

การศึกษาความเหมาะสมของโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำขนาดเล็กที่บ้านในสอย แม่ฮ่องสอน



นายชนันต์ แดงประไพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


พ.ศ. 2527

ISBN 974 - 563 - 658 - 4

013179

๒๑๕๔๖๑๕๖

A Feasibility Study of a Microhydropower Project at Ban Nai Soi,
Mae Hong Son.



Chananta Dangprapai

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Civil Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University

1984

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาความเหมาะสมของโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงาน
ขนาดเล็กที่บ้านในซอย แม่ฮ่องสอน

ชื่อนิสิต

นายชนันต์ แดงประไพ

ภาควิชา

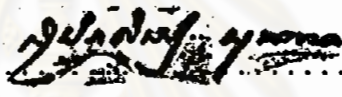
วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา

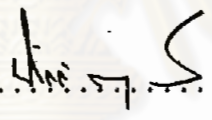
ศาสตราจารย์ ธำรง เปรมปรีดิ์

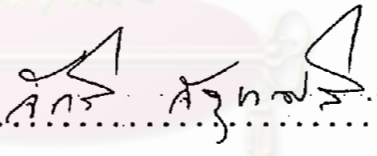


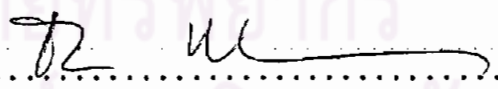
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ออนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

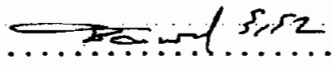

..... คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุญนาม)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.นิวัฒน์ ตารานันทน์)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ จักรี จิตตะศรี)


..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ธำรง เปรมปรีดิ์)


..... กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพันธุ์ รุกวิชัย

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาความเหมาะสมของโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำขนาดเล็ก
ที่บ้านในสอย แม่ฮ่องสอน

ชื่อนิสิต นายชนันต์ แดงประไพ

อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ชำรง เปรมปรีดี

ภาควิชา วิศวกรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2526



บทคัดย่อ

การพัฒนาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก กำลังเป็นที่สนใจโดยทั่วไปในประเทศที่กำลังพัฒนาทั้งหลาย รวมทั้งประเทศไทย การพัฒนาแหล่งพลังงานภายในประเทศเพื่อทดแทนการใช้น้ำมัน เชื้อเพลิงซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศ เป็น เป้าหมายอันดับหนึ่งในแผนพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 5 (พ.ศ. 2525 - 2529) การพัฒนาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก เป็นส่วนหนึ่งในแผนการพัฒนาพลังงานทดแทน โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กเหมาะสมที่จะได้รับการพัฒนาเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากสนองนโยบายของรัฐในด้านการพลังงาน และเป็นการพัฒนาชนบทที่อยู่ห่างไกล อีกทั้งยัง เป็นการส่งเสริมให้ประชาชนได้ช่วยเหลือตนเอง โดยการเข้าร่วมในการก่อสร้าง และดำเนินการโครงการ

ในการศึกษานี้ได้เสนอแนวทางในการพัฒนาและการดำเนินการโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ในประเทศไทย เพื่อให้โครงการมีประสิทธิภาพมากที่สุด ผู้ศึกษาได้ศึกษาถึงความเหมาะสมของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ที่บ้านในสอย จังหวัดแม่ฮ่องสอน การประเมินผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจของโครงการได้เปรียบเทียบกับแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งอื่น คือโรงจักรไฟฟ้าที่ใช้ น้ำมันดีเซล เป็น เชื้อเพลิงและการขยายสายส่งไฟฟ้า จากระบบสายส่งเดิมออกไปยังพื้นที่รับประโยชน์ ทั้งนี้โดยวิธีวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันในการลงทุนที่น้อยที่สุด

Thesis Title A Feasibility Study of a Microhydropower
Project at Ban Nai Soi, Mae Hong Son.

Name Chananta Dangprapai

Thesis Advisor Professor Thamrong Prempridi

Department Civil Engineering

Academic Year 1983



ABSTRACT

The developments of Micro - Hydropower project are of interest in various developing countries including Thailand. Development of all possible energy resources in the country to substitute the consumption of imported fuel oil is one of the goals in the Fifth National Economic and Social Development Plan (1982-1986). Micro - Hydropower development shares a certain portion in Substitute Energy Development - Plan. The suitability in developing Micro-Hydropower projects based on the reasons that it suits the government's policy in energy section and encouraging the development of remote rural areas. Moreover, self-dependent promotion by participation of the people in construction work is also in account.

Guidelines for the most effective Micro-hydropower project developments in Thailand are presented in this study. Feasibility Study of a Micro-hydropower project at Ban Nai Soi, located in Amphoe Muang Changwat Mae Hong Son, was carried out. The economic evaluation in the study was conducted by comparing to the alternative equivalent diesel power plant and grid extension options applying Least-Cost-Analysis Technique.



กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ท่านศาสตราจารย์ ดร.นิเวศน์ คารานันท์ รองศาสตราจารย์ จักริ จิตุหะศรี ศาสตราจารย์ ธำรง เปรมปรีดิ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพันธุ์ รักวิจัย คณะเจ้าหน้าที่หน่วยงานของรัฐซึ่งประกอบด้วย เจ้าหน้าที่ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กรมอุดมศึกษา กรมชลประทาน สำนักงานพลังงานแห่งชาติ กรมทรัพยากรธรณี ตลอดจนท่านอื่น ๆ ที่มีได้กล่าวนาม ณ ที่นี้ ที่ได้อนุเคราะห์ให้คำแนะนำ แนวคิด และข้อมูลต่าง ๆ

กุศลกรรมของทุกท่าน เป็นส่วนสำคัญที่สุด ได้ช่วยสนับสนุนในงานวิจัยของข้าพเจ้าในครั้งนี้เสร็จได้ และขอมอบประโยชน์จากวิทยานิพนธ์นี้ให้แก่ผู้สนใจ เพื่อการศึกษาต่อไป

ชนันต์ แดงประไพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	.....	ง	
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	.....	จ	
กิตติกรรมประกาศ	.....	ฉ	
สารบัญ	.....	ช	
สารบัญตารางประกอบ	.....	ญ	
สารบัญภาพประกอบ	.....	ฎ	
ความหมายของสัญลักษณ์	.....	ฌ	
สารบัญภาคผนวก	.....	ท	
บทที่ 1	บทนำ	1	
	1.1	ความเป็นมา	1
	1.2	ความสำคัญของปัญหา	1
	1.3	วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
	1.4	ขอบข่ายการศึกษา	4
	1.5	ผลการศึกษาที่เคยมี	4
	1.6	การดำเนินการศึกษา	5
	1.7	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
บทที่ 2	แผนเร่งรัดพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศไทย	7	
	2.1	การใช้พลังงานในชนบทในปัจจุบัน	7
	2.2	การใช้พลังงานในอนาคต	9
	2.3	เทคโนโลยีในการผลิตพลังงาน เพื่อการใช้ในอนาคต	11
	2.4	แผนการผลิตพลังงานในอนาคต	13
	2.5	แหล่งพลังงานของประเทศไทยและสู่ทางในการนำมาใช้	
		ประโยชน์ในอนาคต	14

	2.6	ปัญหาการ เร่งรัดพัฒนาพลังงานทดแทนพลังงานที่ต้อง สั่งซื้อจากต่างประเทศในอนาคต	19
	2.7	ปัญหาการพัฒนาพลังงานในชนบท	20
	2.8	แผนพัฒนาพลังงานของประเทศในแผนพัฒนา ฯ ฉบับที่ 5	21
	2.9	การกระจายการพัฒนาไฟฟ้าไปสู่ชนบททั่วประเทศ	23
บทที่ 3		แนวคิดของการพัฒนาโครงการพลังงานขนาดเล็ก เพื่อพัฒนาชนบท	24
	3.1	บทบาทของโครงการไฟฟ้าพลังงานขนาดเล็ก	24
	3.2	ข้อกำหนดในการพิจารณาคัดเลือกโครงการไฟฟ้าพลังงาน ขนาดเล็ก	26
	3.3	ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาและวางแผน เบื้องต้นของโครงการ	27
	3.4	โครงการไฟฟ้าพลังงานขนาดเล็กสำหรับพัฒนาพลังงานทดแทน ..	28
	3.5	การวิเคราะห์ความเหมาะสมด้าน เศรษฐกิจของโครงการ ...	29
	3.6	การพิจารณาความ เหมาะสมของโครงการไฟฟ้าพลังงาน ขนาดเล็ก	30
	3.7	แนวทางการพัฒนาโครงการไฟฟ้าพลังงานขนาดเล็ก	31
	3.8	ผลประโยชน์จากการพัฒนาโครงการไฟฟ้าพลังงานขนาดเล็ก ...	32
บทที่ 4		การศึกษาความ เหมาะสมของโครงการ	34
	4.1	ที่ตั้งและลักษณะภูมิประเทศของโครงการ	34
	4.2	สภาพ เศรษฐกิจและสังคม	35
	4.3	การพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้า	36
	4.4	ลักษณะธรณีวิทยา	39
	4.5	อุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยาของโครงการ	40
	4.6	แผนการพัฒนาโครงการ	53
	4.7	การหาค่าการไหลออกแบบที่ให้ผลประโยชน์ตอบแทนสูงสุด ...	54
	4.8	การออกแบบ เบื้องต้น	58

4.9	การประมาณราคาค่าก่อสร้างโครงการ	60
4.10	การประเมินผลทาง เศรษฐกิจวิศวกรรม โดย เปรียบเทียบกับ แผน เพื่อ เลือก	64
4.11	การประเมินผลด้าน เศรษฐกิจการลงทุนของโครงการ	66
4.12	สรุปลักษณะสำคัญของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ที่บ้านโนนสอย	67
บทที่ 5	การอภิปรายการศึกษาความเหมาะสมของโครงการผลิตกระแสไฟฟ้า จากพลังน้ำขนาดเล็ก	81
5.1	การวางแผนพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก	81
5.2	แนวทางการลดค่าก่อสร้างโครงการให้ต่ำลง	84
5.3	รูปแบบการพัฒนาแหล่งน้ำที่ล้มเหลว และประสบความสำเร็จ	86
บทที่ 6	สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	95
6.1	สรุปผลการศึกษาความ เหมาะสมของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำ ขนาดเล็กที่บ้านโนนสอย แม่ฮ่องสอน	95
6.2	ข้อเสนอแนะ	96
	เอกสารอ้างอิงภาษาไทย	98
	เอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษ	100
ภาคผนวก ก.		102
ภาคผนวก ข.		116
ภาคผนวก ค.		155
ภาคผนวก ง.		166

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
1.1	โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดกำลังผลิตต่ำกว่า 200 กิโลวัตต์ 5	5
	ที่สร้างเสร็จแล้ว (สำนักงานพลังงานแห่งชาติ 2526) (12) | ..... 5	5
2.1	แผนการผลิตพลังงานในอนาคต (ธำรง เปรมปรีดี 2526) (3) | ... 13	13
3.1	โครงการพลังน้ำขนาดเล็กที่มีศักยภาพเพียงพอต่อการพัฒนา ส่วนที่ 1 - ส่วนที่ 5 รวบรวมถึง ธันวาคม 2524 (สำนักงาน พลังงานแห่งชาติ 2524) (5) | ..... 25	25
4.1	พยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าของบ้านในซอย .....แม่ฮ่องสอน (2527) 38	38
4.2	ปริมาณน้ำท่ารายเดือนต่อตารางกิโลเมตรของโครงการ 43	43
4.3	ผลการประมาณค่าน้ำหลาก 45	45
4.4	แสดงค่า B/C ที่อัตราการไหลออกแบบต่าง ๆ 56	56
4.5	เปรียบเทียบมูลค่างบปัจจุบันค่าไฟฟ้าจากพลังน้ำต่อเชื่อมสายส่ง และโรงจักรดีเซลในช่วงเวลาผลิต 30 ปี 65	65

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการภาพประกอบ

รูปที่		หน้า
4.1	ปริมาณน้ำท่ารายเดือนต่อหน่วยพื้นที่	47
4.2	FLOW DURATION CURVE ของลุ่มน้ำป่าय-น้ำยวม (ประยุกต์ใช้กับ โครงการบ้านในสอย)	48
4.3	REGIONAL ENVELOPE CURVE DERIVED FOR THE NORTHEASTERN AND CENTRAL THAILAND	49
4.4	REGRESSION LINE สำหรับคำนวณหา EXCESS RAINFALL จากค่า RAIN DEPTH	50
4.5	แผนที่แสดง เส้นชั้นค่าปริมาณฝน เท่ากันของค่าปริมาณฝน (มม.) 50 ปี, 3-ชั่วโมง ในภาคเหนือของประเทศไทย (สวามี หอสุชาติ 2525)	51
4.6	แผนที่แสดง เส้นชั้นค่าปริมาณฝน เท่ากันของค่าปริมาณฝน (มม.) 50 ปี, 6-ชั่วโมง ในภาคเหนือของประเทศไทย (สวามี หอสุชาติ 2525)	52
4.7	แผนภูมิการหาค่าอัตราการไหลออกแบบที่ให้ผลประโยชน์ตอบแทนสูงสุด	57
4.8	Design Chart for A-C pipe (CPAC CO.,LTD. 1980)	62
4.9	STANDARDIZED MICRO HYDRO THRBIINES:SELECTION OF TYPE	63
4.10	อัตราการไหลออกแบบที่ให้ประโยชน์สูงสุด (OPTIMUM DESIGN FLOW)	69
4.11	แผนที่แสดงที่ตั้งโครงการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำที่บ้านในสอย จังหวัดแม่ฮ่องสอน	70
4.12	แผนที่แสดงที่ตั้งโครงการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำที่บ้านในสอย จังหวัดแม่ฮ่องสอน	71
4.13	แผนที่แสดงที่ตั้งโครงการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำที่บ้านในสอย จังหวัดแม่ฮ่องสอน	72
4.14	ป่าไม้มีค่าจำนวนมากขึ้นอยู่หนาแน่น ยังไม่มีการถูกทำลาย	73
4.15	ลักษณะน้ำสอยในช่วงฤดูน้ำแล้ง จะมีระดับน้ำสูงประมาณ 10-20 ซม. มีน้ำไหลตลอดปี	73
4.16	ป่าไม้ขึ้นอยู่ทั่วไป บริเวณสองข้างทางของน้ำในสอย	74
4.17	ป่าไม้มีเกือบตลอดเส้นทางที่สำรวจ	74
4.18	แผนที่แสดงพื้นที่รับน้ำ โครงการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำที่บ้านในสอย แม่ฮ่องสอน	
55	ตารางกิโลเมตร	75

4.19	แผนที่แสดงสถานี อุตุนิยม-อุทกวิทยา โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก บ้านในสอย จังหวัดแม่ฮ่องสอน	76
4.20	แผนที่แสดงที่ตั้งโรงไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำที่บ้านในสอย จังหวัดแม่ฮ่องสอน	77
4.21	ทัศนียภาพ แสดงระบบของโครงการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำที่บ้านในสอย จังหวัดแม่ฮ่องสอน	78
4.22	ลักษณะรูปตัดทั่วไปของฝายน้ำล้น โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก บ้านในสอย แม่ฮ่องสอน	79
4.23	Typical efficiency curves for the various types of turbines at constant speed under constant head.	80
5.1	แบบจำลองความคิด การพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าเป็นพลังงานทดแทน แบบ TOP-DOWN	88
5.2	แบบจำลองความคิด การพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าเป็นพลังงานทดแทน แบบ BOTTOM-UP	89
5.3	แผนภูมิแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยงานของรัฐ และชุมชนที่ต้องการ ไฟฟ้า จากโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก	90
5.4	แผนภูมิแสดงขั้นตอนการพัฒนาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก (Microhydropower Development Flow Chart)	91

สัญลักษณ์และความหมาย

สัญลักษณ์	ความหมาย
C.A.	พื้นที่รับน้ำเหนือจุดที่ตั้งฝาย (ตารางกิโลเมตร)
C	สัมประสิทธิ์ของการไหลผ่านของฝาย (ไม่มีหน่วย)
D	เส้นผ่าศูนย์กลางกลางของท่อ (เมตร)
H_e	หัวน้ำ | ยังผลซึ่งหักการสูญเสียแล้ว (เมตร) |
H	ระดับน้ำเหนือสันฝาย (เมตร)
H_L	การสูญเสียหัวน้ำในท่อ ค.ส.ล. เป็น เมตรต่อความยาวท่อ (เมตร)
KW	หน่วยกำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)
L	ความกว้างของสันฝาย (เมตร)
MW	หน่วยกำลังไฟฟ้า (ล้านวัตต์)
P	กำลังผลิตไฟฟ้า (กิโลวัตต์)
qm	อัตราการไหลต่อพื้นที่ (ลิตร/วินาที/ตารางกิโลเมตร) เฉลี่ยรายเดือน
q_a	อัตราการไหลต่อพื้นที่ (ลิตร/วินาที/ตารางกิโลเมตร) เฉลี่ยรายปี
$(\frac{q_m}{q_a})$	อัตราส่วนการไหลต่อหน่วยพื้นที่ (ไม่มีหน่วย)
$Q_{d,T}$	อัตราการไหลของน้ำในการออกแบบที่เวลาต่าง ๆ (ลบ.ม./วินาที)
Q_d	อัตราการไหลของน้ำในการออกแบบ (ลบ.ม./วินาที)
Q	อัตราการไหลของน้ำ (ลบ.ม./วินาที)
T	เวลาเป็นเปอร์เซ็นต์
ρ	ควาหนาแน่นของน้ำ (กิโลนิวตันต่อ ลูกบาศก์เมตร)
η	ประสิทธิภาพทั้งหมดของระบบการผลิตไฟฟ้า (ไม่มีหน่วย)

สารบัญภาคผนวก

หน้า

ภาคผนวก ก.

ตาราง ก.1	Residential Load Forecast	(1)	.....	103
ก.2	Small Business Load Forecast	(1)	.....	104
ก.3	Rice Mill Load Forecast	(1)	.....	105
ก.4	Water Works Load Forecast	(1)	.....	106
ก.5	ปริมาณน้ำทำต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำ	แม่น้ำแม่ฮ่องสอน		
	(พื้นที่รับน้ำ 43.6 ตร.กม.)		.....	107
ก.6	ปริมาณน้ำทำต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำ	แม่น้ำยวม ที่สามทาน		
	(พื้นที่รับน้ำ 2600 ตร.กม.)		.....	108
ก.7	ปริมาณน้ำทำต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำ	น้ำแม่จ่า ที่ผาบ่อง		
	(พื้นที่รับน้ำ 297 ตร.กม.)		.....	109
ก.8	ปริมาณน้ำทำต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำ	น้ำป่าย ที่บ้านปางหมู		
	(พื้นที่รับน้ำ 3770 ตร.กม.)		.....	110
ก.9	ปริมาณน้ำทำต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำ	น้ำป่าย ที่บ้านแปง		
	(พื้นที่รับน้ำ 1760 ตร.กม.)		.....	111
ก.10	Monthly Rainfall at Mae Hong Son (Sheet 1			
	of 2)		.....	112
ก.11	Monthly Rainfall at Mae Hong Son (Sheet 2			
	of 2		.....	113
ก.11	Monthly Rainfall at Ban Pang Mu		.....	114
ก.12	Mean Monthly Evaporation at Ban Pang Mu			
	(mms/days)		.....	115

ภาคผนวก ข.

ตาราง ข.1	มูลค่าปัจจุบันโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กบ้านในซอย กำลังผลิต 15.2 กิโลวัตต์ พลังงานปีละ 0.133 ล้านหน่วย อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 12 ต่อปี ($Q_d = 0.070$ ลบ.ม/วินาที) ...	117
ตาราง ข.2	มูลค่าปัจจุบันของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก บ้านในซอย กำลังผลิต 50 กิโลวัตต์ พลังงานปีละ 0.389 ล้านหน่วย อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 12 ต่อปี ($Q_d = 0.242$ ลบ.ม/วินาที) ...	118
ตาราง ข.3	มูลค่าปัจจุบันของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กที่บ้านในซอย กำลังผลิต 56.2 กิโลวัตต์ พลังงานปีละ 0.419 ล้านหน่วย อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 12 ต่อปี ($Q_d = 0.275$ ลบ.ม/วินาที) ...	119
ตาราง ข.4	มูลค่าปัจจุบันของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กบ้านในซอย กำลังผลิต 69.2 กิโลวัตต์ พลังงานปีละ 0.479 ล้านหน่วย ดอกเบี้ยร้อยละ 12 ต่อปี ($Q_d = 0.346$ ลบ.ม/วินาที)	120
ตาราง ข.5	มูลค่าปัจจุบันของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กบ้านในซอย กำลังผลิต 192 กิโลวัตต์ พลังงานปีละ 0.803 ล้านหน่วย ดอกเบี้ยร้อยละ 12 ต่อปี ($Q_d = 1.074$ ลบ.ม/วินาที)	121
ตาราง ข.6	มูลค่าปัจจุบันของการต่อเชื่อมจากระบบสายส่งยาว 12 กม. ราคา 3.06 ล้านบาท เทียบกำลังผลิต 56.2 กิโลวัตต์ พลังงานปีละ 0.419 ล้านหน่วย อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 12 ต่อปี (เมื่อกำลังผลิตในระบบสายส่งเดิมเพียงพอ)	122
ตาราง ข.7	มูลค่าปัจจุบันของการต่อเชื่อมจากระบบสายส่งยาว 12 กม. ราคา 3.06 ล้านบาท เทียบกำลังผลิต 56.2 กิโลวัตต์ พลังงานปีละ 0.419 ล้านหน่วย อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 12 ต่อปี (เมื่อเพิ่มกำลังผลิตในระยะสายส่ง)	123
ตาราง ข.8	มูลค่าปัจจุบันของโรงจักรดีเซล กำลังผลิต 56.2 กิโลวัตต์ พลังงาน 0.419 ล้านหน่วย	124

ตาราง ข.๙	การคำนวณหาค่าพลังงานที่คาดว่าจะผลิตได้ต่อปี เมื่ออัตรา การไหลออกแบบ (Q_d) = 1.074 ลบ.ม/วินาที	..... 125
ตาราง ข.10	การคำนวณหาค่าพลังงานที่คาดว่าจะผลิตได้ต่อปี เมื่ออัตรา การไหลออกแบบ (Q_d) = 0.60 ลบ.ม/วินาที	..... 126
ตาราง ข.11	การคำนวณหาค่าพลังงานที่คาดว่าจะผลิตได้ต่อปี เมื่ออัตรา การไหลออกแบบ (Q_d) = 0.346 ลบ.ม/วินาที	..... 127
ตาราง ข.12	การคำนวณหาค่าพลังงานที่คาดว่าจะผลิตได้ต่อปี เมื่ออัตรา การไหลออกแบบ (Q_d) = 0.275 ลบ.ม/วินาที	..... 128
ตาราง ข.13	การคำนวณหาค่าพลังงานที่คาดว่าจะผลิตได้ต่อปี เมื่ออัตรา การไหลออกแบบ (Q_d) = 0.242 ลบ.ม/วินาที	..... 129
ตาราง ข.14	การคำนวณหาค่าพลังงานที่คาดว่าจะผลิตได้ต่อปี เมื่ออัตรา การไหลออกแบบ (Q_d) = 0.070 ลบ.ม/วินาที	..... 130
ตาราง ข.15	มูลค่าปัจจุบันของรายได้จากโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ที่บ้านในซอย ที่อัตราการไหลออกแบบ (Q_d)=1.074 ลบ.ม/วินาที คิดราคาขายพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 2.00 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 12 ต่อปี	..... 131
ตาราง ข.16	มูลค่าปัจจุบันของรายได้จากโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ที่บ้านในซอย ที่อัตราการไหลออกแบบ (Q_d)=0.600 ลบ.ม/วินาที คิดราคาขายพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 2.00 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 12 ต่อปี	..... 132
ตาราง ข.17	มูลค่าปัจจุบันของรายได้จากโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ที่บ้านในซอย ที่อัตราการไหลออกแบบ (Q_d)=0.346 ลบ.ม/วินาที คิดราคาขายพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 2.00 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 12 ต่อปี	..... 133
ตาราง ข.18	มูลค่าปัจจุบันของรายได้จากโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ที่บ้านในซอย ที่อัตราการไหลออกแบบ (Q_d)=0.275 ลบ.ม/วินาที	

	(กำลังผลิต 66.2 กิโลวัตต์ พลังงานปีละ 0.419 ล้านหน่วย)	
	คิดราคาขายพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 2.00 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง ...	134
ตาราง ข.19	มูลค่าปัจจุบันของรายได้จากโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ที่บ้านในสอย ที่อัตราการไหลออกแบบ (Q_d)=0.242 ลบ.ม/วินาที คิดราคาขายพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 2.00 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 12 ต่อปี	135
ตาราง ข.20	มูลค่าปัจจุบันของรายได้จากโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ที่บ้านในสอย ที่อัตราการไหลออกแบบ (Q_d)=0.070 ลบ.ม/วินาที คิดราคาขายพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 2.00 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 12 ต่อปี	136
ตาราง ข.21	ประมาณราคาค่าก่อสร้างโครงการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ที่บ้านในสอย (กำลังติดตั้ง 15.2 กิโลวัตต์ Q_d at 100% flow = 0.070 cms)	137
ตาราง ข.22	ประมาณราคาค่าก่อสร้างโครงการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ที่บ้านในสอย (กำลังติดตั้ง 60 กิโลวัตต์ Q_d at 70% flow = 0.242 cms)	139
ตาราง ข.23	ประมาณราคาค่าก่อสร้างโครงการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ที่บ้านในสอย (กำลังติดตั้ง 66.2 กิโลวัตต์ Q_d at 55% flow = 0.275 cms)	141
ตาราง ข.24	ประมาณราคาค่าก่อสร้างโครงการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ที่บ้านในสอย (ขนาดกำลังติดตั้ง 69.2 กิโลวัตต์ Q_d at 50% flow = 0.346 cms)	143
ตาราง ข.25	ประมาณราคาค่าก่อสร้างโครงการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ที่บ้านในสอย (กำลังติดตั้ง 114 กิโลวัตต์ Q_d at 33% flow = 0.600 cms)	145
ตาราง ข.26	ประมาณราคาค่าก่อสร้างโครงการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ที่บ้านในสอย (ขนาดกำลังติดตั้ง 192 กิโลวัตต์ Q_d at 20% flow = 1.074 cms)	147

ตาราง ข.26	ประมาณราคาก่อสร้างโครงการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ที่บ้านในสอย (ขนาดกำลังติดตั้ง 192 กิโลวัตต์ Q_d at 20% flow = 1.074 cms)	147
------------	---	-----

ตาราง ข.27	โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กที่มีกำลังผลิตต่ำกว่า 200 กิโลวัตต์ ที่ควรมีการศึกษาต่อเนื่องตามข้อ เสนอแนะในบทที่ 6 ...	149
------------	--	-----

ภาคผนวก ค.

รูปที่ ค.1	การสำรวจหาข้อมูลเบื้องต้น เพื่อหาจุดที่จะพัฒนา โครงการพลังน้ำขนาดเล็ก	156
ค.2	บางจุดของน้ำสอยซึ่ง เป็น เส้นทางสำรวจในช่วงฤดูแล้ง (พฤษภาคม 2523)	156
ค.3	ห้วยห้วย มีจุดที่จะพัฒนาโครงการพลังน้ำขนาดเล็ก (Micro Hydropower)	158
ค.4	เส้นทางสำรวจห้วยห้วย จากแยกน้ำสอยขึ้นไปทาง ด้านเหนือน้ำ	157
ค.5	มีน้ำไหลตลอดปีในห้วยห้วย (ตามชาวบ้านและผู้นำทางสำรวจ) ...	157
ค.6	สภาพป่าไม้ยังอยู่ในสภาพสมบูรณ์ มีต้นไม้ขนาดใหญ่จำนวนมาก ...	158
ค.7	ห้วยห้วยบางจุด มีแอ่งน้ำค่อนข้างลึกแต่ไม่กว้างขวางนัก	158
ค.8	ลักษณะทั่วไปของสภาพน้ำในห้วยห้วยมีระดับน้ำ ประมาณ 10 เซนติเมตร	159
ค.9	มีฝายยกระดับน้ำซึ่งชาวบ้านทำขึ้น เพื่อผันน้ำ เข้าพื้นที่ เพาะปลูก ...	159
ค.10	สภาพป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์และหนาแน่นไปด้วยไม้มีค่าทางชนิด ...	160
ค.11	สภาพภูมิประเทศ และ เส้นทางการศึกษาจุดพัฒนาใน ห้วยห้วย	160
ค.12	สภาพของหินในลำน้ำห้วยห้วย โผล่พ้นน้ำให้เห็นมีอยู่ทั่วไป ...	161
ค.13	ความกว้างของลำน้ำห้วยห้วย โดยทั่ว ๆ ไปประมาณ 6-12 เมตร	161

ค. 14	ความลาดชันของน้ำในห้วยหวาย จะมีมากขึ้นเมื่อใกล้จุดที่จะพัฒนา	162
ค. 15	ใกล้จุดพัฒนามีลักษณะสองข้างลำน้ำเป็นรูปตัววี (V Shape Valley)	162
ค. 16	มีน้ำตกสูง 6-9 เมตร ประมาณ 6-7 แห่ง	163
ค. 17	อยู่ท้ายน้ำ จุดที่เลือกพัฒนาโครงการพลังน้ำขนาดเล็ก ...	163
ค. 18	เขื่อนขนาดเล็กที่ผาบ่อง จ.แม่ฮ่องสอน กำลังผลิต ๑๐๐ กิโลวัตต์	164
ค. 19	คลองชักน้ำไปยังบ่อพักน้ำ เพื่อส่งน้ำผ่านท่อคอนกรีต	164
ค. 20	ท่อส่งน้ำไปยังโรงไฟฟ้า เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า	165
ค. 21	โรงไฟฟ้าที่ผาบ่องผลิตไฟฟ้าสำหรับใช้ในอำเภอแม่ฮ่องสอน ..	165

ภาคผนวก ง.

รูปที่	ง. 1	การสำรวจรวบรวมข้อมูลโดยการเดินทางด้วยรถ มีขีดจำกัดที่จะเข้าใกล้โครงการน้อยมาก	167
	ง. 2	การเดินทางด้วยเท้าในระยะทางไกล นักพัฒนาต้องมีใจรัก ความตั้งใจสูงจึงจะทำงานได้	167
	ง. 3	พัฒนากรอำเภอร่วมประชุมอธิบายและสร้างความเข้าใจให้ชาวบ้านเห็นประโยชน์โครงการ	168
	ง. 4	เจ้าหน้าที่ของรัฐ เจ้าอาวาส ผู้นำหมู่บ้านร่วมปรึกษาวางแผนคัดเลือกกรรมการบริหาร	168
	ง. 5	ชาวบ้าน เจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องของรัฐจัดประชุมชาวบ้านเพื่อเลือกคณะกรรมการ	169
	ง. 6	วัดเป็นสถานที่นัดหมาย ไข้ประชุมปรึกษาหารือได้ผลดีอย่างมากสำหรับหมู่บ้านในชนบท	169
	ง. 7	สถานที่บุคคลที่ชาวบ้านเคารพนับถือมีบทบาทสำคัญในการนัดหมายเพื่อหาข้อมูลต่าง ๆ	170

ง. 8	หลังจากการเลือกคณะกรรมการบริหารได้แล้ว จะมีการจัดประชุมกลุ่มย่อยเพื่อวางแผนงาน	170
ง. 9	คณะกรรมการหมู่บ้าน เจ้าหน้าที่ของรัฐฝ่ายต่าง ๆ ประชุมวางแผนดำเนินงานก่อสร้าง	171
ง. 10	การเข้าร่วมกิจกรรมตามวัฒนธรรมประเพณีของหมู่บ้าน ช่วยให้ได้รับความร่วมมือ	171
ง. 11	การสำรวจความคิดเห็นแบบเข้าถึงตัวทุกบ้าน จะได้ข้อมูลทีละ เอียดถูกต้องตามความเป็นจริง	172
ง. 12	ถนนเข้าสู่หมู่บ้านในชนบทที่ทุรกันดาร เป็นปัญหาเพิ่มค่าก่อสร้างโครงการให้สูงขึ้นอย่างมาก	172
ง. 13	ลักษณะการก่อสร้างบ้านที่อยู่อาศัยของชาวบ้านในภาคเหนือจะมีระดับสูงต่ำไล่ เรียงกันไป	173
ง. 14	การวางแผนงานทุกเข้าตรู สร้างความเข้าใจ จำงาน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้สูงขึ้น	173
ง. 15	สาว ๆ ชาวบ้านจัดเตรียมทำความสะอาดโดยการสาดทรายผ่านตาแกรงเพื่อใช้งาน	174
ง. 16	การลงทุนจัดซื้อ เครื่องจักรที่ให้ผลประโยชน์คุ้มทุน ช่วยประหยัดเวลา แรงงาน รวดเร็ว	174
ง. 17	ชาวบ้านร่วมใช้แรงงาน เป็นทุนในการลงทุน รัฐช่วยในด้าน เทคโนโลยีและให้ค่าปรึกษา	175
ง. 18	การใช้วัสดุในท้องถิ่น เช่น หิน กรวด ทราย ในงานคอนกรีต ช่วยลดค่าก่อสร้างได้มาก	175
ง. 19	ท่อผันน้ำจากฝายไปยังโรงไฟฟ้าทำโดยใช้แรงงานชาวบ้านขุดฝังเลียบไปตามไหล่เขา	176
ง. 20	การยอมรับโครงการของชาวบ้านช่วยให้ได้รับสนองตอบในด้านความร่วมมืออย่างดี	176

ง.21	แรงงานที่เข้มแข็ง รอยยิ้มที่เบิกบาน จากผลงานและ ผลประโยชน์ที่ยอมรับมิใช่การยึดเยียด	177
ง.22	ชาวบ้านแบ่งกลุ่มหมุนเวียนการทำงานอย่างมีระเบียบ แบบแผน งานดำเนินไปไม่ติดขัด	177
ง.23	เสาไฟฟ้าไม่ต้องซื้อหา ตัดไม้ในเขตที่ดินของชาวบ้าน ช่วยกันตกแต่งให้ได้ขนาดที่กำหนด	178
ง.24	แต่เดิมต้องใช้เชื้อเพลิงจากการตัดไม้ทำลายป่า เมื่อ โครงการเสร็จปัญหาจะน้อยลง	178
ง.25	การใช้เชื้อเพลิงพื้นฐานในครัวเรือน เตาอั้งโล่ เพื่อหุงต้ม ตะเกียงน้ำมันเพื่อแสงสว่าง (ซ้าย)	179
ง.26	เตานึ่งเมียงแบบเก่าใช้เชื้อเพลิงจากการตัดไม้ ทำลายป่า เมื่อมีไฟฟ้าปัญหาจะหมดไป (ขวา)	179
ง.27	ระบบประปาในชนบทต่อจากลำธารด้วยท่อไม้ไผ่ เป็นตัวอย่างการใช้เทคโนโลยีเหมาะสม	179