่เพิ่มขึ้นหรือคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น เหล่านี้มีได้นำมาพิจารณาด้วย ซึ่งหากนำปัจจัยดังกล่าวมาพิจารณาร่วม อาจกล่าวได้ว่าโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลามีความเหมาะสมที่จะดำเนินการพัฒนาโครงการ อย่างไรก็ตามจากการลงพื้นที่เพื่อชี้แจงทำความเข้าใจกับผู้นำในพื้นที่ การประชุมทีมวิจัยประจำตำบลร่วมกับชาวบ้านและเกษตรกร รวมถึงการจัดการเสวนา และอบรมต่างๆ เป็นระยะๆ ตลอดจนนำตัวแทนเกษตรกรผู้ใช้น้ำศึกษาดูงานการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยกลุ่ม จังหวัดชัยภูมิได้รับการตอบรับที่ดี โดยชาวบ้านมากกว่า 90% เห็นด้วยกับโครงการ ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นได้สามารถนำไปหมุนเวียนใช้ภายในชุมชน ส่วนที่เหลือก็สามารถขายให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตได้ ซึ่งถือว่าเป็นการเพิ่มความมั่นคงทางด้านพลังงานให้กับประเทศได้ในอนาคต

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ควรมีการศึกษาวิถีชีวิตของชุมชนให้ถ่องแท้ก่อนดำเนินการวิจัยภาคสนาม เพื่อจะสามารถกลืนกลายกับชุมชนได้เป็นอย่างดี อันจะส่งผลให้เกิดความไว้วางใจระหว่างชุมชนกับคณะผู้วิจัย ซึ่งช่วยให้ได้รับความร่วมมือในการให้ข้อมูลที่แท้จริง และประสบความสำเร็จราบรื่นในการดำเนินการวิจัยตามเป้าหมายที่ต้องการ

2) ควรเปิดโอกาสให้สมาชิกทีมวิจัยฝ่ายชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมมากที่สุดในทุกขั้นตอนของกระบวนการตามวิธีการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม เพราะการวิจัยรูปแบบนี้เน้นบทบาทของทีมวิจัยฝ่ายชุมชน ซึ่งเป็นตัวแทนของชุมชนเป็นสำคัญ

3) แบ่งหน้าที่รับผิดชอบของทีมนักวิจัยแต่ละฝ่ายให้ชัดเจนและที่สำคัญคือ สร้างความเข้าใจที่กระจ่างชัด และรับรู้ร่วมกัน ตรงกันในสมาชิกทีมวิจัยเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ เป้าหมายของโครงการวิจัย ขั้นตอนดำเนินการวิจัย ตลอดจนกติกาในการทำงานร่วมกัน เช่น การตรงต่อเวลา การร่วมกันแสดงความคิดเห็น การยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นโดยปราศจากอคติ เป็นต้น นอกจากนี้ยังต้องมีการประเมินผลเพื่อสะท้อนการปฏิบัติงานและความสำเร็จของโครงการวิจัยอย่างสม่ำเสมออีกด้วย

4) ควรศึกษาวัฒนธรรมของชุมชนให้ดี เช่น วิธีการประกอบอาชีพ หรือประเพณีการไปร่วมงานในชุมชนที่ขาดไม่ได้ ได้แก่ งานศพ งานแต่งงาน งานขึ้นบ้านใหม่ และงานบุญทั้งหลาย เพื่อหลีกเลี่ยงการจัดโครงการและกิจกรรมในโครงการวิจัยที่ขัดกับวัฒนธรรมดังกล่าว มิฉะนั้นอาจพบปัญหาโดยไม่คาดคิด กล่าวคือ มีผู้มาร่วมโครงการและกิจกรรมต่ำกว่าเป้าหมายที่วางไว้มาก ทั้งที่เตรียมการไว้พร้อม

5) ควรนำรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมนี้ไปใช้ในการแก้ไขปัญหาอื่นๆ ของชุมชนที่ต้องใช้กระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน โดยประยุกต์ใช้วิธีการให้เหมาะสมสถานการณ์ของปัญหานั้นๆ

6) ควรมีการนำรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมในลักษณะนี้ไปสร้างเสริมคุณภาพชีวิตให้แก่ชุมชนอื่นๆ ซึ่งอาจมีการปรับเปลี่ยนให้เหมาะสม สอดคล้องกับบริบทและสภาพแวดล้อมต่างๆ ของชุมชนนั้นๆ

7) ควรมีการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อแก้ไขปัญหาของชุมชน หรือสร้างเสริมคุณภาพชีวิตแก่ชุมชนที่เจาะประเด็นน่าสนใจเป็นเรื่องราวๆ ไป เช่น ด้านอาชีพและรายได้ ด้านภาวะหนี้สิน ด้านความยากจน ด้านโรคภัยไข้เจ็บ หรือด้านยาเสพติด เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- ชัยยุทธ ชินณะราศีและคณะ. การประเมินศักยภาพของการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กในกลุ่มน้ำแควน้อย จังหวัดกาญจนบุรี. ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2552.
- ชัยศรี ภูริวุฒิ. ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนภูมิพล การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2545.
- ชิดชนก นุตาคม. การประเมินผลโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก : กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กแม่ยะ อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เศรษฐศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541.
- ณัฐวดี มานะสุวรรณผล. การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้พยากรณ์อัตราเงินเพื่อและนำมาประยุกต์เพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมของโครงการโรงไฟฟ้า. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2539.
- บุญทริกา เทพธรรม. ความคิดเห็นของชุมชนรอบโรงไฟฟ้าราชบุรี ด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมของ บริษัทผลิตไฟฟ้าราชบุรี จำกัด. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2550.
- ประเสริฐ อินทับ. ขนาดกำลังผลิตที่เหมาะสมสำหรับโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กระดับหมู่บ้านในเขตภาคเหนือของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2546.
- มโน อาซพงศ์. ความพึงพอใจของประชาชนต่อการดำเนินงานด้านมวลชนสัมพันธ์ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, 2550.
- ยิ่งยง เรืองทอง. การศึกษาผลกระทบของโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนปากมูลที่มีต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม. สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี, 2538.
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน. การศึกษาและออกแบบโครงการนำร่องการพัฒนาพลังน้ำขนาดเล็กเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในพื้นที่ลุ่มน้ำชี

สมคิด หาญวณิพงศ์. การวิเคราะห์ราคาและเปรียบเทียบต้นทุนส่วนเพิ่มเฉลี่ยของโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้า กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าพลังน้ำลำตะคองแบบสูบกลับและโรงไฟฟ้าวังน้อย. ปรินญาเศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต (เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ) มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2546.

สุบิน เนตรสว่าง. การกำหนดการผลิตกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนภูมิพล. ปรินญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2550.

สุริย์พร พาณิชอัตรา. การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำกิริธารแบบสูบกลับ. ปรินญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เศรษฐศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540.

Ashden Awards. "Micro-hydro". Retrieved 2009-06-29.

Crettenand, N. (2012) "The facilitation of mini and small hydropower in Switzerland: shaping the institutional framework. With a particular focus on storage and pumped-storage schemes". Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). PhD Thesis N° 5356.
<http://infoscience.epfl.ch/record/176337?ln=en>

Gorlov A.M., Development of the helical reaction hydraulic turbine. Final Technical Report, The US Department of Energy, August 1998, The Department of Energy's (DOE) Information Bridge: DOE Scientific and Technical Information.

"Microhydro". Research Institute for Sustainable Energy. Retrieved 9 December 2010.

"Micro-hydro". The Ashden Awards for Sustainable Energy. Retrieved 20 November 2010.

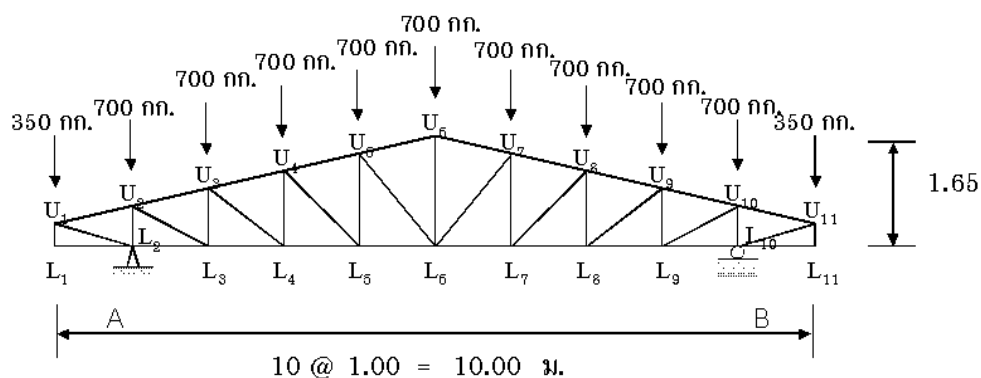
"Microhydropower". U.S. DOE. Retrieved 20 November 2010.

"Micro Hydro Power - Pros and Cons". Alternative Energy News Network. Retrieved 24 November 2010.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายการคำนวณเพื่อการออกแบบ

การออกแบบโครงหลังคา



ระยะห่างระหว่างโครงหลังคา	5 ม.
โครงหลังคายาว	18 ม.
แรงลมในแนวราบ	80 กก./ม. ²
สัมประสิทธิ์ของรูปร่าง (Shape Coefficient)	80
Structural Steel	มอก. 1479-2541 SS400
	$F_y = 2,400 \text{ กก./ชม.}^2$
	$F_u = 4,050 \text{ กก./ชม.}^2$
หน่วยแรงดึงที่ยอมให้	$F_s \leq 2,400 \text{ กก./ชม.}^2$
หน่วยแรงดัดที่ยอมให้	$F_b \leq 1,200 \text{ กก./ชม.}^2$
หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้	$\tau_s \leq 700 \text{ กก./ชม.}^2$
หน่วยแรงรวมที่ยอมให้	$\sigma_{CB} \leq 1,800 \text{ กก./ชม.}^2$

1. การออกแบบแป

ระยะห่างของแป 1.00 ม. ระยะช่วงแป 5.00 ม. ความลาดชัน 15 องศา



น้ำหนักบรรทุก

น้ำหนักบรรทุกคงที่

- น้ำหนักกระเบื้อง 15.00 กก./ม.
- น้ำหนักแป 8.50 กก./ม.

รวม 23.50 กก./ม.

น้ำหนักจร 50.00 กก./ม.

แรงลม

หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม

$$q = \frac{1}{2} \rho \bar{V}^2$$

โดยที่

ρ = ความหนาแน่นของมวลอากาศ = 1.25 กก./ลบ.ม.

$\bar{V}$ = ความเร็วลมอ้างอิง = 22 เมตร/วินาที

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก = 9.81 เมตร/วินาที²

∴ หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม

$$q = \frac{1}{2} \frac{1.25}{9.81} 22^2 = 30.84 \text{ กก./ตร.ม.}$$

ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ $C_e = 1.00$

ค่าประกอบเนื่องจากผลการกระโชกของลม $C_g = 1.00$

ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายนอกอาคาร $C_p = \pm 0.70$

∴ หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวของอาคาร

$$\begin{aligned} p &= q C_e C_g C_p \\ &= (30.84)(1.00)(1.00)(\pm 0.70) \\ &= \pm 21.59 \text{ กก./ตร.ม.} \end{aligned}$$

ผลรวมของน้ำหนักกระทำ

$$\text{กรณีที่ 1 } D+L = 73.50 \text{ กก./ม.}$$

$$\text{กรณีที่ 2 } D+W = 45.09 \text{ กก./ม.}$$

$$\text{กรณีที่ 3 } 0.75(D+L+W) = 71.31 \text{ กก./ม.}$$

กรณีที่ 3 $0.75(D+L+W)$ ควบคุมการออกแบบ

$$M_x = \frac{1}{8} w \cos \theta \cdot l^2 = 221.86 \text{ กก.-ม.}$$

$$M_y = \frac{1}{8} w \sin \theta \cdot l^2 = 59.45 \text{ กก.-ม.}$$

$$F_{bx} = 0.6 F_y = 1,440 \text{ กก./ชม.}^2$$

$$F_{by} = 0.75 F_y = 1,800 \text{ กก./ชม.}^2$$

เลือกใช้ C - 150x50x20 x 3.2 มม.

$$A = 8.607 \text{ ซม.}^2 \quad I_x = 280.00 \text{ ซม.}^4 \quad S_x = 37.40 \text{ ซม.}^3$$

$$W = 6.76 \text{ กก./ม.} \quad I_y = 28.30 \text{ ซม.}^4 \quad S_y = 8.19 \text{ ซม.}^3$$

หน่วยแรงที่เกิดขึ้น

$$f_{bx} = \frac{M_x}{S_x} = \frac{221.86}{37.40} \times 100 = 593.21 \text{ กก./ชม.}^2$$

$$f_{by} = \frac{M_y}{S_y} = \frac{59.45}{8.19} \times 100 = 725.85 \text{ กก./ชม.}^2$$

หน่วยแรงที่ยอมให้

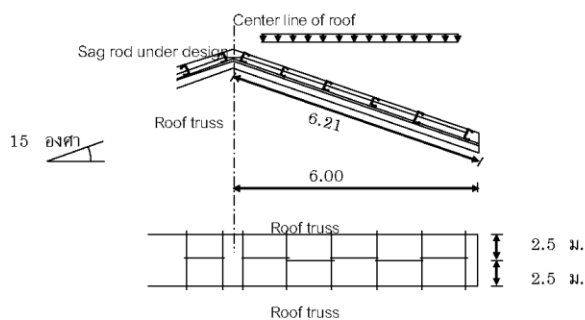
$$\frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} = \frac{593.21}{1,440} + \frac{725.85}{1,800} = 0.815 < 1.00$$

ตรวจสอบระยะโก่งตัว

$$\Delta = \frac{5WL^3}{384EI} = \frac{(5)(73.5)(\cos 15)(5)(500)^3}{(384)(2.04 \times 10^6)(280)} = 1.01 \text{ ซม.}$$

$$\Delta_a = \frac{L}{360} = \frac{500}{360} = 1.39 \text{ ซม.}$$

2. การออกแบบเหล็กยึดแป (Sag Rod)



ระยะห่างของเสา 12 ม. ระยะช่วงแป 5 ม. ระยะตัวยึด 2.5 ม.

น้ำหนักในแนวดิ่งในช่วงห่างระยะตัวยึดแปประกอบด้วย

$$\text{น้ำหนักแป 7 ตัว} = (6.76)(7)(2.5) = 148.8 \text{ กก.}$$

$$\text{น้ำหนักกระเบื้อง} = (15)(2.5)(6.21) = 232.9 \text{ กก.}$$

$$\text{น้ำหนักบรรทุกจร} = (50)(2.5)(6.21) = 776.3 \text{ กก.}$$

$$\text{รวมน้ำหนักในแนวดิ่ง} = 1157.9 \text{ กก.}$$

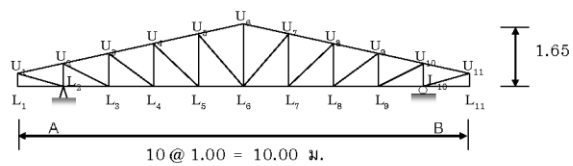
$$\text{น้ำหนักในทิศทางของตัวยึดแป} = 1157.9 \sin 15 = 299.7 \text{ กก.}$$

$$\text{เนื้อที่หน้าตัดของตัวยึดแปที่ต้องการ } A_b = T_u / 0.33 F_u = 0.22 \text{ ตร.ซม.}$$

เนื่องจากขนาดเหล็กกลมเล็กสุดที่ใช้ทำเหล็กยึดแปต้องไม่ต่ำกว่า ϕ 15 มม. (A = 1.77 ตร.ซม.)

ดังนั้น เลือกใช้เหล็กยึดแปที่มีเกลียวขนาด ϕ 15 มม. (A = 1.77 ตร.ซม.)

3. การออกแบบชิ้นส่วนของโครงหลังคา



น้ำหนักบรรทุกทุก

น้ำหนักบรรทุกคงที่

- น้ำหนักกระเบื้อง 15.00 กก./ตร.ม.
- น้ำหนักแป 6.76 กก./ตร.ม.
- น้ำหนักฝ้าเพดาน - กก./ตร.ม.
- น้ำหนักโครงหลังคาและค้ำยัน 20.00 กก./ตร.ม.

รวม 41.76 กก./ตร.ม.

กระทำต่อจุด 208.80 กก.

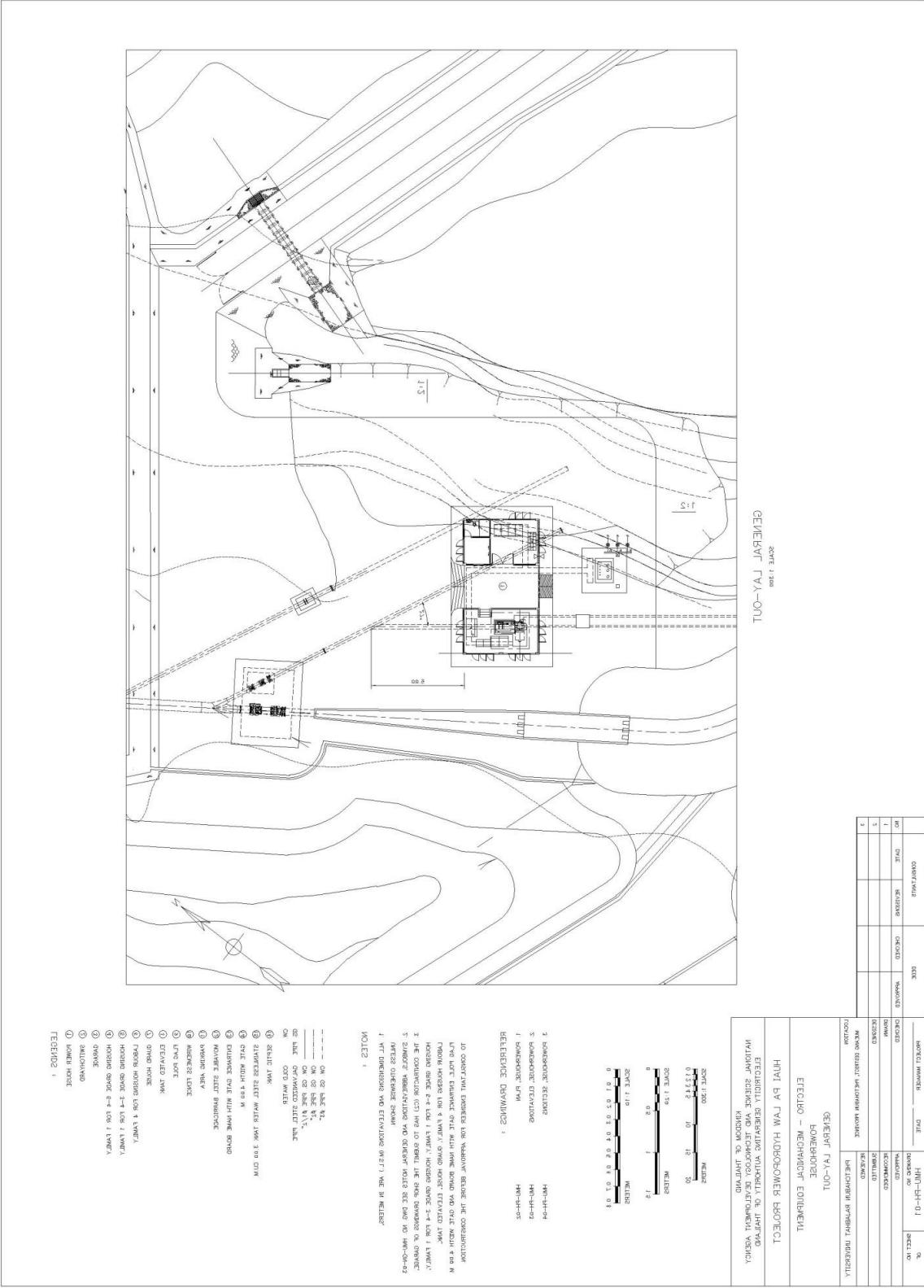
น้ำหนักจร กระทำต่อจุด 250.00 กก.

รวมน้ำหนักบรรทุกทุก กระทำต่อจุด 458.80 กก.

ใช้น้ำหนักบรรทุกทุก กระทำต่อจุด 700.00 กก.

ภาคผนวก ข แบบรายละเอียดโครงการไฟฟ้าพลังงานน้ำทำอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลา

- GENERAL LAY-OUT
- CROSS SECTION
- GENERAL PLAN
- ELEVATIONS
- SECTIONS
- DETAILS OF TOILET, SEPTIC AND SEEPAGE TANK
- DETAILS OF DOORS, WINDOWS AND NAMEPLATE
- PLAN FOOTING AND DETAILS
- ROOF BEAM AND TRUSS PLANS
- DETAILS BEAMS
- DETAILS TRUSS
- DETAILS COLUMN
- CABLE TRENCH DETAILS
- ELECTRICAL AND LIGHTING PLAN
- SECTIONS AND DETAILS OF TAILRACE
- REINFORCEMENT, SECTIONS AND DETAILS OF TAILRACE
- MAIN POWER SINGLE LINE DIAGRAM
- MAIN CONTROL SWITCH BOARD
- 0.4 kV AIR CIRCUIT BREAKER CUBICLE
- MOTOR CONTROL SWITCH BOARD
- DC AND AC LOW VOLTAGE SWITCH BOARD
- FUNCTION OF PROTECTIVE RELAY FOR UNIT AND ALARMS
- WATER SUPPLY AND DRAINAGE SCHEMATIC DIAGRAM
- COMPRESS AIR SYSTEM SCHEMATIC DIAGRAM



34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

336

337

338

339

340

341

342

343

344

345

346

347

348

349

350

351

352

353

354

355

356

357

358

359

360

361

362

363

364

365

366

367

368

369

370

371

372

373

374

375

376

377

378

379

380

381

382

383

384

385

386

387

388

389

390

391

392

393

394

395

396

397

398

399

400

401

402

403

404

405

406

407

408

409

410

411

412

413

414

415

416

417

418

419

420

421

422

423

424

425

426

427

428

429

430

431

432

433

434

435

436

437

438

439

440

441

442

443

444

445

446

447

448

449

450

451

452

453

454

455

456

457

458

459

460

461

462

463

464

465

466

467

468

469

470

471

472

473

474

475

476

477

478

479

480

481

482

483

484

485

486

487

488

489

490

491

492

493

494

495

496

497

498

499

500

501

502

503

504

505

506

507

508

509

510

511

512

513

514

515

516

517

518

519

520

521

522

523

524

525

526

527

528

529

530

531

532

533

534

535

536

537

538

539

540

541

542

543

544

545

546

547

548

549

550

551

552

553

554

555

556

557

558

559

560

561

562

563

564

565

566

567

568

569

570

571

572

573

574

575

576

577

578

579

580

581

582

583

584

585

586

587

588

589

590

591

592

593

594

595

596

597

598

599

600

601

602

603

604

605

606

607

608

609

610

611

612

613

614

615

616

617

618

619

620

621

622

623

624

625

626

627

628

629

630

631

632

633

634

635

636

637

638

639

640

641

642

643

644

645

646

647

648

649

650

651

652

653

654

655

656

657

658

659

660

661

662

663

664

665

666

667

668

669

670

671

672

673

674

675

676

677

678

679

680

681

682

683

684

685

686

687

688

689

690

691

692

693

694

695

696

697

698

699

700

701

702

703

704

705

706

707

708

709

710

711

712

713

714

715

716

717

718

719

720

721

722

723

724

725

726

727

728

729

730

731

732

733

734

735

736

737

738

739

740

741

742

743

744

745

746

747

748

749

750

751

752

753

754

755

756

757

758

759

760

761

762

763

764

765

766

767

768

769

770

771

772

773

774

775

776

777

778

779

780

781

782

783

784

785

786

787

788

789

790

791

792

793

794

795

796

797

798

799

800

801

802

803

804

805

806

807

808

809

810

811

812

813

814

815

816

817

818

819

820

821

822

823

824

825

826

827

828

829

830

831

832

833

834

835

836

837

838

839

840

841

842

843

844

845

846

847

848

849

850

851

852

853

854

855

856

857

858

859

860

861

862

863

864

865

866

867

868

869

870

871

872

873

874

875

876

877

878

879

880

881

882

883

884

885

886

887

888

889

890

891

892

893

894

895

896

897

898

899

900

901

902

903

904

905

906

907

908

909

910

911

912

913

914

915

916

917

918

919

920

921

922

923

924

925

926

927

928

929

930

931

932

933

934

935

936

937

938

939

940

941

942

943

944

945

946

947

948

949

950

951

952

953

954

955

956

957

958

959

960

961

962

963

964

965

966

967

968

969

970

971

972

973

974

975

976

977

978

979

980

981

982

983

984

985

986

987

988

989

990

991

992

993

994

995

996

997

998

999

1000

1001

1002

1003

1004

1005

1006

1007

1008

1009

1010

1011

1012

1013

1014

1015

1016

1017

1018

1019

1020

1021

1022

1023

1024

1025

1026

1027

1028

1029

1030

1031

1032

1033

1034

1035

1036

1037

1038

1039

1040

1041

1042

1043

1044

1045

1046

1047

1048

1049

1050

1051

1052

1053

1054

1055

1056

1057

1058

1059

1060

1061

1062

1063

1064

1065

1066

1067

1068

1069

1070

1071

1072

1073

1074

1075

1076

1077

1078

1079

1080

1081

1082

1083

1084

1085

1086

1087

1088

1089

1090

1091

1092

1093

1094

1095

1096

1097

1098

1099

1100

1101

1102

1103

1104

1105

1106

1107

1108

1109

1110

1111

1112

1113

1114

1115

1116

1117

1118

1119

1120

1121

1122

1123

1124

1125

1126

1127

1128

1129

1130

1131

1132

1133

1134

1135

1136

1137

1138

1139

1140

1141

1142

1143

1144

1145

1146

1147

1148

1149

1150

1151

1152

1153

1154

1155

1156

1157

1158

1159

1160

1161

1162

1163

1164

1165

1166

1167

1168

1169

1170

1171

1172

1173

1174

1175

1176

1177

1178

1179

1180

1181

1182

1183

1184

1185

1186

1187

1188

1189

1190

1191

1192

1193

1194

1195

1196

1197

1198

1199

1200

1201

1202

1203

1204

1205

1206

1207

1208

1209

1210

1211

1212

1213

1214

1215

1216

1217

1218

1219

1220

1221

1222

1223

1224

1225

1226

1227

1228

1229

1230

1231

1232

1233

1234

1235

1236

1237

1238

1239

1240

1241

1242

1243

1244

1245

1246

1247

1248

1249

1250

1251

1252

1253

1254

1255

1256

1257

1258

1259

1260

1261

1262

1263

1264

1265

1266

1267

1268

1269

1270

1271

1272

</



THE SHAPE DIMENSIONS INDICATED WITH LEAFY SIZES AND POSITIONING TO LEFT DIMENSION ARE OUR APPROXIMATE. THE EFFECTIVE-WEIGHT-CORRECTION IS REQUIRED TO CORRECT THE LEAFY & BUDS FOR LEAFY POSITIONING. LEAFY AND BUDS POSITION SIZES AND POSITIONING IS SUBJECT TO VARIATIONS AND OTHER FACTORS SEE DATA ON PWT-04-03.

1. WT DIMENSIONS AND ELEVATIONS (MST) ARE IN METERS, UNLESS OTHERWISE SHOWN

NOTES :

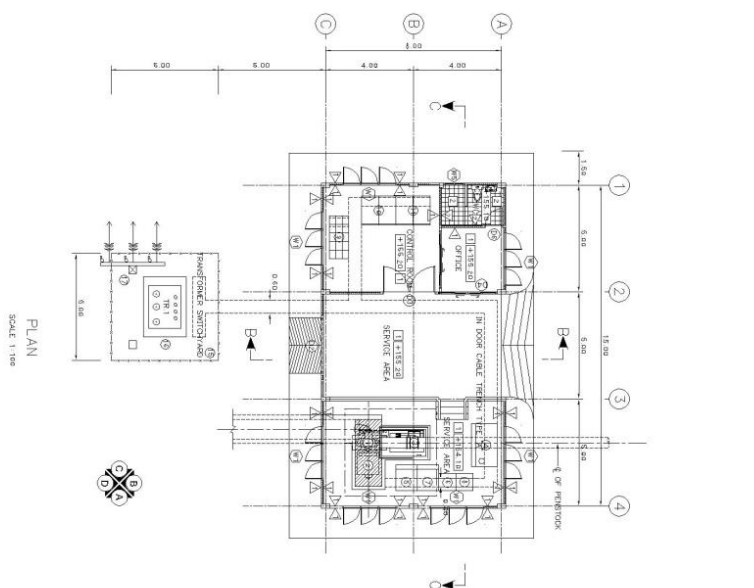
[illegible]

SCALE 1:100

PELERIN

0 1 2 3 4 5 6 7

[illegible]



DESCRIPTION -

- ① FUSE
- ② A/C AND BATTERY/CHARGE CIRCUIT
- ③ IGNITION
- ④ FUEL VALVE AND BYPASS VALVE
- ⑤ PRESSURE OIL ELEMENT
- ⑥ OVERVOLT AND VOLTAGE CONTROL PANEL
- ⑦ AIR OUTLET
- ⑧ CO. AND AIR PRESSURE TANK
- ⑨ BATTERY/CHARGE CIRCUIT
- ⑩ BATTERIES AND MAINS
- ⑪ MAIN CONTROL, BATTERY/CHARGE

SYMBOLS :

- ☒ AIR CONDITIONING
- ☐ EMERGENCY LAMP

FLOOR FINISH SYMBOLS :

- ☐ 1 COARSE FINISHED
- ☐ 2 8"x8" CERAMIC FLOOR TILES
- ☐ 3 COATED WITH EPOXY RESIN

WALL FINISH SYMBOLS:

- △ CEMENT PLASTER
- △ 4"x4" CERAMIC FLOOR TILES
- △ AC FLAT SHEET EAVES 6 mm THICK

NOTES :

1. ALL DIMENSIONS AND ELEVATIONS (MSL) ARE IN METERS, UNLESS OTHERWISE SHOWN

REFERENCE DRAWINGS :

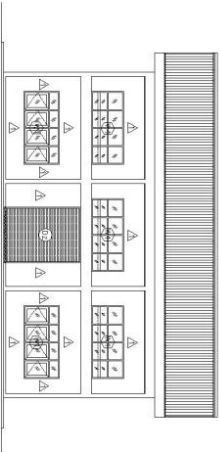
- | | |
|--------------------------------|----------|
| 1. POWERHOUSE, GENERAL LAY-OUT | HL-Ph-21 |
| 2. POWERHOUSE, ELEVATIONS | HL-Ph-23 |
| 3. POWERHOUSE, SECTIONS | HL-Ph-24 |

PLAN
SCALE 1:100

SCALE 1:1000

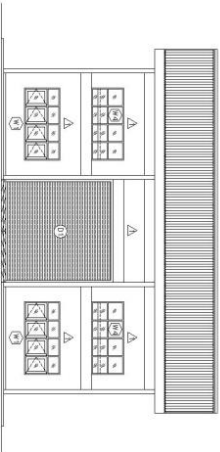


KINGDOM OF THAILAND NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY DEVELOPMENT AGENCY ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND HAI PA LAW HYDROPOWER PROJECT									
3									LOCATION
2									NAME, ADDRESS, AND TOWN PROVINCE
1									DESIGNED
NO	DATE	REVISION	RECHECKED	APPROVED					DRAWN
									CHECKED
									PROJECT NUMBER
									DATE
									PRE THAMMA RABHART UNIVERSITY DEPARTMENT 5-BUILDING 5-ROOM APPROVED DRAWING NO. HPL-TH-03
									SHEET NO. OF



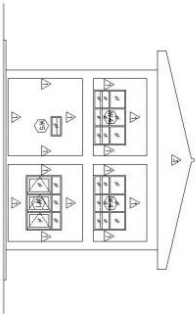
ELEVATION "A"

SCALE 1:100



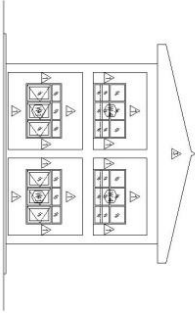
ELEVATION "B"

SCALE 1:100



ELEVATION "C"

SCALE 1:100



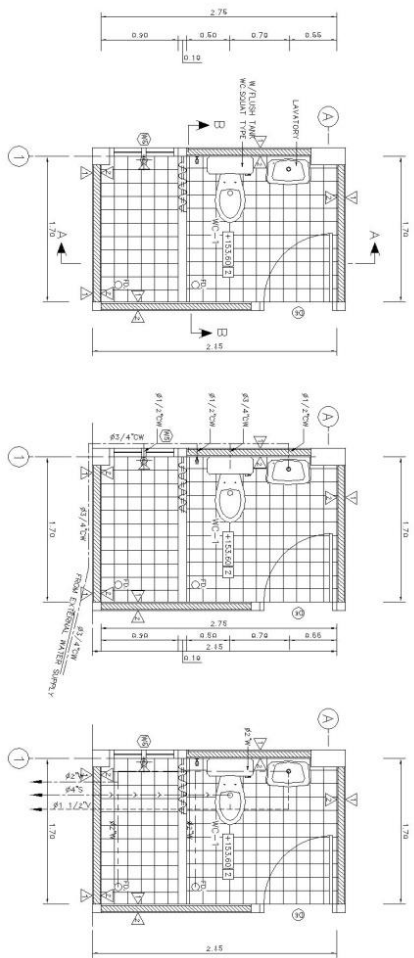
ELEVATION "D"

SCALE 1:100

- NOTES :
- 1. ALL DIMENSIONS AND ELEVATIONS (M.S.L.) ARE IN METERS.
 - 2. UNLESS OTHERWISE SHOWN.
 - 3. SYMBOLS, ABBREVIATIONS AND GENERAL NOTES SEE DWG. NO. HP-CH-03
- REFERENCE DRAWINGS :
- 1. POWERHOUSE PLAN HP-PM-02
 - 2. POWERHOUSE SECTIONS HP-PM-04



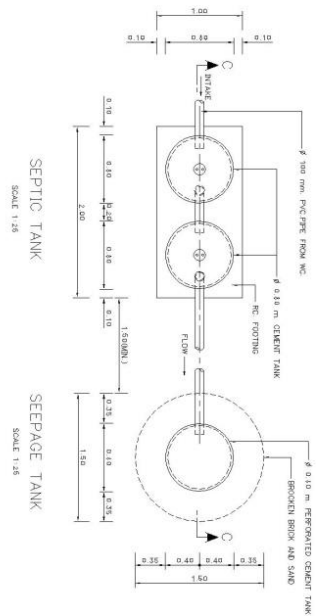
KINGDOM OF THAILAND				NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY DEVELOPMENT AGENCY			
HUALAI PA LAU HYDROPOWER PROJECT				ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND			
CIVIL WORKS				POWERHOUSE			
ELEVATIONS				ELEVATIONS			
LOCATION				PROJECT NUMBER			
MUEANG DISTRICT, NAKHON RATCHASIMA PROVINCE				DATE			
DESIGNED				DRAWN			
CHECKED				APPROVED			
DATE				PROJECT NUMBER			
COMMENTS				DATE			
HP-PM-04				HP-PM-04			



PLAN WC-1
SCALE 1:25

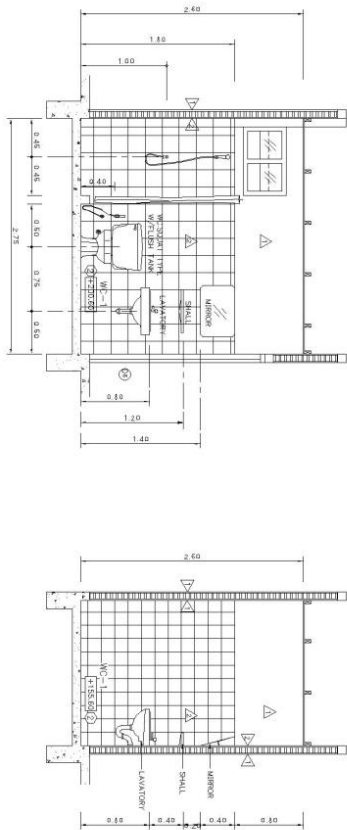
COLD WATER PIPING
SCALE 1:25

SOL, WASTE AND VENT PIPING
SCALE 1:25



SEPTIC TANK
SCALE 1:25

SEEPAGE TANK
SCALE 1:25



SECTION A-A
SCALE 1:25

SECTION B-B
SCALE 1:25

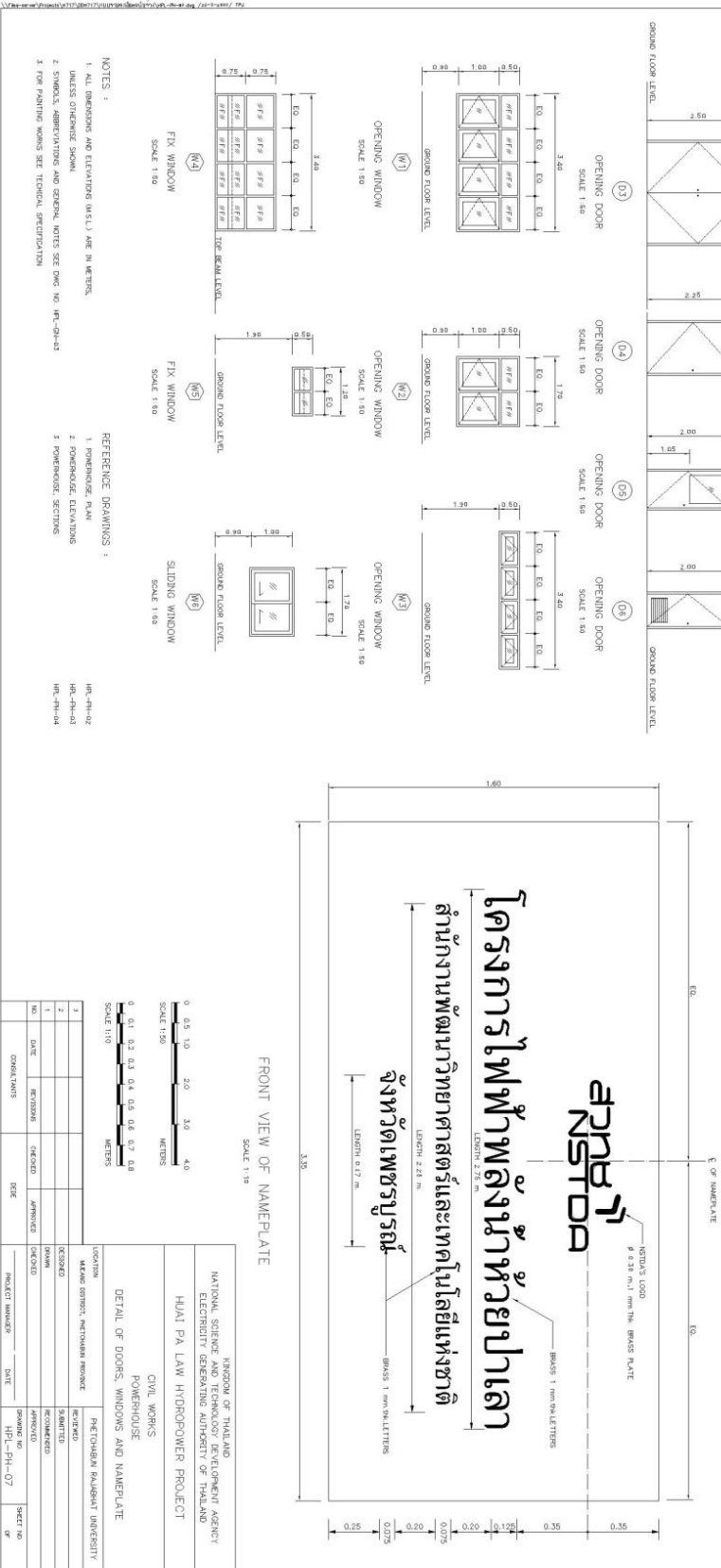
- SYMBOLS :
- SOL PIPE
 - WASTE PIPE
 - COLD WATER PIPE
 - VENT PIPE

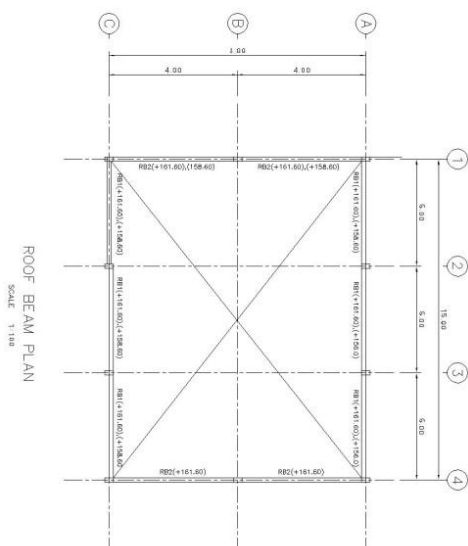
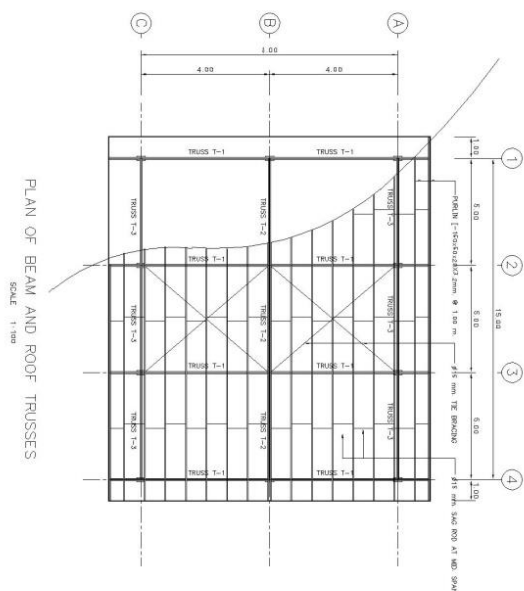
- NOTES :
1. ALL DIMENSIONS AND ELEVATIONS (M.S.L.) ARE IN METERS.
 2. MATERIALS OTHERWISE SHOWN.
 3. SYMBOLS, ADDITIONS AND GENERAL NOTES SEE DWG NO. H-CH-03.
- REFERENCE DRAWING :
- 1. POWERHOUSE, PLAN

H-CH-02

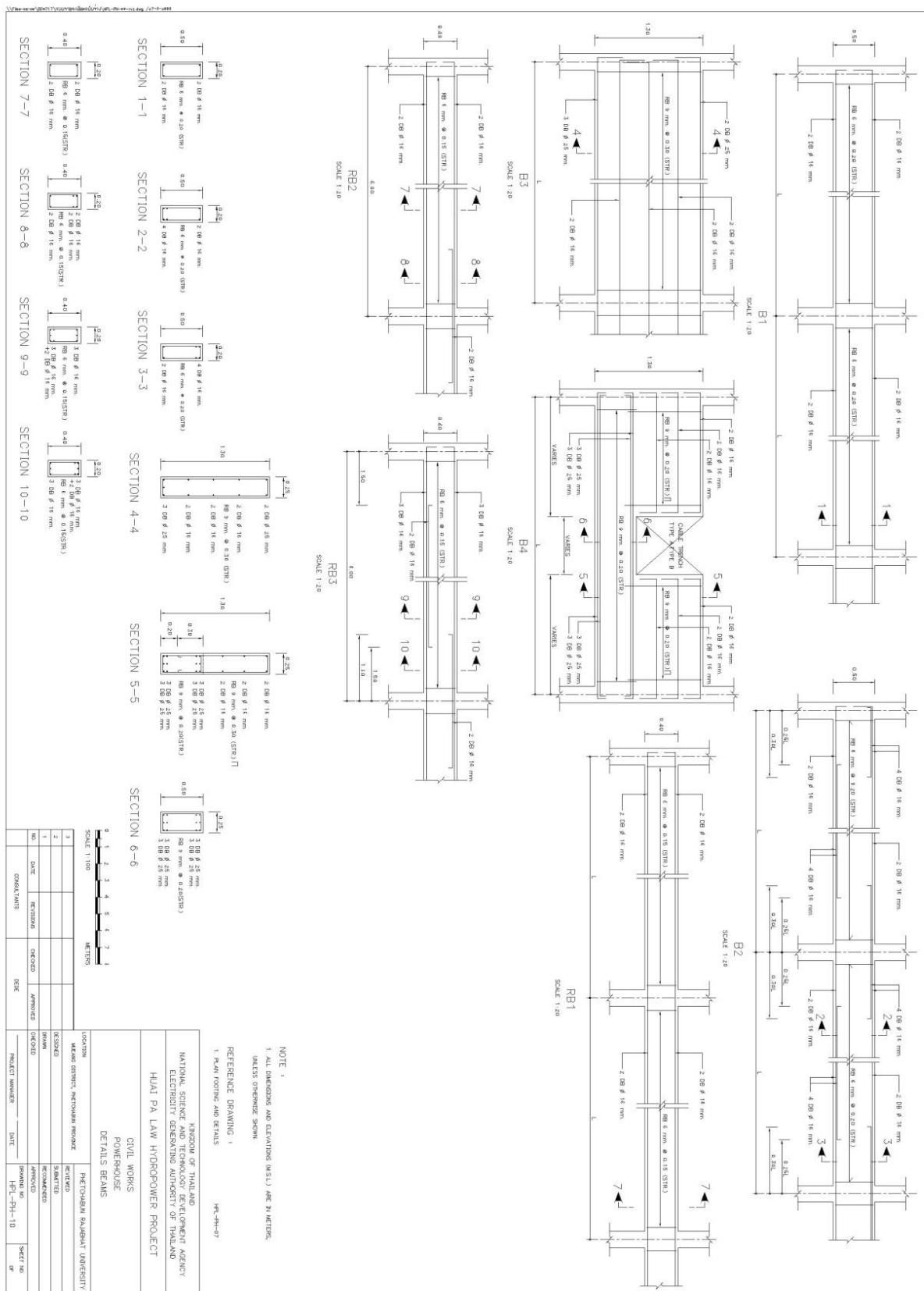


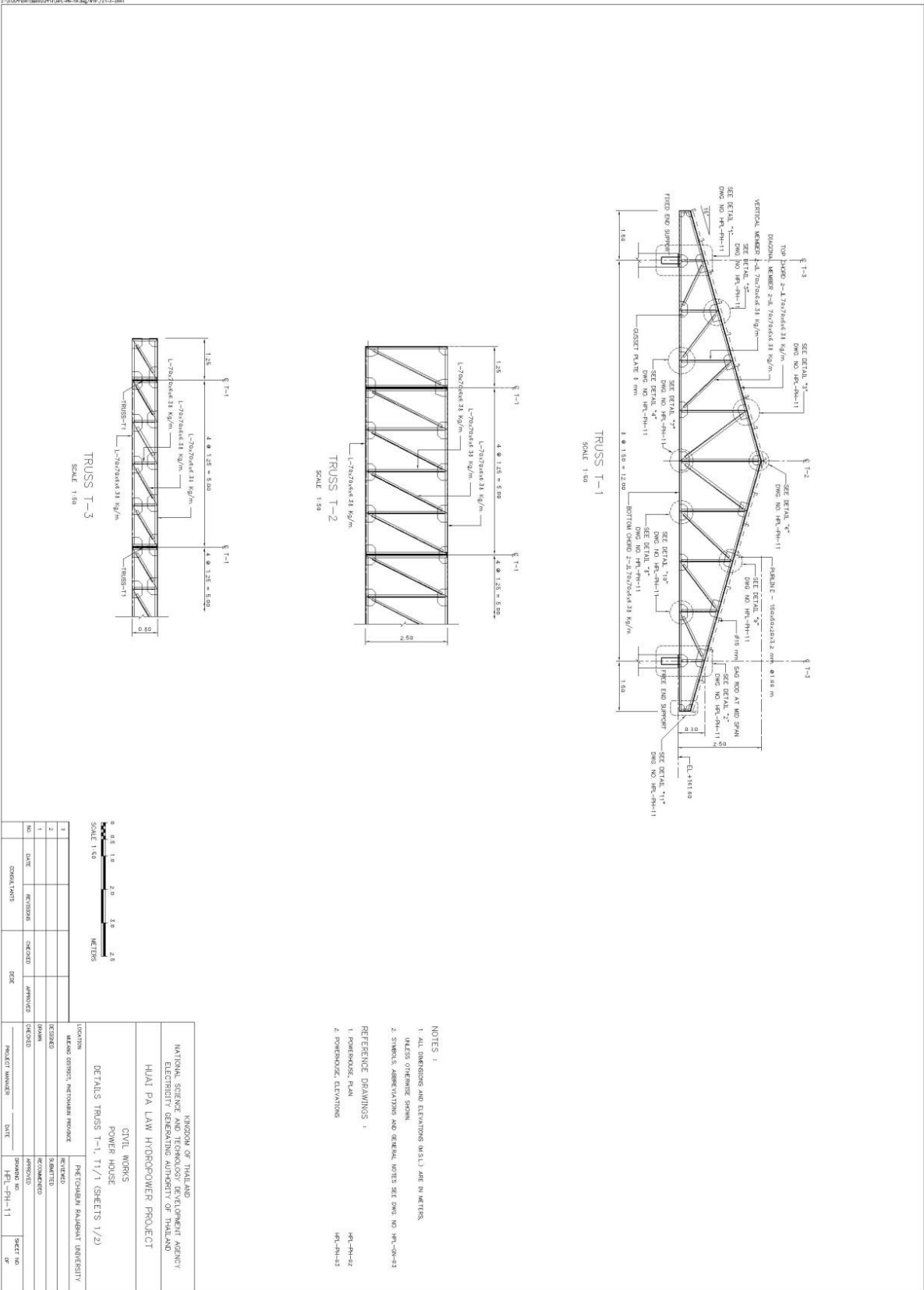
KINGDOM OF THAILAND NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY DEVELOPMENT AGENCY ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND			
HJAI PA LAW HYDROPOWER PROJECT			
CIVIL WORKS			
POWERHOUSE			
DETAILS OF TOILET, SEPTIC AND SEEPAGE TANK			
LOCATION		THE CHAMBAI RABHANT UNIVERSITY	
MEASUREMENT METHOD		RECEIVED	
DESIGNED		DRAWN	
CHECKED		APPROVED	
DATE		DATE	
COMMENTS		PROJECT NUMBER	
		H-CH-02	





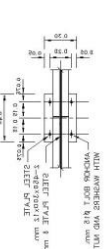
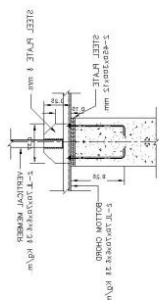
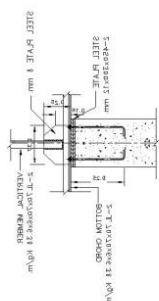
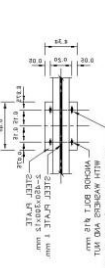
KINGDOM OF THAILAND NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY DEVELOPMENT AGENCY ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND HAIAT PA LAW HYDROPOWER PROJECT									
CIVIL WORKS POWERHOUSE ROOF BEAM AND TRUSS PLANS									
1		2		3		4		5	
6		7		8		9		10	
SCALE: 1/100									
METERS									
LOCATION									
MEANING SYMBOLS, NOTATIONS AND NOTES									
DESIGNED									
CHECKED									
APPROVED									
DATE									
PROJECT NUMBER									
101-PH-08									
71 of 104									





[illegible]

FIXED END SUPPORT

FREE END SUPPORT
—MORE INFO—

	RECEIVED
	RECEIVED

THAI PA TAW HYDROPOWER PROJECT
ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND
NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY DEVELOPMENT AGENCY
KHAMDOM OF THAILAND

REFERENCE DRAWINGS :

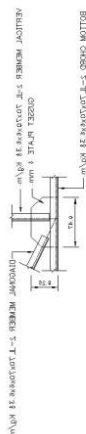
CELL 1 (s)	HEI-DH-10
HEI	HEI-DH-03

5. SUBJECT ABBREVIATIONS AND GENERAL NOTES SEE DWG NO. HJF-GH-02

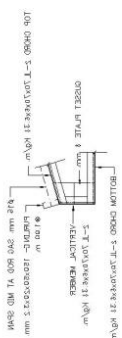
1. ALL DIMENSIONS AND ELEVATIONS (M.S.L.) ARE IN METERS

MOLES :

DETAILS "10,"



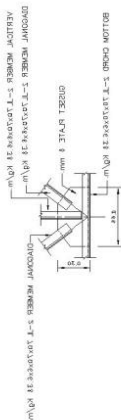
DETAILS "11"



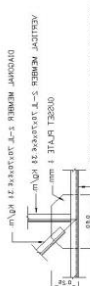
DETAILS "e"



DETAILS "A"



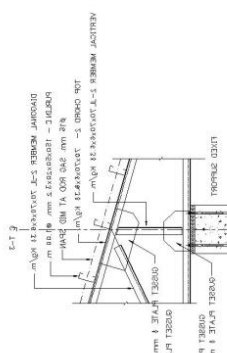
DETAILS "8"



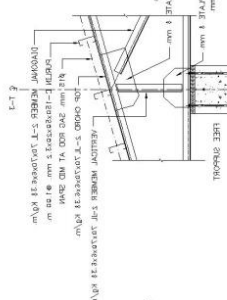
DETAILS "9"



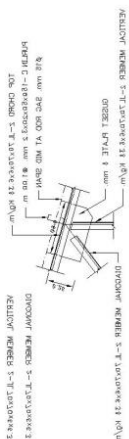
DETAILS "J,"



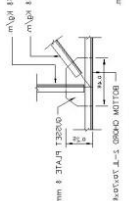
DETAILS "S"



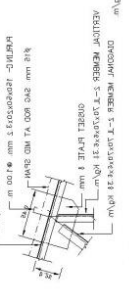
DETAILS "3,"

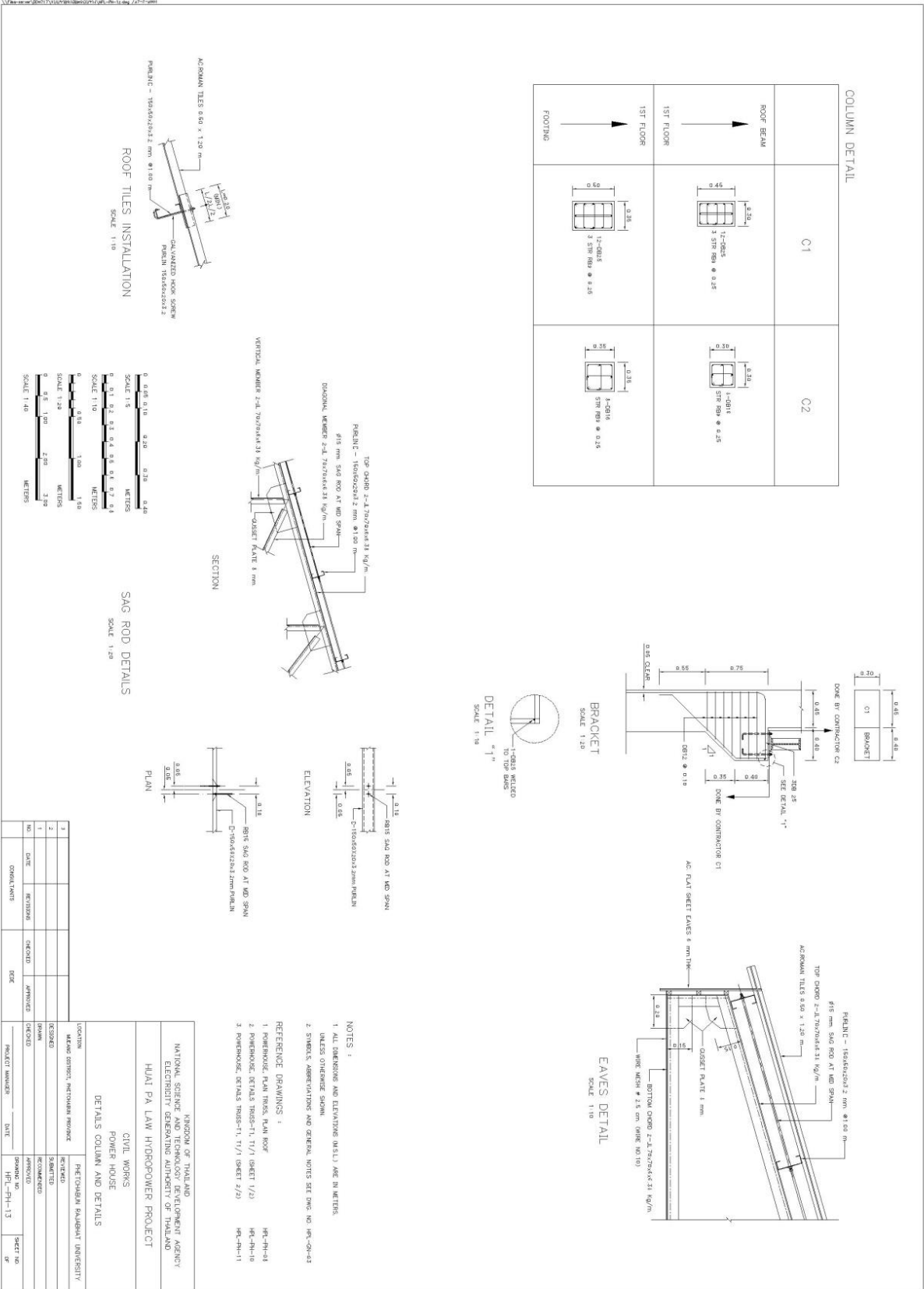


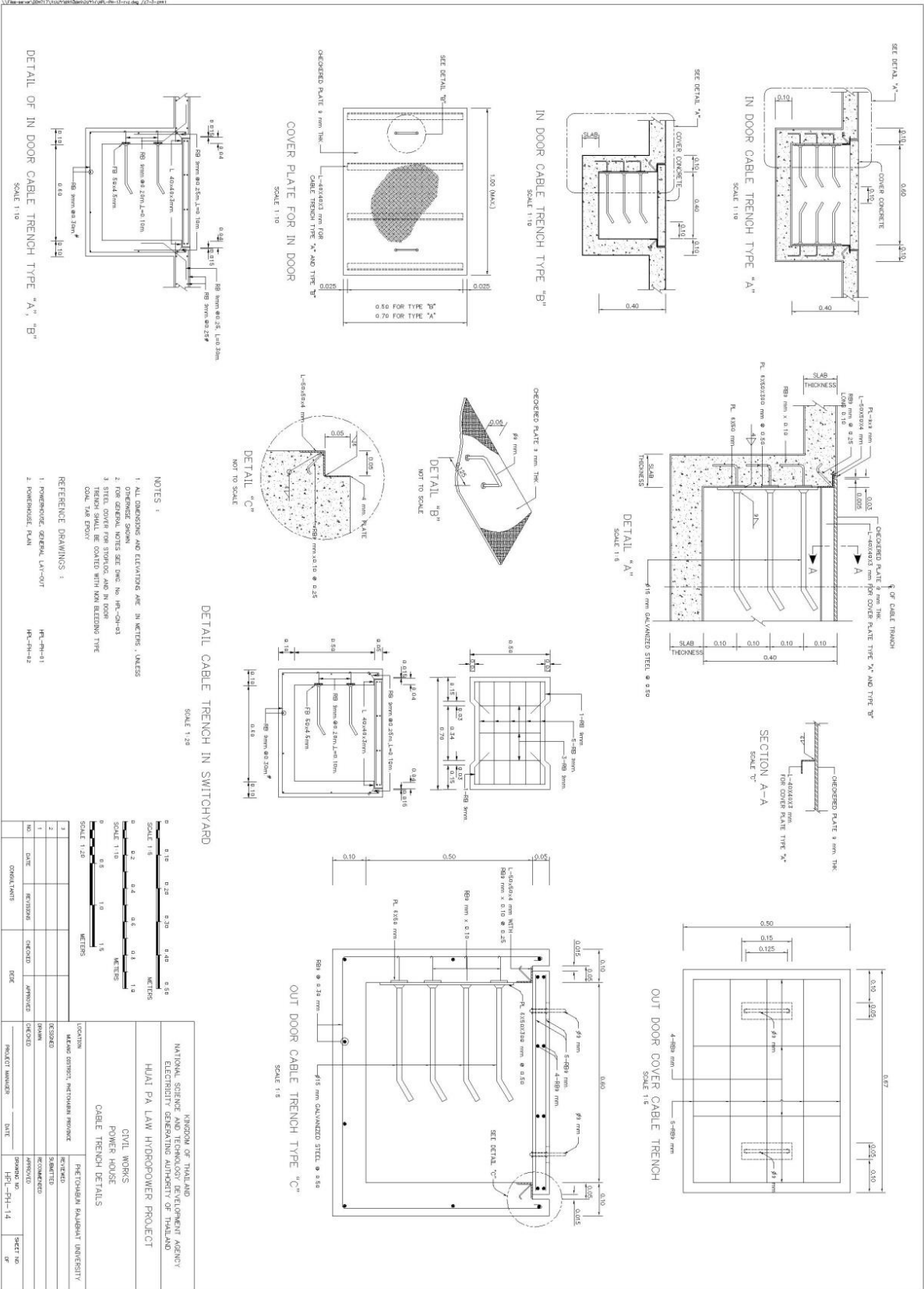
DETAILS "4"



DETAILS "2"



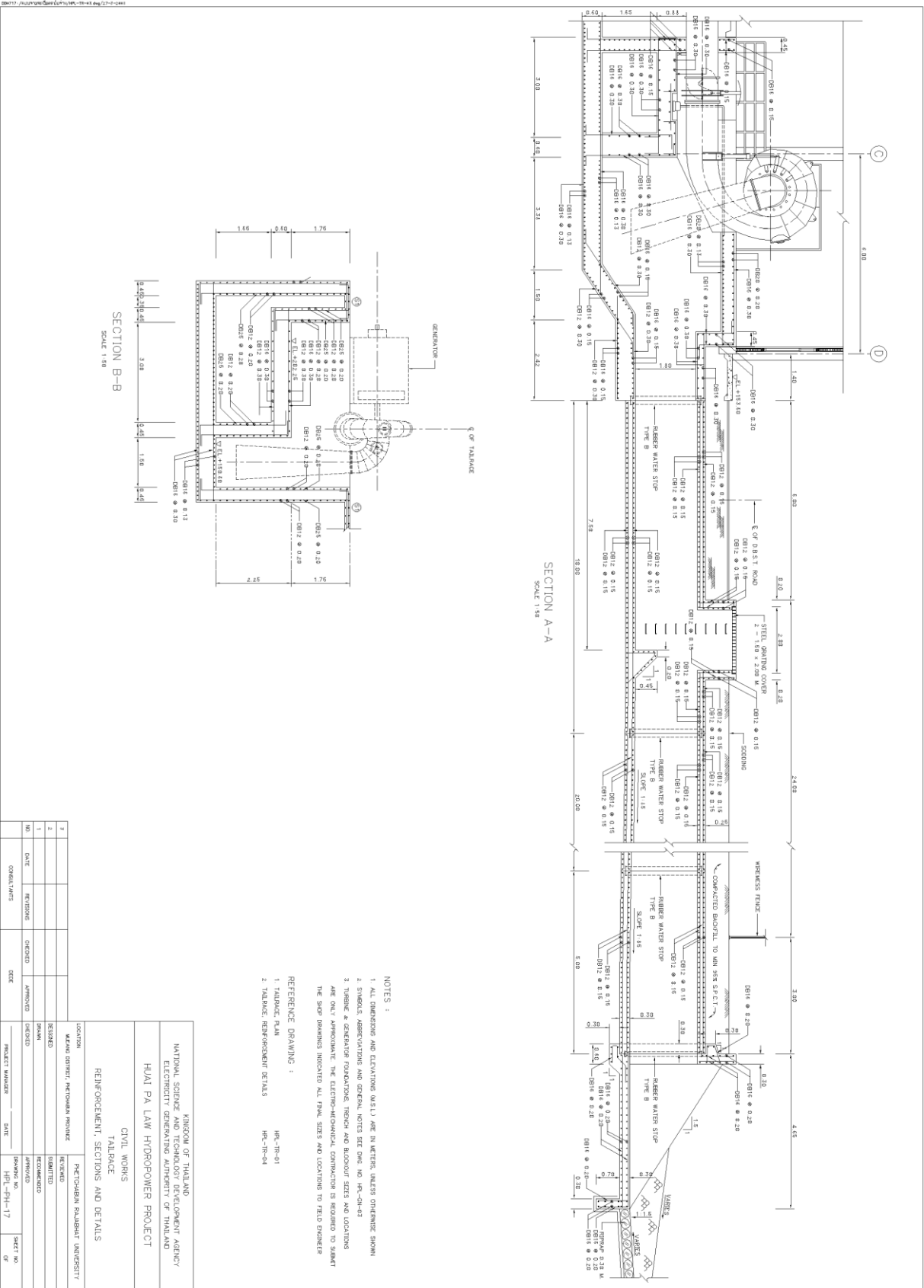






HPL-TR-03

[illegible]





KINGDOM OF THAILAND NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY DEVELOPMENT AGENCY ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND HIAI PA LAW HYDROPOWER PROJECT			
ELECTRO – MECHANICAL EQUIPMENT 0.4 KV AIR CIRCUIT BREAKER CUBICLE			
LOCATION MEAN STREET, NAKHON PHANOM		PETCHABUN RAJABAT UNIVERSITY REVIEWED SUBMITTED RECOMMENDED DRAWN APPROVED	
7			
6			
5			
4			
3			
2			
1			
NO	DATE	REVISIONS	CHECKED
			APPROVED
			CHECKED
	ORIGINALS		DATE
			PROJECT NUMBER
			DRAWING NO. HPL-EM-03
			22 OF 27

ภาคผนวก ค ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายเอนกพงศ์ ธรรมาธิวัฒน์
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr Anekpong Thammathiwat
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3679800154743
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำ
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก
สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail) : anekpong_l@hotmail.com
5. ประวัติการศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ) สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (กำลังศึกษา)
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ
การจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน
วิศวกรรมโครงสร้าง
วิศวกรรมปฐพี
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ
 - 7.1 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว
หัวหน้าโครงการวิจัย
1) “พฤติกรรมด้านกำลังรับแรงและการเสียดรูปของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ โดยการทดสอบแรงอัดสามทิศทางแบบวัฏจักร” วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 2546
2) “การมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการน้ำของจังหวัดเพชรบูรณ์ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงอย่างยั่งยืน” แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ปีงบประมาณ 2555
ผู้ร่วมโครงการวิจัย
1) “การบูรณาการการจัดการระบบการผลิตของกลุ่มผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ บ้านสะเดียง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ในเชิงธุรกิจชุมชน” แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ปีงบประมาณ 2554
2) “การวิจัยเพื่อพัฒนาครูภายในจังหวัดเพชรบูรณ์ด้วยภูมิปัญญาการทอผ้าไหม” แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ปีงบประมาณ 2555

3) “การศึกษาความหลากหลายทางภาษาและวัฒนธรรมของจังหวัดเพชรบูรณ์” แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ปีงบประมาณ 2555

7.2 งานวิจัยที่กำลังทำ

หัวข้อโครงการวิจัย

1) “เครื่องอบข้าวเปลือกพลังงานไมโครเวฟอัตโนมัติ” แหล่งทุน เครือข่ายการวิจัย ภาคเหนือตอนล่าง มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีงบประมาณ 2554 ทำคู่แล้วประมาณ 70%

2) “การพัฒนาศักยภาพโรงไฟฟ้าพลังน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยป่าเลโดยใช้กระบวนการแบบมีส่วนร่วม” แหล่งทุน สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ พ.ศ.2555 ทำการวิจัย คู่แล้วประมาณ 50 %

7.3 ผลงานตีพิมพ์วารสารวิชาการ

1) Thammathiwat, A. and Chim-oye, W. “Behavior of Strength and Pore Pressure of Soft Bangkok Clay under Cyclic Loading” *Thammasat International Journal of Science and Technology*, Vol. 9, No. 4, October-December, 2004, pp. 21-28

2) Thammathiwat, A. “Application of cyclic behavior of soft clay to the road settlement prediction” *International Conference on Civil and Environmental Engineering (ICCEE-2004)* July 27 to 28, 2004 Faculty Club (Gakushi-Kaikan), Hiroshima University Higashi-Hiroshima, Japan, pp. 241-250

3) Thammathiwat, A. and Chim-oye, W. “Effect of Permeant Liquid on the Swell Volume and Permeability of Geosynthetic Clay Liners” *The Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, Vol.15, 2010, pp.1183-1197

4) เอนกพงศ์ ธรรมาธิวัฒน์, วีรยา จิมอ้อย “การคาดคะเนการทรุดตัวของถนน โดยใช้ผลการทดสอบแรงอัดสามทิศทางแบบวัฏจักร”, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 9, ชะอำ, จ.เพชรบุรี, 19-21 พฤษภาคม 2547

5) วีรยา จิมอ้อย, เอนกพงศ์ ธรรมาธิวัฒน์ “อิทธิพลของสารละลายที่มีต่อคุณสมบัติการพองตัวและการซึมผ่านของแผ่นใยสังเคราะห์ดินเหนียว” *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์* 16, 3 (ก.ย.-ธ.ค. 2551)