

## สารบัญเรื่อง

| เรื่อง                                        | หน้า |
|-----------------------------------------------|------|
| กล่าวนำ                                       | 1    |
| กิตติกรรมประกาศ                               | 3    |
| การแปลงหน่วย                                  | 4    |
| <b>บทที่ 1 หลักการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานน้ำ</b> |      |
| 1.1 ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้า                 | 1-3  |
| 1.2 พลังงานไฟฟ้ากับสิ่งแวดล้อม                | 1-5  |
| 1.3 การผลิตกระแสไฟฟ้า                         | 1-7  |
| 1.4 พลังงานทดแทน                              | 1-9  |
| 1.5 ไฟฟ้าพลังน้ำ                              | 1-13 |
| 1.6 โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก                   | 1-17 |
| 1.7 กลไกสู่การผลิตไฟฟ้าพลังน้ำแบบยั่งยืน      | 1-19 |
| 1.8 สูตรและการแปลงหน่วย                       | 1-25 |
| 1.9 ศักยภาพไฟฟ้าพลังน้ำภาคใต้                 | 1-28 |

| เรื่อง                                 | หน้า |
|----------------------------------------|------|
| <b>บทที่ 2 ผังแม่บทโรงไฟฟ้าพลังน้ำ</b> |      |
| 2.1 องค์ประกอบของโครงการ               | 2-1  |
| 2.2 ฝ่ายทดน้ำ                          | 2-2  |
| 2.3 ท่อผันน้ำ                          | 2-3  |
| 2.4 ถังตกตะกอน                         | 2-4  |
| 2.5 ท่อส่งน้ำ                          | 2-5  |
| 2.6 ถังลดแรงดัน                        | 2-6  |
| 2.7 กังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า        | 2-6  |
| 2.8 ทางปล่อยน้ำ                        | 2-7  |
| <b>บทที่ 3 งานแผนที่ภูมิประเทศ</b>     |      |
| 3.1 การอ่านแผนที่                      | 3-1  |
| 3.2 แผนที่ภูมิประเทศ 1:50,000          | 3-10 |
| 3.3 แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ 1:4,000      | 3-11 |
| 3.4 การจัดทำแผนที่                     | 3-12 |

## เรื่อง

## หน้า

## บทที่ 4 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

|                                                |      |
|------------------------------------------------|------|
| 4.1 การวางแผนการสำรวจ                          | 4-2  |
| 4.2 การจัดเตรียมแผนที่ (Map)                   | 4-4  |
| 4.3 การเดินสำรวจเบื้องต้น (Preliminary Survey) | 4-17 |
| 4.4 การจัดเตรียมแผนที่                         | 4-30 |

## บทที่ 5 การออกแบบโรงไฟฟ้าพลังน้ำ

|                                         |      |
|-----------------------------------------|------|
| 5.1 ผังแม่บทโรงไฟฟ้าพลังน้ำ             | 5-1  |
| 5.2 ศักยภาพพลังน้ำ                      | 5-6  |
| 5.3 การออกแบบฝายทดน้ำ                   | 5-9  |
| 5.4 ปริมาณน้ำฝนในภาคใต้                 | 5-10 |
| 5.5 การออกแบบท่อผันน้ำ                  | 5-17 |
| 5.6 การออกแบบท่อส่งน้ำ                  | 5-20 |
| 5.7 การเลือกกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า | 5-23 |

| เรื่อง                                                              | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------|------|
| <b>บทที่ 6 การประมาณราคาโครงการ</b>                                 |      |
| 6.1 หลักการประมาณราคา                                               | 6-1  |
| 6.2 ราคาต่อหน่วย                                                    | 6-2  |
| 6.3 ประมาณราคาวัสดุ                                                 | 6-2  |
| <b>บทที่ 7 การประเมินความคุ้มค่าและการบริหารจัดการโรงไฟฟ้าชุมชน</b> |      |
| 7.1ปริมาณการผลิตไฟฟ้ารายปี                                          | 7-1  |
| 7.2รายได้จากโรงไฟฟ้าพลังน้ำ                                         | 7-1  |
| 7.3ค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการโรงไฟฟ้า                              | 7-2  |
| 7.4ความคุ้มค่าทางการเงิน                                            | 7-2  |
| 7.5ประโยชน์ทางอ้อมจากการดำเนินโครงการ                               | 7-2  |
| 7.6การบริหารจัดการโรงไฟฟ้าชุมชน                                     | 7-3  |
| <b>บทที่ 8 แบบฝึกหัดท้ายเล่ม</b>                                    |      |
| ตอนที่ 1 ทดสอบทัศนคติข้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำ                            | 8-2  |
| ตอนที่ 2 ทดสอบทักษะวิชาการข้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำ                       | 8-7  |

## กล่าวนำ

ในปี พ.ศ. 2552 ผู้เขียนได้รับเชิญจาก ผศ.ดร.จิตติ มงคลชัยอรัญญา อดีตคณบดี คณะสังคมสงเคราะห์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ให้ร่วมทำการศึกษาวิจัย “โครงการจัดการความรู้ด้านพลังงานไฟฟ้าเพื่อแลกเปลี่ยนประสบการณ์สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าระดับท้องถิ่นและผู้ประกอบการอุตสาหกรรมภาคใต้” โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยเป็นผู้ให้การวิจัย โดยผู้เขียนได้รับมอบหมายให้ศึกษาในส่วนของ “ไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กในภาคใต้” คณะผู้วิจัยไฟฟ้าพลังน้ำได้เดินทางเข้าสำรวจพื้นที่โครงการ พร้อมเข้าพบปะชุมชนหลายสิบแห่ง ทั้งรอบเทือกเขาพะโต๊ะ เทือกเขาบรรทัด เทือกเขาหลวงและสันกาลาศีรี พบว่าโรงไฟฟ้าพลังน้ำจะมีความยั่งยืนได้เมื่อโรงไฟฟ้ามีความเชื่อมโยงกับเหตุปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง “องค์ความรู้” จากการวิจัยนี้ตกผลึกเมื่อกลางปี พ.ศ.2553 ซึ่งพบว่า การรักษาป่าต้นน้ำ จะทำให้น้ำทำปฏิกิริยาได้ทั้งปี น้ำท่าที่ดินนอกจากจะนำมาใช้เพื่อการอุปโภค บริโภค และการเกษตรแล้วยังสามารถนำน้ำมาผลิตไฟฟ้าได้ด้วย ไฟฟ้าที่ได้จากพลังน้ำเป็นพลังงานสะอาด พลังงานทดแทน พลังงานหมุนเวียน และพลังงานต้นทุนต่ำ ชาวบ้านนำไฟฟ้าที่ผลิตได้มาใช้ หรือขายให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ทำให้มีรายได้มาพัฒนาชุมชน ทั้งนี้ให้จัดสรรผลกำไรมาฟื้นฟูป่าต้นน้ำ เพื่อให้เกิดวัฏจักรที่ยั่งยืนต่อไป พัฒนาสู่แนวคิด “ป่าไม้ สายธาร ชีวิต และแสงสว่าง” ผู้เขียนได้เผยแพร่องค์ความรู้อันนี้ในหลายเวที แนวความคิด “ป่าไม้ สายธาร ชีวิต และแสงสว่าง” ได้ขยายผลอย่างต่อเนื่องด้วยเป้าหมายหลัก คือ การรักษาป่า การจัดการน้ำ การผลิตพลังงานหมุนเวียน และเสริมศักยภาพของชุมชน จึงทำให้ “โครงการวิจัยไฟฟ้าพลังน้ำชุมชนภาคใต้” มีเครือข่ายเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เช่น ธนาคารตันไม้

พลังงานจังหวัดชุมพร พลังงานจังหวัดนครศรีธรรมราช พลังงานจังหวัดยะลา  
ตลอดจนกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

ต่อมาในปี 2556 ได้ดำเนินงาน “โครงการศึกษาศักยภาพและพัฒนา  
โรงไฟฟ้าพลังน้ำชุมชนในพื้นที่ลุ่มน้ำรอบเทือกเขาหลวง” ซึ่งได้รับการ  
สนับสนุนงบประมาณจาก โครงการร่วมสนับสนุนทุนวิจัยและพัฒนา  
กพผ.- สกว. คณะผู้ศึกษาวิจัยจึงได้ศึกษาพื้นที่รอบเทือกเขาหลวงเชิงลึก ซึ่ง  
พบว่าพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงถึง 215 แห่ง และคัดเลือกให้เหลือ 50 แห่ง โดย  
ทำการออกแบบรายละเอียดของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กที่ร้อนพิบูลย์  
1 แห่ง

เนื่องจากมีน้ำตกและลำธารในภาคใต้ที่สามารถนำมาผลิตไฟฟ้าได้นั้น  
มีหลายร้อยแห่ง สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้หลายร้อยเมกะวัตต์  
การขับเคลื่อนให้เกิดผลเป็นรูปธรรมนั้น จะต้องอาศัย “พลังจากชุมชน” จึงได้  
จัดทำคู่มือฉบับนี้ขึ้น เพื่อเผยแพร่ความรู้ด้านไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก เพื่อเสริม  
ศักยภาพของชุมชนภาคใต้ให้มีทักษะด้านวิชาช่างโรงไฟฟ้า ซึ่งจะเป็นการวาง  
ฐานรากที่มั่นคงสู่การรองรับการขยายผลสู่การก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำใน  
ภาคใต้ในอนาคต

ผศ.พยอม รัตนมณี

หัวหน้าคณะผู้ศึกษาวิจัยฯ

### กิตติกรรมประกาศ

“โครงการศึกษาศักยภาพและพัฒนา โรงไฟฟ้าพลังน้ำชุมชนในพื้นที่ลุ่มน้ำรอบเทือกเขาหลวง” สำเร็จลุล่วงจากความร่วมมือของบุคคลและองค์กรหลายฝ่าย ซึ่งในอนาคตหากสามารถขับเคลื่อนโครงการไปสู่รูปธรรมโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำที่กระจายอยู่รอบเทือกเขาต่างๆ น่าจะเป็นเครื่องมือที่ดีในการรักษาป่าเป็นอีกหนึ่งแนวทางในการสร้างปัจจัยสี่ให้คนสังคมมีความสุขไปได้ จึงใคร่ขอขอบคุณบุคคลและองค์กรดังต่อไปนี้

- 1)โครงการร่วมสนับสนุนทุนวิจัยและพัฒนา กฟผ.-สกว. ผู้สนับสนุนทุนวิจัย
- 2)ผศ.ดร.จิตติ มงคลชัยอรัญญา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- 3)นายพงศา ชูแถม หัวหน้าหน่วยอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำพะโต๊ะ
- 4)นายสวัสดิ์ สมัครพงศ์ ศูนย์เรียนรู้ร่วมมหาวิทยาลัยชีวิตเมืองนครศรีธรรมราช
- 5)นายประพันธ์ สุวรรณ รายการวิทยุเพื่อบ้านเพื่อเมือง สวท.นครศรีธรรมราช
- 6)นายวิฑูรย์ หม่อมปัลลัด นายก อบต.ร้อนพิบูลย์
- 7)นายพิชัย บุญยเกียรติ นายก อบจ.นครศรีธรรมราช
- 8)นายอุทัย ภูริพงศธร พนักงานจังหวัดนครศรีธรรมราช (ในขณะนั้น)
- 9)พลังงานจังหวัดเครือข่ายทุกจังหวัด
- 10)นายมนัส คล้ายรุ่ง ผู้ใหญ่บ้าน บ้านคลองเรือ และชาวคลองเรือ

## การแปลงหน่วย

$$1 \text{ วัตต์ (W)} = 1 \text{ จูลต่อวินาที (J/sec)}$$

$$1 \text{ กิโลวัตต์ (kW)} = 10^3 \text{ วัตต์}$$

$$1 \text{ เมกะวัตต์ (MW)} = 10^6 \text{ วัตต์}$$

$$1 \text{ จิกะวัตต์ (GW)} = 10^9 \text{ วัตต์}$$

$$1 \text{ ปาสคาล (Pa)} = 1 \text{ นิวตัน / ตารางเมตร}$$

$$\text{กิโลปาสคาล (kPa)} \times 0.145 = \text{ปอนด์ / ตารางนิ้ว (psi)}$$

$$1 \text{ บาร์} = 10 \text{ นิวตัน / ตารางเมตร}$$

$$1 \text{ บาร์} = 100,000 \text{ ปาสคาล}$$

$$1 \text{ บรรยากาศมาตรฐาน} = 760 \text{ มิลลิเมตรปรอท (1.013 บาร์)}$$

$$1 \text{ กิโลเมตร} = 1,000 \text{ เมตร}$$

$$1 \text{ เมตร} = 3.28 \text{ ฟุต}$$

$$1 \text{ เมตร} = 100 \text{ เซนติเมตร}$$

## หลักการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานน้ำ

การรักษา “ผืนป่า” คงเป็นเรื่องยากมากที่สุดเรื่องหนึ่งในช่วงเวลากว่าหนึ่ง ศตวรรษที่ผ่านมาพบว่า ป่าไม้ของประเทศไทยลดลงอย่างต่อเนื่อง รายงานหลายฉบับ ยืนยันตรงกันว่าป่าไม้ของประเทศไทยหายไปเฉลี่ยปีละกว่า 800,000 ไร่ จาก ภาพถ่ายทางอากาศ เมื่อปี พ.ศ.2552 พบว่าประเทศไทยมีป่าไม้ที่สมบูรณ์ไม่ถึงร้อยละ 16 ของพื้นที่ทั้งประเทศ

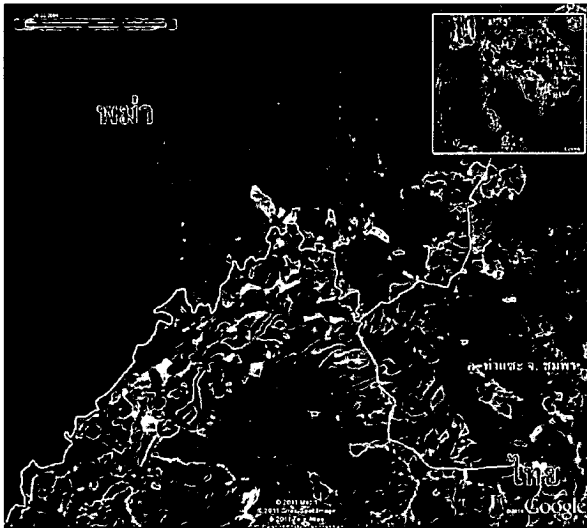
เมื่อหลายกลุ่มรุมทำลาย “ป่าไม้” ของไทยเราก็จะต้องร่อยหรอลงไปอย่างรวดเร็ว แสดงว่า “บทเรียน” ในอดีตเรื่อง “คุณค่าของป่าไม้” นั้น “คนไทย” จับแก่นแท้ไม่ได้เลย และคำพูดที่ว่า “รักษาป่า” จึงเป็นเพียงวลีที่ทำให้ผู้พูดดูดีขึ้นเท่านั้น เนื่องจาก พยานหลักฐาน บ่งชี้ชัดว่า “ป่าไม้ของเรายังลดลงอย่างน่าใจหาย” เป็นความจริงที่น่าใจ หายยิ่งหนักที่คนทั้งโลกสามารถ “ชี้แนวเขต” ระหว่าง “ประเทศไทย” กับ “เพื่อนบ้าน” ได้ด้วยสัญลักษณ์ “เส้นแนวการทำลายป่า” เช่น เส้นเขากาลาสิรีที่แบ่งกันอาณาเขต “ไทย” กับ “มาเลเซีย” (รูปที่ 1-1) จะเห็นชัดเจนว่าซีกซ้ายที่เป็น “ผืนป่า” เขียวขจี ไม่มี ช่องโหว่ ไม่เว้นแหว่ง คือ เขตประเทศมาเลเซีย ส่วนซีกขวาที่โล่งเตียน มีต้นไม้ดูบางตา เห็นหย่อมเล็กๆ คือ เขตประเทศไทยของเรา จะเห็นว่าไทยเรายังมีป่าไม้คงเหลืออยู่บ้าง ตามแนวตะเข็บระหว่างประเทศประมาณสัก 100 เมตร เนื่องจาก “กฎหมาย” และ “เจ้าหน้าที่” ของมาเลเซียพิทักษ์ป่าไม้เป็นอย่างดี และกำหนดโทษสถานหนัก สำหรับ “นักโทษ” ผู้ทำลายป่าไม้ของชาติ คนไทยจึงมีบังอาจ “แกล้งเฟลอลอ” แผ้วถาง ล้ำเส้นไปแม้แต่น้อยจึงเป็นความโชคดีของป่าไม้ไทยตามแนวตะเข็บเล็กๆ นี้ ที่ได้กฎหมาย มาเลเซียช่วยคุ้มครองไว้ คราวนี้เราลองไปดูเส้นเขตแดนระหว่าง “ไทย” กับ “พม่า” (รูปที่ 1-2) ก็ยังใช้หลักการแบ่งแยกเดิมได้อยู่ จะเห็นได้ชัดว่าด้านซ้ายที่ปรากฏเป็น

“ผืนป่า” เขียวขจีแน่นเอี้ยดคือ เขตประเทศพม่าแน่นอน และด้านขวามือที่โล่งเตียน มีเพียงไม้พุ่มเล็กๆ คือ เขตประเทศไทยของเรานั่นเอง แต่พื้นที่นี้เราไม่เว้นป่าไม้วีเป็นแนวตะเข็บระหว่างประเทศไว้เลย อาจเนื่องจากทางพม่าคงจะมี “เจ้าหน้าที่และ “งบประมาณ” ในการดูแลป่าค่อนข้างน้อย เราจึงเฟลอลเลออย่างแบบยล ตัดไม้เพลิดเพลินเลยเถิดเข้า ล้วงล้ำเข้าไปในเขตพม่าหลายสิบไร่ หลักฐานเช่นนี้เราคงโต้แย้งเพื่อนบ้านไม่ได้เลย

การตอกย้ำให้เห็น “คุณค่าป่าต้นน้ำ” และความเสียหายที่ปรากฏเป็น “รูปธรรม” นี้มิได้เพื่อกล่าวหาคนไทยด้วยกัน แต่เพื่อต้องการให้คนไทยหยังคิดในสิ่งที่เราทำได้ทำไว้ในอดีต ไตร่ตรองในสิ่งที่เรากำลังจะถ่ายโอนให้กับลูกหลานแล้วเราจะสั่งสอนให้ลูกหลานรุ่นหลังดูแลป่าได้อย่างไร ในเมื่อคนรุ่นเราทำลายเสียย่อยยับไปแล้ว เราต้องปรับเปลี่ยนวิธีคิด วันนี้เราคงต้องทำให้ดูควบคู่กับ “การสั่งสอน” คงจะคุ้มครองป่าไม้ของไทยได้ ทั้งนี้การสร้าง “กลไก” และ “เครื่องมือ” ที่เหมาะสมจะช่วย “รักษาป่า” ได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 1-1 แถบป่าผืนน้อยของไทยที่คงเหลือไว้ตามแนวตะเข็บไทย-มาเลเซีย



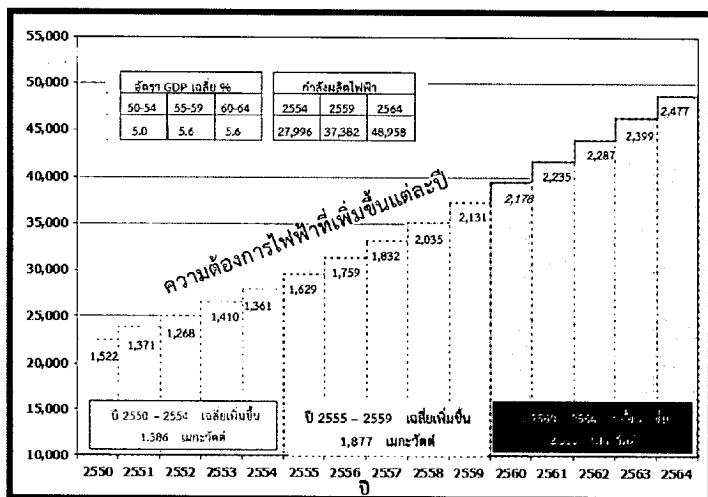
รูปที่ 1-2 ซ้ายมือคือผืนป่าของพม่าที่ถูกรุกรล้าขวามือป่าที่โล่งเตียนคือบ้านเรา

### 1.1 ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้า

ประเทศไทยมีแหล่งพลังงานของตนเองน้อยมากต้องพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศ และก๊าซธรรมชาติที่มีอยู่ในประเทศก็มีอยู่ ไม่เพียงพอกับความต้องการใช้ภายในประเทศในระยะยาว ดังนั้น การใช้ทรัพยากรพลังงานที่มีอยู่ อย่างจำกัด ควรให้มีการใช้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด หากมีการใช้ถ่านหินในระดับปัจจุบันและไม่มีการค้นพบเพิ่มเติม โลกเราสามารถใช่อ่านหินต่อไปได้อีกถึง 220 ปี ในขณะที่ก๊าซธรรมชาติมีเหลือใช้ได้ 64 ปี ส่วนน้ำมันนั้นมีเหลือใช้อีกเพียง 42 ปี เท่านั้นดังนั้นราคาถ่านหินจึงค่อนข้างต่ำและมีเสถียรภาพค่อนข้างมากแต่การเผาถ่านหินเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าก็ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากด้วยเช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงเป็นเรื่องที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ที่เราจะต้องหาแหล่งพลังงานเพิ่มเติม โดยเฉพาะพลังงานทดแทนเพื่อรองรับอัตราความต้องการ

ใช้ไฟฟ้าที่เติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว และลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ ซึ่งประเทศไทยต้องสูญเสียงบประมาณแผ่นดินเพื่อนำเข้าพลังงานถึงปีละประมาณ แปดแสนล้านบาท

มูลค่าการใช้พลังงานในปี 2553 มีมูลค่าถึง 1,796,199 ล้านบาทมีสัดส่วนใกล้เคียงกับงบประมาณรัฐบาลในปี 2554 ซึ่งมีงบประมาณอยู่ที่ 2.07 ล้านล้านบาท ในส่วนของการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้า ปริมาณการใช้ไฟฟ้ามีการขยายตัวสูงขึ้น เรื่อยมาและมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ ในปีถัดมา (รูปที่ 1-3) การพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าเมื่อเดือนกันยายน 2550



รูปที่ 1-3 ค่าพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าชุดเดือนกันยายน 2550

## 1.2 พลังงานไฟฟ้ากับสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดปัจจัยหนึ่งสำหรับการดำรงชีวิตประจำวันของชนในชาติ การสื่อสาร การคมนาคม การให้ความรู้ การศึกษา และการมีส่วนร่วมในกระบวนการประชาธิปไตย ซึ่งเป็นเงื่อนไขสำคัญต่อหลักการมนุษยชนจะเกิดขึ้นและมีประสิทธิภาพไม่ได้ถ้าขาด “ไฟฟ้า”

“ไฟฟ้า” เป็นตัวแปรสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจการเพิ่มผลผลิตทั้งเกษตรรวมและอุตสาหกรรมที่ทันสมัย การกระจายรายได้ และสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันในด้านการผลิต และการขายสินค้า ซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจเนื่องด้วยการขยายตัวประชากรและการขยายตัวของเศรษฐกิจได้ดำเนินอยู่ตลอดเวลา ประเทศไทยจึงมีอัตราการเพิ่มของปริมาณการใช้ไฟฟ้าปีละไม่ต่ำกว่า 1,000 เมกะวัตต์ จากกำลังผลิตในปี พ.ศ. 2537 ประมาณ 13,000 เมกะวัตต์ จากสถิติในปี 2544 ที่ผ่านมา ประเทศไทยผลิตพลังงานไฟฟ้ารวม 103,165 ล้านหน่วย จากแหล่งผลิตก๊าซธรรมชาติร้อยละ 68.2 น้ำมันเตาร้อยละ 2.9 น้ำมันดีเซลร้อยละ 0.2 ถ่านหินลิกไนต์ร้อยละ 16.8 ถ่านหินนำเข้าร้อยละ 2.4 พลังน้ำร้อยละ 6.1 ชีวมวลร้อยละ 2.8 และพลังงานหมุนเวียนอื่นร้อยละ 0.5

ข้อเท็จจริงประการหนึ่ง คือ ไม่มีแหล่งพลังงานใดที่ไม่มีมลพิษ

การใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงทำให้เกิดมลพิษทางอากาศที่สำคัญ ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งทำให้เกิดฝนกรด และปรากฏการณ์เรือนกระจก นอกจากนี้น้ำมันที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้านั้นส่วนใหญ่ต้องนำเข้า ทำให้ได้รับผลกระทบจากความไม่แน่นอนของราคาน้ำมันในตลาดโลกอีกด้วย

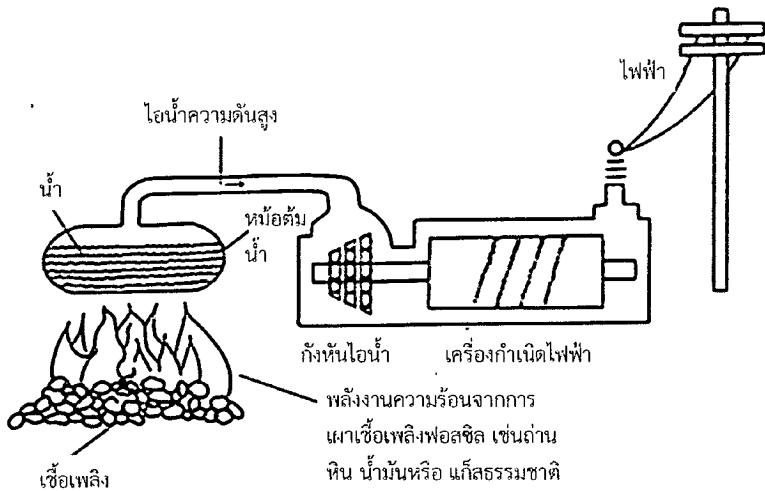
การใช้ก๊าซธรรมชาติผลิตไฟฟ้า แม้จะทำให้เกิดมลพิษน้อยกว่าใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลอื่น แต่การนำก๊าซธรรมชาติขึ้นมานั้นจะเกิดก๊าซมีเทนรั่วสู่บรรยากาศประมาณร้อยละ 2 และเมื่อเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติ ก็จะทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศเช่นกัน จึงมีอาจหลีกเลี่ยงการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกจากทั้งสองชนิด

การใช้ถ่านหินผลิตไฟฟ้าโดยไม่มีระบบกำจัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชนบริเวณใกล้เคียงโรงไฟฟ้าอย่างรุนแรง แต่การติดตั้งระบบกำจัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ได้มาตรฐานก็จะเพิ่มต้นทุนการผลิตไฟฟ้าร้อยละ 20-30 ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่อาจกำจัดได้อย่างคุ้มค่า

การใช้พลังงานน้ำขนาดใหญ่โดยการสร้างเขื่อนเพื่อผลิตไฟฟ้านั้น แม้จะเป็นระบบที่ค่อนข้างสะอาดก็ตาม แต่ก็มีปัญหาเรื่องผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ที่ดินแหล่งทำมาหากิน ตลอดจนป่าสงวนของชาติ ต้องสูญเสียจากการถูกน้ำท่วม นอกจากนี้แหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่มีศักยภาพในประเทศก็เหลือน้อย

การพึ่งพลังงานนำเข้าจากต่างประเทศไม่ว่าจะเป็นพลังงานน้ำก๊าซธรรมชาติ หรือถ่านหินก็ตามยังมีความไม่แน่นอนทั้งในปริมาณที่ไทยจะได้รับราคาเปลี่ยนแปลง และปัญหามลภาวะอันอาจเกิดขึ้นระหว่างการขนส่งเชื้อเพลิงโครงสร้างพื้นฐานเช่น ท่าเรือนำลิกระบระบบเก็บสำรองเชื้อเพลิงก็ต้องลงทุนสูงเพื่อรองรับการนำเข้าก๊าซธรรมชาติเหลวหรือถ่านหิน

หากว่าอนาคตอีก 10-12 ปีข้างหน้า พลังงานพื้นฐานซึ่งได้แก่ น้ำมันก๊าซธรรมชาติ พลังน้ำหายากขึ้นและในขณะเดียวกันความต้องการใช้พลังงานกลับทวีเพิ่มขึ้น จึงมีความจำเป็นต้องพิจารณาพลังงานรูปแบบอื่นในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยสิ่งที่ต้องการพิจารณาเป็นพิเศษ คือเป็นแหล่งพลังงานที่สะอาดไม่มีมลพิษ

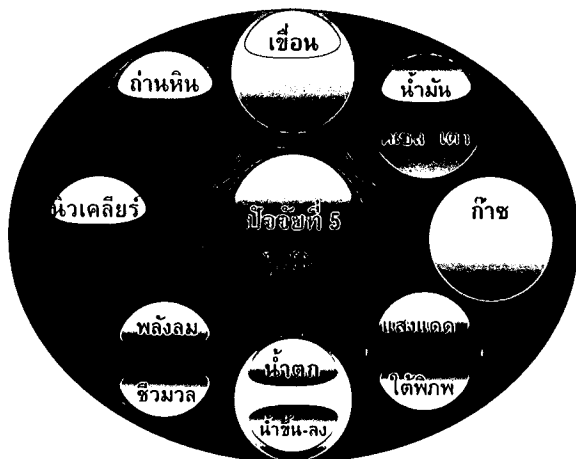


รูปที่ 1-4 การผลิตไฟฟ้าโดยใช้เครื่องจักรไอน้ำ

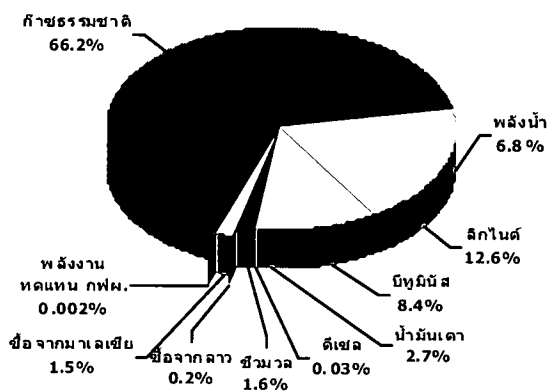
### 1.3 การผลิตกระแสไฟฟ้า

“ไฟฟ้า” เป็นอีกปัจจัยที่สำคัญที่สุดต่อการดำรงชีพของมนุษย์ในยุคปัจจุบันจัดได้เป็น “ปัจจัยที่ 5” สำหรับชีวิตประจำวัน การผลิตกระแสไฟฟ้าสามารถทำได้หลายวิธี (รูปที่ 1-5) ขึ้นกับทรัพยากรในท้องถิ่น เทคโนโลยีการผลิต และปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้า การผลิตกระแสไฟฟ้าในประเทศไทย ส่วนใหญ่ได้จากเชื้อเพลิงฟอสซิล ได้แก่ ก๊าซธรรมชาติ มีสัดส่วนสูงเกือบร้อยละ 70 ของปริมาณการผลิตทั้งหมด รองลงมาคือ ถ่านหิน น้ำมัน พลังน้ำ และพลังงานนำเข้าจากต่างประเทศ การใช้พลังงานทดแทนมีสัดส่วนเพียงร้อยละ 0.002 เท่านั้น (รูปที่ 1-6) สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานนิวเคลียร์ในประเทศไทย คงต้องใช้เวลาอีกหลายสิบปี

จากสัดส่วนแหล่งพลังงานภายในประเทศ จะเห็นได้ว่าประเทศไทยจัดอยู่ในกลุ่มที่มีความเสี่ยงด้านพลังงานสูงมาก เนื่องจากสัดส่วนของแหล่งพลังงานเกือบทั้งหมดคือ ก๊าซธรรมชาติ



รูปที่ 1-5 การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยกระบวนการต่างๆ



รูปที่ 1-6 สัดส่วนการผลิตกระแสไฟฟ้าจำแนกตามเชื้อเพลิง

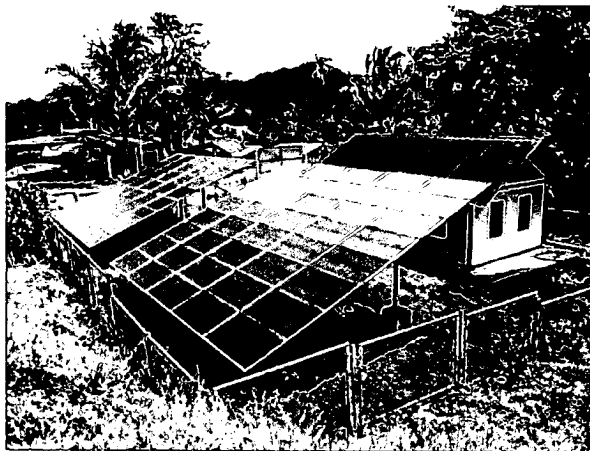
#### 1.4 พลังงานทดแทน

พลังงานทดแทนที่มีศักยภาพสำหรับประเทศไทย ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานชีวมวล และพลังงานน้ำ การเลือกใช้พลังงาน

ทดแทนให้เกิดประสิทธิผล จะต้องอาศัยทั้ง “ศาสตร์” และ “ศิลป์” ผู้ออกแบบระบบการใช้พลังงานทางเลือกจะต้องมีความรู้ความเข้าใจเป็นอย่างดี ทั้งทางด้านเทคนิค ด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านสังคม ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านศักยภาพของทรัพยากรในท้องถิ่น ในการเลือกใช้พลังงานทดแทนและการจัดการให้เหมาะสมกับเวลา (Time) และสถานที่ (Space) ต้องอาศัยการบูรณาการความรู้ (Knowledge Integration) โดยการผนวกข้อมูลด้านต่างๆ กับทักษะและประสบการณ์ มิฉะนั้นการดำเนินโครงการจะไม่บรรลุประสิทธิผล

พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นไฟฟ้าที่ได้จากการนำแผงโซลาร์เซลล์ (Solar Cells) นิยมใช้ในพื้นที่ที่ระบบสายส่งเข้าไม่ถึง เช่น หมู่บ้านชนบท (รูปที่ 1-7) เกาะต่างๆ พื้นที่ราบสูง หรือในเมืองที่เริ่มมีการใช้พลังงานทดแทนอย่างจริงจัง แม้พื้นที่ภาคใต้จะอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรมากที่สุด แต่พลังงานแสงอาทิตย์กลับผลิตได้ไม่เต็มที่ เนื่องจากมีข้อจำกัดบางประการ เช่น ความชื้นจากไอน้ำทะเลทั้งฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน ประกอบกับภาคใต้มีเมฆมากและฝนตกชุก ทำให้ความเข้มแสงที่ตกถึงพื้นผิวโลกน้อย นอกจากนี้ประเทศไทยยังไม่สามารถผลิตแผงโซลาร์เซลล์ที่มีคุณภาพสูงได้ แผงโซลาร์เซลล์ส่วนใหญ่ต้องนำเข้าและมีมูลค่าสูง ประชาชนทั่วไปไม่สามารถซื้อหาได้ จึงพบว่าโครงการพลังงานแสงอาทิตย์ส่วนใหญ่เกิดจากภาครัฐ หรือมีบางหน่วยงานเป็นผู้มอบให้ นอกจากนี้แผงโซลาร์เซลล์ยังมีปัญหาเรื่องอายุการใช้งาน เนื่องจากพบว่าในพื้นที่เกาะแทบทุกแห่งแผงโซลาร์เซลล์ใช้งานได้ดีเพียง 3-5 ปี เท่านั้น จากนั้นก็จะเริ่มมีปัญหาแบตเตอรี่เสื่อมแผงหมดสภาพ และอื่นๆ ที่ผู้ใช้ไม่สามารถซ่อมแซมเองได้ การศึกษาวิจัยในประเทศเพื่อพัฒนา “องค์ความรู้” มาสู่การผลิตแผงโซลาร์เซลล์ที่มีประสิทธิภาพสูงต้นทุนต่ำ เพื่อการนำ

พลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดของประเทศไทยจึงเป็นประเด็นสำคัญ



รูปที่ 1-7 แผงโซลาร์เซลล์ที่บ้านหลวงตาง ตำบลพะโต๊ะ

### อำเภอพะโต๊ะ จังหวัดชุมพร

พลังงานลม ในประเทศไทยมีการนำเทคโนโลยีกังหันลมขนาดใหญ่มาผลิตกระแสไฟฟ้าในเชิงพาณิชย์อย่างจริงจังเมื่อปี พ.ศ.2536 โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งได้ทำการติดตั้งกังหันลมที่มีกำลังการผลิตขนาด 150 kW ที่แหลมพรหมเทพ จังหวัดภูเก็ต ข้อมูลผลผลิต 15 ปี ที่ผ่านมามีพบว่าสามารถผลิตได้เฉลี่ยเพียงประมาณร้อยละ 15 ของกำลังการผลิต นอกจากนี้ทางกระทรวงพลังงาน โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พ.พ.) ได้ทำการศึกษาด้านศักยภาพพลังงานลมเฉพาะพื้นที่ (Micro-siting) ที่จังหวัดนครศรีธรรมราช พัทลุง สงขลา และปัตตานี (รูปที่ 1-8) โดยภาพรวมพบว่าศักยภาพด้านพลังงานลมในประเทศไทยอยู่ในระดับต่ำ มีเพียงพื้นที่

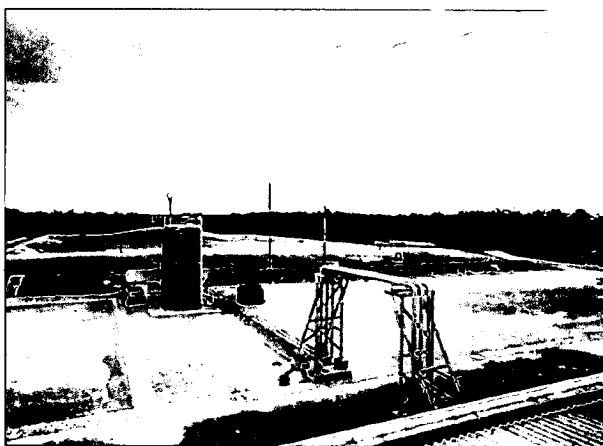
ชายฝั่งทะเลของประเทศไทย โดยเฉพาะฝั่งอ่าวไทยที่มีศักยภาพด้านพลังงานลมในระดับพอใช้ แม้ปัจจุบันเทคโนโลยีด้านกังหันลมจะพัฒนาไปมากแล้วแต่ สำหรับประเทศไทยการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยกังหันลมมีประสิทธิภาพเพียง

ไม่เกินร้อยละ 20 ของกำลังการผลิต ทั้งนี้เนื่องจากความเร็วลมที่บริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตรมีค่าน้อยกว่าที่บริเวณละติจูดมา (30 ถึง 60 องศาเหนือและใต้) ประมาณครั้งหนึ่ง ประกอบกับมวลอากาศมีความหนาแน่นค่อนข้างต่ำ ทำให้ลมในประเทศไทยมีพลังงานน้อย ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนเชิงพาณิชย์ เมื่อซื้อกังหันลมขนาดใหญ่มาจากต่างประเทศในราคาสูง แล้วผลิตกระแสไฟฟ้าจึงได้ไม่เต็มกำลัง ดังนั้นการลงทุนในเชิงพาณิชย์จึงยังคงมีความเสี่ยง อย่างไรก็ตามการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้พลังงานลม ถือเป็นการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานสะอาดอีกวิธีหนึ่งซึ่งเป็นนโยบายระดับชาติที่รัฐบาลให้การสนับสนุนโดยการให้ “เงินสมทบ” (Adder) ในการดำเนินโครงการโดยภาคเอกชน



รูปที่ 1-8 ภาพจำลองการติดตั้งกังหันลมที่แหลมตาชี จังหวัดปัตตานี

พลังงานชีวภาพ/ชีวมวล ได้แก่ การนำขยะมูลฝอย เศษอาหาร และสิ่งปฏิกูลมาทำเป็น “ก๊าซชีวภาพ” (รูปที่ 1-9) นำมาใช้ในการหุงต้ม เช่น โรงก๊าซมูลสุกร หรืออาจจะนำก๊าซที่ได้ไปเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าต่อไป นอกจากนี้ยังสามารถผลิตไฟฟ้าโดยตรงจากการเผามูลฝอย เช่น ไฟฟ้าโรงกลบ โรงไฟฟ้าเศษปาล์ม แต่ข้อจำกัดของโรงไฟฟ้าประเภทนี้คือข้อจำกัดทางด้านวัตถุดิบ เช่น โรงไฟฟ้าจากกลบ จากเดิมกลบราคาตันละ 200 บาท เมื่อผ่านไป 4-5 ปี กลบมีราคาสูงถึงตันละ 1,200 บาท เนื่องจาก “กลบ” เริ่มเป็นที่ต้องการ ประกอบกับราคาน้ำมันราคาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ค่าขนส่งสูงขึ้น โครงการนี้จึงเริ่มไม่คุ้มทุนอีกต่อไป ส่วนการนำเศษอาหารมาหมักทำก๊าซชีวภาพ ยังคงมีประเด็นเรื่องความคุ้มค่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การนำเอาไปเป็นอาหารสัตว์



รูปที่ 1-9 ระบบก๊าซชีวภาพ

## 1.5 ไฟฟ้าพลังน้ำ

โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก หมายถึง ระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังน้ำที่มีขนาดตั้งแต่ 5 ถึง 5,000 กิโลวัตต์ ด้วยน้ำตกที่มีความสูงตั้งแต่ 1.5 ถึง 400 เมตร ที่มีอัตราการไหลตั้งแต่ระดับสิบถึงพันลิตรต่อวินาที โดยทั่วไปโรงไฟฟ้าจึงตั้งอยู่ใกล้ลำธารบริเวณด้านล่างของน้ำตก ข้อมูลสถิติการไหลของน้ำในลำธารในรอบปีและข้อมูลสภาพภูมิประเทศจึงมีความสำคัญมากต่อการออกแบบทางด้านเทคนิค

การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังน้ำ ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงจากพลังงานศักย์ (Potential Energy) ของน้ำที่อยู่ในระดับสูงกว่าให้เป็นพลังงานจลน์ (Kinetic Energy) ของน้ำที่ไหลด้วยความเร็วสูงพุ่งเข้ากระแทกใบพัดของกังหัน (Dynamo) แล้วเปลี่ยนรูปพลังงานจลน์ไปเป็นพลังงานไฟฟ้า

พลังงานศักย์ → พลังงานจลน์ → พลังงานกล → พลังงานไฟฟ้า

การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังน้ำขนาดเล็ก ถือเป็นเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยและเป็นอิสระต่อราคาน้ำมันเนื่องจากไฟฟ้าพลังน้ำเป็นพลังงานทางเลือกที่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ และมีประโยชน์ในหลายๆ ด้าน ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในข้างต้น ดังนั้น โรงไฟฟ้าพลังน้ำจึงมีการพัฒนาอย่างกว้างขวาง ในปี 2549 ทั่วโลกมีการติดตั้งไฟฟ้าพลังน้ำรวมทั้งสิ้น 777,000 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 2,998 TWh (ยังไม่รวม Three Gorges Dam ในประเทศจีน ซึ่งเป็นเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำที่ใหญ่ที่สุดในโลก) เป็นสัดส่วนประมาณ 20% ของปริมาณไฟฟ้าโลกและเป็นสัดส่วนประมาณ 88% ของปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานหมุนเวียน

14 บทที่ 1 หลักการผลิตไฟฟ้า

หลังจากประเทศจีนก่อสร้าง Three Gorges Dam แล้วเสร็จ ประเทศจีนเป็นประเทศที่มีเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำใหญ่ที่สุดในโลก รองลงมา ได้แก่ Itaipu Dam ซึ่งตั้งอยู่บริเวณชายแดนระหว่างประเทศปารากวัยและประเทศบราซิล และลำดับสาม ได้แก่ Guri Dam ในประเทศเวเนซุเอลา โดยรายละเอียดได้แสดงไว้ในตารางที่ 1-1

ตารางที่ 1-1 โรงไฟฟ้าพลังน้ำที่ใหญ่ที่สุดในโลก

| โรงไฟฟ้าพลังน้ำ           | ประเทศ          | กำลังติดตั้ง (MW) |
|---------------------------|-----------------|-------------------|
| 1. Three Gorges Dam       | จีน             | 18,200            |
| 2. Itaipu Dam             | ปารากวัย-บราซิล | 14,000            |
| 3. Guri Dam               | เวเนซุเอลา      | 10,200            |
| 4. Tucurui Dam            | บราซิล          | 8,400             |
| 5.Sayano-Shushenskaya Dam | รัสเซีย         | 6,400             |
| 6. Krasnoyarsk            | รัสเซีย         | 6,000             |

ประเทศปารากวัย นอร์เวย์ บราซิล เวเนซุเอลา และแคนาดา เป็นกลุ่มประเทศที่ใช้ไฟฟ้าจากไฟฟ้าพลังน้ำเป็นส่วนใหญ่

ประเทศปารากวัยนอกจากใช้ไฟฟ้า 100% จากไฟฟ้าพลังน้ำแล้ว ยังส่งออกอีกประมาณ 90% ของไฟฟ้าพลังน้ำที่ผลิตได้ไปยังประเทศบราซิลและประเทศอาร์เจนตินา และสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าพลังน้ำในประเทศต่างๆ แสดงดังตาราง 1-2

สำหรับประเทศไทย ไฟฟ้าพลังน้ำที่ใช้ในประเทศมาจาก 3 แห่งด้วยกัน คือ จากโรงไฟฟ้าพลังน้ำในความรับผิดชอบของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โรงไฟฟ้าพลังน้ำในความรับผิดชอบของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำในประเทศลาว โดยในปี 2552 ไฟฟ้าที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังน้ำที่ใช้ในประเทศมีปริมาณทั้งสิ้น 9,313 GWh ดังที่ได้แสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 1-3

ตารางที่ 1-2 สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าพลังน้ำในประเทศต่างๆ

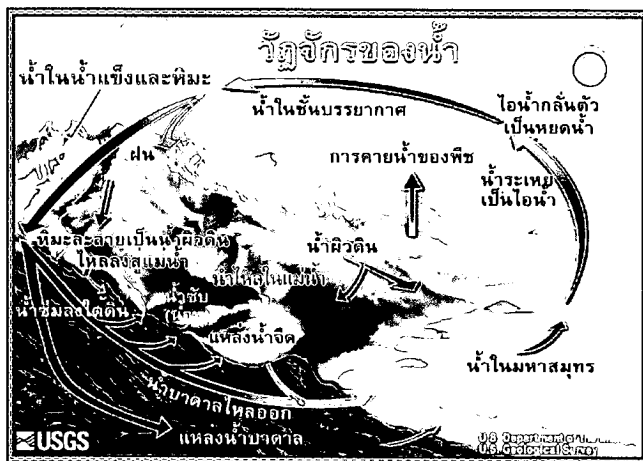
| ประเทศ       | พลังงานไฟฟ้า (TWh) | กำลังติดตั้ง (GW) | Capacity Factor | สัดส่วนต่อไฟฟ้าทั้งหมด (%) |
|--------------|--------------------|-------------------|-----------------|----------------------------|
| นอร์เวย์     | 140.5              | 27.528            | 0.49            | 98.25                      |
| บราซิล       | 363.8              | 69.080            | 0.56            | 85.56                      |
| เวเนซุเอลา   | 86.8               | -                 | -               | 67.17                      |
| แคนาดา       | 369.5              | 88.974            | 0.59            | 61.12                      |
| สวีเดน       | 65.5               | 16.209            | 0.46            | 44.34                      |
| รัสเซีย      | 167.0              | 45.000            | 0.42            | 17.64                      |
| จีน          | 585.2              | 171.52            | 0.37            | 17.18                      |
| อินเดีย      | 115.6              | 33.600            | 0.43            | 15.80                      |
| ฝรั่งเศส     | 63.4               | 25.335            | 0.25            | 11.23                      |
| ญี่ปุ่น      | 69.2               | 27.229            | 0.37            | 7.21                       |
| สหรัฐอเมริกา | 250.6              | 79.511            | 0.42            | 5.74                       |

ตารางที่ 1-3 สัดส่วนพลังงานไฟฟ้าจากน้ำในประเทศไทย

| แหล่ง                                      | พลังงานไฟฟ้า<br>(GWh) | สัดส่วน<br>(%) |
|--------------------------------------------|-----------------------|----------------|
| การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย              | 6,942.24              | 74.54          |
| กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์<br>พลังงาน | 24.04                 | 0.26           |
| จากประเทศลาว                               | 2,346.76              | 25.20          |
| รวม                                        | 9,313.04              | 100.00         |

## 1.6 โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก

ทรัพยากรน้ำเป็นแหล่งเชื้อเพลิงธรรมชาติหมุนเวียนของโรงไฟฟ้า พลังงานน้ำ (Renewable Natural Resource) โดยแตกต่างจากแหล่งเชื้อเพลิงธรรมชาติประเภทอื่นๆ ซึ่งมีปริมาณจำกัด เช่น น้ำมัน ก๊าซ และถ่านหิน เป็นต้น จากวัฏจักรอุทกวิทยาเมื่อฝนตกลงมาน้ำฝนส่วนหนึ่งจะถูกเก็บกักตามที่สูงต่างๆ ทั้งบนพื้นดินและตามใบไม้ต่างๆ และซึมลงสู่ใต้ดิน โดยน้ำส่วนเกินก็จะไหลลงสู่แม่น้ำ และในที่สุดก็ไหลลงสู่ทะเล สำหรับน้ำที่ไหลลงสู่ใต้ดินบางส่วนก็ถูกขังอยู่ใต้ชั้นดินเป็นน้ำบาดาล บางส่วนก็ไหลกลับลงสู่แม่น้ำ น้ำที่อยู่บนผิวดินในที่ต่างๆ และในทะเลจะระเหยกลายเป็นไอน้ำ ซึ่งรวมถึงการคายน้ำของพืชด้วยและเมื่อมีสภาวะที่เหมาะสมไอน้ำเหล่านั้นก็จะรวมตัวเป็นเมฆและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำตกลงมาเป็นฝนวนเวียนตามวัฏจักรอย่างไม่มีที่สิ้นสุด



รูปที่ 1-10 วัฏจักรของน้ำ

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติหมุนเวียน ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ เมื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ นอกจากนี้ โรงไฟฟ้าพลังน้ำยังมีอายุการใช้งานค่อนข้างยาวกว่าโรงไฟฟ้าประเภทอื่นๆ ซึ่งผลิตไฟฟ้าจากน้ำมัน ก๊าซ และถ่านหิน ในปัจจุบัน โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนภูมิพลมีอายุการใช้งานประมาณ 14-46 ปี (ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่พร้อมกัน มีจำนวนทั้งสิ้น 8 ชุด ชุดที่ 1 และ 2 ใช้งานในปี 2507 ชุดที่ 8 ใช้งานในปี 2539) นอกจากนี้ ค่าบำรุงรักษาและค่าดำเนินการยังต่ำกว่าอีกด้วย ดังนั้น โรงไฟฟ้าพลังน้ำจึงมีความเหมาะสมในเชิงเศรษฐกิจสูงเมื่อเปรียบเทียบกับโรงไฟฟ้าประเภทอื่นๆ การที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำไม่ได้ใช้ฟอสซิลเป็นแหล่งเชื้อเพลิง จึงไม่ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

อัตลักษณ์ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่โดดเด่น คือ เปิดปั๊ ปิดปั๊ ซึ่งโรงไฟฟ้าประเภทอื่นๆ ไม่สามารถทำได้ ดังนั้น โรงไฟฟ้าพลังน้ำ จึงมีประสิทธิผลต่อการรักษาความมั่นคงของระบบไฟฟ้าในกรณีเกิดเหตุสุดวิสัย เช่น ในกรณีที่ระบบส่งเชื้อเพลิง (ก๊าซธรรมชาติ) สำหรับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนเสียอย่างกะทันหันในช่วงวันทำงาน โรงไฟฟ้าพลังน้ำก็สามารถเข้ามาเสริมได้ทันที ซึ่งหากใช้โรงไฟฟ้าประเภทอื่นๆ ผลิตไฟฟ้าเพิ่มเติมเพื่อเสริมในส่วนที่ขาดหายไปแล้ว ก็จะต้องใช้เวลาเพื่อให้เครื่องจักรทำงานได้เต็มที่ โดยช่วงเวลาที่รอนั้น อาจทำความเสียหายให้กับเศรษฐกิจของประเทศ ตัวอย่างเช่น เมื่อมีปัญหาจากแหล่งผลิตก๊าซธรรมชาติ ยาดานาในประเทศพม่า ลดลง 1,100 ล้านลูกบาศก์ฟุตในช่วงเดือนสิงหาคม 2552 ที่ผ่านมา

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย จึงพึ่งไฟฟ้าพลังน้ำมากขึ้น โดยปล่อยน้ำจากเขื่อนศรีนครินทร์มากขึ้นต่อเนื่อง และเป็นระยะเวลายาวขึ้น เป็นต้น

แม้ว่าโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ปริมาณมากแต่การกักน้ำไว้ปริมาณมาก ก็ยังส่งผลให้เกิดก๊าซมีเทนซึ่งเป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อนได้เช่นกัน ดังนั้นพลังงานที่สะอาดกว่าก็คือโรงไฟฟ้าพลังงานขนาดเล็กที่มีการกักเก็บน้ำในปริมาณน้อยหรือไม่กักเก็บน้ำ เป็นการปล่อยให้น้ำไหลผ่านตลอด ศักยภาพของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กอาจจะผลิตไฟฟ้าได้ในปริมาณที่น้อย แต่หากนำมาติดตั้งในหลายๆจุดของน้ำตกและหลายๆแห่งในพื้นที่ภาคใต้ก็สามารถรวบรวมปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้เทียบเท่ากับโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ได้เช่นกัน

## 1.7 กลไกสู่การผลิตไฟฟ้าพลังน้ำแบบยั่งยืน

กลไกสู่การผลิตไฟฟ้าแบบยั่งยืน ประกอบด้วยแผนกลยุทธ์ กองทุนโรงไฟฟ้าพลังน้ำและความร่วมมือจากภาคส่วนต่างๆซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักนำไปสู่กลไกการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำแบบยั่งยืน

### 1.7.1 แผนกลยุทธ์

กลยุทธ์สู่ความยั่งยืนได้จากแนวความคิดการแก้ปัญหาเชิงบูรณาการโดยการนำโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมาช่วยในการแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องซึ่งประกอบด้วย 7 ปัญหาหลัก ซึ่งอาจแยกออกเป็น 6 ปัญหาที่เกิดขึ้นในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย คือ “ด้านป่าไม้ ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านแหล่งน้ำ ด้านภัยพิบัติด้านพลังงานและด้านสังคม” ซึ่งเป็นปัญหาเรื้อรังมานาน และกับอีกหนึ่งปัญหาของคนทั้งโลก คือ “ปัญหาโลกร้อน” ที่เป็นประเด็นร้อนในทศวรรษนี้ (รูปที่ 1-11) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระบบปัญหาที่สามารถเชื่อมโยงกับโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก

ปัญหาที่ 1 ด้านป่าไม้ คือ ทรัพยากรป่าไม้มีคุณอนันต์ต่อสรรพชีวิตเป็นแหล่งกำเนิดของต้นน้ำ และแหล่งผลิตปัจจัยที่สำคัญต่อมวลมนุษย์ แต่กลับพบว่าป่าไม้ของกลุ่มน้ำถูกทำลายอย่างต่อเนื่อง กระทั่งปัจจุบันพื้นที่ป่าต้นน้ำของประเทศไทยที่สมบูรณ์คงเหลือเพียงร้อยละ 15 ส่งผลให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจโดยรวมและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างประเมินค่ามิได้

ปัญหาที่ 2 ด้านสิ่งแวดล้อม ผลการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมแทบทุกสถานีทั้งในและนอกเมืองทั่วลุ่มน้ำ ได้ข้อมูลยืนยันตรงกันว่าทั้งคุณภาพน้ำและคุณภาพอากาศ “มีแนวโน้มจะถดถอยลง” โดยเฉพาะคุณภาพน้ำในแม่น้ำลำคลองทุกสายที่ไหลผ่านเมืองใหญ่ การทำลายป่าต้นน้ำ การใช้สารเคมีในการเกษตรกรรม น้ำเสียจากชุมชน และน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม รวมถึงการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่างๆ ล้วนส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งสิ้น

ปัญหาที่ 3 ด้านแหล่งน้ำ นอกจากปัญหาด้านคุณภาพน้ำดังที่กล่าวแล้ว การทำลายป่าไม้อย่างต่อเนื่อง ทำให้ป่าต้นน้ำขาดความอุดมสมบูรณ์ ท้นที่ที่ฝนตกก็จะเกิด “น้ำป่าไหลหลาก” อย่างรวดเร็ว เนื่องจากป่าต้นน้ำไม่สามารถอุ้มน้ำเอาไว้ได้ จึงทำให้เกิดอุทกภัยในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะในเขตชุมชนเมืองที่ต้องเผชิญเคราะห์กรรมจากบุงกรุกถมที่ร่อนน้ำลำคลอง น้ำจึงระบายได้น้อยลง ทำให้เกิด “ปัญหาน้ำท่วมขัง” และ “น้ำเน่าเสีย” นอกจากนั้นการตัดต้นไม้ขนาดใหญ่ จะทำให้ต้นไม้อเล็กๆ ที่เหลืออยู่ไม่สามารถช่วยพยุงหน้าดินเอาไว้ได้ ทำให้เกิดปัญหา “การกัดเซาะหน้าดิน” และอาจมากถึงขั้นของปัญหา “ดินถล่ม” อีกด้วย เมื่ออย่างเข้าสู่หน้าแล้ง น้ำซับจากป่าต้นน้ำมีน้อยลงเนื่องจากป่าไม้เหลือน้อยลงทำให้ “น้ำตกร” หลายแห่งในพื้นที่ภาคใต้เริ่มจะแห้งขอดกระทั่งส่งผลให้เกิดปัญหา “ภัยแล้ง” ในหลายพื้นที่

ปัญหาที่ 4 ด้านภัยพิบัติ นอกจากจะเกิดปัญหาดินถล่ม อุทกภัย และภัยแล้งซึ่งเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับแหล่งน้ำโดยตรงแล้ว ยังมีปัญหาภัยพิบัติอื่นๆ อีกมาก เช่น “ไฟป่า” และ “หลุมยุบ” ซึ่งเริ่มปรากฏในพื้นที่จังหวัดสตูล ตรัง สงขลาและ นครศรีธรรมราช



รูปที่ 1-11 การยึดเกาะของรากไม้ช่วยแก้ปัญหาดินถล่มได้เป็นอย่างดี

ปัญหาที่ 5 ด้านพลังงาน ด้วยจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และความต้องการความสะดวกสบายมากขึ้น ทำให้ความต้องการบริโภคในทุกด้านเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะความต้องการ “ด้านพลังงานไฟฟ้า” ทั้งเพื่อการยังชีพและอำนวยความสะดวกสบายของคนในลุ่มน้ำ ในการผลิตไฟฟ้าส่วนใหญ่ของประเทศไทยใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน และน้ำมัน ทั้งในกระบวนการจัดหาแหล่งเชื้อเพลิงและการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหล่านี้ ล้วนส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งสิ้น เป็นความแปลกมากที่พบว่า ในขณะที่คนไทยมีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงขึ้นมาก แต่กลับมีการต่อต้านการก่อสร้าง

โรงไฟฟ้าทุกรูปแบบ โดยเฉพาะโรงไฟฟ้านิวเคลียร์และโรงไฟฟ้าถ่านหิน ดังนั้นการค้นรณค้นคว้าหา “พลังงานทดแทน” ซึ่งเป็นพลังงานหมุนเวียนที่สะอาดจึงทวีความสำคัญยิ่งขึ้น

ปัญหาที่ 6 ด้านสังคม แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 และ 9 จะให้ความสำคัญต่อการพัฒนาคนและกระบวนการพัฒนาสังคมเชิงบูรณาการ เชื่อมโยงกันทุกมิติ โดยใช้เศรษฐกิจเป็นเครื่องมือในการพัฒนาคน สังคม และสิ่งแวดล้อม เพื่อความอยู่ดีมีสุขของคนไทยอย่างยั่งยืนตลอดไป แต่พบว่ายังมีหลายพื้นที่ในภาคใต้ ที่ชุมชนยังประสบปัญหาด้านเศรษฐกิจและสังคม แสดงว่าการสร้างกลไกความเชื่อมโยงที่ยังไม่สมบูรณ์

ปัญหาที่ 7 ประเด็นโลกร้อน ในทศวรรษนี้กระแสโลกร้อนมาแรงมาก และเป็นทีละเทือนขวัญไปทั่วโลก รวมทั้งรองเลขาธิการสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม (สผ.) ก็ออกมายืนยันว่า อุณหภูมิเฉลี่ยของไทย ในอดีต 30 ปีที่ผ่านมา เพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส แต่ในอีก 30 ปีข้างหน้า นับแต่ปี 53 จะเพิ่มขึ้น 2 องศาเซลเซียส มีผลเนื่องจาก “ก๊าซเรือนกระจก” ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

### 1.7.2 องค์ประกอบหลักสู่ความสำเร็จ

องค์ประกอบหลักที่จะนำไปสู่ความสำเร็จในการสร้างโรงไฟฟ้าชุมชนประกอบด้วย 3 ปัจจัยหลัก ก็คือ ภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคชุมชน ที่ต้องทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ โดยภาครัฐทำหน้าที่ในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม รักษาป่าเป็นสำคัญควบคู่กับการสนับสนุนโครงการชุมชนเข้มแข็ง ให้ความร่วมมือแก่ชุมชนให้ช่วยกันเฝ้าดูแลรักษาผืนป่าของประเทศ และมีหน้าที่ในการแก้วิกฤตแก้ปัญหาด้านพลังงานกับภาคเอกชน แหล่งพลังงานทดแทนที่เป็นมิตรกับธรรมชาติ ในส่วนของภาคเอกชนนั้นมีหน้าที่กำหนดนโยบายสนับสนุนโครงการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สนับสนุนเทคโนโลยีที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ปรับปรุงระบบกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น ลดของเสีย เพื่อลดวัตถุดิบในกระบวนการผลิต และนอกจากนี้

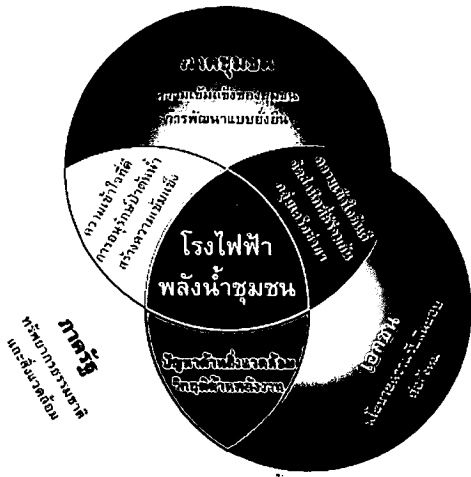
ภาคเอกชนยังต้องมีการปลูกจิตสำนึกที่ดีให้กับคนในองค์กร และคนในชุมชน องค์ประกอบสุดท้ายคือชุมชน ที่มีหน้าที่หลักคือความสามัคคี เข้มแข็งในชุมชน รักษาผืนป่า การพัฒนาชุมชนให้เข้มแข็งถือว่าการพัฒนาที่มีความยั่งยืน เพราะเป็นรากฐานของจิตสำนึกที่ดีงาม สืบทอดต่อไปยังลูกหลานสืบไป ดังรูปที่ 1-12

### 1.7.3 กองทุนโรงไฟฟ้าพลังน้ำ

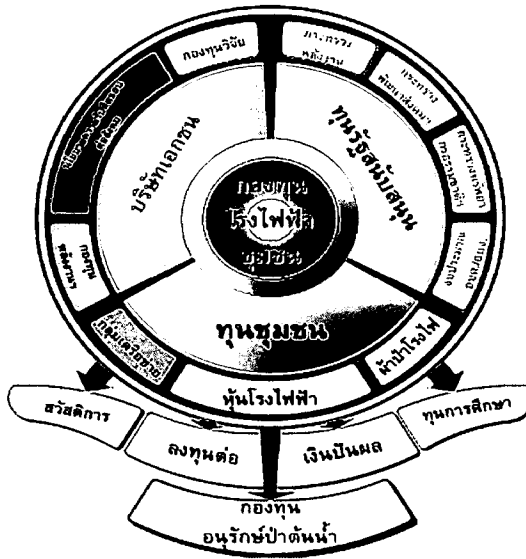
แหล่งกองทุนสนับสนุนโรงไฟฟ้ามาจาก 3 แหล่งหลักๆโดยกองทุนแรกคือทุนรัฐบาลสนับสนุนมาจากกระทรวงต่างๆทั้งกระทรวงพลังงาน สิ่งแวดล้อมตลอดจนกระทรวงพัฒนาสังคมกองทุนที่สองบริษัทเอกชน มาจากกองทุนวิจัย เพื่อความรับผิดชอบต่อสังคมหรือหาแหล่งพลังงานทางเลือกเพื่ออนาคต และสุดท้ายกองทุนชุมชน มีจุดประสงค์เพื่อให้ชุมชนได้ มีส่วนร่วมในการเป็นเจ้าของร่วมกัน และเมื่อมีการขายไฟฟ้า ผลกำไรก็นำมาปันผลกลับคืนมาสู่ชุมชนอีกครั้งเพื่อเป็นทุนพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ และเป็นกองทุนอนุรักษ์ป่าต้นน้ำรักษาป่าให้คงอยู่กับชุมชนตลอดไป แสดงความสัมพันธ์ระหว่างบริษัทเอกชน กองทุนรัฐบาล และกองทุนชุมชนดังรูปที่ 1-13



รูปที่ 1-12 ระบบปัญหาที่สามารถเชื่อมโยงกับโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก



รูปที่ 1-13 การก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำชุมชนภาคใต้ ภายใต้แนวคิด “ความรู้ความเข้าใจที่ดีต่อกัน”



รูปที่ 1-14 กองทุนโรงไฟฟ้าพลังน้ำชุมชน

## 1.8 สูตรและการแปลงหน่วย

กำลังไฟฟ้า (Power) คือ ปริมาณพลังงานที่ได้ต่อวินาทีหน่วยเป็นวัตต์

$$1 \text{ วัตต์ (W)} = 1 \text{ จูลต่อวินาที (J/sec)}$$

$$1 \text{ กิโลวัตต์ (kW)} = 10^3 \text{ วัตต์}$$

$$1 \text{ เมกะวัตต์ (MW)} = 10^6 \text{ วัตต์}$$

$$1 \text{ จิกะวัตต์ (GW)} = 10^9 \text{ วัตต์}$$

แรงดัน (Pressure) คือ แรงที่กระทำต่อพื้นที่หน้าตัด มีหน่วยเป็นปาสคาล

$$1 \text{ ปาสคาล (Pa)} = 1 \text{ นิวตัน/ตารางเมตร}$$

## 26 บทที่ 1 หลักการผลิตไฟฟ้า

กิโลปาสคาล (kPa)  $\times 0.145$  = ปอนด์/ตารางนิ้ว (psi)

1 บาร์ = 10 นิวตัน/ตารางเมตร

1 บาร์ = 100,000 ปาสคาล

1 บรรยากาศมาตรฐาน = 760 มิลลิเมตรปรอท (1.013 บาร์)

กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า

พลังงานน้ำ ณ ที่ตั้งหนึ่งๆ คำนวณได้จากสูตร

$$P = \gamma QH$$

โดย  $P$  คือ พลังงานน้ำ (กิโลวัตต์, kW)

$Q$  คือ อัตราการไหลของน้ำผ่านกังหันน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที,  $\text{m}^3/\text{s}$ )

$\gamma$  คือ ค่าคงที่จากแรงโน้มถ่วงโลกและน้ำหนักน้ำ ( $=10,000$ )

$H$  คือ ความสูงของน้ำตก หรือ ศักย์น้ำ (เมตร, m)

ตัวอย่าง 1.1 คำนวณพลังงานน้ำจากท่อส่งน้ำเมื่อวัดอัตราการไหลได้ 250 ลิตรต่อวินาที (0.250 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที) ที่ระยะความสูงน้ำตก 22.4 เมตร

วิธีคำนวณ พลังงานน้ำ (กิโลวัตต์) = 10,000 QH

$$= 10,000 \times 0.25 \times 22.4$$

$$= 56 \text{ kW}$$

ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้สามารถหาได้จากสมการ

$$W = fPt$$

โดย  $W$  คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ มีหน่วยเป็น กิโลวัตต์ชั่วโมง (kilowatt-hour) หรือ หน่วย (Unit)

$f$  คือ พาวเวอร์แฟกเตอร์ (Power Factor)

$P$  คือ พลังงานน้ำ (กิโลวัตต์, kW)

$t$  คือ ระยะเวลาการผลิต (ชั่วโมง, hr)

ตัวอย่าง จากศักยภาพพลังงานน้ำในตัวอย่างข้างต้น นำมาคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กที่จะติดตั้ง ในขณะที่ค่าพาวเวอร์แฟกเตอร์ = 0.75 และระยะเวลาการผลิตคือ 24 ชั่วโมง

## 28 บทที่ 1 หลักการผลิตไฟฟ้า

วิธีคำนวณ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ =  $\int P dt$

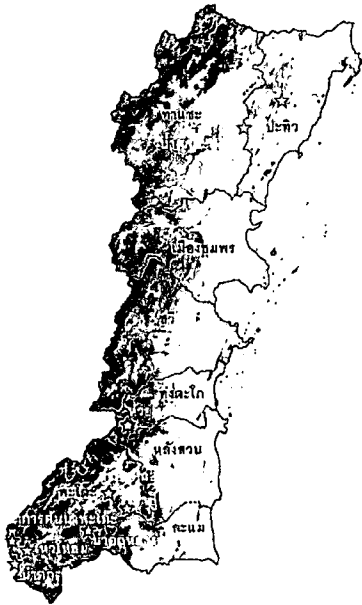
$$= 0.75 \times 56 \times 24$$

$$= 1,008 \text{ kWh}$$

### 1.9 ศักยภาพไฟฟ้าพลังน้ำภาคใต้

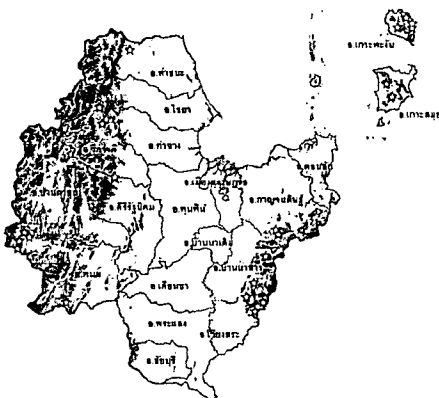
คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษา สํารวจข้อมูลน้ำตกในพื้นที่ภาคใต้ พบว่าในภาคใต้มีน้ำตกขนาดใหญ่ รวม 203 แห่ง กระจายอยู่ทุกจังหวัดนอกจากนั้นยังพบว่า ยังมีน้ำตกขนาดเล็กอีกจำนวนหลายร้อยแห่งที่สามารถนำมาผลิตไฟฟ้าได้ ในเบื้องต้นคณะผู้วิจัยประเมินว่า สามารถก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก กำลังการผลิตตั้งแต่ 50 – 1,000 kW ได้ไม่น้อยกว่า 984 โรงไฟฟ้ามีกำลังการผลิตประมาณ 160,000 kW หรือ 160 MW

จากการสำรวจนํ้าตกโดยภาพรวม รายชื่อนํ้าตกแต่ละจังหวัดและตำแหน่งแสดงดังรูปที่ 1-15 ถึง 1-28



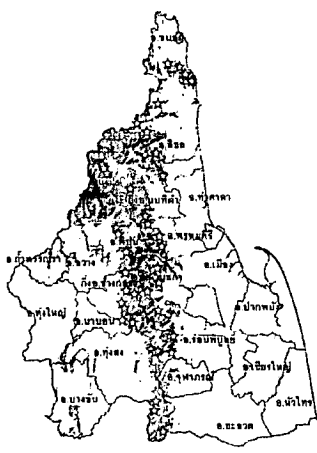
| ID | NAME                               | DISTRICT |
|----|------------------------------------|----------|
| 1  | หน่วยอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำพะโต๊ะ | พะโต๊ะ   |
| 2  | น้ำตกเหวนาจันทร์                   | พะโต๊ะ   |
| 3  | เหวนาโหลม                          | พะโต๊ะ   |
| 4  | น้ำตกกลางดง                        | พะโต๊ะ   |
| 5  | น้ำตกคลองเงิน                      | หลังสวน  |
| 6  | จำปูน (จำป๋อ)                      | ละแม     |
| 7  | ห้วยเหมือง                         | หลังสวน  |
| 8  | น้ำตกกะเปาะ                        | ท่าแซะ   |
| 9  | ทุ่งยอ                             | ปะทิว    |

รูปที่ 1-15 จังหวัดชุมพร 9 แห่ง



| ID | NAME         | DISTRICT | ID | NAME         | DISTRICT   |
|----|--------------|----------|----|--------------|------------|
| 1  | น้ำตกโตนใหญ่ | พนม      | 13 | ห้วยตะเคียน  | เวียงสระ   |
| 2  | แม่ยาย       | พนม      | 14 | สามน้ำเจ็ด   | เวียงสระ   |
| 3  | บางหัวแรด    | พนม      | 15 | ตลาดห้า      | นาสาร      |
| 4  | ดินเด้ง      | พนม      | 16 | เพชรพนมวัฒน์ | กาญจนดิษฐ์ |
| 5  | บางพืด       | พนม      | 17 | ศรีร่อน      | กาญจนดิษฐ์ |
| 6  | บางพืด       | ท่าช้าง  | 18 | จินลาด       | เกาะสมุย   |
| 7  | บางจำ        | วิภาวดี  | 19 | หน้าเมือง    | เกาะสมุย   |
| 8  | วิภาวดี      | วิภาวดี  | 20 | หน้าเมือง2   | เกาะสมุย   |
| 9  | คลองพา       | ท่าชนะ   | 21 | แพ           | เกาะพะนัง  |
| 10 | คลองน้ำเมา   | เวียงสระ | 22 | ธารประเทศ    | เกาะพะนัง  |
| 11 | คลองคันเบ็ด  | เวียงสระ | 23 | ธารประเทศ    | เกาะพะนัง  |
| 12 | เมืองพุด     | นาสาร    | 24 | ธารศักดิ์    | เกาะพะนัง  |

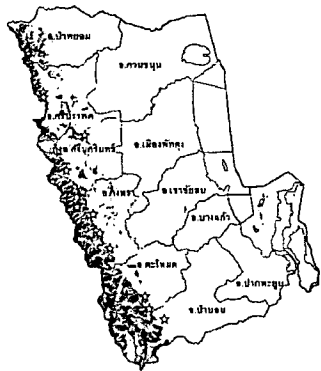
รูปที่ 1-16 จังหวัดสุราษฎร์ธานี 24 แห่ง



| ID | NAME                   | DISTRICT |
|----|------------------------|----------|
| 1  | ท่ามะอ๋อ               | ชนอม     |
| 2  | เค็มตุน                | ชนอม     |
| 3  | หินลาด                 | ชนอม     |
| 4  | สวนยาย                 | ฉวาง     |
| 5  | หนานโชน                | ฉวาง     |
| 6  | หนานสวรรค              | ชะอวด    |
| 7  | เขาหม่น                | ช้างกลาง |
| 8  | สวนขัน                 | ช้างกลาง |
| 9  | คลองหน่น               | ช้างกลาง |
| 10 | ท่าแพ                  | ช้างกลาง |
| 11 | ขุนันทา                | ท่าศาลา  |
| 12 | เขาหม่นหรือคลองกุย     | ทุ่งสง   |
| 13 | หนานปลิว               | ทุ่งสง   |
| 14 | โยง                    | ทุ่งสง   |
| 15 | ธาราวรินทร์            | ทุ่งสง   |
| 16 | ปลิว                   | ทุ่งสง   |
| 17 | ธารทิพย์               | ทุ่งสง   |
| 18 | วังปริง                | ทุ่งสง   |
| 19 | คลองปาว                | นบพิตำ   |
| 20 | คลองมด                 | นบพิตำ   |
| 21 | เขานันเมือ (เขานัน)    | นบพิตำ   |
| 22 | กรุงนาง                | นบพิตำ   |
| 23 | กรุงชิง                | นบพิตำ   |
| 24 | ยอดเขื่องหรือเมืองใหม่ | นบพิตำ   |
| 25 | คลองจ้ง                | นบพิตำ   |

|    |                         |             |
|----|-------------------------|-------------|
| 26 | น้ำตกปลายจวก            | พรหมคีรี    |
| 27 | อ้ายเขียว               | พรหมคีรี    |
| 28 | พรหมโลก                 | พรหมคีรี    |
| 29 | ระแนะ                   | พิปูน       |
| 30 | หนานนกแอ่น              | พิปูน       |
| 31 | เขานลวง                 | เมือง       |
| 32 | แม่เศรษฐี               | ร่อนพิบูลย์ |
| 33 | สุทาสวรรค               | ร่อนพิบูลย์ |
| 34 | วังคิลาักษ์หรืออ้ายควาย | ร่อนพิบูลย์ |
| 35 | กะโรม                   | ลานสกา      |
| 36 | สอยดาว                  | ลานสกา      |
| 37 | วังไม้ปัก               | ลานสกา      |
| 38 | วังหมื่นผลาญ            | ลานสกา      |
| 39 | คลองท่าหลัก             | สิชล        |
| 40 | ไผ่ตง                   | สิชล        |
| 41 | ชอนน้ำ                  | สิชล        |
| 42 | หนานช่องฟ้า             | สิชล        |
| 43 | อ่าวยางแดง              | สิชล        |
| 44 | คลองเมียนหรือยางแดง     | สิชล        |
| 45 | สี่ขีด                  | สิชล        |
| 46 | หนานเดช                 | สิชล        |

รูปที่ 1-17 จังหวัดนครศรีธรรมราช 46 แห่ง



| ID | NAME        | DISTRICT |
|----|-------------|----------|
| 1  | ป่าดงมะไฟ   | ศรีนคร   |
| 2  | พระยาบันลือ | ศรีนคร   |
| 3  | เขาค้อ      | ศรีนคร   |
| 4  | ป่าดงมะไฟ   | กงหรา    |
| 5  | ป่านมทอง    | ศรีนคร   |
| 6  | บ้านโคก     | ศรีนคร   |
| 7  | ป่าดงมะไฟ   | ศรีนคร   |
| 8  | ป่าดงมะไฟ   | กงหรา    |
| 9  | นาค         | กงหรา    |
| 10 | มโนนา       | กงหรา    |
| 11 | โพธิ์ชัย    | กงหรา    |
| 12 | หม่อมราช    | ตะนาว    |
| 13 | ป่าดงมะไฟ   | ตะนาว    |
| 14 | ลาดเค       | ตะนาว    |
| 15 | โคกมะ       | บ้าน     |

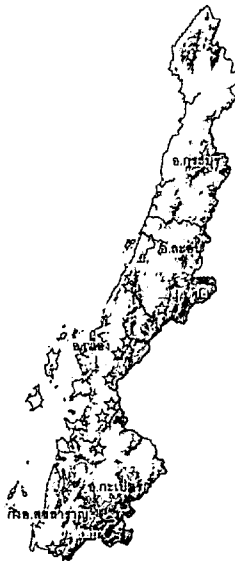
รูปที่ 1-18 จังหวัดพัทลุง 15 แห่ง



| ID | NAME            | DISTRICT  |
|----|-----------------|-----------|
| 1  | น้ำตกบรพิต      | รัตน      |
| 2  | น้ำตกโดนงา      | หาดใหญ่   |
| 3  | โดนปลิว         | รัตน      |
| 4  | โดนเรือ (โดนงา) | หาดใหญ่   |
| 5  | น้ำตกโดนค       | สะ        |
| 6  | น้ำตกพร         | สะ        |
| 7  | โดนลาด          | นาหม่อม   |
| 8  | เขาน้ำค         | นาทวี     |
| 9  | น้ำตกโดนค       | นาทวี     |
| 10 | พระไม่          | สะบ้าย้อย |

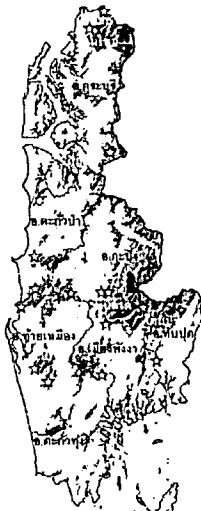
รูปที่ 1-19 จังหวัดสงขลา 10 แห่ง





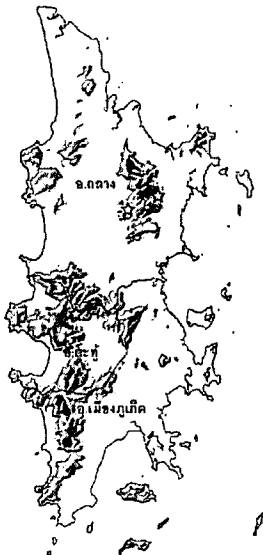
| ID | NAME          | DISTRICT |
|----|---------------|----------|
| 1  | เขาพระนารายณ์ | กะเปอร์  |
| 2  | รากลอย        | เมือง    |
| 3  | โตนทอง        | เมือง    |
| 4  | โตนเพชร       | เมือง    |
| 5  | หงาว          | เมือง    |
| 6  | บางริน        | เมือง    |
| 7  | หยกฟ้า        | เมือง    |
| 8  | บุญบาล        | เมือง    |
| 9  | เขี้ยวคล้าย   | ละอุ่น   |
| 10 | โตนกลอย       | สุขสำราญ |

รูปที่ 1-22 จังหวัดระนอง 10 แห่ง



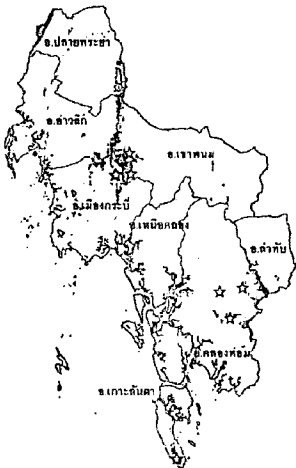
| ID | NAME                    | DISTRICT   |
|----|-------------------------|------------|
| 1  | น้ำตกโตนปลั่ง           | ตะกั่วป่า  |
| 2  | สายรุ้ง                 | ตะกั่วป่า  |
| 3  | ลำปี                    | ท้ายเหมือง |
| 4  | โตนช่องฟ้า              | ตะกั่วป่า  |
| 5  | โตนไพร                  | ท้ายเหมือง |
| 6  | แสงทอง                  | กะปง       |
| 7  | สวนใหม่                 | กระบุรี    |
| 8  | ลำรู                    | กะปง       |
| 9  | รามัญ                   | ตะกั่วทุ่ง |
| 10 | ลำพร้า                  | ตะกั่วป่า  |
| 11 | โตนคันไทร               | ตะกั่วป่า  |
| 12 | หินลาด                  | กะปง       |
| 13 | โตนคันเคย               | ตะกั่วป่า  |
| 14 | ด่านหนึ่ง (โตนอุโตนแดง) | กระบุรี    |
| 15 | โตนปวีรรัตน,สองแพรก     | เมือง      |
| 16 | เต่าทอง                 | ทับปุด     |
| 17 | โตนกลอย                 | ทับปุด     |

รูปที่ 1-23 จังหวัดพังงา 17 แห่ง



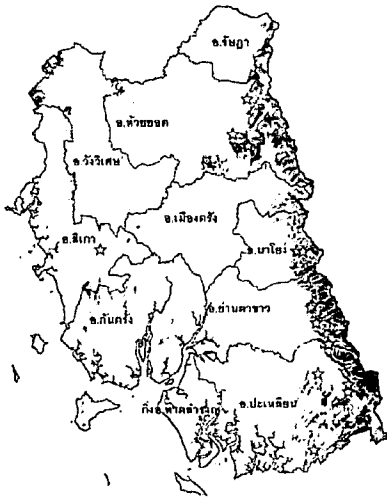
| ID | NAME    | DISTRICT |
|----|---------|----------|
| 1  | กระทุ่ม | กระทุ่ม  |
| 2  | โตนไทร  | ถलग      |
| 3  | บางแป   | ถलग      |

รูปที่ 1-24 จังหวัดภูเก็ต 3 แห่ง



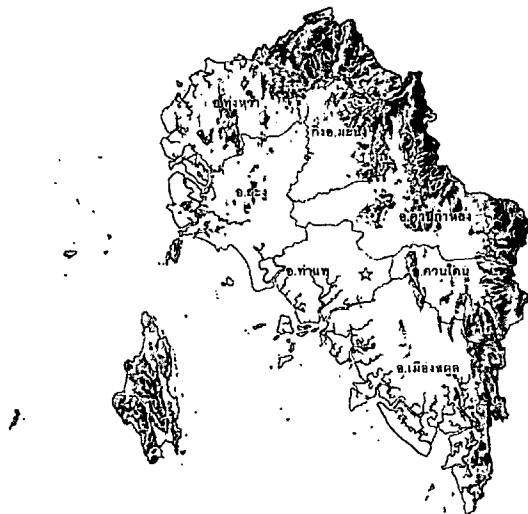
| ID | NAME         | DISTRICT  |
|----|--------------|-----------|
| 1  | ห้วยใต้      | เขาพนม    |
| 2  | ห้วยใต้      | เมือง     |
| 3  | ต้นหาร       | เขาพนม    |
| 4  | ห้วยรอกไม้   | เมือง     |
| 5  | คลองจาก      | เกาะลันตา |
| 6  | ร้อนคลองท่อม | คลองท่อม  |
| 7  | หินเพิง      | คลองท่อม  |
| 8  | โดนเดียว     | คลองท่อม  |

รูปที่ 1-25 จังหวัดกระบี่ 8 แห่ง



| ID | NAME            | DISTRICT  |
|----|-----------------|-----------|
| 1  | ร้อยชั้นพันวัง  | วังเวียง  |
| 2  | อ่างทอง         | สีเกา     |
| 3  | โคกคาน          | ห้วยยอด   |
| 4  | อ่างเก็บน้ำห้วย | ห้วยยอด   |
| 5  | ปากแจ่ม         | ห้วยยอด   |
| 6  | โคกใหญ่         | ห้วยยอด   |
| 7  | กระซัง          | นาโยง     |
| 8  | โคกปลิว         | นาโยง     |
| 9  | สายรุ้ง         | ย่านดาขาว |
| 10 | ธารกระจาย       | ปะเหลียน  |
| 11 | ไพรสวรรค์       | ย่านดาขาว |
| 12 | ช่องบรรพต       | ย่านดาขาว |
| 13 | โคกสำลอก        | ปะเหลียน  |
| 14 | โคกคก           | ปะเหลียน  |
| 15 | โคกเต๊ะ         | ปะเหลียน  |
| 16 | สายรุ้ง         | ตะกั่วป่า |

รูปที่ 1-26 จังหวัดตรัง 16 แห่ง



| ID | NAME      | DISTRICT |
|----|-----------|----------|
| 1  | ธารปลิว   | ทุ่งหัว  |
| 2  | วังสายทอง | ละงู     |
| 3  | โคกปลิว   | ควนโดน   |
| 4  | สายใจ     | ควนกาหลง |
| 5  | ธารสวรรค์ | ควนกาหลง |
| 6  | ยาโรย     | ควนโดน   |
| 7  | โคกป่านัน | ควนกาหลง |
| 8  | ราณี      | ควนโดน   |

รูปที่ 1-27 จังหวัดสตูล 8 แห่ง



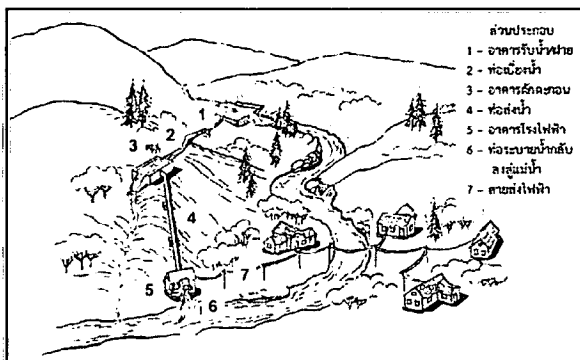
## ผังแม่บทโรงไฟฟ้าพลังน้ำ

โรงไฟฟ้าพลังน้ำมีองค์ประกอบที่ไม่ซับซ้อนง่ายต่อการบำรุงรักษาและเข้าใจได้ง่ายที่สุดในบรรดากระบวนการผลิตไฟฟ้า โดยองค์ประกอบแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

### 2.1 องค์ประกอบของโครงการ

องค์ประกอบที่สำคัญของการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยพลังน้ำ แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 2-1 ซึ่งประกอบด้วย

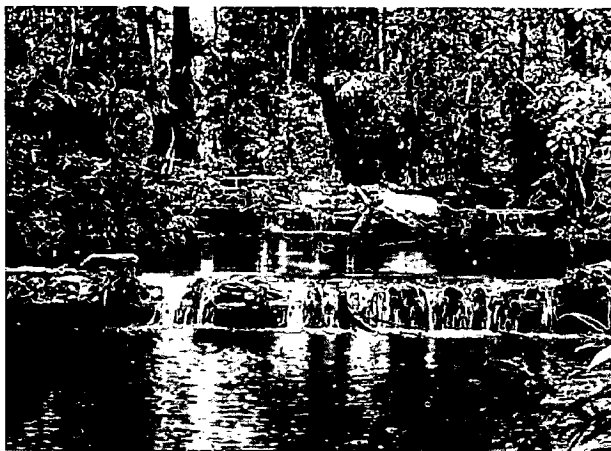
- อาคารรับน้ำ / ฝาย
- ท่อเบี่ยงน้ำ / ท่อผันน้ำ
- ถังดักตะกอน
- อาคารโรงไฟฟ้า
- ท่อระบายน้ำกลับลงสู่แม่น้ำ
- สายส่งไฟฟ้า



รูปที่ 2-1 ส่วนประกอบโดยรวมของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ

## 2.2 ฝายทดน้ำ

ฝายมีหน้าที่กักเก็บน้ำ ก่อนส่งต่อไปยังท่อลำเลียงน้ำ การสร้างเขื่อนปิดกั้นทางน้ำเป็นงานใหญ่ ที่จะต้องทำฐานรากเขื่อนให้มั่นคงแข็งแรงและป้องกันการรั่วซึมหินของน้ำลอดใต้เขื่อนด้วย การละเอียดเรื่องการปรับปรุงฐานรากเขื่อนอาจนำไปสู่ความล้มเหลวของโครงการ หรือฐานรากเขื่อนถูกน้ำมุดกัดเซาะจนกระทั่งเขื่อนพังทลายสำหรับฝายยกระดับน้ำค่อนข้างจะมีปัญหาน้อยกว่า ในกรณีที่มีการไหลของน้ำกัดเซาะ และทำให้ระดับของท้องน้ำต่ำลงอยู่เรื่อยๆ จำเป็นต้องสร้างพื้นเป็นคอนกรีต หรือเรียงหิน หรือใช้ไม้ปูพื้นในท้องน้ำ โดยให้สันฝายอยู่ที่ระดับเดียวกันกับระดับน้ำที่ต้องการ ทั้งนี้เพื่อให้พื้นดินน้ำมั่นคงแข็งแรง มีอายุยืนยาว สำหรับลำธารขนาดเล็กที่มีปริมาณการไหลต่ำ การยกระดับน้ำให้เข้าสู่อาคารรับน้ำเพื่อนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าสามารถทำได้ง่ายๆ ด้วยการทำฝายชั่วคราวในลักษณะเป็นคันดินทิ้งเตี้ยๆ หรือใช้กิ่งไม้ ฯลฯ กันขวางทางน้ำเพื่อหน่วงการไหลของน้ำเข้าสู่ที่รับน้ำ



รูปที่ 2-2 ลักษณะฝายแม้ว

### 2.3 ท่อผันน้ำ

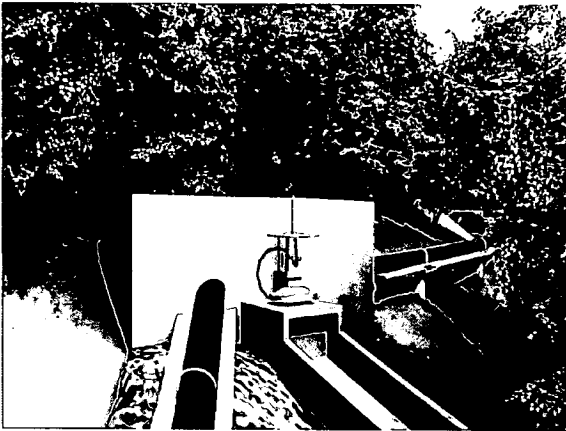
ท่อผันน้ำ แสดงดังรูปที่ 2-3 ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำจากฝายเพื่อส่งไปยังบ่อตกตะกอน มักเป็นท่อแรงดันต่ำ วัสดุที่ใช้ทำท่ออาจเป็นเหล็ก HDPE หรือ PVC ขึ้นอยู่กับงบประมาณที่มีและความเหมาะสมในการใช้งาน การออกแบบท่อผันน้ำสัมพันธ์กับการออกแบบพิกัดตำแหน่งที่ตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เนื่องจากท่อผันน้ำที่ยาวขึ้นส่งผลต่อราคาในการก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นอีกทั้งยังทำให้แรงดันน้ำตกในระหว่างลำเลียงมาจากตัวฝายอีกด้วย ดังนั้นการออกแบบที่ดีควรออกแบบให้มีระยะที่สั้นและเป็นเส้นตรงให้มากที่สุด



รูปที่ 2-3 ลักษณะฝายและท่อผันน้ำจากฝาย

## 2.4 ถังดักตะกอน

มีไว้สำหรับขจัดวัสดุแขวนลอยมากับน้ำ โดยเฉพาะดินตะกอนและดินเหนียวให้ตกตะกอนลงในบ่อนี้ การออกแบบที่ดีควรมีบ่อเช่นนี้ไว้เป็นคู่ บ่อหนึ่งอยู่ที่ต้นทางของคลองผันน้ำเพื่อป้องกันการตกตะกอนในคลอง และอีกบ่อหนึ่งก่อนที่จะเข้าสู่ท่อส่งน้ำแรงดันสูงซึ่งโดยปกติ บ่อหลังนี้จะเป็นส่วนหนึ่งของถังพักน้ำหน้าปากท่อส่งน้ำ สำหรับดักขยะเพื่อป้องกันเครื่องกังหันน้ำ ไม่ให้เกิดความเสียหายเร็วเกินควร ลักษณะถังดักตะกอนแสดงดังรูปที่ 2-4



รูปที่ 2-4 ลักษณะถังดักตะกอน

## 2.5 ท่อส่งน้ำ

ท่อส่งน้ำทำหน้าที่ลำเลียงน้ำจากถังตกตะกอนไปยังถังลดแรงดันมักเป็นท่อแรงดันสูงวัสดุที่นำมาใช้นั้นขึ้นอยู่กับขนาดท่อและแรงดันภายในท่อ ความยาวของระบบผันน้ำขึ้นอยู่กับความต้องการของความสูงค้ำยกของน้ำสำหรับใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ทั้งนี้การก่อสร้างโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กชนิดที่มีฝายทดน้ำมีความจำเป็นต้องมีระบบผันน้ำดังกล่าว นอกจากนี้ระบบผันน้ำจะมีโครงสร้างบ่อดักตะกอน (Sand Trap) เพื่อป้องกันตะกอนทรายที่หลงเหลือไม่ให้เข้าสู่คลองส่งน้ำหรือท่อส่งน้ำโดยบ่อดักตะกอน จะถูกก่อสร้างในระหว่างอาคารรับน้ำและระบบผันน้ำ ลักษณะท่อส่งน้ำแสดงดังรูปที่ 2-5



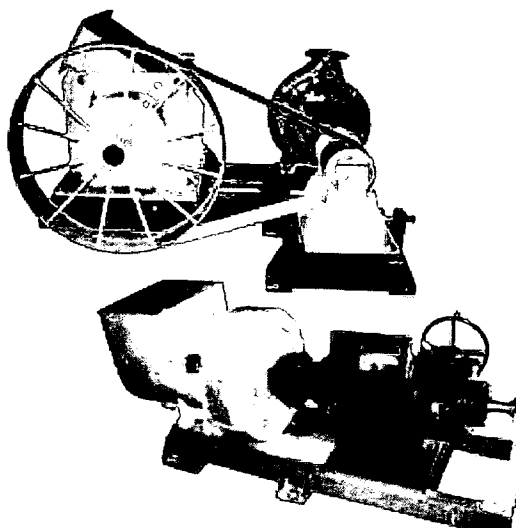
รูปที่ 2-5 ลักษณะท่อส่งน้ำ

## 2.6 ถึงลดแรงดัน

โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กชนิดกักเก็บน้ำปริมาณน้อย หรือโรงไฟฟ้าพลังน้ำชนิดน้ำไหลผ่าน (Runoff River Type) อาจไม่ต้องใช้ถึงลดแรงดันน้ำเนื่องจากปริมาณน้ำที่น้อย แรงดันน้ำไม่มากพอที่จะทำให้เกิดเป็นอันตรายจนต้องลดแรงดันน้ำ

## 2.7 กังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

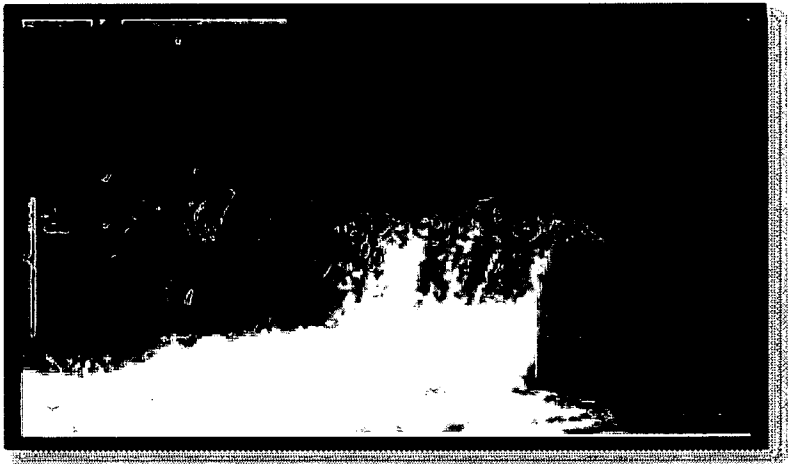
ภายในโรงไฟฟ้าจะประกอบด้วย กังหันน้ำ (Turbine) เครื่องปั่นไฟ (Generator) และ อุปกรณ์ควบคุม (Regulator) ขึ้นแรกในการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังน้ำคือ การตัดสินใจเลือกชนิดและขนาดของเครื่องกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าการเลือกเครื่องกังหันน้ำขึ้นอยู่กับความต้องการว่าจะเชื่อมโยงโรงไฟฟ้าเข้ากับระบบสายส่งของรัฐ หรือแค่ใช้เฉพาะภายในท้องถิ่น ตัวอย่างกังหันน้ำแบบคลอสโฟล แสดงดังรูปที่ 2-7



รูปที่ 2-7 ตัวอย่างกังหันน้ำแบบคลอสโฟล

## 2.8 ทางปล่อยน้ำ

ทางปล่อยน้ำแสดงดังรูปที่ 2-8 ทำหน้าที่ระบายน้ำที่หมุนกังหันน้ำแล้วกลับสู่ลำธาร คลองนี้ควรจะอยู่แยกออกจากตัวลำธารในลักษณะตั้งฉากออกมา เพื่อที่ไม่ให้หินหรือก้อนกรวดถูกพัดพาโดยกระแสน้ำย้อนกลับเข้ามาในคลองทำynnน้ำในช่วงฝนตกหนัก เศษหินเศษขยะในคลองทำynnน้ำอาจจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องกังหันน้ำ โดยเฉพาะเครื่องกังหันน้ำที่ประสิทธิภาพของมันขึ้นอยู่กับท่อปล่อยน้ำออก



รูปที่ 2-8 ทางปล่อยน้ำกลับลงสู่แหล่งน้ำ

## งานแผนที่ภูมิประเทศ

แผนที่ภูมิประเทศ (Topographic Map) คือแผนที่ซึ่งแสดงลักษณะที่ตั้งต่างๆ ทั้งทางราบและทางตั้งเครื่องหมายแผนที่สำหรับการจัดทำแผนที่ที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากสำหรับการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำ การจัดทำแผนที่ต้องทำควบคู่กับการสำรวจสถานที่จริงเพื่อระบุตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ตำแหน่งของฝาย เส้นทางเดินท่อ หรือตำแหน่งที่ตั้งของบ่อตกตะกอน เป็นต้น

### 3.1 การอ่านแผนที่

ก่อนการอ่านแผนที่ ควรทำความเข้าใจเรื่องเครื่องหมายบนแผนที่เสียก่อน และนอกจากใช้เครื่องหมายของแผนที่เขียนแทนแล้วยังใช้สีประกอบในการเขียนเครื่องหมายแทนอีกด้วย โดยแต่ละสีแสดงถึงแต่ละประเภทของลักษณะภูมิประเทศ ดังต่อไปนี้

- สีดำ หมายถึง ลักษณะภูมิประเทศที่สำคัญทางวัฒนธรรมหรือสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น
- สีน้ำเงิน หมายถึง ลักษณะภูมิประเทศที่เป็นน้ำ เช่น ทะเลสาบ แม่น้ำ และหนอง บึง เป็นต้น
- สีเขียว หมายถึง พืชพันธุ์ไม้ต่างๆ เช่น ป่า สวน ไร่ เป็นต้น
- สีน้ำตาล หมายถึง ลักษณะภูมิประเทศที่มีความสูงโดยทั่วไป เช่น เส้นชั้นความสูง เป็นต้น
- สีแดง หมายถึง ถนนสายหลัก พื้นที่ย่านชุมชนหนาแน่นและลักษณะภูมิประเทศพิเศษต่างๆ
- บางครั้งอาจจะใช้สีอื่นๆ เพื่อแสดงรายละเอียดต่างๆ ก็ได้ตามหลักแล้วการใช้สีอื่นๆ นี้จะต้องแสดงไว้ให้ทราบที่รายละเอียดขอบระวางด้วย

สำหรับรายละเอียดขอบระวางของแผนที่ มีรายละเอียดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ คือ

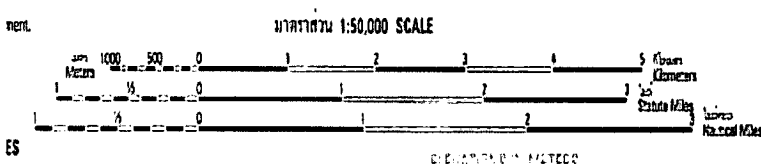
- 1) ชื่อแผ่นระวาง (Sheet Name) ตามปกติแล้ว จะตั้งชื่อตามลักษณะเด่นของรายละเอียดในแผ่นระวางทางวัฒนธรรม ซึ่งเกิดจากฝีมือของมนุษย์ เช่น ชื่อหมู่บ้าน ตำบล อำเภอ จังหวัด ฯลฯ หรือลักษณะเด่นทางภูมิศาสตร์ เช่น ชื่อภูเขา แม่น้ำ หนอง บึง ฯลฯ
- 2) หมายเลขแผ่นระวาง (Sheet Number) ใช้เป็นหมายเลขอ้างอิงที่กำหนดให้กับแผนที่แต่ละระวาง หมายเลข แผ่นระวางนี้จะถูกกำหนดขึ้นเป็นตารางแบบระบบตารางพิกัดตามความต้องการของผู้ผลิต

## ระวาง SHEET 4625 II

### รูปที่ 3-1 ตัวอย่างหมายเลขแผ่นระวาง

- 3) ชื่อชุดและมาตราส่วน (Series name and Scale) ชื่อชุดของแผนที่จะปรากฏอยู่ที่ขอบระวางด้านซ้ายตอนบนตามปกติแล้วชุดต่างๆ ของแผนที่จะประกอบด้วยแผนที่อย่างเดียวกันพวกหนึ่งที่มีมาตราส่วนเดียวกัน สำหรับมาตราส่วนของแผนที่นั้น จะปรากฏอยู่ทั้งที่ขอบระวางด้านซ้ายตอนบน และตรงกึ่งกลางของขอบระวางตอนล่าง ตามปกติแล้วการเลือกมาตราส่วนย่อมขึ้นอยู่กับความมุ่งหมายที่ตั้งใจว่าจะนำแผนที่ชุดนั้นไปใช้เพื่อการใด

- 4) มาตราส่วนเส้นบรรทัด (Bar Scales) ปรากฏอยู่ที่กึ่งกลางของขอบระวางตอนล่างเพื่อใช้ในการพิจารณาหาระยะบนพื้นดิน แผนที่เป็นส่วนมากจะมีมาตราส่วนเส้นบรรทัดตั้งแต่ 3 บรรทัดขึ้นไป ซึ่งแต่ละบรรทัดจะแสดงมาตราวัดระยะที่แตกต่างกัน เช่น ไมล์ เมตร หลา เป็นต้น

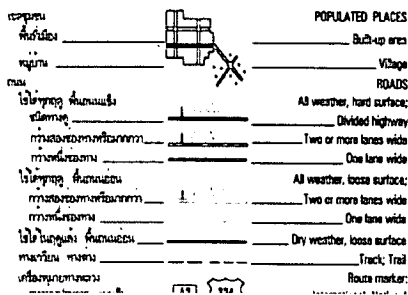


### รูปที่ 3-2 ตัวอย่างมาตราส่วนแผนที่

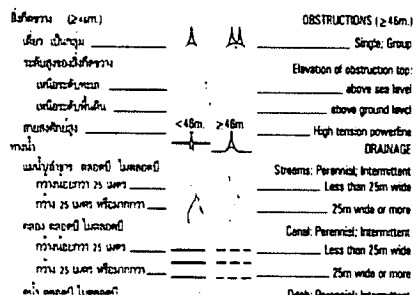
5) สารบัญแสดงแนวแบ่งเขตการปกครอง (Boundaries) ปรากฏอยู่ที่ตอนล่างของขอบระวางด้านขวา แผนผังนี้เป็นรูปแสดงให้ทราบถึงเขตการปกครองในแผนที่ซึ่งตรงกับในภูมิประเทศ เช่นเขตจังหวัด อำเภอ ประโยชน์ คือ ช่วยให้ง่ายต่อการพิจารณาหาแนวปกครองในแผนที่

6) คำอธิบายสัญลักษณ์ (Legend) ปรากฏอยู่ที่ขอบระวางด้านล่างทางซ้าย  
สัญลักษณ์หรือเครื่องหมายแผนที่จะแสดงไว้ด้วยภาพ สี และเส้นต่างๆ โดยอธิบาย  
ให้ทราบว่าสิ่งที่เป็นจริงในภูมิประเทศคืออะไร

### คำอธิบายสัญลักษณ์



### LEGEND



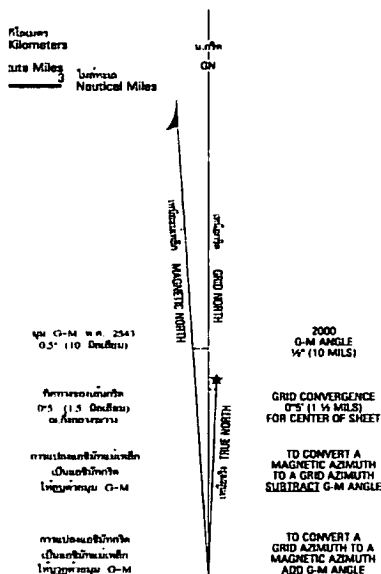
รูปที่ 3-3 ตัวอย่างคำอธิบายสัญลักษณ์บนแผนที่

7) หมายเลขสิ่งอุปกรณ์ ( Stock No.) ปรากฏอยู่ที่ขอบประวางตอนล่างสุดทางด้านขวาหมายเลขสิ่งอุปกรณ์จะเป็นเครื่องบอกให้ทราบถึงชนิดของแผนที่ต่าง ๆ ใช้เพื่อความมุ่งหมายในการเบิกแผนที่เท่านั้น

8) ทิศประกอบด้วย

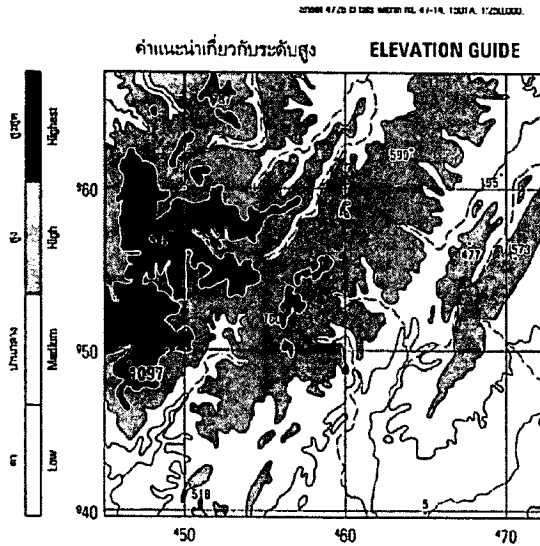
- ทิศเหนือจริง (True North) คือแนวจากตำแหน่งใดๆ บนพื้นโลก ที่ชี้ไปยังขั้วโลกเหนือเส้นลองจิจูดทุกเส้นชี้ ไปในทิศทางของทิศเหนือจริง ใช้สัญลักษณ์ คือ ดาว
- ทิศเหนือกริด (Grid North) คือแนวตรงตามเส้นตารางทางตั้งของระบบเส้นตารางในแผนที่ ใช้สัญลักษณ์ คือ กริด หรือ GN

- ทิศเหนือแม่เหล็ก ( Magnetic North) คือแนวทิศเหนือที่กำหนดขึ้นโดยใช้เข็มทิศแม่เหล็ก ใช้สัญลักษณ์ คือ ครึ่งลูกศร



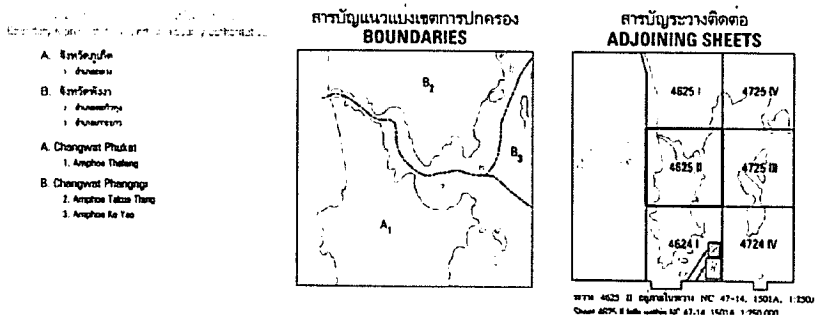
รูปที่ 3-4 ลักษณะทิศบนแผนที่

9) คำแนะนำเกี่ยวกับระดับความสูง (Elevation Guide) แสดงระดับความสูงของพื้นที่ต่างๆในแผนที่ระวางนั้นโดยประมาณ โดยใช้ความแตกต่างความเข้มของสี เพื่อให้เห็นได้ง่ายว่าบริเวณใดมีความสูงที่สุด สูง ปานกลาง และต่ำ จากระดับน้ำทะเลมากหรือน้อย



รูปที่ 3-5 ลักษณะสีแบ่งแยกความสูงของพื้นที่

10) สารบัญระวางติดต่อ เป็นกรอบตารางสี่เหลี่ยมพร้อมทั้งหมายเลขกำกับ เพื่อแสดงให้เห็นทราบถึงหมายเลขแผ่นระวางที่ติดต่อกับแผนที่ระวางนั้น เพื่อความสะดวกในการค้นหาระวางแผนที่ใกล้เคียงสารบัญแสดงแนวแบ่งเขตการปกครอง เป็นแผนผังแสดงการปกครองของประเทศ จังหวัด อำเภอ กิ่งอำเภอ



รูปที่ 3-6 ตัวอย่างสารบัญระวางติดต่อ

11) ศัพท์านุกรม บอกให้ทราบว่าแผนที่นี้ ได้จัดทำขึ้น 2 ภาษา คือ ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ คำบางคำจำเป็นต้องให้ทับศัพท์ ดังนั้นเพื่อให้ผู้ใช้ได้ทราบความหมายของคำทับศัพท์นั้น จึงได้ให้ความหมายไว้ด้วย

| ศัพท์านุกรม    | GLOSSARY                             |
|----------------|--------------------------------------|
| Amphoe .....   | second-order administrative division |
| Ao .....       | bay                                  |
| Ban .....      | village                              |
| Changwat ..... | first-order administrative division  |
| Chong .....    | bay, channel                         |
| Hat .....      | beach                                |
| Hgt unk .....  | height unknown                       |
| Hin .....      | rock                                 |
| Khao .....     | mountain                             |
| Khlong .....   | canal, ditch, stream                 |
| Khuan .....    | mountain                             |
| Ko .....       | island, islet                        |
| Laem .....     | point                                |
| Phru .....     | pond                                 |
| Thale .....    | sea                                  |

### รูปที่ 3-7 ตัวอย่างศัพท์านุกรม

12) คำแนะนำในการใช้ค่ากริด เป็นคำแนะนำในการหาพิกัดกริดของจุดต่างๆ ในแผนที่เป็นระบบที่สร้างขึ้นสำหรับใช้อ้างอิงในการกำหนดตำแหน่ง หรือบอกตำแหน่งพื้นโลก จากแผนที่มีลักษณะเป็นตารางโครงข่ายที่เกิดจากตัดกันของเส้นตรงสองชุดที่ถูกกำหนดให้วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ แนวตะวันออก- ตะวันตก ตามแนวของจุดศูนย์กำเนิด (Origin) ที่กำหนดขึ้น

ระบบพิกัดที่นิยมใช้กับแผนที่ในปัจจุบัน มีอยู่ด้วยกัน 2 ระบบ คือ

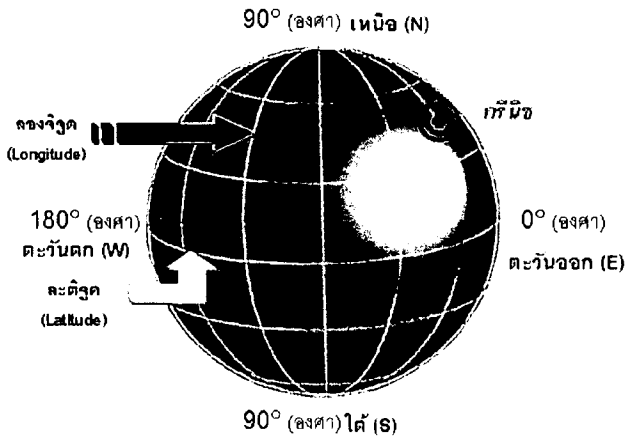
- 1) ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate System)
- 2) ระบบพิกัดกริดแบบ UTM (Universal Transverse Mercator co-ordinate System) เป็นระบบพิกัดที่กำหนดตำแหน่งต่างๆ บนพื้นโลกด้วยวิธีการอ้างอิง

บอกตำแหน่งเป็นค่าระยะเชิงมุมของละติจูด (Latitude) และลองจิจูด (Longitude)

- ละติจูด คือระยะทางเป็นมุมที่วัดไปทางเหนือและใต้ของเส้นศูนย์สูตรนับจาก 0 องศา ไปทางเหนือ 90 องศา และทางใต้ 90 องศา
- ลองจิจูด คือ ระยะทางเป็นมุมที่วัดจากเส้นเมริเดียนปฐมูมิวัดไปทางตะวันออก 180 ตะวันออก และทางตะวันตก 180 องศาตะวันตก

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>ตัวอย่างจุด 1,000 ม</p> <p>SAMPLE 1,000 METER GRID SQUARE</p>  <p>จุดตัวอย่าง<br/>SAMPLE POINT</p> <p>12 13</p> <hr/> <p>ตัวอย่างจุด 100,000 ม</p> <p>100,000 M. SQUARE IDENTIFICATION</p> <p><math>\frac{MX}{MJ}</math> 100</p> <hr/> <p>เขตภัยประจําเขตกริด</p> <p>GRID ZONE DESIGNATION</p> <p>47P</p> | <p>วิธีอ่านคือ ไล่จากซ้ายถึง 100 ม.</p> <p>1. อ่านตัวเลขระบุตำแหน่งที่ตั้งในทางตั้ง ของจุดและประมาณระยะ 100 เมตรจากแนวเส้นศูนย์สูตรในแถว P- 45</p> <p>2. อ่านตัวเลขระบุตำแหน่งที่ตั้งของจุดในแนวนอน และประมาณระยะ 100 เมตรจากแนวเส้นเมริเดียนในแถว R- 12</p> <p>ตัวอย่าง 123456</p> <hr/> <p>เมื่อรายงานผ่านจอคอมพิวเตอร์ 100,000 เมตร ให้ใช้ตัวเลขระบุจุด 100,000 เมตร จุดนั้นด้วย</p> <p>ตัวอย่าง MK123456</p> <hr/> <p>เมื่อรายงานผ่านจอคอมพิวเตอร์ในจอ หรือจอ</p> <p>ตัวอย่าง : 47PMK123456</p> | <p>100 METER REFERENCE</p> <p>1. Read large numbers labeling the VERTICAL grid line left of point and estimate tenths (100 meters) from grid line to point: 123</p> <p>2. Read large numbers labeling the HORIZONTAL grid line below point and estimate tenths (100 meters) from grid line to point: 456</p> <p>Example: 123456</p> <hr/> <p>WHEN REPORTING ACROSS A 100,000 METER LINE, PREFIX THE 100,000 METER SQUARE IDENTIFICATION IN WHICH THE POINT LIES.</p> <p>Example: MX123456</p> <hr/> <p>WHEN REPORTING OUTSIDE THE GRID ZONE DESIGNATION AREA, PREFIX THE GRID ZONE DESIGNATION.</p> <p>Example: 47PMK123456</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

รูปที่ 3-8 ตัวอย่างคำแนะนำการใช้ค่ากริด



รูปที่ 3-9 แสดงเส้นลองจิจูดและละติจูด

อ่านค่าของละติจูดและลองจิจูดตัดกัน ทั้ง 2 แกน มีหน่วยที่วัด เป็นองศาลิปดา  
ฟิลิปดา

หน่วยวัด: 1 องศา = 60 ลิปดา

1 ลิปดา = 60 ฟิลิปดา

ตัวอย่าง จุด A ค่าละติจูด ที่ 6 องศา 27 ลิปดา 30 พิลิปดา เหนือ

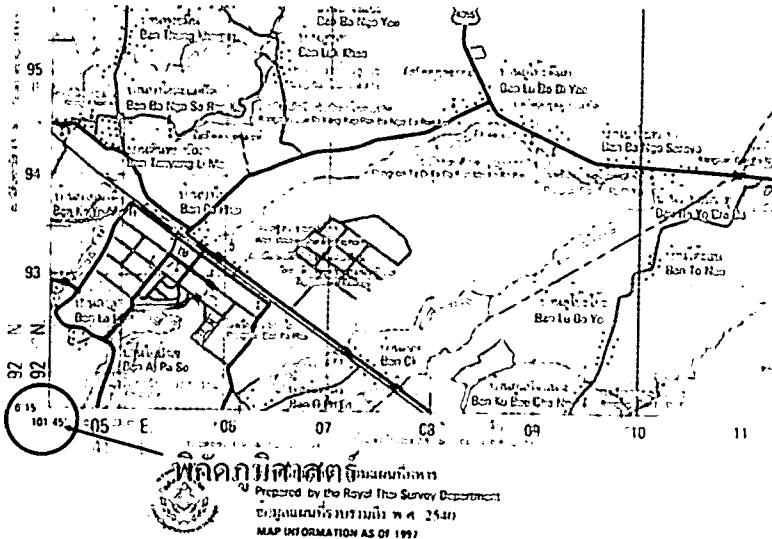
ลองจิจูด ที่ 100 องศา 15 ลิปดา 42 พิลิปดา ตะวันออก

หรืออ่านแบบครอบคลุมพื้นที่ เช่น ที่ตั้งประเทศไทย

ค่าละติจูด 5 องศา 22 ลิปดา เหนือ ถึง ค่าละติจูด 20 องศา 27 ลิปดา เหนือ

ค่าลองจิจูด 97 องศา 11 ลิปดา ตะวันออก ถึง ละติจูด 105 องศา 45 ลิปดา  
ตะวันออก

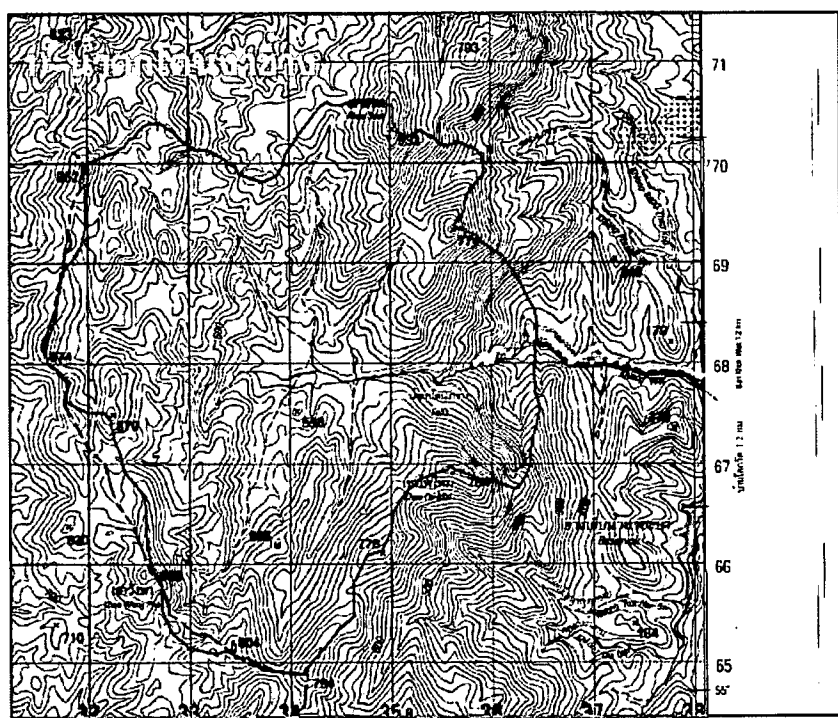
หมายเหตุ: 1 ลิปดา = 1.84 กม. 1 พิลิปดา = 30 เมตร



รูปที่ 3-10 ตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์

### 3.2 แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000

มาตราส่วนขนาดเล็ก เหมาะสำหรับการมองภาพรวมมุกกว้างของพื้นที่  
ดูเส้นทางการทอดยาวของสายน้ำ ประเมินศักยภาพน้ำ ลิงปลูกสร้างรอบๆพื้นที่และยัง  
รวมถึงเส้นทางการเดินทางไปยังพื้นที่สำรวจ

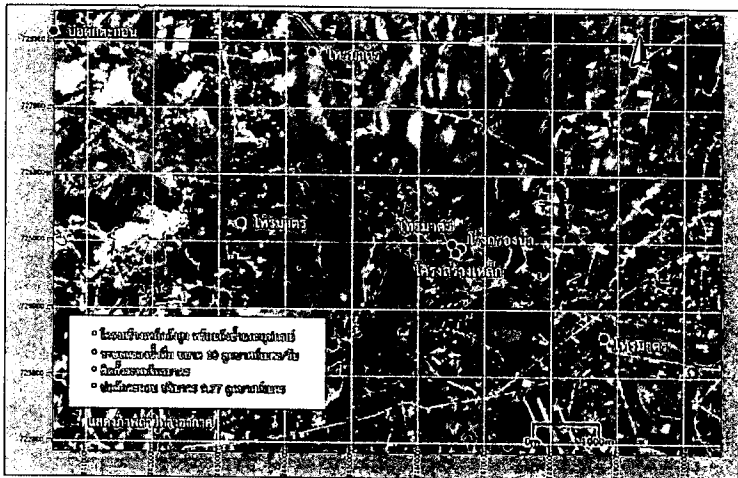


รูปที่ 3-11 ตัวอย่างแผนที่ภูมิประเทศขนาดมาตราส่วน 1: 50,000

พื้นที่น้ำตกโดนงาช้าง

### 3.3 แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศมาตราส่วน 1:4,000

มาตรฐานส่วนขนาดใหญ่ชนิด L7018 เหมาะสำหรับความจำเป็นทางยุทธวิธีทางเทคนิค อุตสาหกรรมของหน่วยต่างๆ ในสนาม การระบุตำแหน่งที่ตั้งของอุปกรณ์ต่างๆ ในเชิงรายละเอียด เช่นตำแหน่งที่ตั้งฝ่าย แนวทางการวางท่อ ที่ตั้งโรงไฟฟ้า เป็นต้น ตามเกณฑ์ความเหมาะสมกับลักษณะภูมิศาสตร์



รูปที่ 3-12 ตัวอย่างแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศขนาดมาตราส่วน 1:4,000

พื้นที่ชุมชนบ้านควน ต.พร่อน อ.เมือง จ.ยะลา

### 3.4 การจัดทำแผนที่

แหล่งค้นหาข้อมูลด้านแผนที่มีหลากหลายแหล่ง ในคู่มือฉบับนี้ขอยกตัวอย่างแหล่งค้นหาแผนที่ 3 แหล่งหลักๆ ดังนี้

- แผนที่ขนาด 1:50,000 หาได้จากกรมแผนที่ทหาร
- แผนที่ดูแนวร่องน้ำเบื้องต้นสามารถสืบค้นได้จาก Google Earth
- แผนที่แสดงรายละเอียดระบุตำแหน่งอุปกรณ์ของโรงไฟฟ้าได้มาจากการสำรวจพื้นที่ โดยตรง

## การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

การสำรวจข้อมูลภาคสนาม (Field Survey) เป็นภารกิจที่สำคัญมากสำหรับการออกแบบโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ผลการสำรวจที่มีความละเอียดถูกต้อง ครบถ้วน และแม่นยำ ช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถกำหนด “ผังแม่บท” ได้ดีขึ้น กล่าวคือ

- 1) จะทำให้โครงการมีประสิทธิภาพ (Efficiency) ในการผลิตไฟฟ้าสูง
- 2) การก่อสร้าง (Construction) สามารถทำได้ง่ายและรวดเร็ว
- 3) โครงสร้าง (Structures) มีความแข็งแรง มั่นคง และปลอดภัย
- 4) ประหยัดงบประมาณ (Cost) ในการก่อสร้าง
- 5) ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environment Impact) น้อยลง
- 6) สามารถบริหารจัดการ (Management) ได้ง่าย

ข้อมูลภาคสนามที่มีความจำเป็นในการออกแบบโรงไฟฟ้าพลังน้ำเบื้องต้น ประกอบด้วย 2 ปัจจัยหลัก คือ

- 1) การสำรวจภูมิประเทศ (Topographic Survey)
- 2) การตรวจวัดการไหล (Flow Measurement)

อนึ่ง ในการฝึกอบรมนี้ มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้ผู้เข้าร่วม ได้เกิดมโนทัศน์เบื้องต้น ถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบโรงไฟฟ้าพลังน้ำเท่านั้น เนื่องจากผู้เข้าร่วมมีความหลากหลายทางด้านพื้นฐานความรู้และทักษะวิชาชีพในหลักสูตรนี้จึงเลือกใช้ตั้งแต่อุปกรณ์ตรวจวัดที่มีขายทั่วไปมีความถูกต้อง แม่นยำ และละเอียดอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เช่น สายยาง ตลับเมตร ไม้ระดับ พุนลอยจนถึงอุปกรณ์ตรวจวัดที่มี

ความทันสมัยที่จะทำให้การสำรวจสะดวกขึ้น ซึ่งพอที่จะหาซื้อได้ตามห้างร้าน เช่น อุปกรณ์จีพีเอส (GPS) มาตรฐานความดัน ใบพัดวัดความเร็ว เป็นต้น แต่จะไม่กล่าวถึงการใช้อุปกรณ์สำรวจชั้นสูง ที่มีราคาสูงมาก ต้องใช้ทักษะความชำนาญเฉพาะทาง มีกระบวนการคิดคำนวณและประมวลผลที่สลับซับซ้อนแม้อุปกรณ์เหล่านี้จะให้ความละเอียดและถูกต้องสูงมาก

#### 4.1 การวางแผนการสำรวจ

##### ขั้นตอนในการวางแผนการสำรวจข้อมูล ประกอบด้วย

ขั้นตอนที่ 1 การจัดเตรียมแผนที่ (Map) แผนที่ที่ใช้ในการสำรวจประกอบด้วย

- แผนที่ 1:50,000 (Topographic Map) ของกรมแผนที่ทหาร
- ภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial Photograph) จาก Google Earth
- แผนที่เส้นชั้นความสูง (Contour Map) จากแหล่งที่พอจะหาได้
- แผนที่อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนที่ 2 การเดินสำรวจเบื้องต้น (Preliminary Survey)

- สังเกต “สภาพทั่วไป” ของพื้นที่ เช่น สภาพป่าไม้ การใช้ที่ดิน สภาพทางธรณี สภาพร่องน้ำ ตั้งแต่จุดล่างสุดที่จะก่อสร้างอาคารโรงไฟฟ้า แนวท่อส่งน้ำ จุดก่อสร้างบ่อดักตะกอน แนวท่อผันน้ำ ถึงจุดสูงสุดที่จะทำการก่อสร้างฝายทดน้ำ เพื่อให้การออกแบบได้เกิดคุณประโยชน์สูงสุด รวมถึงการกำหนดจุดที่เป็นสถานีตรวจวัดปริมาณการไหล (Flow Station)
- สำรวจหาจุดที่มีความเป็นไปได้ต่อ “วางผังแม่บทโครงการ” โดยจะต้องค้นหาตำแหน่งที่มีความเป็นไปได้ต่อการก่อสร้างอาคารโรงไฟฟ้า แนวท่อส่งน้ำ จุดก่อสร้างบ่อดักตะกอน แนวท่อผันน้ำ และฝายทดน้ำ ทั้งนี้ควรเสนอเป็น “ทางเลือก” ที่มีความเป็นไปได้ เช่น ตำแหน่งที่มีความเป็นไปได้สำหรับการ

ก่อสร้างฝาย อาจมีมากถึง 3 จุด (หรือ 3 ทางเลือก) จากนั้นจะนำมาพิจารณาอีกที่ว่า ตำแหน่งใดที่มีความเหมาะสมมากที่สุด หรือจุดที่มีความเป็นไปได้ต่อการก่อสร้างอาคารโรงไฟฟ้าอาจมี 2 พื้นที่ (หรือ 2 ทางเลือก) จากนั้นจะทำการเปรียบเทียบข้อดี-ข้อด้อยของแต่ละพื้นที่ ว่าทางเลือกใดที่มีความเหมาะสมมากที่สุด

### ขั้นตอนที่ 3 การสำรวจระดับ (Profiling)

งานสำรวจระดับ ประกอบด้วย การสำรวจค่าระดับสูง-ต่ำของพื้นที่ตลอดแนวพื้นที่โครงการ ตั้งแต่จุดสูงสุด คือฝายท่อน้ำ ผ่านแนวท่อผันน้ำ บ่อดักตะกอน แนวท่อน้ำ ลงมายังจุดต่ำสุด คืออาคารโรงไฟฟ้า สำหรับการออกแบบเบื้องต้นโดยชุมชน การสำรวจแบ่งเป็น 3 แบบ คือ

วิธีที่ 1 การวัดค่าความสูงน้ำโดยใช้ท่อยาง

วิธีที่ 2 การวัดความสูงน้ำโดยใช้มาตรวัดความดัน

วิธีที่ 3 การใช้เครื่องวัดความสูงวัด GPS

### ขั้นตอนที่ 4 การตรวจวัดการไหล (Flow Measurement)

การตรวจวัดการไหล (Discharge) เป็นตรวจสอบปริมาณน้ำท่า (Runoff) ที่ไหลในลำธารในช่วงเวลาต่างๆ ที่ผู้ออกแบบให้ความสำคัญ เช่น ช่วงน้ำหลาก ช่วงหน้าฝน ช่วงหน้าแล้ง และช่วงการเปลี่ยนแปลงฤดูกาล ข้อมูลปริมาณการไหลในช่วงเวลาต่างๆ จะช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถกำหนด ปริมาณน้ำที่จะไหลเข้าสู่ระบบการผลิตไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม กล่าวคือ โรงไฟฟ้ามีการผลิตได้เต็มที่ โดยที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม การตรวจวัดการไหลแบ่งเป็น 4 แบบ คือ

วิธีที่ 1 ตรวจวัดการไหลโดยใช้ถังน้ำ

วิธีที่ 2 การตรวจวัดอัตราการไหลด้วยทุ่นลอย

วิธีที่ 3 การตรวจวัดด้วยใบพัด

วิธีที่ 4 การตรวจวัดด้วยฝาย

## 4.2 การสำรวจระดับ (Profiling)

การสำรวจค่าระดับบริเวณพื้นที่โครงการตั้งแต่จุดสูงสุด คือฝายท่อน้ำ ผ่านแนวท่อผันน้ำ บ่อดักตะกอน แนวท่อส่งน้ำ ลงมายังจุดต่ำสุด คืออาคารโรงไฟฟ้า สำหรับการออกแบบเบื้องต้นโดยชุมชน การสำรวจแบ่งเป็น 3 แบบ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

### 4.2.1 การวัดระดับโดยใช้ท่อยาง

เป็นวิธีการวัดความสูงน้ำที่มีค่าใช้จ่ายต่ำ อาจใช้อุปกรณ์ที่หาได้ทั่วไป เช่น ท่อยาง ไซขนาด ¼ นิ้ว ยาวประมาณ 20 เมตร

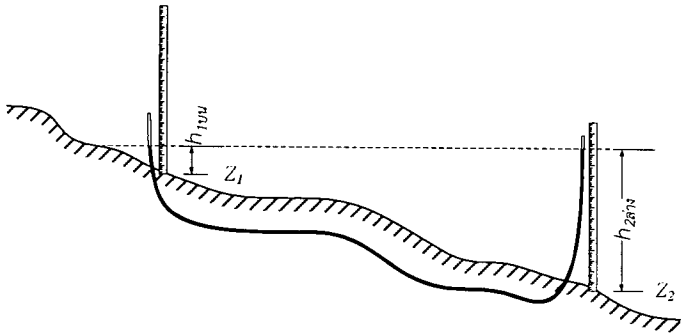
ขั้นตอนการวัด

1. ใส่ น้ำให้เต็มท่อยาง ไล่ฟองอากาศออกให้หมด
2. กำหนดระดับสมมุติ (รสม.) จากฝาย เช่น  $Z_1 = 200.0$  เมตร
3. เริ่มต้นค่าระดับจากฝาย กำหนดให้เป็นจุดที่ 1 ถ่ายค่าระดับโดยให้ผู้วัดคนที่ 1 จับที่ปลายท่อยางที่ฝาย ผู้วัดคนที่ 2 ดึงปลายท่อยางอีกด้านมายังจุดที่ 2 ซึ่งต้องการหาค่าระดับ
4. รอให้ระดับน้ำ “นิ่ง” แล้วผู้วัดทั้ง 2 คน อ่านและบันทึกค่าระดับน้ำจากไม้ระดับจุดที่ 1 ( $h_{1un}$ ) และไม้ระดับจุดที่ 2 ( $h_{2sag}$ ) จากนั้นใช้สายวัดวัดระยะจากจุดที่ 1 มายังจุดที่ 2 กำหนดให้เป็นค่า  $L_{12}$  ดังรูปที่ 4-1

5. คำนวณหาค่าระดับ ณ จุดที่ 2 ( $Z_2$ ) ได้จาก

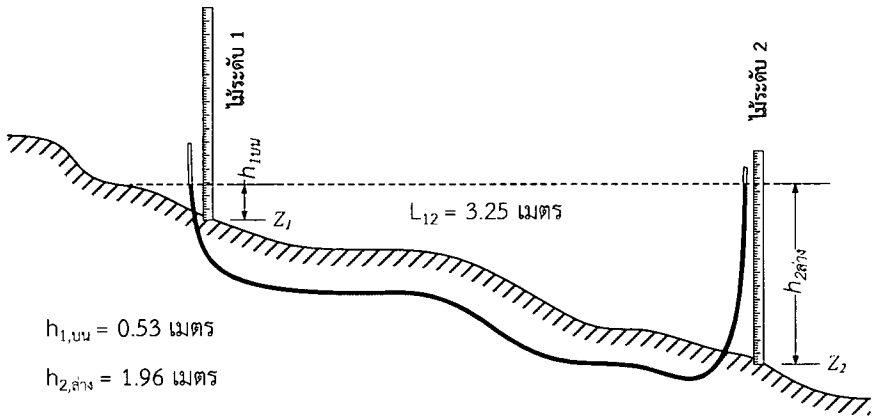
$$Z_2 = Z_1 + h_{\text{บน}} - h_{\text{ล่าง}}$$

6. จากนั้นให้ผู้วัดที่ 1 เดินลงไปยังจุดที่ 3 ถ่ายค่าระดับจากจุดที่ 2 ลงไปยังจุด 3  
อื่นๆ ทำการคำนวณค่าระดับ  $Z_3$  ควบคู่กับการวัดระยะจากจุดที่ 2 มายังจุด 3  
กำหนดให้เป็นค่า  $L_{23}$
7. ให้ถ่ายค่าระดับลงมาเป็นช่วงๆ จนกระทั่งถึงตำแหน่งอาคารโรงฟ้า



รูปที่ 4-1 การใช้ท่อนยางในการสำรวจระดับ

ตัวอย่าง 4.1 การสำรวจค่าระดับโดยใช้ท่อยาง ถ้ากำหนดค่า  $Z_1 = 300.0$  ม. รสม. ผู้วัดคนที่ 1 อ่านค่าจากไม้ระดับได้ 0.53 เมตร คนที่ 2 อ่านค่าได้ 1.96 เมตร วัดระยะ  $L_{12}$  ได้ 6.37 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 4-2 จงคำนวณหาค่า  $Z_2$



รูปที่ 4-2 ตัวอย่างการใช้ท่อยางในการสำรวจระดับ

วิธีการ คำนวณระดับความสูง  $Z_2 = Z_1 + h_{1บน} - h_{2ล่าง}$

$$Z_2 = 300 + 0.53 - 1.96$$

$$= 298.57 \text{ เมตร}$$

$$\text{ระยะทางระหว่างจุด } L_{12} = 3.25 \text{ เมตร}$$

ตัวอย่าง 4.2 การสำรวจค่าระดับโดยใช้ท่อยาง ถ้ากำหนดค่า  $Z_1 = 200.0$  ม. รสม. ผู้วัดคนที่ 1 และคนที่ 2 ได้บันทึกข้อมูลภาคสนามดังแสดงในตาราง จงคำนวณ ค่าระดับพื้นตั้งแต่จุดที่ 2 ถึงจุดที่ 16

| การสำรวจ    | จุดบน     |                     | จุดล่าง   |                     | ระยะทาง<br>(ม.) |
|-------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-----------------|
|             | จากจุด    | ค่าไม้ระดับ<br>(ม.) | ไปยังจุด  | ค่าไม้ระดับ<br>(ม.) |                 |
| ครั้งที่ 1  | ฝาย       | 0.38                | จุดที่ 2  | 1.72                | 5.15            |
| ครั้งที่ 2  | จุดที่ 2  | 0.34                | จุดที่ 3  | 1.25                | 3.10            |
| ครั้งที่ 3  | จุดที่ 3  | 0.35                | จุดที่ 4  | 1.43                | 3.77            |
| ครั้งที่ 4  | จุดที่ 4  | 0.32                | จุดที่ 5  | 1.76                | 5.71            |
| ครั้งที่ 5  | จุดที่ 5  | 0.28                | จุดที่ 6  | 1.60                | 8.58            |
| ครั้งที่ 6  | จุดที่ 6  | 0.36                | จุดที่ 7  | 1.46                | 2.91            |
| ครั้งที่ 7  | จุดที่ 7  | 0.30                | จุดที่ 8  | 1.67                | 3.92            |
| ครั้งที่ 8  | จุดที่ 8  | 0.20                | จุดที่ 9  | 1.80                | 5.73            |
| ครั้งที่ 9  | จุดที่ 9  | 0.38                | จุดที่ 10 | 1.42                | 3.35            |
| ครั้งที่ 10 | จุดที่ 10 | 0.33                | จุดที่ 11 | 1.41                | 2.85            |
| ครั้งที่ 11 | จุดที่ 11 | 0.40                | จุดที่ 12 | 1.55                | 5.92            |
| ครั้งที่ 12 | จุดที่ 12 | 0.30                | จุดที่ 13 | 1.35                | 3.89            |
| ครั้งที่ 13 | จุดที่ 13 | 0.39                | จุดที่ 14 | 1.86                | 6.91            |
| ครั้งที่ 14 | จุดที่ 14 | 0.27                | จุดที่ 15 | 1.28                | 4.23            |
| ครั้งที่ 15 | จุดที่ 15 | 0.39                | จุดที่ 16 | 1.41                | 5.98            |
| ครั้งที่ 16 | จุดที่ 16 | 0.27                | โรงไฟฟ้า  | 1.52                | 4.61            |
| สิ้นสุด     | โรงไฟฟ้า  |                     |           |                     |                 |

#### 8 บทที่ 4 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

การคำนวณ ค่าระดับจุดที่ 2 ( $Z_2$ ) คำนวณได้จาก

$$\begin{aligned} Z_2 &= Z_1 + h_{1\text{บน}} - h_{2\text{ล่าง}} \\ &= 200.00 + 0.38 - 1.72 \\ &= 198.66 \text{ ม.รสม.} \end{aligned}$$

ค่าระดับจุดที่ 3 ( $Z_3$ ) คำนวณได้จาก

$$\begin{aligned} Z_3 &= Z_2 + h_{2\text{บน}} - h_{3\text{ล่าง}} \\ &= 198.66 + 0.34 - 1.25 \\ &= 197.75 \text{ ม.รสม.} \end{aligned}$$

จนกระทั่งถึงอาคารโรงไฟฟ้าได้  $182.02 + 0.27 - 1.52 = 180.77$  ม.รสม.

สรุปผลการคำนวณได้ดังตาราง

| การสำรวจ                              | จุดบน     |                     | จุดล่าง   |                     | ระยะทาง<br>(ม.) | จุดสำรวจ      | ค่าระดับ |
|---------------------------------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-----------------|---------------|----------|
|                                       | จากจุด    | ค่าไม้ระดับ<br>(ม.) | ไปยังจุด  | ค่าไม้ระดับ<br>(ม.) |                 |               |          |
| ครั้งที่ 1                            | ฝ่าย      | 0.38                | จุดที่ 2  | 1.72                | 5.15            | ระดับฝ่าย     | 200.00   |
| ครั้งที่ 2                            | จุดที่ 2  | 0.34                | จุดที่ 3  | 1.25                | 3.10            | ค่าระดับ Z2   | 198.66   |
| ครั้งที่ 3                            | จุดที่ 3  | 0.35                | จุดที่ 4  | 1.43                | 3.77            | ค่าระดับ Z3   | 197.75   |
| ครั้งที่ 4                            | จุดที่ 4  | 0.32                | จุดที่ 5  | 1.76                | 5.71            | ค่าระดับ Z4   | 196.67   |
| ครั้งที่ 5                            | จุดที่ 5  | 0.28                | จุดที่ 6  | 1.60                | 8.58            | ค่าระดับ Z5   | 195.23   |
| ครั้งที่ 6                            | จุดที่ 6  | 0.36                | จุดที่ 7  | 1.46                | 2.91            | ค่าระดับ Z6   | 193.91   |
| ครั้งที่ 7                            | จุดที่ 7  | 0.30                | จุดที่ 8  | 1.67                | 3.92            | ค่าระดับ Z7   | 192.81   |
| ครั้งที่ 8                            | จุดที่ 8  | 0.20                | จุดที่ 9  | 1.80                | 5.73            | ค่าระดับ Z8   | 191.44   |
| ครั้งที่ 9                            | จุดที่ 9  | 0.38                | จุดที่ 10 | 1.42                | 3.35            | ค่าระดับ Z9   | 189.84   |
| ครั้งที่ 10                           | จุดที่ 10 | 0.33                | จุดที่ 11 | 1.41                | 2.85            | ค่าระดับ Z10  | 188.80   |
| ครั้งที่ 11                           | จุดที่ 11 | 0.40                | จุดที่ 12 | 1.55                | 5.92            | ค่าระดับ Z11  | 187.72   |
| ครั้งที่ 12                           | จุดที่ 12 | 0.30                | จุดที่ 13 | 1.35                | 3.89            | ค่าระดับ Z12  | 186.57   |
| ครั้งที่ 13                           | จุดที่ 13 | 0.39                | จุดที่ 14 | 1.86                | 6.91            | ค่าระดับ Z13  | 185.52   |
| ครั้งที่ 14                           | จุดที่ 14 | 0.27                | จุดที่ 15 | 1.28                | 4.23            | ค่าระดับ Z14  | 184.05   |
| ครั้งที่ 15                           | จุดที่ 15 | 0.39                | จุดที่ 16 | 1.41                | 5.98            | ค่าระดับ Z15  | 183.04   |
| ครั้งที่ 16                           | จุดที่ 16 | 0.27                | โรงไฟฟ้า  | 1.52                | 4.61            | ค่าระดับ Z16  | 182.02   |
| สิ้นสุด                               | โรงไฟฟ้า  |                     |           |                     |                 | อาคารโรงไฟฟ้า | 180.77   |
| ระยะทางรวมจากฝ่ายมายังอาคารโรงไฟฟ้า = |           |                     |           |                     | 76.61           | ศักย์น้ำ      | 19.23    |

#### 4.2.2 การคำนวณความสูงน้ำจากมาตรวัดความดัน

การสำรวจระดับความสูงโดยใช้มาตรวัดความดัน ดังแสดงในรูปที่ 4-3 สามารถทำได้โดยการใช้สายยางเปิดปลายด้านบน แล้วเชื่อมต่อกับมาตรวัดความดันที่ปลายอีกด้านหนึ่ง อ่านค่าความดันจากมาตรวัด แล้วนำมาคำนวณค่าความสูงได้จากความสัมพันธ์

$$h = \frac{P}{\gamma}$$

โดย  $h$  คือ ระดับความสูงที่ต้องการวัด (เมตร)

$P$  คือ ค่าความดันที่อ่านได้จากมาตรวัด (Pa, ปาสคาล)

$\gamma$  คือ หน่วยของน้ำหนักน้ำ ( $\text{N/m}^3$ , นิวตันต่อลูกบาศก์เมตร)

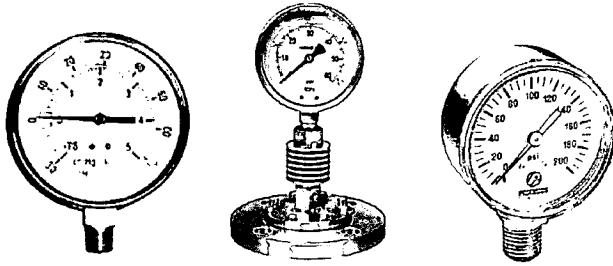
เท่ากับ  $9,779 \text{ N/m}^3$  ณ อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส

นิยมให้  $10,000 \text{ N/m}^3$

จากความสัมพันธ์ สามารถเขียนสูตรใหม่ได้ว่า

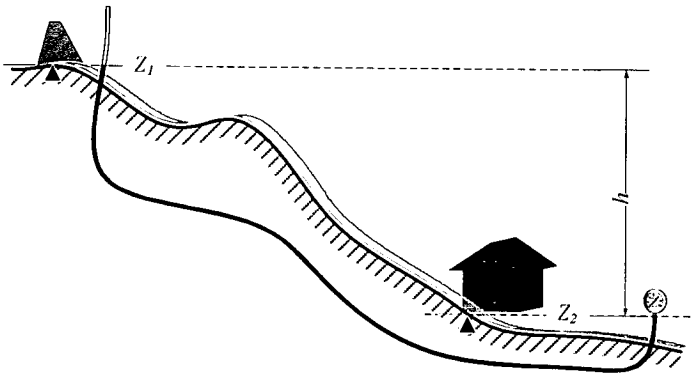
$$h = \frac{P}{10} \quad \text{เมื่อความดันที่อ่านได้เป็นหน่วยปาสคาล (Pa)}$$

$$h = 10P \quad \text{เมื่อความดันที่อ่านได้เป็นหน่วยบาร์ (Bar)}$$



รูปที่ 4-3 ตัวอย่างมาตรวัดความดัน

ตัวอย่าง 4.3 ใช้มาตรวัดความดันตรวจวัดค่าศักย์น้ำจากฝายทดน้ำมายังอาคารโรงไฟฟ้า ดังแสดงในรูป 4-4 ถ้าอ่านค่าความดันได้ 248 กิโลปาสกาล (2.48 บาร์) จงคำนวณหาระดับต่าง  $h$



รูปที่ 4-4 ตัวอย่างการใช้มาตรวัดความดันในการสำรวจระดับความสูง

การคำนวณ จากสมการ  $h = \frac{P}{\gamma}$

แทนค่า  $h = \frac{48,000}{9,779}$

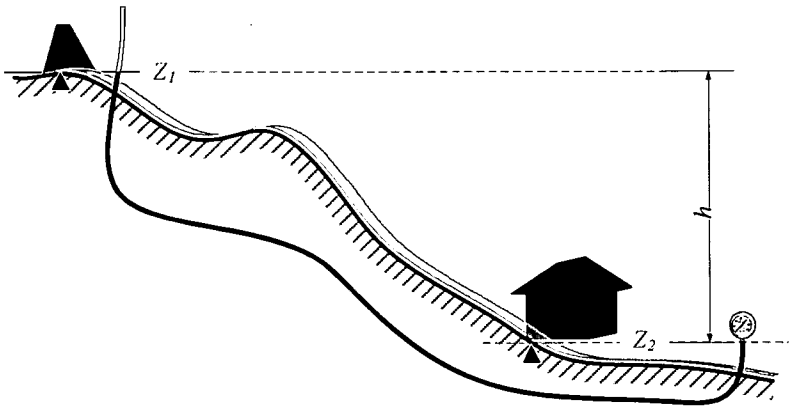
จะได้ค่าต่างระดับ  $h = 25.36$  เมตร

หรือถ้าจะคิดง่ายๆ ให้ประมาณ  $\gamma$  เท่ากับ  $10,000 \text{ N/m}^3$

แทนค่า  $h = \frac{48,000}{10,000}$

จะได้ค่าต่างระดับ  $h = 24.8$  เมตร

ตัวอย่าง 4.4 ใช้มาตรวัดความดันตรวจวัดค่าศักย์น้ำจากฝายทดน้ำมายังอาคารโรงไฟฟ้า  
ดังแสดงในรูป 4-5 ถ้าอ่านค่าความดันได้ 1.48 บาร์ (148 ปาสคาล)  
จงคำนวณหาระดับต่าง  $h$



รูปที่ 4-5 ตัวอย่างการใช้มาตรวัดความดันในการสำรวจระดับความสูง

การคำนวณ จากสมการ  $h = 10P$  เมื่อความดันที่อ่านได้เป็นหน่วยบาร์ (Bar)

$$= 10 \times 1.48$$

$$= 14.8 \text{ เมตร}$$

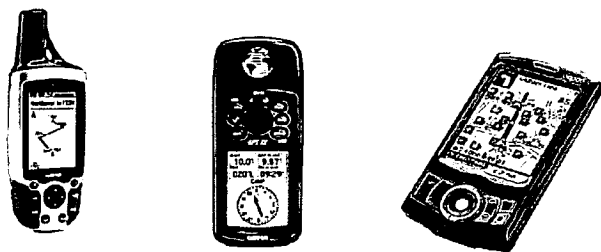
$$\text{หรือ } h = \frac{P}{10} \text{ เมื่อความดันที่อ่านได้เป็นหน่วยปาสคาล (Pa)}$$

$$= \frac{148}{10}$$

$$= 14.8 \text{ เมตร}$$

#### 4.2.3 การหาความสูงจากอุปกรณ์จีพีเอส

อุปกรณ์จีพีเอส (GPS) เป็นเครื่องมือหาพิกัดบนพื้นโลก โดยใช้ดาวเทียมที่โคจรอยู่รอบโลก ในปัจจุบันอุปกรณ์จีพีเอส สามารถจัดหาซื้อได้ในห้างสรรพสินค้า หรือสั่งซื้อได้จากตัวแทนจำหน่ายทั่วไป ตัวอย่างอุปกรณ์จีพีเอสแสดงดังรูปที่ 4-6 การสำรวจด้วยอุปกรณ์จีพีเอส เป็นวิธีการที่สะดวกที่สุด เครื่องวัดจะแสดงระดับความสูงที่หน้าจอ ไม่ต้องประมวลผลให้ยุ่งยาก โดยการคำนวณจากระดับความกดอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปแต่ละความสูง เพียงผู้วัดไปยืน ณ จุดที่ต้องการทราบค่าระดับความสูง อุปกรณ์จีพีเอสจะแสดงทั้งค่าพิกัดแนวราบ (E,N) และความสูง (Z) บนหน้าจอแสดงผล รูปที่ 4-7 แสดงการศึกษารูปวิธีการหาค่าความสูงจากการอ่านค่า GPS และรูปที่ 4-8 บรรยายภาคการอ่านค่าความสูงจาก GPS



รูปที่ 4-6 ตัวอย่างอุปกรณ์จีพีเอส

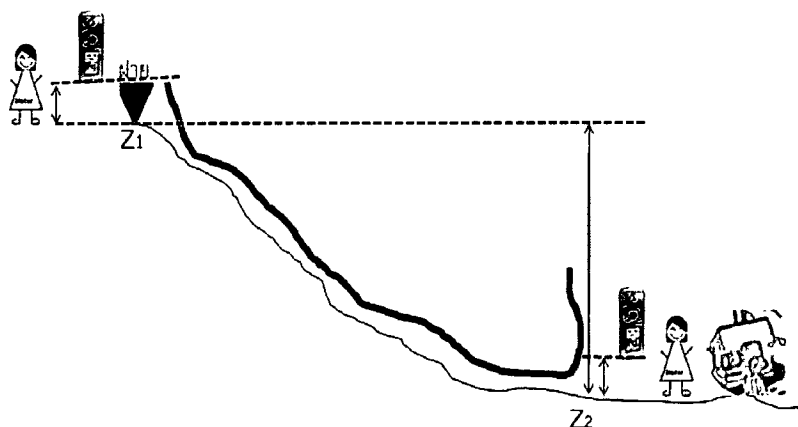


รูปที่ 4-7 การศึกษาวิธีการหาค่าความสูงจากการอ่านค่า GPS



รูปที่ 4-8 บรรยายภาพการอ่านค่าความสูงจาก GPS

ตัวอย่าง 4.5 ในการสำรวจน้ำตกโดนเรือ ซึ่งอยู่ทางด้านท้ายน้ำของน้ำตกโดนงาช้าง เมื่อเดินไปยังจุดที่จะทำการก่อสร้างฝายทดน้ำ ซึ่งอยู่ใต้สะพานทางเข้าสำนักงานที่ทำการอุทยานฯ อ่านค่าพิกัดจากอุปกรณ์จีพีเอส ได้ค่าพิกัด (636426, 768294) ค่าระดับ 132 เมตร จากนั้นได้เดินสำรวจตามแนวร่องน้ำไปยังจุดที่จะทำการก่อสร้างอาคารโรงไฟฟ้าแล้วอ่านค่าพิกัด (636993, 768127) ระดับความสูง 99 เมตร จึงคำนวณหาระดับต่างจากฝายทดน้ำมายังอาคารโรงไฟฟ้า



รูปที่ 4-9 ตัวอย่างการใช้จีพีเอสในการสำรวจระดับความสูง

วิธีการคำนวณ ค่าความสูงจากฝายมายังอาคารโรงไฟฟ้า (h)

$$h = Z_1 - Z_2$$

$$= 132 - 99 \text{ เมตร}$$

$$= 33 \text{ เมตร}$$

### 4.3 การตรวจวัดการไหล

การตรวจวัดการไหล (Discharge หรือ Flow Measurement) เป็นหาปริมาณน้ำท่าที่ไหลผ่านลำธารในช่วงเวลาต่างๆ ในระดับพื้นฐานปริมาณน้ำสามารถตรวจวัดได้ 4 แบบ คือ

วิธีที่ 1 ตรวจวัดการไหลโดยใช้ถังน้ำ

วิธีที่ 2 การตรวจวัดอัตราการไหลด้วยหุ่นลอย

วิธีที่ 3 การตรวจวัดด้วยใบพัด

วิธีที่ 4 การตรวจวัดด้วยฝาย

#### 4.3.1 ตรวจวัดการไหลโดยใช้ถังน้ำ

เป็นการวัดอัตราการไหลของน้ำที่มีค่าใช้จ่ายต่ำใช้ถังน้ำขนาด 200 ลิตร อาจใช้ถังขนาดเล็กลงเมื่ออัตราการไหลต่ำ และใช้ถังน้ำขนาดใหญ่ขึ้นสำหรับระบบที่มีอัตราการไหลสูงขึ้น

มีขั้นตอนการวัดดังนี้

1. ในกรณีที่ไม้ทราบปริมาตรของถังน้ำ สามารถหาปริมาตรถังโดยใช้ขวดน้ำขนาดเล็กที่ทราบปริมาตร (เช่น ถังน้ำดื่ม) ตักน้ำเต็มลงในถังน้ำพร้อมกับนับจำนวนครั้งที่เติมจนน้ำเต็มถัง จากนั้นใช้กระดาษกาวติดตำแหน่งระดับน้ำในถัง ปริมาตรของถังน้ำที่ใช้ในการวัดอัตราการไหล คือผลคูณของจำนวนครั้งเติมน้ำกับปริมาตรของถังน้ำดื่มขนาดเล็กที่ทราบปริมาตร
2. นำถังน้ำที่ทราบปริมาตรไปรองรับน้ำพร้อมกับจับเวลาจนน้ำเต็มถัง บันทึกเวลา ทำซ้ำอย่างน้อยสามครั้ง จากนั้นหาค่าเฉลี่ยจากการทำการวัดทั้งสามครั้ง
3. คำนวณอัตราการไหลจากปริมาตรถังน้ำกับเวลาที่น้ำเต็มถัง

$$Q = \frac{V}{t}$$

โดย  $Q$  = อัตราการไหล (ลิตร/วินาที)

$V$  = ปริมาตรถังน้ำ (ลิตร)

$t$  = เวลาที่น้ำเต็มถัง (วินาที)

ตัวอย่าง 4.6 อัตราการไหลจากการใช้ถังน้ำขนาด 200 ลิตร รับน้ำที่ปลายท่อ จากการวัดเวลาที่น้ำเต็มถังสามครั้งพบว่าใช้เวลา 18, 19 และ 18.5 วินาที วิธีคำนวณ

$$\text{อัตราการไหล } Q = \frac{V}{t}$$

$$\text{เวลาเฉลี่ยที่ใช้} = \frac{18+19+18.5}{3}$$

$$= 18.5 \text{ วินาที}$$

$$\text{อัตราการไหลน้ำ} = \frac{200}{18.5}$$

$$= 10.81 \text{ ลิตรต่อวินาที}$$

#### 4.3.2 การตรวจวัดอัตราการไหลด้วยทุ่นลอย

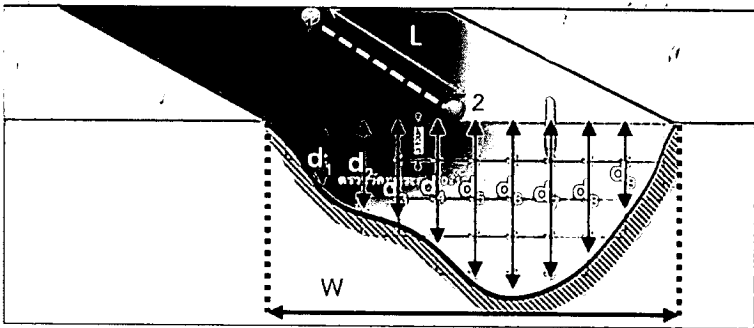
การใช้ทุ่นลอยวัดอัตราการไหล ทำได้ดังนี้

1. คำนวณความเร็วน้ำ (Velocity) จากการกำหนดระยะทาง ( $L$ ) (เมตร) ที่ทุ่นลอยไหลไปและจับเวลาที่ทุ่นลอย(วินาที)ลอยไปจากตำแหน่ง 1 ไปยังตำแหน่งที่ 2 ดังรูปที่ 4-10 แล้วหาค่าความเร็ว  $V$  ได้จาก

$$\text{ความเร็ว} \quad V = \frac{L}{t}$$

โดย  $L$  คือ ระยะทาง (เมตร)

$t$  คือ เวลาที่ใช้ (วินาที)



รูปที่ 4-10 การใช้ทุ่นลอยตรวจวัดความเร็วน้ำ

หาพื้นที่หน้าตัด ( $A$ ) จากการวัดความกว้างของลำน้ำ ( $W$ ) และวัดความลึกของน้ำในจุดต่างๆ ในแนวเดียวกัน โดยให้ความลึกจุดที่ 1 เป็น  $d_1$  และความลึกจุดถัดไปเป็น  $d_2, d_3, \dots$  จนกระทั่งถึงอีกฝั่งของลำน้ำ

แล้วคำนวณพื้นที่หน้าตัดได้จาก

$$\overline{A} = \frac{W}{N}(d_1 + d_2 + \dots + d_N)$$

โดย  $n$  คือ จำนวนช่วงที่แบ่งวัดความกว้างลำน้ำจากรูปตัวอย่าง  $n=9$

ในการคำนวณหาค่าหน้าตัด  $A$  ควรวัด 3 ช่วงของลำน้ำ คือต้นลำน้ำ ( $A_1$ ) กลางลำน้ำ ( $A_2$ ) และปลายลำน้ำ ( $A_3$ ) และนำค่าทั้ง 3 ช่วง มารวมกันแล้วหาร 3 เพื่อหาค่าเฉลี่ย

$$\overline{A} = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{3}$$

2. คำนวณอัตราการไหลจาก  $Q = AV$

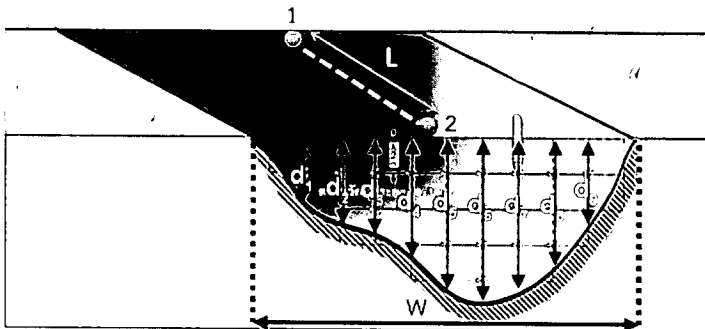


รูปที่ 4-11 การตรวจวัดการไหลน้ำด้วยทุ่นลอย



รูปที่ 4-12 การวัดความเร็วน้ำควรวัดบริเวณน้ำไหลสม่ำเสมอ ไม่ไหลวน

ตัวอย่าง 4.7 ลำน้ำแห่งหนึ่ง ผู้วัดใช้ทุ่นลอยล่องน้ำไปในระยะทาง 16 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 4-11 ใช้เวลา 4.52 วินาที และผู้วัดบันทึกค่าความลึกลำน้ำ โดยแบ่งเป็น ช่วงของลำน้ำ ได้ข้อมูลดังตาราง



รูปที่ 4-13 ตัวอย่างการใช้ทุ่นลอยตรวจวัดความเร็วน้ำ

| ช่วงลำน้ำ      | ความกว้าง<br><br>(W) | ความลึก(เมตร)  |                |                |                |                |                |                |                |                |
|----------------|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                |                      | d <sub>1</sub> | d <sub>2</sub> | d <sub>3</sub> | d <sub>4</sub> | d <sub>5</sub> | d <sub>6</sub> | d <sub>7</sub> | d <sub>8</sub> | d <sub>9</sub> |
| 1. ต้น (L=0)   | 5.3                  | 1.2            | 1.6            | 1.8            | 2.4            | 3.1            | 3.5            | 3.1            | 2.5            | 1.9            |
| 2. กลาง(L=L/2) | 5.2                  | 1.1            | 1.4            | 1.9            | 2.2            | 2.9            | 3.4            | 3.0            | 2.7            | 1.9            |
| 3. ปลาย (L=L)  | 5.2                  | 1.4            | 1.3            | 1.8            | 2.0            | 3.0            | 2.6            | 3.1            | 2.4            | 1.8            |

วิธีการ     คำนวณความเร็ว (V) ได้จาก

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{L}{t} \\
 &= \frac{6}{4.52} \\
 &= 3.54 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

คำนวณพื้นที่หน้าตัดต้นลำน้ำ

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \frac{W}{N}(d_1 + d_2 + ..... + d_N) \\
 &= \frac{5.3}{9} \times (1.2 + 1.6 + 1.8 + 2.4 + 3.1 + 3.5 + 3.1 + 2.5 + 1.9) \\
 &= 5.3 \times 2.34 \\
 &= 12.43 \text{ ตร.ม.}
 \end{aligned}$$

คำนวณพื้นที่หน้าตัดกลางลำน้ำ

$$\begin{aligned} A_2 &= \frac{5.2}{9} \times (1.1 + 1.4 + 1.9 + 2.2 + 2.9 + 3.4 + 3 + 2.7 + 1.9) \\ &= 5.2 \times 2.28 \\ &= 11.84 \text{ ตร.ม.} \end{aligned}$$

คำนวณพื้นที่หน้าตัดปลายลำน้ำ

$$\begin{aligned} A_3 &= \frac{5.2}{9} (1.4 + 1.3 + 1.8 + 2 + 3 + 2.6 + 3.1 + 2.4 + 1.8) \\ &= 5.2 \times 2.16 \\ &= 11.21 \text{ ตร.ม.} \end{aligned}$$

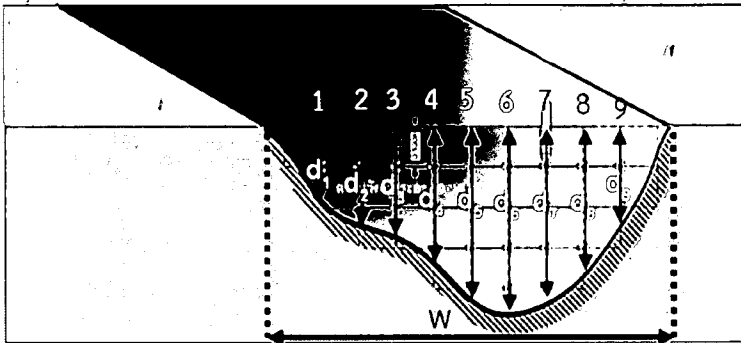
$$\begin{aligned} \text{พื้นที่เฉลี่ย } \bar{A} &= \frac{A_1 + A_2 + A_3}{3} \\ &= \frac{(12.43 + 11.84 + 11.21)}{3} \\ &= 11.83 \text{ ตร.ม.} \end{aligned}$$

หาอัตราการไหล  $Q$  ได้จาก

$$\begin{aligned} Q &= A V \\ &= 11.83 \times 3.54 \\ &= 41.86 \text{ ลบ.ม./วินาที (41,860 ลิตรต่อวินาที)} \end{aligned}$$

### 4.3.3 การตรวจวัดด้วยใบพัด

การตรวจวัดความเร็วด้วยใบพัด จะตรวจวัดกระจายทั่วหน้าตัดการไหล ดังแสดงในรูปที่ 4-14 ในการตรวจวัดมี 3 ขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 4-14 การใช้ทุ่นลอยตรวจวัดความเร็วน้ำ

1. วัดความความเร็วโดยใช้ใบพัดตรวจวัดที่ละช่วงของความกว้าง อาจแบ่งช่วงวัดตามขนาดของลำน้ำตามความเหมาะสมทั้งแนวกว้าง และแนวลึกของลำน้ำจะได้ค่า  $V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$  เมื่อ  $n$  คือจำนวนครั้งของการวัด
2. วัดค่าพื้นที่หน้าตัด  $A$  เหมือนวิธีที่ 2 คือวัดค่าความลึกช่วงต้นลำน้ำ กลางลำน้ำ และปลายลำน้ำ
3. คำนวณค่าอัตราการไหลจากสูตร  $Q = AV$  เหมือนวิธีที่ 2 เช่นกัน

ตัวอย่าง 4.8 ลำน้ำแห่งหนึ่งผู้วัดทำการวัดค่าความเร็วที่จุดต่างๆ ของลำน้ำ ได้ดังนี้

| ความลึก<br>(ซม.) | ความเร็ว (m/s) |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                  | 1              | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
| 10               | 2.1            | 2.3 | 2.5 | 3.1 | 4.0 | 4.2 | 3.9 | 3.5 | 2.4 |
| 20               | -              | -   | -   | 3.4 | 4.6 | 5.0 | 4.5 | 3.2 | -   |
| 30               | -              | -   | -   | -   | 3.2 | 4.6 | 3.7 | -   | -   |

วิธีการ คำนวณความเร็ว ( $V$ )

ความเร็ว ( $V$ ) = ค่าเฉลี่ยของทุกจุด

$$= (2.1+2.3+2.5+3.1+4.0+4.2+3.9+3.5+2.4+3.4$$

$$+4.6+5.0+4.5+3.2+3.2+4.6+3.7)/17$$

$$= 3.54 \text{ เมตรต่อวินาที}$$

พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย = 11.83 ตร.ม. (ดูตัวอย่างที่ 4.6)

คำนวณอัตราการไหล  $Q$  ได้จาก

$$Q = AV$$

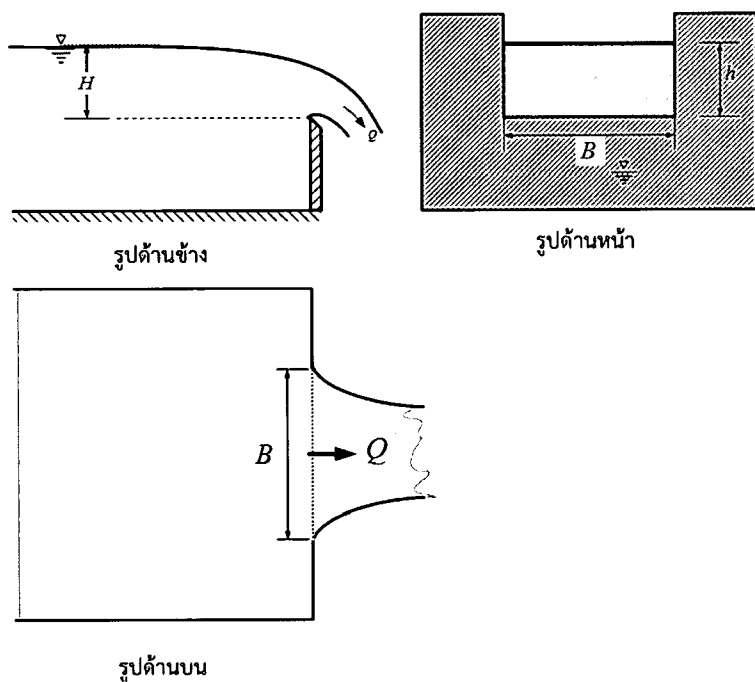
$$= 11.83 \times 3.54$$

$$= 41.88 \text{ ลบ.ม./วินาที (41,880 ลิตรต่อวินาที)}$$

#### 4.3.4 การตรวจวัดด้วยฝาย

วิธีการนี้จะต้องทำการก่อสร้างฝายชั่วคราวที่มีหน้าตัดรูปทรงเรขาคณิต เช่น หน้าตัดสามเหลี่ยมหรือหน้าตัดสี่เหลี่ยม จากนั้นจึงวัดค่าความลึกน้ำที่สันฝาย ( $H$ ) แล้วนำมาคำนวณปริมาณการไหล การตรวจวัดด้วยฝาย มี 2 รูปแบบดังนี้

ก) ฝายสี่เหลี่ยม มีลักษณะดังรูปที่ 4-15



รูปที่ 4-15 ฝายสันสี่เหลี่ยม

### การคำนวณหาอัตราการไหลคำนวณได้จากสูตร

$$Q = \frac{2}{3} C_d \sqrt{2g} b H^{3/2}$$

โดย  $C_d$  คือ ค่าคงที่  $\approx 0.6$

$g$  คือ แรงโน้มถ่วงของโลก  $\approx 9.81 \text{ m/s}^2$

$b$  คือ ความกว้างฝาย (เมตร)

$H$  คือ ความสูงน้ำที่ไหลผ่านฝาย (เมตร)

### ค่าคงที่ต่าง ๆ นำมาแทนค่าจะได้สูตร

$$Q = 1.772 b H^{3/2}$$

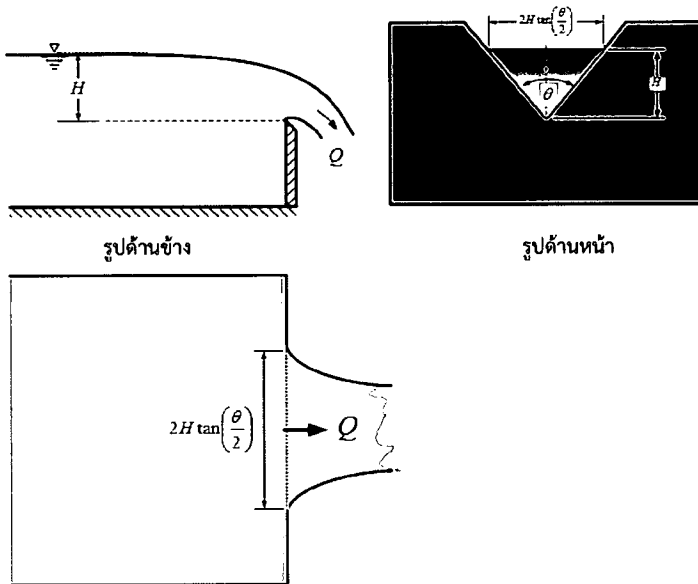
ตัวอย่าง 4.9 เมื่อทำการกั้นฝายรูปสี่เหลี่ยมที่มีความกว้างฝาย 1.0 เมตร กั้นทางไหลของแม่น้ำ ปรากฏว่าน้ำที่ไหลผ่านฝายสูง 0.75 เมตร อัตราการไหลของน้ำจะเท่ากับเท่าไร

วิธีการ อัตราการไหล  $Q = 1.772 b H^{3/2}$

$$= 1.772 \times 1.0 \times 0.75^{3/2}$$

$$= 0.626 \text{ ลบ.ม./วินาที (626 ลิตรต่อวินาที)}$$

ข) ฝายสามเหลี่ยม มีลักษณะดังรูปที่ 4-16



รูปที่ 4-16 ฝายสามเหลี่ยม

การคำนวณหาอัตราการไหลคำนวณได้จากสูตร

$$Q = \frac{8}{15} C_d \sqrt{2g} \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) b H^{5/2}$$

โดย  $C_d$  คือ ค่าคงที่  $\approx 0.578$

$g$  คือ แรงโน้มถ่วงของโลก  $\approx 9.81 \text{ m/s}^2$

$\theta$  คือ มุมกว้างของฝาย นิยมใช้ 60 องศา

$H$  คือ ความสูงน้ำที่ไหลผ่านฝาย (เมตร)

ค่าคงที่ต่าง ๆ นำมาแทนค่าจะได้สูตร

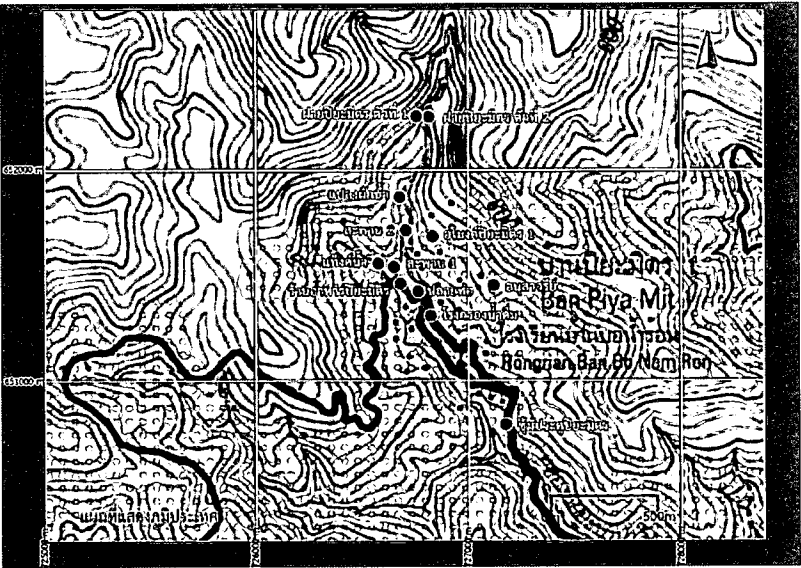
$$Q = 0.788H^{5/2}$$

ตัวอย่าง 4.9 เมื่อทำการกั้นฝายรูปสามเหลี่ยมที่มีมุม 60 องศา กั้นทางไหลของแม่น้ำปรากฏ  
ว่าน้ำที่ไหลผ่านฝายสูง 67 เซนติเมตร (0.67 เมตร) จงคำนวณปริมาณการไหล

|         |             |                                                                                                            |
|---------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| วิธีการ | อัตราการไหล | $Q = 0.788H^{5/2}$ $= 0.788 \times 0.67^{5/2}$ $= 0.289 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (289 ลิตรต่อวินาที)}$ |
|---------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

4.4 การจัดเตรียมแผนที่

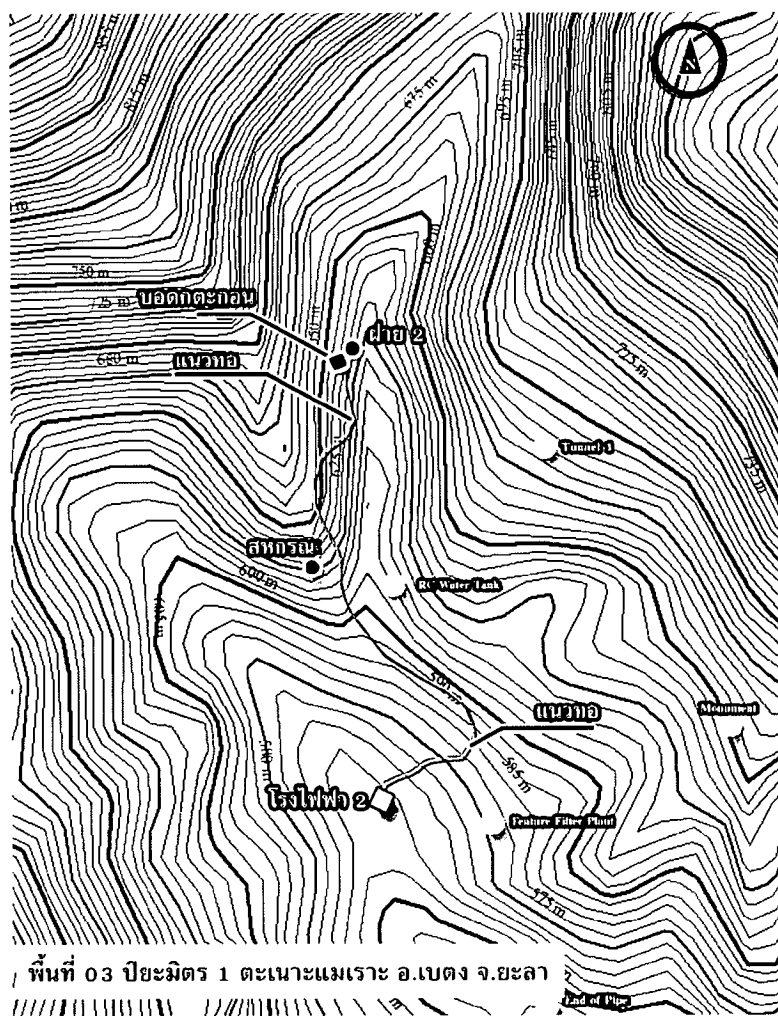
ตัวอย่างแผนที่เพื่อใช้ในการสำรวจข้อมูลภาคสนาม เช่น แผนที่ 1:50,000 ภาพถ่ายทางอากาศ และแผนที่เส้นชั้นความสูงแสดงดังรูปที่ 4.17 ถึง 4-19



รูปที่ 4-17 แผนที่ 1:50,000 บริเวณบ้านปิยะมิตร์ 1 อำเภอเบตง จังหวัดยะลา



รูปที่ 4-18 ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณบ้านปิยะมิตร 1 อำเภอเบตง จังหวัดยะลา



รูปที่ 4-19 แผนที่เส้นชั้นความสูงบริเวณบ้านปิยะมิตร 1 อำเภอเบตง จังหวัดยะลา

## การออกแบบโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ

หลังจากการสำรวจข้อมูลภาคสนามแล้วจะทำการ “วางแผนแม่บท” ซึ่งประกอบด้วยการกำหนดตำแหน่งฝายทดน้ำ แนวท่อลำเลียง ตำแหน่งบ่อตกตะกอน แนวท่อส่งน้ำ และตำแหน่งอาคารโรงไฟฟ้า

### 5.1 การวางแผนแม่บท

การนำแผนที่มาเดินสำรวจสภาพพื้นที่ในเบื้องต้น ถือเป็นการนำร่องที่สำคัญที่สุด การเดินสำรวจเบื้องต้น จะทำให้ผู้ออกแบบเกิดจินตนาการในการวางแผนแม่บท พอที่จะเห็นภาพรวมในบริเวณพื้นที่โครงการเกี่ยวกับ สภาพทางกายภาพ สภาพลำน้ำ สภาพทางธรณี สภาพป่าไม้ สภาพการใช้ที่ดิน ตั้งแต่จุดต่ำสุดของพื้นที่ คือบริเวณอาคารโรงไฟฟ้า ถัดมาตามแนวท่อส่งน้ำ จุดก่อสร้างบ่อตกตะกอน แนวท่อผันน้ำ จนกระทั่งถึงจุดสูงสุด คือบริเวณฝายทดน้ำ ในการเดินสำรวจเบื้องต้น มีหลักคิดสำหรับการวางแผนแม่บทโครงการพอสรุปได้ดังนี้

#### 5.1.1 จุดก่อสร้างอาคารโรงไฟฟ้า (Power House)

บริเวณที่จะทำการก่อสร้างอาคารโรงไฟฟ้า มีข้อพิจารณาเบื้องต้นดังนี้

- 1) ควรเป็นพื้นที่ราบบริเวณริมลำธาร เพื่อให้การก่อสร้างสะดวก และสามารถปล่อยน้ำกลับคืนสู่ลำธารได้โดยสะดวก
- 2) จะต้องตั้งอยู่เหนือระดับน้ำหลากสูงสุด เพื่อให้โรงไฟฟ้าปลอดภัยจากน้ำป่าไหลหลาก

## 2 บทที่ 5 การออกแบบโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ

- 3) ควรตั้งอยู่นอกเขตป่าไม้ เขตอุทยาน หรือเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
- 4) จะต้องเลือกพื้นที่ที่มีชั้นดินแข็งแรง มั่นคง และปลอดภัย เป็นฐานรากที่สามารถรองรับอาคารโรงไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม
- 5) ควรเลือกบริเวณที่อยู่ใกล้พื้นที่ชุมชนเพื่อเป็นการลดระยะทางเดินสายไฟฟ้า

### 5.1.2 แนวท่อส่งน้ำ (Penstock)

มีข้อเสนอแนะในการเลือกแนวท่อส่งน้ำเข้าสู่อาคารโรงไฟฟ้าดังนี้

- 1) ควรเป็นแนวที่ไม่ผ่านต้นไม้ใหญ่ เพื่อหลีกเลี่ยงการตัดไม้ทำลายป่า
- 2) ควรเป็นแนวที่มีระยะทางน้อยที่สุด เพื่อเป็นการประหยัดราคาค่าก่อสร้าง และลดการสูญเสียพลังงานเนื่องจากการไหลในท่อส่งน้ำ
- 3) ควรเป็นแนวที่มีความลาดเอียงสม่ำเสมอผ่านที่ลุ่ม(เช่นแนวร่องน้ำ)หรือผ่านที่เนิน (สันดิน) ให้น้อยที่สุด เพื่อหลีกเลี่ยงการก่อสร้างสะพานรับแนวท่อข้ามร่องน้ำ ลดความเสี่ยงพลอยตะกอนในที่ลุ่ม และลดความเสี่ยงพลอยอากาศเมื่อแนวท่อผ่านเนิน

### 5.1.3 จุดก่อสร้างบ่อดักตะกอน (Sediment Trap)

บริเวณที่จะทำการก่อสร้างบ่อดักตะกอน มีหลักในการเลือกดังนี้

- 1) พื้นที่ควรเป็นที่ราบ เพื่อจะได้ทำการก่อสร้างได้สะดวก
- 2) ควรหลีกเลี่ยงบริเวณที่มีต้นไม้ เพื่อหลีกเลี่ยงการตัดไม้ทำลายป่า
- 3) จะต้องเลือกพื้นที่ที่มีชั้นดินแข็งแรง มั่นคง และปลอดภัย เพื่อไม่ให้บ่อดักตะกอนทรุดตัวในระยะสั้นและระยะยาว
- 4) โดยทั่วไประดับพื้นดินของบ่อดักตะกอนจะอยู่ต่ำกว่าระดับของสันฝายทดน้ำเพียงประมาณ 1 เมตร เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำไหลล้นปากบ่อดักตะกอน

5) พื้นที่สำหรับบ่อดักตะกอนขึ้นกับปริมาณน้ำที่ผันเข้าสู่โรงไฟฟ้าขนาดแนะนำของบ่อดักตะกอนประเมินได้จาก

- ปริมาณน้ำ 50 ลิตร/วินาที ใช้พื้นที่ขนาด 1.8x2.4 ตร.ม.
- ปริมาณน้ำ 100 ลิตร/วินาที ใช้พื้นที่ขนาด 2.0x3.0 ตร.ม.
- ปริมาณน้ำ 500 ลิตร/วินาที ใช้พื้นที่ขนาด 2.5x4.0 ตร.ม.
- ปริมาณน้ำ 1,000 ลิตร/วินาที ใช้พื้นที่ขนาด 3.0x5.0 ตร.ม.
- ปริมาณน้ำ 2,000 ลิตร/วินาที ใช้พื้นที่ขนาด 3.5x6.0 ตร.ม.

#### 5.1.4 แนวผันน้ำ (Headrace)

มีข้อเสนอแนะในการเลือกแนวผันน้ำจากฝายเข้าสู่บ่อดักตะกอนดังนี้

- 1) ควรเป็นแนวที่ไม่ผ่านต้นไม้ใหญ่ เพื่อหลีกเลี่ยงการตัดไม้ทำลายป่า
- 2) ควรเป็นแนวที่มีระยะทางน้อยที่สุด เพื่อเป็นการประหยัดราคาก่อสร้างและลดการสูญเสียพลังงานเนื่องจากการไหลในท่อส่งน้ำ
- 3) ควรเป็นแนวที่มีความลาดเอียงสม่ำเสมอ ผ่านที่ลุ่ม (เช่น แนวร่องน้ำ) หรือผ่านที่เนิน (สันดิน) ให้น้อยที่สุด เพื่อหลีกเลี่ยงการก่อสร้างสะพานรับแนวท่อข้ามร่องน้ำ ลดความเสี่ยงพลอยตะกอนในที่ลุ่ม และลดความเสี่ยงอุบัติเหตุเมื่อแนวท่อผ่านเนิน

#### 5.1.5 จุดก่อสร้างฝายทดน้ำ (Weir)

บริเวณที่จะทำการก่อสร้างฝาย มีเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

- 1) ร่องแคบ เพื่อประหยัดค่าก่อสร้าง
- 2) เป็นหินแข็งแรง มั่นคง ถาวร เพื่อเสถียรภาพของโครงสร้าง
- 3) มีระดับความสูงมากพอที่จะผลิตกระแสไฟฟ้า
- 4) มีแอ่งรวมน้ำ เพื่อลดแรงกระแทกในช่วงน้ำหลาก

4 บทที่ 5 การออกแบบโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ

ตัวอย่างพื้นที่ที่มีความเหมาะสมต่อการก่อสร้างฝายทดน้ำ แสดงดังรูปที่ 5-1 ถึง 5-4



รูปที่ 5-1 น้ำตกโตนหน้าผา สงขลา ตัวอย่างพื้นที่ช่องแคบเหมาะแก่การสร้างฝาย



รูปที่ 5-2 น้ำตกหม่อมจ้อย พัทลุง ร่องแคบ ฐานหินมั่นคง



รูปที่ 5-3 น้ำตกมโนราห์ พัทลุง ตัวอย่างพื้นที่ที่เป็นแอ่ง ลดแรงกระแทก



รูปที่ 5-4 น้ำตกหนานสะตอ ตรัง ตัวอย่างพื้นที่หินแข็งแรง มั่นคง

## 8 บทที่ 5 การออกแบบโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ

ตัวอย่างที่ 5.2 โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาด 600 kW มีค่าพาวเวอร์แฟกเตอร์ = 0.70  
จงคำนวณหาหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ เมื่อผลิตตลอดทั้งวันทั้งคืนเป็น  
ระยะเวลา 1 ปี

วิธีการ      พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ =  $PT$

$$= 0.70 \times 600 \times 365 \times 24$$
$$= 3,680,000 \text{ kWh}$$
$$= 3,680,000 \text{ หน่วย}$$

ตัวอย่างที่ 5.3 น้ำตกแห่งหนึ่งมีปริมาณน้ำ 0.2 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ศักย์น้ำสูง  
40 เมตร น้ำตกแห่งนี้สามารถผลิตไฟฟ้าได้ปริมาณเท่าไรหากผลิตทั้งวัน  
ทั้งคืนเป็นระยะเวลาหนึ่งเดือน

วิธีการ      พลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ =  $7 \times Q \times H \times t$

$$= 7 \times 0.2 \times 40 \times 30 \times 24$$
$$= 40,320 \text{ kWh}$$
$$= 40,320 \text{ หน่วย}$$

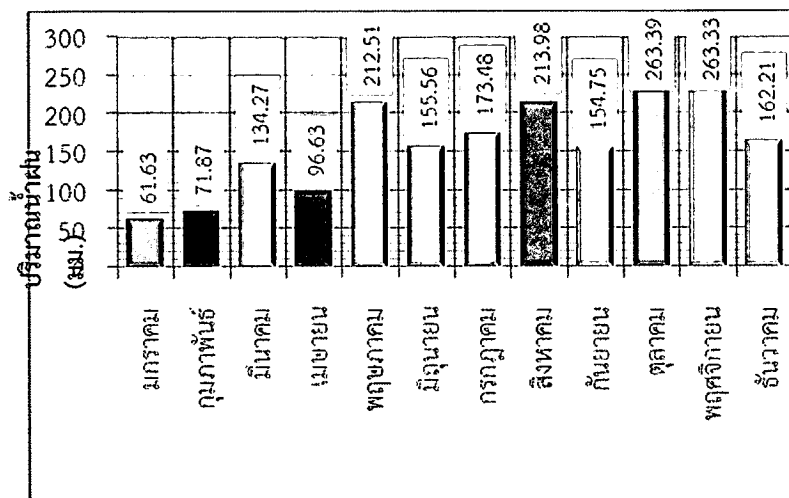
### 5.3 การออกแบบฝายทดน้ำ

ฝายมีหน้าที่ผันน้ำจากลำธารสายหลักเข้าสู่ระบบท่อเพื่อนำไปปั่นกังหันในการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กโดยอาศัยน้ำตก สามารถพัฒนาศักยภาพของน้ำ (Head) ตามสภาพภูมิประเทศของน้ำตกแต่ละที่ โดยใช้ฝายน้ำล้นสำหรับทดน้ำเข้าระบบส่งน้ำจากลำน้ำหลัก โครงสร้างของฝายมีลักษณะเป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก มีการออกแบบอย่างเหมาะสม มีความแข็งแรงถาวร สร้างกันลำนํ้าเพื่อผันน้ำและควบคุมระดับน้ำที่เข้าคลองหรือท่อผันน้ำ ออกแบบให้สามารถรองรับการไหลของน้ำหลากในฤดูฝนได้อย่างปลอดภัย น้ำส่วนที่มากเกินไปจะล้นไปทางสันฝายลงสู่ลำน้ำเดิม

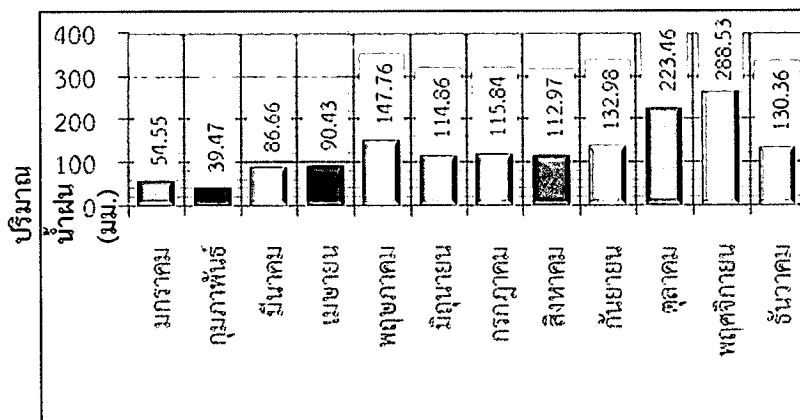
ฝายทดน้ำสำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก มีความสูงประมาณ 1.5–2.5 เมตร โดยทั่วไปเป็นฝายคอนกรีตเสริมเหล็กฝายหินก่อกั้นนี้จะต้องออกแบบให้ส่วนฐานมีความกว้างไม่น้อยกว่า 2 เท่าของความสูง เพื่อความมั่นคงทางด้านวิศวกรรม

## 5.4 ปริมาณน้ำฝนในภาคใต้

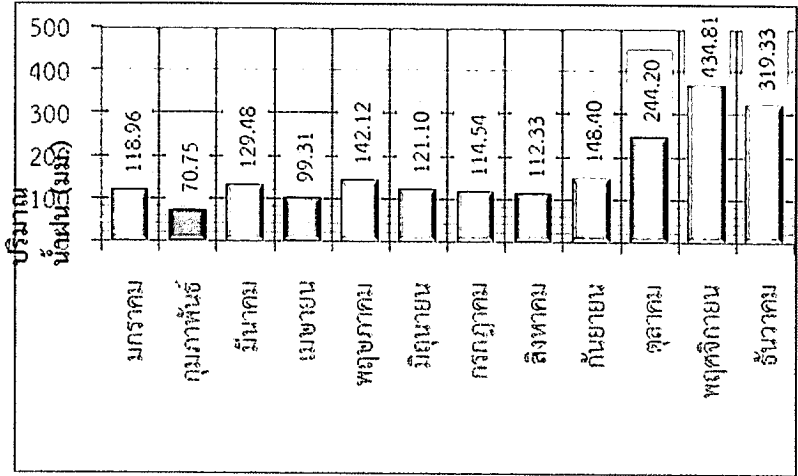
ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 14 จังหวัดภาคใต้ แสดงในกราฟรูปที่ 5-5 ถึง 5-18



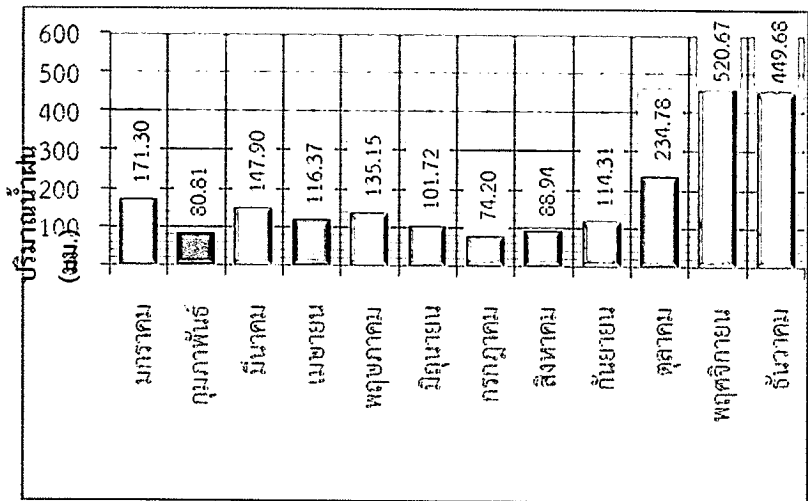
รูปที่ 5-5 แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนที่สถานีอำเภอเมืองชุมพร



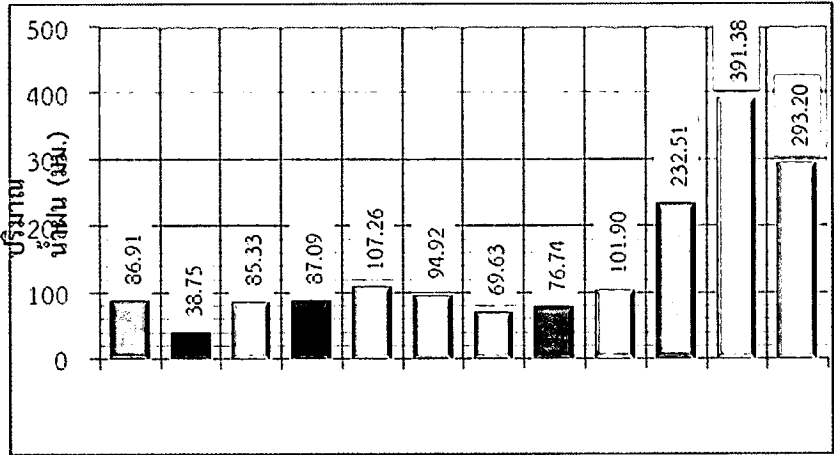
รูปที่ 5-6 แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ที่สถานีอำเภอเมืองสุราษฎร์ธานี



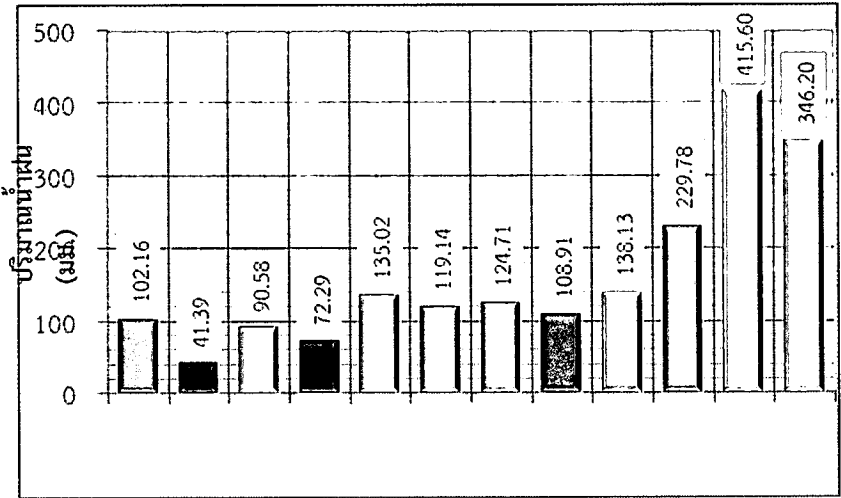
รูปที่ 5-7 แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ที่สถานีอำเภอเมืองนครศรีธรรมราช



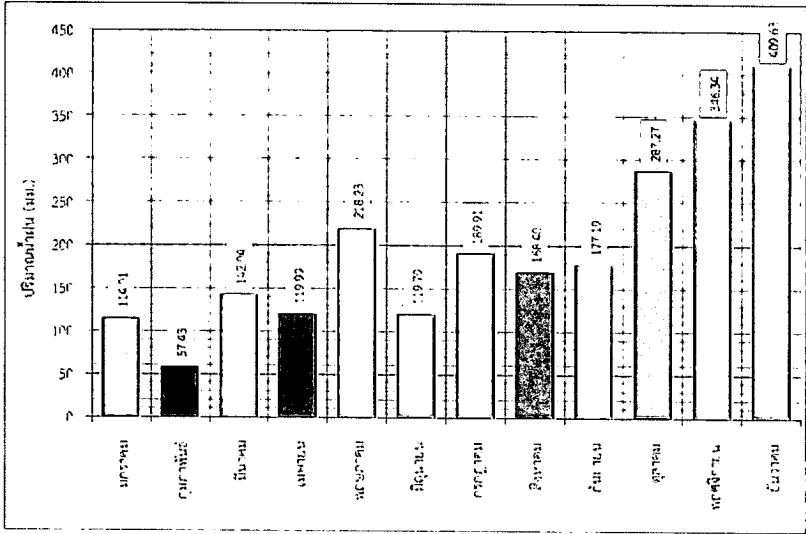
รูปที่ 5-8 แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนที่สถานีอำเภอเมืองพัทลุง



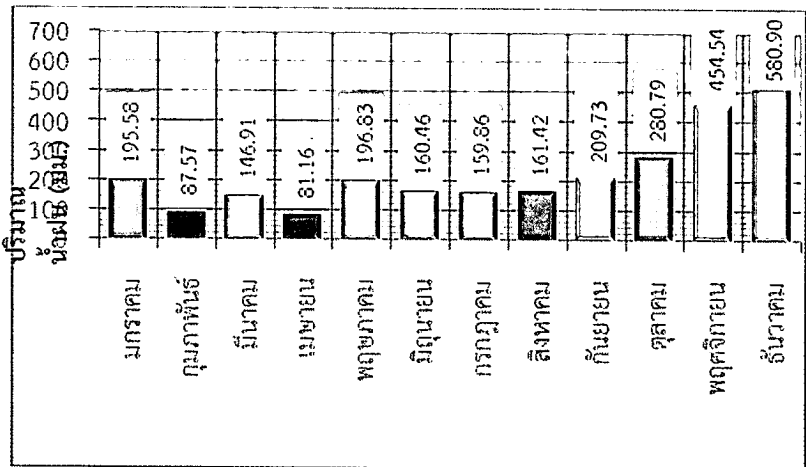
รูปที่ 5-9 แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ที่สถานีอำเภอเมืองสงขลา



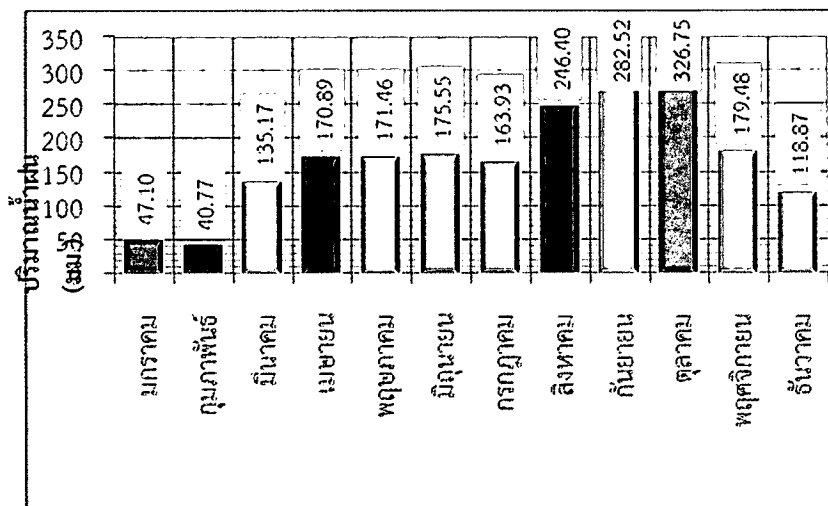
รูปที่ 5-10 แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ที่สถานีอำเภอเมืองปัตตานี



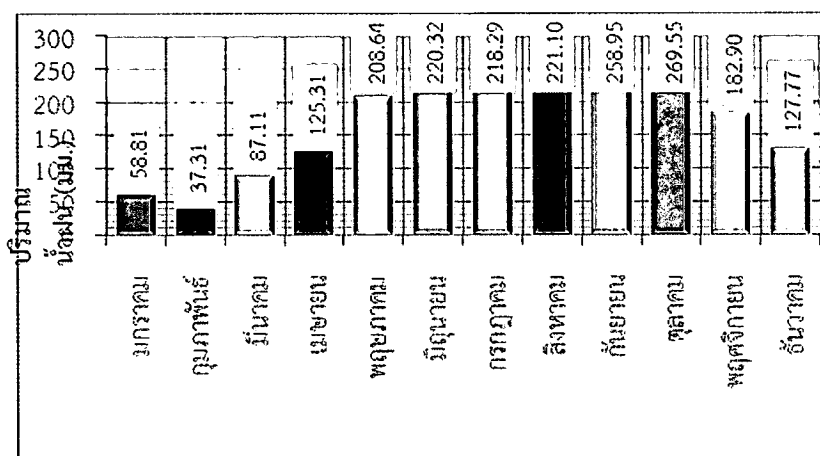
รูปที่ 5-11 แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ที่สถานีอำเภอเมืองยะลา



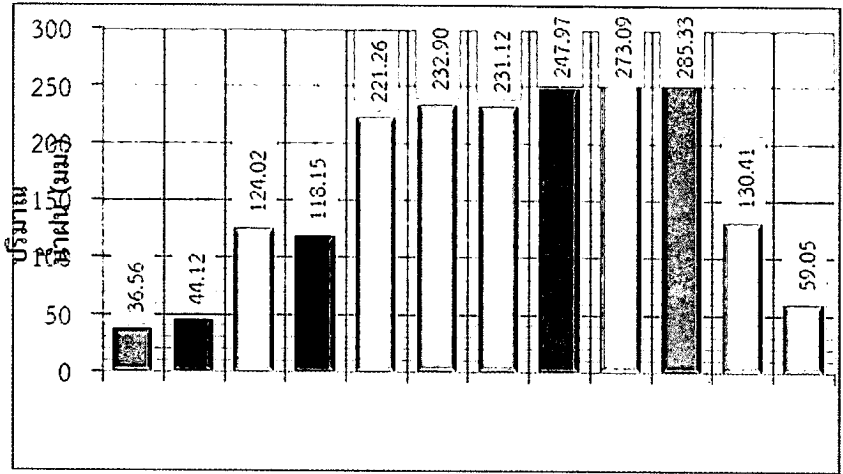
รูปที่ 5-12 แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ที่สถานีอำเภอเมืองนราธิวาส



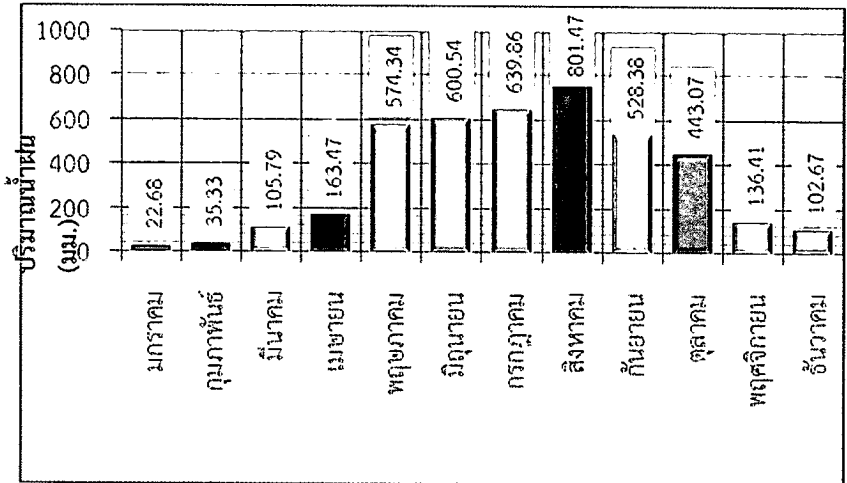
รูปที่ 5-13 แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ที่สถานีอำเภอเมืองสตูล



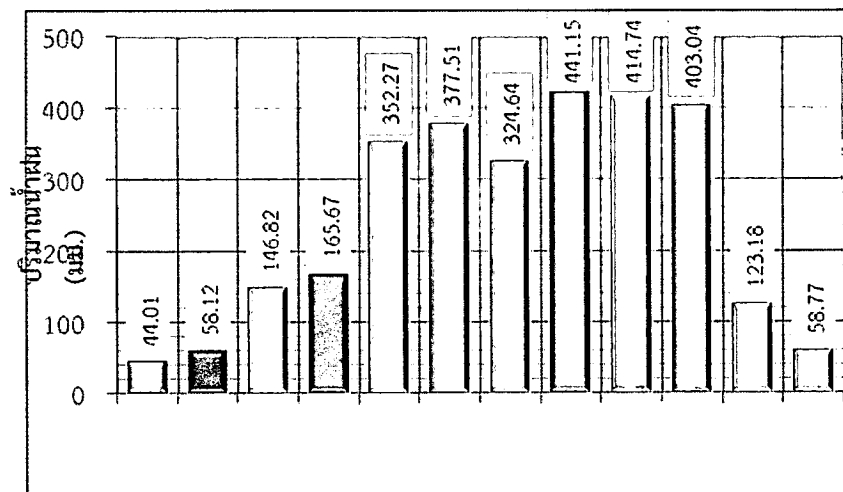
รูปที่ 5-14 แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ที่สถานีอำเภอเมืองตรัง



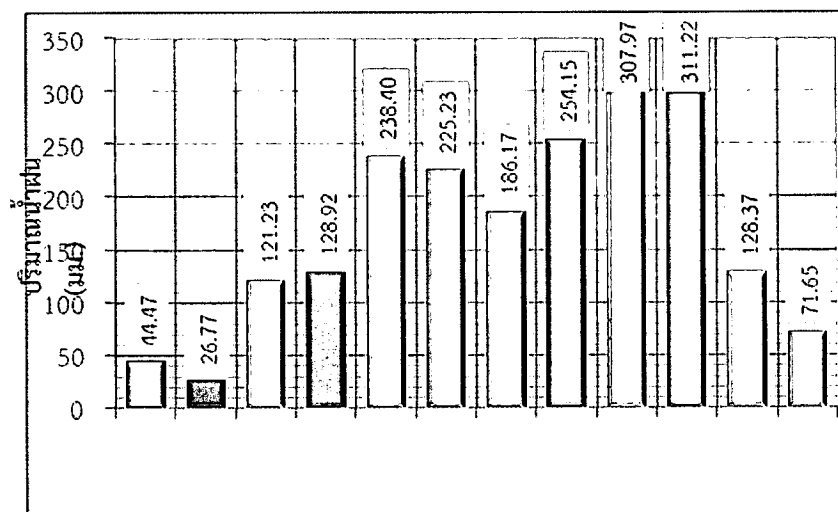
รูปที่ 5-15 แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ที่สถานีอำเภอเมืองกระบี่



รูปที่ 5-16 แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ที่สถานีอำเภอเมืองระนอง



รูปที่ 5-17 แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ที่สถานีอำเภอเมืองพังงา



รูปที่ 5-18 แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ที่สถานีอำเภอเมืองภูเก็ต

### 5.5 การออกแบบท่อผันน้ำ

วัสดุที่ใช้ในการทำท่อผันน้ำมีหลายตัวเลือก เช่น ท่อ PVC ท่อเหล็ก หรือท่อHDPE ในการออกแบบโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก เสนอให้เลือกใช้ท่อ HDPE ซึ่งเป็นท่อที่ผู้จัดทำเลือกด้วยเหตุผลดังนี้

- ท่อHDPE เชื่อมต่อได้ง่าย ไม่ต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูง สามารถเชื่อมต่อได้ง่ายโดยใช้เครื่องมือที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น
  - ท่อHDPE มีความยืดหยุ่น สามารถเลี้ยวตามจุดต่างๆ เพื่อหลีกเลี่ยงการตัดต้นไม้ในพื้นที่ลำเลียงน้ำได้
  - ท่อHDPE ไม่ติดไฟ ไม่เป็นเชื้อเพลิง ในกรณีเกิดไฟไหม้ป่า
  - ท่อHDPE มีน้ำหนักเบา ขนส่งง่าย
  - ท่อHDPE ไม่ทำให้น้ำมีการปนเปื้อน จึงสามารถนำน้ำไปใช้เพื่อการอุปโภค – บริโภค ได้ต่อไป
  - น้ำที่ไหลผ่านท่อไม่ปนเปื้อนสนิมเหมือนท่อเหล็กที่ผ่านการใช้งานไปได้ระยะหนึ่ง
  - มีความทนทานสูงต่อฝนและแดด ไม่แตกกรอบเหมือนท่อ PVC เมื่อโดนแดดเป็นเวลานาน
  - มีคุณสมบัติการการคืบตัว หากมีการโดนกระทบกระแทก เช่น ลสัตว์ป่ามาเหยียบหรือการหักของต้นไม้มาทับ จะกลับคืนสู่รูปเดิมได้ดีกว่าท่ออื่นๆ
  - พลังงานที่ใช้ในการผลิตท่อต่ำลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
- แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 5-1

18 บทที่ 5 การออกแบบโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ

ตารางที่ 5-1 ความหนาแน่นและพลังงานที่ใช้ในการผลิตท่อชนิดต่างๆ

| ชนิดท่อ     | ความหนาแน่น (g/cm <sup>3</sup> ) | พลังงานที่ใช้ในการผลิตท่อ (kJ/cm <sup>3</sup> ) |
|-------------|----------------------------------|-------------------------------------------------|
| อะลูมิเนียม | 2.7                              | 661                                             |
| เหล็ก       | 7.8                              | 343                                             |
| ทองแดง      | 8.9                              | 469                                             |
| PVC         | 1.4                              | 117                                             |
| HDPE        | 0.96                             | 100                                             |

ท่อผิวน้ำ มักเป็นท่อแรงดันต่ำ ดังนั้นการเลือกขนาดท่อผิวน้ำขึ้นจึงต้องทราบค่าอัตราการไหลและอัตราเร็วของน้ำหากอัตราการไหลสูงขนาดท่อก็ควรสูง และหากอัตราการไหลต่ำขนาดท่อก็จะเล็กลงดังแสดงในตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 การเลือกขนาดท่อผันน้ำ (ใช้ PN2.5 หรือ PN3.2)

| Q (ลิตร/วินาที) | D (มม.) | V (เมตร/วินาที) |
|-----------------|---------|-----------------|
| 10              | 150     | 0.566           |
| 25              | 210     | 0.722           |
| 50              | 280     | 0.812           |
| 100             | 370     | 0.930           |
| 200             | 480     | 1.105           |
| 500             | 700     | 1.299           |
| 1000            | 920     | 1.504           |
| 1500            | 1080    | 1.637           |
| 2000            | 1210    | 1.739           |

5.6 การออกแบบท่อส่งน้ำ

ท่อส่งน้ำ เป็นท่อแรงดันสูง ดังนั้นการเลือกใช้ท่อส่งน้ำจึงต้องขึ้นอยู่กับระดับจากฝายถึงโรงไฟฟ้าว่าสูงเท่าไร และนำระดับความสูงมาเลือกชั้นคุณภาพท่อ โดยค่าในตารางได้เผื่อค่าความปลอดภัย (S.F.) = 1.25 ดังแสดงในตาราง 5-3 และการเลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อสามารถหาค่าได้จากค่าอัตราการไหลและอัตราเร็วของน้ำ ดังตารางที่ 5-4

ตารางที่ 5-3 การเลือกชั้นคุณภาพท่อส่งน้ำ

| ระดับจากฝาย (เมตร) | ชั้นคุณภาพท่อ | หมายเหตุ                      |
|--------------------|---------------|-------------------------------|
| 10                 | PN3.2         | ท่อรับแรงดันสูงสุด = 32 เมตร  |
| 20                 | PN3.2         | ท่อรับแรงดันสูงสุด = 32 เมตร  |
| 30                 | PN6.3         | ท่อรับแรงดันสูงสุด = 63 เมตร  |
| 40                 | PN6.3         | ท่อรับแรงดันสูงสุด = 63 เมตร  |
| 50                 | PN6.3         | ท่อรับแรงดันสูงสุด = 63 เมตร  |
| 60                 | PN8           | ท่อรับแรงดันสูงสุด = 80 เมตร  |
| 70                 | PN10          | ท่อรับแรงดันสูงสุด = 100 เมตร |
| 80                 | PN10          | ท่อรับแรงดันสูงสุด = 100 เมตร |
| 90                 | PN12          | ท่อรับแรงดันสูงสุด = 120 เมตร |
| 100                | PN16          | ท่อรับแรงดันสูงสุด = 160 เมตร |

ตารางที่ 5-3 การเลือกชั้นคุณภาพท่อส่งน้ำ (ต่อ)

| ระดับจากฝาย (เมตร) | ชั้นคุณภาพท่อ | หมายเหตุ                      |
|--------------------|---------------|-------------------------------|
| 110                | PN16          | ท่อรับแรงดันสูงสุด = 160 เมตร |
| 120                | PN16          | ท่อรับแรงดันสูงสุด = 160 เมตร |
| 130                | PN20          | ท่อรับแรงดันสูงสุด = 200 เมตร |
| 140                | PN20          | ท่อรับแรงดันสูงสุด = 200 เมตร |
| 150                | PN20          | ท่อรับแรงดันสูงสุด = 200 เมตร |
| 160                | PN20          | ท่อรับแรงดันสูงสุด = 200 เมตร |
| 170                | PN25          | ท่อรับแรงดันสูงสุด = 250 เมตร |
| 180                | PN25          | ท่อรับแรงดันสูงสุด = 250 เมตร |
| 190                | PN25          | ท่อรับแรงดันสูงสุด = 250 เมตร |

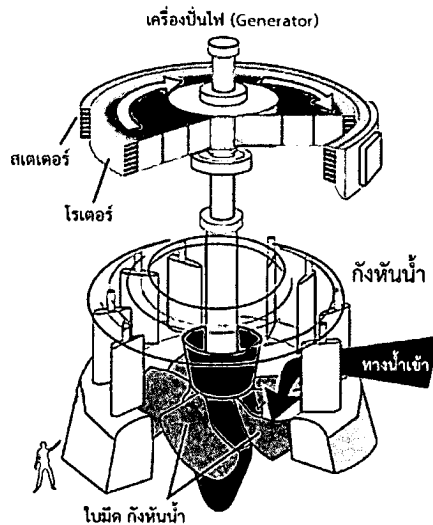
ตารางที่ 5-4 การเลือกขนาดท่อส่งน้ำจากอัตราการไหลน้ำ

| อัตราการไหล<br>(ลิตร/วินาที) | เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ<br>(มม.) | อัตราเร็ว<br>(เมตร/วินาที) |
|------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 10                           | 130                           | 0.753                      |
| 25                           | 180                           | 0.982                      |
| 50                           | 240                           | 1.105                      |
| 100                          | 320                           | 1.243                      |
| 200                          | 420                           | 1.444                      |
| 500                          | 610                           | 1.711                      |
| 1000                         | 800                           | 1.989                      |
| 1500                         | 940                           | 2.161                      |
| 2000                         | 1060                          | 2.266                      |

### 5.7 การเลือกกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ภายในโรงไฟฟ้าจะประกอบด้วย กังหันน้ำ(Turbine) เครื่องปั่นไฟ (Generator) และ อุปกรณ์ควบคุม(Regulator) ขึ้นแรกในการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานน้ำ คือการตัดสินใจเลือกชนิดและขนาดของเครื่องกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การเลือกเครื่องกังหันน้ำขึ้นอยู่กับความต้องการว่าจะเชื่อมโยงโรงไฟฟ้าเข้ากับระบบสายส่งของรัฐหรือแค่ใช้เฉพาะภายในท้องถิ่น

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงพลังงานกลมาเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยอาศัยการเหนี่ยวนำของแม่เหล็ก คือ การเคลื่อนที่ของขดลวดตัวนำผ่านสนามแม่เหล็กหรือการเคลื่อนที่แม่เหล็กผ่านขดลวดตัวนำจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวดตัวนำนั้นส่วนประกอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 5-19



รูปที่ 5-19 ส่วนประกอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

## 6 บทที่ 5 การออกแบบโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ

### 5.2 ศักยภาพพลังงานน้ำ

พลังงานน้ำ ณ ที่ตั้งหนึ่งๆ คำนวณได้จากสูตร

$$P = \gamma QH$$

โดย  $P$  คือ พลังงานน้ำ (วัตต์, W)

$Q$  คือ อัตราการไหลของน้ำผ่านกังหันน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที,  $m^3/s$ )

$\gamma$  คือ หน่วยน้ำหนักน้ำ ( $= 10,000 \text{ N/m}^3$  หรือ  $10k \text{ N/m}^3$ )

$H$  คือ ความสูงของน้ำตก หรือ ศักย์น้ำ (เมตร, m)

ในทางทฤษฎี สมการนี้ข้างต้นอาจเขียนได้ดังนี้

$$P = 10,000QH$$

กำลังการผลิตไฟฟ้าที่ผลิตได้สามารถหาได้จากสมการ

$$W = fP$$

โดย  $W$  คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ มีหน่วยเป็น กิโลวัตต์ชั่วโมง (kilowatt-hour)  
หรือ หน่วย (Unit)

$f$  คือ พาวเวอร์แฟกเตอร์ (Power Factor โดยทั่วไปมีค่า = 0.75)

$t$  คือ ระยะเวลาการผลิต (ชั่วโมง, hr)

กำลังการผลิตไฟฟ้า สมการข้างต้นอาจเขียนได้ดังนี้

$$W = 0.75 Pt$$

นอกจากนี้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ยังสามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำและความสูงของศักย์น้ำดังสมการ

$$W = 7QHt$$

ตัวอย่างที่ 5.1 คำนวณพลังงานน้ำจากท่อส่งน้ำเมื่อวัดอัตราการไหลได้ 1.20 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (1,200 ลิตรต่อวินาที) ที่ระยะความสูงน้ำตก 75 เมตร

วิธีการ พลังงานน้ำ (กิโลวัตต์) =  $10,000QH$

$$= 10,000 \times 1.20 \times 75$$

$$= 900 \text{ kW}$$

ระบบผลิตไฟฟ้าประกอบด้วยกังหันและเจเนอเรเตอร์ โดยทั่วไประบบมีประสิทธิภาพประมาณ 0.75 ดังนั้นการออกแบบควรเลือกใช้ระบบผลิตไฟฟ้าขนาด

$$= 0.75 \times 900$$

$$= 675 \text{ kW}$$

แต่ระบบผลิตไฟฟ้าขนาด 675 kW ไม่มีการซื้อขายโดยทั่วไป ดังนั้นการเลือกระบบผลิตไฟฟ้าควรเลือกขนาดที่ไม่เกิน 600 kW

## การประมาณราคาโครงการ

การประมาณราคาโครงการขึ้นอยู่กับหลายๆปัจจัยด้วยกัน ตั้งแต่พื้นที่ก่อสร้าง ตำแหน่งที่สร้างฝาย ศักยภาพน้ำ ความเชื่ออำนาจของวัสดุในพื้นที่เส้นทางการเดินท่อ ตลอดจนระยะทางการเดินสายไฟไปสู่ชุมชนหรือเชื่อมต่อไปยังสายส่งขององค์การไฟฟ้า

### 6.1 หลักการประมาณราคา

ราคาโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก อยู่ในระหว่าง 50,000 – 100,000 บาทต่อกิโลวัตต์ ซึ่งมีส่วนประกอบของราคาดังต่อไปนี้

|                                  |                |
|----------------------------------|----------------|
| ค่างานโยธา                       | ร้อยละ 41 – 62 |
| ค่าเครื่องจักรและอุปกรณ์โรงไฟฟ้า | ร้อยละ 30 – 48 |
| ค่าสายส่งไฟฟ้า                   | ร้อยละ 4 – 12  |
| ค่าสำรวจออกแบบ                   | ร้อยละ 2 – 4   |

ทุกวันนี้ อุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องจักรสำหรับไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กยังมีราคาแพงเนื่องจากไม่มีแบบและขนาดมาตรฐาน การออกแบบจะต้องทำเฉพาะเป็นรายๆไป ดังนั้นจึงมีผู้พยายามกำหนดแบบมาตรฐาน ซึ่งสำหรับเครื่องกังหันน้ำอาจจะทำได้ยากส่วนที่พอจะทำให้แบบมาตรฐานได้มี อุปกรณ์ควบคุมรอบการหมุน ระบบเกียร์ควบคุม สวิตช์เกียร์ ป้อนน้ำ ระบบน้ำหล่อเย็น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ประตุน้ำ และอุปกรณ์ยกบานประตู เป็นต้น

## 6.2 ราคาต่อหน่วย

อัตราค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก คำนวณได้จาก

$$\text{อัตราค่าไฟฟ้า} = \frac{\text{มูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าใช้จ่ายตลอดอายุโครงการ (บาท)}}{\text{ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ตลอดอายุโครงการ (unit)}}$$

โครงการที่คุ้มค่าในการลงทุน คือ โครงการที่ให้อัตราค่าไฟฟ้าเท่ากับหรือต่ำกว่าอัตราค่าไฟฟ้าที่ซื้อจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในปัจจุบัน

## 6.3 ประมาณราคาวัสดุ

ค่าวัสดุและอุปกรณ์ไฟฟ้าอยู่ที่ประมาณ 30-48% ของค่าใช้จ่ายตลอดโครงการ ดังนั้นการเลือกวัสดุที่คุณภาพดี ราคาไม่แพง มีอายุการใช้งานได้นาน ดีกว่าการซื้อวัสดุราคาถูกแต่ต้องซ่อมหรือเปลี่ยนบ่อยครั้ง และต้องเป็นวัสดุที่ไม่แพงเกินไปและควรหาซื้อได้ง่ายในท้องถิ่น การประมาณราคาวัสดุสำหรับโครงการดังตารางที่ 6-1 ถึง 6-3

| เส้นผ่าน ศก.ภายนอก (มม.) |                  | 355    |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ชั้น PN                  |                  | PN3.2  | PN4    | PN6.3  | PN8    | PN10   | PN12.5 | PN16   | PN20   | PN25   |
| ความหนา (มม.)            |                  | 7.00   | 8.70   | 13.60  | 16.90  | 21.10  | 32.20  | 32.20  | 39.70  | 48.50  |
| น้ำหนัก (กก.)            |                  | 7.73   | 9.55   | 14.60  | 18.00  | 22.10  | 32.77  | 32.50  | 39.10  | 46.30  |
| เส้นผ่าน ศก.ภายใน (มม.)  |                  | 341.00 | 337.60 | 327.80 | 321.20 | 312.80 | 290.60 | 290.60 | 275.60 | 258.00 |
| พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)  |                  | 913.3  | 895.1  | 843.9  | 810.3  | 768.5  | 663.3  | 663.3  | 596.6  | 522.8  |
| ราคา<br>(บาท/ม.)         | 1) Chanchai      | 1,425  | 1,753  | 2,540  | -      | 3,918  | -      | 5,580  | -      | -      |
|                          | 2) CEMECO        | 1,251  | 1,553  | 2,360  | 2,911  | 3,541  | 4,280  | 5,143  | 6,098  | 7,145  |
|                          | 3) U.N. Electric | 1,269  | 1,676  | 2,547  | 3,142  | 3,821  | 4,595  | 5,522  | -      | -      |
|                          | 4) Sprinkethai   | -      | -      | 2,424  | 3,093  | 3,623  | 4,514  | 5,346  | -      | -      |
|                          | 5) ราคาเฉลี่ย    | 1,315  | 1,661  | 2,444  | 3,049  | 3,662  | 4,463  | 5,337  | 6,098  | 7,145  |
|                          | 6) ราคาโรงงาน    | 698    | -      | 1,316  | -      | -      | -      | -      | -      | -      |

| เส้นผ่าน ศก.ภายนอก (มม.) |                  | 400     |         |         |         |        |        |        |        |        |
|--------------------------|------------------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ชั้น PN                  |                  | PN3.2   | PN4     | PN6.3   | PN8     | PN10   | PN12.5 | PN16   | PN20   | PN25   |
| ความหนา (มม.)            |                  | 7.90    | 9.80    | 15.30   | 19.10   | 23.70  | 36.30  | 36.30  | 44.70  | 54.70  |
| น้ำหนัก (กก.)            |                  | 9.82    | 12.10   | 18.60   | 22.90   | 28.00  | 41.60  | 41.30  | 49.60  | 58.80  |
| เส้นผ่าน ศก.ภายใน (มม.)  |                  | 384.20  | 380.40  | 369.40  | 361.80  | 352.60 | 327.40 | 327.40 | 310.60 | 290.60 |
| พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)  |                  | 1,159.3 | 1,136.5 | 1,071.7 | 1,028.1 | 976.5  | 841.9  | 841.9  | 757.7  | 663.3  |
| ราคา<br>(บาท/ม.)         | 1) Chanchai      | 1,817   | 2,211   | 3,211   | -       | 4,974  | -      | 7,100  | -      | -      |
|                          | 2) CEMECO        | 1,585   | 1,978   | 3,009   | 3,679   | 4,491  | 5,434  | 6,524  | 7,744  | -      |
|                          | 3) U.N. Electric | 1,607   | 2,134   | 3,247   | 3,970   | 4,847  | 5,834  | 7,004  | -      | -      |
|                          | 4) Sprinkethai   | -       | -       | 3,072   | 4,009   | 4,673  | 5,853  | 6,785  | -      | -      |
|                          | 5) ราคาเฉลี่ย    | 1,670   | 2,056   | 3,109   | 3,886   | 4,670  | 5,707  | 6,771  | 7,744  | -      |
|                          | 6) ราคาโรงงาน    | 884     | 1,047   | 1,678   | 2,066   | 2,526  | 3,083  | 3,590  | 4,311  | 5,117  |

| เส้นผ่าน ศก.ภายนอก (มม.) |                  | 450     |         |         |         |         |        |         |        |        |
|--------------------------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|--------|
| ชั้น PN                  |                  | PN3.2   | PN4     | PN6.3   | PN8     | PN10    | PN12.5 | PN16    | PN20   | PN25   |
| ความหนา (มม.)            |                  | 8.80    | 11.00   | 17.20   | 21.50   | 26.70   | -      | 40.90   | 50.30  | 61.50  |
| น้ำหนัก (กก.)            |                  | 12.30   | 15.30   | 23.50   | 28.90   | 35.40   | -      | 52.30   | 62.70  | 74.40  |
| เส้นผ่าน ศก.ภายใน (มม.)  |                  | 432.40  | 428.00  | 415.60  | 407.00  | 396.60  | -      | 368.20  | 349.40 | 327.00 |
| พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)  |                  | 1,468.5 | 1,438.7 | 1,356.6 | 1,301.0 | 1,235.4 | -      | 1,064.8 | 958.8  | 839.8  |
| ราคา<br>(บาท/ม.)         | 1) Chanchai      | 2,339   | 2,211   | 4,152   | -       | 6,447   | -      | 9,154   | -      | -      |
|                          | 2) CEMECO        | 2,030   | 2,529   | 3,880   | 4,732   | 5,776   | 6,987  | 8,387   | 9,948  | -      |
|                          | 3) U.N. Electric | -       | 2,687   | 4,105   | 5,029   | 6,136   | 7,385  | 8,866   | -      | -      |
|                          | 4) Sprinkethai   | -       | -       | 3,901   | 5,077   | 5,914   | 7,403  | 8,580   | -      | -      |
|                          | 5) ราคาเฉลี่ย    | 2,185   | 2,476   | 4,010   | 4,946   | 6,068   | 7,258  | 8,747   | 9,948  | -      |
|                          | 6) ราคาโรงงาน    | 1,115   | 1,376   | 2,122   | 2,620   | 3,210   | 3,917  | 4,739   | 5,688  | 6,747  |

| เส้นผ่าน ศก.ภายนอก (มม.) |                  | 500     |         |         |         |         |        |         |         |         |
|--------------------------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
| ชั้น PN                  |                  | PN3.2   | PN4     | PN6.3   | PN8     | PN10    | PN12.5 | PN16    | PN20    | PN25    |
| ความหนา (มม.)            |                  | 9.80    | 12.30   | 19.10   | 23.90   | 26.70   | -      | 40.90   | 50.30   | 61.50   |
| น้ำหนัก (กก.)            |                  | 15.20   | 19.00   | 28.90   | 35.70   | 35.40   | -      | 52.30   | 62.70   | 74.40   |
| เส้นผ่าน ศก.ภายใน (มม.)  |                  | 480.40  | 475.40  | 461.80  | 452.20  | 446.60  | -      | 418.20  | 399.40  | 377.00  |
| พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)  |                  | 1,812.6 | 1,775.0 | 1,674.9 | 1,606.0 | 1,566.5 | -      | 1,373.6 | 1,252.9 | 1,116.3 |
| ราคา<br>(บาท/ม.)         | 1) Chanchai      | 2,873   | 2,858   | 5,116   | -       | 7,942   | -      | -       | -       | -       |
|                          | 2) CEMECO        | 2,527   | 3,119   | 4,767   | 5,847   | 7,127   | 8,621  | 10,335  | -       | -       |
|                          | 3) U.N. Electric | 2,522   | -       | 4,758   | -       | -       | -      | -       | -       | -       |
|                          | 4) Sprinklethai  | -       | -       | 4,808   | 6,262   | 7,313   | 9,127  | 10,573  | -       | -       |
|                          | 5) ราคาเฉลี่ย    | 2,641   | 2,989   | 4,862   | 6,055   | 7,461   | 8,874  | 10,454  | -       | -       |
|                          | 6) ราคาโรงงาน    | 1,387   | -       | 2,617   | -       | -       | -      | 5,635   | -       | -       |

| เส้นผ่าน ศก.ภายนอก (มม.) |                  | 560     |         |         |         |         |        |         |         |      |
|--------------------------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|------|
| ชั้น PN                  |                  | PN3.2   | PN4     | PN6.3   | PN8     | PN10    | PN12.5 | PN16    | PN20    | PN25 |
| ความหนา (มม.)            |                  | 11.00   | 13.70   | 21.40   | 26.70   | 33.20   | -      | 50.80   | 62.50   | -    |
| น้ำหนัก (กก.)            |                  | 19.10   | 23.60   | 36.20   | 44.70   | 54.80   | -      | 80.80   | 97.00   | -    |
| เส้นผ่าน ศก.ภายใน (มม.)  |                  | 538.00  | 532.60  | 517.20  | 506.60  | 493.60  | -      | 458.40  | 435.00  | -    |
| พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)  |                  | 2,273.3 | 2,227.9 | 2,100.9 | 2,015.7 | 1,913.6 | -      | 1,650.4 | 1,486.2 | -    |
| ราคา<br>(บาท/ม.)         | 1) Chanchai      | 3,621   | 4,434   | 6,410   | -       | 9,960   | -      | -       | -       | -    |
|                          | 2) CEMECO        | 3,146   | 3,925   | 5,966   | 7,325   | 8,941   | 10,800 | -       | -       | -    |
|                          | 3) U.N. Electric | -       | -       | -       | -       | -       | -      | -       | -       | -    |
|                          | 4) Sprinklethai  | -       | -       | 6,013   | 7,862   | 9,161   | 11,441 | -       | -       | -    |
|                          | 5) ราคาเฉลี่ย    | 3,384   | 4,180   | 6,130   | 7,594   | 9,354   | 11,121 | -       | -       | -    |
|                          | 6) ราคาโรงงาน    | 1,728   | -       | 3,276   | -       | -       | -      | -       | -       | -    |

| เส้นผ่าน ศก.ภายนอก (มม.) |                  | 630     |         |         |         |         |         |      |      |      |
|--------------------------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|------|------|
| ชั้น PN                  |                  | PN3.2   | PN4     | PN6.3   | PN8     | PN10    | PN12.5  | PN16 | PN20 | PN25 |
| ความหนา (มม.)            |                  | 12.30   | 15.40   | 24.10   | 30.00   | 37.40   | 57.20   | -    | -    | -    |
| น้ำหนัก (กก.)            |                  | 24.00   | 29.90   | 45.90   | 56.40   | 69.40   | 102.00  | -    | -    | -    |
| เส้นผ่าน ศก.ภายใน (มม.)  |                  | 605.40  | 599.20  | 581.80  | 570.00  | 555.20  | 515.60  | -    | -    | -    |
| พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)  |                  | 2,878.6 | 2,819.9 | 2,658.5 | 2,551.8 | 2,421.0 | 2,087.9 | -    | -    | -    |
| ราคา<br>(บาท/ม.)         | 1) Chanchai      | 4,571   | 5,610   | 8,114   | -       | 12,584  | -       | -    | -    | -    |
|                          | 2) CEMECO        | 3,981   | 4,952   | 7,537   | 9,278   | 11,301  | 13,684  | -    | -    | -    |
|                          | 3) U.N. Electric | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -    | -    | -    |
|                          | 4) Sprinklethai  | -       | -       | 7,594   | 9,946   | 11,576  | 14,477  | -    | -    | -    |
|                          | 5) ราคาเฉลี่ย    | 4,276   | 5,281   | 7,748   | 9,612   | 11,820  | 14,081  | -    | -    | -    |
|                          | 6) ราคาโรงงาน    | 2,186   | -       | 4,138   | -       | -       | -       | -    | -    | -    |



๘. บทที่ 6 การประมาณราคาโครงการ

| เส้นผ่าน ศก.ภายนอก (มม.) |                  | 1000    |         |         |         |         |        |      |      |      |
|--------------------------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|------|------|------|
| วัน PN                   |                  | PN3.2   | PN4     | PN6.3   | PN8     | PN10    | PN12.5 | PN16 | PN20 | PN25 |
| ความหนา (มม.)            |                  | 19.60   | 24.50   | 38.20   | 47.70   | 59.30   | -      | -    | -    | -    |
| น้ำหนัก (กก.)            |                  | 80.50   | 75.20   | 115.00  | 142.00  | 175.00  | -      | -    | -    | -    |
| เส้นผ่าน ศก.ภายใน (มม.)  |                  | 960.80  | 951.00  | 923.60  | 904.60  | 881.40  | -      | -    | -    | -    |
| พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)  |                  | 7,250.3 | 7,103.1 | 6,899.7 | 6,426.9 | 6,101.5 | -      | -    | -    | -    |
| ราคา<br>(บาท/ม.)         | 1) Chanchai      | 11,480  | 14,112  | 20,345  | -       | -       | -      | -    | -    | -    |
|                          | 2) CEMECO        | 10,123  | 12,552  | 19,188  | 23,551  | -       | -      | -    | -    | -    |
|                          | 3) U.N. Electric | -       | -       | -       | -       | -       | -      | -    | -    | -    |
|                          | 4) Sprinklethai  | -       | -       | 19,181  | 25,015  | -       | -      | -    | -    | -    |
|                          | 5) ราคาเฉลี่ย    | 10,802  | 13,332  | 19,571  | 24,283  | -       | -      | -    | -    | -    |
|                          | 6) ราคาโรงงาน    | 5,517   | -       | -       | -       | -       | -      | -    | -    | -    |

ตารางที่ 6-3 ราคากังหันชนิดเพลตันและคลอสโฟล

| Power Output (kW) | Pelton Turbine | Cross-flow |
|-------------------|----------------|------------|
| 5                 | 220,000        | 270,000    |
| 10                | 330,000        | 400,000    |
| 15                | 440,000        | 530,000    |
| 20                | 550,000        | 660,000    |
| 25                | 660,000        | 790,000    |
| 30                | 770,000        | 910,000    |
| 35                | 880,000        | 1,040,000  |
| 40                | 980,000        | 1,150,000  |

ตารางที่ 6-3 ราคากังหันชนิดเพลตันและคลอสโฟล (ต่อ)

| Power Output (kW) | Pelton Turbine | Cross-flow |
|-------------------|----------------|------------|
| 45                | 1,090,000      | 1,280,000  |
| 50                | 1,200,000      | 1,400,000  |
| 60                | 1,410,000      | 1,640,000  |
| 70                | 1,620,000      | 1,880,000  |
| 80                | 1,830,000      | 2,120,000  |
| 90                | 2,030,000      | 2,340,000  |
| 100               | 2,240,000      | 2,580,000  |
| 110               | 2,440,000      | 2,800,000  |
| 120               | 2,640,000      | 3,030,000  |
| 130               | 2,840,000      | 3,250,000  |
| 140               | 3,040,000      | 3,480,000  |
| 150               | 3,240,000      | 3,700,000  |
| 175               | 3,720,000      | 4,240,000  |
| 200               | 4,200,000      | 4,770,000  |

ตารางที่ 6-3 ราคากังหันชนิดเพลตันและคอสโฟล (ต่อ)

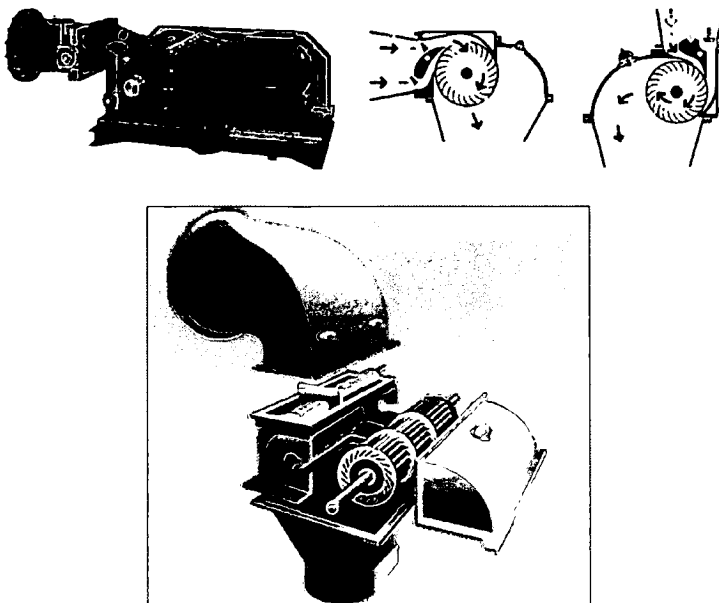
| Power Output (kW) | Pelton Turbine | Cross-flow |
|-------------------|----------------|------------|
| 250               | 5,120,000      | 5,790,000  |
| 300               | 6,000,000      | 6,760,000  |
| 350               | 6,830,000      | 7,680,000  |
| 400               | 7,630,000      | 8,560,000  |
| 450               | 8,380,000      | 9,380,000  |
| 500               | 9,100,000      | 10,170,000 |
| 600               | 10,400,000     | 11,580,000 |
| 700               | 11,540,000     | 12,820,000 |
| 800               | 12,520,000     | 13,880,000 |
| 900               | 13,330,000     | 14,750,000 |
| 1000              | 13,980,000     | 15,450,000 |

หมายเหตุ :1) ราคากังหัน คัดรวมเงินเนอเรเตอร์และระบบควบคุม

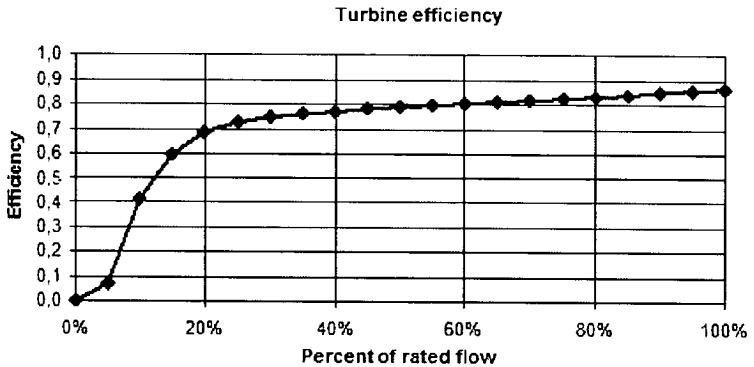
- 2) กังหันที่ผลิตในยุโรปและอเมริกา ราคาสูงกว่าค่าระบุในตารางประมาณ 3-5 เท่า
- 3) กังหันที่ผลิตในจีนและเวียดนาม ราคาต่ำกว่าค่าระบุในตารางประมาณ 2-3 เท่า
- 4) กังหันที่ได้จากการศึกษาวิจัยในประเทศไทย (ขนาดไม่เกิน 500 kW) ราคาต่ำกว่าที่ระบุในตารางประมาณ 1.5 เท่า

### 5.7.1 กังหันน้ำแบบน้ำไหลผ่าน

กังหันน้ำแบบน้ำไหลผ่าน (cross flow turbine) แสดงดังรูปที่ 5-20 เป็นแบบกังหันไหลผ่านแนวนอนวางขนานกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ท่อส่งน้ำก่อนเข้าเครื่องกังหันน้ำมีและมีช่องสำหรับทำความสะอาดท่อน้ำเข้าและตรวจบำรุงวงล้อกังหันน้ำระบบควบคุมน้ำเข้าเป็นแบบวาล์วปีกผีเสื้อ (Butterfly valve) วงล้อและเพลาลูกกลิ้งแบบ dynamic balance เพื่อให้การหมุนของระบบเป็นไปอย่างสมดุลมากที่สุด ประสิทธิภาพของเครื่องกังหันน้ำต้องไม่ต่ำกว่า 88 เปอร์เซ็นต์ ที่หัวน้ำออกแบบและปริมาณน้ำออกแบบการเชื่อมต่อกังหันน้ำกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นแบบสายพาน ติดตั้ง Over speed detector ที่เพลากังหัน เพื่อส่งสัญญาณหยุดการทำงานเครื่องกังหันน้ำ ประสิทธิภาพของกังหันน้ำแบบไหลผ่านแสดงดังรูปที่ 5-21



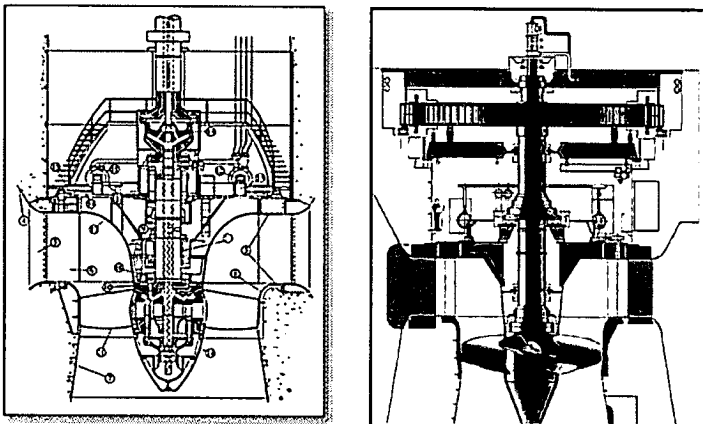
รูปที่ 5-20 กังหันน้ำแบบคอลสโพล



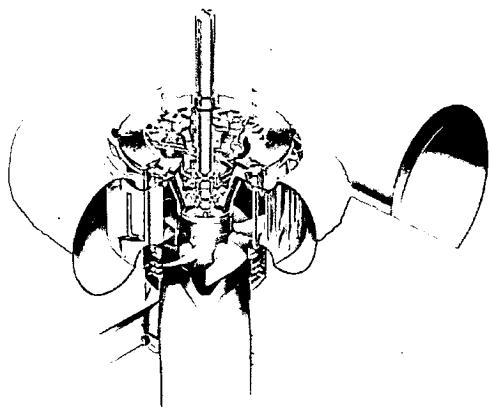
รูปที่ 5-21 ประสิทธิภาพของกังหันน้ำแบบไหลผ่าน (Cross-flow)

### 5.7.2 กังหันน้ำแบบใบจักรเรือ

เครื่องกังหันน้ำแบบใบจักรเรือที่เรียกว่าแบบ Kaplan ใช้สำหรับกรณีศักยภาพน้ำต่ำ (3 – 30 เมตร) แต่มีปริมาณการไหลมาก เครื่องกังหันน้ำชนิดนี้ประกอบด้วยเพลามีใบจักรหมุนในแนวแกน ซึ่งปรับมุมใบจักรได้ตามปริมาณการไหล ( $N = 50 - 250 \text{ rpm}$ ) แสดงส่วนประกอบของเครื่องกังหันดังในรูปที่ 5-22 ถึง 5-24



รูปที่ 5-22 ส่วนประกอบเครื่องกังหันน้ำแบบ Kaplan



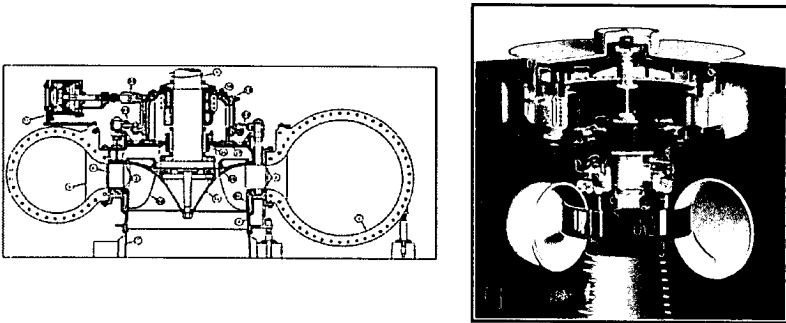
รูปที่ 5-23 เครื่องกังหันน้ำแบบ Kaplan



รูปที่ 5-24 ใบกังหันน้ำแบบ Kaplan

### 5.7.3 กังหันน้ำแบบหอยโข่ง

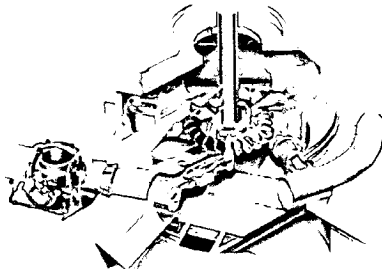
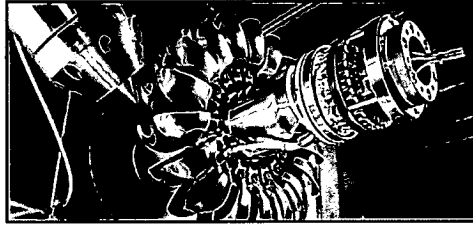
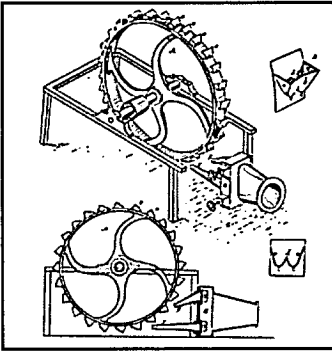
เครื่องกังหันน้ำแบบหอยโข่ง ที่เรียกว่าแบบ Francis แสดงดังรูปที่ 5-25 ที่มีบานบังคับน้ำเข้าสู่ช่องหมุนกังหัน ใช้สำหรับกรณีศักยภาพน้ำปานกลาง (20 – 600 เมตร) และมีปริมาณการไหลปานกลาง ( $N=150$  ถึง 600 rpm) นอกจากนี้ ยังมีเครื่องกังหันน้ำที่สามารถใช้เป็นเครื่องสูบน้ำโดยการกลับทิศทางการของใบพัด เรียกว่าเครื่องกังหันน้ำแบบกลับทิศทางได้ (Reversible pump turbine)



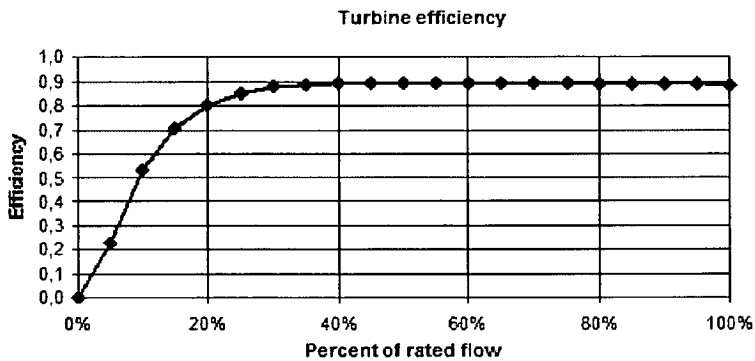
รูปที่ 5-25 เครื่องกังหันน้ำแบบฟรานซิส

### 5.7.4 กังหันน้ำแบบวงล้อ

เครื่องกังหันน้ำแบบวงล้อ แสดงดังรูปที่ 5-26 ที่เรียกว่าแบบ Pelton หรือ Turgo Impulse turbine รับน้ำเข้าหมุนวงล้อ ในลักษณะเป็นลำน้ำพ่นรุนแรง (เจ็ต) กระแทบถ้วยที่อยู่รอบขอบวงล้อด้วยแรงกระแทกของน้ำเหมาะสำหรับกรณีที่ปริมาณน้ำน้อยแต่มีศักยภาพน้ำสูง (>200 – 300 เมตร) ( $N = 200 - 1,000$  rpm) ประสิทธิภาพของกังหันน้ำแบบหัวฉีดแสดงดังรูปที่ 5-27



รูปที่ 5-26 เครื่องกังหันน้ำแบบเพลตัน



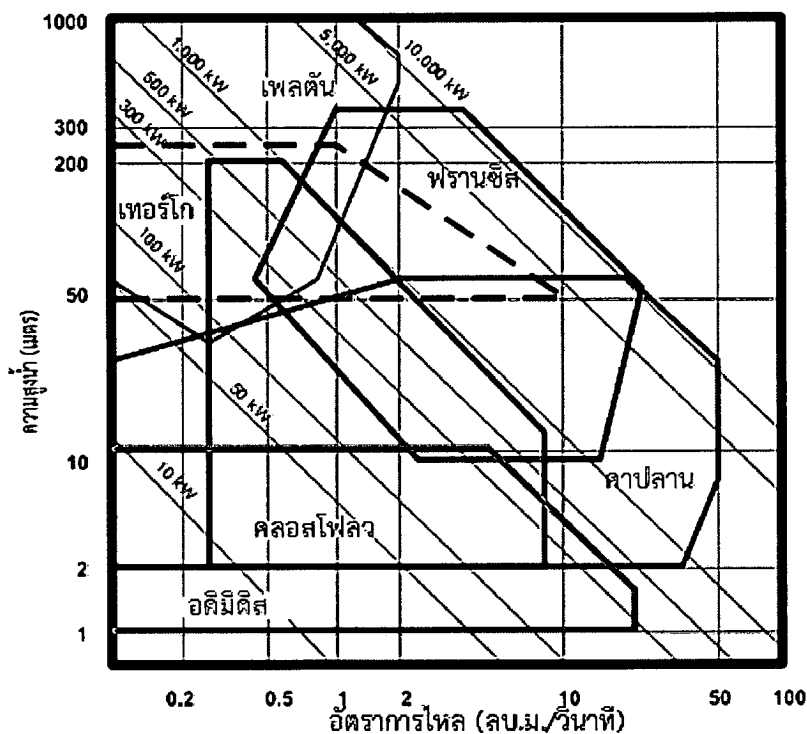
รูปที่ 5-27 ประสิทธิภาพของกังหันน้ำแบบหัวฉีด (Pelton)

แกนหมุนของเครื่องกังหันน้ำโดยมากมักอยู่ในแนวตั้ง แต่สำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานขนาดเล็กมักจะกำหนดให้แกนหมุนอยู่ในแนวนอน เครื่องกังหันน้ำมีอุปกรณ์ประกอบหลายอย่าง ซึ่งได้แก่ วาล์วน้ำเข้า ท่อน้ำเข้าเครื่องกังหันและเครื่องควบคุมความเร็ว เป็นต้น โดยการเลือกใช้กังหันน้ำสามารถเลือกใช้ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของน้ำและอัตราการไหลของน้ำ

อุปกรณ์ควบคุมรอบการหมุน มีความสำคัญมากสำหรับการรักษารอบการหมุนให้คงที่ไม่ว่าโหลดการใช้ไฟฟ้าจะเป็นอย่างไรก็ตาม นั่นคือ ต้องควบคุมการผลิตไฟฟ้าให้แรงดัน (โวลเทจ) และความถี่คงที่ (50 เฮิร์ตซ) อุปกรณ์ควบคุมนี้ทำงานโดยอาศัยวิธีทางกล หรือวิธีทางไฟฟ้าก็ได้ นอกจากนี้ ยังมีวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมโหลด สำหรับการควบคุมโดยวิธีทางกลนั้นใช้น้ำเป็นตัวควบคุมเมื่อความต้องการไฟฟ้าสูงขึ้น เครื่องกังหันน้ำมีแนวโน้มจะหมุนช้าลง อุปกรณ์ควบคุมจะเพิ่มปริมาณการไหล ทำให้รอบการหมุนกลับสู่ปกติ เมื่อความต้องการไฟฟ้าลดลง การทำงานก็กลับกัน สำหรับการควบคุมทางไฟฟ้า ตัวความต้านทานไฟฟ้าจะถูกใช้เพื่อดูดซับความแตกต่างในพลังงาน ในกรณีผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อแสงสว่างเพียงอย่างเดียว การควบคุมอัตราการไหลของน้ำเข้าสู่เครื่องกังหันน้ำสามารถใช้แทนการควบคุมรอบการหมุนแบบอัตโนมัติได้

การผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก คือ การแปลงพลังงานกลของเครื่องกังหันน้ำ ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าสำหรับผู้ใช้งานไฟฟ้า ดังนั้นทุกๆ ประเด็นของการออกแบบทางไฟฟ้าต้องทำให้เข้ากันได้ดีกับระบบไฟฟ้าที่ต้องการ เพื่อให้พลังงานที่ได้มีราคาถูก มั่นคง และเชื่อถือได้ เครื่องกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอาจต่อเข้าด้วยกันโดยตรง (ถ้ารอบของเครื่องกังหันน้ำสูงเพียงพอ) หรือต่อผ่านชุดเฟืองเพิ่มรอบ หรือใช้สายพานขับโดยเฉพาะ สำหรับกรณีค้ำยันน้ำต่ำ ที่สำคัญ คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าต้องได้รับการป้องกันจากสภาพการใช้งานที่ผิดปกติ เช่น ไฟรั่ว หรือ ฟ้าผ่าและการเลือกขนาดให้เหมาะสมกับความต้องการใช้

ไฟฟ้าในอนาคต และชนิดของเครื่องกังหันน้ำเพื่อให้ได้ความเร็รรอบที่ถูกต้อง การเลือกใช้ชนิดกังหันน้ำจากอัตราการไหลและความสูงของน้ำ แสดงดังรูปที่ 5-28



รูปที่ 5-28 การเลือกใช้ชนิดกังหันน้ำจากอัตราการไหลและความสูงของน้ำ

ตัวอย่างที่ 5.4 จากรูปการเลือกใช้ชนิดกังหันน้ำจากอัตราการไหลและความสูงน้ำข้างต้น  
ควรเลือกกังหันที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานกับท่อส่งน้ำเมื่อวัดอัตราการ  
ไหลได้ 0.2 ลบ.ม./วินาที ที่ระยะความสูงน้ำ 45 เมตร

วิธีเลือก ลากเส้นจากเส้นอัตราการไหล (แกนนอน) ที่จุด 0.2  $\text{m}^3/\text{s}$  ขึ้นไปด้าน  
จากนั้นลากเส้นตรงจากระยะความสูงน้ำ (แกนตั้ง) ที่ระยะ 45 เมตร  
ไปทางด้านขวามือ จุดตัดของเส้นทั้งสองเส้นดังกล่าวอยู่ในกรอบเส้นทึบ  
ของกังหันน้ำแบบเพลตัน ดังนั้นกังหันที่เหมาะสมกับการนำมาใช้งานคือ  
กังหันน้ำแบบเพลตัน ซึ่งผลิตทางกล (กำลังที่เพลากังหัน) ประมาณ 60kW  
(อ่านได้จากเส้นกำลังทางกลแนวทแยง)

## การประเมินความคุ้มค่าและการบริหารจัดการโรงไฟฟ้าชุมชน

โรงไฟฟ้าพลังน้ำสามารถใช้งานได้เป็นเวลานานหากมีการบำรุงรักษาอย่างเป็นระบบ ดังนั้นการประเมินความคุ้มค่าจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งเพราะการลงทุนเพื่อสร้างโรงไฟฟ้านั้นมีมูลค่าสูง และจะสูงยิ่งขึ้นเมื่อศักยภาพการผลิตไฟฟ้าสูงขึ้น

### 7.1 ปริมาณการผลิตไฟฟ้ารายปี

ประเมินจากศักยภาพน้ำที่ไหลตลอดทั้งปี เพื่อประเมินความสามารถในการผลิตไฟฟ้าได้หน่วยที่ใช้ระบุปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้คือ หน่วยกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง (kWh) หรือหน่วยยูนิต (Unit)

$$\text{ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้} = \text{กำลังไฟฟ้า (kW)} \times \text{จำนวนชั่วโมงที่ผลิตไฟฟ้า (hr)}$$

### 7.2 รายได้จากโรงไฟฟ้าพลังน้ำ

รายได้จากการขายไฟฟ้า อาจเป็นการขายให้กับภาครัฐบาล หรือเอกชน ชุมชนที่อยู่รอบข้าง โดยปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ นำมาคูณกับราคาไฟฟ้า

$$\text{รายได้จากการขายไฟฟ้า} = \text{จำนวนไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kWh)} \times \text{ราคาค่าไฟฟ้า (บาท/kWh)}$$

### 7.3 ค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการโรงไฟฟ้า

การบริหารจัดการที่ดีจะส่งผลให้การดำเนินการเป็นไปอย่างราบรื่น โดยเฉพาะการบริหารจัดการทางการเงิน การบริหารจัดการที่ดีส่งผลให้ค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปเพื่อการซ่อมบำรุงอุปกรณ์จะลดลง อีกทั้งยังทำให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์เป็นไปอย่างคุ้มค่ามากที่สุด สำหรับบริหารจัดการโรงไฟฟ้าประกอบด้วยค่าดูแลรักษาทั้งระบบและแรงงน ค่าบำรุงซ่อมแซมตลอดระยะเวลาการใช้งานโดยค่าซ่อมแซมสามารถประเมินได้เป็นรายปีและอื่นๆ

### 7.4 ความคุ้มค่าทางการเงิน

การใช้หลักการของอัตราผลตอบแทนการลงทุนสำหรับโครงการที่มีการวิเคราะห์ทางการเงินจะหาค่าผลตอบแทนทางการลงทุนเปรียบเทียบกับอัตราดอกเบี้ยในท้องตลาด ถ้าหากการคำนวณพบว่าอัตราดอกเบี้ยในท้องตลาดต่ำกว่าอัตราผลตอบแทนได้รับก็จะลงทุนดำเนินกิจการนั้น

### 7.5 ประโยชน์ทางอ้อมจากการดำเนินโครงการ

การรักษาป่าต้นน้ำ ผลกำไรที่ได้ที่ได้มาจากการขายไฟฟ้านำมาดูแลรักษาป่าปลูกป่าเพิ่มเติม ลงทุนด้านการศึกษาให้กับลูกหลาน สอดแทรกเนื้อหาสาระให้รู้ถึงคุณค่าของป่าต้นน้ำ นอกจากนี้ประโยชน์อีกประการที่ชาวบ้านได้รับคือชาวบ้านมีทางเลือกในเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าสำหรับใช้งานพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อการอุปโภค-บริโภคช่วยให้ชาวบ้านมีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น มีรายได้จากการทำเกษตรมากขึ้น ลดค่าใช้จ่ายในการจัดหาเชื้อเพลิง ส่งผลให้เกิดความมั่นคงทางครอบครัวและสังคมท้องถิ่น

ตารางที่ 6-1 การประมาณราคาวัสดุสำหรับโครงการ

| ลำดับ | รายการ                       | ราคาต่อหน่วย (บาท)           | หมายเหตุ         |
|-------|------------------------------|------------------------------|------------------|
| 1)    | ค่าก่อสร้างฝาย               | 80,000 – 500,000             | -                |
| 2)    | งานระบบท่อ                   | รายละเอียดแสดงดังตาราง 7.3-2 |                  |
| 3)    | ช่องระบายตะกอน 4 ชุด         | 10,000 – 40,000              | -                |
| 4)    | ช่องระบายอากาศ 1 ชุด         | 5,000 – 25,000               | -                |
| 5)    | วาล์วควบคุมน้ำ               | 30,000 – 120,000             | -                |
| 6)    | วาล์วลดแรงดัน                | 50,000 – 150,000             | -                |
| 7)    | ถังดักตะกอน                  | 50,000 – 200,000             | -                |
| 8)    | อาคารโรงไฟฟ้า                | 10,000 – 15,000              | ราคาต่อตารางเมตร |
| 9)    | กังหันผลิตไฟฟ้า              | รายละเอียดแสดงดังตาราง 7.3-3 |                  |
| 12)   | งานลานไถหม้อแปลง             | 100,000 – 200,000            | -                |
| 13)   | ระบบสายส่งแรงสูง             | ขึ้นอยู่กับกำลังการผลิต      |                  |
| 14)   | ค่าธรรมเนียมเชื่อมต่อภูมิภาค | ขึ้นอยู่กับกำลังการผลิต      |                  |

ตารางที่ 6-2 แสดงราคาต่อตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อ

| เส้นผ่าน ศก.ภายนอก (มม.) |                  | 200    |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ชั้น PN                  |                  | PN3.2  | PN4    | PN6.3  | PN8    | PN10   | PN12.5 | PN16   | PN20   | PN25   |
| ความหนา (มม.)            |                  | 3.90   | 4.90   | 7.70   | 9.60   | 11.90  | 18.20  | 18.20  | 22.40  | 27.40  |
| น้ำหนัก (กก.)            |                  | 2.46   | 3.05   | 4.69   | 5.78   | 7.05   | 10.45  | 10.40  | 12.40  | 14.80  |
| เส้นผ่าน ศก.ภายใน (มม.)  |                  | 192.20 | 190.20 | 184.60 | 180.80 | 176.20 | 163.60 | 163.60 | 155.20 | 145.20 |
| พื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.)  |                  | 290.1  | 284.1  | 267.6  | 256.7  | 243.8  | 210.2  | 210.2  | 189.2  | 165.6  |
| ราคา<br>(บาท/ม.)         | 1) Chanchai      | 463    | 561    | 810    | -      | 1,259  | -      | 1,781  | -      | -      |
|                          | 2) CEMECO        | -      | -      | 746    | 911    | 1,107  | 1,344  | 1,612  | 1,912  | 2,234  |
|                          | 3) U.N. Electric | -      | -      | 818    | 998    | 1,214  | 1,466  | 1,757  | -      | -      |
|                          | 4) Sprinklethai  | -      | -      | 761    | 988    | 1,147  | 1,439  | 1,703  | -      | -      |
|                          | 5) ราคาเฉลี่ย    | 463    | 561    | 784    | 966    | 1,182  | 1,416  | 1,713  | 1,912  | 2,234  |
|                          | 6) ราคาโรงงาน    | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      |

| เส้นผ่าน ศก.ภายนอก (มม.) |                  | 250    |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ชั้น PN                  |                  | PN3.2  | PN4    | PN6.3  | PN8    | PN10   | PN12.5 | PN16   | PN20   | PN25   |
| ความหนา (มม.)            |                  | 4.90   | 6.20   | 9.60   | 11.90  | 14.80  | 22.70  | 22.70  | 27.90  | 34.20  |
| น้ำหนัก (กก.)            |                  | 3.83   | 4.83   | 7.30   | 8.93   | 11.00  | 16.27  | 16.20  | 19.40  | 23.00  |
| เส้นผ่าน ศก.ภายใน (มม.)  |                  | 240.20 | 237.60 | 230.80 | 226.20 | 220.40 | 204.60 | 204.60 | 194.20 | 181.60 |
| พื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.)  |                  | 453.1  | 443.4  | 418.4  | 401.9  | 381.5  | 328.8  | 328.8  | 296.2  | 259.0  |
| ราคา<br>(บาท/ม.)         | 1) Chanchai      | 713    | 871    | 1,259  | -      | 1,947  | -      | 2,778  | -      | -      |
|                          | 2) CEMECO        | -      | -      | 1,171  | 1,438  | 1,759  | 2,125  | 2,546  | 3,030  | 3,543  |
|                          | 3) U.N. Electric | -      | -      | 1,264  | 1,551  | 1,898  | 2,282  | 2,734  | -      | -      |
|                          | 4) Sprinklethai  | -      | -      | 1,176  | 1,541  | 1,835  | 2,240  | 2,652  | -      | -      |
|                          | 5) ราคาเฉลี่ย    | 713    | 871    | 1,204  | 1,510  | 1,831  | 2,216  | 2,644  | 3,030  | 3,543  |
|                          | 6) ราคาโรงงาน    | 431    | 534    | 654    | 802    | 982    | 1,186  | -      | -      | -      |

| เส้นผ่าน ศก.ภายนอก (มม.) |                  | 315    |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ชั้น PN                  |                  | PN3.2  | PN4    | PN6.3  | PN8    | PN10   | PN12.5 | PN16   | PN20   | PN25   |
| ความหนา (มม.)            |                  | 6.20   | 7.70   | 12.10  | 15.00  | 18.70  | 28.60  | 28.60  | 35.20  | 43.10  |
| น้ำหนัก (กก.)            |                  | 6.12   | 7.52   | 11.60  | 14.20  | 17.40  | 25.81  | 25.60  | 30.80  | 36.50  |
| เส้นผ่าน ศก.ภายใน (มม.)  |                  | 302.60 | 299.60 | 290.80 | 285.00 | 277.60 | 257.80 | 257.80 | 244.60 | 228.80 |
| พื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.)  |                  | 719.2  | 705.0  | 664.2  | 637.9  | 605.2  | 522.0  | 522.0  | 469.9  | 411.2  |
| ราคา<br>(บาท/ม.)         | 1) Chanchai      | 1,129  | 1,388  | 1,999  | -      | 3,087  | -      | 4,393  | -      | -      |
|                          | 2) CEMECO        | 983    | 1,228  | 1,858  | 2,287  | 2,793  | 3,372  | 4,049  | 4,809  | 5,624  |
|                          | 3) U.N. Electric | -      | 1,326  | 2,006  | 2,468  | 3,014  | 3,620  | 4,348  | -      | -      |
|                          | 4) Sprinklethai  | -      | -      | 1,866  | 2,444  | 2,904  | 3,557  | 4,211  | -      | -      |
|                          | 5) ราคาเฉลี่ย    | 1,056  | 1,277  | 1,910  | 2,400  | 2,904  | 3,516  | 4,203  | 4,809  | 5,624  |
|                          | 6) ราคาโรงงาน    | 548    | 685    | 1,037  | 1,276  | 1,570  | 1,918  | 2,225  | -      | -      |

## 7.6 การบริหารจัดการโรงไฟฟ้าชุมชน

การบริหารจัดการที่ดีย่อมส่งผลให้การดำเนินการเป็นไปอย่างราบรื่น และดำเนินไปได้ยาวนานอย่างเป็นระบบ นอกจากนี้การบริหารจัดการที่ดียังส่งผลให้ระยะ เวลาการคืนทุนหลังจากการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าได้เร็วขึ้น เพราะการจัดการที่ดีจะรวมถึงการซ่อมบำรุงตามระยะเวลาที่เหมาะสม เพื่อลดค่าซ่อมแซมเมื่อเกิดการชำรุด และลดความเสี่ยงที่จะต้องหยุดการผลิตอย่างชะงักเพราะการชำรุดของอุปกรณ์

### 7.6.1 หลักการจัดการโรงไฟฟ้า

การบริหารจัดการที่ดี ต้องมีการวางระเบียบกฎเกณฑ์อย่างชัดเจน โดยเฉพาะการบริหารจัดการด้านการเงิน เมื่อมีการซื้อขายไฟฟ้า การแบ่งปันปันส่วนกลับไปสู่การฟื้นฟูป่าหรือเป็นทุนการศึกษาแก่ลูกหลานในชุมชนเป็นการบริหารจัดการรากฐานของครอบครัวและหมู่บ้านเพื่อนำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืนของคนในสังคม

### 7.6.2 การบริหารจัดการโรงไฟฟ้า

- 1) การจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ
- 2) การสร้างความรู้ ความเข้าใจ และความร่วมมือให้คน (เจ้าของ, คนทำงาน, ลูกค้า, คนนอก)
- 3) การจัดการระบบผลิตและส่งกระแสไฟฟ้าให้อยู่ในสภาพดี (ท่อส่งน้ำ, เครื่องจักร, สายส่ง, ฯลฯ)

- 4) การมีระบบบริหารที่ดี (การเงิน, บัญชี, สื่อสาร, กระจายประโยชน์, การทำงาน  
 อย่างเป็นระบบแบบมืออาชีพ, ความคล่องตัวในการทำงาน การตัดสินใจ  
 แก้ปัญหาเร่งด่วน)
- 5) การสร้างและธำรงไว้ซึ่งอุดมการณ์ต่อส่วนรวมและอำนาจในการต่อรอง

### 7.6.3 การดำเนินการโรงไฟฟ้า การดำเนินการมีประเด็นหลักๆดังนี้

- 1) มุ่งมั่นผลิตไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดควบคู่ไปกับการดำเนินงานเพื่อ  
 สร้างความพึงพอใจให้กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกฝ่าย
- 2) ปฏิบัติตามกฎหมาย รวมทั้ง ระเบียบ ข้อบังคับทางราชการ และข้อกำหนด  
 ต่างๆ ในด้านคุณภาพความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อม  
 ที่เกี่ยวข้องอย่างเคร่งครัด
- 3) ควบคุม ปรับปรุง กระบวนการผลิต และกิจกรรมการดำเนินงานต่าง ๆ ไม่ให้  
 เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึง บริหารจัดการให้ใช้ทรัพยากรอย่าง  
 คุ้มค่า และเหมาะสม เพียงพอ
- 4) ควบคุมดูแลในเรื่องอาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน  
 เพื่อหลีกเลี่ยงอุบัติเหตุ การบาดเจ็บหรือการเจ็บป่วยจากการทำงาน และเพื่อ  
 เสริมสร้างสุขภาพที่ดีให้แก่ผู้ปฏิบัติงาน
- 5) ดำเนินกิจการ ควบคู่กับการส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตของชุมชน  
 ตลอดจนความรับผิดชอบต่อสังคมเพื่อนำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน

แบบฝึกหัดท้ายเล่ม

ตอนที่ 1 ทดสอบทัศนคติช่างไฟฟ้าพลังน้ำ

ตอนที่ 2 ทดสอบทักษะวิชาช่างไฟฟ้าพลังน้ำ

ตอนที่ 1 ทดสอบทัศนคติช่างโรงไฟฟ้าพลังน้ำ

ข้อที่ 1) ท่านจ่ายค่าไฟฟ้าประมาณเดือนละ “กี่บาท”

ตอบ \_\_\_\_\_

ข้อที่ 2) ท่านพอทราบหรือไม่ว่าไฟฟ้าที่ท่านใช้ “ผลิตมาจากแหล่งพลังงานอะไร”

ตอบ \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

ข้อที่ 3) เหตุใดที่เราจะต้องคืนเงินเพื่อหา “พลังงานทดแทน”

ตอบ \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

ข้อที่ 4) ท่านรู้จัก “พลังงานหมุนเวียน” อะไรบ้าง จงอธิบาย

ตอบ \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

ข้อที่ 5) ท่านคิดว่า “ไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กในพื้นที่ภาคใต้” มีจุดแข็งดีกว่า “พลังงานแสงอาทิตย์” อย่างไรบ้าง จงอธิบาย

ตอบ \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

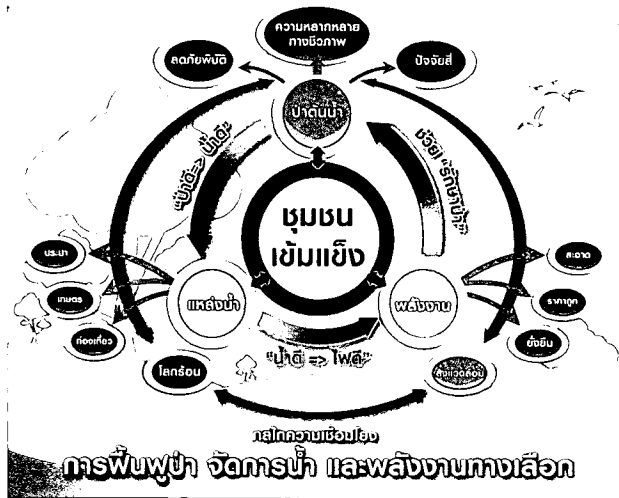
ข้อที่ 6) ท่านคิดว่า “ไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กในพื้นที่ภาคใต้” มีความได้เปรียบกว่า “พลังงานลม” อย่างไรบ้าง จงอธิบาย

ตอบ \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

ข้อที่ 7) ท่านคิดว่า “ไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กในพื้นที่ภาคใต้” มีความได้เปรียบกว่า “พลังงานชีวมวล” อย่างไรบ้าง จงอธิบาย

ตอบ \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## ຈົງຂໍຮືບພາຍ



ตอบ \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ข้อที่ 9) ท่านคิดว่า “พอจะมีวิธีฟื้นฟูป่าไม้ของประเทศไทย” ด้วยวิธีการใดบ้าง

ตอบ \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ข้อที่ 10) ท่านคิดว่า “ป่าไม้จะช่วยบรรเทาปัญหามลพิษพิบัติธรรมชาติ” ได้อย่างไรบ้าง

ก) ปัญหาอุทกภัย

ตอบ \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ข) ปัญหามลพิษ

ตอบ \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ค) ปัญหาดินถล่ม

ตอบ \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

ข้อที่ 11) ท่านมี “ทัศนคติต่อโรงไฟฟ้าพลังน้ำชุมชนภาคใต้” อย่างไรบ้าง

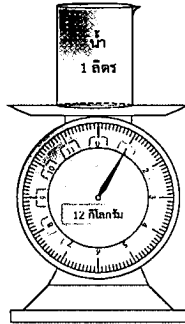
ตอบ \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

ข้อที่ 12) ถ้าท่านริเริ่มจะทำ “โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก” เพื่อใช้ในชุมชนของท่าน ท่านเป็นห่วง กังวล และขัดข้องประการใดบ้าง

ตอบ \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

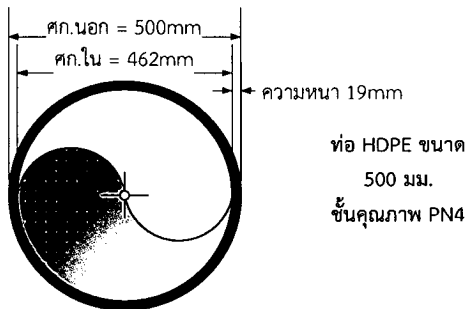
ตอนที่ 2 ทดสอบทักษะวิชาช่างไฟฟ้าพลังน้ำ

ข้อที่ 1) “น้ำ” ที่มีปริมาตร 1 ลิตร มีมวลกี่กิโลกรัม



ตอบ \_\_\_\_\_

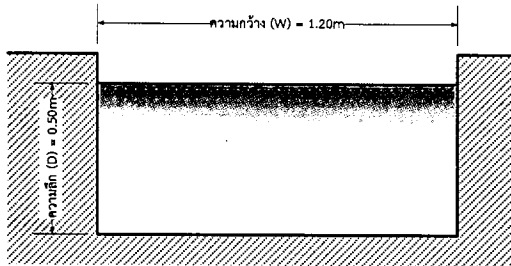
ข้อที่ 2) ท่อส่งน้ำ HDPE ขนาด 500 มิลลิเมตร ชั้นคุณภาพ PN4 มีความหนา 19 มิลลิเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 462 มิลลิเมตร จงคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดการไหลในท่อ (แนะนำ : พื้นที่หน้าตัดท่อกกลม  $A = \frac{\pi}{4} D^2$  หรือ  $A = 0.7854 D^2$  )



ตอบ \_\_\_\_\_

- ข้อที่ 3) คูระบายน้ำคอนกรีตเสริมเหล็ก มีความกว้าง 1.20 เมตร น้ำลึก 0.50 เมตร จงคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดการไหล

แนะนำ : พื้นที่หน้าตัดรายน้ำสี่เหลี่ยมพื้นผ้า  $A = WD$

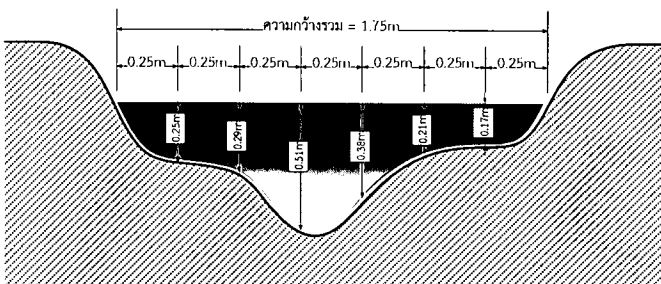


ตอบ \_\_\_\_\_

- ข้อที่ 4) ลำธารมีหน้าตัดการไหลดังแสดงในรูป มีความกว้างรวม 1.75 เมตร

จงคำนวณหาพื้นที่หน้าตัด

แนะนำ : พื้นที่หน้าตัดลำธาร  $A = \frac{W}{N}(D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_N)$



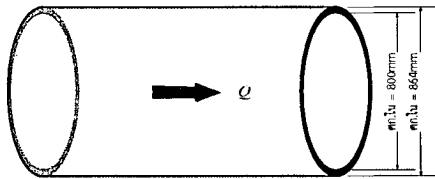
ตอบ \_\_\_\_\_

ข้อที่ 5) น้ำไหลในท่อเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน ( $D_i$ ) 800 มิลลิเมตร

ด้วยอัตราการไหล ( $Q$ ) เท่ากับ 0.90 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

จงคำนวณหาความเร็วเฉลี่ย ( $V$ ) ของการไหลในท่อ

(แนะนำ : ความเร็วในท่อกลม  $V = \frac{Q}{A}$  โดย  $A = 0.7854D^2$ )



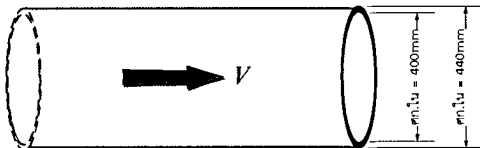
ตอบ \_\_\_\_\_

ข้อที่ 6) น้ำไหลในท่อด้วยความเร็วเฉลี่ย ( $V$ ) เท่ากับ 2.50 เมตรต่อวินาที

ในท่อประปาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน ( $D_i$ ) 400 มิลลิเมตร

จงคำนวณหาอัตราการไหล ( $Q$ ) (แนะนำ : อัตราการไหล  $Q = AV$

โดยพื้นที่ท่อ  $A = 0.7854D^2$ )

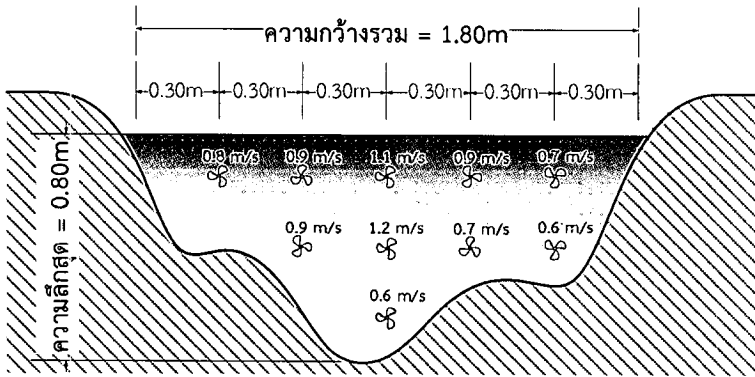


ตอบ \_\_\_\_\_

ข้อที่ 7) ทำการตรวจวัดความเร็ว ณ จุดต่างๆ ที่หน้าตัดหนึ่งในลำธาร จำนวน

10 ค่าดังแสดงในรูป จงคำนวณหาค่าความเร็วเฉลี่ย

แนะนำ : ความเร็วเฉลี่ย  $V = \frac{(V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_N)}{N}$



ตอบ \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

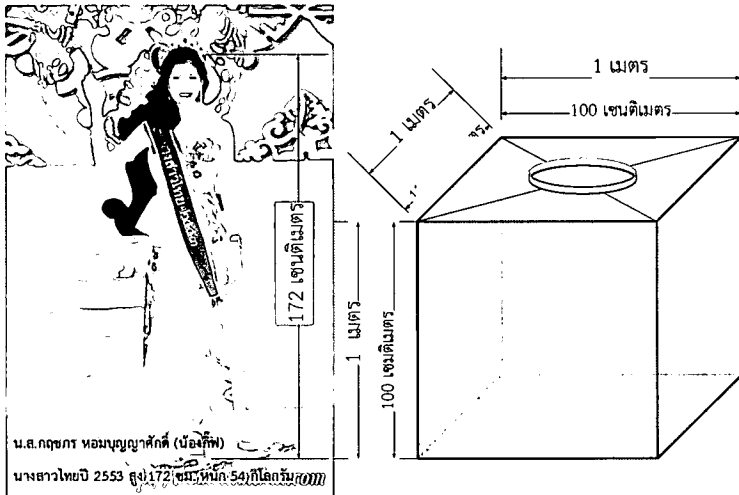
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- ข้อที่ 8) บรรจุน้ำลงในถังสี่เหลี่ยมขนาดความกว้าง 1 เมตร ยาว 1 เมตร และสูง 1 เมตร ดังแสดงในรูปให้เติม เพื่อให้เกิดมโนทัศน์ที่ดี จะเปรียบเทียบขนาดถังกับความสูงของ “น้องก๊ฟ” จงคำนวณว่าน้ำในถังมี “มวล” กี่กิโลกรัม



ตอบ \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ข้อที่ 9) เปิดน้ำให้ไหลลงในถังความจุ 5 ลิตร พบว่าต้องรอเวลาถึง 20 วินาที

น้ำถึงจะเต็มถัง จงคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำ



ตอบ \_\_\_\_\_

ข้อที่ 10) จงอธิบายเหตุผล ที่เลือกใช้ท่อ HDPE สำหรับโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก

อธิบาย 1) \_\_\_\_\_

2) \_\_\_\_\_

3) \_\_\_\_\_

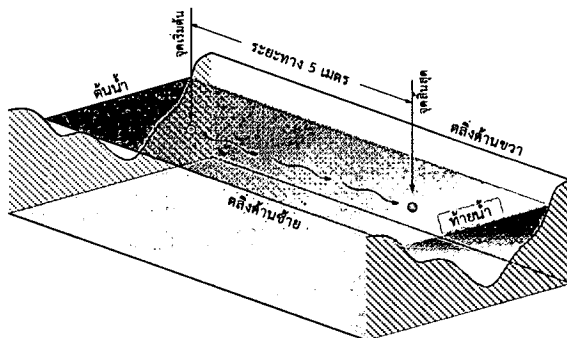
4) \_\_\_\_\_

5) \_\_\_\_\_

6) \_\_\_\_\_

- ข้อที่ 11) จากการตรวจวัดปริมาณการไหลในลำธารของน้ำตกวังสายทอง จังหวัดสตูล ในกลางเดือนมีนาคม ขณะเดินสำรวจพบว่า มีร่องน้ำที่ค่อนข้างตรง หน้าตัด สม่่าเสมอ เหมาะสมแก่การตรวจวัดการไหลด้วยทุ่นลอย จึงปล่อยลูกปิงปองจาก จุดเริ่มต้น ให้ไหลตามน้ำมายังจุดสิ้นสุด เป็นระยะทาง 5 เมตร พร้อมทั้งจับเวลา ทำซ้ำ 5 ครั้ง ได้ผลการตรวจวัดดังแสดงในตาราง

| ทดลองที่   | จับเวลา (วินาที) | หมายเหตุ                  |
|------------|------------------|---------------------------|
| ครั้งที่ 1 | 15               | ช่วงของการไหล = 5.00 เมตร |
| ครั้งที่ 2 | 16               | ช่วงของการไหล = 5.00 เมตร |
| ครั้งที่ 3 | 15               | ช่วงของการไหล = 5.00 เมตร |
| ครั้งที่ 4 | 14               | ช่วงของการไหล = 5.00 เมตร |
| ครั้งที่ 5 | 15               | ช่วงของการไหล = 5.00 เมตร |



จากข้อมูลดังกล่าว

ก) จงหาความเร็วของการตรวจวัดทั้ง 5 ครั้ง

ข) จงหาความเร็วเฉลี่ยของการไหล

ตอบ ก) \_\_\_\_\_

ตอบ ข) \_\_\_\_\_

ข้อที่ 12) ในการตรวจวัดการไหลของน้ำในลำธารแห่งหนึ่งได้ทำการหยั่งความลึกเพื่อสำรวจหน้าตัด ควบคู่กับการใช้ใบพัดเพื่อตรวจวัดความเร็ว ได้ผลการสำรวจดังแสดงในรูป จงคำนวณหา

ก) ความเร็วเฉลี่ยของการไหล

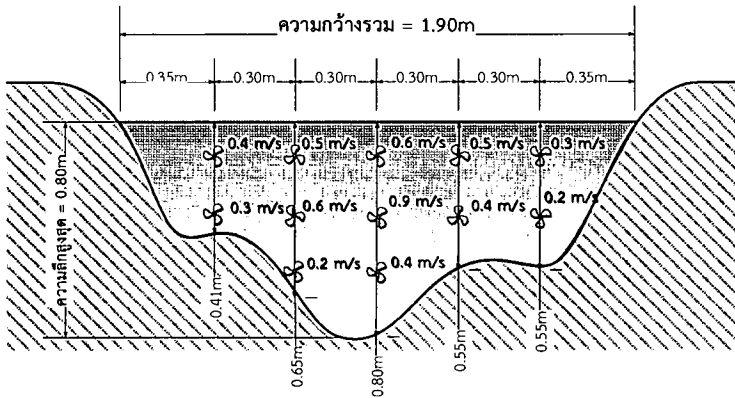
$$\text{แนะนำ : ความเร็วเฉลี่ย } V = \frac{(V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_N)}{N}$$

ข) พื้นที่หน้าตัดของการไหล

$$\text{แนะนำ : พื้นที่หน้าตัด } A = \frac{W}{N}(D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_N)$$

ค) อัตราการไหลในลำธาร

$$\text{แนะนำ : อัตราการไหล } Q = AV$$



ตอบ \_\_\_\_\_

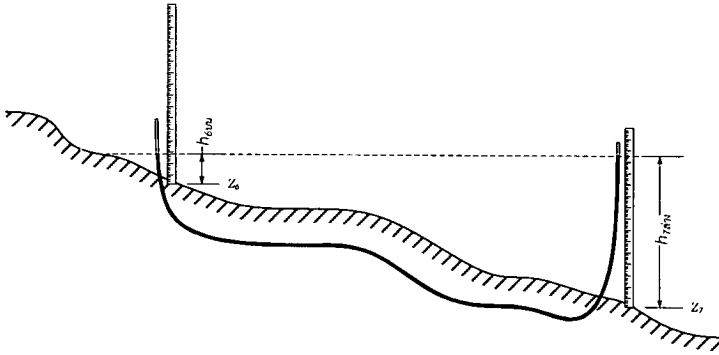
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- ข้อที่ 13) ทำการสำรวจแนวระดับตั้งแต่ต้นน้ำจากฝาย ลงมายังจุดที่ 6 และ 7 ถ้าพบว่าระดับพื้นดิน  $Z_6$  เท่ากับ 149.5 ม. (ระดับสมมุติ) อ่านค่าระดับน้ำที่จุด 6 ( $h_{6bn}$ ) ได้ 0.20 เมตร และอ่านค่าระดับน้ำที่จุด 7 ( $h_{7ล่าง}$ ) ได้ 1.85 เมตร จงคำนวณหาค่าระดับพื้นดิน  $Z_7$



ตอบ \_\_\_\_\_

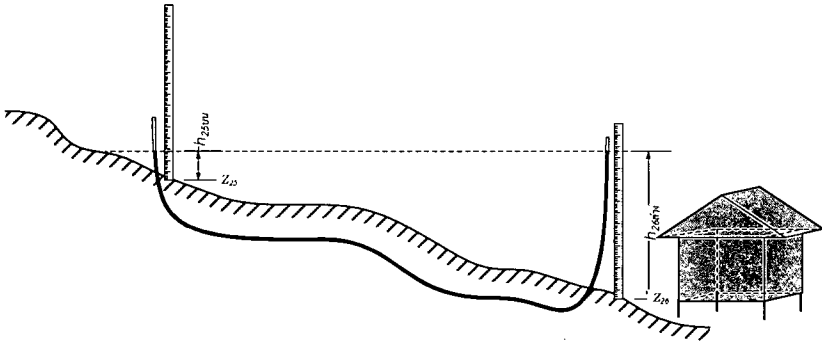
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ข้อที่ 14) ทำการสำรวจแนวระดับตั้งแต่ฝาย ซึ่งมีค่าระดับ  $Z_1$  เท่ากับ 200.0 ม. (ระดับสมมุติ) ถ่ายค่าระดับความสูงลงมา กระทั่งถึงหมุดคูที่ 25 และ 26 โดยที่หมุด 27 เป็นที่ตั้งของอาคารโรงไฟฟ้า ดังแสดงในรูป ถ้าพบว่าระดับพื้นดิน  $Z_{25}$  เท่ากับ 168.75 ม. อ่านค่าระดับน้ำที่จุด 25 ( $h_{25bn}$ ) ได้ 0.23 เมตร และอ่านค่าระดับน้ำที่จุด 26 ( $h_{26sn}$ ) ได้ 1.91 เมตร จงคำนวณหาค่าระดับจากฝายมายังอาคารโรงไฟฟ้า



ตอบ \_\_\_\_\_

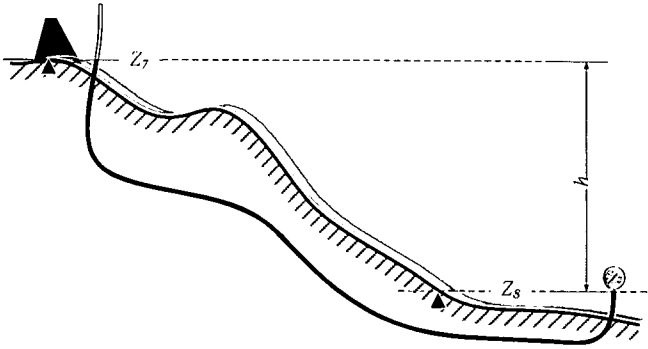
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- ข้อที่ 15) ใช้มาตรวัดความดันในการสำรวจค่าระดับของแหล่งน้ำแห่งหนึ่งการตรวจวัดจากปลายสายยาง ณ จุดที่ 7 มายังมาตรวัดความดัน ณ จุดที่ 8 อ่านค่าความดันได้เท่ากับ 132 กิโลปาสคาล (kPa) จงคำนวณหาค่าระดับต่าง ( $h$ ) กำหนดค่าหน่วยน้ำหนักของน้ำ ( $\gamma$ ) ประมาณ 10,000 นิวตัน/ลูกบาศก์เมตร



ตอบ \_\_\_\_\_

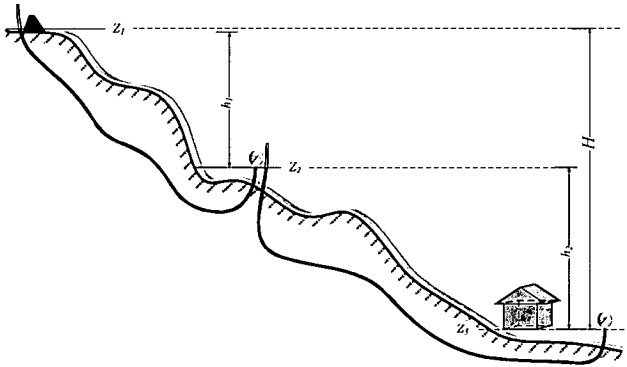
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- ข้อที่ 16) ใช้มาตรวัดความดันเพื่อสำรวจค่าระดับความสูงจากฝายกำหนดให้เป็นจุดที่ 1 ซึ่งมีค่าระดับ  $Z_1$  เท่ากับ 300.0 ม. (ระดับสมมุติ) จากนั้นถ่ายค่าระดับมายังจุดที่ 2 ซึ่งอ่านค่าความดันได้เท่ากับ 238 กิโลปาสคาล (kPa) จากนั้นได้ถ่ายค่าระดับจากจุดที่ 2 ลงมายังจุดที่ 3 ซึ่งเป็นที่ตั้งอาคารโรงไฟฟ้า โดยที่อ่านค่าความดันได้ 252 กิโลปาสคาล (kPa) จงคำนวณหาค่าศักย์น้ำจากฝายมายังอาคารโรงไฟฟ้า ( $H$ ) กำหนดค่าหน่วยน้ำหนักของน้ำ ( $\gamma$ ) เท่ากับ 10,000 นิวตัน/ลูกบาศก์เมตร



ตอบ \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

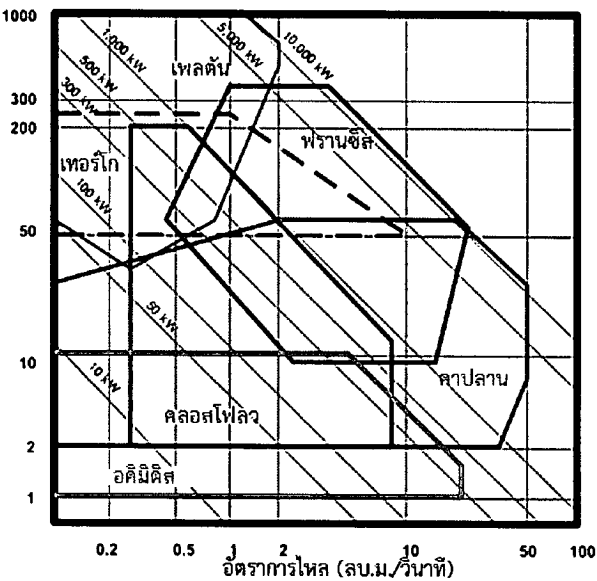
\_\_\_\_\_

ข้อที่ 17) ผลการสำรวจข้อมูลเพื่อออกแบบโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กแห่งหนึ่งซึ่งมีค่า ศักย์น้ำ ( $H$ ) รวม 87 เมตร ถ้ากำหนดให้ปริมาณน้ำ ( $Q$ ) เท่ากับ 0.20 ลบ.ม. ต่อวินาที

ก) จงคำนวณหาศักยภาพไฟฟ้าพลังน้ำ

แนะนำ : ศักยภาพไฟฟ้าพลังน้ำ  $P = \gamma QH$

ข) จากรูปที่กำหนด จงเลือกใช้กังหันที่เหมาะสม



ตอบ \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ข้อที่ 18) ต้องการผันน้ำจากอ่างเก็บน้ำคลองดินแดง อำเภอพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งมีค่าศักย์น้ำ ( $H$ ) เพียง 12 เมตร โดยผันน้ำเข้าระบบในอัตรา ( $Q$ ) เท่ากับ 3.0 ลบ.ม.ต่อวินาที

ก) จงคำนวณหาศักยภาพไฟฟ้าพลังน้ำ

แนะนำ : ศักยภาพไฟฟ้าพลังน้ำ  $P = \gamma QH$

ข) จงใช้รูปในข้อที่ 12 จงเลือกใช้กังหันที่เหมาะสม

ตอบ \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

ข้อที่ 19) โรงไฟฟ้าพลังน้ำชุมชนคลองเรือมีกำลังการผลิต 100 กิโลวัตต์ ถ้าในเดือนตุลาคมมีปริมาณน้ำที่มากเกินไปพอโรงไฟฟ้าสามารถผลิตได้เต็มที่จงคำนวณหา “หน่วยไฟฟ้า” ที่ผลิตได้ในเดือนตุลาคม

ตอบ \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

ข้อที่ 20) ในการวิเคราะห์รายได้จากโรงไฟฟ้าพลังน้ำชุมชนลำพะยา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา มีกำลังการผลิต 50 กิโลวัตต์ ถ้าในเดือนกันยายน โรงไฟฟ้ามีแพลนท์แฟคเตอร์ (Plant Factor) เท่ากับ 80% ผลิตไฟฟ้าได้ดังนี้

$$\text{จำนวนหน่วยไฟฟ้า} = 0.80 \times 50 \text{ กิโลวัตต์} \times 30 \text{ วัน} \times 24 \text{ ชั่วโมง}$$

$$= 28,800 \text{ หน่วย}$$

ถ้าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาครับซื้อไฟฟ้าในอัตรา 2.50 บาทต่อหน่วย และรัฐบาลให้เงินสนับสนุนอีก 1.50 บาทต่อหน่วย จงคำนวณหารายได้จากการขายไฟฟ้าในเดือนกันยายน

ตอบ \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ข้อที่ 21) ไฟฟ้าพลังน้ำชุมชนคีรีเขตตำบลคีรีเขต อำเภอธารโต จังหวัดยะลา มีกำลังการผลิต 200 กิโลวัตต์ ถ้าในเดือนมกราคม โรงไฟฟ้ามีแฟลนทแฟคเตอร์ (Plant Factor) เท่ากับ 0.75 ถ้าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาครับซื้อไฟฟ้าในอัตรา 2.50 บาทต่อหน่วย และรัฐบาลให้เงินสนับสนุนอีก 0.80 บาทต่อหน่วย จงคำนวณหารายได้จากการขายไฟฟ้าในเดือนมกราคม

ตอบ \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_