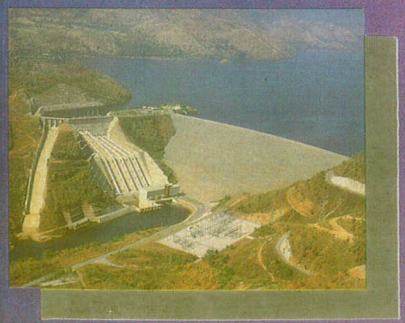
ISSN 0857 – 2380 ปีที่ 1 ฉบับที่ 3 กันยายน – ธันวาคม 2529

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วารสารการวิจัยและพัฒนา

คุณภาพลัน อ่าน....

- เพชรพลอยกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- เทคโนโลยีสำหรับชาวชนบท
- เข่งลำไย
- แผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์
- นกเจ้าฟ้า



รายงานพิเศษ... การพัฒนาพลังไฟฟ้าฯลฯ

20-

วับวาว...เร้าใจ...สไตล์เฉียบขาด

"เดอะพลาซ่า สวีท" ห้องน้ำชุดหรู สไตล์ล่าสุดจากคอลเลคชั่นเครื่องสุขภัณฑ์ชั้นเยี่ยมของอเมริกันสแตนดาร์ด สีสันเร้าใจ เนื้อกระเบื้องวิเทรียสไชน่า เงาวาววับ

"เดอะพลาซ่า สวีท" ผลิตสไตล์รูปทรงใหม่ เน้นการเล่นเส้นมุมให้สวยเฉียบ สมบูรณ์พร้อมคุณภาพและรสนิยม ทั้งยังมีชุดเล็ก "พลาซ่า พีทีท" สำหรับห้องน้ำขนาดกะทัดรัดของคุณด้วย

AMERICAN STANDARD

SANITARYWARE (THAILAND) LTD.

อเมริกันสแตนดาร์ด ผู้นำด้านสุขภัณฑ์

วารสารวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

สารบัญ

ปีที่ 1 ฉบับที่ 3 กันยายน-ธันวาคม 2529

16. JAN. 1989

LIBRARY TISTR

บทบรรณาธิการ 1

เช่งลำไย 3

แผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ (Wood-wool Cement Slabs) 11

การใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาคุณภาพของรัตนชาติ 27

ในวงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 35

วท.บันทึก 40

นกเจ้าฟ้า 43

ข่าวเทคโนโลยี สำหรับชาวชนบท 47

งานบริการวิศวกรรมที่ปรึกษา กับเศรษฐกิจของประเทศไทย 57

การไฟฟ้าในประเทศไทย 61

การเลือกที่ตั้ง และการออกแบบงานโยธาสำหรับไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก 75

การพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำห้วยสะพานหิน จังหวัดจันทบุรี 93

แนวทางสำหรับการเลือกชนิดและที่ตั้งเขื่อน 103

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เจ้าของ
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

ที่ปรึกษา
นายวิชิตวงศ์ ณ ป้อมเพชร
นายสมิทธิ์ คำเพิ่มพูล
นายสันทัด โรจนสุนทร
นายเย็นใจ เลาหวณิช

ผู้จัดการ
นายพงศ์พัน วรสุนทโรสถ

ผู้ช่วยผู้จัดการ
นางวัลย์ลดา หงส์ทอง

บรรณาธิการ, ผู้พิมพ์, ผู้โฆษณา
นายประพันธ์ บุญกลิ่นขจร

ผู้ช่วยบรรณาธิการ
นางนงพงา จิตรกร

กองบรรณาธิการ
น.ส.พูนศุข อัตถะสัมปุณณะ
นางลดาวัลย์ โชติมงคล
นางสุนันทา รามัญวงศ์
นายสมศักดิ์ ศุภรรัตน์

ฝ่ายศิลป์
นายดิเรก รอดสวาสดิ์
นายจิรศักดิ์ เพ็ชรวิภาต
นายเรวัต วิบูลย์ศิริชัย
นายสุเทพ โลหะจรูญ

ฝ่ายภาพ
นายอำนวย มั่งมีศรี
นายสมศักดิ์ ศรีสุทธิยากร

ฝ่ายจัดพิมพ์
นายอำพน สว่างพันธุ์
นายวัฒนา วิสารทานนท์

ฝ่ายการเงิน
นางวัฒนา คลี่สุวรรณ

ฝ่ายประชาสัมพันธ์
นางนิรมล เรียบร้อยเจริญ

พิมพ์ที่ ห้างหุ้นส่วนจำกัด พันนี่พับบลิชชิ่ง 549/1 ซอยเสนานิคม 1 ถนนพหลโยธิน กท.10900 โทร. 5793352, 5791933

บทบรรณาธิการ

บรรพบุรุษของไทยได้ **"ลงทุน"** ด้วยชีวิตเลือดเนื้อและทรัพย์สินเงินทองมาอย่างหนัก ตลอดระยะเวลาอันยาวนานไม่น้อยกว่า 1,000 ปี เพื่อที่เราจะได้รวมกันเป็นชาติและมีปฐพีทำกินเป็นปึกแผ่น ณ ที่นี้.....หมายถึงว่าได้ลงทุนไปแล้ว, กำลังลงทุน, และจะลงทุนต่อไปอีกมาก ด้านวัตถุและสิ่งอำนวยความสะดวกแก่การพัฒนาประเทศและความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นของประชาชน

ยิ่งไปกว่านั้น ประเทศไทยได้ **"ลงทุน"** ในด้านวิชาการอันได้แก่การศึกษาทั้งในรูปแบบและนอกรูปแบบ ตั้งแต่การศึกษาภาคบังคับไปจนถึงขั้นอุดมศึกษา..... เราได้ลงทุนไปแล้ว, กำลังลงทุน, และจะลงทุนต่อไปอีกมากในการเสริมสร้างให้ประชาชนของเรามีคุณภาพสูงขึ้น

ในเรื่องของการวิจัยเพื่อเสริมสร้างให้บ้านเมืองมีความเจริญก้าวหน้าและพึ่งตนเองได้ในทางเทคโนโลยีนั้น ประเทศไทยได้ **"ลงทุน"** มาแล้ว, กำลังลงทุน, และจะลงทุนเรื่องนี้ต่อไปอีกมากน้อยเพียงใด เป็นสิ่งที่น่าจะได้วิเคราะห์ให้ถ่องแท้ และติดตามกันอย่างจริงจังต่อไป..... หากสนใจที่จะดูตัวเลขกันจริง ๆ หรือสนใจที่จะเอาตัวเลขไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนเพื่อกำหนดนโยบายของประเทศชาติในอนาคต

ในที่นี้ เราใคร่จะสรุปประเด็นให้พิจารณาแต่เพียงว่าการลงทุนใน 3 เรื่อง คือ วัตถุ บุคคล และเทคโนโลยี นั้น สมดุลกันดีแล้วหรือยัง? หรือว่าจุดสมดุลอยู่ตรงไหน?

แต่ก่อนอื่น ก่อนที่จะมองหาความสมดุลเห็นจะต้องถามกันอย่างตรงไปตรงมาเสียก่อนว่า เราต้องการจะพึ่งตนเองในทางเทคโนโลยีหรือเปล่า?

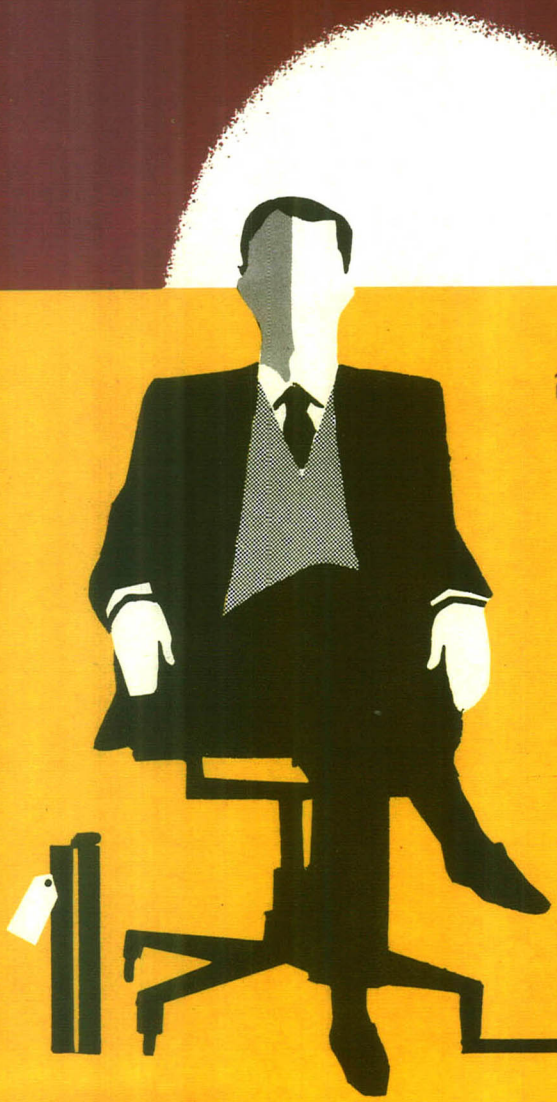
"ประพันธ์ บุญกลิ่นขจร"

จัดจำหน่ายโดย:—
บริษัท ดวงกมลสมัย จำกัด
90/21-25 ถ.ราชปรารภ
กทม. 10400 โทร. 2455586

ท่านนักลงทุน, ผู้ประกอบการ และ หน่วยงานของรัฐ

เมื่อท่านต้องการ....

- ต้องการลงทุนหรือประกอบการโดยใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี?
- ต้องการแก้ปัญหาด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี?
- ต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี?
- ต้องการเสริมสร้างความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี?



สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
แห่งประเทศไทย (วท.)

อาจช่วยท่านได้

โทร. 5791121-30 ต่อ 226 หรือ 5790255

นี่คืออินทรีแห่งการสร้างสรรค์ ปูนซีเมนต์นครหลวง

เราเน้นคุณภาพทุกขั้นตอนของการผลิต จากแหล่งวัตถุดิบชั้นดีที่เลือกสรรแล้วของเมืองไทย ผสานด้วยเทคโนโลยีที่ก้าวล้ำนำสมัย เราผลิตปูนซีเมนต์คุณภาพสูงเพื่อใช้กับงานทุกประเภท เกือบ 3 ล้านตันต่อปี

เรายังก้าวหน้าต่อไปไม่หยุดยั้ง เราภูมิใจที่มีส่วนร่วมรับผิดชอบในการสร้างสรรค์ความเจริญทั่วไทย ภารกิจยิ่งใหญ่ที่คุ้มอุตสาหะของเรา

ปูนซีเมนต์นครหลวง
อินทรีแห่งการสร้างสรรค์

สนามแบดมินตัน
เสนานิคม

11/11 ซอย เสนานิคม 1 แยกถนนวัดลาดปลาเค้า
ถนนพหลโยธิน เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10900

สนามมาตรฐาน
ยิ่งใหญ่สมบูรณ์แบบที่สุดในประเทศไทย
แวดล้อมด้วยทัศนียภาพ
ที่เหมาะแก่การพักผ่อนออกกำลังกาย
ที่จอดรถสะดวกปลอดภัย

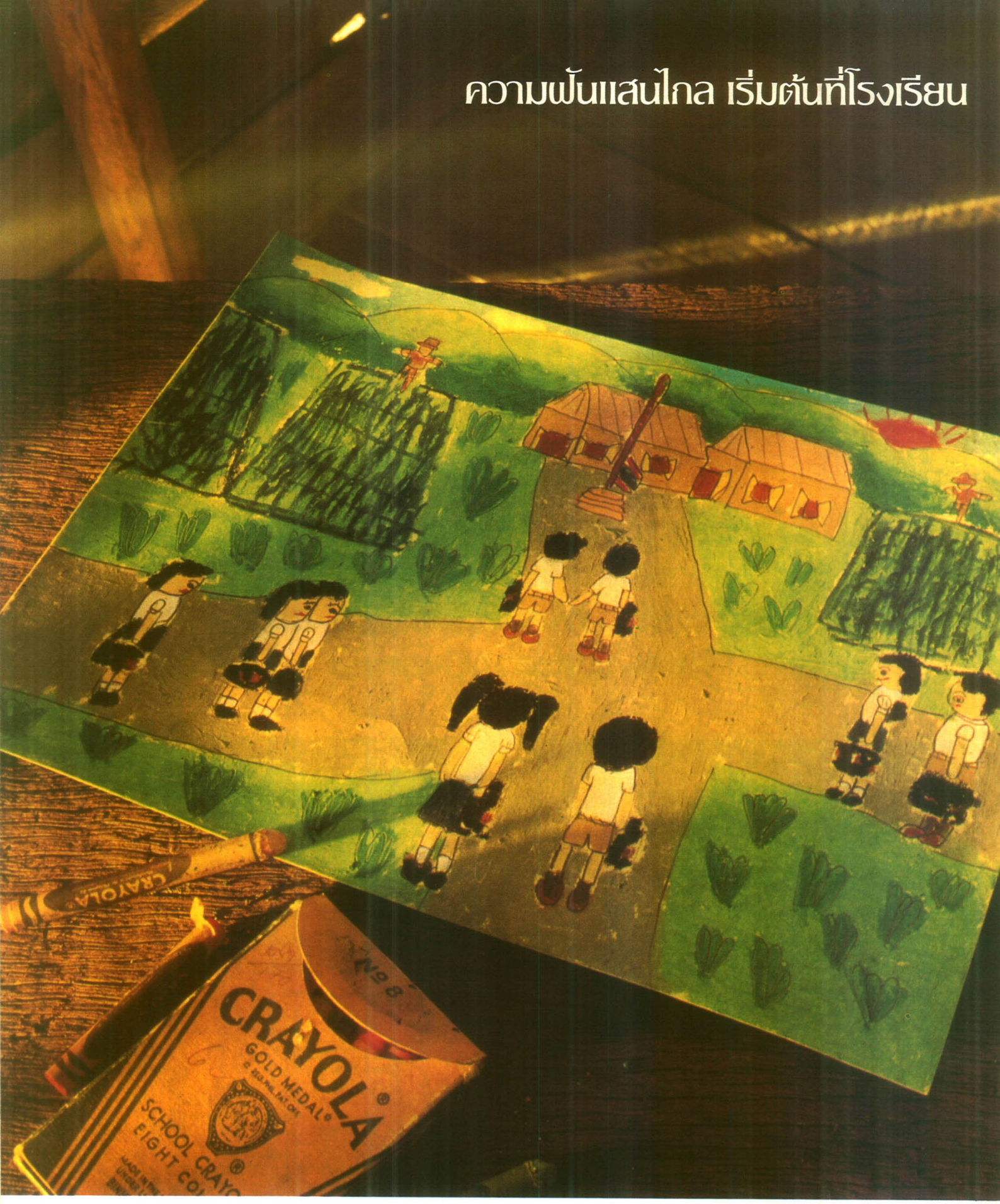
คอร์ดมาตรฐานสากล 15 คอร์ด
สนามเพื่อใช้จัดการแข่งขันโดยเฉพาะ 4 สนาม
จุผู้ชมด้วยอัฒจรรย์คอนกรีตเสริมเหล็กได้ถึง 1000 ที่นั่ง
มีเครื่องดื่มและเครื่องกีฬา จำหน่ายในราคาย่อมเยา

แผนผังทางไปสนามแบดมินตันเสนานิคม

วันธรรมดา 16.00 - 23.00
วันหยุดราชการ 09.00 - 23.00

ที่โทร. 579-4580

ความฝันแสนไกล เริ่มต้นที่โรงเรียน



"โตขึ้น หนูจะเป็นพยาบาล"
"แต่ฉันอยากเป็นนักบิน....."
เด็ก ๆ เกิดมาพร้อมกับความใฝ่ฝัน
เด็ก ๆ มีสิทธิ์ที่จะวาดภาพอนาคตอย่างสวยงาม
แต่อะไรเล่า....ที่จะช่วยให้ฝันของเด็ก ๆ เป็นไปได้

อะไรเล่า.....ที่จะช่วยนำทางให้เด็ก ๆ
ไปสู่จุดมุ่งหมาย ถ้าไม่ใช่การศึกษา.....
เอสโซ่ตระหนักว่า ความรู้คือประทีป
เราจึงพยายามช่วยให้เด็ก ๆ ในชนบทมีโรงเรียน
เล็ก ๆ สักหลังใกล้บ้าน โดยสนับสนุนโครงการ

สร้างโรงเรียนในชนบท เอสโซ่ภูมิใจที่ได้เป็น
ส่วนเล็ก ๆ บนเส้นทาง
อนาคตที่เด็ก ๆ ใฝ่ฝัน

Esso
บริษัทในเครือเอ็กซอน

An Affiliate of Exxon Corporation

เปี่ยมพลัง

ใหม่

ฟิลิปส์ เอ็กซ์ตร้า
ถ่านไฟฉายใหม่ ให้พลังเต็มเปี่ยม

ฟิลิปส์ เอ็กซ์ตร้า ถ่านไฟฉายใหม่ที่ผลิตขึ้นด้วยเทคโนโลยีอันล้ำหน้าของฟิลิปส์ ให้พลังแรง และบรรจุไฟเต็มเปี่ยม เพื่ออายุการใช้งานนานวันกว่า ฟิลิปส์ เอ็กซ์ตร้า มีให้เลือกทั้งขนาดใหญ่ กลาง และเล็ก

PHILIPS

ฟิลิปส์
คุ้มค่ากว่า

บริษัท ไฟฟ้าฟิลิปส์แห่งประเทศไทย จำกัด 283 ถนนสีลม กรุงเทพฯ 10500 โทร. 2336330-9, 2355665-8

30ปี ชลประทานซีเมนต์
ขอสนับสนุนการเผยแพร่
ผลการวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ว. วิทย. เทค. *1* (กันยายน 2529) :3-9

เข่งลำไย

กรรณิการ์ เชิดฉาย, นิรันดร์ ศิริขันธ์,
ประเสริฐ สุขเกษม และ อมรรัตน์ สวัสดิทัต

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
แห่งประเทศไทย, บางเขน, กท. 10900

J. Sci. Tech. *1* (September 1986) :3-9

LONGAN BASKETS

Kunnika Cherdchai, Niran Sirikan
Prasert Sukaseam and Amornrat Swatditat

Thailand Institute of Scientific and
Technological Research, Bang Khen,
Bangkok 10900, Thailand

บทคัดย่อ

เข่งลำไยทำจากไม้ไผ่ซางและไม้ไผ่สีสุก ซึ่งมีขั้นตอนและต้นทุนในการผลิตแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย. เข่งไม้ไผ่สีสุกรับแรงกดในการวางเรียงซ้อนกันได้ถึง 142 กก., ส่วนเข่ง-ไม้ไผ่ซางรับแรงกดได้เพียง 63 กก. อาจเพิ่มแรงรับแรงกดของเข่งลำไยได้โดยวิธีง่าย ๆ เช่นการเสริมชิ้นไม้ไผ่ในแนวตั้ง ซึ่งการรับแรงกดที่เพิ่มเติมจะขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของไม้ไผ่ที่ใช้เสริม. จากผลการทดลองการรับแรงกดเพิ่มขึ้นประมาณ 2-4 เท่า.

เมื่อคิดต้นทุนในการผลิตเข่งเพียงค่าไม้ไผ่เท่านั้น ในปี 2525 เข่งทำจากไม้ไผ่สีสุกราคาใบละ 5-7 บาท ส่วนเข่งทำจากไม้ไผ่ซางราคาใบละ 2 บาท. แต่พ่อค้ารับซื้อเข่งทำจากไม้ไผ่ 2 ชนิดนี้ในราคาเท่ากัน และขายในราคาเท่ากัน. ต้นทุนของฝาเข่ง 1 มัด (10 ชิ้น) 5 บาท พ่อค้ารับซื้อมัดละ 7 บาท และขายมัดละ 10 บาท. ในฤดูลำไย ราคาเข่งพร้อมฝาและไม้ขัดใบละประมาณ 17 บาท, โดยปกติราคาจะอยู่ระหว่าง 12-20 บาท.

ABSTRACT

Two types of bamboo, Sang and Sisuk, are used to make longan baskets. There is a minor difference in the process and cost of producing these baskets. The highest compressive strength of a basket made of Sisuk bamboo was found to be 142 kg, and that of Sang bamboo, only 63 kg. The study has further revealed that the strength could be increased by vertical reinforcement with bamboo clumps or pieces. This results in compressive force being raised up 2 to 4 times, depending on the type and size of bamboo used.

Considering the cost of bamboo alone the price in 1982 of a basket made of Sisuk bamboo was about 5-7 baht as against 2 baht for that made of Sang bamboo. Traders, however, bought these two types of basket at the same price and sold both at the same price. Lids of the baskets were bought by wholesalers for 7 baht per bundle (containing 10 pieces), which were then sold out for 10 baht. The corresponding cost per bundle was 5 baht. During the longan season, the price was about 17 baht per set of basket but normally it may range from 12 to 20 baht.

คำนำ

ลำไยสามารถปลูกได้แทบทุกภาคของประเทศไทย แต่แหล่งที่ปลูกมากและได้ผลดี คือจังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน ซึ่งสามารถผลิตได้ร้อยละ 70 ของผลผลิตรวมทั้งประเทศ. ลำไยเป็นผลไม้สดส่งออกที่มีมูลค่าสูงสุด และมีแนวโน้มของการส่งออกเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ. ในปัจจุบันประเทศผู้นำเข้าลำไยที่สำคัญได้แก่ ฮ่องกง, สิงคโปร์ และมาเลเซีย, ส่วนประเทศอื่น ๆ มีการนำเข้าบ้างเล็กน้อย. ภาชนะที่ใช้บรรจุเพื่อการส่งออกในตลาดฮ่องกง, สิงคโปร์, มาเลเซีย และขายในประเทศคือเข่งซึ่งทำจากไม้ไผ่ทั้งหมด. ส่วนที่ส่งไปยังประเทศอื่นส่วนมากใช้กล่องกระดาษ. การผลิตเข่งจะกระทำกันทั่วไปในแถบชนบท โดยเฉพาะจังหวัดที่มีผลผลิตลำไยมาก, และยังเป็นที่นิยมใช้บรรจุพืชผักและผลไม้อื่น ๆ อีกด้วย. ในช่วงฤดูการผลิตลำไย เข่งจะมีราคาแพงขึ้น. ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการศึกษากรรมวิธีและสถานการณ์ของการผลิตเข่งลำไยในปัจจุบัน, ทดสอบคุณสมบัติในการรับแรงกด (stacking strength) ของเข่งลำไยและวิธีการที่จะทำให้เข่งรับแรงกดได้มากขึ้น โดยเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย.

วัสดุ

เข่งลำไยที่ใช้ในการทดสอบการรับแรงกด ได้จากจังหวัดเชียงใหม่ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ เข่งที่ทำจากไม้ไผ่สีสุก และไม้ไผ่ซาง. ไม้ไผ่ที่ใช้เสริมเพื่อเพิ่มความแข็งแรงนั้นเป็นไม้ไผ่รวก และไม้ไผ่ตง หาซื้อได้ในกรุงเทพฯ.

วิธีการ

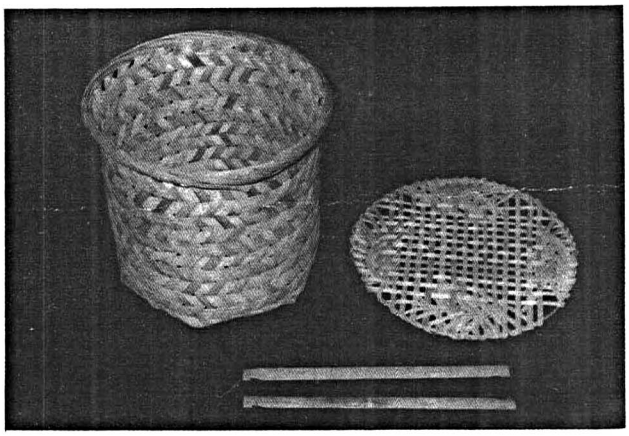
การศึกษาในเรื่องนี้ เป็นการสำรวจการผลิตเข่งลำไยของชาวชนบท ที่ตำบลบ้านแหลม และตำบลดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ในเดือนเมษายน 2525, และได้สอบถามข้อมูลต่าง ๆ จากผู้ผลิต และผู้รับซื้อเข่งในตัวเมืองเชียงใหม่.

การทดสอบการรับแรงกดของเข่งลำไย ใช้เครื่อง Denison Universal Testing Machine ด้วยอัตราเร็ว 13 มม. ต่อนาที.

ผลและวิจารณ์

1. การผลิตเข่งลำไย

เข่งลำไยมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก มีเส้นผ่าศูนย์กลางโดยเฉลี่ยด้านบน 425 มม. ด้านล่าง 380 มม. สูง 400 มม. บรรจุลำไยได้ประมาณ 25 กก. เมื่อใช้เข่งชนิดนี้บรรจุลำไยจำเป็นต้องมีฝาเข่ง และไม้ปิดทับฝาเข่งอีกอย่างน้อย 2 อัน (รูปที่ 1).



รูปที่ 1. เข่งลำไย พร้อมฝาและไม้ปิดทับฝา.

วัสดุที่ใช้ในการผลิตเข่งลำไยมี 2 ประเภท คือ ไม้ไผ่สีสุก และไม้ไผ่ซาง ซึ่งมีขั้นตอนและต้นทุนในการผลิตแตกต่างกันดังนี้ :

การผลิตตัวเข่งลำไยโดยใช้ไม้ไผ่สีสุก

ขั้นตอนของการผลิตประกอบด้วย :

- สานก้น หรือก่อก้น เริ่มสานก้นเข่งเป็นรูปหกเหลี่ยม (รูปที่ 2) จนได้ขนาดตามต้องการ โดยใช้ตอกขนาดกว้าง 15–18 มม. หนาประมาณ 0.5–0.7 มม.
- ขัดก้น ด้วยไม้ 3 อัน ทำจากผิวไม้ไผ่กว้างประมาณ 22 มม. หนา 6 มม. (รูปที่ 3).
- สานตัวเข่ง โดยใช้ตอกในแนวนอนกว้าง 26–30 มม. หนา 0.5–0.7 มม. จนได้ตอกในแนวนอน รวม 11 เส้น.
- เม้มปาก โดยหักตอกหุ้มรอบขอบวงแหวน (รูปที่ 4).
- แต่งปาก ด้วยผิวไม้ไผ่อีก 6 เส้น (รูปที่ 5).

การผลิตตัวเข่งโดยใช้ไม้ไผ่ซาง

ขั้นตอนในการผลิตเข่งด้วยไม้ไผ่ซาง เริ่มด้วยการสานก้น, เข้าแบบเพื่อสานตัวเข่ง (รูปที่ 6), เม้มปาก, แต่งปาก แล้วจึงขัดก้น. การสานโดยใช้ไม้ไผ่ซาง จำเป็นต้องเข้าแบบเพราะไม้นิ่มกว่าไม้ไผ่สีสุก, ถ้าสานโดยไม่มีแบบจะได้รูปทรงไม่ดี. ขนาดของตอกที่ใช้สานนั้นใกล้เคียงกับตอกที่ทำจากไม้ไผ่สีสุก.

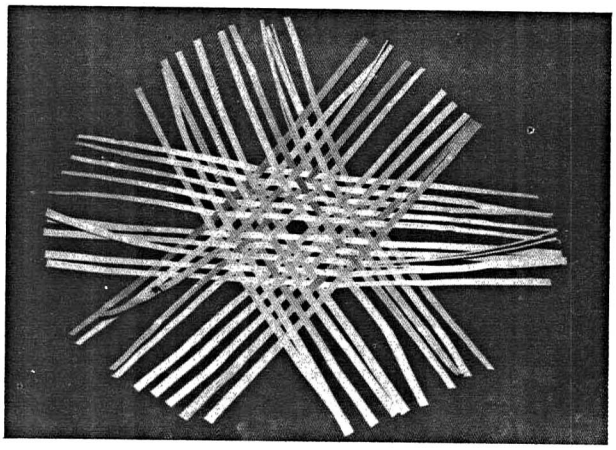
ฝาเข่ง

ฝาเข่งอาจทำจากไม้ไผ่สีสุกหรือไม้ไผ่ซาง โดยจักตอกให้มีขนาดกว้าง 5–10 มม., หนา 0.4–1.0 มม. แล้วนำมาสานเป็นลายขัดโปร่ง (รูปที่ 7) แล้วเข้าวงเพื่อพับเก็บ (รูปที่ 8).

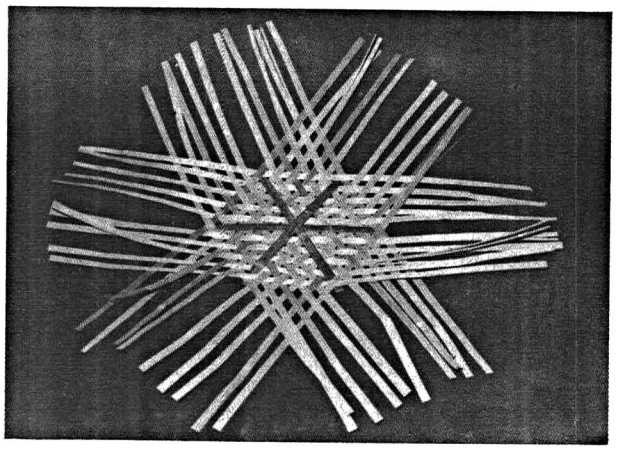
การรับแรงกดของเข่งลำไย

เนื่องจากไม้ไผ่ที่ใช้สานเข่งลำไย คือไม้ไผ่สีสุก และไม้ไผ่ซาง มีคุณสมบัติแตกต่างกัน กล่าวคือไม้ไผ่สีสุกเหนียว

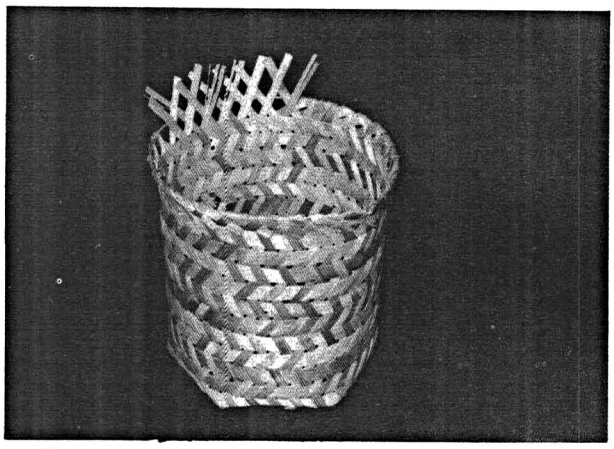
กว่าไม้ไผ่ซาง แต่ไม้ไผ่ซางจะเก็บได้นานกว่าไม้ไผ่สีสุก, จึงได้นำเข่งที่ทำจากไม้ไผ่ทั้ง 2 ชนิดมาทดสอบเพื่อหาความสามารถในการรับแรงกด ซึ่งในที่นี้หมายถึงคุณสมบัติในการวางเรียงซ้อนกันของเข่ง ว่าเข่งจะสามารถรับน้ำหนักได้สูงสุดเท่าไร. เข่งที่นำมาทดสอบนี้จะปิดฝาและมีไม้ขัดปิดก้น 2 อัน แล้วผูกด้วยเชือก ดังรูปที่ 9.



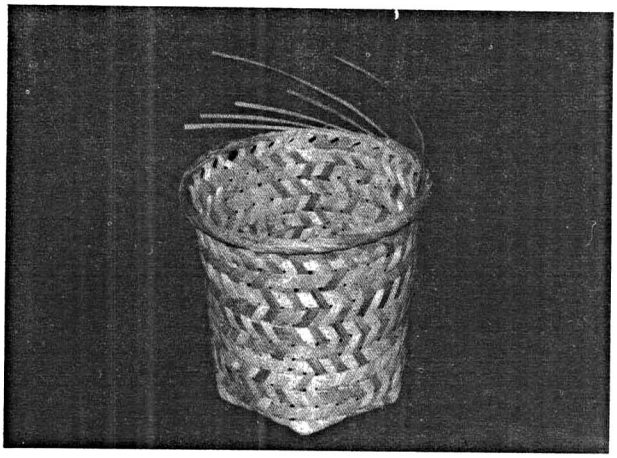
รูปที่ 2. ก้นเข่ง.



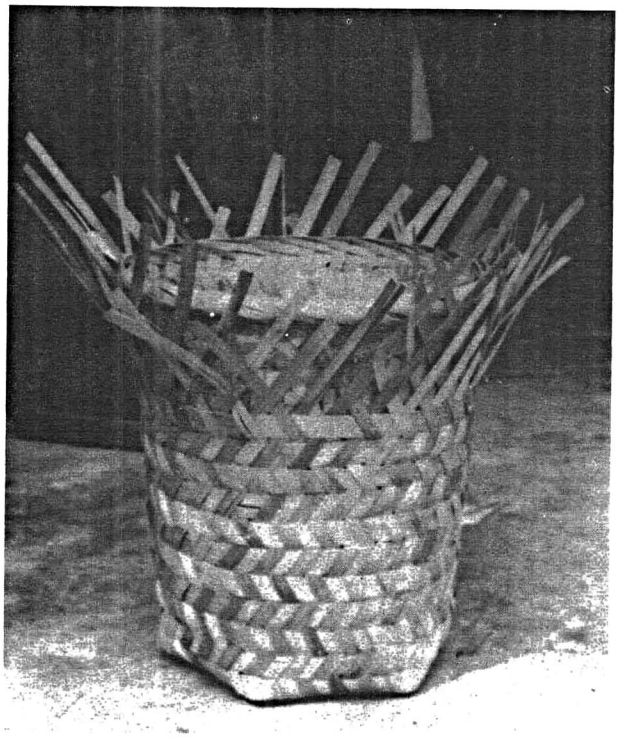
รูปที่ 3. ขัดก้นเข่ง.



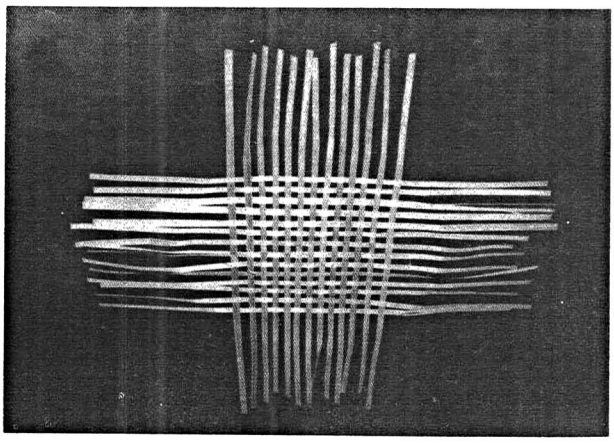
รูปที่ 4. เม้มปาก.



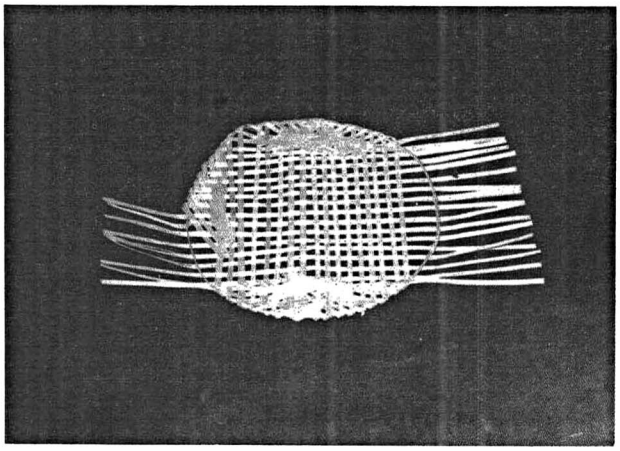
รูปที่ 5. แต่งปากเข่ง.



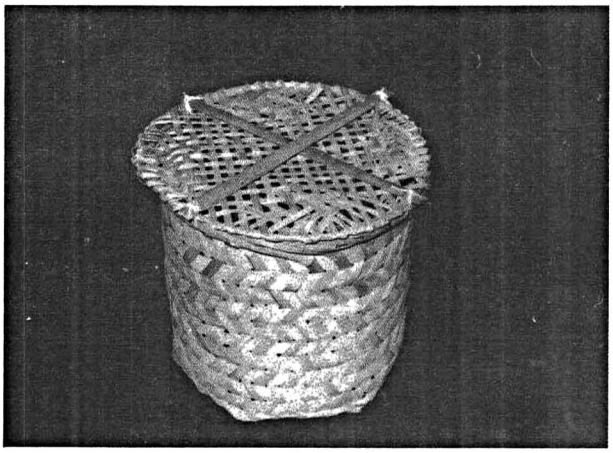
รูปที่ 6. เข้าแบบเพื่อสานตัวเข่งด้วยไม้ไผ่บาง.



รูปที่ 7. สานฝาเข่ง.



รูปที่ 8. ฝาเข่ง, เข้าวงเพื่อพับเก็บขอบ



รูปที่ 9. ลักษณะของเข่งลำไยที่นำมาทดสอบการรับแรงกด.

การรับแรงกดของเข่งไม้ไผ่สีสุกแสดงไว้ในตารางที่ 1 เมื่อเข่งยุบ 10 มม., 15 มม. และเสียรูป เข่งจะรับแรงกดได้โดยเฉลี่ย 109, 137 และ 142 กก. ตามลำดับ. ส่วนเข่งไม้ไผ่ซางจะรับแรงกดได้โดยเฉลี่ยเพียง 44, 57 และ 63 กก. (ตารางที่ 2). ค่าการรับแรงกดของเข่งไม้ไผ่ซางจะใกล้เคียงกับที่ Tongdee (1981) รายงานไว้ คือประมาณ 60 กก. จะเห็นได้ว่าเข่งไม้ไผ่สีสุกรับแรงกดได้มากเป็น 2 เท่าของเข่งไม้ไผ่ซาง และยังมีน้ำหนัก และความสูงมากกว่าเข่งไม้ไผ่ซางด้วย.

ตารางที่ 1. การรับแรงกดของเข่งไม้ไผ่สีสุก

ลักษณะ	เข่งใบที่					เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
น้ำหนักเข่งรวมฝา และไม้ 2 อัน (ก.)	920	970	890	900	920	920
ความสูง (มม.)	425	434	434	426	424	428
การรับแรงกด (กก.)						
– เข่งยุบ 10 มม.	118	98	90	114	124	109
– เข่งยุบ 15 มม.	128	148	119	136	154	137
– เมื่อเข่งเสียรูป	130	164	126	138	154	142

ตารางที่ 2. การรับแรงกดของเข่งไม้ไผ่ซาง

ลักษณะ	เข่งใบที่					เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
น้ำหนักเข่งรวมฝา และไม้ 2 อัน (ก.)	600	640	570	640	550	600
ความสูง (มม.)	369	395	382	384	370	380
การรับแรงกด (กก.)						
– เข่งยุบ 10 มม.	64	50	36	36	34	44
– เข่งยุบ 15 มม.	70	54	58	59	46	57
– เมื่อเข่งเสียรูป	71	55	71	67	52	63

โดยทั่ว ๆ ไปในการขนส่งลำไยไปขายภายในประเทศหรือส่งออกก็ตาม เข่งจะวางเรียงซ้อนกันสูง 4 หรือ 5 ชั้น. เข่งใบหนึ่งบรรจุลำไยประมาณ 25 กก. จึงเป็นน้ำหนักทั้งหมดประมาณ 28 กก. (ลำไย, ใบลำไย, เข่ง, ฝา และไม้ขัดฝาเข่ง). ถ้าวางเข่งซ้อนกัน 4 ชั้น เข่งใบล่างสุดจะรับน้ำหนัก 84 กก. ถ้าวางซ้อนกัน 5 ชั้น เข่งใบล่างสุดจะรับน้ำหนัก 112 กก. จะเห็นได้ว่าถ้าใช้เข่งไม้ไผ่ซางบรรจุลำไย ผลลำไยจะเป็นตัวรับแรงกดและอาจเกิดความเสียหายได้, เพราะเข่งไม้ไผ่ซางสามารถรับแรงกดได้อย่างมากเพียง 63 กก. เท่านั้น. แต่เนื่องจากลำไยมีลักษณะเป็นผลกลมเล็ก, ผลลำไยอาจจะแทรกตัวไปตามส่วนต่าง ๆ ของเข่งเมื่อเข่งเสียรูป ประกอบกับการขายที่เป็นไปอย่างรวดเร็ว จึงอาจทำให้ผลของความเสียหายไม่ปรากฏมากนัก. ถ้าใช้เข่งไม้ไผ่สีสุกบรรจุลำไย ความเสียหายของลำไยอาจลดน้อยลง, เนื่องจากเข่งไม้ไผ่สีสุกรับแรงกดได้อย่างมากถึง 142 กก. สำหรับภาชนะบรรจุผลไม้สดจะต้องเผื่อการรับแรงกดไว้ 1.5 เท่าเป็นอย่างน้อย เนื่องจากการขนถ่าย (handling) และการขนส่ง อาจเกิดตกหล่นหรือได้รับความกระเทือน, และการรับแรงกดอันเกิดจากการวางเรียงซ้อน (ISO/DIS 7564 และ UNESC 1977). ฉะนั้น เข่งไม้ไผ่ควรจะรับแรงกดได้อย่างต่ำสุด 126 กก. ในกรณีที่วางเรียงซ้อนกัน 4 ชั้น, และ 168 กก. ในกรณีที่วางเรียงซ้อนกัน 5 ชั้น.

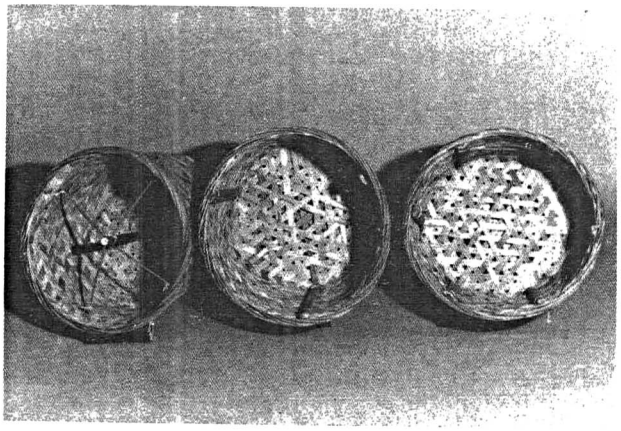
การเพิ่มการรับแรงกดของเข่งลำไยอาจจะทำได้ด้วยวิธีง่าย ๆ หลายวิธี เช่นโดยการเสริมด้วยไม้รวกหรือไม้ไผ่ตง (รูปที่ 10) ดังนี้ :

วิธีที่หนึ่ง เสริมด้วยไม้ไผ่รวก เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 17–25 มม.

วิธีที่สอง เสริมด้วยไม้ไผ่ตง 3 อัน กว้าง 20–23 มม., หนา 5.5–5.7 มม.

วิธีที่สาม เสริมด้วยไม้ไผ่ตง 6 อัน.

เข่งที่ใช้ในการทดสอบการรับแรงกดนี้ เป็นเข่งอีกชุดหนึ่ง ส่งมาจากเชียงใหม่. ผลการทดสอบการรับแรงกดแสดงไว้ในตารางที่ 3. เข่งที่ไม่มีไม้เสริมรับแรงได้ 107 กก. เข่งที่เสริมด้วยไม้รวก, ไม้ไผ่ 3 อัน และไม้ไผ่ 6 อัน รับแรงกดได้ 383, 450 และ 577 กก. ตามลำดับ. จะเห็นได้ว่าการรับแรงกดจะเพิ่มขึ้นเป็น 2.6, 3.2 และ 4.4 เท่า, ฉะนั้น ไม้ที่เสริมเข้าไปนี้จะเป็นตัวชี้ถึงความสามารถในการรับแรงกดและการยุบตัวของเข่ง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของไม้ที่ใช้เป็นสำคัญ.



รูปที่ 10. ลักษณะการเสริมไม้เพื่อเพิ่มความแข็งแรง. จากซ้ายไปขวา : เสริมด้วยไม้รวก, เสริมด้วยไม้ไผ่ตง 3 อัน, และเสริมด้วยไม้ไผ่ตง 6 อัน.

ตารางที่ 3. การรับแรงกดของเข่งเมื่อเสริมด้วยไม้เพื่อเพิ่มความแข็งแรง.

ลักษณะ	เข่งใบที่[1/]			
	1	2	3	4
ความสูงของเข่งก่อนรับแรงกด (มม.)	406	410	433	433
ความสูงของเข่งหลังรับแรงกด (มม.)	384	403	400	420
ความสูงของเข่งลดลง (มม.)	22	7	33	13
รับแรงกดสูงสุด (กก.)	107	383	450	577
อัตราการรับแรงกด (เท่า)	1	2.6	3.2	4.4

[1/] *เข่งใบที่ 1 - เข่งที่ไม่ได้เสริมด้วยไม้ ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ*
เข่งใบที่ 2 - เสริมด้วยไม้รวกตรงกลาง 1 อัน
เข่งใบที่ 3 - เสริมด้วยไม้ไผ่ตง 3 อัน
เข่งใบที่ 4 - เสริมด้วยไม้ไผ่ตง 6 อัน

ต้นทุนการผลิต

ต้นทุนการผลิตโดยใช้ไม้ไผ่สีสุก

ในการหาวัตถุดิบคือไม้ไผ่สีสุกนั้น ส่วนใหญ่แหล่งที่มาจะมีทั้งในจังหวัดเชียงใหม่และจากจังหวัดใกล้เคียง, ซึ่งไม้สีสุกนี้จะมีผู้ปลูกและนำมาเสนอขายให้แก่พ่อค้าขายเข่ง แล้วพ่อค้าขายเข่งก็จะนำไปให้คนสาน โดยพ่อค้าเป็นผู้ออกค่าใช้จ่ายทั้งหมด. เมื่อคนสานทำเสร็จแล้วก็ขายคืนให้พ่อค้า โดยพ่อค้าเข่งจะหักค่าไม้ออก. พ่อค้าเข่งจะต้องไปรับเข่งจากคนสานตามบ้านในแหล่งต่าง ๆ กัน เช่น บ้านป่ามง, บ้านขื่อ และอีกหลายหมู่บ้านในอำเภอดอยสะเก็ด, อำเภอหางดง เป็นต้น. ในบางครั้งพ่อค้าเข่งจะจ่ายเงินล่วงหน้าสำหรับเข่งสำเร็จให้ก่อนอีกด้วย.

พ่อค้าไม้จะขายไม้ในราคาลำละ 25–35 บาท โดยจะขนส่งให้ถึงบ้านคนสาน. ไม้ไผ่ 1 ลำ สานเข่งได้ประมาณ 5 ใบ, คนหนึ่งจะสานได้ประมาณวันละ 5 ใบ (รวมทั้งการจักตอกด้วย). ในที่นี้จะเห็นว่าค่าวัตถุดิบต่อเข่ง 1 ใบ ประมาณ 5–7 บาท, ถ้าไม่คิดค่าแรงงาน ก็จะเป็นต้นทุนในการผลิตเข่งเท่ากับ 5–7 บาท. การที่ไม่คิดค่าแรงก็เพราะถ้าหากคนสานไม่สานเข่งก็จะว่างอยู่เฉย ๆ โดยไม่มีผลผลิต จึงถือว่าไม่มีค่าแรงงาน, และแรงงานส่วนใหญ่เป็นหญิง. พ่อค้าเข่งจะรับซื้อเข่งจากคนสานในราคาใบละ 12 บาท แล้วนำไปขายใบละ 15 บาท.

ต้นทุนของการผลิตโดยใช้ไม้ไผ่ซาง

คนสานจะเข้าไปตัดไม้ไผ่ซางในป่าเอง โดยจะให้พ่อค้าขายเข่งออกค่าใช้จ่ายในการนำรถเข้าไปบรรทุกไม้ในป่าออกมา. ค่าใช้จ่ายในการขนไม้แต่ละเที่ยวประมาณ 700 บาท, เที่ยวหนึ่งจะบรรทุกได้ประมาณ 10,000 กีบ (คนที่ไปตัดไม้จะผ่าไม้ออกมาด้วย), โดยผ่าลำหนึ่งออกเป็น 65–70 กีบ แต่ละกีบจะมีขนาดพอดีกับขนาดตอกที่ใช้สานเข่ง. ไม้ไผ่ 10 กีบ จะใช้สานเข่งได้ 1 ใบ คนหนึ่งจะสานเข่งได้ประมาณวันละ 4 ใบ (รวมทั้งการจักตอกด้วย). การสานเข่งโดยใช้ไม้ไผ่ซางนี้ จะทำหลังจากว่างจากการทำนาและปลูกถั่วแล้ว ซึ่งเป็นระยะเวลาสั้นมาก. ในการตัดไม้นั้น 1 คน จะตัดได้ 1,500 กีบ โดยใช้เวลา 3 วัน. ถ้าคิดค่าแรงงานตามอัตราค่าจ้างขั้นต่ำที่รัฐบาลกำหนด คือ 61 บาทต่อวัน (เหตุผลที่ใช้อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ เพราะถ้าแรงงานเหล่านี้ไม่เข้าไปตัดไม้ จะสามารถเข้าทำงานในอุตสาหกรรมบางประเภทได้ เพราะเป็นแรงงานชาย). ในการสานเข่งหนึ่งใบ จะมีค่าแรงตัดไม้ประมาณ 1.20 บาท รวมกับค่าใช้จ่ายในการขนไม้มายังที่ลานอีกประมาณ 70 สตางค์ ก็จะเป็นต้นทุนในการทำเข่งประมาณใบละ 2 บาท ซึ่งจะเห็นได้ว่าถูกกว่าเข่งซึ่งทำจากไม้ไผ่สีสุก, แต่พ่อค้าจะรับซื้อในราคาเท่ากัน และขายในราคาเท่ากัน.

ความนิยมของการ**ใช้เข่ง** ผู้นำเข่งไปใช้มักจะนิยมเข่งที่ทำจากไม้ไผ่สีสุกมากกว่า เพราะแข็งแรงกว่า แต่ก็ไม่มีอิทธิพลต่อราคามากนัก.

นอกจากการสานตัวเข่งแล้ว เมื่อนำไปใช้ในบางกรณีมีความจำเป็นต้องใช้ฝาเข่งปิด โดยเฉพาะการใส่ลำไย. ในการสานฝาเข่งแต่ละฝาจะมีต้นทุนค่าวัตถุดิบ ซึ่งประกอบด้วยไม้ไผ่สำหรับเป็นตัวฝา และไม้รวกสำหรับทำวงประมาณ 18 สตางค์. การสานฝาเข่งจะทำกันในอีกหมู่บ้านหนึ่ง จะไม่ทำในแหล่งเดียวกับที่สานเข่ง, และการสานฝาเข่งนี้จะทำกันหลังจากว่างจากการทำนาแล้ว. นอกจากนั้นไม้สำหรับขัดฝาจะทำแบบง่าย ๆ โดยตัดไม้ไผ่ให้ขนาดพอดีกับฝาเข่ง ซึ่งจะใช้เข่งละ 2 อัน มูลค่าอันละ 50 สตางค์ และเป็นราคาขายในท้องตลาดทั่วไป.

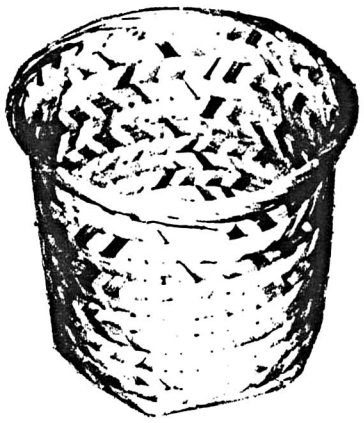
การขายฝาเข่งจะมีลักษณะเดียวกับเข่ง คือ พ่อค้าจะเข้าไปรับซื้อถึงแหล่งผลิตในราคามัดละ 7 บาท (หนึ่งมัดมี 10 ฝา), และพ่อค้านำไปขายต่อในราคามัดละ 10 บาท.

ราคาที่พ่อค้าลำไยจะต้องจ่ายต่อเข่ง พร้อมฝาและไม้ขัดฝาประมาณ 17 บาท. แต่ราคานี้เป็นราคาที่อยู่ในฤดูลำไย โดยปกติราคาของเข่งจะอยู่ประมาณ 12.20 บาท ทั้งนี้เพราะเข่งสามารถนำไปใช้บรรจุอย่างอื่นได้ด้วย ทำให้ราคาไม่ต่ำลงมากนักในช่วงนอกฤดูลำไย.

ปัญหาการผลิต

สำหรับปัญหาการผลิตเท่าที่ศึกษาและสอบถาม การผลิตเข่งจะไม่ค่อยขาดแคลน เพราะจะมีการทำอยู่เป็นประจำ แต่จะทำมากขึ้นในฤดูลำไย. ปัญหาเรื่องวัตถุดิบเป็นปัญหาที่น่าสนใจ เพราะเดี๋ยวนี้มีการทำสวนไผ่ เพื่อนำมาขายให้แก่พ่อค้าขายเข่ง. ในอนาคตถ้าความต้องการไม้ไผ่มีมากขึ้น ราคาก็จะแพงขึ้นเป็นลำดับ ต้นทุนในการผลิตเข่งก็จะสูงขึ้น.

นอกจากนั้น ปัญหาด้านแรงงานก็มีส่วนสำคัญ ทั้งนี้เพราะคนที่จะสานเข่งได้จะต้องมีความชำนาญพอสมควร. เมื่อผลตอบแทนที่ได้รับจากการสานเข่งไม่สูงเท่าที่ควร อาจทำให้แรงงานมุ่งความสนใจไปในงานด้านอื่น ในอนาคตจึงอาจจะขาดแคลนแรงงานได้.



สรุป

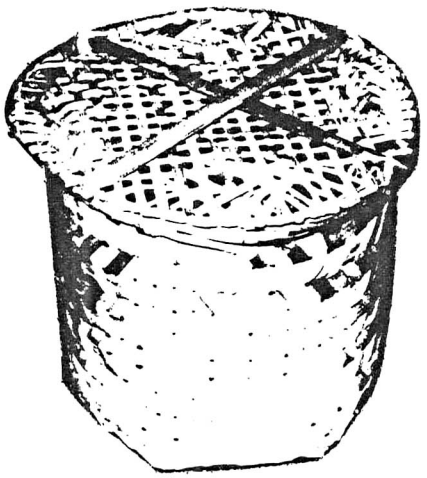
1. เข่งลำไยที่ผลิตขาย มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก มีเส้นผ่าศูนย์กลางโดยเฉลี่ยด้านบน 426 มม. ด้านล่าง 380 มม. สูง 400 มม. บรรจุลำไยได้ประมาณ 25 กก. วัสดุที่ใช้ในการผลิตเข่งลำไยคือ ไม้ไผ่สีสุก และไม้ไผ่ซาง.

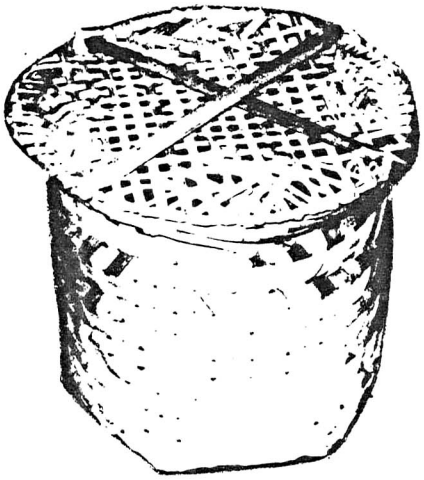
2. ขั้นตอนในการผลิตเข่งจากไม้ไผ่สีสุก ได้แก่ สานก้น, ขัดก้น, สานตัวเข่ง, เม้มปาก และแต่งปาก. ส่วนการสานเข่งด้วยไม้ไผ่ซางนั้น เมื่อสานก้นแล้ว จะเข้าแบบเพื่อสานตัวเข่ง, เม้มปาก, แต่งปาก แล้วจึงขัดก้น.

3. เข่งลำไยที่ทำจากไม้ไผ่สีสุก รับแรงกดได้ถึง 142 กก. ส่วนเข่งไม้ไผ่ซางรับแรงกดได้อย่างมากเพียง 63 กก. เข่งไม้ไผ่ควรจะรับแรงกดได้ต่ำสุด 126 กก. ในกรณีที่วางเรียงซ้อนกัน 4 ชั้น และ 168 กก. ในกรณีที่วางเรียงซ้อนกัน 5 ชั้น.

4. การเพิ่มการรับแรงกดของเข่งลำไยอาจทำได้ด้วยวิธีง่าย ๆ เช่นโดยการเสริมด้วยไม้รวก หรือไม้ไผ่ตง, และการรับแรงกดจะเพิ่มขึ้นอีก 2 ถึง 4 เท่า.

5. ต้นทุนในการผลิตเข่งไม้ไผ่นั้น อาจคิดเพียงค่าไม้ไผ่และค่าใช้จ่ายในการนำไม้ออกมาจากป่า. สำหรับเข่งทำจากไม้ไผ่สีสุกราคาใบละ 5–7 บาท, ส่วนเข่งทำจากไม้ไผ่ซางราคาใบละ 2 บาท. แต่พ่อค้ารับซื้อเข่งทำจากไม้ไผ่ 2 ชนิดนี้ในราคาเท่ากัน และขายในราคาเท่ากัน. สำหรับฝาเข่งนั้น พ่อค้ารับซื้อมัดละ 7 บาท (10 ชิ้น) และขายมัดละ 10 บาท, ต้นทุนนั้นเพียงมัดละ 5 บาท. ราคาเข่งลำไยพร้อมฝาและไม้ขัดอยู่ระหว่าง 12–20 บาท.





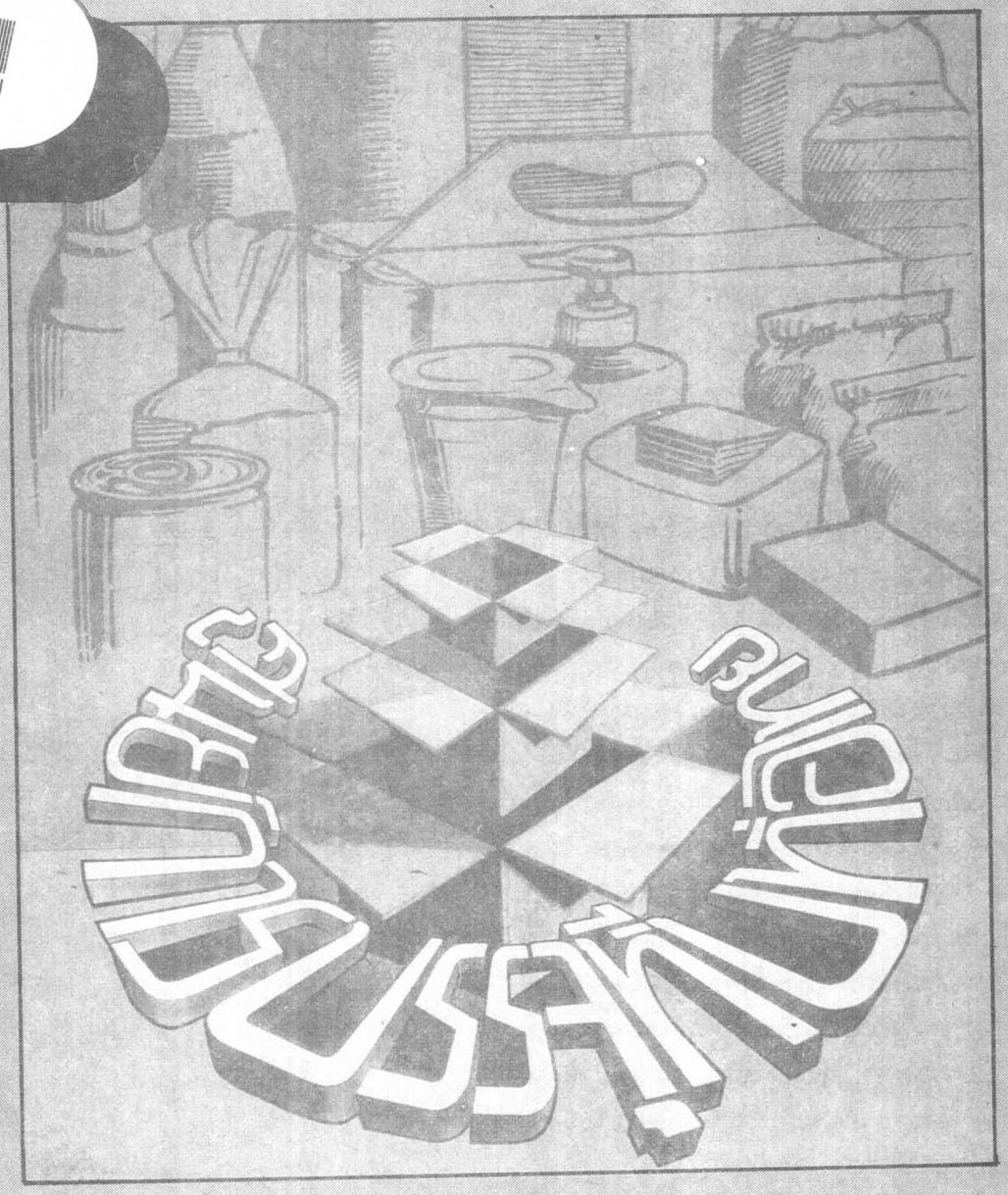
เอกสารอ้างอิง

International Standard Organization. 1982. Fruits and vegetables Parallelepipadic packages for storage in tall stacks. ISO/DIS 7564.

Tongdee, Sing Ching. 1981. Survey on packaging of horticultural products in Thailand. TISTR : Bangkok (Res. Proj. No. 24-01/Rep. No. 3.)

United Nations Economic and Social Council (UNESC). 1977. Standardization of packaging for the international transport of fresh or refrigerated fruit and vegetables. Resolution 222. TRANS/GE. 11/3, AGRI/WP. 1/8.

เรา..!



สามารถให้บริการคุณได้...ในด้าน

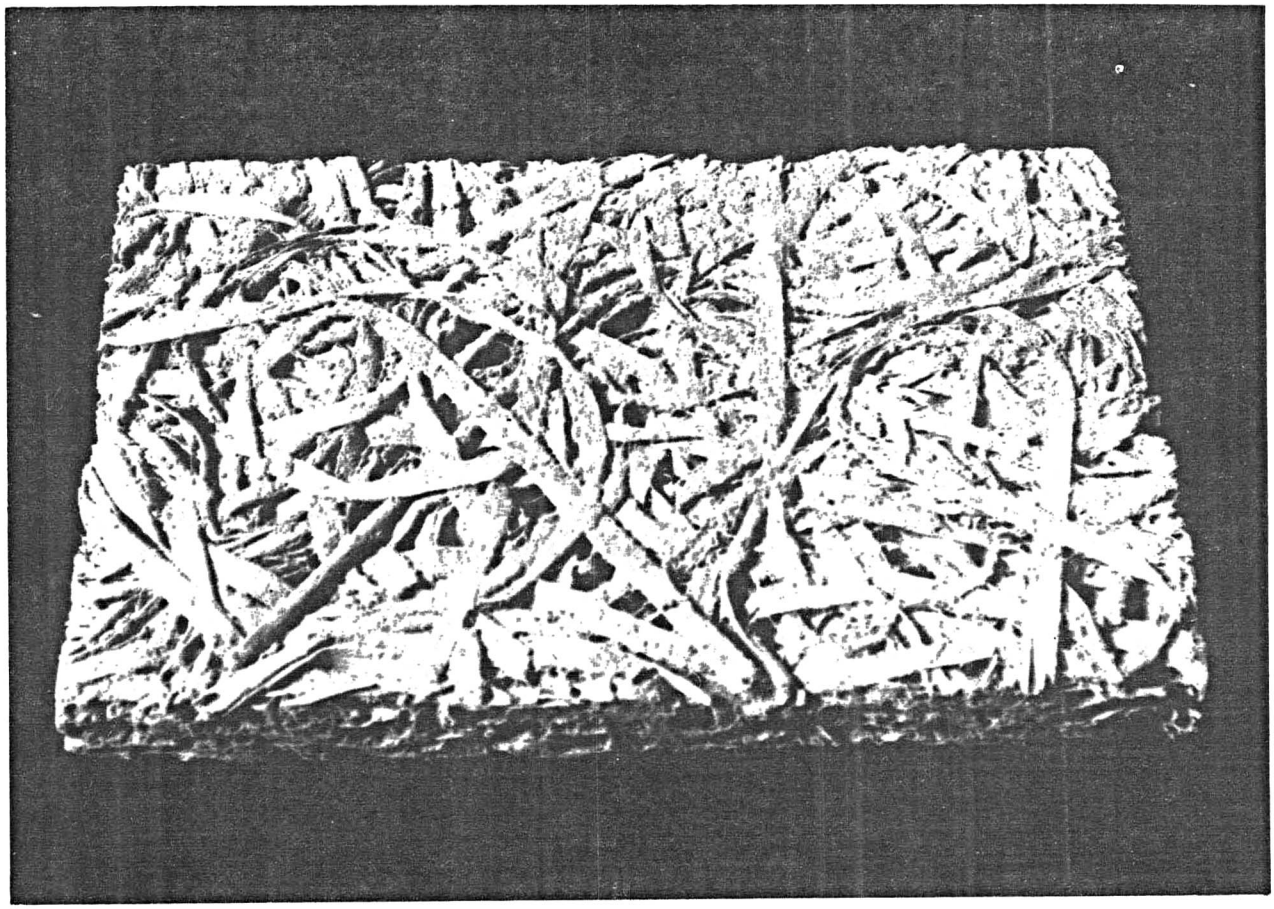
วิจัยและพัฒนา...

ทดสอบและให้คำปรึกษา...

ส่งเสริมและฝึกอบรม...

แผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ (Wood-wool Cement Slabs)

ธวัช จิรายุส
งานวิจัยแผ่นไม้อัดซีเมนต์ ฝ่ายวิจัยไม้อัดไม้ประกอบ
กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, กท. 10900



บทคัดย่อ

แผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์หรือแผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ เป็นแผ่นวัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้าง จัดอยู่ในจำพวกแผ่นไม้วิทยาศาสตร์อีกชนิดหนึ่ง นอกเหนือไปจากแผ่นไม้อัด แผ่นชิ้นไม้อัด และแผ่นใยไม้อัด ฯลฯ เป็นแผ่นวัสดุสังเคราะห์ที่ทำขึ้นจากการนำเอาฝอยไม้หรือเส้นไม้ที่ผ่านการแปรสภาพจากซุงหรือท่อนไม้ขนาดเล็กด้วยเครื่องทำฝอย มาผสมกับตัวประสานอนินทรีย์หรือตัวประสานที่เป็นส่วนผสมของสารประกอบโลหะธาตุ อันได้แก่ แมกนีไซด์ (ส่วนผสมของแมกนีเซียมคลอไรด์กับแมกนีเซียมออกไซด์), ยิปซัม, และซีเมนต์ ที่ผ่านกรรมวิธีการผลิตจากวัตถุดิบตามธรรมชาติแล้ว โดยมีอัตราส่วนผสมและกรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกันไปตามรูปแบบและวัตถุประสงค์ที่จะนำแผ่นผลิตภัณฑ์ไปใช้ นอกจากตัวประสานหลักคือ ซีเมนต์ ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันแล้ว ยังต้องเติมสารเคมีบางชนิดเพื่อเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางเคมี และช่วยให้วัตถุดิบอย่างอื่นนอกเหนือไปจากชนิดไม้ที่มีความเหมาะสมในการยึดติดกับซีเมนต์ดีอยู่แล้วสามารถยึดตัวติดกันได้อย่างเหนียวแน่นดีพอที่จะมีคุณสมบัติครบถ้วนตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่กำหนดขึ้น หรืออาจกำหนดให้กว้างขวางมากยิ่งขึ้นไป เพื่อนำไปใช้ประโยชน์เป็นส่วนประกอบในการก่อสร้างได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ ยังเป็นการพัฒนาและส่งเสริมให้มีการผลิตแผ่นวัสดุสำหรับงานก่อสร้างที่มีคุณภาพดีและราคาถูกอีกทางหนึ่งด้วย

ABSTRACT

Wood-wool cement slabs, a kind of cement-based building boards, are made from wood or excelsior (fibrous materials) and a mineral binder, such as Portland or Sorel cement, and a mineralization agent like calcium chloride ($CaCl_2$),magnesium chloride ($MgCl_2$) and silicates like water glass ($Na_2O.xSiO_2$).

The products have valuable properties that make them well suited as building materials in a wide range of application. They absorb less water than solid wood, have good weather resistance, low specific gravity, good sound and thermal insulation, fair elasticity and bending strength non-inflammability and relative durability against fungi and insect attack, which depends upon the treatment of finishing applied.

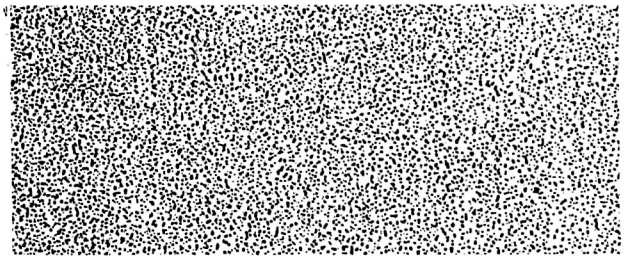
The dimension, weights and properties of the products have been standardized in some countries with application instructions issued by the manufacturers by various official bodies.

The only one wood-wool cement slabs factory in Thailand which was established in 1956 is the Thai Cellocrete Co., Ltd. The products conform to British Standard and the economic output of production is about 300 slabs per 8 hours. The products are mainly absorbed by domestic consumption.

The establishment of the building boards from fibrous materials and cement industry in Thailand is subjected to the qualifying factors mentioned. A thorough feasibility study of each product in a developing country like Thailand, should be carried out. It should base on a comprehensive market survey, on an accurate inventory of the available raw material, and on reliable laboratory tests to determine the suitability of the local fibrous materials for manufacturing.

Tawat Jirayut

Forest Products Research Division,
Royal Forest Department, Bang Khen,
Bangkok 10900, Thailand



คำนำ

เนื่องจากวัตถุดิบหลักของการผลิตแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ คือ ซีเมนต์และไม้จากป่าธรรมชาติ และสวนป่าทั้งของเอกชนและของรัฐที่กำลังเร่งรัดการปลูกขึ้นเพื่อทดแทนเนื้อที่ป่าที่กำลังลดน้อยถอยลง การใช้ไม้ซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่เราสามารถปลูกขึ้นทดแทนได้นั้น ในทางอุตสาหกรรมการใช้ประโยชน์ไม้เพื่อผลิตแผ่นวัสดุก่อสร้างภายในประเทศเรายังอยู่ในวงจำกัด ทั้งที่ยังสามารถใช้ประโยชน์จากเศษเหลือจากการเกษตรที่สูญเปล่าเศษไม้ปลายไม้และจากชนิดไม้ที่ยังไม่เป็นที่นิยมกันอีกหลายชนิดด้วยกัน เช่นเดียวกันกับการขยายและพัฒนาการผลิตแผ่นวัสดุก่อสร้างที่ยังไม่เป็นที่รู้จักกันดีแต่เป็นที่นิยมกันอย่างกว้างขวางในต่างประเทศ เช่น ในยุโรป ญี่ปุ่น ฯลฯ กำลังขยายการผลิตกัน เนื่องจากแผ่นผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มีคุณสมบัติอยู่หลายประการด้วยกัน คือ น้ำหนักเบา กันความร้อนหนาว และทนไฟได้เป็นอย่างดี อีกประการหนึ่ง การวิจัยและส่งเสริมให้มีการลงทุนทางอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นผลิตภัณฑ์ชนิดนี้จะเป็นการสนองความต้องการที่อยู่อาศัยราคาประหยัดแก่ผู้มีรายได้น้อยในส่วนกลางและชนบทได้ โดยเฉพาะในประเทศที่กำลังพัฒนาและด้อยพัฒนาที่มีอัตราการขาดแคลนที่อยู่อาศัยในระดับสูง

ประวัติความเป็นมาของแผ่นผลิตภัณฑ์

กำเนิดของแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์โดยแรกเริ่มเดิมที ได้มีการวิจัยและทดลองทำกันขึ้นเมื่อกว่า 100 ปีมาแล้ว โดยใช้ยิปซัมเป็นตัวประสาน มีการจดทะเบียนสิทธิบัตร ไว้ในปี 1880ต่อมาในปี 1914 ที่เมือง Radenthein ในรัฐ Karnten ประเทศออสเตรีย ได้มีการใช้แมกนีไซด์เป็นตัวประสานในการทำแผ่น ผลิตภัณฑ์เป็นครั้งแรก ก่อนหน้านั้นไม่กี่ปี Robert Scherer ได้จดทะเบียนสิทธิบัตรประดิษฐกรรมชิ้นนี้ของเขาไว้ที่กรุง เวียนนา เมื่อวันที่ 1 ธันวาคม 1908 โดยใช้ชื่อทางการค้าว่า Heraklith ต่อมาการผลิตในรูปของอุตสาหกรรมได้ขยายตัวไปทางประเทศเยอรมนี ประมาณปี1920 โดยได้ใช้ทั้งแมกนีไซด์และซีเมนต์เป็นตัวประสาน และได้มีเอกสารยืนยันว่าแผ่นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซีเมนต์เป็นตัวประสานนั้น ได้ผลิตออกสู่ท้องตลาดเป็นครั้งแรกในปี 1928 เป็นเวลา 58 ปีมาแล้ว

จากตารางข้างล่างนี้ พอจะแสดงได้ว่า ความสนใจในผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ได้สูงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวงการก่อสร้างประเทศเยอรมนี เนื่องจากแผ่นผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติที่ดีเด่นหลายประการ ซึ่งจะเห็นได้ว่า หลังจากที่ได้กล่าวมาแล้ว ก็มีโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแผ่นชนิดนี้เพิ่มขึ้นอย่างมากมายทีเดียว

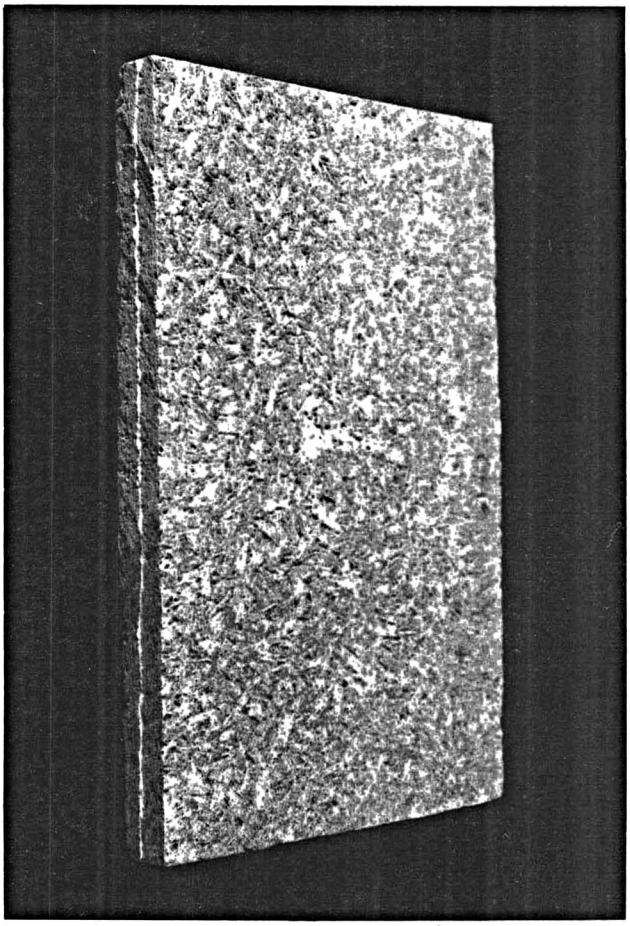
ปี ค.ศ.	ประเทศ	จำนวนการผลิต (ล้าน ตร.ม.)
1932	เยอรมนี	2.33
1933	เยอรมนี	4.45
1934	เยอรมนี	9.79
1935	เยอรมนี	10.64
1936	เยอรมนี	15.13
1937	เยอรมนี	20.25
1938	เยอรมนี	30.00 (ค่าโดยประมาณ)
1947	อังกฤษ และ อเมริกา	11.00 (ค่าโดยประมาณ)
1948	อังกฤษ และ อเมริกา	14.00
1949	เยอรมนี	21.00[xx]
1952	เยอรมนี	21.50
1953	เยอรมนี	23.46

[xx]– ตามสถิติที่ลงทะเบียนไว้ บันทึกเฉพาะโรงงานที่มีคนงานเกินกว่า 10 คน ส่วนจำนวนการผลิตในโรงงานขนาดเล็ก มีสถิติในปีเดียวกันอย่างน้อย 4 ล้าน ตร.ม. โดยประมาณ

ในปี 1936 ประเทศเยอรมนีประเทศเดียว ใช้ตัวประสานในการผลิตมากถึง 86,257 ตัน ในจำนวนนี้ใช้ซีเมนต์เป็นตัวประสานประมาณ 39% แมกนีไซด์ประมาณ 35% และอีกประมาณ 26% ที่เหลือเป็นยิปซัม ภายหลังสงครามโลกครั้งที่สองใช้ซีเมนต์เป็นตัวประสานมากขึ้น

จากการที่มีการพัฒนาการผลิตและมีการจัดตั้งโรงงานเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เช่นนี้ จึงทำให้จำเป็นต้องมีการร่างมาตรฐานอุตสาหกรรมสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ขึ้นในประเทศเยอรมนีเป็นครั้งแรก คือ DIN 1101 (1970) เป็นการจำกัดขนาด รูปแบบ และความแข็งแรงของแผ่นผลิตภัณฑ์ขึ้น เช่น แผ่นผลิตภัณฑ์จะต้องเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ได้มุมฉากและด้านต้องขนานกันสม่ำเสมอโดยตลอด แผ่นที่ผ่านการตรวจสอบจะต้องประทับตรามาตรฐานไว้ให้เป็นสำคัญ สำหรับขนาด น้ำหนัก ความหนาแน่นและคุณสมบัติบางประการของแผ่นได้จำกัดไว้ ดังได้แสดงไว้เป็นตัวอย่างตามตารางข้างล่าง นอกจากนี้ ยังมีมาตรฐานอีกหลายบทที่เกี่ยวเนื่องกับแผ่นผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ เช่น DIN 1102 (1952) เป็นการแนะแนวทางการใช้ประโยชน์ของแผ่นผลิตภัณฑ์ และ DIN 4077 (1955) เป็นมาตรฐานที่กำหนดขนาดและการผลิตฝอยไม้ที่ใช้ทำแผ่นโดยเฉพาะ เป็นต้น

ตัวอย่างตารางมาตรฐานของเยอรมนี DIN 1101 กำหนดขนาด น้ำหนัก และคุณสมบัติบางประการของแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์



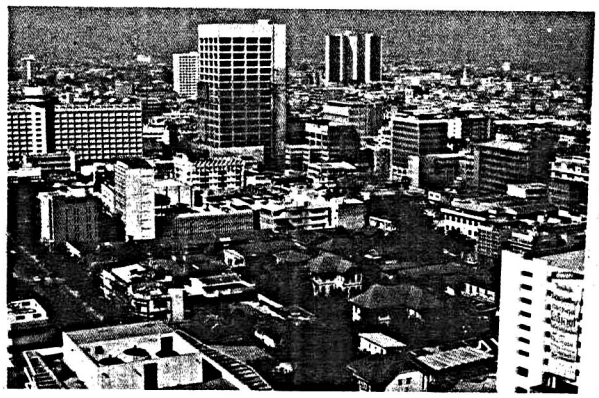
ยาว มม.	กว้าง มม.	หนา มม.	มวลของแผ่น ความหนักแผ่น กก./ม.^{2}		ความหนาแน่น กก./ม.^{3}		แรงดัด กก./ซม.^{2} ไม่ต่ำกว่า	ความต้านแรงกด โดย นน. 3 กก./ซม.^{2} (% ความหนาเดิม ไม่น้อยกว่า)	การนำความร้อน
ขนาดคลาดเคลื่อนที่ยอมให้									
± 5 -10	± 5	+3 -2	ชั้นเดียว	หลายชั้น	ชั้นเดียว	หลายชั้น			
		15	8.5	–	570	–	17	–	
		25	11.5	–	460	–	10	15	
		35	14.5	–	415	–	7	17	0.08
2,000	500	50	19.5	–	390	–	5	18	
		75	28.0	36	375	480	4	–	
		100	36.0	44	360	440	4	–	

ที่มา: Kollmann, (1955)

คุณสมบัติของแผ่นผลิตภัณฑ์ ที่มีข้อได้เปรียบ เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นวัสดุก่อสร้างชนิดอื่น ๆ มีดังนี้ คือ.-

1. มีน้ำหนักเบา ความหนาแน่นตั้งแต่ 350–650 กก./ม.^{3}
2. เป็นฉนวนกันความร้อนหนาว และเก็บเสียงได้ดีกว่าแผ่นผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นหลายชนิด
3. มีความยืดหยุ่นดี และมีความต้านทานต่อแรงดัดสูง
4. ไม่ติดไฟ
5. ทนทานต่อการทำลายของเห็ดราและแมลง
6. แปรสภาพ ใช้งาน ขนส่งได้ง่ายและทนทาน
7. ต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าแผ่นอัดสำหรับงานก่อสร้างชนิดอื่นโดยทั่วไป

โดยทั่วไปแผ่นฝอยไม้อัดมีความหนา 15–100 มม. มาตรฐานของยุโรปกำหนดให้แผ่นหนา 15, 25, 35, 50, 75 และ 100 มม. ตามลำดับ ส่วนในสหรัฐฯ กำหนดความหนาเป็น 1, 2, 2$\frac{1}{2}$ และ 3 นิ้ว ขนาดประมาณ 2 × 8 ฟุต หรือ 50 × 200 ซม. ความหนาแน่นเปลี่ยนไปตามความหนา 0.3–0.64 กรัม/ซม.^{3} (ประมาณ 19–40 ปอนด์/ฟุต^3)



แผ่นฝอยไม้อัดผลิตขึ้นก็เพื่อใช้เป็นส่วนประกอบสิ่งก่อสร้างที่รับน้ำหนักน้อย เช่น ใช้ทำเป็นแผ่นดาดฟ้า (decking) และเพดาน ดังนั้น แผ่นฝอยไม้อัดที่นำมาใช้จำเป็นจะต้องคำนวณหาความต้านทานในการรับน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ (loading per unit area) เสียก่อน ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะช่วงคาน (spans) และความสามารถในการรับน้ำหนัก ซึ่งมาตรฐานของเยอรมนี ได้กำหนดโดยยึดถือค่าสัมประสิทธิ์แห่งการหัก (modulus of rupture) เป็นหลักดังต่อไปนี้ คือ.-

แสดงมาตรฐานของแผ่นฝอยไม้อัด โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของการหักเป็นตัวกำหนด

Value in metric units			Value in English units		
Thickness (mm)	Density mm/cm^2	Modulus of rupture kg/cm^2	Thickness (in)	Density (kg/ft^3)	Modulus of rupture (psi)
15	0.57	17	0.6	36	240
25	0.46	10	1	29	150
35	0.42	7	1.4	26	100
50	0.39	5	2	24	70
75	0.38	4	3	23	60
100	0.36	4	4	22	60

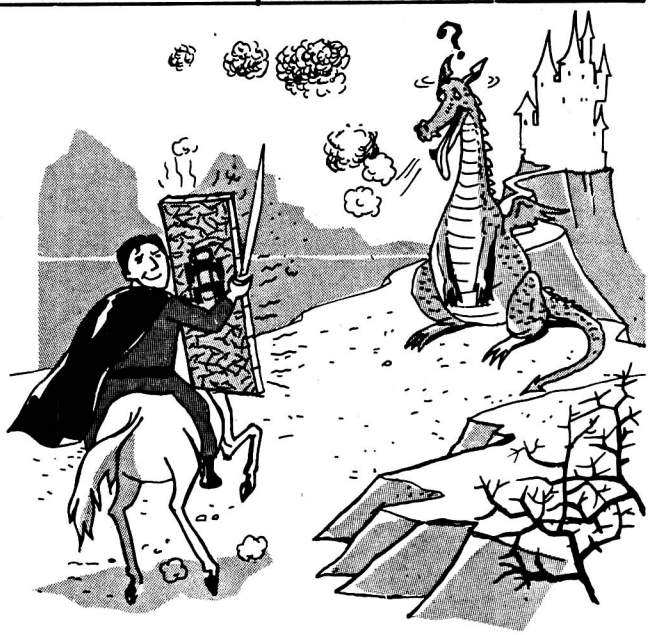
ที่มา : FAO (1963)

แสดงการนำความร้อนของแผ่นฝอย ไม้อัดซีเมนต์

Density		Thermal conductivity	
g/cm^3	lb/ft^3	$kcal/h/m^{3°}/C/m$ thickness	$btu,/h/ft^{2°}/F/in$ thickness
0.28	17.6	0.057	0.46
0.31	19.1	0.061	0.51
0.43	26.7	0.070	0.56
0.48	30.0	0.080	0.64

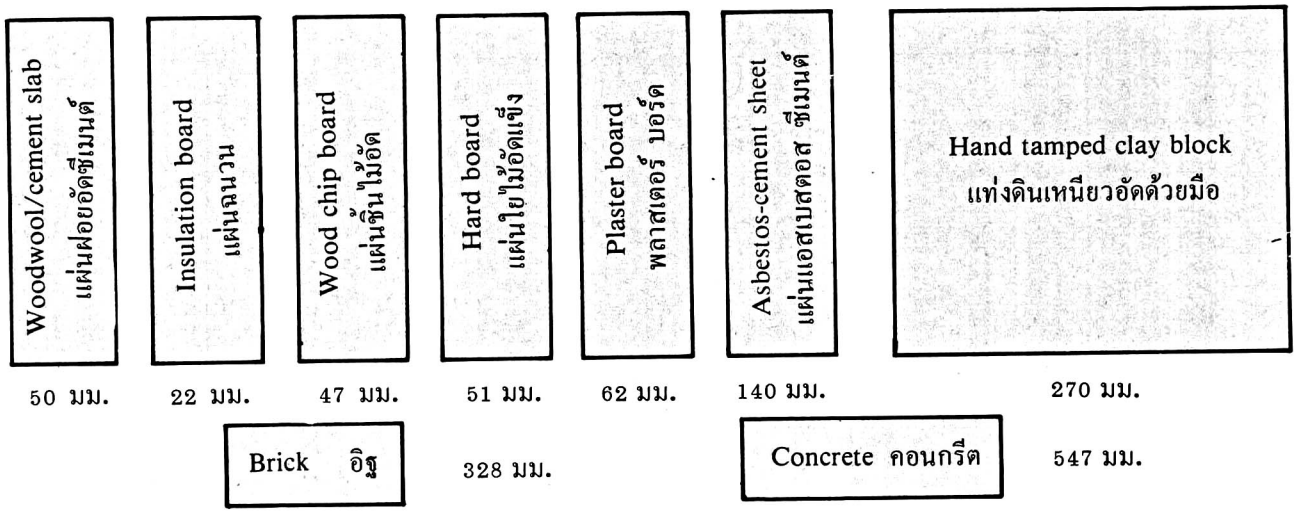
ที่มา : FAO (1963)

การป้องกันความร้อน (heat insulation)



แผ่นฝอยไม้อัด เป็นวัสดุที่ค่อนข้างโปร่ง มีรูพรุนสม่ำเสมออยู่ทั่วไป รูต่าง ๆ นี้จะทำหน้าที่ระบายความร้อนให้มีอุณหภูมิผสมกลมกลืนกันภายในอาคาร ป้องกันความร้อนไม่ให้เข้าไปในอาคารได้ ผิดกับวัสดุที่อัดแน่นบางอย่าง ซึ่งมีอณูอัดแน่น เป็นสื่อนำความร้อนได้ดี เช่น หลังคาที่มุงสังกะสี หรือกระเบื้อง ตารางต่อไปนี้จะแสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติการนำความร้อน ซึ่งจะแปรผันไปตามความหนาแน่นของแผ่นที่ได้จากไม้ซึ่งผ่านการแช่น้ำยาเพื่อสกัดเอายางและน้ำตาล ซึ่งเป็นอาหารของปลวกและแมลงต่าง ๆ ออกจนหมดสิ้นแล้ว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการผลิตแผ่นผลิตภัณฑ์ให้มีคุณสมบัติตามมาตรฐานที่กำหนดไว้สำหรับงานเฉพาะอย่างของแต่ละประเทศ

แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านเป็นฉนวนกันความร้อนที่ได้สมดุลกัน ของแผ่นวัสดุชนิดต่าง ๆ



ที่มา : Hawkes and Robinson (1978).

แสดงการใช้ประโยชน์ของแผ่นฝอยไม้อัดในประเทศไทย

ขนาด	น้ำหนัก (กก.)	การใช้
1 ม.×1 ม.×$\frac{1}{2}$″	8	เหมาะสำหรับทำฝ้าเพดาน เพื่อเป็นฉนวน
1 ม.×2 ม.×$\frac{1}{2}$″	16	กันความร้อนและเก็บเสียงได้ 100%
1 ม.×2 ม.×$\frac{3}{4}$″	23	เหมาะสำหรับทำผนังภายนอก และภายใน
1 ม.×2 ม.×1″	28	โดยอาศัยโครงสร้างเป็นไม้หรือเหล็ก
1 ม.×2 ม.×1$\frac{1}{2}$″	34	
1 ม.×2 ม.× 2″	44	เหมาะสำหรับทำผนังภายนอกและภายใน แบบก่ออิฐ (มีเหล็กเส้นตรงรอยต่อให้ติดกัน) ปูนที่ก่อแผ่นแต่ละแผ่นให้ติดกัน ใช้ส่วนผสมเช่นเดียวกับการก่ออิฐ น้ำหนักเบากว่าอิฐ 10 เท่า ต่อเนื้อที่ 1 ตารางเมตร
1 ม.×2 ม.×3″	56	เหมาะสำหรับทำผนังภายนอกและภายใน

ขนาดและน้ำหนักซึ่งเกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์

นอกจากแผ่นฝอยไม้อัดที่มีลักษณะดังกล่าวแล้ว บริษัท เซลโลกรีตไทย จำกัด ยังได้ผลิตผลิตภัณฑ์ในรูปลักษณะที่สวยงาม ดังต่อไปนี้คือ

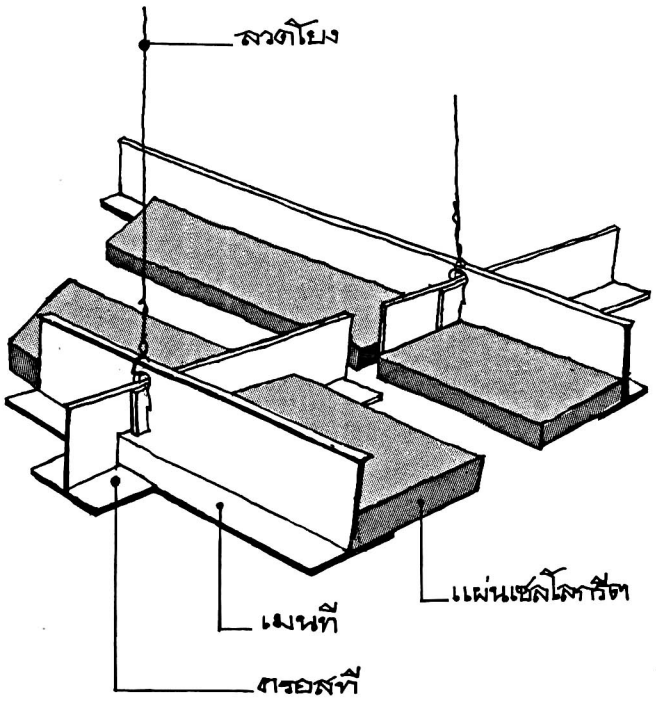
เซลโลกรีตเชลล์ (cellocrete shell) ทำฝ้าเพดานผนังภายใน ภายนอก ขนาด.60 × .60 ม. × 10 มม. น้ำหนัก 3 กก.

เซลโลกรีตโดม (cellocrete dome) ทำฝ้าเพดาน ผนังภายใน ภายนอก ขนาด.60 × .60 ม. × 10 มม. น้ำหนัก 3 กก.

เซลโลกรีตโฟม (cellocrete foam) เป็นแผ่นที่มีน้ำหนักเบาที่สุด ใช้ทำฝ้าเพดาน ฝากั้นห้อง ผนังภายใน ภายนอก หลังคา และแทนไม้แบบเทคอนกรีต ขนาด 0.60 × 1.20 ม. หนา ½ นิ้ว, ¾ นิ้ว, 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว น้ำหนัก 12 กก., 13 กก. และ 14 กก. ตามลำดับ

เซลโลกรีตสตาร์ (cellocrete star) เหมาะสำหรับทำฝ้า–เพดานห้องประชุม ห้องส่งกระจายเสียง โรงภาพยนตร์ โรงแรม ห้องเย็น ห้องโชว์ ผนังภายใน ภายนอก ขนาด 0.6 × 0.6 ม. × 10 มม. น้ำหนัก 3 กก. และ 1 ม. × 1 ม. × ½ นิ้ว น้ำหนัก 6 กก.

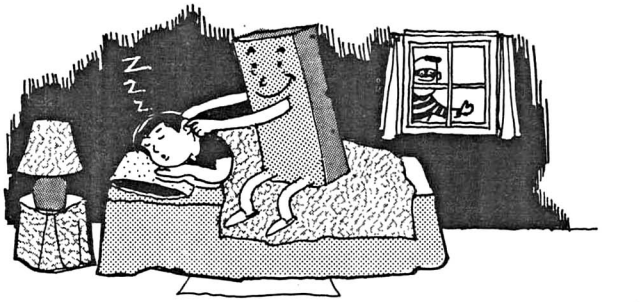
เซลโลกรีตบล็อก (cellocrete block) ทำฝากั้นห้อง ทำผนังภายนอก ภายใน ทำรั้ว ขนาด .20 × .39 × .09 ม.^{3} น้ำหนัก 3 กก.



ฝ้าเซลโลกรีตบนคร่าวอลูมิเนียมแขวน

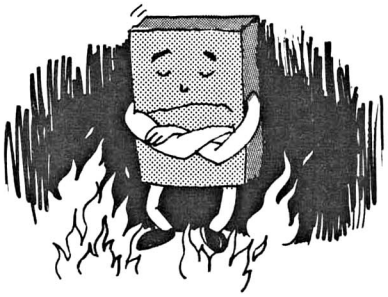
การเก็บเสียง (sound traps)

จากรูพรุนที่สม่ำเสมอในแผ่นฝอยไม้อัด ทำให้เก็บเสียงได้เป็นอย่างดี เสียงที่ผ่านมาจะเข้าไปในรูของแผ่น จะไม่สะท้อนกลับมาอีก เหมาะสำหรับใช้กั้นห้อง เพดาน และในที่มีเสียงรบกวนตลอดเวลา เช่น ในโรงภาพยนตร์ โรงละคร ห้องประชุม ห้องปาฐกถา ห้องบันทึก ห้องส่งกระจายเสียง สถานีวิทยุและโทรทัศน์ ฯลฯ



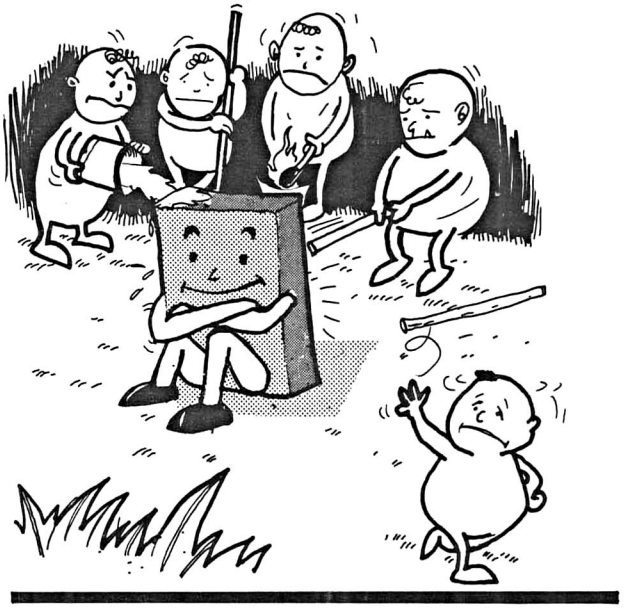
การทนไฟ (fire resistance)

ซีเมนต์เป็นวัตถุที่ทนไฟ แผ่นฝอยไม้อัดซึ่งมีส่วนประกอบของซีเมนต์ส่วนใหญ่จะทนไฟได้เป็นอย่างดี เหมาะที่จะทำเป็นผนังแล้วฉาบปูนเพิ่มขึ้นอีก เป็นที่รับรองของสมาคมป้องกันไฟ The Fire Officers Committee (U.K.)



การป้องกันความชื้นและการทำลายของตัวทำลายไม้ต่าง ๆ (moisture and decay resistance)

เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ว่าซีเมนต์ยิ่งถูกน้ำยิ่งแข็งตัวดี จึงทำให้สามารถทนแดดทนฝน ต้านทานการผุกร่อน ถูกน้ำไม่เป็นรอยด่าง ไม่ยืดตัว หดตัว หรือบวม ไม่ว่าจะอยู่ในสภาวะอากาศใด ๆ ทาสีง่าย ไม่เปลืองสี เลื่อย ไส และตอกตะปูได้เช่นเดียวกับไม้ ปลวกและแมลงต่าง ๆ ไม่สามารถจะกัดกินแผ่นฝอยไม้อัดได้ โดยเฉพาะเส้นฝอยไม้อัดที่ได้จากไม้ซึ่งผ่านการแช่น้ำยาเพื่อสกัดเอายางและน้ำตาล ซึ่งเป็นอาหารที่ปลวกและแมลงต่าง ๆ ออกจนหมดสิ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการผลิตแผ่นผลิตภัณฑ์ให้มีคุณสมบัติตามมาตรฐานที่กำหนดไว้สำหรับงานเฉพาะอย่าง



การใช้ประโยชน์และการตลาด

การใช้ประโยชน์ของแผ่นฝอยไม้อัด ก็เป็นไปตามหัวข้อที่กล่าวไว้ ในหัวข้อคุณสมบัติและมาตรฐานของผลิตภัณฑ์แล้ว แต่เพื่อประกอบความรู้เพิ่มเติม ควรที่จะได้ทราบว่าการผลิตแผ่นฝอยไม้อัดในประเทศไทย ผลิตออกมาในลักษณะใด และนำไปใช้ประโยชน์ตามลักษณะอย่างไรบ้าง

ลักษณะผิวหน้าของแผ่นไม้อัดที่ผลิตจำหน่ายในท้องตลาดมี

1. แผ่นธรรมชาติ เหมาะสำหรับเก็บเสียงโดยเฉพาะโชว์เส้นฝอยไม้และแผ่นตามธรรมชาติ

2. แผ่นไล้ปูน ใช้ปูนขาวผสมซีเมนต์ไล้ทับผิวหน้าเพื่ออุดรูพรุน เหมาะสำหรับทำฝ้าเพดาน

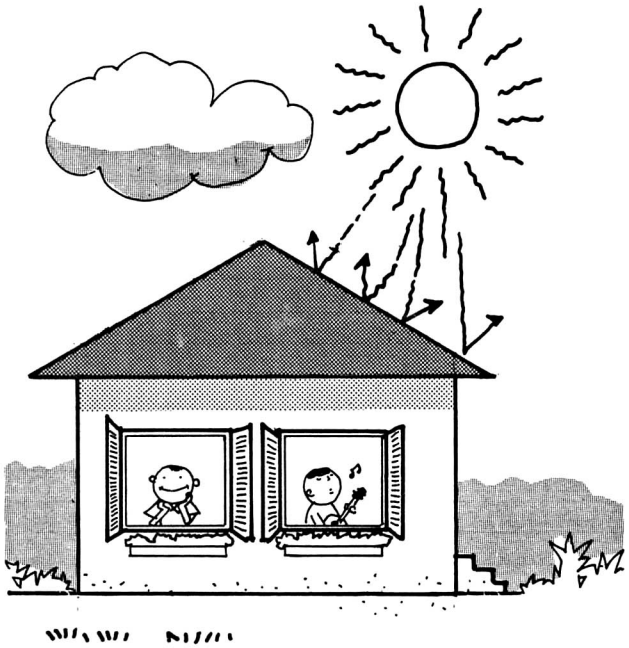
3. แผ่นฉาบปูน โดยครั้งแรกฉาบปูนเค็มทิ้งไว้ก่อน เมื่อแห้งแล้วจึงฉาบปูนผิวหน้าทับ แผ่นฉาบปูนนี้เหมาะสำหรับใช้ทำฝ้าและหลังคาเท่านั้น

แผ่นฝอยไม้อัดที่ผลิตขึ้น ส่วนมากมีความหนาตั้งแต่ 15–100 มม. หรือ 5/8–4 นิ้ว สำหรับมาตรฐานในยุโรปผลิตแผ่นที่มีความหนา 15, 25, 35, 50, 75 และ 100 มม. ส่วนในสหรัฐอเมริกากำหนดความหนาไว้ 1, 2, 2½ และ 3 นิ้ว

ขนาดกว้างยาวของแผ่นโดยทั่วไป มีขนาด 500 × 2,000 มม. และ 500 × 2,500 มม. ความหนาแน่น 300–640 กก./ม.^{3} หรือประมาณ 19–40 ปอนด์/ฟุต^3

ประเทศอังกฤษ ได้กำหนดมาตรฐานการจำแนกผลิตภัณฑ์แผ่นไม้ฝอยไม้อัด (British Standard Specification for Wood-wool Slabs 1972) ไว้ 2 ประเภทดังนี้ คือ.–

ประเภท 1 เป็นแผ่นฝอยไม้อัดที่ไม่รับน้ำหนักมาก เช่น การทำฝากั้นห้อง เพดาน ผนังภายนอกภายใน บานประตู–



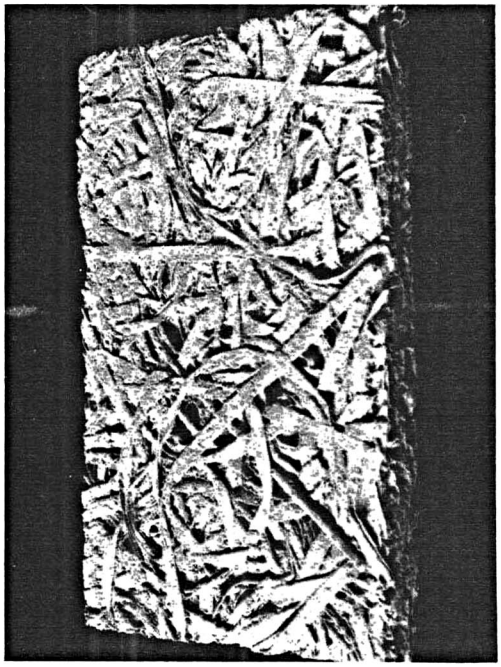
หน้าต่าง และทำเป็นหลังคาเพื่อเป็นฉนวนกันความร้อน

ประเภท 2 เป็นแผ่นฝอยไม้อัดประเภทที่มีความหนาตั้งแต่ 51 มม. ขึ้นไป มีความแข็งแรงมากกว่าประเภท 1 จุดประสงค์ใหญ่ เพื่อใช้ประกอบเป็นโครงสร้างของหลังคา และสามารถใช้ประโยชน์เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ประเภทที่ 1 ได้อีกด้วย

รูปลักษณะของแผ่นผลิตภัณฑ์

ลักษณะผิวหน้าของแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์โดยทั่วไปจะมีรูขนาดตื้นลึกต่างกันกระจัดกระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอตามผิวหน้าทั่วทั้งแผ่น ทำให้ดูโปร่ง มีน้ำหนักเบา ผิวหน้าจะมีระดับราบเรียบ มองเห็นเส้นไม้เป็นลวดลายสวยงามมาก ทั้งนี้เกิดจากการประสานตัวของเส้นฝอยไม้หรือเศษวัตถุดิบอย่างอื่นที่มีขนาดเล็กและเหมาะสมที่ถูกห่อหุ้มไว้ด้วยเนื้อซีเมนต์ เมื่อผ่านกรรมวิธีขั้นต้นแล้ว เส้นฝอยไม้หรือเศษวัตถุดิบเหล่านี้จะประสานตัวกันไปมาทั้งทางยาวและทางขวาง เป็นไปตามธรรมชาติ เกิดเป็นรู ๆ ที่สม่ำเสมอภายในเนื้อแผ่น ลักษณะเหล่านี้ช่วยให้แผ่นผลิตภัณฑ์มีลักษณะดีเด่นเหนือแผ่นวัสดุอื่นมีลักษณะรูปแบบประจำตัว การเกาะยึดตัวของเส้นใยหรือเศษวัสดุให้เป็นแผ่นด้วยแรงอัดและคุณสมบัติที่ดีเด่นของซีเมนต์ทำให้การบิดและการยืดหดตัวของแผ่นเกิดขึ้นน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นวัสดุอื่นที่มีขนาดเท่ากัน

จากลักษณะดังกล่าวทำให้แผ่นผลิตภัณฑ์ที่สามารถผลิตได้หลายรูปแบบ เหมาะสมต่อการตกแต่งภายในและภายนอก มีลักษณะพิเศษสำหรับเก็บเสียงโดยเฉพาะ การตกแต่งผิวหน้าและการดัดแปลงลักษณะของแผ่นให้มีรูปแบบแตกต่างกันออกไป ที่จะกล่าวต่อไปนี้สามารถเสนอสนองความต้องการของผู้ออกแบบและสถาปนิกได้เป็นอย่างดี กล่าวคือ จากแผ่นผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่มีรูสม่ำเสมอทั้งแผ่น สามารถตกแต่งได้ เช่น แผ่นไล้ปูน หรือแผ่นฉาบปูน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของโรงงาน บริษัท เซลโลกรีตไทย จำกัด มีขอบเขตในการใช้ประโยชน์แต่ละอย่าง คือ แผ่นไล้ปูนใช้ปูนขาวผสมซีเมนต์ไล้ทับผิวหน้าเพื่ออุดรูพรุน เหมาะสำหรับทำฝ้าเพดาน แผ่นฉาบปูน ใช้กรรมวิธีขั้นแรกโดยฉาบปูนเค็มทิ้งไว้ก่อน เมื่อแห้งแล้วจึงฉาบปูนผิวหน้าทับ แผ่นฉาบปูนนี้เหมาะสำหรับใช้ทำผนังและหลังคาเท่านั้น สำหรับแผ่นผลิตภัณฑ์ที่มีผิวเรียบนี้ค่าความหนาแน่นของแผ่นจะสูงเพิ่มขึ้นมากถึง 1.0 หรือ 1.2 กก./ม.^{3}



แสดงลักษณะของแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์

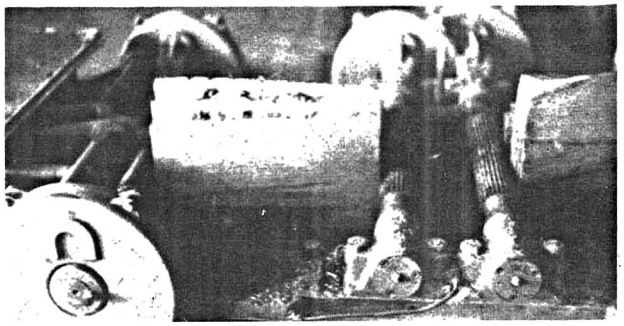
นอกจากการตกแต่งลักษณะผิวของแผ่นตามที่ได้ยกตัวอย่างมาแล้ว ยังมีการดัดแปลงรูปลักษณะของแผ่นให้สวยงามแตกต่างกันไป คือ แผ่นเซลโลกรีตเชลล์ (cellocrete shell) ใช้ทำฝ้าเพดาน ใช้ได้ทั้งภายนอกภายใน ขนาด 0.6 ม. × 0.6 ม. × 10 มม. น้ำหนัก 3 กก. และแผ่นเซลโลกรีตโดม (cellocrete dome) ใช้ทำฝ้าเพดานและฝาผนังภายนอกภายใน ซึ่งมีขนาด น้ำหนัก และราคาอย่างเดียวกัน แต่มีรูปร่างต่างกันไปแล้วแต่จะออกแบบให้มีความสวยงามในการตกแต่งงานเฉพาะอย่าง เช่น ทำผนัง ฝ้าเพดาน ห้องประชุม ห้องส่งกระจายเสียง โรงภาพยนตร์ โรงแรม หรือสถานที่ที่ต้องการเก็บเสียง และควบคุมอุณหภูมิโดยเฉพาะ เนื่องจากแผ่นวัสดุชนิดนี้มีคุณสมบัติพิเศษทางด้านนี้

นอกจากนี้ ยังมีรูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่สามารถพัฒนาได้อีกหลายอย่าง คือผลิตในรูปของบล็อกที่นิยมใช้กันมากในการก่อสร้าง ความแข็งแรงทนทานอาจพัฒนาได้เท่าคอนกรีต–

บล็อกแต่กันความร้อนได้ดีกว่า ในรูปของการใช้แผ่นไม้แบบหล่อคอนกรีตซึ่งกำลังขาดไม้อยู่ในขณะนี้ ก็สามารถนำเอาแผ่นผลิตภัณฑ์ที่ว่านี้มาใช้ได้เป็นอย่างดี เพราะสามารถทนต่อความชื้นได้สูงโดยไม่บิดงอ

กรรมวิธีการผลิตแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์

ไม้หรือวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ได้นั้นอยู่ในช่วงกว้าง มีอยู่หลายชนิดด้วยกัน แต่ชนิดไม้ที่จะใช้ได้นั้นมีขีดจำกัดอยู่ว่า เป็นชนิดไม้ที่มีปริมาณน้ำตาล (sugar) แทนนิน (tannin) และสารแทรก (extractive) ชนิดอื่น อยู่มากน้อยเพียงใด เพราะสารจำพวกนี้เป็นตัวทำลายการแข็งตัวหรือการก่อตัวของซีเมนต์กับส่วนผสมที่ใช้ทำแผ่นไม้บางชนิดมีความเหมาะสมในการนำมาผสมกับซีเมนต์ได้ แต่ไม่สามารถใช้กับเครื่องทำฝอยไม้ เนื่องจากเนื้อไม้มีความแข็งแรงและเหนียวมากจนไม่สามารถทำเส้นฝอยได้ ดังนั้น การหาชนิดไม้ที่เหมาะสมจึงจำเป็นต้องผ่านการทดลองและวิจัยทั้งในห้อง-ปฏิบัติการและจากโรงงานอย่างแน่ใจแล้วว่า มีความเหมาะสมสามารถนำมาใช้ผสมซีเมนต์ทำแผ่นได้ หรืออาจใช้สารเคมีบางชนิดเป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาและช่วยเชื่อมประสานได้หรือไม่ ซึ่งเรื่องนี้จำเป็นต้องพึ่งพาการวิจัยทดลองต่อไป ส่วนรูปลักษณะตลอดจนขนาดของไม้ที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบนั้นไม่เป็นปัญหา เพราะสามารถใช้เป็นวัตถุดิบได้ทั้งในรูปของไม้ซุงขนาดใหญ่จนถึงไม้ท่อนขนาดเล็ก ปีกไม้ ปลายไม้ ริมไม้ ไส้ไม้ หรือเศษไม้ขนาดเล็กอื่น ๆ แต่ตัวปัญหาใหญ่ในการพิจารณาจัดตั้งโรงงานในขั้นแรกก็คือ จะมีปริมาณชนิดไม้ที่เหมาะสมเพียงพอที่จะ**ป้อนโรงงานได้โดยตลอดหรือไม่เท่านั้น**



เครื่องทำฝอยไม้แบบนอน

ถึงแม้ว่าวิธีการผลิตของแต่ละโรงงานจะแตกต่างกันไปตามกรรมวิธีของกระบวนการผลิตซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถในการผลิตของโรงงานและสภาพท้องถิ่นแต่ละแห่ง มีทั้งแบบอัตโนมัติและแบบกึ่งอัตโนมัติ ตามรูปแบบของเครื่องจักร แต่กระบวนการผลิตจะมีพื้นฐานที่คล้ายคลึงกันอยู่ซึ่งประกอบด้วยวิธีการปฏิบัติหลายขั้นตอนด้วยกัน โดยจะกล่าวถึงในแต่ละขั้นตอนรวม ๆ กันไปกับวิธีการผลิตของโรงงานบริษัทเซลโลกรีตไทยเป็นตัวอย่างการผลิตดังต่อไปนี้

การเตรียมวัตถุดิบจากไม้บางชนิด

ไม้บางชนิดที่สามารถนำมาใช้ทำเส้นฝอยไม้และผสมกับซีเมนต์ได้ เช่น ไม้สมพง ถ้าเป็นซุงขนาดใหญ่ ต้องทำการเลื่อยผ่าให้เป็นท่อนขนาดเล็ก แล้วนำไปแช่น้ำเพื่อสกัดถ่ายน้ำยางและน้ำตาลภายในเนื้อไม้ออก โดยแช่และถ่ายน้ำออกเป็นประจำเป็นเวลาประมาณ 20 วัน ส่วนไม้บางชนิด เช่น ไม้สยาแดง ซึ่งเพิ่งประสบผลสำเร็จในการทดลองและสามารถนำมาใช้ได้นั้นหาซื้อได้จากโรงงานปอกไม้บาง โดยใช้เฉพาะส่วนที่เป็นไส้ไม้ที่เหลือจากการปอกแล้ว สามารถนำมาทำเส้นฝอยไม้ได้โดยไม่ต้องแช่น้ำก่อน โดยเหตุที่เครื่องทำฝอยไม้ทั่ว ๆ ไป ทั้งของญี่ปุ่น (แบบตั้ง) และของที่ทำจากเยอรมนี (แบบนอน) มักออกแบบให้เหมาะกับท่อนไม้กลมที่ผ่าซีกแล้ว ทางโรงงานอาจซื้อไม้ที่ทำการผ่าซีกสำเร็จมาจากป่า หรือได้ไม้มาในรูปท่อนซุงแล้วนำมาแปรรูปภายหลังก็ได้ ไม้ซีกดังกล่าวจะมีขนาดยาว 38–45 ซม. หนาเกิน 20 ซม.ขึ้นไป กว้างเกิน 25 ซม. ไม้บางชนิดต้องแช่น้ำก่อน เพื่อประโยชน์ในการเก็บรักษาไว้นาน ๆ และเพื่อชะล้างสารเคมีในไม้บางอย่างที่เป็นพิษต่อการเกาะยึดกับซีเมนต์ หลังจากแช่น้ำแล้ว นำไปผึ่งบนลานผึ่งไม้ประมาณ 20 วัน ในระยะนี้ไม้จะมีความชื้นประมาณ 25–35% ก่อนนำไม้เข้าเครื่องทำฝอยไม้ ควรมีความชื้นประมาณ 18–30% จะทำให้ได้เส้นฝอยไม้ที่มีคุณภาพดีอ่อนตัวและผลผลิตสูง ลานผึ่งไม้ควรมีบริเวณกว้างขวางพอที่จะเตรียมไม้ไว้สำหรับการผลิตได้ล่วงหน้าเป็นเวลาอย่างน้อย 6 เดือน

การผสมเส้นฝอยไม้กับซีเมนต์

นำเส้นฝอยไม้ที่ผึ่งจนความชื้นได้ที่แล้ว ป้อนเข้าสายพานที่หมุนเวียนด้วยระบบโซ่เข้าเครื่องผ่านไปยังน้ำ เมื่อผ่านน้ำแล้วจะถูกดึงขึ้นไปยังเครื่องสำหรับพ่นซีเมนต์ผง เมื่อผ่านเครื่องพ่นซีเมนต์แล้วจะเทลงในหม้อผสม เครื่องผสมซึ่งหมุนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าจะคลุกเคล้าส่วนผสมจนเข้ากันอย่างดี สำหรับอัตราส่วนผสมสามารถตั้งเครื่องให้ได้ตามที่ต้องการตามแต่ละความหนาของแผ่นว่าต้องใช้อัตราส่วนผสมเท่าใด เนื่องจากเป็นเครื่องกึ่งอัตโนมัติสั่งมาจากประเทศเยอรมนีตะวันตก สามารถทำการผลิตได้รวดเร็วขึ้นและประหยัดค่าแรงงานได้มากกว่าระบบการผลิตแบบเก่า ฝอยไม้บางชนิดต้องแช่ หรือพ่นด้วยสารละลายทางเคมี หรือน้ำยาสำเร็จรูปบางชนิด เพื่อช่วยเพิ่มคุณ-สมบัติในการเกาะยึดซีเมนต์ให้ดีขึ้นและให้แข็งตัวเร็วขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการปรับปรุงคุณภาพเฉพาะอย่างให้ดีขึ้นตามที่ต้องการอีกด้วย

ตารางแสดงปริมาณของเส้นฝอยไม้และซีเมนต์ที่ใช้ทำแผ่น

ความหนา		ปริมาณเส้นฝอยไม้		ปริมาณซีเมนต์ผง	
มม.	นิ้ว	กก./ม.^{3}	ปอนด์/ฟุต^3	กก./ม.^{3}	ปอนด์/ฟุต^3
15	0.6	150	9.4	230–280	14–18
25	1.0	140	8.8	200–240	13–15
35	1.4	130	8.1	200–230	13–14
50	2.0	110	6.9	160–180	10–11

ที่มา : FAO (1963)

การทำฝอยไม้

นำท่อนไม้ที่เตรียมไว้แล้วเข้าสู่เครื่องทำฝอยไม้ในโรงงาน เส้นฝอยไม้ที่ได้จะมีขนาดกว้างประมาณ 4–5 มม. ยาวประมาณ 500 มม. และมีบางส่วนที่เป็นชิ้นเล็ก ๆ หรือเป็นผง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด ความชื้นของไม้ และเครื่องทำฝอยไม้ โดยเฉพาะใบมีด ปริมาณความชื้นของเส้นฝอยไม้ที่ได้จากเครื่องจะไม่เกิน 20% ของน้ำหนักแห้ง การเตรียมฝอยไม้ช่วงนี้มีส่วนสำคัญมาก คุณสมบัติของแผ่นฝอยไม้ซีเมนต์อัดขึ้นอยู่กับคุณภาพของเส้นฝอยไม้เป็นสำคัญ โดยทั่วไปแล้วเส้นฝอยไม้ที่มีคุณภาพดีจะต้องเป็นเส้นไม้ที่บางสม่ำเสมอ จึงจะทำให้แผ่นมีความแข็งแรงและประสานตัวกันได้ดี แต่ถ้าบางมากเกินไปจะทำให้แผ่นมีความหนาแน่นสูง และทำให้คุณสมบัติในด้านเป็นฉนวนความร้อนและเก็บเสียงลดลง โดยทั่วไปแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความหนา 1 นิ้ว เส้นฝอยไม้ควรมีความหนา 0.4–0.5 มม. ถ้าทำแผ่นบางกว่านี้ก็อาจใช้เส้นฝอยไม้ที่บางกว่านี้ได้ แต่ไม่ควรบางกว่า 0.2 มม. โรงงานของบริษัทเซลโลกรีตไทย จำกัด ใช้เส้นฝอยไม้ที่มีความหนาระหว่าง 0.2–1.0 มม. เส้นฝอยไม้ที่ออกจากเครื่องแล้วควรนำไปผึ่งแดด 3–4 ชม. เพื่อให้มีความชื้นเหลืออยู่เพียง 14–20% ของน้ำหนักแห้ง

การทำแผ่นและการอัดแผ่น

เมื่อได้ส่วนผสมที่คลุกเคล้ากันอย่างดีแล้ว เครื่องผสมก็จะป้อนส่วนผสมโรยไปบนสายพาน ซึ่งสายพานก็จะป้อนส่วนผสมดังกล่าวต่อไปบนกระดานไม้แบบซึ่งส่วนมากมักจะทำด้วยไม้อัดหนาประมาณ 15 มม. รองรับอยู่

จากนั้น เครื่องลำเลียงซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องทำแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ "คานาลี" จากเยอรมนี ก็จะทำหน้าที่เลื่อนแผ่นบนเครื่องลำเลียงไปยังเครื่องอัด เมื่อโรยส่วนผสมที่จะทำแผ่นจนได้ที่พอกับความหนาที่ต้องการแล้ว แผ่นของส่วนผสมที่มีความหนาและความแน่นพอควร ซึ่งใกล้เคียงกับความหนาที่ต้องการเมื่อสิ้นสุดกรรมวิธี จะค่อย ๆ เคลื่อนออกจากเครื่องเป็นแผ่น ๆ อยู่บนกระดานไม้แบบหรือสิ่งที่รองรับอย่างอื่น แผ่นเหล่านี้จะถูกวางซ้อน ๆ กันหลายชั้น โดยอาศัยคนงานยกมาวางไว้บนกระดานติดล้อเลื่อน เพื่อลำเลียงไปบนรางสู่เครื่องอัดครั้งสุดท้ายอีกที ก่อนที่จะนำมาเรียงแผ่นซ้อนกันก็ต้องใช้คนงานวางไม้คั่นระหว่างชั้นของแผ่น เพื่อบังคับความหนาของแผ่นไว้ทั้ง 4 ด้าน และทำการเกลี่ยส่วนผสมให้สม่ำเสมอกันตลอดทั้งแผ่น ชั้นของแผ่นบนรถล้อเลื่อนจะเคลื่อนไปตามรางเข้าสู่เครื่องอัดให้ได้ความหนาและความแน่นตามความต้องการ ใช้เหล็กรัดแบบทุกชั้นไว้ก่อนในขณะที่อยู่ในเครื่องอัดเย็น ใช้เวลาในการอัดประมาณ 12 ชม.

สำหรับอัตราส่วนผสมระหว่างซีเมนต์กับไม้โดยน้ำหนักในอัตราทั่วไป ใช้ประมาณ 2 ต่อ 1 สำหรับความหนาของแผ่น (เซลโลกรีต) ขนาดต่าง ๆ กันนี้ ใช้น้ำหนักของเส้นฝอยไม้ที่ผสมซีเมนต์เป็นหลักในการผลิต รวมทั้งระยะเวลาของไม้–กระดานแบบที่เดินเข้ามารับส่วนผสม เช่น แผ่นยิ่งมีความหนาเพิ่มขึ้น อัตราการเดินของไม้กระดานแบบจะยิ่งช้าลง และทำได้หนาสุดเพียง 2 นิ้วเท่านั้น จากความหนาต่ำสุดประมาณ 1/2 นิ้ว

การปรับสภาวะและการตกแต่งแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์

นำแผ่นออกจากเครื่องอัดและถอดแบบออกเมื่อครบกำหนดเวลา จากนั้นก็นำออกผึ่งกระแสอากาศโดยนำเข้าเรียงตามแนวตั้งในราวตากแผ่น ซึ่งมีไม้ระแนงกั้นไว้เป็นช่อง ๆ

ตามรูปตากไว้ให้แห้งประมาณ 7–10 วัน ช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่นและปริมาณความชื้นในอากาศ เมื่อแผ่นแห้งและซีเมนต์แข็งตัวดีแล้ว จะมีปริมาณความชื้นของแผ่นประมาณ 7–10% ในโรงงานบางแห่งเร่งให้ซีเมนต์แข็งตัวเร็วขึ้นโดยการนำแผ่นที่ถอดออกจากแบบแล้ว ไปอบโดยใช้ความร้อนไม่เกิน 50° ซ. สามารถผลิตได้เร็วขึ้น แผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ที่แข็งตัวเต็มที่แล้ว จะต้องนำเข้าเครื่องตัดริมให้ได้ขนาดกว้าง 1.00 ม. ยาว 2.00 ม. ถือเป็นขนาดการผลิตตามขนาดมาตรฐานของบริษัท ก่อนนำไปเก็บไว้ในโรงเก็บเพื่อนำออกสู่ท้องตลาดหรือส่งให้ลูกค้าอีกต่อไป แผ่นผลิตภัณฑ์บางชุดอาจต้องนำไปตกแต่งผิวหน้า โดยใช้ซีเมนต์กับปูนขาวไล้ผิวหน้า หรือใช้ฉาบผิวหน้าตามที่ลูกค้าสั่ง ผึ่งให้แห้งประมาณ 3–5 วัน หรืออาจนำไปทากาวแล้วอัดกับโฟมขนาดต่าง ๆ เป็นไส้ หรือทำแผ่นเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีลายนูนเป็นรูปดาวสี่แฉกบ้าง รูปกลมนูนหรือรูปหกเหลี่ยมนูนบ้าง เป็นต้น เพื่อความสวยงามในการตกแต่งภายใน เมื่อใช้สีทาหรือพ่นแล้วจะทำให้รูปพรรณของผลิตภัณฑ์เด่นขึ้นมากทีเดียว

การผลิตแผ่นฝอยไม้อัดภายในประเทศและข้อสรุป

โรงงานผลิตแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ในเมืองไทยมีอยู่เพียงโรงเดียว คือ โรงงานของบริษัทเซลโลกรีตไทย จำกัด ตั้งอยู่ที่ 31/4 ถนนพหลโยธิน ตำบลรังสิต อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี โทร. 516-8843 เริ่มก่อตั้งจดทะเบียนเมื่อปี พ.ศ. 2499 กำเนิดของโรงงานแห่งนี้ริเริ่มโดยบริษัทวิศวกรโยธา จำกัด ส่งผู้แทนไปดูงานที่ประเทศญี่ปุ่นและเยอรมนีแล้วเสนอความคิดเห็นไปยังคณะรัฐมนตรี คณะรัฐมนตรีได้ส่งเรื่องไปยังบริษัทพิทักษ์สามัคคี จำกัด ของกรมตำรวจ และได้จัดตั้งขึ้นใหม่ชื่อว่า บริษัทภัณฑาคาร จำกัด ต่อมาได้เปลี่ยนชื่อบริษัทเสียใหม่ว่า บริษัทเซลโลกรีตไทย จำกัด มีทุนการดำเนินงาน 4 ล้านบาท สั่งซื้อเครื่องจักรและจ้างผู้เชี่ยวชาญชาวญี่ปุ่นมาดำเนินงาน ได้ค้นคว้าทดลองหาชนิดไม้ที่เหมาะสม น้ำยา และซีเมนต์ตลอดจนเทคนิคอื่น ๆ นาน 6 เดือน จึงประสบผลสำเร็จในการจัดตั้งโรงงานในชั้นแรก

ปัจจุบันชนิดไม้ที่ใช้ในการผลิต คือ ไม้สมพงได้ขาดแคลนลงหลังจากได้มีป่อนโรงงานมาตลอดเวลากว่า 20 ปีแล้ว ทางโรงงานได้หันมาใช้ไม้ชนิดอื่นเป็นวัตถุดิบแทนบ้างแล้ว ซึ่งคาดว่ายังมีวัตถุดิบอีกมากซึ่งสามารถนำมาทดแทนได้ ส่วนวัตถุดิบที่ใช้เป็นตัวประสานนั้น ได้ใช้ซีเมนต์ตรางูเห่าที่ผลิตขึ้นได้ภายในประเทศ กำลังผลิตโดยเฉลี่ยของโรงงานประมาณ 300 แผ่น/วัน หรือประมาณ 9 ตัน/วัน คิดจากขนาดแผ่นโดยเฉลี่ย 1 × 2 เมตร หนา 1/2 นิ้ว ใช้เวลาทำการผลิตประมาณ 300 วัน/ปี คือ ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง หยุดวันอาทิตย์ และมีปริมาณการผลิตรายปีประมาณ 100,000 แผ่น/ปี

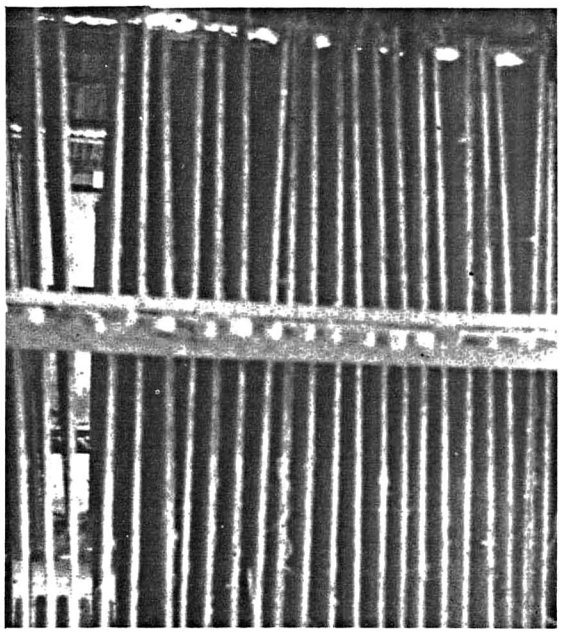
ผลิตภัณฑ์ของบริษัทจัดจำหน่ายโดยบริษัท โฟร์พัฒนา จำกัด 38/143 ซอยเสนานิคม 1 ถนนพหลโยธิน บางกะปี กรุงเทพฯ 10230 โทร. 579-4961

ตารางแสดงปริมาณการผลิตแผ่นเซลโลกรีตในประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2500-2521

พ.ศ.	ปริมาณการผลิต		
	แผ่น*	ลบ.ม.	เมตริกตัน
2500	45,000	1,143	720
2501	62,000	1,575	992
2502	79,000	2,007	1,264
2503	65,000	1,651	1,040
2504	60,000	1,524	960
2505	80,000	2,032	1,280
2506	85,000	2,159	1,360
2507	95,000	2,413	1,520
2508	90,000	2,286	1,440
2512	60,000	1,524	960
2513	50,000	1,270	800
2514	50,000	1,270	800
2515	60,000	1,524	960
2516	60,000	1,524	960
2517	80,000	2,032	1,280
2518	90,000	2,286	1,440
2519	100,000	2,540	1,600
2520	120,000	3,048	1,920
2521	110,000	2,794	1,760

ที่มา : บริษัทภัณฑาคาร จำกัด (บริษัท เซลโลกรีตไทย จำกัด ในปัจจุบัน)

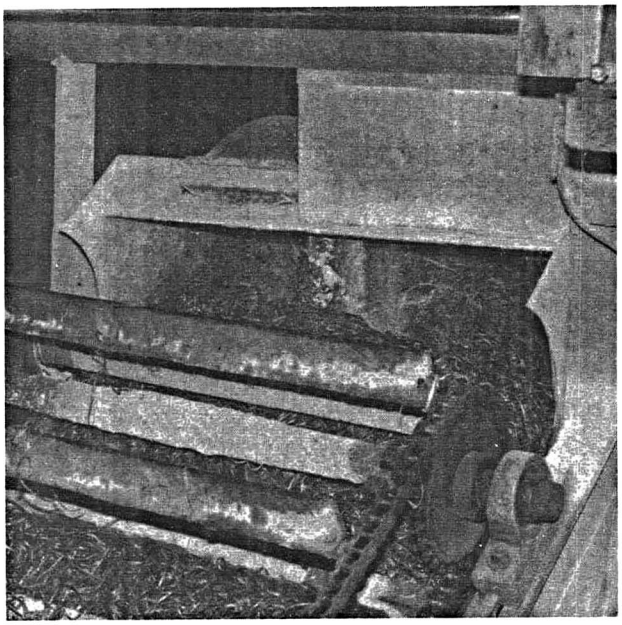
* จำนวนแผ่นถือเอาแผ่นขนาด 1 ม. × 2 ม. × 1/2 นิ้ว เป็นมาตรฐาน



การผึ่งแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ในกระแสอากาศ

หากพิจารณาถึงสถิติปริมาณการผลิต จะเห็นว่าตัวเลขกำลังเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ นอกจากบางปีที่ไม้และซีเมนต์อันเป็นวัตถุดิบหลักมีราคาสูงขึ้นหรือขาดแคลน ปริมาณการผลิตก็ลดต่ำลง

สำหรับสถานการณ์ของการผลิตแผ่นฝอยไม้อัดชนิดต่าง ๆ ของโรงงานกำลังอยู่ในขั้นต้องการพัฒนาการใช้วัตถุดิบจากไม้ชนิดต่าง ๆ ให้มากที่สุด หลังจากที่ได้มีประสบการณ์จากการใช้ไม้สมพงที่สามารถหามาได้จากแหล่งต่าง ๆ ภายในประเทศมาเป็นเวลากว่า 20 ปีแล้ว ปรากฏว่าปริมาณไม้สมพงได้ร่อยหรอและขาดแคลนลง เนื่องจากสภาพป่าไม้ในปัจจุบันไม่อำนวย ทำให้ต้องลดกำลังการผลิตลงด้วย อย่างไรก็ดี แนวโน้มการผลิตของโรงงานยังต้องสนองความต้องการของตลาดอยู่ทั้งภายในและภายนอกประเทศ อันได้แก่ ประเทศที่กำลังขยายตัวในการก่อสร้างอย่างรวดเร็ว เช่น ประเทศในกลุ่มอาหรับ ฯลฯ เป็นที่คาดหวังว่ายังมีลู่ทางแจ่มใสในการขยายการผลิตได้อีกมาก หากได้รับความสนใจจากเอกชนผู้มีทุน ผู้ทำการวิจัย ตลอดจนผู้บริหารหน่วยงานต่าง ๆ และได้รับการส่งเสริมกันอย่างจริงจังจากหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องของรัฐบาล



การลำเลียงเส้นฝอยไม้เข้าเครื่องผสมด้วยระบบโซ่

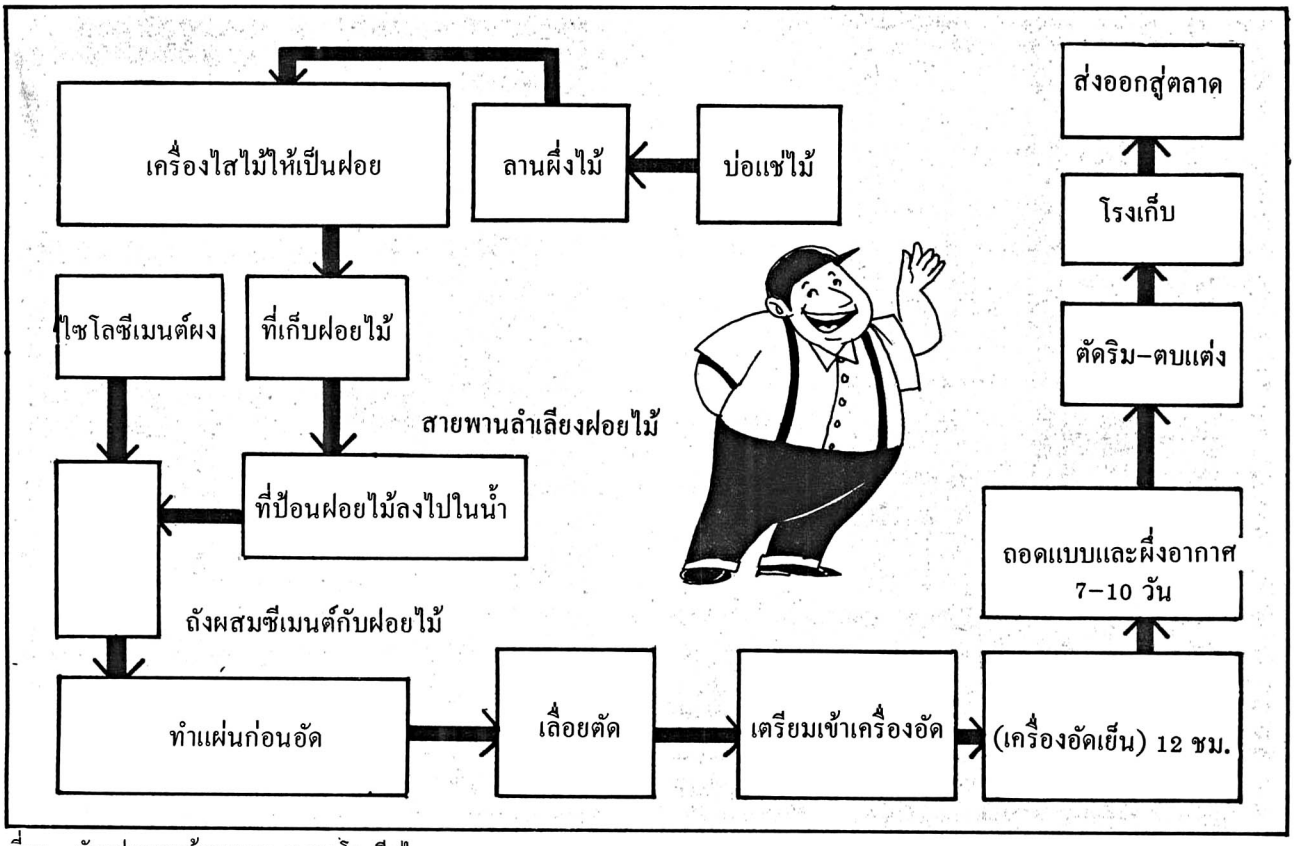
เช่นเดียวกันกับการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ หากได้รับการพิจารณากันอย่างแท้จริงแล้ว มีข้อได้เปรียบในการลงทุนมากกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวเป็นตัวเชื่อมประสานอยู่มาก เนื่องจากกาวมีราคาแพงกว่าปูนซีเมนต์มากนัก ปัจจุบันกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ราคาประมาณ 15 บาท/กก. ส่วนปูนซีเมนต์ตราเสือ งูเห่า นกอินทรี ราคาขายปลีกถุงละ (50 กก.) ประมาณ 67 บาท (ไม่รวมค่าส่ง จากราคาประจำเดือนกันยายน 2528)

คนงานทำการวางแผ่นซ้อนกันก่อนเข้าสู่การอัดครั้งสุดท้าย

ตันละ 1,233 บาท คิดประมาณโดยคร่าว ๆ ปูนซีเมนต์ตกราคา กก. ละเพียง 1.23 บาท ส่วนปริมาณที่ใช้ผลิตต่อแผ่นมากน้อยกว่ากัน แผ่นชิ้นไม้อัด 1 แผ่น ใช้กาวประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เมื่อคิดเป็นราคากาวต่อพื้นที่ 1 ตร.ม. โดยความหนาเท่า ๆ กันแล้ว (ประมาณ 12 มม.) แผ่นชิ้นไม้อัดใช้กาวประมาณ .78 กก./ม.^{2} คิดเป็นเงินประมาณ 11.70 บาท/ม.^{2} ส่วนแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ 1 แผ่น ใช้ผงซีเมนต์ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก หรือเท่ากับ 0.78 กก./ม.^{2} คิดเป็นเงินประมาณ 8.63 บาท/ม.^{2} และแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ใช้ซีเมนต์เป็นส่วนผสมประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก หรือเท่ากับ 4.72 กก./ม.^{2} คิดเป็นเงินประมาณ 5.80 บาท/ม.^{2} เท่านั้น นอกจากนั้นผงซีเมนต์ยังหาซื้อได้ง่าย สามารถผลิตได้ภายในประเทศ และยังมีวัตถุดิบอยู่มาก

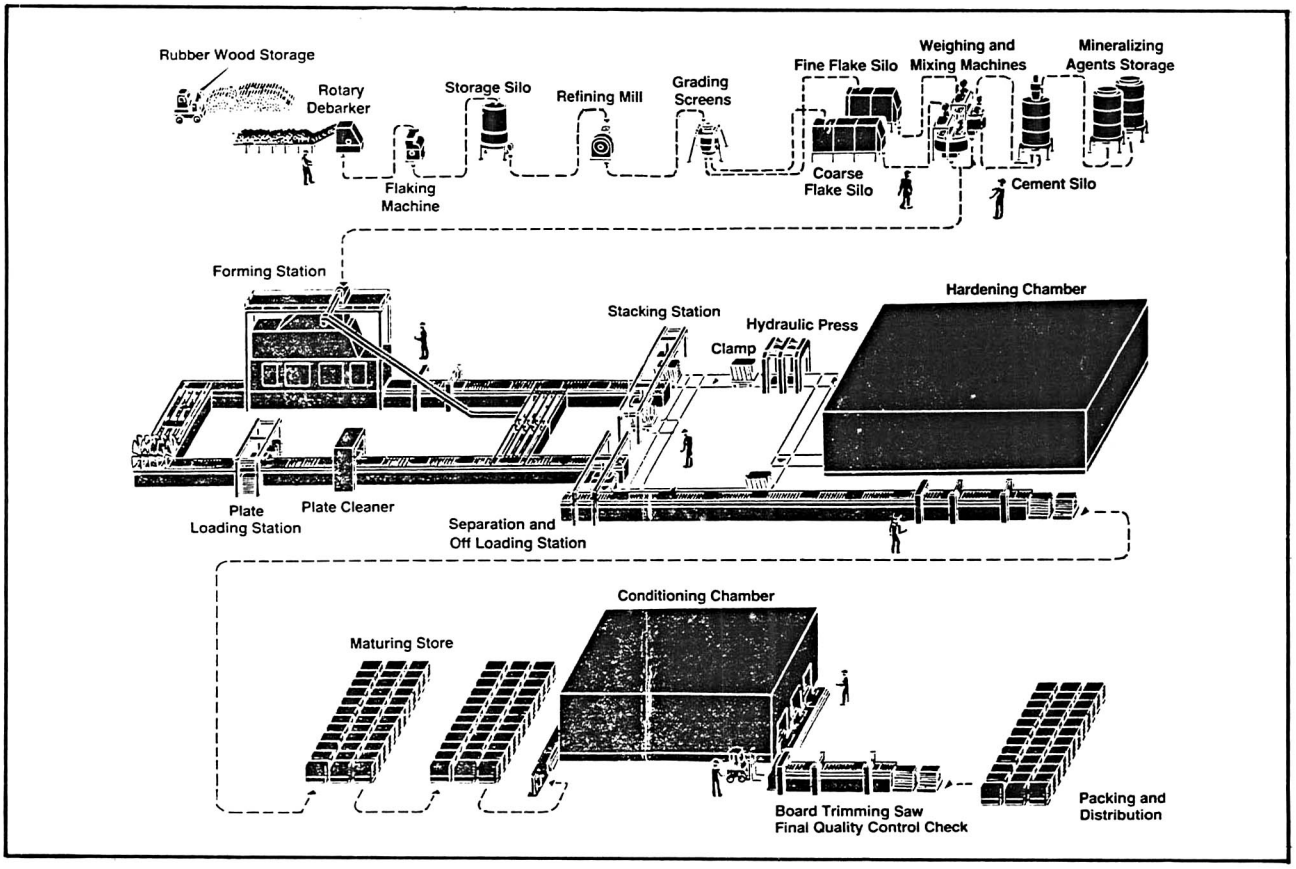
ดังนั้น การส่งเสริมให้มีการผลิตแผ่นก่อสร้างจากวัสดุเส้นใยและซีเมนต์ จึงเป็นสิ่งที่ควรพิจารณาและควรกระทำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อเป็นการเร่งรัดพัฒนาประเทศทางด้านที่อยู่อาศัยราคาประหยัด ซึ่งจะช่วยบรรเทาปัญหาการขาดแคลนที่อยู่อาศัยได้เป็นอย่างดี รัฐบาลจึงต้องแก้ปัญหาเรื่องนี้โดยการวางแผนสร้างที่อยู่อาศัยให้แก่ผู้ยากจน มีรายได้น้อย ดังที่การเคหะแห่งชาติได้กระทำอยู่แล้ว แต่รัฐบาลยังต้องส่งเสริมการลงทุนการผลิตแผ่นก่อสร้างราคาถูกตลอดจนการวิจัยในเรื่องนี้ด้วย เพื่อลดต้นทุนการก่อสร้างงานส่วนรวมของชาติ เพิ่มทักษะความชำนาญในการผลิต และส่งเสริมให้คนมีงานทำ อีกประการหนึ่ง เป็นการพัฒนางานวิจัยทางด้านเทคนิคให้เจริญก้าวหน้าอย่างเร่งรีบ.

ผังแสดงการผลิตแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์



ที่มา – ดัดแปลงจากข้อมูลของ บ.เซลโลกรีตไทย จก.

ผังแสดงขบวนการผลิตแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์



เอกสารประกอบการเรียบเรียง

จิรายุส, ธวัช. 2522. แผ่นก่อสร้างจากวัสดุเส้นใยและซีเมนต์. ประชุมการป่าไม้ สาขาวนผลิตภัณฑ์, 20–28 พฤศจิกายน 2522 กรมป่าไม้, กรุงเทพมหานคร.

เฉลิมพงษ์, อนิวรรตน์ และ หะวานนท์, สนใจ. (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์). แผ่นฝอยไม้อัด. เอกสารเผยแพร่ของกองวิจัย–ผลิตผลป่าไม้.

เซลโลกรีตไทย, บริษัท จำกัด. 2518. เอกสารเผยแพร่. กรุงเทพ–มหานคร.

พัฒนรัตน์, วิฑูรย์. 2520. ปูนซีเมนต์. อุตสาหกรรมสารปีที่ 20, ฉบับที่ 11 พฤศจิกายน, กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, กรุงเทพมหานคร.

พานิชพัฒน์, ดุสิต 2505. อุตสาหกรรมผลิตแผ่นไม้ประกอบในประเทศไทย. เอกสารแนบท้ายหนังสือไม้อัดไม้ประกอบ คณะวนศาสตร์.

หาญสงคราม, สุธี และคณะ. 2516.แผ่นชิ้นไม้อัด คำบรรยาย. กองวิจัยผลิตผลป่าไม้.

Chittenden, A.E. et al. 1974. Wood Cement Systems, FAO. Report FO/WCWSP/75, New Delhi, India.

FAO. 1963. Plywood and Other Wood-based Panel Products Industry. Report of an International Consultation on Plywood and Other Wood-based Panel Products 8-19 July 1963, Rome.

Hawkes, A.J. and Robinson, A.P. 1978. The Suitability of *Eucalyptus grandis* and Two Provenances of *Pinus kesiya* for Wood-wool/cement Slab Manufacture. Report L 49, Tropical Products Institute, Ministry of Overseas Development, London.

Heraklith. 1975. เอกสารของบริษัท Femdorf, ออสเตรีย.

Kollmann, F. 1955. Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe.Vol. 2, 2nd edition.

Paribotro, and Kliwon, S. 1978. The Effect of Site on the Properties of Leda *(Eucalyptus deglupta* Bl.*)* Wood as Wood-wool Board Material. Voluntary Paper, 8th World Forestry Congress, 16-28 October 1978, Jakarta.

UNIDO. 1975. Wood Processing for Developing Countries. Workshop Report 1 D/180, 3-7 November 1975, Vienna.

แก้คำผิด

วารสาร "วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี" ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 (พ.ค.–ส.ค. 29)

หน้า	คอลัมน์	บรรทัด	คำผิด	คำถูก
11	–	5	ม้วน	ม่วน
11	–	8	ใจ	แม่ใจ
11	–	10	ฝาง	อ.ฝาง
11	–	18	ตะ	ทะ
11	–	23	บัว	ปัว
11	–	27	สินเทา	สิเกา
21	–	10	Bangkhen	Bang Khen
30	–	16	electrolylic	electrolytic
33	2	12	แบบ	แบน
33	3	6	คูโรส	ดูโรส
33	3	41	ช้น	ชิ้น
34	3	7	แบบร้อน	ร้อนแบบ
35	1	10	ทะลาย	ทลาย
35	3	25	rools	rolls
36	3	13	คง	ลง
37	รูปที่ 1	–	WEIGH SEPARATER	WEIGHT SEPARATOR
37	รูปที่ 2	–	DRUM DRUM	DRUM
37	1	12	Fallmann	Pallmann
37	1	17	ชิ้น	ชิ้น
37	2	10	การ	กาว
38	3	10	ใบ	ใย
38	3	25	fourdrinier	Fourdrinier
39	รูปที่ 3	–	FOUR DRINIER	FOURDRINIER
39	1	7	ไม้รวก–ไม้ไผ่	ไม้รวก, ไม้ไผ่
39	3	12	426 10^3	426×10^3
40	1	13	เบา	บาง
40	2	9	ตั้ง	ตู้
40	3	6	32S	S2S
40	3	18	PE	PF

การใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาคุณภาพของรัตนชาติ

โพยม อรัณยกานนท์, วัลลภ บุญคง และ รัก หรรษาเวก
357 หมู่บ้านมิตรภาพ หมู่ที่ 2, ซอยอ่อนนุช,
สุขุมวิท, กท. 10250

Applications of Science and Technology for Developing the Enhancement of Gems

Payome Aranyakanon, Wunlop Boonkong and Rak Hansawek
357 Mittraphap Village II, Onnut,
Sukhumvit, Bangkok 10250, Thailand

บทคัดย่อ

การเพิ่มคุณภาพของรัตนชาติ ได้มีการพัฒนาขึ้นมาเรื่อยๆ จนถึงปัจจุบัน กรรมวิธีดังกล่าวมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน เช่น การให้ความร้อน การอาบรังสี การฟอกสี การแต่งสี การย้อมสี ฯลฯ

เรื่องที่นำเสนอมานี้ก็เพื่อแสดงหลักการหรือพื้นฐานที่สำคัญๆ ในกรรมวิธีต่างๆ ซึ่งเป็นแนวทางให้เห็นถึงการประยุกต์ด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อจะได้พัฒนาประเทศในด้านอุตสาหกรรมรัตนชาติต่อไป

ABSTRACT

Up to present, the enhancement of gems has been increasingly developed. Several techniques are used for this purpose, e.g. heating, irradiation, bleaching, colorless and colored impregnations, dyeing, etc.

This article presents a brief outline of the gem treatments as a guideline for the possible applications of science and technology to further develop gem industry of Thailand.

คำนำ

เมื่อประมาณ 20 ปีมาแล้ว ได้มีพ่อค้าพลอยจากจังหวัดจันทบุรี พยายามที่จะทำให้พลอยแซปไฟร์สีน้ำเงินที่มีลักษณะค่อนข้างทึบให้ใสขึ้นโดยวิธีการเผา เช่นเดียวกับการเผาเพทาย ซึ่งได้มีการทำกันมาตั้งแต่สมัยโบราณนับเป็นร้อยปีมาแล้ว ในระยะแรกๆ นั้น การเผายังไม่เป็นผลสำเร็จ มีการศึกษาหาตัวยาชนิดต่างๆ ทั้งที่มีลักษณะเป็นน้ำและเป็นผงผสมกันหลายชนิด ซึ่งปกปิดเป็นความลับ แล้วเผาด้วยถ่านไม้ แต่บางรายก็ใช้ถ่านโค๊ก ได้ผลดีขึ้นบ้าง ไม่ได้ผลบ้าง อย่างไรก็ตาม ได้พบหลักความจริงว่า การให้ความร้อนสูงถึงจุดๆ หนึ่ง ทำให้พลอยมีความใสได้ ผู้เขียนมีโอกาสดีที่ได้มีส่วนเป็นผู้ตรวจสอบพลอยต่างๆ ที่เผากันตั้งแต่เริ่มแรกสมัยยังไม่สำเร็จ จนกระทั่งได้ผลดีในที่สุด ต่อมาก็มีการทดลองกับพลอยแซปไฟร์สีน้ำเงินที่มาจากออสเตรเลีย ซึ่งก็ประสบผลสำเร็จร่ำรวยกันไปหลายราย อีกหลายปีต่อมาก็ได้มีการเผาพลอยไพลินจากศรีลังกา (ซีลอน) มีการเปลี่ยนแปลงเตาเผาจากการใช้ถ่านโค๊กมาเป็นเตาใช้น้ำมันโซล่า และใช้แก๊สหุงต้ม เพื่อเผาบุษราคัมหรือไพลินในระยะต่อมา นอกจากนี้ยังมีการใช้เตาไฟฟ้าโดยเฉพาะสำหรับการเผาทับทิม เครื่องมือดังกล่าวเหล่านี้ช่วยให้การเผาได้รับความสำเร็จพอสมควรทีเดียว

การเพิ่มคุณภาพของรัตนชาติด้วยการให้ความร้อน

กรรมวิธีในการให้ความร้อนแก่พลอย เพื่อให้ได้สีและความสดใสของเม็ดพลอยดีขึ้นตามต้องการ เรียกตามภาษาชาวบ้านว่า *"การเผาพลอย"* หรือ *"การหุงพลอย"* อันที่จริงหลักการเผาที่ทำให้พลอยใสขึ้นนั้น โดยปกติไม่จำเป็นต้องใส่สีหรือตัวยาอะไร เพราะการให้ความร้อนเป็นการช่วยทำให้แร่ธาตุหลักซึ่งเรียงทรงร่างของผลึกของมัน ตลอดจนพวกธาตุหรือแร่ที่เป็นมลทินในเนื้อพลอยนั้น มีการจัดเรียงตัวเองให้เข้าระเบียบเสียใหม่ พลอยจึงใสขึ้น คล้ายๆ กับการหลอมใหม่ แต่ไม่ถึงกับให้ละลาย ส่วนการที่พลอยเกิดมีการเปลี่ยนสีหรือเกิดสีได้นั้น เนื่องจากมีแร่-ธาตุมลทินที่จะทำให้เกิดสีอยู่ภายในเนื้อพลอยเดิมนั่นเอง การให้อุณหภูมิที่ถึงจุดและอยู่ในสภาวะออกซิเดชัน หรือรีดักชัน (oxidizing/reducing environment) ที่เหมาะสม ตลอดจนระยะเวลาการเผาที่เพียงพอ สามารถทำให้แร่-ธาตุมลทินซึ่งอยู่ภายในโครงสร้างของผลึกพลอยเกิดการเปลี่ยนแปลงทำให้เกิดสีขึ้นได้

การเผาพลอยนั้น มิใช่ว่าจะกระทำได้เป็นผลสำเร็จทุกเม็ดไป ผู้ชำนาญและมีประสบการณ์เท่านั้นที่จะรู้ว่าเม็ดไหนจะเผาได้ผลและเผาด้วยกรรมวิธีใด พลอยแต่ละแหล่งแต่ละชนิดจะต้องใช้กรรมวิธีในการเผาที่แตกต่างกัน แม้แต่พลอยตระกูลเดียวกันอาจดำเนินวิธีการเผาไม่เหมือนกัน ทั้งนี้ เนื่องจากธรรมชาติการกำเนิดของพลอยแต่ละแหล่งอาจมีความแตกต่างกัน ซึ่งเป็นเรื่องธรรมดา อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าจะเป็นพลอยประเภทเดียวกันและมาจากบ่อเดียวกัน บางครั้งก็ยังคงต้องทำการคัดเลือกไว้เป็นพวกๆ เพื่อดำเนินขั้นตอนและวิธีการที่แตกต่างกันไปบ้างเล็กน้อย บางกรณีอาจจำเป็นต้องเผา 2-3 ครั้ง หรือมากกว่า รวมทั้งกรรมวิธีของการเผาแต่ละครั้งอาจแตกต่างกันด้วย ผู้เขียนขอยกตัวอย่างการเปลี่ยนสีของพลอยที่สำคัญบางชนิด ซึ่งเคยมีผู้ทดลองแล้ว เมื่อผ่านกรรมวิธีการให้ความร้อนอย่างถูกต้องดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

การเผาพลอยในเมืองไทยนับว่าเป็นที่ขึ้นชื่อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเผาพลอยตระกูลคอรันดัม (ทับทิมและแซปไฟร์สีต่างๆ) จนเป็นสิ่งที่เกือบจะขาดเสียไม่ได้ ก่อนจะผ่านรัตนชาติดังกล่าวไปยังตลาดหรือถึงมือผู้ใช้ อย่างไรก็ตาม เป็นที่น่าสังเกตว่า นักเผาพลอยในเมืองไทยส่วนใหญ่ มักจะดำเนินวิธีการชนิดที่เรียกว่า *"ตามอย่าง"* หรือ *"ตามการบอกเล่าตกทอดกันมา"* และส่วนมากจะคิดกันไปเองว่าดีแล้ว ถูกบ้างผิดบ้างเมื่อเทียบกับหลักวิชาการ ผู้ที่จับทางถูกต้องจึงรวยกันไปก็มาก ผู้ที่คลำทางพลาดท่าเสียทีจึงเสียหายกันไปก็มากมาย ผู้ที่เคยเผาพลอยชุดไหนได้ผลดีก็พยายามจะซื้อหรือแสวงหาพลอยดิบชนิดที่คล้ายอย่างนั้นมาทำการเผา บางครั้งแม้ว่าจะเลือกสรรดีแล้ว แต่ก็ไม่วายล้มเหลวคือเผาไม่ออก และก็ไม่รู้สาเหตุด้วยว่าทำไมถึงเป็นเช่นนั้น ในที่สุดก็ปล่อยให้ความมืดมนนี้เป็นส่วนหนึ่งของการเสี่ยงต่อการเผาพลอยแต่ละครั้ง ซึ่งก็นับได้ว่าพอถูกโฉลกกับอุปนิสัยคนไทยในเรื่องของการชอบเสี่ยง ผู้เขียนขอยืนยันได้ว่าอัตราการเสี่ยงในการเผาจะหมดไป หรือมีน้อยที่สุดเมื่อได้ทำการศึกษาและวิจัยให้เข้าหลักทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง

โดยปกติการเผาพลอยตระกูลคอรันดัม (กะรุน) สิ่งสำคัญอันดับแรกคือ ธรรมชาติของพลอยนั้นเอื้ออำนวยต่อการที่จะให้เพิ่มคุณภาพหรือไม่ หรือจะกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือพลอยดังกล่าวจะต้องมีแร่-ธาตุมลทินที่เป็นต้นกำเนิดแห่งสีตามธรรมชาติ เช่น สีน้ำเงินจะต้องมีเหล็กและไทเทเนียมเป็นธาตุมลทิน สีเหลืองจะต้องมีธาตุเหล็ก ส่วนสีแดงจะต้องมีธาตุโครเมียม เป็นต้น จากการศึกษาพบว่า ความเข้มของสีน้ำเงินและสีเหลืองของพลอยตระกูลคอรันดัมไม่เพียงแต่ขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุมลทินของเหล็กเป็นสำคัญ แต่ยังขึ้นอยู่กับวาเลนซ์สเตท (valence states) ของเหล็กในรูปของเฟอร์รัส (Fe^{2+}) หรือเฟอร์ริก (Fe^{3+}) ในโครงสร้างผลึกอะลูมินา (Al_2O_3) อีกด้วย กล่าวคือถ้าต้องการให้เกิดสีน้ำเงิน หรือเพิ่มสีน้ำเงินจะต้องเปลี่ยนวาเลนซ์สเตทของเหล็กที่เป็นมลทินให้อยู่ในรูปของเฟอร์รัส (Fe^{2+}) นั่นคือจะต้องเผาภายใต้สภาวะรีดักชัน (รูปที่ 1 และตารางที่ 2) ในทางตรงกันข้าม หากต้องการเผาบุษราคัม (yellow sapphire) ให้มีสีเหลืองเข้มขึ้นจะต้องพยายามเปลี่ยนวาเลนซ์สเตทของเหล็กที่เป็นมลทินให้อยู่ในรูปของเฟอร์ริก (Fe^{3+}) ทั้งหมด นั่นคือจะต้องเผาภายใต้สภาวะออกซิเดชัน (รูปที่ 2 และตารางที่ 2)

การเพิ่มคุณภาพพลอยทับทิมและแซปไฟร์ด้วยการให้ความร้อนตามที่ได้กล่าวไว้ในตารางที่ 2 ไม่ถือเป็นการหลอกลวงผู้ซื้อ และไม่ถือเป็นการทำเทียม พลอยที่ผ่านการเผาแล้วเป็นที่ยอมรับในตลาดการค้าเพชรพลอยทั่วโลก เพราะเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นจากสิ่งที่มีอยู่แล้วในเม็ดพลอยตามธรรมชาติ ประการสำคัญคือเป็นการเพิ่มคุณภาพที่คงทนถาวร ไม่กลับคืนสู่สภาพเดิม

เมื่อปี พ.ศ.2524 นี้เอง มีไพลินย้อมเคลือบสี (color-diffused sapphire) ดังที่เรียกกันตามท้องตลาดว่า โคตเต็ดแซปไฟร์ (coated sapphire) ผลิตจากประเทศสหรัฐอเมริกาเข้ามาขายในเมืองไทยเป็นครั้งแรก ยังความตื่นตาแก่บรรดานักเพชรพลอยทั้งหลายที่ได้พบเห็น เพราะสวยงามเหมือนแซปไฟร์ชั้นดี อันที่จริงโคตเต็ดแซปไฟร์เป็นผลิตผลจากกรรมวิธีเพิ่มคุณสมบัติของสีแบบใหม่ซึ่งเรียกว่า การย้อมเคลือบสี (color diffusion) นับเป็นวิธีการใช้ย้อมเคลือบสีได้ทั้งพลอยสังเคราะห์และพลอยธรรมชาติที่มีสีอ่อนหรือไม่มีสี ทำให้มีสีเข้มสวยงามตามมาตรฐานได้ วิธีการนี้คงจะคิดเอาแบบวิธีเคลือบ (glazing)

ตารางที่ 1. การเปลี่ยนสีของพลอยที่สำคัญบางชนิด เมื่อผ่านกรรมวิธีการให้ความร้อนอย่างถูกต้องแล้ว

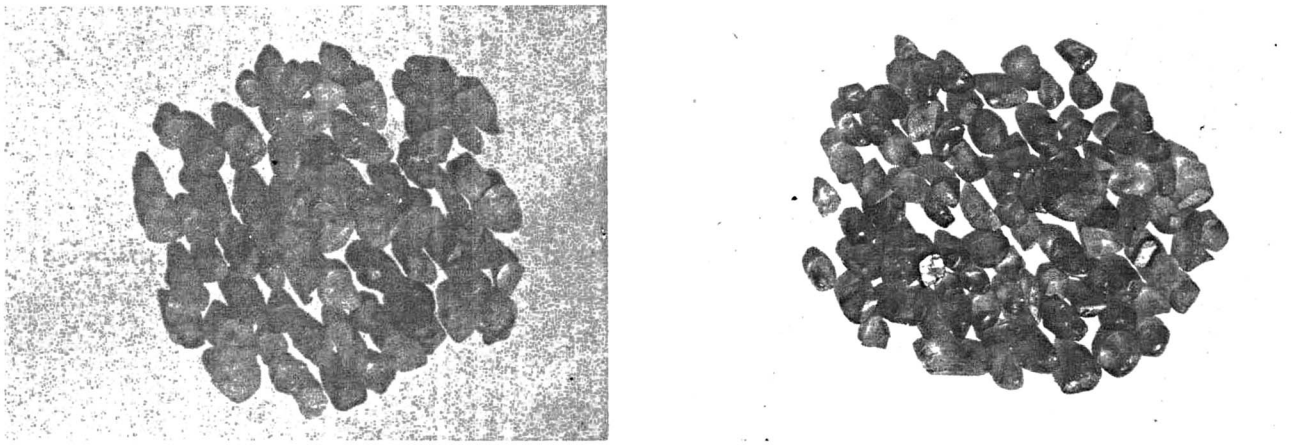
ชนิดพลอย	สีดั้งเดิมตามธรรมชาติ	สีที่เปลี่ยนแปลงภายหลังการให้ความร้อน
ทับทิม (Ruby)	แดงอมม่วง แดงอมน้ำตาล หรือชมพูอมม่วง	แดงสด หรือชมพูสด
แซปไฟร์สีน้ำเงิน (ไพลิน) (Blue sapphire)	น้ำเงิน	น้ำเงินเข้มขึ้น (กรณีของเดิมสีอ่อน) น้ำเงินสว่างขึ้น (กรณีของเดิมสีเข้มเกินไปจนแลดูดำ)
แซปไฟร์สีขาว (White sapphire)	ขาวใส ขาวขุ่นน้ำนม หรือ ขาวอมเหลือง	น้ำเงิน เขียว หรือเหลืองน้ำทอง
สปิเนล (Spinel)	แดงอมม่วง แดงอมน้ำตาล	แดงสด
เพทาย (Zircon)	น้ำตาล สีชา	ใสไร้สี เหลืองน้ำทอง น้ำเงิน
โทแพซ (Topaz)	ขาวใส	น้ำเงิน (ก่อนเผาจะอาบรังสีนิวตรอนให้ได้สีเหลือง–น้ำตาล หรือออกเขียวเสียก่อน)
ควอรตซ์ (แอเมทิสต์) Quartz (Amethyst)	ม่วง	ใสไร้สี เหลืองน้ำทอง เขียว
ควอรตซ์ (คาร์เนเลียน, คตไม้สัก ฯลฯ) Quartz (Carnelian, Tiger's eye etc.)	เหลือง น้ำตาล	น้ำตาลแดง แดง
ควอรตซ์ (สีควันไฟ) Quartz (Smoky)	ควันไฟ	ควันไฟจางลง เหลืองอมเขียว ใสไร้สี
ทัวร์มาลีน (Tourmaline)	น้ำเงินดำ หรือเขียวอมน้ำเงิน แดง	เขียว หากของเดิมเป็นสีแดงจะทำให้สีจางลง หรือใสไร้สี
ซอยไซต์ (แทนซาไนต์) Zoisite (Tanzanite)	น้ำตาล–ม่วง–เขียว	น้ำเงิน
เบริล (อะความารีน) Beryl (Aquamarine)	น้ำเงินอมเขียว	น้ำเงิน

ของพวกเครื่องปั้นดินเผาหรือเคลือบกระเบื้องเคลือบนั่นเอง หลักเกณฑ์สำคัญของการย้อมเคลือบก็โดยการเผาพลอยรวมกับสารเคมี ซึ่งมีส่วนผสมของธาตุมลทินที่ให้กำเนิดสีตามธรรมชาติของพลอยตระกูลคอรันดัมชนิดนั้นๆ ลงไปด้วย อาทิเช่น ถ้าต้องการสีน้ำเงินจะต้องเจือปนไทเทเนียม (TiO_2) และเหล็ก (Fe_2O_3) ลงไปเผาด้วย หากต้องการสีแดงก็จะต้องเติมโครเมียม (Cr_2O_3) ลงไปเผาด้วย เป็นต้น ในกรณีสีน้ำเงินจะต้องให้บรรยากาศแห่งการเผาอยู่ในสภาวะรีดักชัน ถ้าสีแดงจะต้องอยู่ในสภาวะออก–ซิเดชัน และอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาจะต้องสูงมากถึง 1,800° ซ. ปกติก่อนที่จะนำพลอยมาย้อมเคลือบสีนั้น โดยทั่วไปจะทำการเจียระไนให้เรียบร้อยเสียก่อนและหลังจากย้อมสีเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็จะนำไปเจียระไนขัดมันเพียงเล็กน้อยอีกครั้งหนึ่ง เนื่องจากสีที่ได้จากการย้อมจะซึมซาบเข้าไปในเนื้อเพียงพื้นผิวบางๆ ของเม็ดพลอยเท่านั้น ดังนั้น เมื่อนำมาตกแต่งขัดมันอีกครั้งหนึ่งจะทำให้สีบางส่วนบนหน้าเจียระไนเดิมถูกลบไปบ้าง คงเหลือสีแต่เฉพาะบริเวณขอบเหลี่ยมเจียระไนทั่วทั้งเม็ดพลอย ซึ่งมีลักษณะคล้ายใยแมงมุม (spiderweb effect) ลักษณะดังกล่าวนี้ หากพิจารณาด้วยตาเปล่าจะสังเกตเห็นได้ยาก แต่จะเห็นได้เด่นชัดขึ้นภายใต้กล้องขยายประมาณ 10 เท่า โดยจุ่มพลอยดังกล่าวลงในน้ำยาเมธีลีน ไอโอไดด์ (methylene iodide) ซึ่งเป็นวิธีตรวจสอบที่สะดวกและง่าย ๆ สำหรับพลอยย้อมเคลือบสีทั้งหลาย การเพิ่มคุณภาพอัญมณีด้วยการเผาย้อมเคลือบสีเช่นนี้ในตลาดการค้าอัญมณียังถือว่าเป็นการหลอกลวงผู้ใช้ เนื่องจากสีที่เกิดขึ้นเกิดจากการจงใจใส่สารเคมีใหม่เข้าไปยังตัวเม็ดพลอย

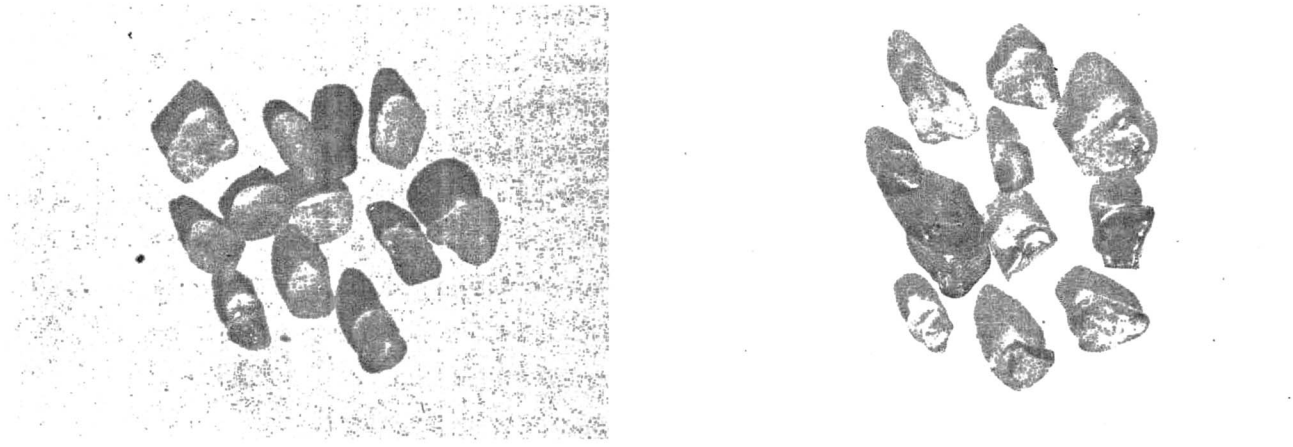
ตารางที่ 2. กรรมวิธีในการเพิ่มคุณภาพพลอยทับทิมและแซปไฟร์ด้วยการให้ความร้อน

กรรมวิธีการให้ความร้อน	ผลของการเพิ่มคุณภาพ
1. เผาในช่วงอุณหภูมิ 1,100°–1,500° ซ. (ประมาณ 1,300° ซ.) ภายใต้สภาวะออกซิเดชันอ่อนๆ	1. เพิ่มคุณสมบัติการให้เหลือบสตาร์
2. เผาในช่วงอุณหภูมิ 1,500°–1,700° ซ. (ประมาณ 1,600° ซ.) ปล่อยให้เย็นอย่างเร็ว	2. กำจัดความขุ่นมัว (หม่า) เส้นไหม (silk) และเหลือบสตาร์อันเป็นผลเนื่องมาจากแร่รูไทล์ซึ่งเป็นมลทินในเนื้อพลอย ทำให้พลอยเกิดความใส
3. เผาในช่วงอุณหภูมิ 1,500°–1,700° ซ. (ประมาณ 1,600° ซ.) ภายใต้สภาวะรีดักชัน	3. ทำให้พลอยไพลินมีสีน้ำเงินเข้มขึ้น เป็นการเพิ่มสีน้ำเงิน
4. เผาในช่วงอุณหภูมิ 1,000°–1,700° ซ. ภายใต้สภาวะออกซิเดชัน	4. ทำให้พลอยสีน้ำเงินที่ค่อนข้างเข้มดำ มีสีโปร่งสว่างขึ้น ซึ่งเป็นการถอยสีน้ำเงินทึบ นอกจากนี้ยังทำให้พลอยบุษราคัมมีสีเหลืองเข้มขึ้น และทำให้ทับทิมมีสีแดงจัดขึ้น ซึ่งเป็นการกำจัดสีแกมน้ำเงินหรือสีอมม่วงของทับทิมออกไป

ในทำนองเดียวกันกับการทำให้พลอยมีสตาร์ปรากฏขึ้น โดยการเติมไทเทเนียม (TiO_2) ลงไปเผาด้วย



รูปที่ 1. พลอยแซปไฟร์ธรรมชาติก่อนการเผาเป็นสีน้ำเงิน (ซ้าย) และภายหลังการเผาเป็นสีน้ำเงินแล้ว (ขวา)

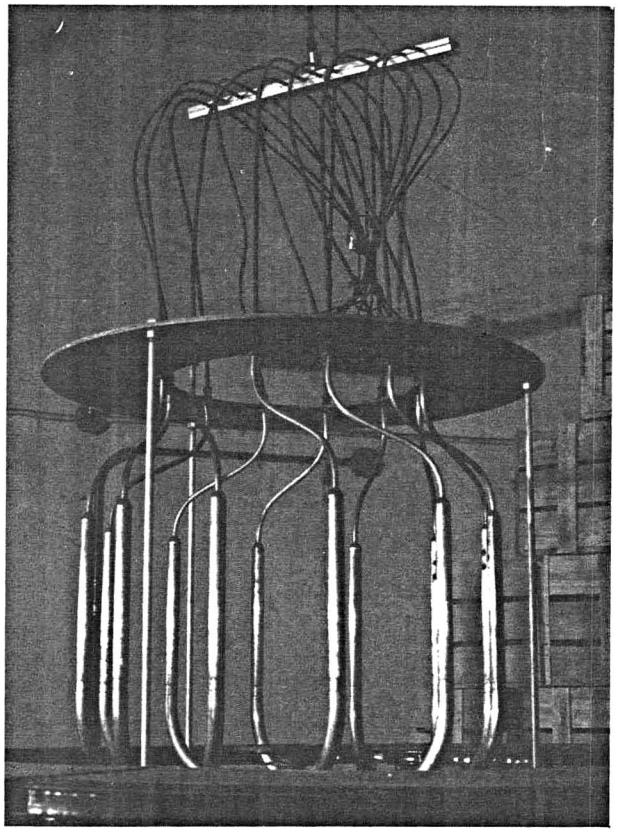


รูปที่ 2. พลอยแซปไฟร์ธรรมชาติก่อนการเผาเป็นสีเหลือง (ซ้าย) และภายหลังการเผาเป็นสีเหลืองแล้ว (ขวา)

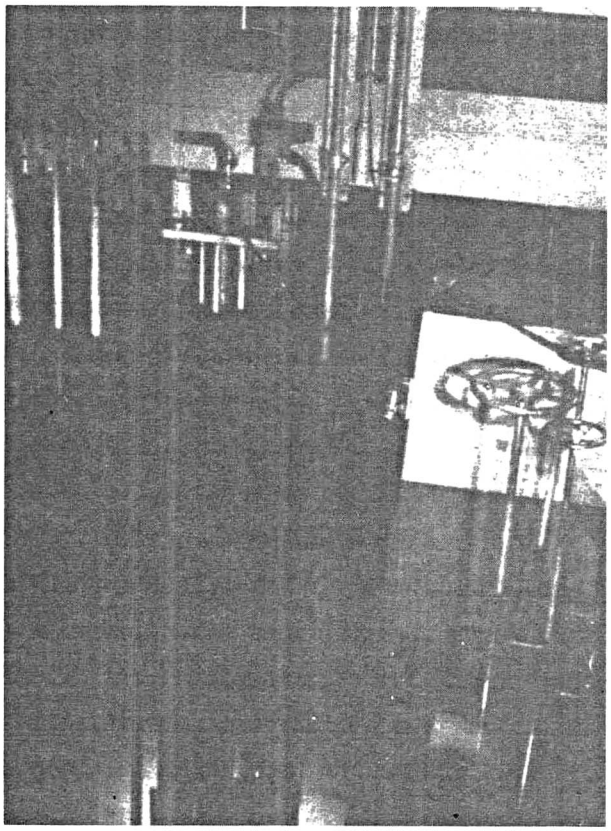
การเพิ่มคุณภาพของรัตนชาติด้วยการอาบรังสี

การเพิ่มสีของรัตนชาติด้วยรังสีนั้น ในต่างประเทศได้ทดลองศึกษามาเป็นเวลานานแล้ว และพบว่ารังสีหลายประเภทอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของรัตนชาติได้เหมือนกัน แต่รังสีที่สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนสีได้อย่างสม่ำเสมอทั่วก้อนรัตนชาติที่สำคัญคือ รังสีแกมมาและนิวตรอน ต้นกำเนิดรังสีแกมมามักนิยมใช้โคบอลต์ 60 (รูปที่ 3) สำหรับนิวตรอนนั้นได้จากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู (รูปที่ 4)

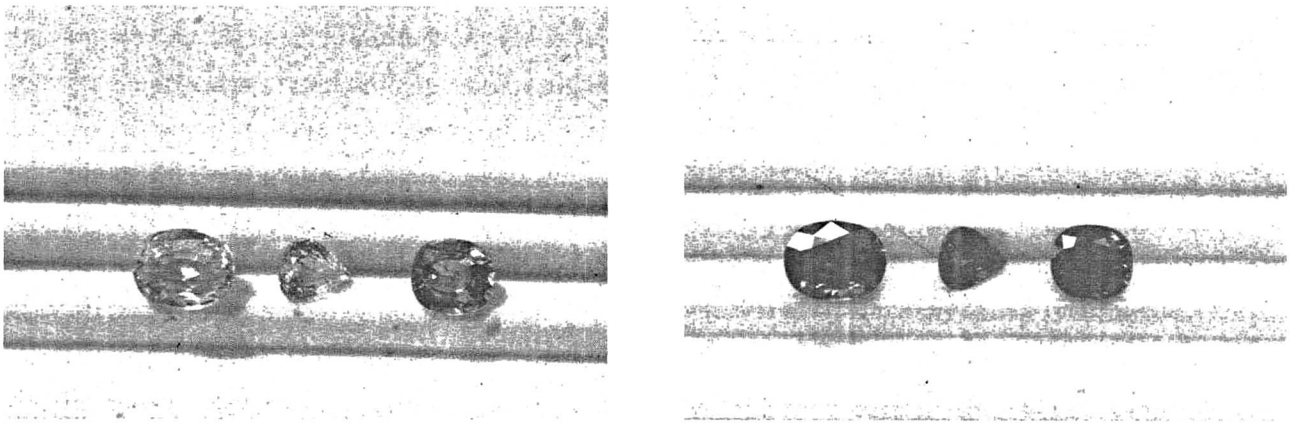
เท่าที่ได้เคยทดลองอาบรังสีตัวอย่างต่างๆ พอได้ผลสรุปว่า การอาบแร่เขี้ยวหนุมานหรือแร่ควอรตซ์สามารถทำให้แร่เขี้ยวหนุมานมีสีออกไปทางควันไฟ (smoky quartz) ตั้งแต่อ่อนจนถึงน้ำตาลคล้ำ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มของรังสีที่ได้รับทั้งหมด เมื่อนำไปขัดมันหรือเจียระไนจะทำให้แลดูดำยิ่งขึ้น จึงเป็นรัตนชาติสีดำที่นับว่าราคาถูกมากชนิดหนึ่ง อย่างไรก็ตามมีสิ่งที่น่าสนใจอยู่อย่างหนึ่งคือ ควอรตซ์จากบางแหล่งดื้อต่อการอาบรังสีดังกล่าว ซึ่งก็ได้พบกันต่อมาว่า การมีสีควันไฟคล้ำเมื่ออาบรังสีนั้นสืบเนื่องจากมีอะลูมิเนียมเป็นธาตุมลทินในเนื้อควอรตซ์



รูปที่ 3. ต้นกำเนิดรังสีแกมมา (โคบอลต์ 60)



รูปที่ 4. เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู



*รูปที่ 5. พลอยแซปไฟร์ชนิดขาวใสก่อนอาบรังสี (**ซ้าย**) และภายหลังการอาบรังสีแกมมาแล้ว (ขวา)*

นั่นเอง สำหรับโอปอ (opal) ธรรมดาของไทยที่มีลักษณะสีขาวน้ำนมจากลำนารายณ์ จังหวัดลพบุรี สามารถเปลี่ยนเป็นสีฟ้าได้ รัตนชาติสองชนิดที่กล่าวมานี้สีที่เกิดขึ้นจะคงทนไม่จางหายไป

ในการทดลองกับพวกแร่ตระกูลคอรันดัมพบว่า ชนิดสีฟ้าหรือน้ำเงินเมื่ออาบรังสีจะได้สีจางซีดลงเป็นสีเขียวอมเหลืองไม่สวยและจะค่อยคืนกลับสู่สีเดิมเมื่อปล่อยทิ้งไว้นานๆ คอรันดัมสีออกไปทางแดงอมม่วงอ่อน อาจให้สีออกทางแดงอมแสด แต่จะไม่คงทน สีจะค่อยๆ จางลงเมื่อถูกแสงสว่างหรือความร้อน สำหรับแซปไฟร์ขาวใสไร้สีหรือออกอมเหลืองอ่อน เมื่ออาบรังสีจะให้สีเหลืองน้ำสุราแม่โขงสวยงามมากเหมือนบุษราคัมชั้นดี (รูปที่ 5) ในทำนองเดียวกันแซปไฟร์ขาวทึบและเทาดำทึบ เมื่ออาบรังสีจะให้สีเหลืองทอง แต่สีเหลืองดังกล่าวนี้จะจางไปอย่างรวดเร็วเมื่อได้รับแสงและความร้อน ถ้าส่องด้วยสปอตไลต์ใกล้ๆ หรือทิ้งตากแดดจัดๆ ไว้ สีจะจางซีดจนเกือบขาวภายในเวลา 5–6 ชั่วโมง เป็นที่น่าสังเกตว่าการอาบรังสีแซปไฟร์เหลืองอ่อนอมเขียวของไทยจากจังหวัดจันทบุรี จะมีการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยมาก ผิดกับแซปไฟร์เหลืองอ่อนที่ได้จากศรีลังกา การอาบรังสีจะช่วยให้สีเหลืองเข้มขึ้นสวยงามเช่นเดียวกับชนิดขาวใส

การอาบรังสีหยกพบว่า จะได้สีออกไปทางม่วงไม่สวยงาม ทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้นนี้เป็นการเปลี่ยนสีของรัตนชาติด้วยการอาบรังสีแกมมา

การเปลี่ยนสีของเพชรนั้นเกิดจากการอาบนิวตรอนเท่านั้น การอาบรังสีแกมมาจะไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของเพชรได้เลย แม้จะใช้ปริมาณความเข้มสูงๆ ตามรายงานของผู้ทดลองในต่างประเทศ พบการเปลี่ยนสีของเพชรเป็นสีต่างๆ เช่น เขียว ชมพู เป็นต้น แต่ในการทดลองเล็กน้อยกับเพชรสีขาวค่อนข้างใสจากลานแร่ดีบุกบริเวณจังหวัดภูเก็ตและพังงาของไทยพบว่าได้เพียงสีเขียวขี้ม้า ซึ่งไม่ได้ทำให้เพชรดังกล่าวมีราคาขึ้นแต่อย่างไร สำหรับโทแพซใสไร้สีเท่าที่เคยทดลองอาบรังสีนิวตรอนพบว่าสีเปลี่ยนออกไปทางเหลืองเล็กน้อย หากทำให้เกิดเป็นสีเหลืองจัดได้ก็จะเป็นการเพิ่มราคาของมัน โทแพซใสไร้สีจากหลายแห่งของโลกเมื่ออาบรังสีและมีการให้ความร้อนจะให้สีน้ำเงินสวยเด่นขึ้นมา ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณภาพที่น่าสนใจอย่างหนึ่ง

เรื่องการอาบรังสีรัตนชาติ อาจมีผู้กลัวอันตรายโดยเข้าใจว่ารัตนชาติจะให้รังสีที่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ ความจริงแล้วรัตนชาติโดยทั่วไปที่อาบรังสีแกมมาจะไม่ให้รังสีที่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้แต่อย่างไร ยกเว้นรัตนชาติที่อาบนิวตรอนอาจมีไอโซโทปรังสีบางอย่างเกิดขึ้นภายใน ดังนั้น เพื่อความแน่ใจควรจะต้องมีการตรวจสอบรังสีจากรัตนชาตินั้นๆ จนแน่ใจว่าไอโซโทปรังสีสลายหมดไปหรือลดลงจนอยู่ในระดับที่ปลอดภัยเสียก่อนจึงจะนำรัตนชาตินั้นไปใช้ ด้วยเหตุที่เพชรเป็นธาตุคาร์บอนที่บริสุทธิ์มาก ฉะนั้นเมื่อถูกอาบนิวตรอนจึงไม่มีไอโซโทปรังสีใดๆ ที่มีอันตรายเกิดขึ้น

การเพิ่มคุณภาพของรัตนชาติด้วยวิธีการอื่นๆ

นอกเหนือไปจากการให้ความร้อนและการอาบรังสี ก็ยังมีวิธีการอื่น ๆ ใช้กันอยู่บ้าง อาทิเช่น การฟอก (bleaching) ไข่มุกหรือปะการัง ที่มีลักษณะคล้ำหรือสกปรกให้เกิดความขาวขึ้น โดยใช้ไฮโดรเจนเพอออกไซด์

การใช้น้ำมันพืชปราศจากสีบางชนิด ให้ซึมแทรกเข้าไปในรอยแตกของรัตนชาติ (colorless impregnations) ทำให้สีที่ปรากฏสมบูรณ์มีชีวิตชีวาขึ้น หรือมิฉะนั้นก็อาจเจือปนสีต่างๆ ลงไปในน้ำมันนั้นด้วย ทำให้รัตนชาติที่มีสีอ่อนหรือสีต่ำกว่ามาตรฐานกลับมีสีเข้มสวยงามขึ้น (colored impregnations) นิยมใช้กับอัญมณีบางประเภท เช่น มรกต ทับทิม จนมีชื่อเรียกน้ำมันที่ใช้ในการตกแต่งเหล่านี้ติดปากในตลาดว่า "emerald oil" ซึ่งมีสีเขียว และ "ruby oil" ซึ่งมีสีแดง

การย้อมสี (dyeing) อาจนำไปใช้โดยตรงกับแร่รัตนชาติที่ต้องการจะให้เกิดสีต่างๆ หรือต้องการจะพรางจุดอ่อนของรัตนชาติที่มีช่องว่าง หรือรูพรุน (porosity) ให้ดูดีหรือสวยงามขึ้น เช่น พวกควอรตซ์เนื้อเนียนละเอียด (cryptocrystalline quartz) ได้แก่ คาลซิโดนี, อะเกต (โมรา), คาร์เนเลียน และ โอนิกซ์ เป็นต้น โดยให้สารละลายของสีซึมซาบเข้าไปตามช่องรูพรุนละเอียดของเนื้อแร่รัตนชาติเหล่านั้น แล้วทำให้ตัวทำละลายแห้งหายหมดไป โดยปกติมักจะใช้ความร้อน ซึ่งจะทำให้สีที่ต้องการติดคงทน การทำให้รัตนชาติมีสีต่างๆ ได้นั้น จึงขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคมีต่างๆ ซึ่งทำสำเร็จรูปอยู่แล้ว ด้วยกรรมวิธีดังกล่าวนอกจากจะได้เห็นพวก *"โมรา"* ซึ่งเริ่มมีการย้อมกันบ้างแล้วในตลาดของไทย พวกเปลือกหอยบางชนิดก็มีการย้อมกันมากขึ้น รวมทั้งไข่มุกด้วย

การย้อมสีรัตนชาติอีกวิธีหนึ่งเป็นวิธีการใช้น้ำตาล–กรด (sugar-acid process) วิธีนี้นอกจากจะใช้ย้อมสีพวกอะเกตให้เป็นสีดำแล้ว ยังสามารถเพิ่มคุณสมบัติการเล่นสีเหลือบรุ้งของโอปอ (opal) บางชนิดได้ วิธีการคือจะแช่อิ่มโอปอดังกล่าวในน้ำเชื่อมร้อน เพื่อพยายามให้น้ำตาลแทรกเข้าไปบรรจุอยู่ภายในช่องรูพรุนของโอปอ แล้วจึงนำไปแช่ในกรดกำมะถันร้อนอีกทีหนึ่ง กรดกำมะถันจะดึงเอา *"น้ำ"* ออกจาก *"น้ำตาล"* ทำให้เหลือแต่ธาตุถ่าน (C) จึงเกิดเป็นสีดำขึ้นมา อันมีผลทำให้โอปอเล่นสีเหลือบรุ้งเข้มเพิ่มขึ้นกว่าเดิมมาก เทียบเคียงได้กับโอปอชนิดดี ตามที่เรียกกันว่า โอปอดำ (black opal)

การใช้แผ่นโลหะที่มีความมันวาวติดไว้ใต้รัตนชาติ เพื่อทำให้เกิดการสะท้อนแสงที่ดีก็นับว่าเป็นที่นิยมใช้กันในสมัยโบราณ ปัจจุบันก็ยังมีการใช้กันอยู่บ้าง บางครั้งก็ฉาบปรอทใต้ฐานรัตนชาตินั้นเลย การป้ายสีดำ เช่น หมึกดำใต้ฐานพื้นขัดของโอปอจะทำให้เกิดสีเหลือบรุ้งเข้มขึ้นอย่างประหลาด

กรรมวิธีของพลอยปะ เช่น ปะสองชั้น (doublet) หรือปะ 3 ชั้น (triplet) ซึ่งคั่นด้วยสารที่เป็นสี อาจเป็นตัวกาวที่ใช้ปะเอง หรือวัตถุอื่น ทำให้รัตนชาตินั้นเกิดสีสวยงาม ก็นับว่าเป็นการเพิ่มคุณภาพรัตนชาติทางหนึ่ง แต่ก็เป็นสิ่งที่ถือกันว่าเป็นการทำเทียม

วิธีการอีกอย่างหนึ่ง ซึ่งถือได้ว่าเป็นการเพิ่มคุณค่าของรัตนชาติได้โดยตรง ซึ่งอาจมองข้ามไป นั่นคือ วิธีการเจียระไน นับเป็นตัวแปรตัวหนึ่งซึ่งนำมาใช้ในการประเมินคุณค่าของอัญมณีเพชรพลอยที่จะมีน้ำมีไฟหรือมีความแพรวพราวดีนั้น ย่อมขึ้นอยู่กับทฤษฎีของการหักเหของแสงและเทคนิคของการเจียระไน ถ้าจะให้สมบูรณ์แบบจริงๆ ผู้กำหนดในการเจียระไนควรจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับผลึกและคุณสมบัติทางแสง (optical mineralogy) ของแร่รัตนชาตินั้นๆ ด้วย

การใช้แสงเลเซอร์เจาะเพชรเพื่อกำจัดจุดด่างดำของแร่มลทิน (inclusions) ภายในเนื้อเพชร หรือเป็นช่องทางสำหรับใส่สารเคมีสีต่าง ๆ ก็นับว่าเป็นกรรมวิธีการเพิ่มคุณภาพรัตนชาติสมัยใหม่ ซึ่งใช้กันมาในช่วงระยะเวลาไม่เกิน 5 ปีมานี้เอง

บทสรุป

1. ประเทศไทยนับเป็นประเทศหนึ่งที่มีชื่อเสียงมากในเรื่องของรัตนชาติ โดยเฉพาะทับทิมและไพลิน ซึ่งปัจจุบันเป็นอัญมณีที่ส่งออกมากที่สุดของประเทศ จากสถิติการส่งออกอัญมณีและเครื่องประดับ โดยผ่านกรมศุลกากร เมื่อปี 2527 เป็นเงินถึง 7,400 ล้านบาท ประมาณกันว่าในปี 2528 ที่ผ่านมานี้คงมีมูลค่าประมาณ 10,000 ล้านบาท จากสถิติตัวเลขดังกล่าว พอจะเห็นได้ว่า อุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับนั้น มีส่วนที่จะช่วยผลักดันและส่งเสริมการพัฒนาประเทศได้อีกทางหนึ่ง อย่างไรก็ตามเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า สิ่งสำคัญมากประการหนึ่งอันเป็นพื้นฐานสนับสนุนอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับก็คือ *"การเพิ่มคุณภาพของรัตนชาติ"* ซึ่งถ้าได้มีการศึกษาวิจัยจนถึงที่สุดจริงๆ แล้วเชื่อแน่ว่า ผลของการวิจัยดังกล่าวจะมีส่วนในการเพิ่มรายได้แก่ประเทศเป็นทวีคูณ

2. การใช้ความรู้และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจชนิดและปริมาณของธาตุมลทินต่างๆ ในเนื้อรัตนชาติ โดยมิได้ทำลายเม็ดตัวอย่างรัตนชาตินั้น น่าจะได้มีการนำมาใช้ประโยชน์กันอย่างกว้างขวางในด้านการเผาพลอย เพราะนอกจากจะช่วยจำแนกว่าพลอยเม็ดไหนเผาได้ผลหรือไม่แล้ว ยังช่วยในการกำหนดกรรมวิธีต่างๆ ในการเผา เพื่อให้ได้ผลอย่างดีที่สุดสำหรับพลอยเม็ดนั้นๆ ด้วย

3. การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเรื่องการเพิ่มคุณภาพของรัตนชาติจำเป็นจะต้องอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์หลายแขนงมาประกอบกัน เป็นต้นว่าจะต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติการกำเนิด (genesis) ของแร่รัตนชาตินั้นๆ มีความรู้เกี่ยวกับเรื่องของแร่ (mineralogy) และธรรมชาติของการเป็นผลึก (crystallography) ตลอดจนคุณสมบัติทางแสงของแร่ (optical mineralogy) เพื่อจะได้มีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับความเป็นมาของเนื้อแร่รัตนชาติทั้งหลาย ซึ่งโดยปกติแล้วไม่อาจวินิจฉัยได้ด้วยตาเปล่าหรือด้วยกล้องขยายธรรมดา เพราะไม่สามารถแยกแยะถึงความผิดปกติหรือความแตกต่างจากกันได้อย่างถึงที่สุด นอกจากนี้จะต้องใช้ความรู้ทางด้านเคมีและฟิสิกส์ (chemistry and physics) โดยเฉพาะในเรื่องของฟิสิกส์ของแข็ง (solid state physics) เพื่อให้เกิดความรู้ความกระจ่างถึงกำลังงานและกระบวนการเปลี่ยนแปลงทั้งทางเคมีและฟิสิกส์ภายในเนื้อของแร่รัตนชาติเหล่านั้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คุณกำธร คุณานุกูล ที่ได้ให้ยืมตัวอย่างพลอยแซปไฟร์ธรรมชาติ ก่อนการเผาและภายหลังการเผามาถ่ายภาพประกอบบทความเรื่องนี้ และขอบคุณ คุณอรุณ เอี่ยมพงษ์ ที่ได้ช่วยพิมพ์ต้นฉบับ

เอกสารอ้างอิง

Crowningshield, R. and Nassau, K. 1981. The heat and diffusion treatment of natural and synthetic sapphire. Journal of Gemmology *17* : 528-541.

Jones, B. 1985. The treated gemstones controversy. Rock and Gem *15* : 52-55.

Nassau, K. 1981. Heat treating ruby and sapphire : Technical aspects. Gems and Gemmology *17* : 121-131.

Nassau, K. 1984. Gemstone enhancement. Butterworths, London, 221 p.

Webster, R. 1983. Gems : Their sources, descriptions and identification. 4th Ed., revised by B.W. Anderson, Butterworths, London, 1006 p.

อรัณยกานนท์, โพยม ; สัมปัตตะวนิช, ประพิศ และ หรรษาเวก, รัก. 2521. การหุงพลอยตระกูลคอรันดัม. เอกสารสำหรับประชาชน ฉบับที่ 23 กรมทรัพยากรธรณี เรื่อง "อัญมณี" หน้า 12.

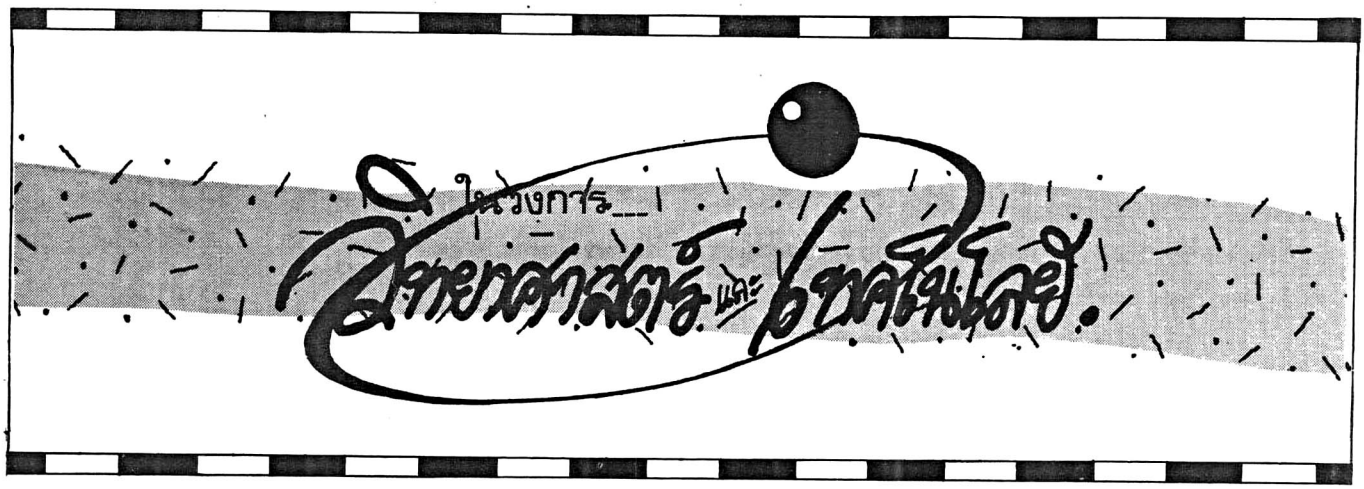
ต้องการ

* หนังสือ
  * กระถินเทพา ไม้โตเร็วที่น่าสนใจ
  * คู่มือการปลูกกระถินเทพา
  * ปัญหาและผลกระทบที่ยูคาลิปมีต่อสภาพแวดล้อม
  * คู่มือการใช้มันสำปะหลังเลี้ยงสัตว์ในชนบท

* คำปรึกษาด้านการเกษตร และ เกษตรเพื่ออุตสาหกรรม
* วิจัย สำรวจ วิเคราะห์ ประเมินผล ด้านการเกษตร และ เกษตรเพื่ออุตสาหกรรม
* วางแผนพัฒนาการเกษตรในระบบครบวงจรในท้องถิ่น
* ความรู้ ข้อมูล
  * ไม้โตเร็ว
  * มันสำปะหลังเพื่อการเลี้ยงสัตว์
  * ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์
  * ระบบการปลูกพืชแบบผสมผสาน
  * ไมคอร์ไรซา
  * เดหลีใบกล้วย
  * ผักโขมพันธุ์เมล็ด
  * มะขามแขก
  * เก๊กฮวย
  * ธนาคารเชื้อพันธุ์พืช
  * ฯลฯ

ติดต่อ

ผู้อำนวยการสาขาวิจัยอุตสาหกรรมการเกษตร
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
196 พหลโยธิน บางเขน
กท. 10900



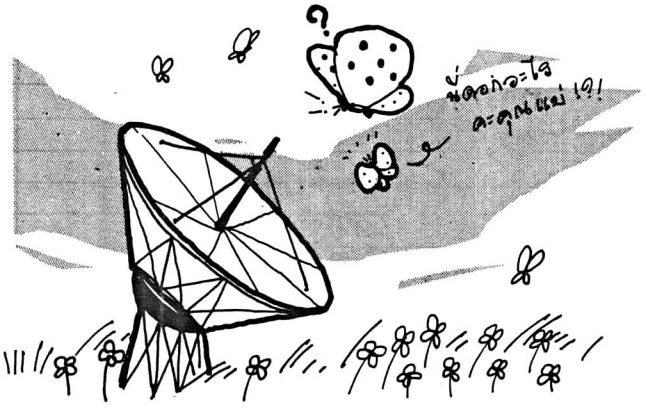
การเสริมธาตุไอโอดีน

นักวิทยาศาสตร์แห่งองค์การวิจัยวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรมในเครือจักรภพอังกฤษแห่งประเทศออสเตรเลีย (CSIRO) และนักวิทยาศาสตร์แห่งองค์การอนามัยโลก (WHO) ร่วมกันแถลงถึงผลของการขาดไอโอดีนและวิธีการเสริมไอโอดีนว่า การขาดไอโอดีนในเด็กและผู้ใหญ่ทั่วไปซึ่งจะทำให้ต่อมไทรอยด์ทำงานหนัก และขยายโตขึ้นที่บริเวณคอที่เรียกว่าโรคคอหอยพอกนั้นไม่เป็นปัญหาสำคัญเท่ากับการขาดไอโอดีนในสตรีระหว่างตั้งครรภ์ เพราะการขาดธาตุนี้จะทำให้เกิดการเสี่ยงต่อการให้กำเนิดบุตรที่ไม่สมบูรณ์ทางจิตใจ การแคระ-แกร็น อาจก่อให้เกิดการแท้งบุตร การคลอดก่อนกำหนด และเด็กมีน้ำหนักแรกเกิดน้อยผิดปกติ เป็นต้น

วิธีปฏิบัติในการเสริมไอโอดีนที่ใช้ในประเทศกำลังพัฒนาทั่วไปมี 2 วิธี คือ การเสริมไอโอดีนในเกลือที่ใช้บริโภค และการฉีดไอโอดีนในรูปน้ำมันเข้าร่างกายโดยตรง ซึ่งต่างก็มีข้อดีและข้อเสีย กล่าวคือ วิธีการเสริมไอโอดีนในเกลือเป็นวิธีที่ง่ายและเสียค่าใช้จ่ายต่ำ แต่ไม่สามารถรักษาไอโอดีนให้คงทนอยู่ในเกลือได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเกลือชื้น นอกจากนั้นยังเป็นการยากในการควบคุมคุณภาพ เนื่องจากเกลือที่ใช้มักจะผลิตมาจากแหล่งต่าง ๆ กัน ส่วนวิธีการฉีดไอโอดีนในรูปน้ำมันเข้าสู่ร่างกายแม้ว่าจะให้ผลได้นานถึง 5 ปี แต่ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงกว่าวิธีการแรกถึง 20 เท่า

การเพิ่มประสิทธิภาพของวิธีการเสริมไอโอดีนในเกลือสามารถทำได้โดยออกกฎหมายห้ามบริโภคเกลือที่ไม่เสริมไอโอดีน ซึ่งได้ทำแล้วในประเทศอินโดนีเซียเมื่อปี 1983 ส่วนวิธีฉีดไอโอดีนในรูปน้ำมันนั้น สามารถลดค่าใช้จ่ายได้โดยเลือกทำเฉพาะในกลุ่มสตรีที่อยู่ในวัยเจริญพันธุ์เท่านั้น.

.....เพ็ญศิริ เพียรศิริภิญโญ



ใช้เรดาร์ทำนายการระบาดของแมลงศัตรูพืช

นักวิทยาศาสตร์อังกฤษแห่งศูนย์วิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งแห้งแล้ง (ICRISAT) ในประเทศอินเดีย ได้ใช้เรดาร์ศึกษาการเคลื่อนย้ายหรืออพยพของแมลงศัตรูพืชที่สำคัญคือ ผีเสื้อ-หนอนกระทู้ควายพระอินทร์ *(Heliothis armigera)* ซึ่งเป็นแมลงที่มีการทำลายกว้างขวางมาก กล่าวคือเป็นศัตรูของพืช-เศรษฐกิจมากกว่า 100 ชนิด และทำความเสียหายให้แก่ถั่ว-มะแฮะ (pigeonpea) และ chickpea ในประเทศอินเดียคิดเป็น →

มูลค่าประมาณ 300 ล้านเหรียญอเมริกันต่อปี

เครื่องเรดาร์ดังกล่าวสามารถบอกตำแหน่งของผีเสื้อที่บินในระยะทางไกลกว่า 2 กม. และระดับการบินสูงถึง 1.5 กม. สามารถตรวจจับผีเสื้อ Heliothis แต่ละตัวในระยะทาง 2.5 กม. และระบบ aerial netting ใช้ช่วยในการวินิจฉัยชนิดของแมลงที่เรดาร์กำลังตรวจจับอยู่นั้นได้ในระยะความสูงจากพื้นดิน 100 เมตร

ผลจากการใช้เรดาร์ศึกษาการเคลื่อนย้ายหรืออพยพของแมลงศัตรูพืช ช่วยให้นักวิทยาศาสตร์สามารถคาดการณ์หรือทำนายประชากรของแมลงศัตรูพืชซึ่งเป็นผลให้การใช้สารฆ่าแมลงฉีดพ่นกำจัดศัตรูพืชสามารถจะทำเฉพาะบริเวณที่จำเป็นเท่านั้น เป็นการลดปริมาณการใช้สารฆ่าแมลงซึ่งนับวันจะใช้ปริมาณมากขึ้น และก่อให้เกิดผลเสียต่อความสมดุลในธรรมชาติอย่างมากมาย.

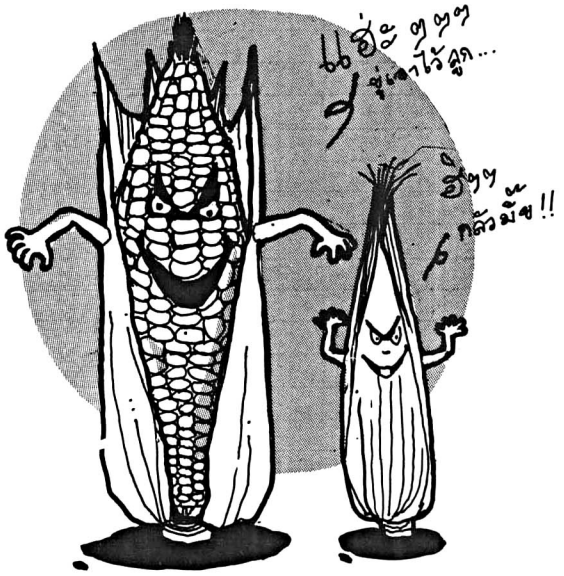
.....จิราภรณ์ วัฒนกุล

วัตถุมีพิษในข้าวโพดสดและข้าวโพดฝักอ่อน

นักวิจัยของกรมวิชาการเกษตรได้พบว่า ข้าวโพดสดและข้าวโพดฝักอ่อน 188 ตัวอย่าง ที่ผลิตในจังหวัดปทุมธานี นนทบุรี ลพบุรี สระบุรี กาญจนบุรี อ่างทอง สุพรรณบุรี สมุทรสาคร ราชบุรี เพชรบุรี นครปฐม อยุธยา นครสวรรค์ นครราชสีมา กรุงเทพมหานคร ยังมีวัตถุมีพิษชนิดคลอริเนตเตดไฮโดรคาร์บอนตกค้างอยู่ทุกตัวอย่าง แต่ยังอยู่ในปริมาณน้อยมาก อย่างไรก็ตาม วัตถุมีพิษเหล่านี้สลายตัวช้า และสามารถสะสมอยู่ในร่างกายได้นาน เมื่อสะสมเป็นปริมาณมาก ๆ อาจทำให้สุขภาพเสื่อมโทรมได้

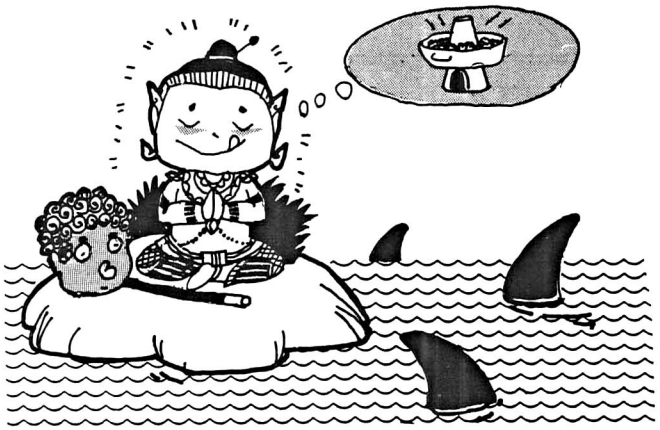
ผลการวิจัยครั้งนี้ไม่ได้ครอบคลุมถึงข้าวโพดที่ผลิตในจังหวัดอื่น ๆ นอกจากที่กล่าวแล้ว.

.....ประพันธ์ บุญกลิ่นขจร



เครื่องล่อปลาสำหรับชาวประมงรายย่อย

การจับปลาของชาวประมงรายย่อยในประเทศที่กำลังพัฒนาหลายแห่ง ได้ใช้เทคโนโลยีที่รู้จักกันในนาม "Fish Aggregating Device" หรือ FAD ซึ่งมีลักษณะที่เลียนแบบธรรมชาติในน้ำซึ่งปลาบางชนิดสามารถใช้เป็นที่วางไข่ หลบซ่อนศัตรู และยังเป็นแหล่งที่สัตว์น้ำขนาดเล็กอื่น ๆ เข้ามาอยู่อาศัยและกลายเป็นอาหารปลาไปด้วย วิธีนี้สามารถล่อปลาให้เข้ามาอยู่ร่วมกันในบริเวณนั้นได้มาก ดังนั้น การใช้ FAD จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการจับปลาทำให้จับปลาได้มากขึ้น ที่หมู่เกาะฟิจิ การใช้ FAD เคยทำให้สามารถจับปลาได้ครั้งหนึ่งถึง 55 ตัน ที่ญี่ปุ่นก็เคยจับได้สูงถึง 96 ตัน



สมัยก่อนชาวประมงมักใช้วัสดุที่เน่าเปื่อยง่ายทำ FAD เช่นใบมะพร้าวผูกติดกับเชือก แต่ในปัจจุบันนี้ FAO ร่วมกับบางประเทศกำลังพยายามจะผลิต FAD ที่มีความทนทานจากวัสดุใหม่ ๆ และกำลังเผยแพร่เทคโนโลยีให้กับกลุ่มผู้จับปลาอื่น ๆ ต่อไปอีกด้วย FAD ที่ FAO นำมาใช้ทดลองใช้งานนี้ทำจากวัสดุหลายชนิดด้วยกันรวมทั้งไม้ไผ่ด้วย.

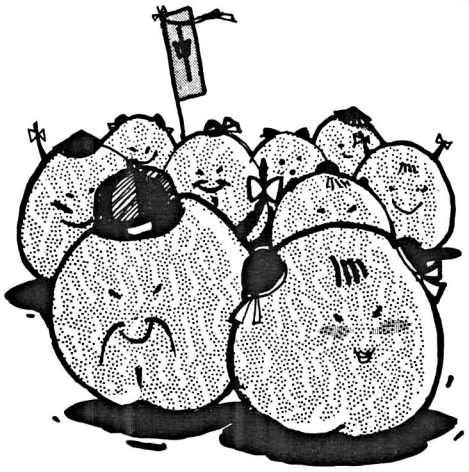
.....สรีวิมล ศรีพจนารถ

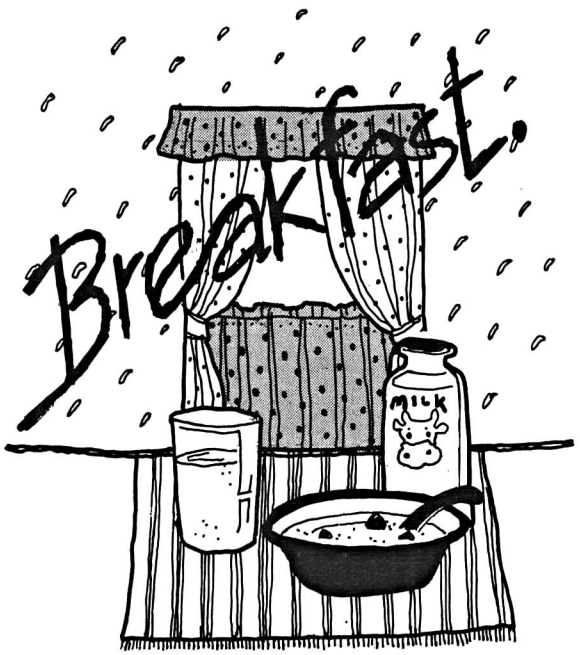
เรื่องของพันธุ์ลิ้นจี่

ลิ้นจี่ Litchi *(Litchi chinensis* Sonn.) เป็นไม้ผลอยู่ในวงศ์ (Family) : SAPINDACEAE ซึ่งเป็นไม้พวกเดียวกับเงาะ ลำไย ลิ้นจี่ป่า คอแลน คอลั้ง ตระเช่ และหมากแงว มีถิ่นกำเนิดในตอนใต้ของประเทศจีน แถบมณฑลกวางตุ้งและกวางสี ในประเทศจีนมีลิ้นจี่มานานกว่า 2,000 ปี มนุษย์ได้คัดเลือกพันธุ์และพัฒนามาเรื่อย ๆ จากพืชป่ามาเป็นพืชปลูกที่มีความสำคัญในทางเศรษฐกิจจนทุกวันนี้ ที่อำเภอกุ้ยผิง มณฑลกวางสี มีผู้พบต้นลิ้นจี่เก่าแก่ที่สุด มีอายุถึง 300 ปี ให้ผลผลิตถึง 400 กิโลกรัมต่อปี พันธุ์ลิ้นจี่ที่คัดเลือกปลูกเป็นการค้าในประเทศจีนมีพันธุ์ ไหวจือ กุ้ยเว้ย น้อหมีชือ เฮยเอียะ ชันแวะหง ซุ่ยตง หันเลี้ยว กัวลิ ซั่งซู่ไหว เซียงลี่ และเตี้ยนไป่ไป่ล่า

สำหรับลิ้นจี่ในประเทศไทย สันนิษฐานว่ามีผู้นำพันธุ์เข้ามาจากประเทศจีน นิยมปลูกกันมากในภาคเหนือที่จังหวัดเชียงใหม่ อำเภอฝาง สันทราย เชียงดาว และอำเภอเมือง ต้นที่เก่าแก่ที่สุดเป็นพันธุ์ฮงฮวย พบที่หมู่ 3 อำเภอสันทราย ส่วนที่จังหวัดลำพูนพอมีบ้างเล็กน้อย กับที่จังหวัดเชียงรายกำลังตื่นตัวปลูกกันมากในอำเภอแม่จัน แม่สาย เชียงแสน สลวย พาน และอำเภอเมือง มีผู้พบต้นเก่าแก่ที่อำเภอแม่ใจ มีอายุถึง 50 ปี โดยปลูกจากเมล็ด สำหรับพันธุ์ลิ้นจี่ที่นิยมปลูกกันมากในภาคเหนือได้แก่ พันธุ์ฮงฮวย และพันธุ์โอวเฮียะ เพราะเป็นพันธุ์ที่เจริญงอกงามดี ใบสีเขียวเข้ม ทรงต้นเป็นพุ่มใหญ่ มีผลดกผลใหญ่ สีแดงสด กลิ่นหอม รสหวาน มีหนามตื้นและเนื้อหนา มีผู้นิยมมาก เหมาะที่จะปลูกเป็นการค้า ส่วนพันธุ์กิมเจ็ง เป็นพุ่มเตี้ย โตช้ากว่าสองพันธุ์แรก มีปลูกกันบ้างเล็กน้อย นอกจากนั้นก็มีปลูกกันบ้างในภาคกลางแถบจังหวัดสมุทรสงคราม ได้แก่ อำเภออัมพวาและอำเภอบางคนที ส่วนจังหวัดนนทบุรี กรุงเทพฯ และสมุทรปราการ เดี๋ยวนี้ไม่มีแล้ว พันธุ์ที่นิยมปลูกในภาคกลาง ได้แก่ พันธุ์กะโหลกใบยาว กะโหลกใบขิง กะโหลกใบอ้อ สาแหรกทอง สำเภาแก้ว ค่อม แห้ว ตลับ นาค กระโถน–ท้องพระโรง เขียวหวาน ไข่เต่า ยักษ์ และสีชมพู พันธุ์พวกนี้ส่วนมากเป็นพันธุ์เบา ผลเล็ก หนามแหลม สีแดงอมขาว รสเปรี้ยวเล็กน้อย แต่เนื้อหนา สันนิษฐานว่าเดิมเป็นพันธุ์มาจากประเทศจีนทั้งสิ้น.

.....สมร พรมเพ็ชร์





ข้าวโอ๊ตป่า-ธัญพืชชนิดใหม่

เมื่อนำข้าวโอ๊ตป่ามาสีจะมีส่วนเหลือทิ้งที่เป็นแกลบและรำประมาณครึ่งหนึ่ง ซึ่งส่วนเหลือทิ้งเหล่านี้มีราคาถูกและใช้เป็นส่วนผสมอาหารสัตว์ได้ นักวิทยาศาสตร์ของมหาวิทยาลัยแห่ง Saskatchewan ได้ทำงานวิจัยในการนำข้าวโอ๊ตป่านี้มาเป็นแหล่งอาหารธัญพืชสำหรับมนุษย์ ซึ่งนอกจากจะมีราคาถูกแล้วยังมีปริมาณโปรตีนสูงเหมาะสำหรับเป็นพืชเสริมโปรตีนในอาหารเด็กอ่อนและคนชราในประเทศกำลังพัฒนา

เมื่อเปรียบเทียบกับธัญพืชชนิดอื่น ข้าวโอ๊ตป่ามีโปรตีนประมาณ 20% ซึ่งสูงกว่าข้าวโอ๊ตธรรมดา และมากกว่าพืชถั่วและพืชน้ำมันหลายชนิด นอกจากนี้ยังมีกรดอะมิโนที่จำเป็น คือ ไลซีน ในปริมาณสูงด้วย จึงทำให้เหมาะสมที่จะเสริมข้าวโอ๊ตป่าในอาหารเด็กอ่อน จากรายงานของนักวิทยาศาสตร์พบว่านอกจากไลซีนแล้วข้าวโอ๊ตป่ายังมี วิตามินเอ, ไธอามีน, ไรโบฟลาวิน และไนอาซิน สูงกว่าข้าวโอ๊ตธรรมดาด้วย

→

ข้าวโอ๊ตป่ามีไขมันในระดับสูง โดย 90% เป็น ไตรกลี–เซอไรด์ ซึ่งทำให้มีคุณค่าทางอาหารสูง แต่ก็ทำให้เกิดเหม็นหืนด้วยปฏิกิริยา oxidation ได้ง่ายระหว่างการเก็บ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าผ่านการบดก่อนจะนำไปเก็บ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหานี้ นักวิทยาศาสตร์ได้แนะนำว่าก่อนเก็บควรนึ่งข้าวโอ๊ตเสียก่อน หากนึ่งได้ที่ดีแล้วก็สามารถเก็บไว้ได้นาน

ในงานวิจัยด้านการยอมรับของผู้บริโภคได้พบว่าผลิตภัณฑ์บางชนิด (เช่น flake) มีกลิ่น สี และลักษณะคล้ายคลึงกับผลิตภัณฑ์ที่ทำจากข้าวโอ๊ตธรรมดามาก และมีแนวโน้มว่าผู้บริโภคจะนิยมด้วย ยิ่งกว่านั้นในการศึกษายังพบว่า ข้าวโอ๊ตไม่ก่อให้เกิดอาการระคายเคืองต่อระบบทางเดินอาหาร หรือเกิดอาการแพ้อาหารอื่น ๆ เลย ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญในการใช้เป็นอาหารเด็กอ่อนและคนชราด้วย.

.....อัจฉรียา จารยะพันธุ์

สูตรปุ๋ยยุคอินคายังใช้ได้ผลดี

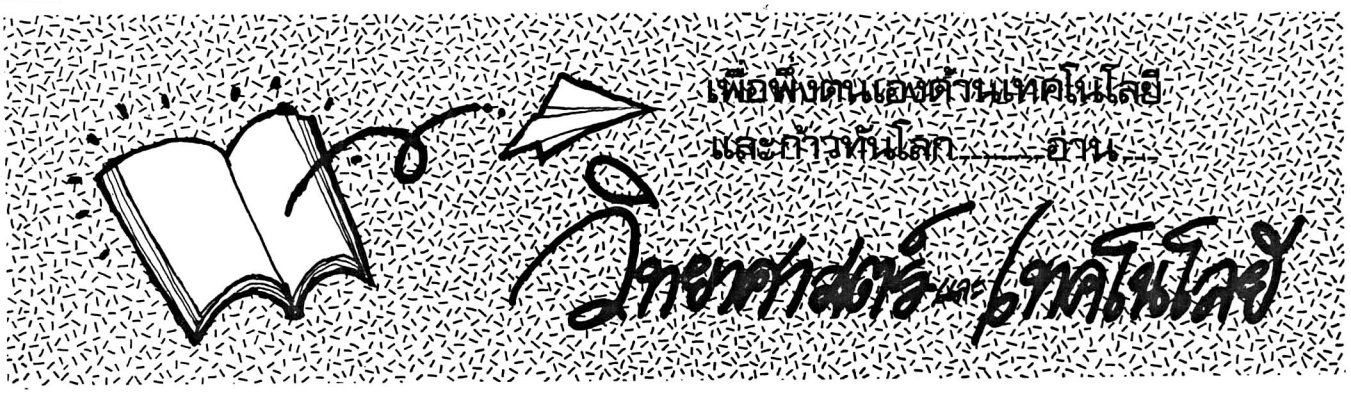
ในบางท้องที่ของประเทศเปรูในปัจจุบันยังใช้วิธีเพิ่มผลผลิตการเกษตรเหมือนเมื่อหลายศตวรรษที่แล้วอย่างได้ผล สามารถให้ผลผลิตสูงกว่าปรกติอย่างน้อย 20% ชาวอินคาเคยใช้วิธีนี้มาเมื่อกว่า 500 ปีแล้ว วิธีทำคือนำเอามูลสัตว์แห้งของแกะและตัวลามา (llama - สัตว์เคี้ยวเอื้องชนิดหนึ่ง) มาหมักให้เน่า แล้วเติมส่าข้าวโพด ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการทำเบียร์เติมเกลือลงไปอีกเล็กน้อย จากนั้นนำเมล็ดพืชที่จะปลูก เช่น ข้าวโพด ถั่ว หรือหัวมันฝรั่ง มาคลุกเคล้ากับ "ปุ๋ย" ดังกล่าวเสียก่อน แล้วจึงเอาไปปลูก

การหมักนี้ก่อให้เกิดแบคทีเรียซึ่งจะย่อยและเปลี่ยนอาหารพืชที่อยู่ใน "ปุ๋ย" หรือสารผสมดังกล่าวจากรูปอินทรีย์เป็นรูปอนินทรีย์ อันเป็นรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้การเน่าซึ่งเกิดจากการหมัก สามารถกำจัดตัวเบียนบางชนิดซึ่งอาจจะมีในมูลสัตว์ และเป็นอันตรายต่อพืช รวมทั้งทำลายพวกจุลินทรีย์ที่ใช้อากาศ (aerobic organisms) แต่ในขณะเดียวกันก็สร้างจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศ (anaerobic organisms) ให้ช่วยย่อยสลายธาตุอาหารในดินที่อยู่บริเวณใกล้กับรากพืชให้อยู่ในรูปที่ง่ายต่อการที่พืชจะนำไปใช้ นอกจากนั้นมูลสัตว์แห้งยังให้แร่ธาตุอาหารแก่ต้นอ่อน ทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตสูง และระบบรากที่สมบูรณ์ กับทั้งยังสามารถดูดซับน้ำไว้ด้วยปริมาณที่มากเพียงพอที่จะทำให้เมล็ดงอกอีกด้วย

ส่าข้าวโพดที่ใช้ในขบวนการนี้ควรมีคุณภาพสูง และไม่ควรมีค่าเป็นกรดสูงหรือมีสีเขียว ส่าที่ดีควรจะมีรสขม เนื่องจากส่าดังกล่าวมียีสต์ซึ่งจะสร้างน้ำย่อยที่เปลี่ยนแปลงแป้งในเมล็ดเป็นน้ำตาล ทำให้พืชนำไปใช้ได้ง่าย ยิ่งกว่านั้นจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศซึ่งเกิดจากการหมักนั้นจะแพร่กระจายไปทั่วทั้งผืนดินอย่างรวดเร็ว เป็นผลทำให้เกิดขบวนการย่อยสลายแร่ธาตุในดินทั้งผืนให้อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ได้ง่ายยิ่งขึ้น

มีรายงานว่า บางท้องที่ใช้เศษกุ้งเคยแทนมูลสัตว์.

.....ทรงเกียรติ วิสุทธิพิทักษ์กุล



ในแวดวงพลังงาน

.....สาขาวิจัยอุตสาหกรรมการพลังงาน

● โครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังงานน้ำห้วยสะพานหิน จังหวัดจันทบุรี ซึ่ง วท. เป็นผู้ได้รับมอบหมายให้ควบคุมการก่อสร้างและให้คำปรึกษาด้านวิศวกรรม ได้เริ่มกักเก็บน้ำแล้ว เมื่อวันที่ 6 เมษายน 2529 คาดว่าในปลายปี 2529 นี้ จะสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ 2×6.1 เมกะวัตต์ และจะสามารถทดแทนการใช้น้ำมันเตาได้ถึงปีละ 7 ล้านลิตร

● ข้อกำหนดสำหรับค่าต่ำสุดของออกเทนนัมเบอร์ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมของไทย คือ น้ำมันเบนซินพิเศษ 94.6 และเบนซินธรรมดา 82.6 ส่วนปริมาณสารตะกั่วนั้น ทั้งน้ำมันเบนซินพิเศษและน้ำมันเบนซินธรรมดาต้องไม่เกิน 0.45 กรัมต่อลิตร ดังนั้น เมื่อการใช้น้ำมันทั้งสองชนิดในปี 2528 เป็น 2,090 ล้านลิตร ก็จะมีปริมาณตะกั่วในอากาศสูงถึง 940,000 กิโลกรัม

● จากการสำรวจพบว่า ประเทศไทยมีถ่านหินสำรองทั้งสิ้นประมาณ 1,700 ล้านตัน และคาดว่าคงมีมากกว่านี้ เพราะว่ามีแหล่งถ่านหินประมาณ 23–27 แหล่ง ที่กำลังศึกษาในรายละเอียด และมีเพียง 5 แหล่ง ที่ได้เปิดเหมืองเพื่อผลิตถ่านหินแล้ว

● ป.ต.ท. ได้พยายามชักชวนผู้ใช้น้ำมันดีเซลในประเทศให้เปลี่ยนมาใช้แก๊สธรรมชาติชนิดอัดแรงดัน (CNG) เพราะจะประหยัดได้ประมาณลิตรละ 1.50–2.00 บาท ทั้งนี้เพราะ 1 ล้านบีทียูของแก๊สธรรมชาติอัดแรงดัน มีราคา 125 บาท ขณะที่น้ำมันดีเซล มีราคา 200 บาท

● ประเทศไทยมีประชากรที่ใช้ไฟฟ้าถึง 45 ล้านคน ถ้าทุกคนช่วยกันประหยัดการใช้ไฟฟ้าลงเพียง 40 วัตต์ (หลอดไฟ 1 ดวง) เป็นเวลา 3 ชั่วโมงต่อวัน ก็จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้วันละ 4.5 ล้านหน่วย ซึ่งคิดเป็นน้ำมันเตาในการผลิตวันละ 1 ล้านลิตร หรือคิดเป็นเงิน 1,643 ล้านบาทต่อปี

● บริษัทโซนิคของสหรัฐอเมริกาได้ใช้เงินลงทุนถึง 2,700 ล้านบาท ในการก่อสร้างแท่นขุดเจาะน้ำมันที่ใหญ่ที่สุดในโลกที่นอร์เวย์ ซึ่งสามารถขุดได้ลึกประมาณ 3,300 เมตร

● ปัจจุบันประเทศฝรั่งเศสได้ใช้พลังงานนิวเคลียร์ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ถึงร้อยละ 60 จึงทำให้ยุโรปตะวันตกกลายเป็นดินแดนที่ใช้พลังงานนิวเคลียร์มากที่สุด โดยที่ประเทศญี่ปุ่นใช้พลังงานนิวเคลียร์เป็นอันดับที่สอง

● โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แห่งแรกของประเทศจีน ที่อยู่ในมณฑลกังสุ ทางภาคตะวันตกเฉียงเหนือสามารถผลิตไฟฟ้าได้ถึง 10 กิโลวัตต์

● ขณะนี้ไทยมีโรงไฟฟ้าที่ใช้ลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิงอยู่ 2 แห่ง คือที่อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง และที่อำเภอเมือง จังหวัดกระบี่ ซึ่งมีขนาดกำลังการผลิต 825 และ 60 เมกะวัตต์ โดยใช้ลิกไนต์ ประมาณ 9,550 และ 1,000 ตันต่อวัน ตามลำดับ

● หลังจากประสบความสำเร็จในการใช้ฟืนแกลบเป็น เชื้อเพลิงทดแทนฟืนไม้ในการต้มเกลือสินเธาว์ ที่จังหวัดอุดรธานีแล้ว วท. ได้สาธิตการผลิตฟืนแกลบที่โรงสีทวีภัณฑ์ จังหวัดขอนแก่น และได้ทดลองใช้ฟืนแกลบกับหม้อไอน้ำในโรงงานผลิตเส้นหมี่ตราเจดีย์ ซึ่งปกติใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง

● ตั้งแต่ 1 มิถุนายน 2529 เป็นต้นไป รถยนต์ที่จะออกใหม่ทุกประเภท ทุกรุ่นและทุกบริษัท จะมีสติกเกอร์รณรงค์การประหยัดพลังงาน ตามแบบที่สมาคมอุตสาหกรรมไทยกำหนด ติดไว้ที่มุมขวาของหน้ารถส่วนที่ใกล้กับคนขับ.

วท. บันทึก

รวบรวมโดย ธนากร พละชัย และ วิยะดา เจริญรัชต์

การพัฒนาเครื่องฟอกอากาศ

ผู้ที่ทำงานหรืออาศัยอยู่ในห้องปรับอากาศคงมีความรู้สึกเช่นเดียวกันอยู่อย่างหนึ่งคือ เมื่ออยู่ไปนาน ๆ จะมีกลิ่นอับชื้นไม่ชวนให้น่าทำงานหรืออยู่อาศัย โดยเฉพาะห้องปรับอากาศที่ใช้เป็นห้องอาหาร ห้องประชุม หรือสถานที่ให้บริการอื่น ๆ มักจะมีปัญหาเรื่องกลิ่น ควัน หรือฝุ่นละออง ซึ่งจะมีผลทำลายสุขภาพทั้งทางร่างกายและจิตใจ

เพื่อขจัดปัญหาในเรื่องดังกล่าว วท.ได้ร่วมลงนามในบันทึกข้อตกลงกับบริษัทเบทเทอร์ ไลฟ์ จำกัด เมื่อวันที่ 26 เมษายน 2529 เพื่อทำการผลิตเครื่องฟอกอากาศขนาด 500 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีออกทดลองตลาด เครื่องนี้สามารถทำให้อากาศมีความสะอาดและบริสุทธิ์ขึ้น โดยใช้หลักการของไฟฟ้าสถิตย์ เพิ่มประจุให้แก่มวลขนาดต่าง ๆ ที่ลอยอยู่ในอากาศ โดยผ่านสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และมวลที่มีประจุเหล่านั้นจะไปติดที่ผิวของวัสดุที่เตรียมไว้ภายในเครื่อง

ดร. สมิทธิ์ คำเพิ่มพูล ผู้ว่าการ วท. และนายคำรพ ชัยวัชราภรณ์ กรรมการผู้จัดการ บริษัท เบทเทอร์ ไลฟ์ จำกัด ทูลเกล้าถวายเครื่องฟอกอากาศ แด่ สมเด็จพระนางเจ้าพระบรมราชินีนาถเพื่อใช้เป็นการส่วนพระองค์ ทั้งนี้ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาสยามบรมราชกุมารี ทรงรับมอบแทนพระองค์ฯ

ความร่วมมือด้านเทคโนโลยี

การนำผลการวิจัยจากห้องปฏิบัติการไปพัฒนาสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์นั้น นับเป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างยิ่งของกระบวนการวิจัยและพัฒนา ซึ่งต้องอาศัยความร่วมมือจากผู้เกี่ยวข้องหลาย ๆ ฝ่าย ทั้งนี้ เพื่อสนับสนุนให้การวิจัยและพัฒนาสามารถดำเนินไปอย่างครบวงจร เป็นประโยชน์ต่อประชาชนและเกิดการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า

สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (ส.ป.ก.) และ วท. จึงได้ร่วมกันทำบันทึกข้อตกลงว่าด้วยความร่วมมือด้านเทคโนโลยี เพื่อดำเนินการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับแก้ปัญหา และพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่รับผิดชอบของ ส.ป.ก. การลงนามในบันทึกข้อตกลงระหว่าง นายพินิต สุวรรณะชฎ เลขาธิการ ส.ป.ก. และ ดร. สมิทธิ์ คำเพิ่มพูล ผู้ว่าการ วท. มีขึ้นเมื่อวันที่ 16 เมษายน 2529

ก่อนหน้านี้ในปี พ.ศ. 2526 วท. และ ส.ป.ก. ได้ร่วมกันดำเนินงานในโครงการวิจัยและพัฒนาชุมชนปฏิรูปที่ดินคลองม่วง

จังหวัดสระบุรี โดยได้รับความร่วมมือและสนับสนุนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและภาคเอกชน เช่น องค์การบริหารส่วนจังหวัดสระบุรี องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย ธนาคารกรุงเทพ จำกัด มูลนิธิสวิตา เป็นต้น การดำเนินงานประกอบด้วยการวิจัยเพื่อพัฒนาอาชีพ การถ่ายทอดพืชพันธุ์ใหม่ การปรับปรุงระบบการเพาะปลูก การจัดตั้งโรงงานผลิตอาหารสัตว์ การเลี้ยงโคนม การใช้วัสดุท้องถิ่นราคาถูกในการก่อสร้าง การสำรวจเพื่อวางรูปแบบการพัฒนาแหล่งน้ำ การอนามัยชุมชนและโภชนาการ ซึ่งความสำเร็จของโครงการต่าง ๆ ดังกล่าวส่งผลให้เกษตรกรในพื้นที่นั้นมีรายได้ต่อครอบครัวสูงขึ้น

สำหรับความร่วมมือด้านเทคโนโลยีในครั้งนี้ วท. และ ส.ป.ก. จะได้ร่วมกันดำเนินงานอย่างใกล้ชิด เพื่อสนับสนุนนโยบายการพัฒนาชนบทของประเทศอย่างมีประสิทธิภาพ

23 ปีของ วท. กับการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

รัฐบาลได้ให้ความสำคัญต่อการวิจัยและพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาประเทศทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม โดยก่อตั้งสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทยขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2506 และเปลี่ยนมาเป็นสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) ในปัจจุบัน ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องจากการก่อตั้งกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงานเมื่อปี พ.ศ. 2522

ในโอกาสครบรอบ 23 ปีของการดำเนินงานของ **วท.** จึงได้จัดให้มีการสัมมนาเรื่อง *"ลู่ทางการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต"* ขึ้นเมื่อวันที่ 26 พฤษภาคม 2529 เพื่อสนับสนุนโครงการพัฒนาประสิทธิภาพการผลิต ปี พ.ศ. 2529 ของรัฐบาล และเน้นความสำคัญของการนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ในการแก้ปัญหาการผลิตทั้งในภาคอุตสาหกรรม และเกษตรกรรม

ในสภาวะที่มีการแข่งขันค่อนข้างสูงทางการค้าในปัจจุบัน การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตจึงเป็นส่วนสำคัญอย่างหนึ่งต่อการพัฒนาสินค้าไทยให้สามารถแข่งขันกับต่างประเทศได้ ทั้งในด้านราคาและคุณภาพ โดยอาศัยวิธีการ เช่น การปรับปรุงการบริหารและการจัดองค์การ, การพัฒนากระบวนการผลิต,

การพัฒนากำลังคน รวมทั้งการเสริมสร้างมาตรการสนับสนุนอื่น ๆ

การปรับปรุงกระบวนการผลิตเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดยเฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็กที่มีอยู่ในประเทศไทยเป็นจำนวนมากนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องนำเอาหลักการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และความสำเร็จในการพัฒนาการผลิตสินค้าไทยซึ่งขึ้นอยู่กับการสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาจากภาครัฐ และความร่วมมือจากภาคเอกชนอย่างจริงจังอีกด้วย

สถานีบริการแก๊สโซฮอล

ถึงแม้ว่าวิกฤติการณ์ทางพลังงานของโลกและของประเทศจะผ่านพ้นไปแล้วก็ตาม แต่การแสวงหาแหล่งพลังงานที่มีอยู่ในประเทศก็ยังคงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการวิจัยและพัฒนาขึ้นมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อลดการพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศและป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต

แหล่งพลังงานสำคัญของประเทศอย่างหนึ่งคือ การนำผลผลิตทางการเกษตรมาพัฒนาใช้เป็นพลังงาน และ วท. ได้ประสบความสำเร็จในการผลิตแอลกอฮอล์จากมันสำปะหลัง ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีการเปลี่ยนแปลงด้านราคามาก และมีปัญหาด้านปริมาณผลผลิตที่ล้นตลาด วท. สามารถผลิตแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ 99.5% จากโรงงานต้นแบบซึ่งมีกำลังการผลิตวันละ 1,500 ลิตร เพื่อใช้เป็นพลังงานโดยผสมกับน้ำมันเบนซินธรรมดา

น้ำมันเบนซินผสมแอลกอฮอล์ หรือที่เรียกว่าแก๊สโซฮอล (gasohol) นี้ มีคุณภาพตรงตามข้อกำหนดของกระทรวงพาณิชย์เกี่ยวกับน้ำมันเบนซินพิเศษทุกประการ และสามารถใช้สลับหรือทดแทนกันได้โดยไม่ต้องดัดแปลงเครื่องยนต์ ข้อดีอีก

ประการหนึ่งของแก๊สโซฮอลคือ ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ เพราะมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ทำให้ลดปริมาณสารตะกั่วลงได้มาก ที่สำคัญคือค่าออกเทน (octane) ของแก๊สโซฮอลมีค่าสูงถึง 96.3–97.2 ในขณะที่ค่าออกเทนตามมาตรฐานกระทรวงพาณิชย์กำหนดไว้เพียง 94.6

ปัจจุบันมีสถานีบริการแก๊สโซฮอลอยู่ 2 แห่ง คือ สถานีบริการในบริเวณกรมศุลกากร และสถานีบริการที่สำนักงานใหญ่ของการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (ปตท.) ซึ่งได้เปิดบริการเป็นแห่งที่สองเมื่อวันที่ 8 กรกฎาคม 2529 หลังจากการให้บริการที่สถานีบริการในบริเวณกรมศุลกากรประสบความสำเร็จแล้ว การให้บริการแก๊สโซฮอลนี้เป็นความร่วมมือระหว่าง วท. ปตท. และบริษัท สองพลอย จำกัด

เทคโนโลยีเพื่อการส่งออกผลไม้สด

ผักและผลไม้สดนับเป็นสินค้าเกษตรที่นอกจากจะทำรายได้ให้แก่เกษตรกรแล้ว ยังมีส่วนช่วยนำเงินตราต่างประเทศเข้ามาเป็นจำนวนมาก และมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี อย่างไรก็ตาม การปฏิบัติต่อผักและผลไม้สดหลังการเก็บเกี่ยวนับเป็นเรื่องที่มีความสำคัญอย่างยิ่งที่เกษตรกรและผู้ส่งออกจะต้องมีความรู้และปฏิบัติถูกต้องตามหลักวิชาการ ทั้งนี้ เพื่อลดความสูญเสียและรักษาคุณภาพของผักและผลไม้สดในระหว่างการเก็บรักษาและการขนส่ง

วท. ร่วมกับศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงานได้จัดฝึกอบรมหลักสูตรการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผลไม้สดเพื่อการส่งออก โดยเน้นผลไม้ไทยที่มีศักยภาพในการส่งออกสูง คือ ลำไย ลิ้นจี่ และมังคุด ระหว่างวันที่ 25–26 มิถุนายน 2529

การอบรมมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความรู้ในส่วนที่เกี่ยวกับคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและชีวภาพของผลไม้ดังกล่าวข้างต้น รวมทั้งให้ผู้ส่งออกได้ทราบถึงเทคนิคของการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออก การฝึกอบรมมีทั้งการบรรยายและการสาธิตวิธีปฏิบัติโดยมีเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานและผู้ส่งออกเข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 40 คน

นกเจ้าฟ้า

จารุจินต์ นภีตะภัฏ

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
บางเขน, กท. 10900

การค้นพบนกเจ้าฟ้าซึ่งเป็นนกชนิดใหม่ของโลกในบริเวณภาคกลางของประเทศไทยในปี พ.ศ.2511 โดยนายกิตติ ทองลงยา นักวิจัยของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย หรือสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทยในขณะนั้น นับได้ว่าเป็นเหตุการณ์ที่สำคัญควรค่าแก่การบันทึกไว้ในวงการชีววิทยาระหว่างประเทศ เพราะนับได้ว่านกเป็นสัตว์โลกชนิดเดียวเท่านั้นที่มนุษย์รู้จักดีที่สุด โอกาสที่จะเกิดขึ้นดังกล่าวจึงมีน้อยมาก

นกเจ้าฟ้า (White-eyed River Martin) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Pseudochelidon sirintarae* Thonglongya, 1968 จัดอยู่ในวงศ์นกนางแอ่น (Hirundinidae) และวงศ์ย่อย Pseudochelidoninae ในวงศ์ย่อยนี้ยังมีนกอีกชนิดหนึ่งซึ่งพบเฉพาะในบริเวณลุ่มแม่น้ำคองโกในทวีปแอฟริกาเท่านั้น บริเวณ

นายกิตติ ทองลงยา (คนนั่ง)

ที่ค้นพบนกเจ้าฟ้าคือ บึงบอระเพ็ด อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ ชาวบ้านเรียกนกชนิดนี้ว่า "นกตาพอง" จากลักษณะของตาที่มีวงสีขาวล้อมรอบ

ลักษณะโดยทั่วไป ลำตัวสีดำสนิทมีเหลือบสีน้ำเงินเข้มบางส่วน บริเวณหน้าผากมีกระจุกขนสีดำคล้ายกำมะหยี่ ขอบตาขาวเด่นชัด นัยน์ตาและม่านตาสีขาวอมชมพูเรื่อ ๆ ขนบริเวณตะโพกสีขาวตัดกับสีของลำตัว ขนหางมนกลม แต่ขนคู่กลางมีแกนยื่นออกมาเป็นเส้นเรียวยาวประมาณ 10 ซม. มองเห็นได้ชัดเจน บริเวณใต้คอสีน้ำตาลอมดำ แข้งและขาสีชมพู

ตั้งแต่ปี พ.ศ.2509 ซึ่งเป็นปีที่นายกิตติ ทองลงยา เริ่มเข้าทำงานในศูนย์รวบรวมวัสดุอุเทศแห่งประเทศไทย (ในปัจจุบันคือสาขาวิจัยนิเวศวิทยา) ในตำแหน่งภัณฑารักษ์สัตว์มีกระดูกสันหลัง ศูนย์ ฯ นี้ทำหน้าที่รวบรวมสัตว์มีกระดูกสันหลังทั่วประเทศไทยมาจัดทำรายชื่อเพื่อใช้เป็นตัวอย่างสำหรับเปรียบเทียบในการวิจัย และสำหรับใช้จัดแสดงในพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์และธรรมชาติ–วิทยา ในปี พ.ศ.2510 ทางศูนย์ ฯ ได้เข้าร่วมศึกษากับหน่วยงานโครงการสำรวจสัตว์ย้ายแหล่งทางพยาธิวิทยา (Migratory Animals Pathological Survey) ซึ่งมีจุดมุ่งหมายในการศึกษาเรื่องการอพยพย้ายถิ่นของสัตว์ต่าง ๆ ในบริเวณภาคพื้นเอเชียตะวันออก และเป็นโครงการร่วมกันระหว่าง 9 ประเทศในภูมิภาค คือ เกาหลี ญี่ปุ่น ไต้หวัน ฮ่องกง ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย มาเลเซีย อินเดีย และประเทศไทย งานนี้เป็นการออกจับสัตว์ป่าตามธรรมชาติ แล้วนำมาเจาะเลือดเพื่อตรวจดูเชื้อโรค และตรวจหาสัตว์ตัวเบียน แล้วจึงสวมกำไลอะลูมิเนียมที่มีหมายเลขที่ข้อเท้านกก่อนปล่อยไป

ในฤดูหนาวเดือนมกราคม พ.ศ.2511 ทางคณะทำงานจากสถาบันวิจัย ฯ

ได้ไปปฏิบัติงานภาคสนามอยู่ในบริเวณจังหวัดนครสวรรค์ หลังจากไปปฏิบัติงานในภาคเหนือมาแล้ว การศึกษามุ่งไปที่นกนางแอ่นสามชนิดที่เกาะพักนอนในเวลากลางคืน ตามกอหญ้ากอพงเป็นจำนวนมากในบริเวณบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ เนื่องจากไม่สามารถจะจับนกเพื่อการศึกษาได้เอง จึงใช้วิธีจ้างเหมาแก่ชาวบ้านที่ดักนกขาย โดยการรับซื้อนกทั้งหมดในอัตราเฉลี่ยตัวละ 50 สตางค์ (ราคาในสมัยนั้น) ทำให้มีชาวบ้านนำนกมาขายให้วันละเป็นพัน ๆ ตัว

ในเวลาประมาณ 9.00 น. ของวันที่ 28 มกราคม พ.ศ.2511 นายบุ่น นักดักนกเจ้าประจำได้นำนกต่าง ๆ มาส่งให้แก่คณะทำงานประมาณ 700 ตัว โดยบอกว่าเขาได้นกตาพองมาตัวหนึ่ง นายกิตติ ทองลงยา หัวหน้าคณะทำงานสังเกตเห็นความแปลกของรูปร่างและนิสัย จึงบอกให้แยกเอาไว้ต่างหาก สิ่งที่สะดุดตาทุกคนในคณะทำงาน คือ ดวงตาที่โต ม่านตาสีขาวอมชมพู และมีวงสีขาวเด่นชัดรอบดวงตาของมัน และนิสัยการเกาะนิ่งในกรง ไม่กระโดดไปมาดังเช่นนกตัวอื่น ๆ เมื่อทำงานในช่วงเช้าเสร็จแล้วจึงได้นำนกออกมาดูลักษณะอย่างละเอียด จึงพบว่าเป็นนกที่ไม่เคยพบเห็นมาก่อนเลย นกตัวแรกนี้เป็นนกตัวผู้อ่อนในวันรุ่งขึ้นโดยวิธีเดียวกันก็ได้นกมาอีกตัวหนึ่ง ซึ่งปรากฏว่าเป็นนกตัวผู้อ่อนอีกเช่นกัน ในเดือนกุมภาพันธ์ต่อมา นายกิตติ ได้กลับไปที่นครสวรรค์อีก และได้นกชนิดนี้มาอีก 8 ตัว จากการศึกษาอย่างถี่ถ้วนและปรึกษากับนักปักษีวิทยาหลายท่าน จึงสรุปได้ว่านกตาพองที่รู้จักกันดีในบริเวณบึงบอระเพ็ดเป็นนกชนิดใหม่ของโลก

คณะกรรมการบริหารของสถาบันวิจัย ฯ โดยการเสนอแนะของนายกิตติ ทองลงยา จึงนำความขึ้นกราบบังคมทูลขอพระราชทานพระนามของเจ้าฟ้าหญิงสิรินทรเทพรัตนสุดา เพื่อมาตั้งเป็นชื่อนกชนิดใหม่นี้ และได้รับพระบรมราชานุญาตดังประสงค์ จึงได้ตั้งชื่อนกชนิดใหม่นี้ว่า *Pseudochelidon sirintarae* และตีพิมพ์ในหนังสือ Thai National Scientific Papers, Fauna Series No. 1 ของสถาบันวิจัย ฯ เมื่อวันที่ 31 กรกฎาคม พ.ศ.2511 ตามหลักการที่ถูกต้องของการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ของสัตว์

หลังจากการค้นพบนกเจ้าฟ้าในปี พ.ศ.2511 แล้ว มีรายงานพบนกชนิดนี้อีกในปี พ.ศ.2513 โดยทางองค์การสวนสัตว์ได้ซื้อนกเจ้าฟ้ามาคู่หนึ่ง แต่ทั้งคู่ก็มีชีวิตอยู่ได้ไม่นานนัก นักวิทยาศาสตร์ทั้งที่เป็นชาวไทยและชาวต่าง–

ประเทศหลายคณะได้เดินทางไปสำรวจและศึกษาเรื่องราวเกี่ยวกับนกเจ้าฟ้าในบริเวณบึงบอระเพ็ดและแม่น้ำในบริเวณภาคเหนือ แต่ก็ไม่เคยพบหรือได้ข้อมูลใด ๆ เลย จนกระทั่งวันที่ 2 กุมภาพันธ์ในปี พ.ศ.2520 นักปักษีวิทยาชาวอเมริกันชื่อ เบ็น คิง (Ben King) และนักหนังสือพิมพ์ชาวไทย คือนายสุประดิษฐ์ กาญวานิช ได้เห็นนกสองตัวซึ่งเข้าใจว่าเป็นนกเจ้าฟ้า บินรวมฝูงกับนกนางแอ่นบ้านมุ่งไปยังแหล่งพักนอนบริเวณแม่น้ำน่านและในบริเวณเดียวกันนี้ในวันรุ่งขึ้น ได้เห็นนกเจ้าฟ้า 4 ตัว บินเรี่ย ๆ ผิวน้ำและโฉบลงไปดื่มน้ำ ก่อนบินไปยังแหล่งพักนอน ต่อจากนั้นอีก 2–3 นาที ก็เห็นนกเจ้าฟ้าอีก 2 ตัวบินมุ่งไปยังแหล่งพักนอนเดียวกัน การพบครั้งนี้นับเป็นการพบนกเจ้าฟ้าในธรรมชาติเป็นครั้งแรก หลังจากนั้นไม่มีรายงานพบนกชนิดนี้อีก

สิ่งที่สำคัญยิ่งคือยังไม่มีผู้ใดทราบลักษณะการดำรงชีวิตของนกเจ้าฟ้าเลย ถึงแม้ว่าจะพบนกเจ้าฟ้ามานานถึง 18 ปีแล้ว ประกอบกับนกเจ้าฟ้าในธรรมชาติได้ลดจำนวนลงอย่างรวดเร็วจนมีผู้วิตกว่าอาจจะสูญพันธุ์หมดไปในเร็ว ๆ นี้ นกนางแอ่นชนิดที่พบในทวีปแอฟริกาจะทำรังขุดรูอยู่ตามเกาะแก่งตามแม่น้ำใหญ่ ๆ และนกเจ้าฟ้าบางตัวที่จับได้ในเดือนกุมภาพันธ์นั้น พบว่ามีดินเปื้อน

ตามข้อเท้า ลำตัว ปีกและหาง แสดงว่านกชนิดนี้ควรจะขุดรูทำรังตามเกาะแก่งหรือตามริมตลิ่งในแม่น้ำ ประชากรของนกเจ้าฟ้าในธรรมชาติก็น่าจะมีน้อยมาก เนื่องจากเป็นนกที่ค่อนข้างโบราณ มีวิวัฒนาการน้อยกว่านกนางแอ่นในยุคปัจจุบันทั่วไป การปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปจึงค่อนข้างจำกัด

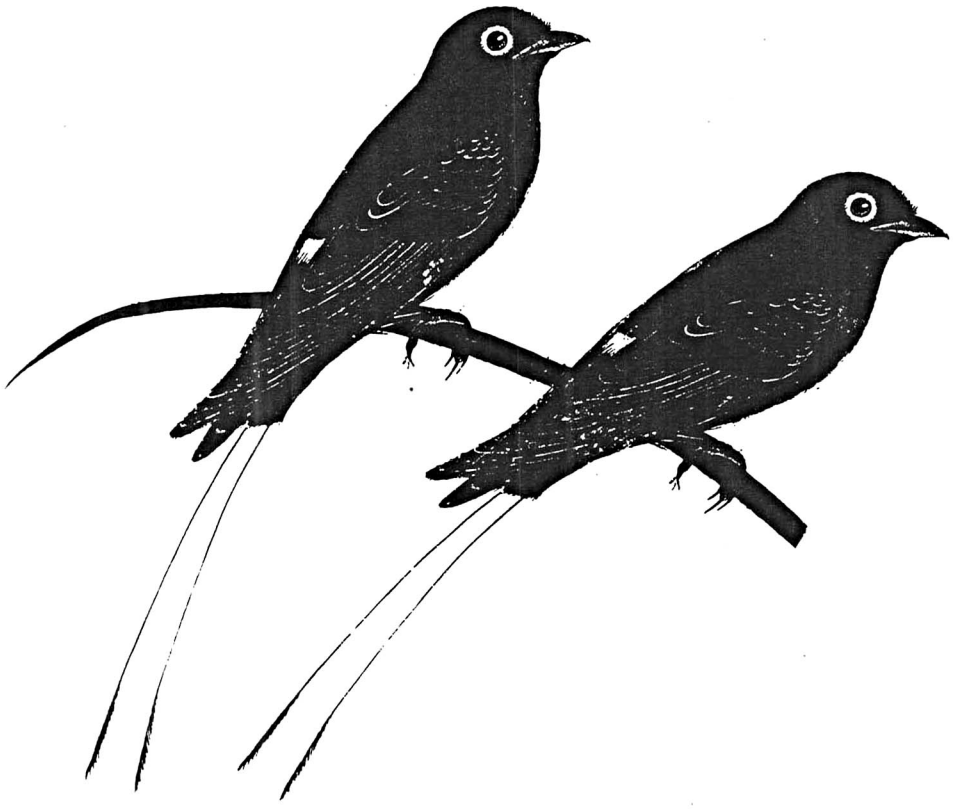
ปัญหาที่เหลืออยู่เป็นงานของนักชีววิทยาในปัจจุบันก็คือ

1. นกเจ้าฟ้าถึงแม้จะมีลักษณะโดยทั่วไปคล้ายคลึงกับนกนางแอ่นในทวีปแอฟริกา แต่มีลักษณะปาก รูจมูก และแกนขนหางที่ยาวออกมาแตกต่างกัน แสดงถึงอุปนิสัยการกินอาหารที่แตกต่างกัน นกเจ้าฟ้าอาจจะกินแมลงที่มีขนาดใหญ่กว่าและหากินในบริเวณที่แตกต่างกัน ประกอบด้วยอยู่ในเขตภูมิศาสตร์ที่ห่างไกลกัน จึงอาจเป็นไปได้ว่านกเจ้าฟ้าเป็นนกคนละสกุลกับนกนางแอ่นในแอฟริกา ยังขาดอยู่เพียงลักษณะการสืบพันธุ์เท่านั้นที่จะยืนยันข้อแตกต่างนี้ได้

2. นกเจ้าฟ้าควรจะมีลักษณะการทำรังวางไข่อย่างไร และในบริเวณใด เนื่องจากไม่เคยตรวจพบรายงานว่ามีการพบนกเจ้าฟ้าในประเทศอื่นใดเลย จึงเป็นไปได้อย่างมากที่นกเจ้าฟ้าน่าจะทำรังวางไข่ในประเทศไทย

3. ปริมาณในธรรมชาติของนกเจ้าฟ้า เหตุใดจึงมีจำนวนน้อยมาก พบเพียงครั้งละไม่เกิน 10 ตัว เฉพาะในฤดูหนาว ตั้งแต่เดือนมกราคมจนถึงเดือนกุมภาพันธ์เท่านั้น และไม่ได้พบติดต่อกันทุกปี

จากปัญหาดังกล่าว พอสรุปได้ว่านกเจ้าฟ้าซึ่งเป็นนกที่พบเฉพาะในประเทศไทยเท่านั้น นับว่าเป็น endemic species และมีปริมาณในธรรมชาตินน้อยมาก จนเข้าข่ายนกที่อาจจะสูญพันธุ์หมดไปในเวลาอีกไม่นานนัก จึงควรมีมาตรการเร่งด่วนในการศึกษาชีววิทยาและนิเวศวิทยาในธรรมชาติอย่างละเอียด เพื่อวางแนวทางในการอนุรักษ์ไว้ ก่อนที่จะไม่มีโอกาสจะอนุรักษ์นกเจ้าฟ้าอีกเลย.



ข่าวเทคโนโลยี
สำหรับชาวชนบท

ศูนย์บริการเอกสารการวิจัยแห่งประเทศไทย
ฉบับที่ 33 กันยายน 2529

รวบรวมโดย พเยาว์ รอดโพธิ์ทอง

เครื่องสูบน้ำแบบแผ่นยาง

ปัญหาที่เกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทยมักจะประสบอยู่เสมอ ได้แก่ปัญหาการขาดแคลนน้ำทั้งเพื่อการเกษตร และเพื่อการอุปโภคและบริโภค ทำให้การเพาะปลูกพืชในบริเวณภูมิภาคนี้ไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร เกษตรกรทั่วไปมีรายได้อยู่ในเกณฑ์ต่ำเมื่อเทียบกับภาคอื่น ๆ การจัดหาเครื่องสูบน้ำที่ประหยัดและสร้างง่าย เป็นความต้องการอย่างยิ่งของเกษตรกรผู้ที่มีรายได้น้อย ผู้คิดประดิษฐ์เครื่องสูบน้ำแผ่นยางใช้แรงคนขึ้นมานี้ ได้แก่ นายเสริมศักดิ์ รำจวน วิศวกร 4 แห่งสำนักงานเกษตรภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขอนแก่น โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้เกษตรกรได้มีเครื่องสูบน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงแต่ราคาถูก มีอายุการใช้งานทนทาน และสามารถเคลื่อนย้ายไปใช้งานตามที่ต่าง ๆ ได้ โดยใช้แรงงานคนเพียง 2 คน ให้ปริมาณน้ำได้สูงถึง 45 ลิตรต่อนาที มีความเหมาะสมสำหรับติดตั้งใช้งานในแปลงเพาะปลูกขนาดกลาง ค่าใช้จ่ายสำหรับการประดิษฐ์ประมาณเครื่องละ 600 บาท

อุปกรณ์และวิธีการ

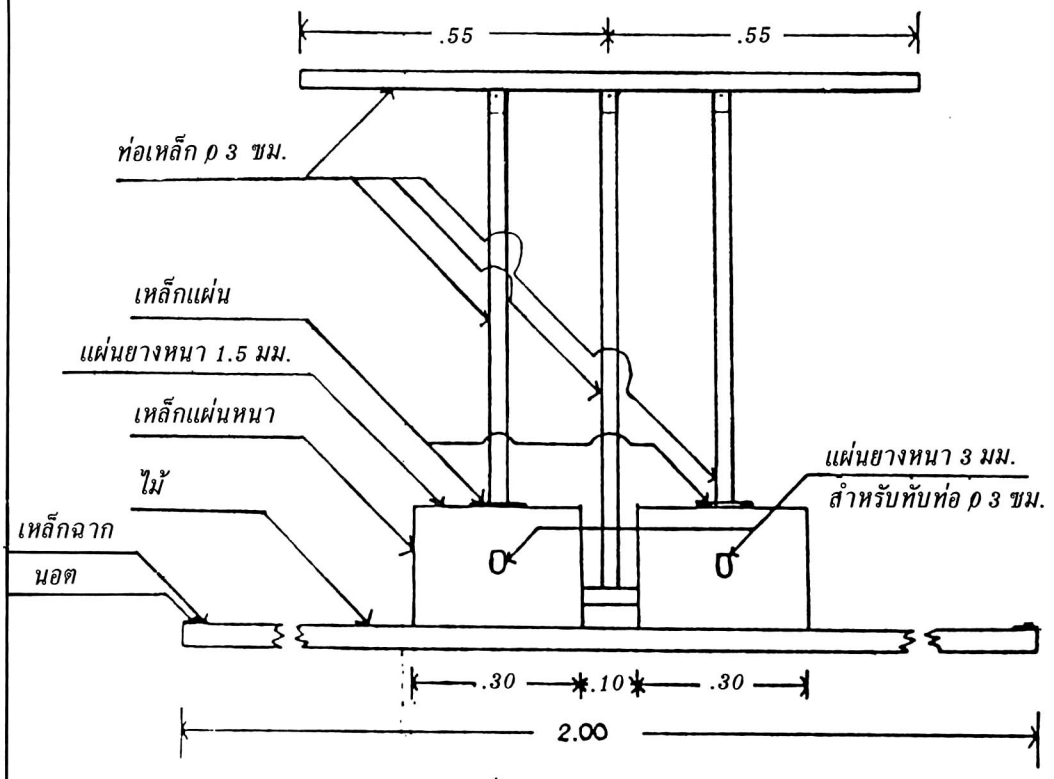
1. ไม้ขนาด 1½ นิ้ว × 3 นิ้ว ยาวประมาณ 4.50 เมตร
2. ท่อเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 ซม. ยาวประมาณ 4.50 เมตร
3. เหล็กอาบสังกะสีหนา ½ หุน กว้าง 20 ซม. ยาว 94 ซม. 2 แผ่น
4. แผ่นยางหรือยางในรถแทรกเตอร์ หนา 1.5 มม. ขนาด 40 × 70 ซม.
5. แผ่นยางหนา 3 มม. ขนาด 15 × 30 ซม.
6. เหล็กฉากขนาด 1½ นิ้ว × 1½ นิ้ว หนา ½ หุน ยาว 38 ซม.
7. เหล็กหนา ½ หุน กว้าง 1½ นิ้ว ยาวประมาณ 50 ซม.
8. กาวปะวัสดุที่มีคุณสมบัติในการปะยางได้ และปะเหล็กได้จำนวน 1 กระป๋อง
9. นอตและสกรูขนาดต่าง ๆ ตามความเหมาะสม
10. ท่อน้ำหรือท่อยางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 ซม. ยาวประมาณ 30 เมตร

วิธีทำ ตัดไม้ขนาด 1½ × 3 นิ้ว ให้ยาว 2 เมตร จำนวน 2 ท่อน ประกอบด้านปลายทั้งสองด้านของไม้ทั้งคู่เชื่อมโยงติดกันด้วยเหล็กฉากขนาด 1½ นิ้ว × 1½ นิ้ว หนา ½ หุน ยาว 38 ซม. วางไม้ทั้งคู่ไว้ราบกับพื้น ม้วนเหล็กอาบสังกะสีที่มีความยาว 94 ซม. กว้าง 20 ซม. ทั้ง 2 แผ่นที่เตรียมไว้ ให้เป็นรูปทรงกระบอก ใช้เหล็กอาบสังกะสีปิดฐานด้านล่างแล้วเชื่อมให้ติดกัน จะได้ถังทรงกระบอก 2 ถัง

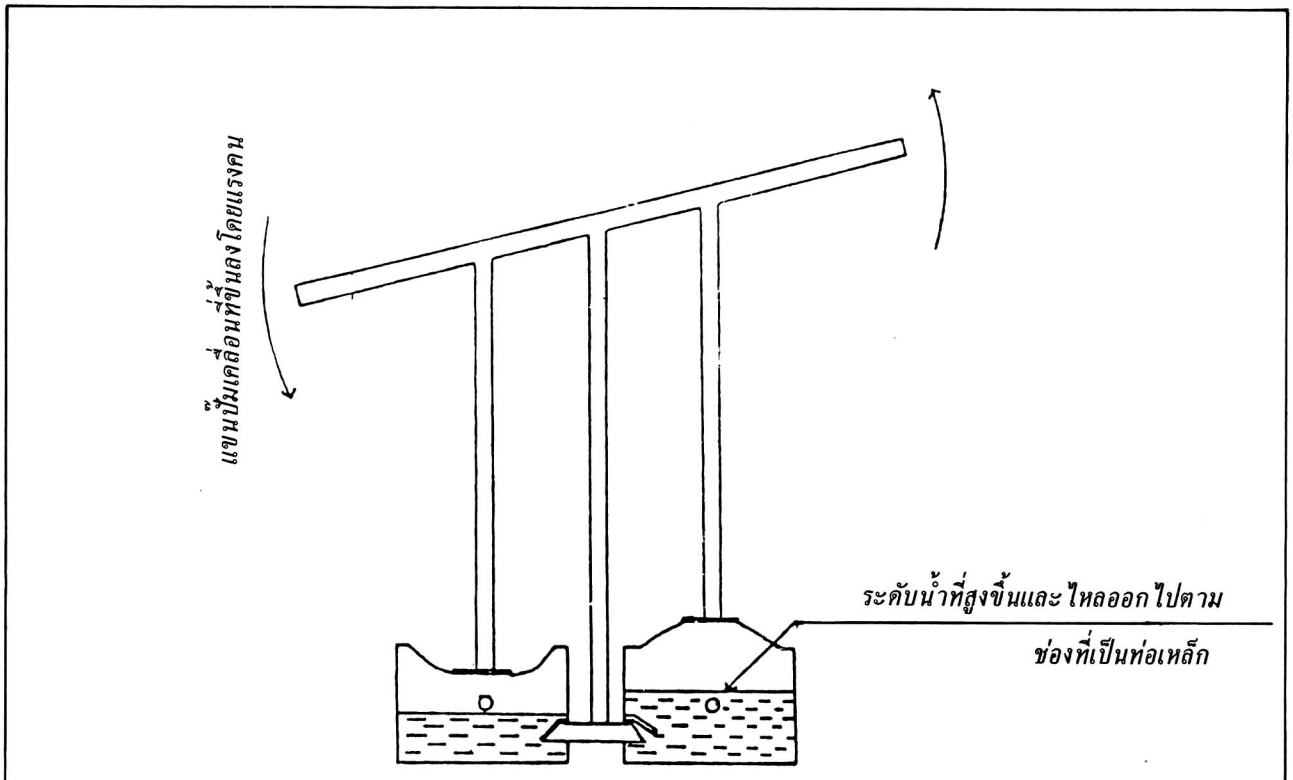
เจาะรูที่ถังทั้งสองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 ซม. ที่ระยะสูงจากก้นถัง 5 ซม. เชื่อมรูทั้ง 2 นี้ด้วยท่อเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 ซม. ยาว 16 ซม. โดยให้ฝังท่อเหล็กเข้าไปในรูทั้งสองข้างข้างละ 3 ซม. และที่ปลายท่อทั้งสองประกบแผ่นยาง หนา 3 มม. ไว้เพื่อเป็นลิ้นชักสำหรับปิด–เปิดท่อ เชื่อมระหว่างถังน้ำและท่อเหล็กให้ยึดติดกัน ที่กึ่งกลางของท่อเหล็กเจาะรูขนาด 3 ซม. โดยให้ท่อยื่นออกมาในแนวนอนที่ตั้งฉากกับท่อเหล็กเป็นระยะ 20 ซม. ไว้สำหรับเสียบสายยางสูบน้ำที่บริเวณฝากระบอกของถังทั้งสอง ซึ่งสูงจากก้นถัง 10 ซม. (รูปที่ 1) เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 ซม. เชื่อมยึดกับท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 ซม. ยาว 3 ซม. แล้วจึงใช้แผ่นยางหนา 3 มม. ประกบทำเป็นลิ้นเพื่อปิด–เปิดปากท่อเวลาเครื่องทำงาน ด้านบนของถังทั้งสองปิดให้สนิทด้วยแผ่นยางในรถแทรกเตอร์โดยใช้กาวเป็นวัสดุยึด และทำให้แน่นอีกครั้งด้วยสกรู

นำถังทั้งสองวางบนไม้สองท่อนซึ่งวางรออยู่แล้ว โดยถังคู่นี้ยึดติดบนไม้ด้วยนอตยึดทั้งสองด้าน

ตัดท่อเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 ซม. จำนวน 4 ท่อน ท่อนที่ 1 และท่อนที่ 2 ยาวท่อนละ 75 ซม. ท่อนที่ 3 ยาว 90 ซม. และท่อนที่ 4 ยาว 110 ซม. ท่อนเหล็กทั้งสี่ท่อนเชื่อมโยงกันด้วย



รูปที่ 1 แสดงแปลนด้านหลัง



รูปที่ 2 แสดงการทำงานของเครื่อง

นอตดังแสดงในรูป ซึ่งท่อนที่ยาว 110 ซม. เป็นแขนของเครื่องสูบ ส่วนท่อนที่ยาว 75 ซม. ทั้งสองท่อนเป็นแกนดึงและกดแผ่นยางบนถังทั้งคู่ แกนนี้เชื่อมติดกับแผ่นยางด้วยกาวและสกรู

เครื่องสูบน้ำที่ประกอบเสร็จแล้วนี้ ใช้แรงงานคนเพียง 2 คน เพื่อโยกแขนของเครื่องสูบขึ้นลงในการสูบน้ำ สถานที่ตั้งเครื่องสูบน้ำต้องเป็นริมบ่อ ริมสระ ริมคลอง หรือริมคูส่งน้ำชลประทาน ที่ผิวดินริมบ่อหรือคลองดังกล่าวต้องราบเรียบ เพื่อวางเครื่องได้ในระดับสม่ำเสมอ นำสายยางสวมเข้าที่ปลายท่อน้ำเข้า แล้วนำปลายสายยางจุ่มลงในน้ำ จากนั้นคนทั้งสองคนจึงยืนจับแขนของเครื่องสูบน้ำคนละด้าน ในขณะที่คนหนึ่งกดแขนของเครื่องสูบน้ำลง อีกคนหนึ่งก็ดึงแขนของเครื่องสูบน้ำให้เคลื่อนที่ขึ้น แผ่นยางก็ถูกดึงให้ยืดขึ้นด้วย ทำให้เกิดช่องว่างสุญญากาศภายในถัง น้ำที่อยู่ในท่อจึงวิ่งเข้าสู่ถังโดยผ่านลิ้นแผ่นยางเข้ามา (รูปที่ 2) เมื่อภาวะการทำงานที่ขั้นตอนนี้เป็นไปจนกระทั่งระดับน้ำในถังสูงขึ้นถึงปากท่อทางน้ำออกแล้ว มวลภายในถังจึงถูกบีบอัดลง เป็นผลให้น้ำไหลออกมาที่ท่อทางน้ำออก โดยผ่านแผ่นยางที่ปิดปากท่ออยู่ และจะคงไหลอยู่ตลอดเวลาที่เครื่องสูบมีการเคลื่อนที่ขึ้นลง

ผู้สนใจขอรายละเอียดและคำแนะนำเพิ่มเติมได้ที่ นายเสริมศักดิ์ รำจวน งานวิศวกรรมเกษตร สำนักงานเกษตรภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ต.ท่าพระ อ.เมือง จ.ขอนแก่น.

กระแสไฟฟ้าจากเศษผลไม้

สมาพันธ์ผู้ผลิตกาแฟแห่งชาติของโคลัมเบีย (Federacion Nacional de Cafeteros de Columbia) ได้พัฒนาการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเศษผลไม้ตามที่นักวิจัยชื่อ เจ. มอริลโญ (J. Morillo) แห่งเกาะเกรนาดา (Grenada) หมู่เกาะอินดิสตะวันตก (West Indies) คิดค้นขึ้น การวิจัยในเรื่องนี้นับว่าเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อเกษตรกร ชาวสวนผลไม้ หรือชาวชนบทอื่น ๆ ที่อยู่ห่างไกลความเจริญ และยังไม่มีกระแสไฟฟ้าใช้ ทั้งยังเป็นการใช้เศษผลไม้ซึ่งเคยเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางเกษตรของชาวสวนผลไม้ให้เป็นประโยชน์อีกด้วย กระแสไฟฟ้าที่ได้จากแบตเตอรี่เศษผลไม้นี้เหมาะสมสำหรับใช้กับเครื่องรับวิทยุและหลอดไฟฟ้าสำหรับให้แสงสว่างในครัวเรือน

ขั้นตอนและวิธีการ

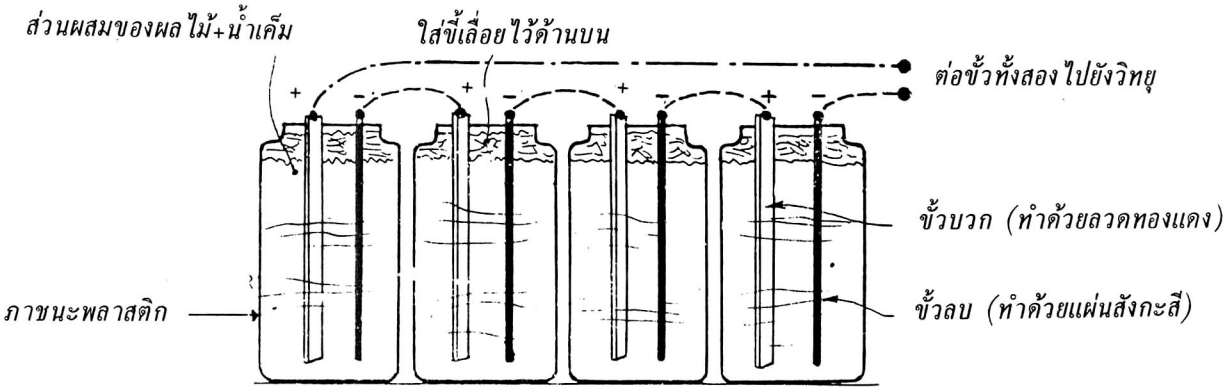
วิธีที่ 1 1. หาภาชนะทรงสูงทำด้วยแก้วหรือพลาสติกที่มีความจุอย่างน้อย 1 แกลลอน จำนวนอย่างต่ำ 12 ใบ หรือถ้าจะใช้กับหลอดไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่างจะต้องใช้ภาชนะถึง 40 ใบ (ใช้จำนวนเลขคู่ เช่น 12, 14, 20 เท่านั้น)

2. บรรจุเศษผลไม้ประเภทฉ่ำน้ำที่หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้ว เช่น ส้ม สับปะรด แตงโม ฯลฯ อัดแน่นลงไปในภาชนะ เทน้ำทะเล หรือถ้าไม่มีน้ำทะเลให้ใช้น้ำเกลือผสมลงไปให้เกือบเต็ม นำภาชนะทั้งหมดไปตั้งเรียงในกรอบไม้ที่ทำพิเศษ เพื่อที่จะได้ปลอดภัยจากเด็กเล็ก ๆ สัตว์เลี้ยง แสงแดด และฝน ฯลฯ

3. ตัดแผ่นสังกะสีให้กว้างประมาณ 2–3 นิ้ว ยาวเท่ากับภาชนะเพื่อใช้ทำเป็นขั้วลบ (–) และตัดแผ่นทองแดงขนาดและความยาวเท่ากันเพื่อใช้เป็นขั้วบวก (+) (อาจจะใช้ลวดทองแดงแทนได้) นำแผ่นขั้วบวกแขวนไว้ทางด้านซ้ายของภาชนะ ส่วนขั้วลบแขวนไว้ทางด้านขวามือ โดยไม่ให้ปลายแผ่นแตะถึงพื้นขวดหรือแตะกันเอง เพราะจะทำให้การต่อไฟนี้ไม่เป็นผลสำเร็จ

4. เพื่อป้องกันกลิ่นเหม็น กันการระเหยของน้ำ และไม่ให้เป็นที่เพาะพันธุ์ของแมลงต่าง ๆ ควรใส่ขี้เลื่อย กระดาษ หญ้า หรือใยมะพร้าว ฯลฯ ลงเหนือเศษผลไม้ในภาชนะ ให้หนาประมาณ 1 นิ้ว

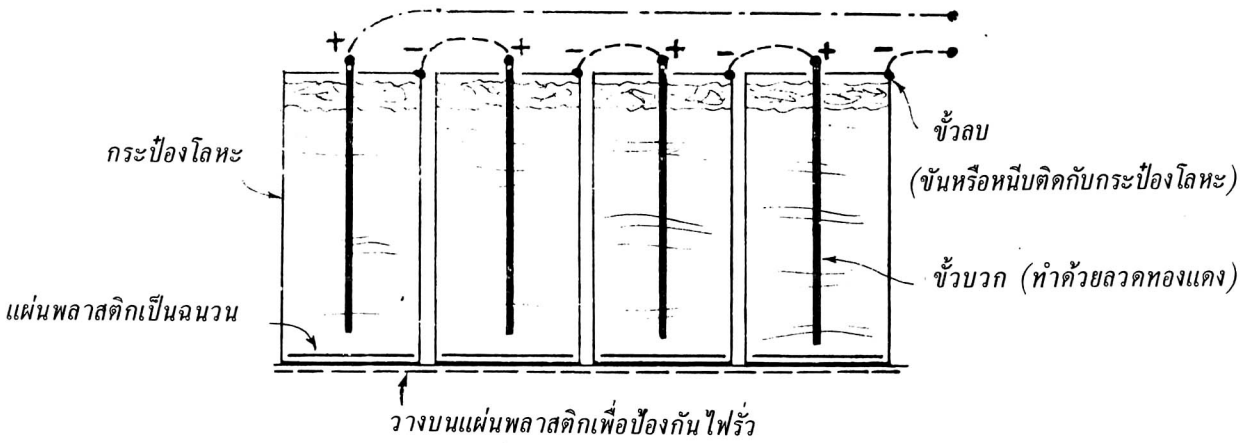
5. ใช้สายไฟต่อขั้วลบของภาชนะแรกเข้ากับขั้วบวกของภาชนะที่ 2 และต่อขั้วลบของภาชนะที่ 2 เข้ากับขั้วบวกของภาชนะที่ 3 กระทำดังนี้ต่อไปเรื่อย ๆ จนในที่สุด ต่อขั้วบวกของภาชนะแรก และขั้วลบของภาชนะสุดท้ายไปยังเครื่องไฟฟ้าที่ต้องการจะใช้ เช่น เครื่องรับวิทยุ หรือหลอดไฟ สำหรับวิทยุควรต่อเสาอากาศซึ่งทำจากลวดทองแดงเล็ก ๆ เพื่อการรับฟังที่ชัดเจนยิ่งขึ้น



วิธีที่ 2 ใช้หลักการเดียวกับวิธีแรก แต่ใช้ภาชนะโลหะเช่นกระป๋องน้ำมันเครื่อง หรือกระป๋องน้ำมันพืชแทนภาชนะแก้วหรือพลาสติก เพื่อที่จะใช้ตัวภาชนะนั้นเป็นขั้วลบ แต่ละกระป๋องเจาะช่องด้านบนกระป๋องละ 1 ช่อง เพื่อเป็นที่เสียบแผ่นทองแดงสำหรับทำเป็นขั้วบวก ด้านล่างของกระป๋องควรปูด้วยฉนวนพลาสติก ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้แผ่นทองแดงสัมผัสกับพื้นกระป๋อง ต่อขั้วลบ คือตัวกระป๋องของกระป๋องที่หนึ่งไปยังแผ่นทองแดงคือตัวขั้วบวกของกระป๋องที่สอง ทำเช่นนี้ต่อ ๆ ไป จนในที่สุดต่อขั้วบวกของกระป๋องแรกและขั้วลบของกระป๋องสุดท้ายไปยังเครื่องรับวิทยุ

ควรระวังอย่าวางกระป๋องเหล่านี้ให้ชิดกัน ถ้าต้องวางชิดกันให้ใช้แผ่นไม้หรือแผ่นพลาสติกกั้นระหว่างกระป๋อง และเพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่วไหล ควรวางกระป๋องแบตเตอรี่เหล่านี้บนฉนวนพลาสติกหรือแผ่นยางแห้ง ๆ

ถึงแม้ว่าแบตเตอรี่จากเศษผลไม้เหล่านี้จะไม่มีพลังงานมากเท่าแบตเตอรี่แห้งเมื่อเทียบขนาด



เท่า ๆ กันก็จริงอยู่ แต่ก็มีประโยชน์สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่กินไฟมากเช่นวิทยุ ข้อสำคัญคือมีราคาถูกมากถ้าหากว่ามีภาชนะอยู่แล้ว และอายุใช้งานก็นานจนกว่าแผ่นขั้วบวกและขั้วลบจะเสื่อม.

World Crops, March 1985

ทุกส่วนของต้นมะพร้าวมีประโยชน์

มะพร้าว *(Cocos nucifera* L.) เป็นพืชยืนต้น ใบเลี้ยงเดี่ยวตระกูลปาล์ม ชนิดหนึ่งที่คนไทยเรานิยมปลูกกันอย่างแพร่หลาย เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ต่อชีวิตประจำวันเป็นเวลานับร้อย ๆ ปีมาแล้ว มะพร้าวเจริญเติบโตได้ดีในแถบร้อนที่มีฝนตกชุก โดยเฉพาะที่ อ.เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี และ อ.ทับสะแก จ.ประจวบคีรีขันธ์ เป็นแหล่งที่ปลูกมะพร้าวมากที่สุดของประเทศ เนื้อที่ที่ใช้ในการปลูกมะพร้าวมีประมาณ 3 ล้านไร่ เป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมปลูกกันมากเช่นเดียวกับมันสำปะหลังและยางพารา กล่าวได้ว่าเกือบทุก ๆ ส่วนของมะพร้าวให้ประโยชน์ต่อมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นราก ลำต้น ทางมะพร้าว ใบ และโดยเฉพาะผลเป็นส่วนที่ให้ประโยชน์มากที่สุดของมะพร้าว

ในประเทศไทยเรานั้น นอกเหนือจากการบริโภคมะพร้าวผลในรูปของการใช้กะทิในการปรุงอาหารทั้งของคาวและของหวานแล้วนั้น ได้มีการนำเอามะพร้าวผลมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้น้อยชนิดกว่าประเทศอื่นเมื่อเทียบกับผู้ผลิตมะพร้าวด้วยกัน เช่น อินเดีย ศรีลังกา ฟิลิปปินส์ ฟิจิ หรืออินโดนีเซีย เป็นต้น เนื่องจากประเทศดังกล่าวได้ใช้เทคโนโลยีเข้าช่วยในการดัดแปลงมะพร้าวผลให้เป็นผลิตภัณฑ์รูปอื่น ๆ มากมายหลายชนิดอย่างแพร่หลาย ตัวอย่างที่สำคัญได้แก่

เส้นใยมะพร้าว (coir fibre) ใช้ทำผลิตภัณฑ์ต่อไปนี้คือ เชือก พรมเช็ดเท้า พรมปูพื้น ทำแท่นเพาะชำ เป็นส่วนผสมของปุ๋ย ใช้เป็นส่วนผสมในวัสดุก่อสร้างบางชนิด เช่น กระเบื้องแผ่นเรียบ ใช้ทำเครื่องประดับชนิดต่าง ๆ ทำโฟม (foam) ซึ่งสามารถนำไปดัดแปลงให้เป็นเบาะสำหรับเก้าอี้ โซฟา ชุดรับแขก ที่นอน เหล่านี้เป็นต้น

เนื้อมะพร้าวแห้ง (copra) ได้จากการทำให้เนื้อมะพร้าวเหลือความชื้นน้อยที่สุด คือประมาณร้อยละ 6–8 แล้วนำไปหีบเป็นน้ำมัน โดยเฉลี่ยแล้วในเนื้อมะพร้าวแห้งจะมีน้ำมันอยู่ประมาณร้อยละ 55 ผลพลอยได้จากการผลิตน้ำมันมะพร้าวคือกากมะพร้าว กากมะพร้าวนี้ใช้เลี้ยงสัตว์ได้เป็นอย่างดี

เนื้อมะพร้าวอบแห้ง (desiccated coconut) ผลิตขึ้นเพื่อใช้เป็นแป้งมะพร้าวสำหรับป้อนโรงงานผลิตอาหาร เช่น โรงงานขนมปัง โรงงานไอศกรีม เป็นต้น เนื้อมะพร้าวอบแห้งนี้เป็นสิ่งที่ตลาดในยุโรปมีความต้องการมาก เพราะสามารถนำไปเป็นส่วนประกอบในการผลิตอาหารได้มากมายหลายชนิด

ถ่านกะลามะพร้าว (coconut shell charcoal) วิธีผลิตถ่านกะลามะพร้าวที่ง่ายที่สุดคือนำถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร เปิดฝาด้านบนออก แล้วสุมไฟในถังด้านล่าง พอไฟติดดีแล้วค่อย ๆ ทยอยใส่กะลามะพร้าวลงไปจนกว่าจะเต็ม เมื่อกะลาลุกไหม้เกือบหมดจึงปิดฝาถังให้แน่นเพื่อไม่ให้อากาศเข้า ปล่อยไว้ให้เย็น จะได้ถ่านกะลามะพร้าวซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ตามต้องการ หรือจะใช้กับเตาถ่านเคลื่อนที่แบบมาร์ค V ซึ่งองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) คิดขึ้นก็ได้ (ดูข่าวเทคโนโลยีสำหรับชาวชนบท ฉบับที่ 9)

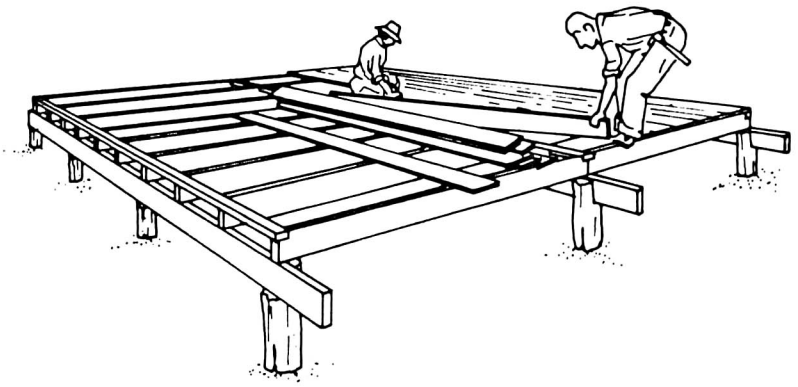
ที่หมู่บ้าน ซาน อันโตนีโอ (San Antonio) ประเทศฟิลิปปินส์ ได้ทดลองตั้งโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้กะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงเป็นผลสำเร็จ โดยสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แสงสว่าง

แก่ประชาชนมากกว่า 50 ครอบครัว และทำให้เครื่องจักรขนาด 10 แรงม้า (7,457 วัตต์) ของโรงงานเลื่อยไม้สามารถทำงานได้ด้วย ซึ่งทำให้สามารถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้ถึงร้อยละ 65–75

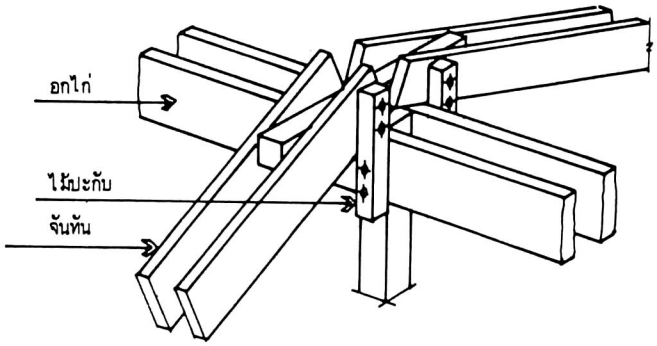
น้ำมันมะพร้าว (coconut oil) น้ำมันมะพร้าวได้มาจากการหีบเนื้อมะพร้าวแห้ง น้ำมันมะพร้าวแบ่งย่อยได้เป็น น้ำมันสำหรับบริโภค ซึ่งนำไปบริโภคแทนน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์อื่น ๆ นอกจากนี้ยังนำมาเป็นส่วนผสมทำเนยเทียม นมข้น ไอศกรีม เป็นต้น น้ำมันมะพร้าวอีกชนิดหนึ่งนั้นสำหรับใช้ประโยชน์ในการอุปโภค คือการนำเอาไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ชนิดต่าง ๆ เช่น สบู่ ผงซักฟอก เครื่องสำอาง ใช้ทำเชื้อเพลิงเดินเครื่องยนต์ เป็นต้น

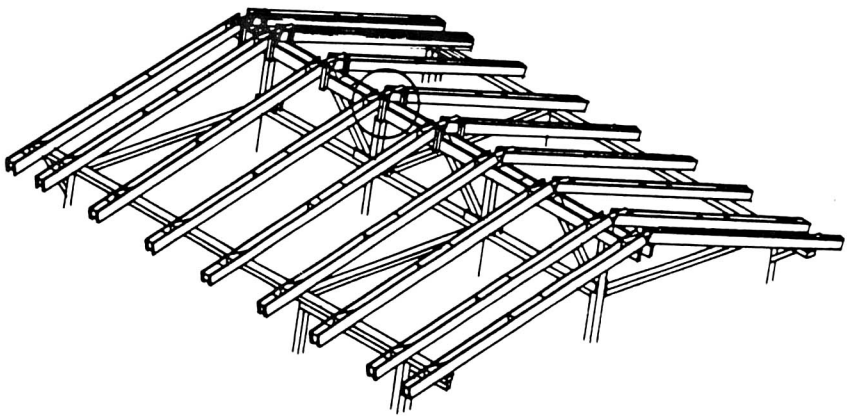
กากมะพร้าว (copra cake) กากมะพร้าวเป็นผลพลอยได้จากการหีบน้ำมันมะพร้าว ใช้เลี้ยงสัตว์โดยเฉพาะโคนมได้เป็นอย่างดี เนื่องจากยังมีธาตุอาหารโปรตีนหลงเหลืออยู่อีกเป็นจำนวนมาก

นอกจากส่วนผลซึ่งเป็นส่วนที่ให้ผลประโยชน์มากที่สุดของมะพร้าวแล้ว ลำต้นมะพร้าวก็ยังเป็นผลพลอยได้ชนิดหนึ่งจากการปลูกมะพร้าวซึ่งมักจะถูกมองข้ามไปเสีย ได้มีผู้นำลำต้นมะพร้าวไปใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างหลายอย่าง เช่น ทำเสาสะพาน ทำท่อระบายน้ำ ทำเรือขุด ทำเชื้อเพลิง ทำเครื่องใช้เช่น โต๊ะ เก้าอี้ ทำไม้ปูพื้นจำพวกไม้ปาร์เก้ องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ ได้รายงานการใช้ประโยชน์จากลำต้นมะพร้าวไว้ว่า ตั้งแต่ปี พ.ศ.2503 เป็นต้นมา ประเทศต่าง ๆ ในแถบมหาสมุทรแปซิฟิกที่ปลูกมะพร้าวเป็นพืชหลัก เช่น ประเทศฟิจิ ฟิลิปปินส์ นิวซีแลนด์ ปาปัวนิวกินี อินเดีย อินโดนีเซีย และศรีลังกา เหล่านี้เป็นต้น ได้พากันคิดค้นหาหนทางที่จะนำลำต้นมะพร้าวที่ถูกลมพายุพัดล้มหรือที่มีอายุหลาย ๆ สิบปีขึ้นไป (ประมาณ 70 ปีขึ้นไป) และไม่ให้ผลดกอีกต่อไปเหล่านี้มาใช้ประโยชน์อย่างจริงจัง ประเทศเหล่านี้ได้จัดตั้งองค์กรของรัฐเพื่อศึกษาวิเคราะห์ลำต้นมะพร้าว ครอบคลุมด้านกายวิภาค คุณสมบัติของไม้มะพร้าว การถนอมเนื้อไม้ให้คงทน คุณสมบัติทางกล การออกแบบทางวิศวกรรม อุตสาหกรรมถ่านหุงข้าว แผ่นไม้อัดที่มีส่วนผสมของใยมะพร้าวเป็นหลัก การสร้างบ้านโดยนำเอาไม้จากลำต้นมะพร้าวมาใช้เป็นองค์อาคาร เหล่านี้เป็นต้น



ไม้มะพร้าวใช้ทำวัสดุปูพื้น

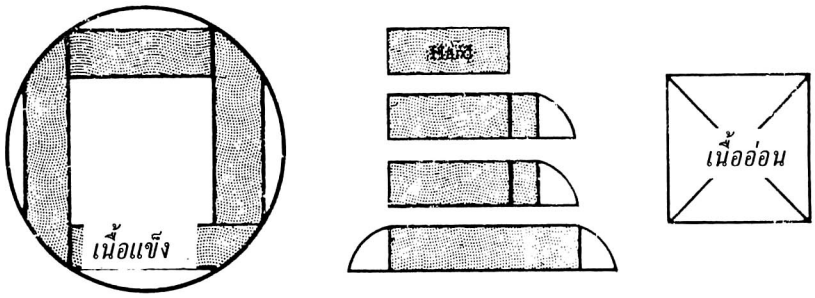




โครงสร้างของบ้านทำจากไม้มะพร้าว

จากผลของการศึกษาในด้านการนำไม้มะพร้าวมาใช้ในการก่อสร้างบ้านเรือนนั้นพบว่าเกือบจะทั้งลำต้นของมะพร้าวสามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในการสร้างบ้านได้ เช่น ทำเป็นไม้ปูพื้น จำพวกไม้ปาร์เก้ ทำไม้ฝาบ้าน ทำจั่ว ทำโครงหลังคา ทำวงกบประตูและหน้าต่าง ฯลฯ และไม้มะพร้าวที่ได้จากส่วนโคนต้นมะพร้าวจะมีความแข็งแรงมากกว่าส่วนอื่น ปัจจุบันได้มีการก่อตั้งโรงงานเลื่อยขึ้นในหลาย ๆ ประเทศที่กล่าวมาแล้ว เพื่อแปรรูปไม้มะพร้าวให้เป็นอุตสาหกรรมสู่ความต้องการของตลาด การตั้งโรงเลื่อยนี้ควรจะพิจารณาให้อยู่ใกล้เคียงกับสวนมะพร้าวเพื่อที่จะลดปัญหาในเรื่องค่าขนส่ง หรือจะใช้โรงเลื่อยแบบเคลื่อนที่ได้ก็ได้ โดยเคลื่อนย้ายไปตามสวนมะพร้าวที่ต้องการจะตัดโค่นต้นมะพร้าวแก่

จากการทดสอบและวิเคราะห์ไม้จากลำต้นมะพร้าว เพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างบ้าน ปรากฏผลว่า ไม้มะพร้าวที่ได้จากส่วนโคนของต้นที่มีอายุประมาณ 60 ปีขึ้นไป หรือไม้มะพร้าวที่มีค่าความถ่วงจำเพาะประมาณ 0.6 ขึ้นไป สามารถนำไปใช้ในการก่อสร้างเป็นไม้โครงสร้าง มีคุณสมบัติเทียบเท่าไม้ยาง



รูปตัดแสดงส่วนที่เป็นไม้เนื้ออ่อน- เนื้อแข็งของลำต้นมะพร้าว

ส่วนการใช้ไม้มะพร้าวสำหรับทำผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น ทำเฟอร์นิเจอร์ แผ่นฝากั้นห้อง แผ่นไม้ปูพื้นปาร์เก้ ไม้เท้า ด้ามค้อน ฯลฯ อาจจะใช้ไม้ส่วนที่มีความแข็งรองลงมาจากมาตรฐานนี้ได้

ข้อแนะนำในการนำไม้มะพร้าวมาใช้งาน

1. ควรหลีกเลี่ยงการนำไส้กลางของต้นมะพร้าวมาใช้งาน

2. การนำไม้มะพร้าวมาใช้ทำเป็นคานหรือตง ควรให้ด้านที่แข็งแรงกว่าอยู่ด้านล่าง

3. ควรมีการอาบน้ำยาเพื่อป้องกันการเจาะไชของแมลง และป้องกันเชื้อรา ถ้านำไม้มะพร้าวมาใช้ทำพื้น ควรเคลือบผิวด้วยยูริเทน ถ้านำมาทำวัสดุมุงหลังคาควรแช่ในน้ำยารักษาเนื้อไม้เช่นครีโอโสต (Creosote) ผสมน้ำมันเสียก่อน

4. เนื่องจากไม้มะพร้าวแข็งมาก ควรใช้สว่านเจาะนำก่อนการตอกตะปู ตะปูที่ใช้ควรจะเป็นชนิดที่ไม่ขึ้นสนิม

จากการที่ราคามะพร้าวผลได้ลดต่ำลงอย่างมากในช่วงระยะเวลา 2–3 ปีมานี้ ทำให้เกษตรกรชาวสวนมะพร้าวของไทยเราต้องขาดรายได้ไปอย่างมาก ดังนั้น การที่จะนำส่วนอื่น ๆ นอกจากเนื้อมะพร้าวมาใช้ประโยชน์ให้คุ้มค่าที่สุดจึงเป็นสิ่งที่ควรส่งเสริมและนำไปปฏิบัติ.

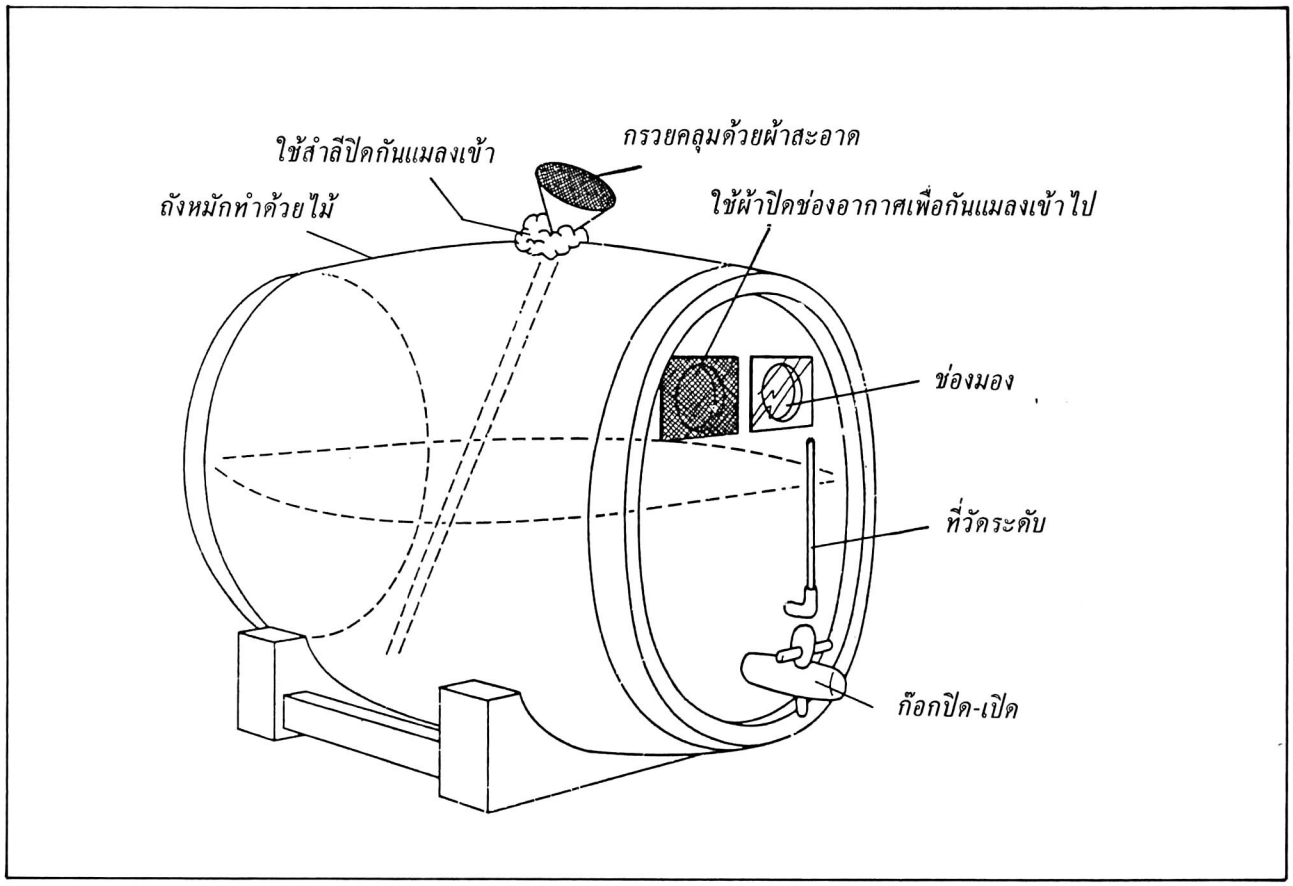
FAO Forestry Paper No. 57

ผลิตน้ำส้มสายชูจากกล้วยสุก

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า น้ำส้มสายชูหมักนั้นทำได้จากผลไม้สุกหลายชนิด เช่น สับปะรด น้ำมะพร้าว องุ่น ฯลฯ เป็นต้น การทำน้ำส้มสายชูหมักจากผลไม้นี้สามารถกระทำได้ทั้งในระดับเพื่อใช้ในครัวเรือนและในระดับอุตสาหกรรม สถาบันผลิตผลเขตร้อน (Tropical Products Institute) แห่งประเทศอังกฤษ ได้เสนอแนะวิธีการนำเอากล้วยสุกมาหมักให้เป็นน้ำส้มในระดับอุตสาหกรรมขนาดย่อม ซึ่งวิธีการนี้เป็นสิ่งที่น่าสนใจอย่างยิ่ง เนื่องจากไม่ต้องใช้อุปกรณ์และกรรมวิธีการผลิตขั้นสูงแต่อย่างใด และเสียค่าใช้จ่ายไม่มากนัก

ขั้นตอนโดยย่อของการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยสุก คือต้องหมักน้ำตาลที่มีอยู่ในผลกล้วยสุกให้เป็นแอลกอฮอล์เสียก่อน แล้วจึงเปลี่ยนแอลกอฮอล์นั้นให้เป็นน้ำส้มอีกต่อหนึ่ง

วิธีทำ นำกล้วยน้ำว้าหรือกล้วยชนิดใดก็ได้ที่สุกงอมและปอกเปลือกแล้วใส่ลงในถังโลหะขนาดความจุ 36 ล. ถังนี้จะต้องได้รับการล้างทำความสะอาดมาอย่างดีแล้ว ใส่น้ำสะอาดลงไปในถังปนกับกล้วยอัตราส่วนระหว่างกล้วยสุกและน้ำสะอาดคือ กล้วย 24 กก. ต่อน้ำ 12 ล. ใช้ไม้กวนกล้วยและน้ำให้เข้ากัน เพื่อเป็นการฆ่าเชื้อโรคซึ่งอาจจะเกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินการผลิต จะต้องต้มกล้วยโดยใช้ความร้อนไม่ต่ำกว่า 90°ซ. นานเป็นเวลา 1 ชม. เติมกรดเกลือเข้มข้นประมาณ 90 มล. เพื่อลดค่าความเป็นกรด



และด่าง (pH) จาก 5 ลงเหลือ 3.9

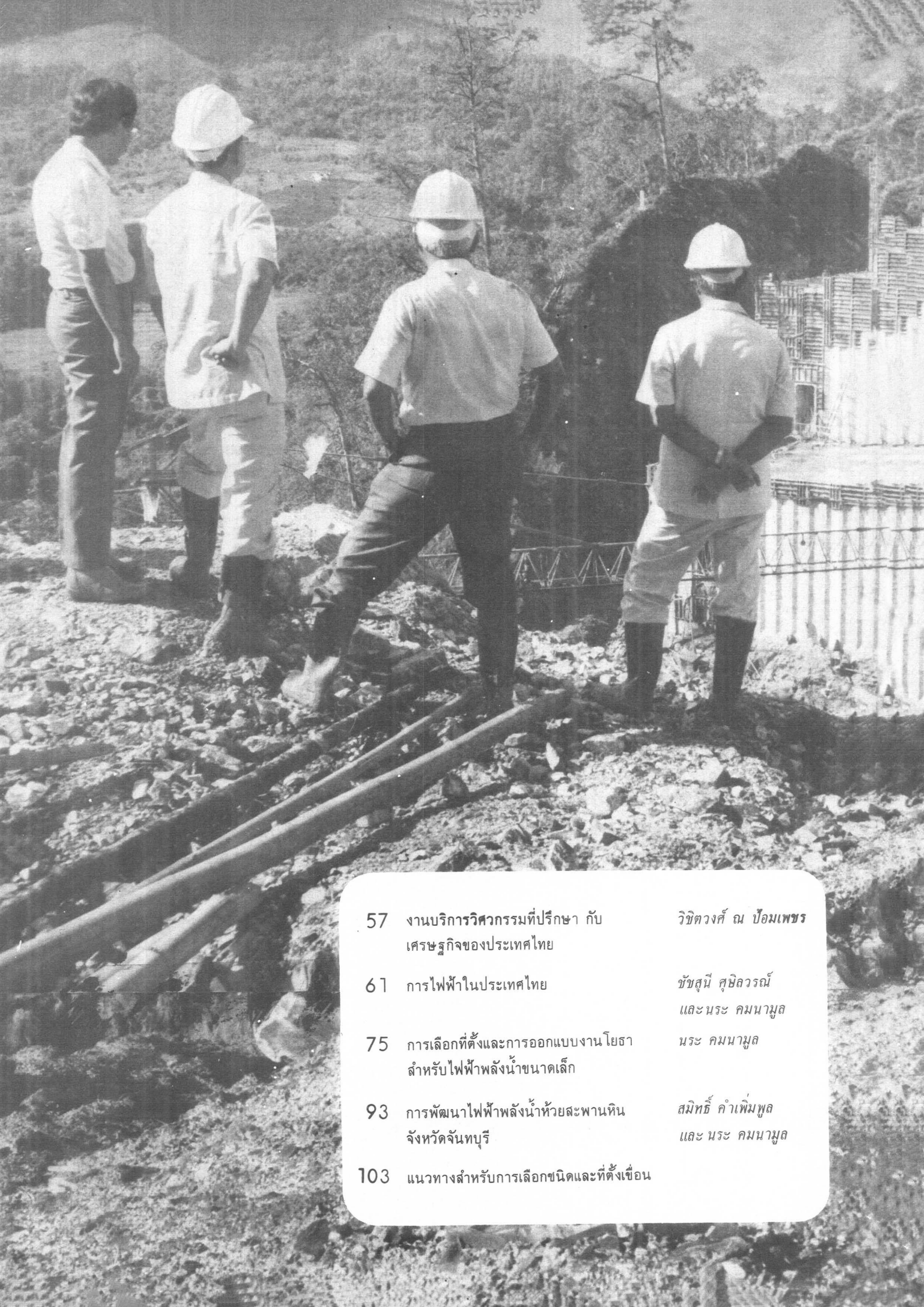
นำส่วนผสมของกล้วยสุกและน้ำที่ได้นี้ไปหมักให้เป็นแอลกอฮอล์ในถังหมักที่สะอาด ถังที่ใช้ควรเป็นถังขนาดใหญ่ทำด้วยพลาสติกอย่างดีที่ใส่อาหารรับประทานได้โดยไม่มีอันตราย หรือถังทำจากแก้ว ถังนี้จะต้องมีปากกว้างและฝาปิดล็อกให้แน่นเมื่อบรรจุส่วนผสมลงไปในถังเสร็จเรียบร้อยแล้ว เมื่ออุณหภูมิของส่วนผสมลดลงเหลือ 40° ซ. เติมเชื้อยีสต์ลงไปในอัตราส่วนยีสต์ 1 ก. ต่อส่วนผสม 1 ล. แล้วเติมเอนไซม์ที่ย่อยเพคติน (Pectolytic enzyme) ซึ่งหาซื้อได้ตามร้านขายอุปกรณ์เครื่องใช้ทางวิทยาศาสตร์ โดยใส่เอนไซม์ 1 ก. ต่อส่วนผสม 3 ล. กวนให้เข้ากัน แล้วปิดฝาให้แน่นปล่อยทิ้งไว้ ในตอนเช้าจะมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นมากมาย การหมักที่สมบูรณ์จะใช้เวลา 7–10 วัน จากนั้นแยกเอาแอลกอฮอล์ที่ได้ออกมาโดยการกรอง

เปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดน้ำส้มโดยบรรจุแอลกอฮอล์ลงในถังหมักมีความจุ 10 แกลลอน (45.5 ล.) มีก๊อกปิด–เปิดอยู่ตอนล่าง ถังนี้ทำด้วยไม้ มีกรวยคลุมด้วยผ้าสะอาดเพื่อป้องกันแมลงเข้า ต่อกรวยเข้ากับหลอดแก้วที่เสียบอยู่ด้านบนของตัวถัง ขณะที่เติมแอลกอฮอล์ผ่านทางกรวยนี้ ก็เติมเชื้อแบคทีเรียเข้าไปพร้อม ๆ กัน แบคทีเรียนี้จะเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดน้ำส้ม แล้วปล่อยทิ้งไว้ ปริมาณของแอลกอฮอล์จะค่อย ๆ ลดลงในขณะที่กรดน้ำส้มจะเพิ่มปริมาณขึ้น จึงต้องเติมแอลกอฮอล์อยู่ทุกระยะ รักษาอุณหภูมิภายในถังหมักให้คงที่อยู่ระหว่าง 20–22° ซ. ภายในเวลา 14 วัน จะได้น้ำส้มสายชูหมักโดยสมบูรณ์ เนื้อกล้วยหนัก 1 กก. จะได้กรดน้ำส้ม 5% ประมาณ 1 ล.

น้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยสุกนี้มีกลิ่นหอมและมีสีเหลืองอำพัน ควรเก็บในภาชนะที่ปิดมิดชิดก่อนอย่างน้อย 1 เดือน จึงบรรจุขวด หลังจากบรรจุขวดแล้วนำไปฆ่าเชื้อตามวิธีพาสเจอร์ไรซ์ คืออบด้วยความร้อนประมาณ 70° ซ. 15 นาที จึงนำมาบริโภคได้

ประเทศไทยเรามีการปลูกกล้วยกันอยู่ทั่ว ๆ ไป และได้เคยใช้ประโยชน์จากกล้วยสุกเป็นอาหารรับประทานในรูปแบบต่าง ๆ มาแล้ว วิธีการทำน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยสุกที่สถาบันผลิตผลเขตร้อนได้แนะนำและเผยแพร่นี้ คงจะเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรและนักลงทุนผู้สนใจจะผลิตน้ำส้มสายชูขายในระดับอุตสาหกรรมขนาดย่อมบ้าง โดยจะต้องศึกษาตลาดและความคุ้มทุนเสียก่อน

Tropical Products Institute G.132



57	งานบริการวิศวกรรมที่ปรึกษา กับเศรษฐกิจของประเทศไทย	*วิชิตวงศ์ ณ ป้อมเพชร*
61	การไฟฟ้าในประเทศไทย	*ชัชสุนี ศุษิลวรณ์ และนระ คมนามูล*
75	การเลือกที่ตั้งและการออกแบบงานโยธาสำหรับไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก	*นระ คมนามูล*
93	การพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำห้วยสะพานหิน จังหวัดจันทบุรี	*สมิทธิ์ คำเพิ่มพูล และ นระ คมนามูล*
103	แนวทางสำหรับการเลือกชนิดและที่ตั้งเขื่อน	

ด้วยอภินันทนาการ

จาก

บริษัท กระดาษศรีสยาม จำกัด

459-471 ถนนอโศก-ดินแดง แขวงบางกะปิ เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10310

เทเล็กซ์ 82574 สยามแปบ ทีเอช. โทรเลข สยามเปเปอร์ กรุงเทพฯ

โทร. 2459330-4, 2456282

โรงงาน เลขที่ 9/1 ถนนพุทธมณฑล สาย 7 เพชรเกษม ตำบลท่าตลาด

อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม

โทร. (034) 311371-2

ผู้ผลิตกระดาษพิมพ์เขียนชั้นดี

(Fine Printing & Writing Paper)

งานบริการวิศวกรรมที่ปรึกษากับเศรษฐกิจของประเทศไทย

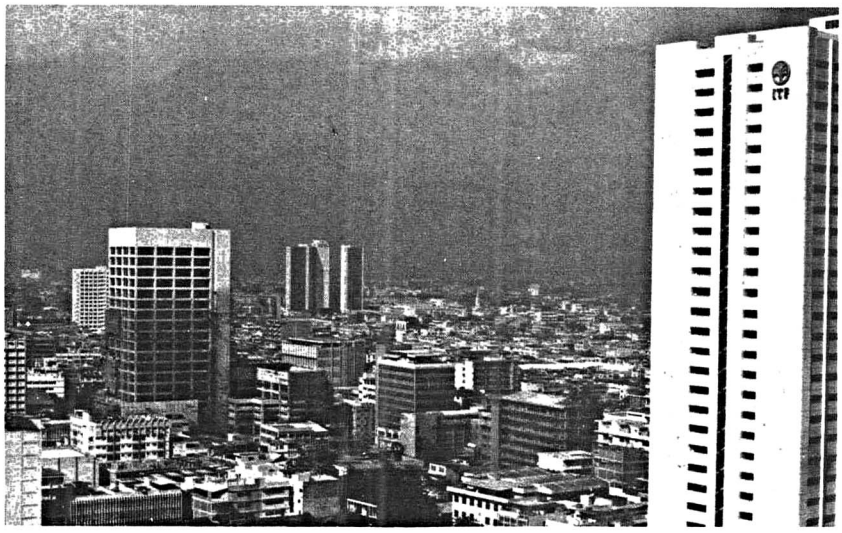
วิชิตวงศ์ ณ ป้อมเพชร

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
บางเขน, กท. 10900

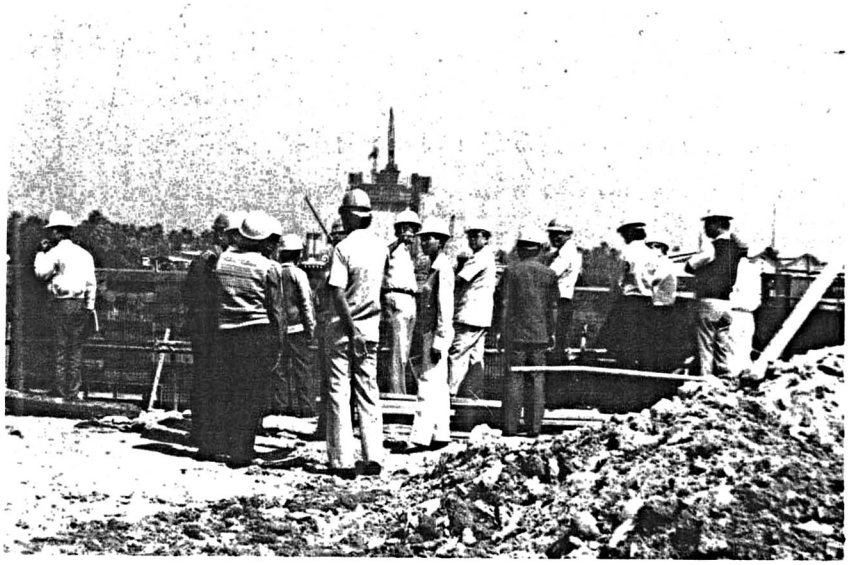
การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยเกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างซึ่งเป็นโครงการทั้งขนาดใหญ่และขนาดกลางอยู่เป็นอันมาก งานก่อสร้างดังกล่าวนี้เป็นการลงทุนระดับชาติเพื่อสร้างทรัพย์สินถาวร ซึ่งประกอบเป็นพื้นฐานทางเศรษฐกิจของประเทศ โดยปกติ โครงการก่อสร้างดังกล่าวนี้มักจะพึ่งพาแหล่งเงินกู้ต่างประเทศ สำหรับบางโครงการซึ่งอาศัยงบประมาณแผ่นดินนั้น ก็มักจะมีค่าใช้จ่ายบางส่วนเป็นเงินตราต่างประเทศ ดังนั้นจึงอาจจะกล่าวได้ว่า การก่อหนี้ส่วนใหญ่ของประเทศซึ่งเป็นหนี้ต่างประเทศนั้น สืบเนื่องมาจากโครงการก่อสร้างดังกล่าวนั่นเอง

การพึ่งพาแหล่งเงินกู้ต่างประเทศเพื่อเป็นค่าใช้จ่ายสำหรับโครงการก่อสร้างภายในประเทศนั้น สืบเนื่องมาจากการขาดนโยบายอย่างจริงจังในการพึ่งตนเองทางเทคโนโลยีของประเทศไทย และการขาดนโยบายดังกล่าวนั้นก็เนื่องมาจากการขาดจิตสำนึกในเรื่องการพึ่งตนเอง ทั้งนี้โดยส่วนใหญ่ไม่เกี่ยวข้องกับขีดความสามารถหรือศักยภาพทางเทคโนโลยีที่ไทยเราอาจมีอยู่ หรือที่อาจพัฒนาขึ้นมาได้แต่ประการใด การพึ่งพาเทคโนโลยีซึ่งก็คือสติปัญญาของต่างชาติในโครงการก่อสร้างในประเทศไทยนั้น เริ่มตั้งแต่การศึกษาในเบื้องต้นว่าโครงการดังกล่าวจะมีความเป็นไปได้ในทางเทคนิคมากน้อยเพียงใด และเมื่อได้ตัดสินใจว่าจะดำเนินโครงการแล้ว ก็พึ่งพาต่างประเทศต่อไปในการออกแบบ ตลอดจนในการก่อสร้างและในการควบคุมการก่อสร้าง การที่ไม่มีนโยบายที่จะพึ่งตนเองในเรื่องเหล่านี้ ไม่เพียงแต่จะก่อให้เกิดภาระหนี้สินกับต่างประเทศเกินกว่าที่ควร และเป็นค่าใช้จ่ายซึ่งเป็นภาระของชาวไร่ชาวนาผู้ยากไร้ของชาติในฐานะผู้ผลิตสินค้าเกษตรเพื่อส่งออกให้ได้มาซึ่งเงินตราต่างประเทศในการชำระหนี้ต่างประเทศแล้ว ยังเป็นอุปสรรคกีดกั้นการพัฒนาขีดความสามารถและศักยภาพของวิศวกรไทยในการปฏิบัติงานก่อสร้างระดับชาติทั้งในปัจจุบันและในอนาคตอีกด้วย ประเด็นที่สำคัญดังกล่าวนี้ ซึ่งเป็นประเด็นที่เกี่ยวข้องอย่างยิ่งกับเศรษฐกิจของชาติ มักจะถูกมองข้ามไปอยู่เสมอมา เหตุผลที่จะกล่าวอ้างเป็นเหตุผลที่จะต้องพึ่งพาต่างประเทศก็คือ เป็นเงื่อนไขของแหล่งเงินกู้หรือเงินช่วยเหลือจากต่างประเทศบ้าง หรือไม่ก็อ้างถึงความจำกัดของขีดความสามารถของวิศวกรไทยในการปฏิบัติงานดังกล่าวบ้าง

ในระหว่างที่นายดำรง ลัทธพิพัฒน์ ดำรงตำแหน่งรัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน ประเด็นในเรื่องการพึ่งตนเองในโครงการก่อสร้างได้รับการพิจารณาอย่างจริงจัง เมื่อได้ตระหนักว่าการขาดนโยบายการพึ่งตนเอง ได้ทำให้ประเทศไทยสูญเสียค่าใช้จ่ายไปเป็นอันมาก นับเป็นพันล้านบาท ในระหว่างการเร่งรัดพัฒนาประเทศซึ่งโครงการก่อสร้างของรัฐเป็นส่วนสำคัญ ไม่ว่าจะเป็นการก่อสร้างในขนาดใดก็ตาม และเมื่อตระหนักว่า ถึงเวลาแล้วที่ประเทศไทยจะต้องเริ่มพัฒนาความสามารถในเชิงเทคนิคของเราเอง



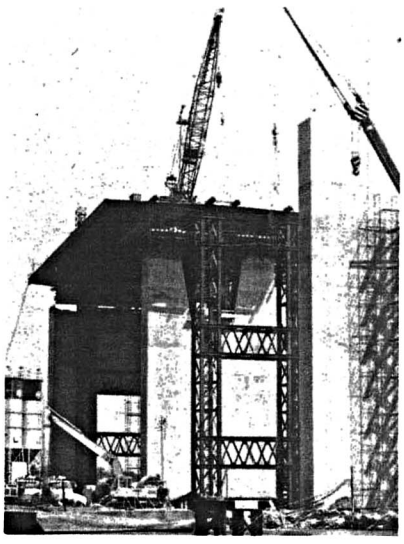
ขึ้นมาอย่างจริงจัง รัฐมนตรีดำรง ลัทธ-พิพัฒน์ จึงได้กำหนดเป็นนโยบายว่าจะต้องเริ่มต้นขึ้นภายในกระทรวงวิทยา-ศาสตร์ ฯ ก่อน ทั้งนี้โดยให้สถาบันวิจัย-วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) ให้บริการวิศวกรรมที่ปรึกษาแก่โครงการก่อสร้างของหน่วยงานต่าง ๆ ภายในกระทรวงวิทยาศาสตร์ ฯ โดยพิจารณาดำเนินการไปตามขั้นตอนตามขีดความสามารถที่ วท. มีอยู่ นอกจากนั้น เพื่อให้ วท. ได้ทำหน้าที่เป็น "แกนกลาง" ในบริการที่ปรึกษาระดับชาติดังกล่าว และขณะเดียวกัน มีโอกาสสร้างขีดความสามารถในงานด้านนี้ขึ้นเป็นลำดับ รัฐมนตรีดำรง ฯ ได้แนะนำ



ให้ วท. ติดต่อประสานงานกับหน่วยงานและบริษัทที่ปรึกษาวิศวกรรม ทั้งในและนอกประเทศ ตลอดจนบุคลากรในสถาบันการศึกษา ทั้งนี้เพื่อจักได้ผนึกกำลังกันรับงานซึ่งเป็นโครงการขนาดใหญ่ได้ต่อไปในอนาคต

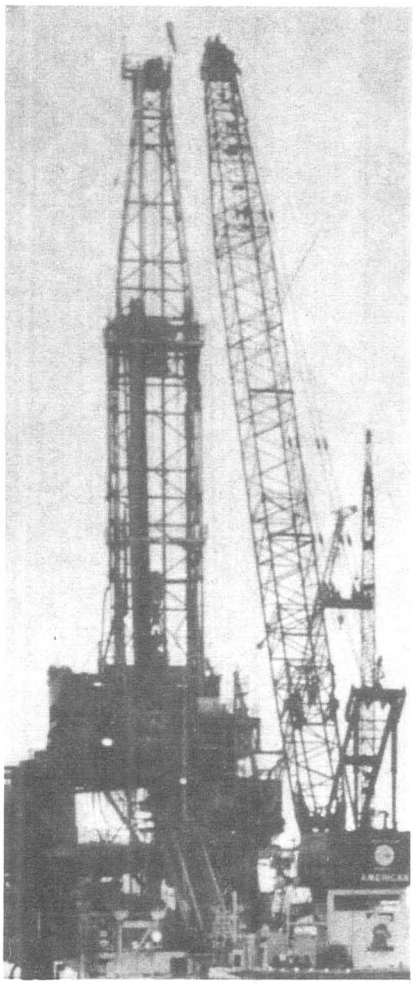
เมื่อประมาณต้นปี 2527 สำนักงานพลังงานแห่งชาติ ซึ่งเป็นหน่วยราชการในกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน ได้รับงบประมาณเพื่อโครงการก่อสร้างเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำห้วยสะพานหิน จังหวัดจันทบุรี ซึ่งมีขนาดกำลังผลิต 12,200 กิโลวัตต์ โดยขณะนั้นกำลังอยู่ในระยะการเริ่มการก่อสร้าง รัฐมนตรี ดำรง ลัทธพิพัฒน์ ได้มอบเป็นนโยบายให้ วท. รับเป็นผู้ให้บริการในการควบคุมการก่อสร้างเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำดังกล่าว ทั้งนี้โดยให้สำนักงานพลังงานแห่งชาติและ วท. ทำความตกลงกันในรายละเอียด ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า งานบริการวิศวกรรมที่ปรึกษาของ วท. ได้เริ่มขึ้นอย่างจริงจังจากนโยบายดังกล่าวนั้น งานบริการวิศวกรรมที่ปรึกษาชิ้นสำคัญชิ้นแรกของ วท. ได้ดำเนินไปด้วยดี และประสบความสำเร็จบริบูรณ์ตามวัตถุประสงค์แห่งนโยบาย ทั้งนี้ก็ด้วยความร่วมมือเป็นอันดีระหว่างเจ้าหน้าที่ระดับสูงของหน่วยงานทั้งสองของกระทรวงวิทยา-ศาสตร์ ฯ การเริ่มต้นที่ดีได้นำไปสู่ความร่วมมือซึ่งเป็นประโยชน์แก่ประเทศชาติในโครงการอื่น ๆ ต่อมา

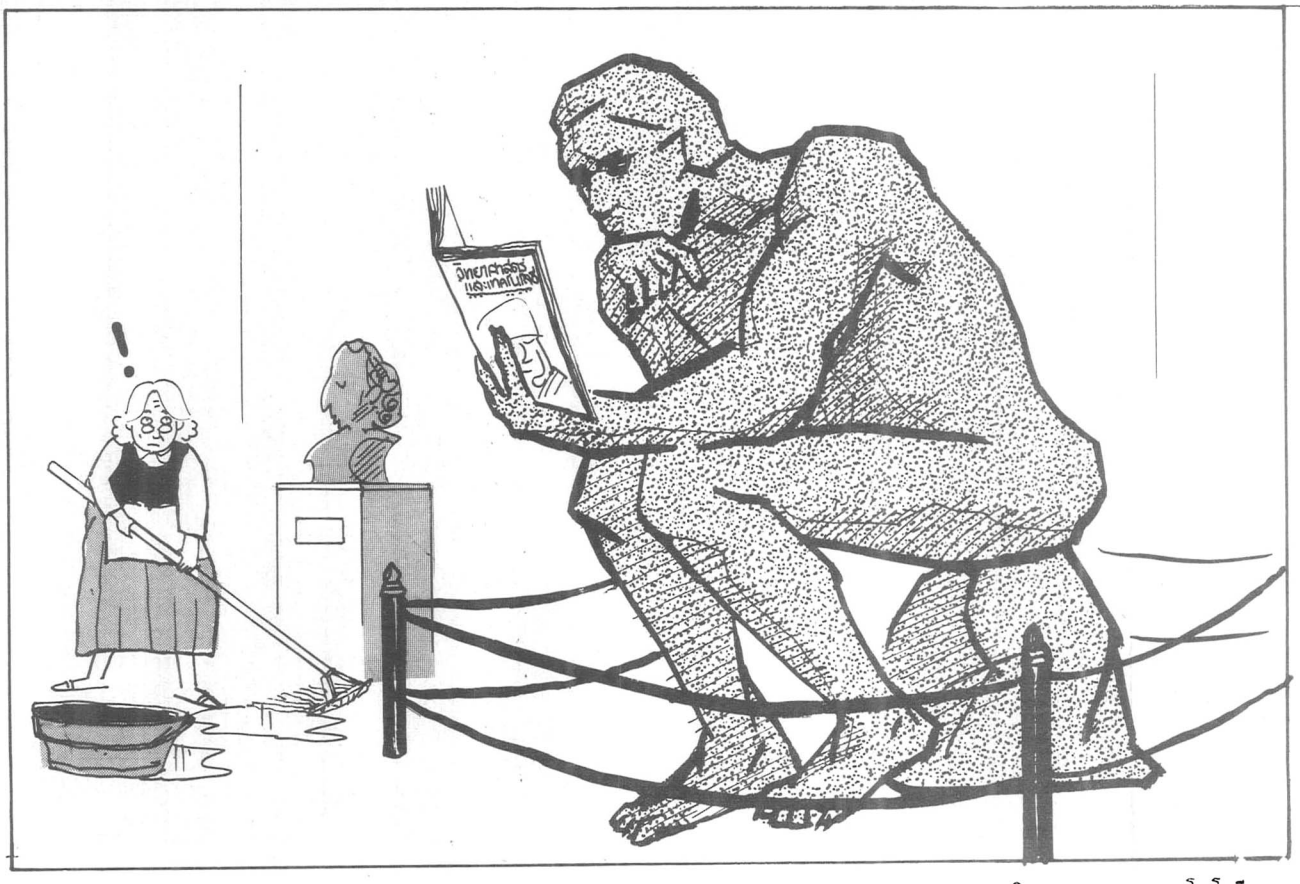
ต่อมาเมื่อคณะกรรมการของ วท. ได้มีมติให้ปรับปรุงการจัดองค์กรภายใน วท. เสียใหม่ให้สอดคล้องกับบทบาทของ วท. ในฐานะศูนย์ปฏิบัติการระดับชาติในการสร้างเสริมขีดความสามารถทางเทคโนโลยีเพื่อการพึ่งตนเองในการพัฒนาประเทศ ก็ได้มีการจัดตั้ง "ศูนย์บริการวิศวกรรมที่ปรึกษา" (ศวท.) ขึ้นเป็นส่วนหนึ่งของงานในกลุ่มบริการของ วท. และกำหนดให้ ศวท. มีหน้าที่และความรับผิดชอบในการให้บริการที่ปรึกษาแก่หน่วยราชการและรัฐวิสาหกิจ ในการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ การออกแบบ การควบคุมงานก่อสร้าง และการประเมินผลการดำเนินงานของโครงการพัฒนาและโครงการลงทุนต่าง ๆ ในการดำเนินงานของ ศวท. ดังกล่าวนี้ คณะกรรมการของ วท. ได้กำหนดนโยบาย โดยเน้นบทบาทของ วท. ในฐานะ "แกนกลาง" ซึ่งกำกับเทคโนโลยีในการให้บริการที่ปรึกษาในรูปแบบต่าง ๆ ความเป็น "แกนกลาง" หมายถึงว่า วท. สามารถระดมความร่วมมือจากบุคลากรและหน่วยงานอื่น ๆ ทั้งในภาคราชการและภาคเอกชน ในการให้บริการที่ปรึกษา ทั้งนี้โดย วท. เป็นผู้รับผิดชอบโดยสิ้นเชิงในผลงานการบริการนั้น ๆ บทบาทที่ชัดเจนดังกล่าวนี้ทำให้ วท. สามารถขยายขอบเขตและปริมาณงานในความรับผิดชอบออกไปได้อย่างกว้างขวาง และสามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและคุณภาพเป็นที่ยอมรับ การระดมสรรพกำลังทางวิชาการภายในประเทศเพื่อการพัฒนาในแบบฉบับของการพึ่งตนเองทางเทคโนโลยี เป็นนโยบายและมาตรการทางเศรษฐกิจซึ่งสำคัญที่สุดสำหรับอนาคตของประเทศ



ศักยภาพในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยมิได้จำกัดอยู่เฉพาะการมีทรัพยากรธรรมชาติที่ล้ำค่าเท่านั้น หากยังอยู่ที่การมีทรัพยากรบุคคลทางเทคนิคและวิชาการอย่างเพียงพอ ซึ่งได้ลงทุนสร้างเอาไว้อย่างต่อเนื่องในระหว่างหลายสิบปีที่ผ่านมา อุปสรรคของการใช้ประโยชน์ศักยภาพดังกล่าวอยู่ที่การขาดนโยบายการพึ่งตนเองทางเทคโนโลยี ซึ่งได้นำไปสู่การพล่าใช้ทรัพยากรอันมีค่ายิ่งของชาติ ทั้งที่เป็นทรัพยากรธรรมชาติและทรัพยากรบุคคลอย่างน่าเสียดาย การนั้นได้ทำให้การพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทยกลายเป็นประโยชน์ส่วนใหญ่แก่ต่างประเทศ ในขณะที่เศรษฐกิจของไทยเราเองก้าวหน้าไม่ทันโลก ราษฎรไทยสลัดไม่หลุดพ้นจากความยากไร้ และประเทศไทยต้องเสียเปรียบในความสัมพันธ์ทางเศรษฐกิจและการเงินระหว่างประเทศอยู่เสมอมา ในบรรดานโยบายและมาตรการหลาย ๆ ด้านซึ่งมุ่งไปสู่การพึ่งตนเองและการเพิ่มขีดความสามารถทางเทคโนโลยี นโยบายและมาตรการในด้านบริการวิศวกรรมที่ปรึกษาเป็นเรื่องที่มีความสำคัญเป็นพิเศษ การเอาจริงเอาจังในด้านนี้ ไม่เพียงแต่จะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการพัฒนาประเทศอย่างมหาศาล ยังจะส่งเสริมการใช้สติปัญญาและวิชาการความรู้ของวิศวกรไทยของเราเองเป็นอย่างยิ่ง

วท. ได้ก้าวออกมาข้างหน้า เพื่อรับภาระดังกล่าวนี้แล้ว ความสำเร็จอันจะเป็นประโยชน์แก่ประเทศชาติขึ้นอยู่กับความสนับสนุนในเชิงนโยบายของภาคราชการ ตลอดจนความร่วมมือของภาคเอกชน อย่างไรก็ตาม สิ่งที่มีความสำคัญเหนือสิ่งอื่นใดก็คือ ความตั้งใจทุ่มเทความรู้ความสามารถเพื่อคุณภาพของผลงานของวิศวกรไทยของเราเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิศวกรแห่งศูนย์บริการวิศวกรรมที่ปรึกษา ผู้ซึ่งมีส่วนร่วมกันรับผิดชอบในอนาคตของการพัฒนาประเทศในด้านนี้.





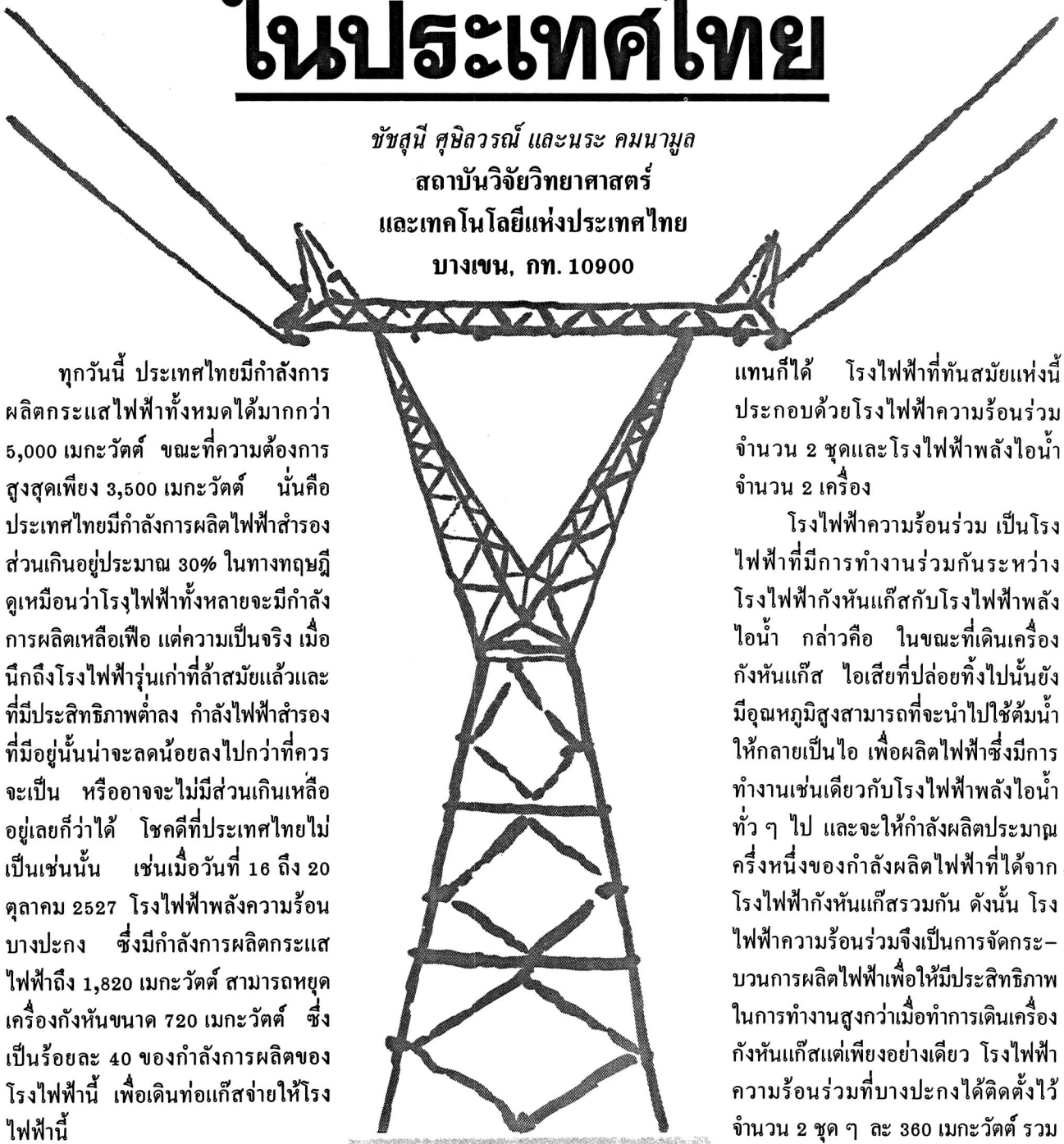
รายงานพิเศษ

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
วารสารการวิจัยและพัฒนา

การพัฒนาพลังงานไฟฟ้าในประเทศไทย

การไฟฟ้าในประเทศไทย

ชัชสุนี ศุษิลวรณ์ และนระ คมนามูล
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
บางเขน, กท. 10900



ทุกวันนี้ ประเทศไทยมีกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งหมดได้มากกว่า 5,000 เมกะวัตต์ ขณะที่ความต้องการสูงสุดเพียง 3,500 เมกะวัตต์ นั่นคือประเทศไทยมีกำลังการผลิตไฟฟ้าสำรองส่วนเกินอยู่ประมาณ 30% ในทางทฤษฎีดูเหมือนว่าโรงไฟฟ้าทั้งหลายจะมีกำลังการผลิตเหลือเฟือ แต่ความเป็นจริง เมื่อนึกถึงโรงไฟฟ้ารุ่นเก่าที่ล้าสมัยแล้วและที่มีประสิทธิภาพต่ำลง กำลังไฟฟ้าสำรองที่มีอยู่นั้นน่าจะลดน้อยลงไปกว่าที่ควรจะเป็น หรืออาจจะไม่มีส่วนเกินเหลืออยู่เลยก็ว่าได้ โชคดีที่ประเทศไทยไม่เป็นเช่นนั้น เช่นเมื่อวันที่ 16 ถึง 20 ตุลาคม 2527 โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง ซึ่งมีกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าถึง 1,820 เมกะวัตต์ สามารถหยุดเครื่องกังหันขนาด 720 เมกะวัตต์ ซึ่งเป็นร้อยละ 40 ของกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้านี้ เพื่อเดินท่อแก๊สจ่ายให้โรงไฟฟ้านี้

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกงใช้เชื้อเพลิงจากแก๊สธรรมชาติที่ต่อท่อมาจากอ่าวไทย ขณะเดียวกัน เมื่อไม่มีแก๊ส โรงไฟฟ้านี้จะหันมาใช้น้ำมันเตาแทนก็ได้ โรงไฟฟ้าที่ทันสมัยแห่งนี้ประกอบด้วยโรงไฟฟ้าความร้อนร่วมจำนวน 2 ชุดและโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำจำนวน 2 เครื่อง

โรงไฟฟ้าความร้อนร่วม เป็นโรงไฟฟ้าที่มีการทำงานร่วมกันระหว่างโรงไฟฟ้ากังหันแก๊สกับโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำ กล่าวคือ ในขณะที่เดินเครื่องกังหันแก๊ส ไอเสียที่ปล่อยทิ้งไปนั้นยังมีอุณหภูมิสูงสามารถที่จะนำไปใช้ต้มน้ำให้กลายเป็นไอ เพื่อผลิตไฟฟ้าซึ่งมีการทำงานเช่นเดียวกับโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำทั่ว ๆ ไป และจะให้กำลังผลิตประมาณครึ่งหนึ่งของกำลังผลิตไฟฟ้าที่ได้จากโรงไฟฟ้ากังหันแก๊สรวมกัน ดังนั้น โรงไฟฟ้าความร้อนร่วมจึงเป็นการจัดกระบวนการผลิตไฟฟ้าเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงกว่าเมื่อทำการเดินเครื่องกังหันแก๊สแต่เพียงอย่างเดียว โรงไฟฟ้าความร้อนร่วมที่บางปะกงได้ติดตั้งไว้จำนวน 2 ชุด ๆ ละ 360 เมกะวัตต์ รวมกำลังผลิต 720 เมกะวัตต์ โดยแต่ละชุดประกอบด้วยโรงไฟฟ้ากังหันแก๊สขนาด 60 เมกะวัตต์ จำนวน 4 เครื่อง และโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำขนาด 120 เมกะวัตต์

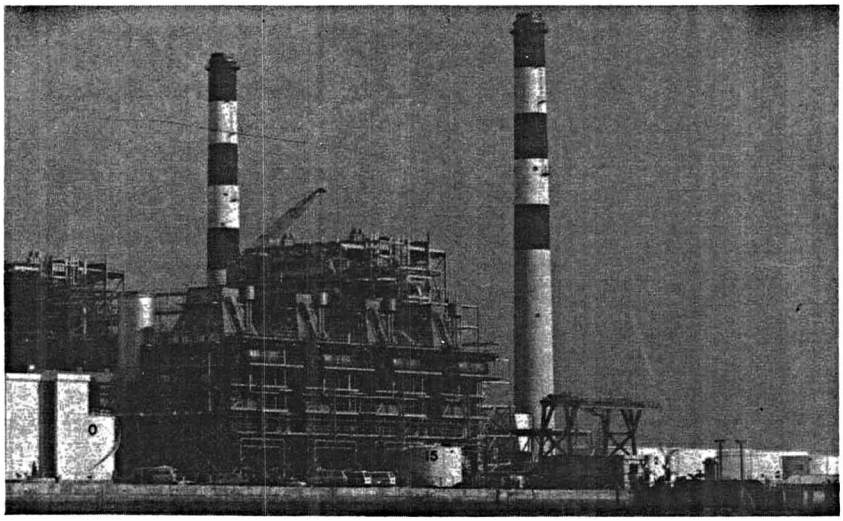
1 เมกะวัตต์ (MW) = 1,000 กิโลวัตต์ (kW) = 1,000,000 วัตต์ (W)
1 กิกะวัตต์ชั่วโมง (GWh) = 1 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง หรือ 1 ล้านหน่วย (ยูนิต)

จำนวน 1 เครื่อง โรงไฟฟ้านี้ได้ออกแบบให้ใช้เชื้อเพลิงได้ทั้งน้ำมันดีเซล น้ำมันเตา และแก๊สธรรมชาติ

โรงไฟฟ้าพลังไอน้ำ เป็นโรงไฟฟ้าที่ออกแบบไว้ให้ใช้ได้ทั้งน้ำมันเตาและแก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง ได้ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเครื่องละ 550 เมกะวัตต์ จำนวน 2 เครื่อง รวมกำลังผลิตติดตั้งทั้งสิ้น 1,100 เมกะวัตต์ ซึ่งถือได้ว่าเป็นโรงไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่และทันสมัยที่สุดในภูมิภาคเอเชียอาคเนย์ ภายในโรงไฟฟ้าได้ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการเดินเครื่องด้วยระบบคอมพิวเตอร์ สามารถทราบข้อมูลการเดินเครื่องของอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ทุกสภาพ และเมื่อเกิดข้อขัดข้องที่จุดหนึ่งจุดใดภายในโรงไฟฟ้า จะมีสัญญาณแจ้งเหตุและบอกวิธีแก้ไขในสาเหตุนั้น ๆ ได้ทันที

ดังนั้นการหยุดผลิตกระแสไฟฟ้าลง 720 เมกะวัตต์ (10–15% ของกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งหมดของประเทศ) อย่างตั้งใจจะทำเมื่อไรก็ได้ถ้าต้องการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง

หน่วยงานที่รับผิดชอบในการผลิตกระแสไฟฟ้าในประเทศไทย คือ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ส่วนหน่วยงานที่รับผิดชอบในการจัดจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้บริการคือ การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) การไฟฟ้านครหลวง ทำหน้าที่จัดจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้บริการในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ขณะที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จัดจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับจังหวัดต่าง ๆ ที่เหลือและในพื้นที่ชนบท



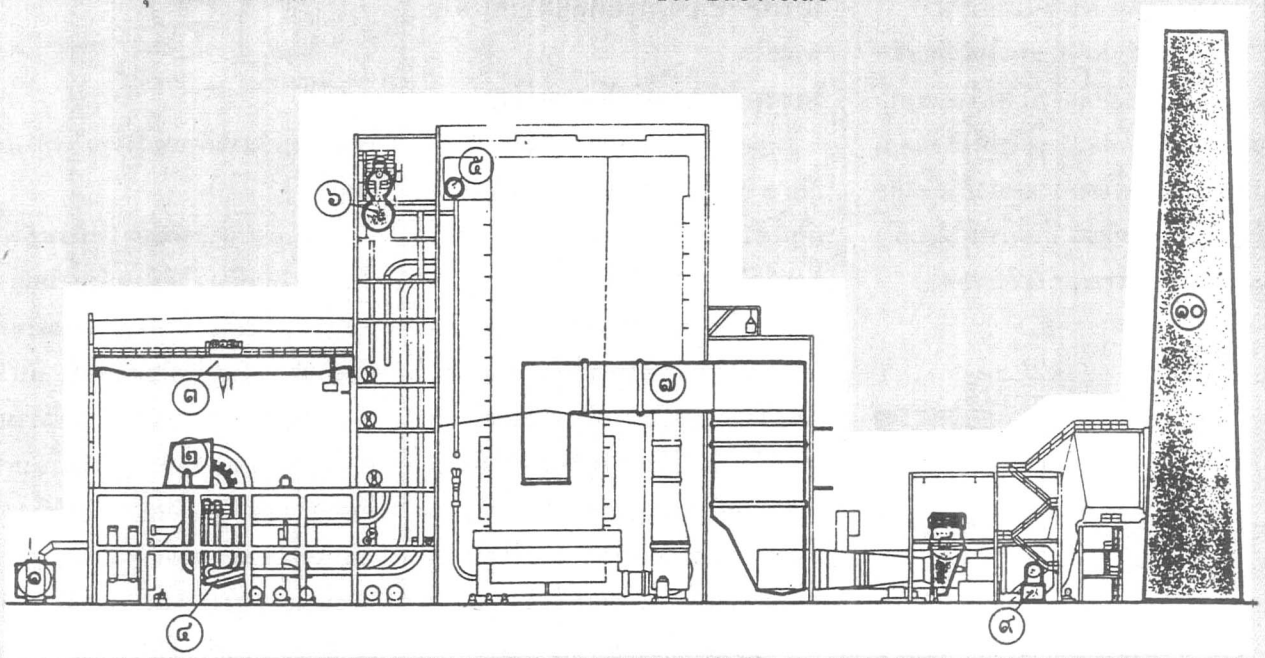
โรงไฟฟ้าพลังไอน้ำ บางปะกง

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) – กำลังความสามารถการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ติดตั้งแล้ว ถึงปลายปี พ.ศ.2526 รวมได้ทั้งหมด 4,976 เมกะวัตต์ เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 22 ขณะที่การใช้กระแสไฟฟ้าสูงสุดเพียง 3,248.55 เมกะวัตต์ นั่นคือ มีกำลังการผลิตสำรองร้อยละ 34.7 (1,727.4 เมกะวัตต์)

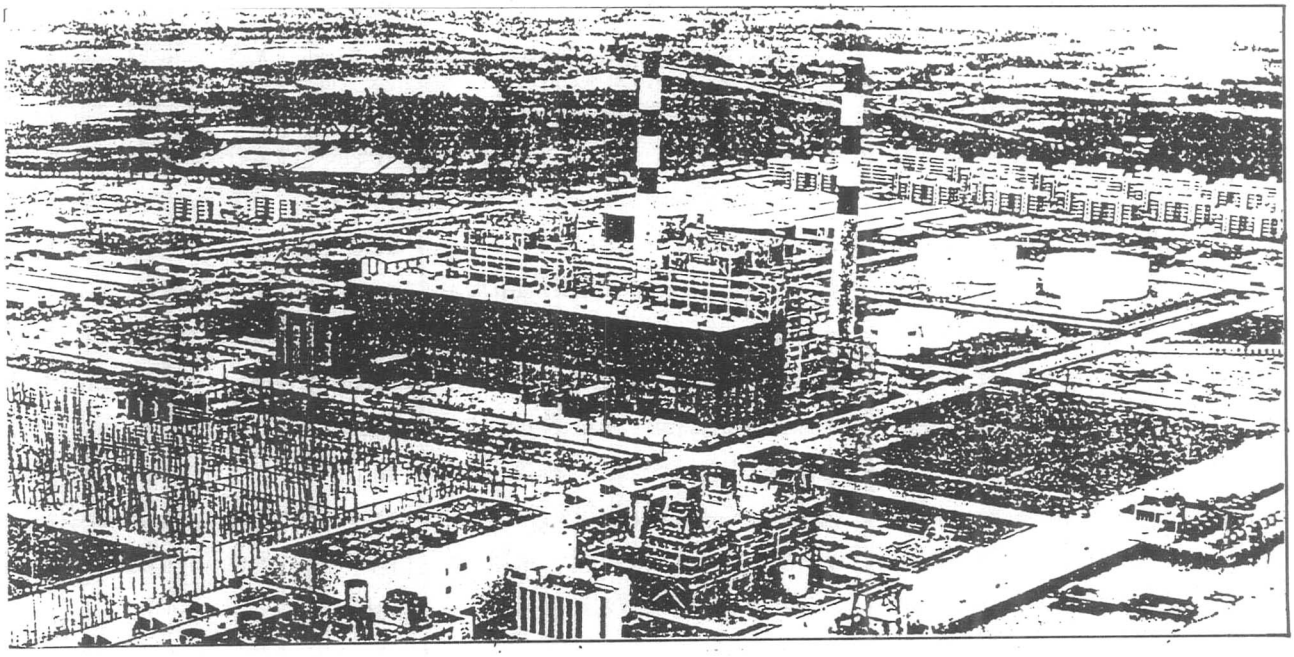
ร้อยละ 30 ของกำลังความสามารถที่ติดตั้งแล้วเป็นไฟฟ้าพลังน้ำ นอกนั้นเป็นไฟฟ้าพลังความร้อน กฟผ. ยังไม่มีโรงไฟฟ้าพลังงานปรมาณู และคิดว่ายังจะไม่สร้างสำหรับสถานภาพที่เป็นอยู่ในบรรดาการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังความร้อน ร้อยละ 70 (2,192 เมกะวัตต์) ได้จากโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำที่ใช้น้ำมันเตาหรือแก๊ส ร้อยละ 21 ได้จากโรงไฟฟ้ากังหันแก๊สแบบใช้ความร้อนร่วมกับโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำ ร้อยละ 8 ได้จากโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำถ่านลิกไนต์ นอกนั้น (31.6 เมกะวัตต์) ได้จากโรงไฟฟ้าเครื่องยนต์ดีเซล สำหรับช่วงเวลาการใช้ไฟฟ้ามาก

ในปี 2526 กฟผ. ผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งหมด 19,966.3 กิกะวัตต์ชั่วโมง และจำหน่ายได้ 17,544 กิกะวัตต์ชั่วโมง ซึ่งในจำนวนที่จำหน่ายไปนั้น 9,646.63 กิกะวัตต์ชั่วโมง (54.98%) จำหน่ายให้แก่การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) 7,287.36 กิกะวัตต์ชั่วโมง (41.54%) จำหน่ายให้แก่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และอีก 585.03 กิกะวัตต์ชั่วโมง (3.3%) จำหน่ายโดยตรงให้โรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เช่น บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด ที่สระบุรี นอกจากนั้น กฟผ. ยังจำหน่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ ประเทศลาว และประเทศมาเลเซีย เป็นจำนวน 12.78 กิกะวัตต์ชั่วโมง และ 12.14 กิกะวัตต์ชั่วโมง ตามลำดับ ผ่านสายไฟฟ้าแรงสูงระหว่างประเทศ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยและการไฟฟ้าของประเทศมาเลเซียได้มีการแลกเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาใช้ไฟฟ้ามาก ช่วงการใช้ไฟฟ้ามากของไทยอยู่ในช่วงหัวค่ำ ส่วนของมาเลเซียช่วงการใช้ไฟฟ้ามากอยู่ในช่วงบ่าย แต่คิดแล้วไทยขายกระแสไฟฟ้าให้แก่มาเลเซียมากกว่าซื้อ กฟผ.

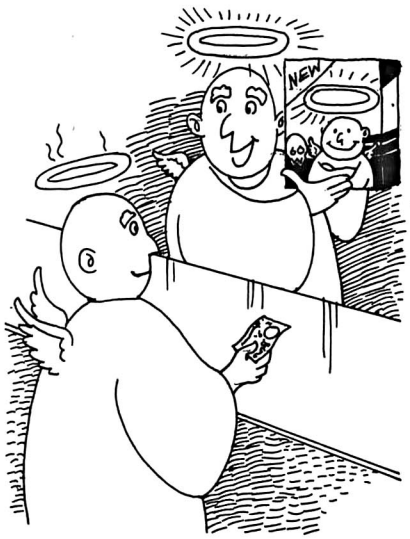
1. หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง
2. เครื่องกังหันไอน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
3. ปั้นจั่นโรงไฟฟ้า
4. อุปกรณ์ควบแน่น
5. อุปกรณ์แยกไอน้ำ
6. อุปกรณ์แยกแก๊สออกจากน้ำ
7. ท่อระบายไอเสีย
8. พัดลมดูดไอเสียออกจากโรงไฟฟ้าสู่ปล่องไอเสีย
9. พัดลมดูดอากาศดีเข้าโรงไฟฟ้า
10. ปล่องไอเสีย



ภาพแสดงส่วนประกอบที่สำคัญของโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำบางปะกงขนาด 550,000 กิโลวัตต์



ขายกระแสไฟฟ้าให้ลาว 12.78 กิกะวัตต์ชั่วโมง ต่อปี ขณะเดียวกันก็นำเข้ากระแสไฟฟ้า 713.15 กิกะวัตต์ชั่วโมง จากโรงไฟฟ้าพลังน้ำ น้ำงึม ในประเทศลาว สรุปคือ ในกรณีของลาว ไทยซื้อกระแสไฟฟ้าเข้ามากกว่าขาย ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า ถ้าลาวมีไฟฟ้าส่วนเกินมากไทยก็จะซื้อ ความจริงไทยไม่ต้องพึ่งไฟฟ้าจากลาวเลย แต่ตามปกติลาวจะมีไฟฟ้าส่วนเกินมากที่จะขายให้ไทย และลาวก็ได้อาศัยการขายกระแสไฟฟ้านี้เป็นรายได้สำคัญในแง่ของการค้าระหว่างประเทศ



ในปี 2526 กฟผ. จ่ายกระแสไฟฟ้าคิดเป็นระยะทาง 3,293 วงจรกิโลเมตร สำหรับสายส่งขนาด 230 กิโลโวลท์ 8,261 วงจรกิโลเมตร สำหรับสายส่งขนาด 115 กิโลโวลท์ 90 วงจรกิโลเมตร สำหรับสายส่งขนาด 132 กิโลโวลท์ และ 932 วงจรกิโลเมตร สำหรับสายส่งขนาด 69 กิโลโวลท์ สายส่งเหล่านี้เชื่อมโยงสถานีจ่ายไฟฟ้าย่อยขั้นปฐมภูมิ 125 แห่ง โดยมีกำลังหม้อแปลงกระแสไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 8,308 เมกะวีเอ สำหรับจ่ายแจกกระแสไฟฟ้าให้ กฟน. และ กฟภ.

นอกจากนี้ ตั้งแต่เมื่อเดือนพฤศจิกายน 2527 ได้เริ่มงานเดินสายส่งไฟฟ้าแรงสูงขนาด 500 กิโลโวลท์ เพื่อส่งกระแสไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าลิกไนต์แม่เมาะในภาคเหนือมายังส่วนกลางของประเทศ รวมทั้งกรุงเทพมหานคร ผ่านท่าตะโก

โครงการขยายกำลังการผลิต

กฟผ. วางแผนขยายกำลังการผลิตเป็น 2 เท่า ตั้งแต่ปี 2528 ถึงปี 2538 เพื่อให้รับกับอัตราการขยายตัวของผู้ใช้ซึ่งคาดไว้ว่าประมาณร้อยละ 10–15 ต่อปี นี้หมายความว่าจะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นอีก 5,042.3 เมกะวัตต์ กำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นใหม่นี้ส่วนใหญ่จะได้จากถ่านหินและลิกไนต์ (1,950 และ 1,295 เมกะวัตต์ ตามลำดับ) และ 1,772.3 เมกะวัตต์ จากโรงไฟฟ้าพลังน้ำ และอีก 25 เมกะวัตต์ จากแก๊ส

เหตุผลที่โรงไฟฟ้าพลังไอน้ำเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ ยังมีความสำคัญน้อยอยู่ ทั้งนี้เพราะแก๊สธรรมชาติที่ได้มายังมีปริมาณไม่แน่นอน แต่ถ้าประเทศไทยค้นพบแหล่งแก๊สธรรมชาติมากขึ้น การพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังน้ำและถ่านหินก็อาจมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสถานการณ์

คาดว่าอีกไม่กี่ปีข้างหน้า กฟผ. จะมีโรงไฟฟ้าพลังความร้อนขนาดใหญ่อีก 3 แห่ง กล่าวคือ โรงไฟฟ้าลิกไนต์แม่เมาะขนาด 1,720 เมกะวัตต์ โรงไฟฟ้าถ่านหินที่อ่าวไผ่ขนาด 1,800 เมกะวัตต์ ในราวปี พ.ศ.2538 ซึ่งกำลังการผลิตสูงสุดจะเป็น 2,400 เมกะวัตต์ ในที่สุด บวกกับโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำเชื้อเพลิงแก๊สบางปะกง 1,820 เมกะวัตต์ ที่ได้เปิดดำเนินการไปแล้ว จะเห็นว่าประเทศไทย

จะมีความมั่นคงด้านพลังงานไฟฟ้ามากทีเดียว

ในด้านการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำ ประเทศไทยมีโรงไฟฟ้าพลังน้ำใหญ่ ๆ มากขึ้น แต่ในอนาคตการสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่ในประเทศไทย นับวันจะยากขึ้นทุกที เพราะนักอนุรักษ์ธรรมชาติต่อต้านรุนแรงมากเกี่ยวกับเรื่องการทำลายสิ่งแวดล้อม อีกประการหนึ่ง ค่าเวนคืนที่ดินและค่าใช้จ่ายในการโยกย้ายชาวบ้านออกจากพื้นที่โครงการเริ่มมีราคาแพงขึ้นทุกที อีกทั้งยังจะต้องจ่ายค่าชดเชยให้หน่วยงานอื่น ๆ ของรัฐ ใช่น กรมป่าไม้ เป็นต้น ด้วยเหตุผลเช่นนี้ โครงการเขื่อนน้ำโจน ขนาด 580 เมกะวัตต์ (4 × 145 เมกะวัตต์) ที่มีแผนจะดำเนินการผลิตในระหว่างเดือนตุลาคม 2534 และเมษายน 2535 คงจะเกิดขึ้นได้ยาก แหล่งไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่ที่พอจะเป็นไปได้ในอนาคตอาจจะเป็นแม่น้ำสาละวิน ทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับความร่วมมือกับประเทศพม่า

สำหรับการพัฒนาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก (100–6,000 กิโลวัตต์) และขนาดจิ๋ว (1–100 กิโลวัตต์) ยังมีโอกาสอีกมาก โดยเฉพาะสำหรับชุมชนชนบทที่มีแหล่งน้ำภูเขา แต่อยู่ห่างไกลมาก ๆ จากสถานีจ่ายไฟฟ้าย่อยของ กฟผ.

แผนพัฒนาการผลิตไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2528 - 2539 (1985 - 1996)

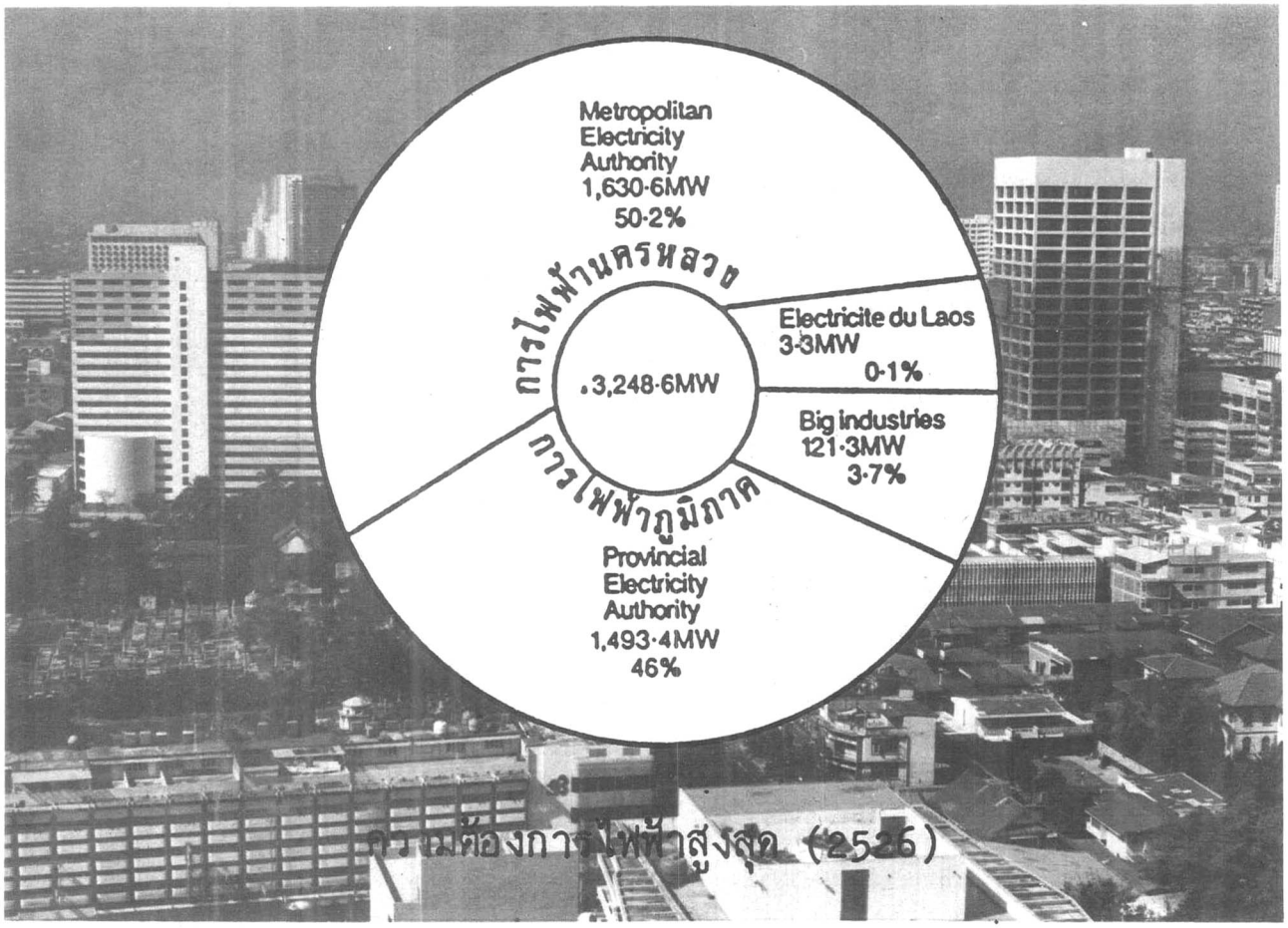
โรงไฟฟ้า	ชนิดของพลังงาน	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (จำนวนรวม)	กำลังผลิตเพิ่มขึ้น (เมกะวัตต์)	เพิ่มเต็มที่ได้ (เมกะวัตต์)	กำหนดเวลาเริ่มงานผลิต	ปี พ.ศ.
ลานกระบือ	แก๊ส	7	(25)	(25)	เมษายน	2528
ศรีนครินทร์	น้ำ	4	180	180	กรกฎาคม	2528
(มีอ่างเก็บน้ำสำรอง-สูบกลับ)						
สงขลา	น้ำมัน/แก๊ส	1	(25)	(25)	สิงหาคม	2528
แม่เมาะ	ลิกไนต์	6	150	150	กันยายน	2528
แม่เมาะ	ลิกไนต์	7	150	150	พฤษภาคม	2529
แม่งัด	น้ำ	1-2	4.5	9	พฤษภาคม	2529
เขื่อยวหลาน	น้ำ	1-3	80	240	กรกฎาคม	2530
ศรีนครินทร์	น้ำ	5	180	180	กรกฎาคม	2531
(มีอ่างเก็บน้ำสำรอง-สูบกลับ)						
กระบี่ 2	ลิกไนต์	1	75	75	กันยายน	2531
แม่เมาะ	ลิกไนต์	8	300	300	มิถุนายน	2532
แก่งกรัง	น้ำ	1-2	34	68	พฤษภาคม	2533
แม่เมาะ	ลิกไนต์	9	300	300	มิถุนายน	2533
กระบี่ลิกไนต์ (เก่า)	ลิกไนต์	1-3	20	-60	สิงหาคม	2533
แม่ปิงตอนล่าง	น้ำ	1-2	20	40	กันยายน	2533
ภูมิพล	น้ำ	8	175	175	กันยายน	2533
(มีอ่างเก็บน้ำสำรอง-สูบกลับ)						
กังหันแก๊ส (เก่า)	น้ำมัน	4-11	15	-120	เมษายน	2534
แม่เมาะ	ลิกไนต์	10	300	300	มิถุนายน	2534
น้ำโจน	น้ำ	1-2	145	290	ตุลาคม	2534
แก่งเสือเต้น	น้ำ	1	65	65	พฤศจิกายน	2534
กระบี่ 2	ถ่านหิน	2	150	150	มกราคม	2535
น้ำโจน	น้ำ	3-4	145	290	เมษายน	2535
อ่าวไผ่ (พลังความร้อน)	ถ่านหิน	1	600	600	กันยายน	2535
พระนครเหนือ (เก่า)	น้ำมัน	1-3	-	-237.5	ตุลาคม	2535
กระบี่ 2	ถ่านหิน	3	150	150	มกราคม	2536
อ่าวไผ่	ถ่านหิน	2	600	600	มีนาคม	2537
สายบุรี	น้ำ	1-3	33.3	100	มกราคม	2538
อ่าวไผ่	ถ่านหิน	3	600	600	ตุลาคม	2538
พลังน้ำอื่น ๆ	น้ำ	-	-	135	พฤศจิกายน	2538

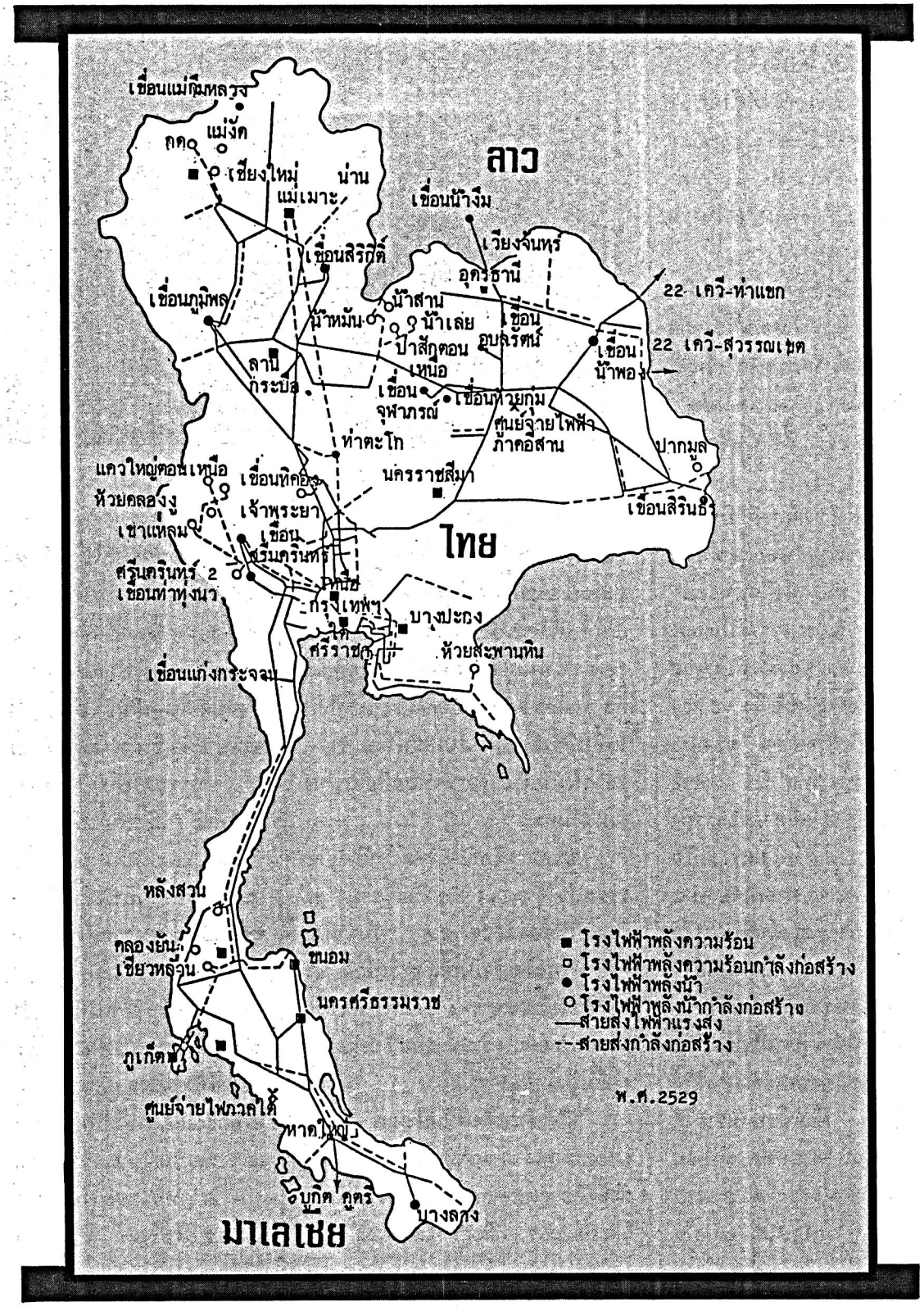
กำลังการผลิตเพิ่มเติมสุทธิทั้งหมด	=	4,729.8	เมกะวัตต์
กำลังการผลิตกระแสไฟฟ้า (ถึงมีนาคม 2528)	=	6,155.0	เมกะวัตต์
ยอดรวมทั้งหมด	=	10,884.8	เมกะวัตต์

แหล่งพลังงานที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า (2527-2533)

ปี	ลิกไนต์	แก๊สธรรมชาติ	น้ำมันเตาหนัก	พลังน้ำ	อื่น ๆ*	รวม (กิกะวัตต์ชั่วโมง)
2527	10%	37%	32%	18%	3%	21,100
2528	15%	52%	11%	18%	4%	23,944
2529	20%	50%	8%	20%	2%	25,020
2530	20%	50%	8%	19%	3%	28,054
2531	18%	54%	7%	17%	4%	30,250
2532	19%	55%	5%	19%	2%	32,380
2533	25%	50%	4%	20%	1%	34,810

* รวมทั้งกระแสไฟฟ้าที่ซื้อจาก ลาวและมาเลเซีย และที่ผลิตจากโรงไฟฟ้าเครื่องดีเซลขนาดเล็ก



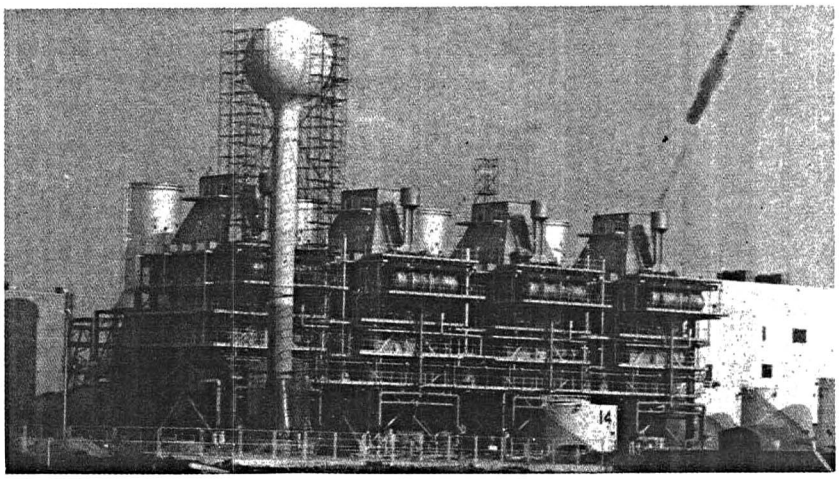


แผนที่แสดงตำแหน่งโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

การจัดจ่ายกระแสไฟฟ้า

การจัดจ่ายกระแสไฟฟ้าในประเทศไทย รับผิดชอบโดยรัฐวิสาหกิจที่เป็นอิสระซึ่งกันและกัน คือ การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)

กฟน. บริการจำหน่ายไฟฟ้าในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ซึ่งรวมทั้งจังหวัดใกล้เคียง ขณะที่ กฟภ. บริการไฟฟ้าให้แก่พื้นที่ส่วนที่เหลือทั้งหมดของประเทศ ทั้ง 2 หน่วยงานนี้ซื้อไฟฟ้าแบบเหมาจาก กฟผ.



โรงไฟฟ้าความร้อนร่วม บางปะกง

รัฐวิสาหกิจ 2 องค์การนี้ มีขอบข่ายการทำงานที่ต่างกันอย่างเด่นชัด เช่น ในปี 2525 กฟน. ให้บริการครอบคลุมพื้นที่เพียงแค่ 3,100 ตารางกิโลเมตร ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 0.6 ของพื้นที่ประเทศไทยทั้งหมด แต่ขายไฟฟ้าถึง 8,438 กิกะวัตต์ชั่วโมง หรือ 59% ของกา. จำหน่ายไฟฟ้าทั้งประเทศ คือ 14,278 กิกะวัตต์ชั่วโมง โดยมีสายส่งแรงสูงขนาด 230 และ 115 กิโลโวลท์ แค่ 15 และ 90 วงจรกิโลเมตร ตามลำดับ ขณะที่ กฟภ. มีสายส่งแรงสูงดำเนินการถึง 61,000 วงจรกิโลเมตร แต่จำหน่ายกระแสไฟฟ้าในสัดส่วนที่น้อยกว่า

จึงไม่เป็นที่ประหลาดใจเลยที่ในปี 2525 กฟน. สามารถทำกำไรสุทธิได้ถึง 600 ล้านบาท เมื่อเทียบกับรายได้สุทธิ 280 ล้านบาท ของ กฟภ. สำหรับการจำหน่ายไฟฟ้าทั้งประเทศในราคาขายปลีกที่ควบคุมโดยรัฐบาล อย่างไรก็ตาม ทั้ง 2 องค์การกำลังเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว

การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ดูเหมือนว่าจะนำหน้า กฟภ. ในความสำเร็จของการบรรลุเป้าหมายในแง่ของการจัดจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ทุกครัวเรือนในพื้นที่รับผิดชอบ เท่าที่ข้อมูลมีอยู่ถึงปลายปี 2526 กฟน. ทำให้มีไฟฟ้าใช้เป็นพื้นที่ถึง 2,192 ตร.กม. หรือร้อยละ 70.6 ของพื้นที่รับผิดชอบ อีกนัยหนึ่งคือ ร้อยละ 81.5 ของจำนวนครัวเรือนในพื้นที่ซึ่งมีกว่า 1 ล้านครัวเรือน ประชากรในพื้นที่บริการทั้งหมดมีประมาณ 6.1 ล้านคน

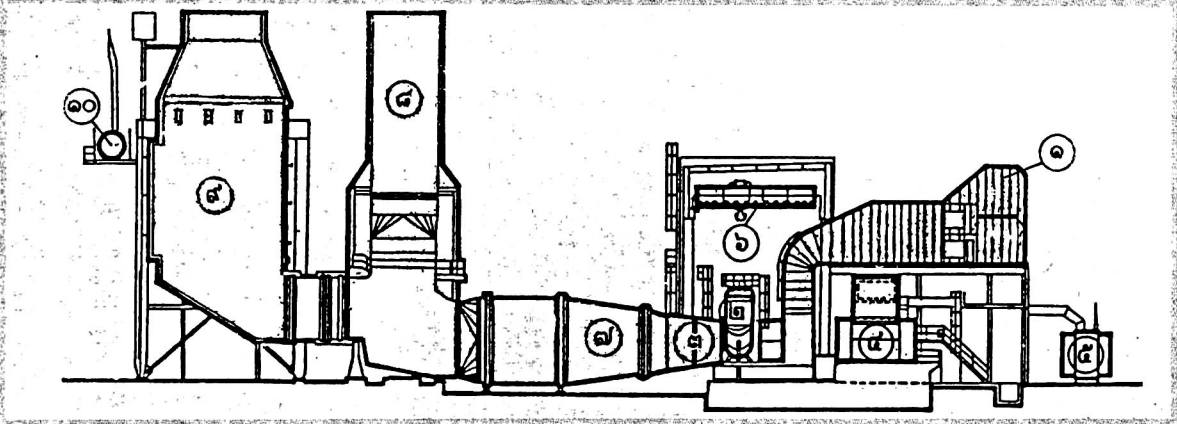
ยอดการจำหน่ายไฟฟ้าในปี 2526 รวมแล้วได้ 9,116 กิกะวัตต์ชั่วโมง สูงขึ้นกว่าปีก่อนร้อยละ 8.6 นับว่าเป็นอัตราการเจริญเติบโตที่สูงกว่าปกติ ซึ่งอยู่ในราวร้อยละ 3–4 ปีที่มีการเพิ่มขึ้นมากของยอดการจำหน่ายคือปี 2522 ซึ่งพุ่งขึ้นถึงร้อยละ 11.7

ผู้ใช้บริการไฟฟ้าในปี 2525 จำแนกประเภทลูกค้าตามลำดับความสำคัญได้ดังนี้ คือ อุตสาหกรรมใหญ่ใช้ไฟฟ้าถึงร้อยละ 32.7 ที่อยู่อาศัยร้อยละ 20.4 ธุรกิจขนาดใหญ่ร้อยละ 17.7 อุตสาหกรรมขนาดเล็กประมาณร้อยละ 13.7 และธุรกิจขนาดเล็กประมาณร้อยละ 13.7 เช่นเดียวกัน โรงพยาบาล ศูนย์อนามัยและโรงเรียน ใช้ไฟฟ้าอีกประมาณร้อยละ 1.2 ขณะที่ไฟแสงสว่างตามถนนสาธารณะใช้ไฟฟ้าร้อยละ 0.5 เมื่อรวมอุตสาหกรรมใหญ่เล็กเข้าด้วยกันทั้งหมด คิดแล้วใช้พลังงานไฟฟ้าถึงร้อยละ 46 ของยอดการจำหน่ายไฟฟ้าทั้งหมดของ กฟน. กำไรสุทธิจากการจำหน่ายคิดเป็นเงิน 552 ล้านบาท

การขยายบริการไฟฟ้าของ กฟน. ในปีที่แล้ว มีพื้นที่ที่ไฟฟ้าเข้าถึงเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.6 เท่านั้น นับว่าเป็นการเพิ่มขึ้นที่น้อยที่สุดในช่วง 5 ปีนี้ และแทบจะไม่มีการเพิ่มสายส่งหลักและสายส่งรองเลย ถึงกระนั้นก็ตาม กำลังการจ่ายกระแสไฟฟ้า ณ สถานีจ่ายไฟฟ้าย่อยเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.3 คิดเป็นปริมาณพลังงานไฟฟ้า 3,275 เมกะวีเอ และราคาทรัพย์สินเกี่ยวกับไฟฟ้าสุทธิพุ่งขึ้นร้อยละ 15.1 คิดเป็นเงิน 5,691 ล้านบาท

ความยาวของสายส่งขนาด 24 และ 12 กิโลโวลท์ เพิ่มขึ้นร้อยละ 3.9 คิดเป็นระยะทาง 6,485 วงจรกิโลเมตร และความยาวของสายส่งไฟฟ้าแรงต่ำเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.9 คิดเป็น 13,206 วงจรกิโลเมตร สำหรับปีที่แล้ว

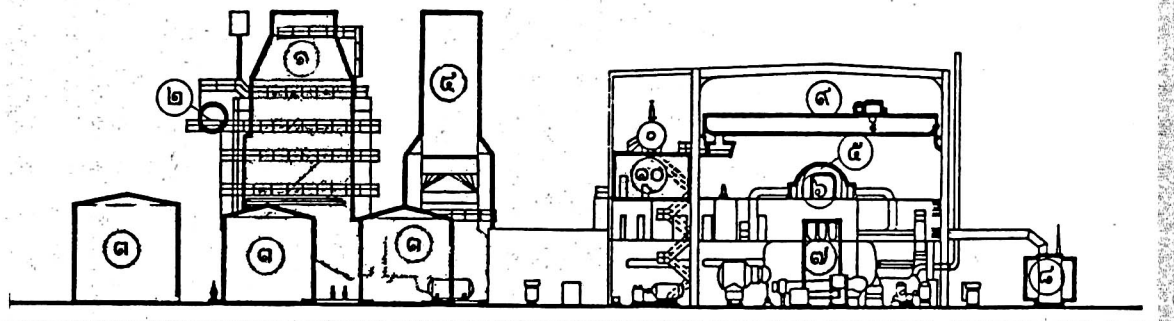
ภาพแสดงส่วนประกอบที่สำคัญของโรงไฟฟ้ากังหันแก๊สบางปะกงขนาด 60,000 กิโลวัตต์



โรงไฟฟ้ากังหันแก๊ส

1. ท่อดูดอากาศ
2. ห้องเผาไหม้
3. ห้องเครื่องกังหันแก๊ส
4. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
5. หม้อแปลงไฟฟ้า
6. ปั้นจั่นโรงไฟฟ้า
7. ท่อไอเสีย
8. ปล่องไอเสียเครื่องกังหันแก๊ส
9. หม้อน้ำโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำของโรงไฟฟ้าความร้อนร่วม
10. อุปกรณ์แยกน้ำกับไอน้ำ

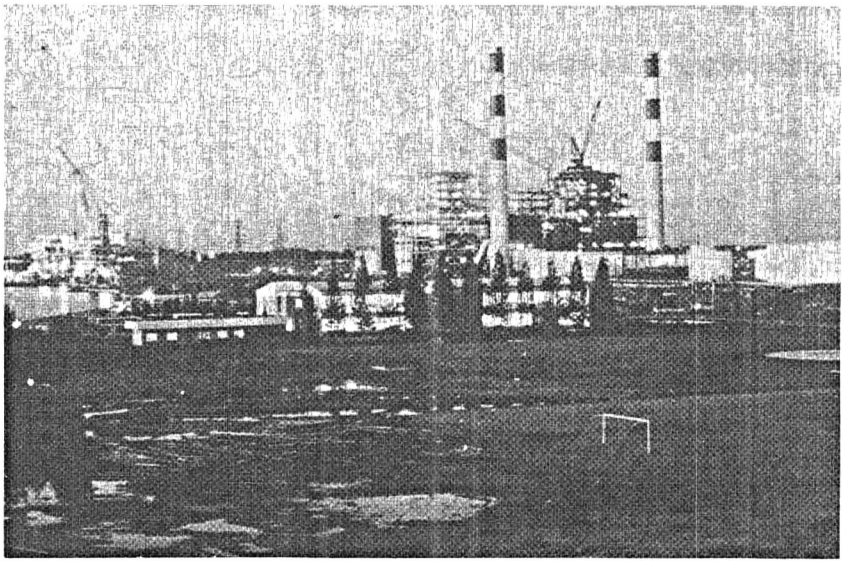
ภาพแสดงส่วนประกอบที่สำคัญของโรงไฟฟ้าความร้อนร่วมบางปะกงขนาด 120,000 กิโลวัตต์



โรงไฟฟ้าพลังไอน้ำ

ใช้ความร้อนจากไอเสียของเครื่องกังหันแก๊ส

1. หม้อน้ำ
2. อุปกรณ์แยกไอน้ำ
3. ถังเก็บน้ำสำรอง
4. ปล่องไอเสียเครื่องกังหันแก๊ส
5. เครื่องกังหันไอน้ำ
6. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
7. อุปกรณ์ควบแน่น
8. หม้อแปลงไฟฟ้า
9. ปั้นจั่นโรงไฟฟ้า
10. ห้องควบคุมการเดินเครื่อง



งานทั้งหมดที่ได้ทำเสร็จสิ้นสมบูรณ์ตามแผนที่ 5 ของการขยายและปรับปรุงงานระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าของ กฟน. มีดังต่อไปนี้

– ก่อสร้างสถานีจ่ายไฟฟ้าย่อยใหม่ 3 แห่ง ที่ คลองเตย สายลม และสี่พระยา เสร็จสิ้นสมบูรณ์ทำให้มีสถานีจ่ายไฟฟ้าย่อยทั้งสิ้น 49 แห่ง

– ก่อสร้างสายส่งกระแสไฟฟ้าย่อยขนาด 69 กิโลโวลท์ 2 สาย คือ จากบางพลัดถึงบางยี่ขัน และจากถนนโยธีถึงกรมทางหลวง นอกจากนี้ มีการเสริมสายส่งขนาด 69 กิโลโวลท์ ระหว่างสี่แยกอโศกและคลองแสนแสบ

– ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าสำหรับจัดจ่ายไฟฟ้าทั้งหมด 142 เมกะวีเอ

– เดินสายไฟฟ้าให้ผู้ใช้บริการใหม่ 38,160 ราย

ในช่วงปี 2527 งานใหญ่ ๆ ที่ดำเนินไปแล้ว ได้แก่

– การก่อสร้างสถานีจ่ายไฟฟ้าย่อยที่ปู่เจ้า ฯ และบางบอน รวมทั้งการดัดแปลงเพิ่มเติมที่สถานีจ่ายไฟฟ้าธนบุรี และคลองจั่น

– การก่อสร้างสายส่งไฟฟ้าย่อย 4 สาย เชื่อมโยงระหว่างสถานีจ่ายไฟฟ้าย่อยปู่เจ้า ฯ และบางบอน และทำให้อีก 2 สถานีเชื่อมโยงกันหมด

– ขยายระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าด้วยสายส่งขนาด 24 และ 12 กิโลโวลท์ เป็นระยะทาง 350 วงจรกิโลเมตร และสายส่งย่อยเป็นระยะทาง 630 วงจรกิโลเมตร ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าทั้งหมด 150 เมกะวีเอ และจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ผู้ใช้บริการใหม่ทั้งสิ้นมากกว่า 65,000 ราย

การพัฒนาที่เด่นที่สุดของ กฟน. ในระยะสองสามปีที่แล้วมา คือ การออกแบบ ติดตั้ง และการใช้ระบบรวบ–รวมข้อมูลและควบคุมกำกับงานด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่เรียกว่า SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition System) สำหรับการควบคุมระบบปฏิบัติงาน นับตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2526 มีการเชื่อมโยงระบบควบคุมแบบออน–ไลน์ สถานีย่อย 44 แห่ง กับสถานีแม่ SCADA ผ่านศูนย์คอมพิวเตอร์ย่อย และวิทยุระบบวีเอชเอฟ ระบบดังกล่าวควบคุมอุปกรณ์ตัดตอนวงจรไฟฟ้าและการปฏิบัติงานอื่น ๆ ทั้งหมด นอกจากนี้ SCADA ยังใช้สำหรับติดตามดูตลอดจนการบันทึกข้อมูลปฏิบัติงานพื้นฐาน ซึ่งสามารถจะเรียกออกมาได้อย่างทันทีทันใด สำหรับการจัดการและวางแผนงานดำเนินการปฏิบัติงานและการบำรุงรักษา

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) รับผิดชอบพื้นที่บริการส่วนใหญ่ของประเทศ ผู้ใช้บริการของ กฟภ. กระจัดกระจายกันมาก บางท้องที่ยังหนาแน่นไม่เพียงพอแก่ความคุ้มทุนของการเดินสายส่ง ดังนั้น กฟภ. จึงยังไม่สามารถพูดอย่างภาคภูมิใจถึงผลงานด้วยตัวเลขร้อยละของพื้นที่บริการหรือประชากร แต่อย่างไรก็ตาม กฟภ. ก็มีแผนงาน "เร่งรัด" ขยายการไฟฟ้าสู่ชนบทแทนที่จะค่อยเป็นค่อยไป อย่างน้อย ๆ ก็เป็นความพยายามที่จะให้หมู่บ้านชนบทส่วนใหญ่มีไฟฟ้าใช้ในอนาคตอันใกล้นี้

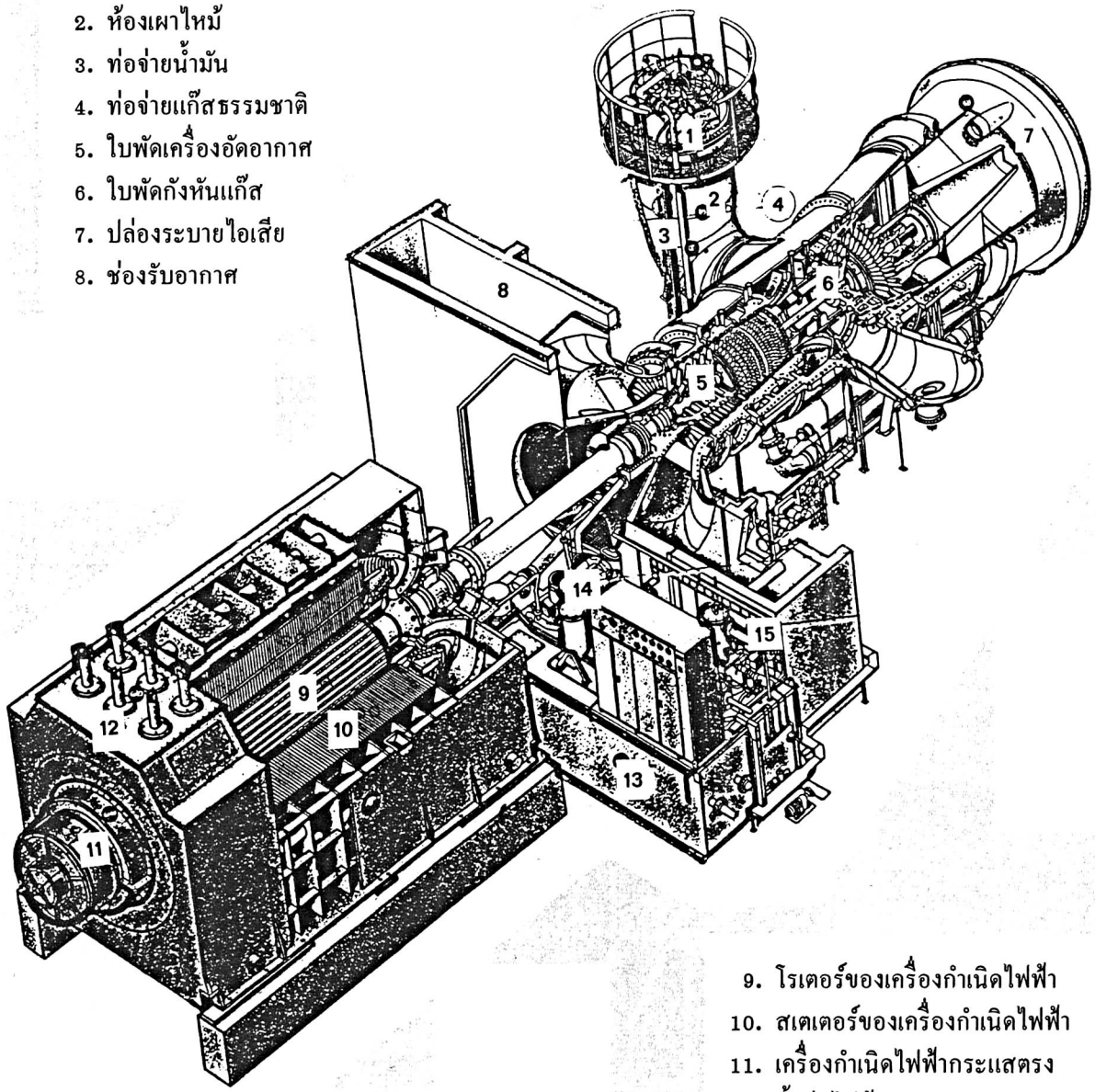
เนื่องจากมีโครงการหลายรูปแบบมากมาย ทำให้ กฟภ. เจริญเติบโตเร็วกว่า กฟน. ในระยะเวลาอันใกล้นี้ ยอดการจำหน่ายไฟฟ้าของ กฟภ. อาจจะสูงกว่าของ กฟน. เป็นครั้งแรก และจะดำเนินการเพิ่มสายส่งไปพร้อม ๆ กับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของชนบท

จากข้อมูลล่าสุดที่มีเมื่อปี 2525 กฟภ. มีผู้ใช้บริการ 2.7 ล้านราย (จากจำนวนประชากร 42 ล้านคนในพื้นที่บริการ) และขายไฟฟ้าได้ 5,840 กิกะ–วัตต์ชั่วโมง

จำนวนผู้ใช้บริการเพิ่มขึ้นร้อยละ 19.9 จากปีก่อน ยอดรวมการจำหน่ายทั้งหมดเพิ่มขึ้นร้อยละ 12.1 และความต้องการทั้งหมดเพิ่มขึ้น 13.2 คิดเป็น

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันแก๊ส

1. หัวจุดเชื้อเพลิง
2. ห้องเผาไหม้
3. ท่อจ่ายน้ำมัน
4. ท่อจ่ายแก๊สธรรมชาติ
5. ใบพัดเครื่องอัดอากาศ
6. ใบพัดกังหันแก๊ส
7. ปล่องระบายไอเสีย
8. ช่องรับอากาศ



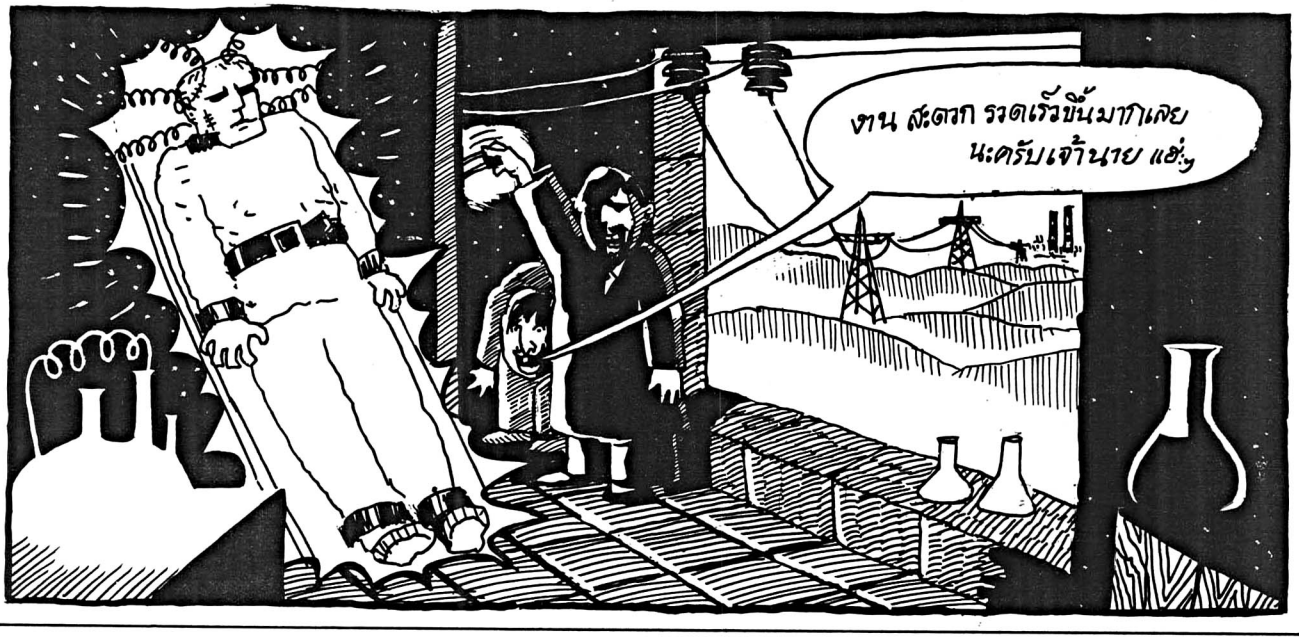
9. โรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
10. สเตเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
11. เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง
12. ขั้วต่อไฟฟ้า
13. ถังเก็บน้ำมัน
14. ปั๊มน้ำมัน
15. ท่อรับแก๊สธรรมชาติ

แผนงานและโครงการจ่ายไฟฟ้าให้หมู่บ้านชนบทของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ชื่อแผนงาน/โครงการ	จำนวนหมู่บ้านตามแผนงานและโครงการ						
	2528	2529	2530	2531	2532	2533	2534
1. โครงการขยายเขตไฟฟ้าหมู่บ้านแบบพัฒนาการ ระยะที่ 1	1,512	1,400	600	–	–	–	–
2. โครงการขยายเขตไฟฟ้าหมู่บ้านแบบพัฒนาการ ระยะที่ 2	–	–	–	600	500	500	400
3. โครงการพัฒนาไฟฟ้าหมู่บ้าน ระยะที่ 1	175	305	–	–	–	–	–
4. โครงการพัฒนาไฟฟ้าหมู่บ้าน ระยะที่ 2 ขั้นที่ 1	1,071	1,000	456	–	–	–	–
5. โครงการพัฒนาไฟฟ้าหมู่บ้าน ระยะที่ 2 ขั้นที่ 2	–	–	820	–	–	–	–
6. โครงการพัฒนาไฟฟ้าหมู่บ้าน ระยะที่ 3	–	–	–	1,000	1,000	1,000	–
7. โครงการเร่งรัดพัฒนาไฟฟ้าชนบท ระยะที่ 1	500	–	–	–	–	–	–
8. โครงการเร่งรัดพัฒนาไฟฟ้าชนบท ระยะที่ 2	744	2,160	2,160	1,270	–	–	–
9. โครงการยุบโรงจักร ระยะที่ 1 และ 3 (หมู่บ้านใต้แนว)	85	63	–	–	–	–	–
10. โครงการไฟฟ้าหมู่บ้าน 4 จังหวัดเมืองหลัก	19	–	–	–	–	–	–
11. โครงการจ่ายไฟฟ้าให้หมู่บ้าน อพป.	–	29	–	–	–	–	–
12. โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก	4	–	13	–	–	–	–
รวม	4,110	4,957	4,049	2,870	1,500	1,500	400
จำนวนหมู่บ้านที่มีไฟฟ้าใช้	37,094	42,051	46,100	48,970	50,470	51,970	52,370
คิดเป็นร้อยละ	68	77	85	90	93	95	96
จำนวนหมู่บ้านที่ยังไม่มีไฟฟ้าใช้	17,398	12,441	8,392	5,522	4,022	2,522	2,122
คิดเป็นร้อยละ	32	23	15	10	7	5	4

หมายเหตุ *1) หมู่บ้านในเขตรับผิดชอบของ กฟภ. 70 จังหวัด มีรวม 54,492 หมู่บ้าน เมื่อสิ้นปี 2527 ได้จ่ายไฟฟ้าแล้วจำนวน 32,984 หมู่บ้าน คิดเป็นร้อยละ 61 คงเหลือหมู่บ้านที่ยังไม่มีไฟฟ้าใช้ 21,508 หมู่บ้าน คิดเป็นร้อยละ 39*

2) โครงการที่ กฟภ. จะดำเนินการในช่วงแผนพัฒนาฉบับที่ 6 จำนวน 2 โครงการ คือ โครงการพัฒนาไฟฟ้าหมู่บ้าน ระยะที่ 3 จำนวน 3,000 หมู่บ้าน และโครงการขยายเขตไฟฟ้าหมู่บ้านแบบพัฒนาการ ระยะที่ 2 จำนวน 3,000 หมู่บ้าน อยู่ในระหว่างการศึกษารายละเอียดความเหมาะสมของโครงการเพื่อนำเสนอขออนุมัติจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่อไป



กำลังไฟฟ้า 1,336 เมกะวัตต์ ระยะทางสายส่งแรงสูงเพิ่มขึ้นร้อยละ 21.3 คิดเป็นระยะทาง 61,424 วงจรกิโลเมตร ขณะที่ขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ติดตั้งแล้วทั้งหมดเพิ่มขึ้นร้อยละ 14.4 คิดเป็น 4,048 เมกะวีเอ

อัตราการเจริญเติบโตที่กล่าวมาเป็นไปตามอัตราการเจริญเติบโตรวมประจำปีสำหรับ 10 ปีที่ผ่านมา ซึ่งผู้ใช้บริการเพิ่มขึ้นร้อยละ 16.6 การจำหน่ายทั้งหมดเพิ่มขึ้นร้อยละ 16.8 ความต้องการสูงสุดเพิ่มขึ้นร้อยละ 15.1 ความยาวของสายส่งแรงสูงเพิ่มขึ้นร้อยละ 19.0 และกำลังหม้อแปลงไฟฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 19.5 ที่สำคัญที่สุดคือ รายได้สุทธิได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 16.3 ในช่วงระยะเวลาเดียวกัน เปรียบเทียบกับร้อยละ 10.5 สำหรับปี 2525 ซึ่งรายได้สุทธิแค่ 392 ล้านบาท

ระหว่างปี 2525 กฟภ. ดำเนินงาน 15 โครงการ กฟน. เพิ่มความยาวสายส่งแรงสูงเป็นระยะทางมากกว่า 10,700 วงจรกิโลเมตร ส่งผลให้มีผู้ใช้บริการเพิ่มขึ้นอีก 6,400 หมู่บ้านที่มีไฟฟ้าใช้รวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 30,351 หมู่บ้าน หรือร้อยละ 58 ของจำนวนหมู่บ้านทั้งหมดของประเทศ แต่ก่อนผู้ใช้บริการไฟฟ้าของ กฟภ. ส่วนใหญ่จะเป็นพวกที่อยู่อาศัย นั่นคือการให้แสงสว่าง แต่ตั้งแต่ปี 2521 อุตสาหกรรมเริ่มกลายเป็นลูกค้าสำคัญมากขึ้นเรื่อย ๆ

โครงการใหญ่ ๆ ที่กำลังดำเนินการอยู่มี

– โปรแกรมเร่งรัดไฟฟ้าชนบท แผน 5 ปีที่ 2 ระหว่าง พ.ศ.2525–29 ทำให้หมู่บ้าน 8,000 แห่งใน 27 จังหวัด มีไฟฟ้าใช้

– โปรแกรมเสริมสร้างระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าสำหรับ จ.เชียงใหม่ ลำพูน และลำปาง ระหว่างปี 2524–29

– โครงการไฟฟ้าชนบท "ปกติ"

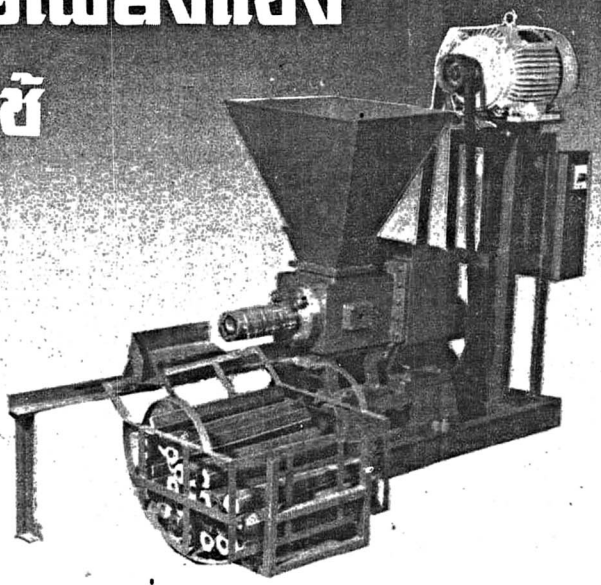
สรุป

เท่าที่กล่าวมา ชนบทของประเทศไทยส่วนใหญ่ยังไม่มีไฟฟ้าใช้และมีความต้องการเป็นเรื่องเร่งด่วน เมื่อประเทศไทยผลิตไฟฟ้ามากเกินพอและก็มีแผนที่จะบริการนำหน้าความต้องการไฟฟ้า ดังนั้นการจ่ายไฟฟ้าสู่ชนบทจึงต้องการการขยายตัว อย่างเร่งด่วนจริงจัง.

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

Savery, M. and Sharp, T. 1985. Asian Electricity. Report.

เครื่องผลิตเชื้อเพลิงแข็ง จากวัสดุเหลือใช้



ความสามารถของเครื่องอัดแท่ง

● สามารถผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากวัสดุเหลือใช้ได้หลายชนิด เช่น แกลบ ขี้เลื่อย กากอ้อย ฟางข้าว และขุยมะพร้าว เป็นต้น

● สามารถผลิตแท่งเชื้อเพลิงแข็ง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ซม. ยาว 50 ซม. น้ำหนักประมาณ 1.3 กก. ได้โดยใช้เวลา 30-50 วินาที และใช้พลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ย 0.12 กิโลวัตต์-ชม.ต่อแท่ง

● สามารถอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้โดยไม่ต้องใช้ตัวประสาน

ลักษณะการทำงานของเครื่อง

● ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ชนิด 3 สาย, ขนาด 15 แรงม้า, 380 VAC, ความเร็วต้น 1,450 รอบต่อนาที

● ทดรอบด้วยสายพานและระบบเฟืองเฉียงที่ต่อตรงกับสกรูอัด

● ใช้สกรูอัดชนิดเกลียวตัวหนอน ซึ่งมีความทนทานต่อการเสียดสีที่อุณหภูมิสูง

● กระบอกอัดเป็นกระบอกเหล็กเหนียวแข็ง ทำหน้าที่เพิ่มแรงอัดและความหนาแน่นให้แท่งเชื้อเพลิงแข็ง

● มีเครื่องทำความร้อนไฟฟ้า ขนาด 1 กิโลวัตต์ จำนวน 3 ตัว ที่หุ้มเรียงกันรอบกระบอกอัด

● หล่อเย็นด้วยน้ำ

สมรรถนะของเครื่อง

● อัดแกลบได้ชั่วโมงละ 100 กก. หรือ 2.4 ตันต่อ 24 ชม. ถ้าขี้เลื่อยจะอัดได้ประมาณ 4 ตันต่อวัน

● สามารถผลิตติดต่อกันได้ 24 ชั่วโมง โดยไม่ต้องเปลี่ยนสกรูตัวหนอน

● ติดตั้งง่ายและใช้เนื้อที่ประมาณ 2.5 ตร.เมตรต่อเครื่อง

การใช้ประโยชน์และข้อดีของเชื้อเพลิงแข็ง

● ใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนฟืนและถ่านไม้ในการหุงต้มหรือทดแทนน้ำมันเตาในกิจการอุตสาหกรรมต่าง ๆ

● ค่าความร้อนต่อหน่วยปริมาตรของเชื้อเพลิงแข็งมีค่าสูงกว่าฟืนไม้

● ระยะเวลาของการเผาไหม้นานกว่าฟืนไม้

● ประหยัดค่าขนส่งและใช้งานได้สะดวก

● ช่วยลดการขาดแคลนไม้ฟืนและถ่านที่มีราคาสูงขึ้น

● เป็นการนำวัสดุเหลือใช้และทิ้งเสียมาใช้ให้เป็นประโยชน์

● ลดปัญหาในการกำจัดวัสดุเหลือใช้ให้แก่โรงงานอุตสาหกรรม

ระบบอบแห้ง

สำหรับผู้ที่ประสงค์จะผลิตแท่งเชื้อเพลิงแข็งขั้นอุตสาหกรรม วท.สามารถออกแบบระบบอบแห้ง ชนิดที่เรียกว่า "Double Shell Indirect-direct Rotary Dryer" ซึ่งเป็นระบบป้องกันการลุกไหม้หรือติดไฟในระหว่างการอบแห้ง เพื่ออบวัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ ที่มีความชื้นสูงให้ลดลงอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด คือประมาณ 10%

การขอรับบริการหรือคำปรึกษา

หน่วยงานของรัฐ บริษัท ห้างร้านเอกชน ที่มีความสนใจโปรดติดต่อได้ที่

สาขาวิจัยอุตสาหกรรมการพลังงาน หรือที่ศูนย์ร่วมมือและส่งเสริมอุตสาหกรรม
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.)
196 ถ.พหลโยธิน บางเขน กทม. 10900
โทร. 5796517, 5790245, 5798593

การเลือกที่ตั้งและการออกแบบงานโยธา สำหรับไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก

นระ คมนามูล

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

บางเขน, ก.ท. 10900

คำนำ

ไฟฟ้าพลังน้ำขนาดกำลังผลิตกระแสไฟฟ้าตั้งแต่ 1 – 100 กิโลวัตต์ ที่เรียกว่า ขนาดไมโคร ถึง 100 – 6,000 กิโลวัตต์ ที่เรียกว่า ขนาดมินิ ถือว่าเป็นไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก สำหรับขนาด 6,000 – 20,000 กิโลวัตต์ และที่เกินกว่า 20,000 กิโลวัตต์ ถือว่าเป็นขนาดกลางและขนาดใหญ่ตามลำดับ การพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก มักจะอาศัยแหล่งน้ำจากลำธารหรือลำห้วยเล็ก ๆ ที่มีปริมาณการไหลไม่มาก กล่าวคือ ประมาณ 1 – 10 ลบ.ม.ต่อวินาที ดังนั้น เพื่อที่จะได้พลังงานไฟฟ้าสูงพอเพียงกับความคุ้มทุน การเลือกสถานที่ตั้งโครงการจึงต้องมองหาตำแหน่งที่ตั้งเครื่องกังหันน้ำสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า ณ ที่ต่ำลงไปมาก ๆ จากแหล่งน้ำ ถึงแม้ว่าจะอยู่ห่างไกลออกไปก็ตาม เพื่อที่จะได้ศักย์น้ำสูง ให้ชดเชยกับปริมาณการไหลน้อยของน้ำ เหตุผลนี้ทำให้โครงการลักษณะนี้เกี่ยวข้องกับการมีคลองส่งน้ำหรือท่อส่งน้ำแรงดันสูงที่ยาวมาก บางครั้งถึงกับต้องเจาะอุโมงค์ผ่านภูเขาเป็นระยะทางหลายร้อยเมตร การพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำ ไม่ว่าจะเป็นขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ มักจะเกี่ยวข้องกับงานโยธาประเภทการก่อสร้างหนัก จึงเป็นการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ต้องการการลงทุนสูง

ในท้องถิ่นชนบทห่างไกล การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังน้ำขนาดเล็ก มีข้อได้เปรียบหลายประการเหนือการใช้น้ำมันดีเซล สำหรับภาพพจน์ที่ว่าไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กเป็นการลงทุนสูงและมักจะมีปัญหาการบำรุงรักษาที่น่ารำคาญอยู่บ่อย ๆ นั้น มีสาเหตุใหญ่มาจากการด้อยประสบการณ์ด้านไฟฟ้าพลังน้ำ ไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กจะมีบทบาทสำคัญมากต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ถ้ามีการสำรวจศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการอย่างถูกต้อง และใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุน การเลือกที่ตั้งและการออกแบบงานโยธา จึงเป็นประเด็นสำคัญที่จะนำไปสู่ความสำเร็จของโครงการ

ไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาประเทศ ไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กกำลังได้รับความสนใจในหลาย ๆ ประเทศ เพราะเป็นการก้าวไปสู่การพึ่งตนเองในการผลิตกระแสไฟฟ้าราคาถูก ไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีแหล่งน้ำอุดมสมบูรณ์และสามารถพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำได้ โดยเฉพาะไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ซึ่งศักยภาพของน้ำหลายแหล่งยังถูกปล่อยให้สูญเปล่าอยู่

แอลเลน อาร์ อินเวอร์ซิน ผู้เชี่ยวชาญด้านไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กของ NRECA* สหรัฐอเมริกา เสนอว่า การที่จะทำให้ไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กสามารถแข่งขันในด้านราคาได้ ต้องเปลี่ยนแปลงแนวทางการออกแบบใหม่ให้ได้ ความพยายามที่จะออกแบบโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก โดยการย่อส่วนรูปแบบของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่ลงมาโดยตรงนั้น ทางเทคนิคเป็นไปได้ แต่ราคาไม่ลดลงมาตามส่วนด้วย ดังนั้นโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กจึงต้องออกแบบตามคุณสมบัติของมันเอง เรื่องนี้ต้องการความรู้ความเข้าใจในประเด็นต่าง ๆ เกี่ยวกับการเลือกที่ตั้ง ความสำเร็จจะลุล่วงไปได้ต้องรู้

---

* National Rural Electric Cooperative Association

ปัญหาในทางปฏิบัติที่มีแนวโน้มจะเกิดขึ้นในอนาคต และนำมาคิดแก้ไขในระยะการออกแบบ ในที่สุดเมื่อตัดสินใจว่าเลือกที่ตั้งโครงการได้แล้ว การเลือกวัสดุต่าง ๆ และการออกแบบอื่น ๆ นอกเหนือจากที่นิยมปฏิบัติกัน ควรมองกว้าง ๆ แล้วจึงจะหันกลับมายังหลักการพื้นฐานและวิธีการใหม่ที่คำนึงถึงเงื่อนไขต่าง ๆ

บทความนี้กล่าวถึงประเด็นทางเทคนิคเกี่ยวกับการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ซึ่งจำเป็นสำหรับการนำไปใช้ในการออกแบบและควบคุมราคาโครงการให้เป็นไปได้ ในที่นี้จะยังไม่กล่าวถึงประเด็นอื่น ๆ ถึงแม้ว่าจะมีความสำคัญไม่น้อยกว่าประเด็นทางเทคนิค กล่าวคือ ประเด็นทางสังคม ทางการจัดการงาน เรื่ององค์กร และการเงิน

การเลือกที่ตั้ง

การเลือกสถานที่ที่เหมาะสมสำหรับตั้งโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ต้องพิจารณาหลายแง่หลายมุม บางแง่ก็ชัดเจน เช่น พื้นที่โครงการต้องมีทางเข้าถึงเพื่อเอื้ออำนวยต่อการก่อสร้าง การปฏิบัติงาน และการบำรุงรักษางานทั้งหมด ขณะเดียวกันโรงไฟฟ้าก็ต้องตั้งอยู่ในระยะที่ไม่ไกลจากชุมชนมากจนเกินไป ส่วนประเด็นอื่น ๆ ที่จะกล่าวต่อไป เป็นเรื่องความเข้าใจถึงความต้องการทางเทคนิคในการดำเนินการผลิตกระแสไฟฟ้า

1. การเลือกที่ตั้งให้สอดคล้องกับความต้องการกำลังไฟฟ้า

ในการกำหนดโครงการผลิตกระแสไฟฟ้าให้ได้กำลังไฟฟ้า (P) สำหรับชุมชนหนึ่ง ๆ ตัวแปรก็มีปริมาณการไหลของน้ำ (Q) และความสูงของน้ำ (H) ที่เรียกว่าศักย์น้ำ ถึงแม้ว่าจะมีความสัมพันธ์ระหว่างค่า Q และค่า H และกำลังไฟฟ้าที่ต้องการ แต่ศักย์น้ำที่จำเป็นสำหรับการกำเนิดกำลังไฟฟ้าขนาดหนึ่ง ๆ นั้น สามารถจะใช้ความสูงของน้ำช่วงใดก็ได้ตั้งแต่ศักย์น้ำต่ำมากถึงศักย์น้ำสูงมาก

สูตรคือ $P = 7QH$

โดยที่ P = กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)

Q = ปริมาณน้ำไหล (ลบ.ม./วินาที)

H = ศักย์น้ำสุทธิ (ม.)

ตัวอย่าง กรณีของโครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำแห่งหนึ่ง ต้องการกำลังไฟฟ้า 12,200 กิโลวัตต์ และเลือกที่ตั้งโครงการได้ศักย์น้ำ 125.3 ม. ดังนั้นการออกแบบท่อส่งน้ำแรงดันสูงควรจะรับน้ำให้ได้ ดังสูตรต่อไปนี้ :

$$Q = \frac{P}{7H} = \frac{12,200}{7 \times 125.3} = 13.9 \text{ ลบ.ม./วินาที}$$

จะสังเกตเห็นว่าสูตรดังกล่าวไม่ได้เจาะจงศักย์น้ำใดศักย์น้ำหนึ่ง เพื่อผลิตกำลังไฟฟ้าขนาดหนึ่ง ๆ อย่างไรก็ตาม ความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นเพียงแค่แนวทางง่าย ๆ สำหรับการเลือกตัวกำหนด ส่วนการพิจารณาขั้นสุดท้ายเพื่อหาความสูงของน้ำและปริมาณการไหลนั้น ต้องอาศัยการทบทวนลักษณะภูมิประเทศของท้องที่ประกอบกับความสัมพันธ์ดังกล่าว

การผลิตไฟฟ้าด้วยศักย์น้ำต่ำมักต้องการปริมาณการไหลของน้ำมาก นี่หมายความถึงการใช้เครื่องกังหันน้ำขนาดใหญ่ และการก่อสร้างเขื่อนขวางลำน้ำใหญ่ด้วย ยิ่งในเขตที่มีฝนชุกและมีปริมาณฝนมาก การสร้างเขื่อนขวางลำน้ำขนาดใหญ่มักนำไปสู่ปัญหา ที่ว่าโครงสร้างที่รับน้ำต้องสามารถรับกับขนาดของลำน้ำซึ่งความลึกอาจจะแปรผันได้มาก และยังมีปัญหาเรื่องปริมาณเศษหินเศษขยะ เช่น ซุง ก้อนหินขนาดใหญ่ กรวดทราย และดินตะกอน ที่น้ำพัดพามาอีกด้วย

สำหรับการผลิตไฟฟ้าด้วยศักย์น้ำสูงนั้น ไม่ต้องการปริมาณน้ำไหลมากก็สามารถให้กำลังไฟฟ้าตามที่ต้องการได้เช่นเดียวกัน กรณีหลังมีข้อได้เปรียบมากมาย ปริมาณการไหลน้อยทำให้ต้องการเครื่องกังหันน้ำขนาดเล็กลง ซึ่งดีในแง่ของรูปร่างและราคา นอกจากนี้ยังหมายถึงลำน้ำที่ต้องปิดกั้นเล็กลงด้วย ประเด็นนี้จะทำให้การออกแบบที่รับน้ำง่ายลงไปมาก ข้อเสียสำหรับโครงการศักย์น้ำสูง คือแหล่งน้ำมักจะต้องอยู่ห่างไกลจากโรงไฟฟ้า จริงอยู่ที่น้ำนั้นสามารถจะส่งมาโดยใช้ท่อตลอดทางสู่โรงไฟฟ้าได้ แต่ท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่และยาวมากก็หมายถึงปัญหาเรื่องราคาและการขนส่งระหว่างการก่อสร้าง โดยปกติวิธีการที่จะให้ราคาเหมาะสม มักจะอาศัยการส่งน้ำด้วยรางเปิดมายัง ณ จุดสูงที่ใกล้ที่สุดเหนือโรงไฟฟ้า ถึงแม้ว่าโดยทั่วไปหลักการที่มองหาศักย์น้ำสูงเพื่อลดปริมาณการไหล จะทำให้โครงการมีราคาถูกลง แต่ข้อเสียเปรียบประการหนึ่งของโรงไฟฟ้าศักย์น้ำสูงก็คือปัญหาการก่อสร้างและการบำรุงรักษาระหว่างปฏิบัติงานมีมากกว่า เนื่องจากมีงานโยธาเพิ่มมากขึ้น

2. การเลือกที่ตั้งเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการน้ำ

การที่จะกำหนดให้โครงการเป็นแบบอาศัยอ่างเก็บกักน้ำหรือแบบอาศัยกระแสน้ำโดยตรง ขึ้นอยู่กับสภาพอุทก-ศาสตร์ที่เอื้ออำนวยในท้องที่นั้น

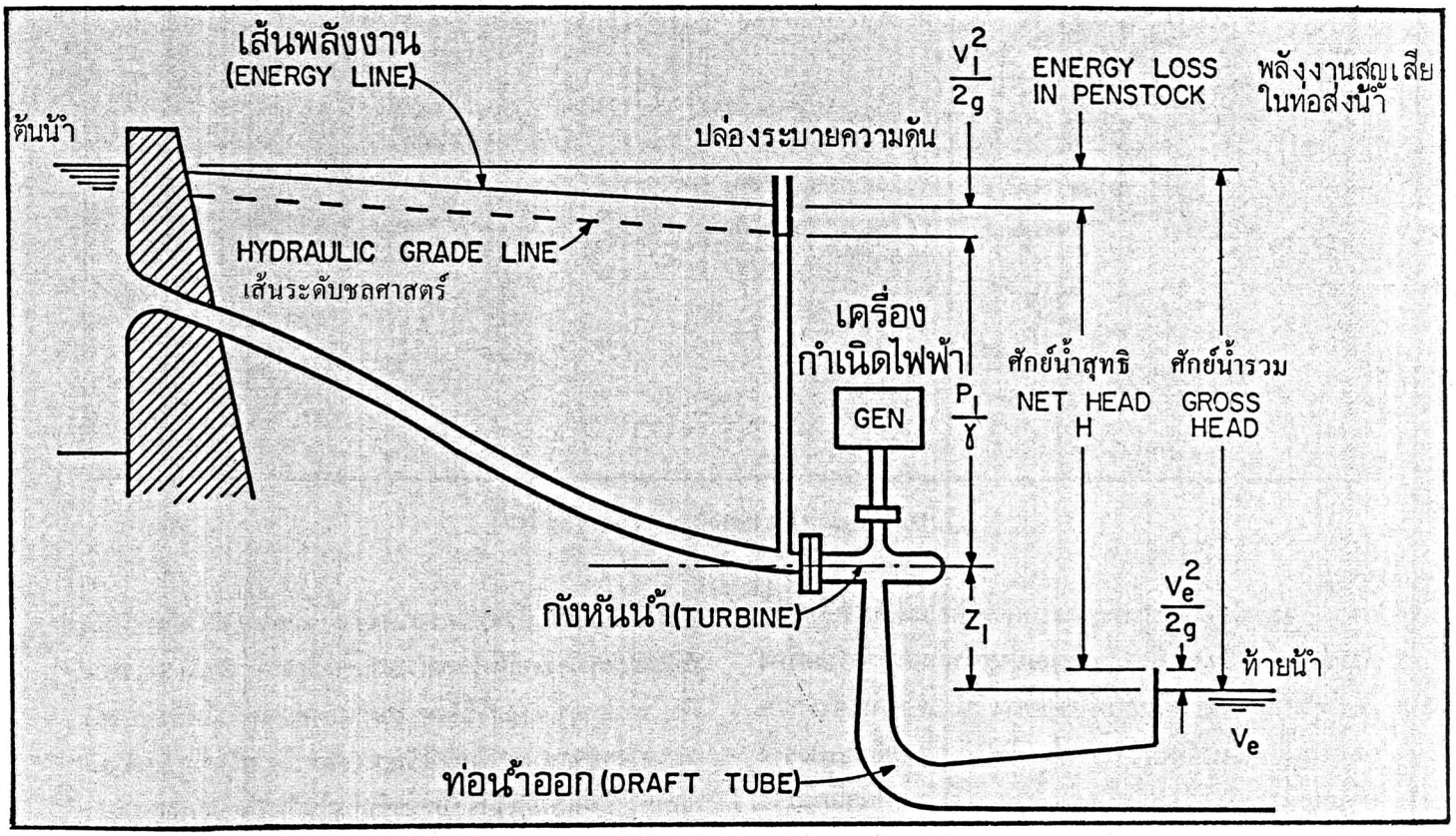
โครงการที่ต้องมีอ่างเก็บกักน้ำมักจะจำเป็นสำหรับเขตที่มีช่วงเวลาฤดูแล้งนาน ๆ และในระหว่างนั้น ปริมาณการไหลของน้ำในแม่น้ำลำธารไม่เพียงพอที่จะจ่ายน้ำให้กับการผลิตกระแสไฟฟ้า ในอีกกรณีหนึ่ง ปริมาณน้ำไหลในลำธารอาจจะมีมากเพียงพอในบางช่วงของวัน แต่เมื่อมีความต้องการกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในระหว่างอีกช่วงหนึ่งของวัน ปริมาณน้ำไหลเกิดไม่พอเพียง เช่นนี้โครงการก็จำเป็นต้องมีอ่างเก็บกักน้ำ

การเก็บกักน้ำนั้นมักต้องการการก่อสร้างเขื่อนที่มี

ความยุ่งยากในตัว เขื่อนหนึ่ง ๆ นั้นต้องการการออกแบบที่รอบคอบตลอดถึงการเลือกที่ตั้งด้วย ถึงกระนั้นก็ตาม เขื่อนก็อาจจะทำให้อ่างเก็บน้ำมีตะกอนตกค้างอยู่จนเต็มเมื่อกาลเวลาผ่านไป และไร้ประโยชน์ไปในที่สุด หรืออาจจะถูกกัดเซาะหลุดสลายไปกับน้ำในยามน้ำท่วมหนักที่ผิดปกติ อีกประการหนึ่งการสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำมักจะนำไปสู่ปัญหาสิ่งแวดล้อม การตัดไม้ทำลายป่า คุณภาพของน้ำในอ่างเสียมีผลกระทบต่อสัตว์น้ำหรือก่อให้เกิดสภาวะเป็นแหล่งแพร่จุลินทรีย์นำโรค

สำหรับที่ซึ่งแม่น้ำลำธารมีปริมาณน้ำไหลเพียงพอกับความต้องการผลิตกระแสไฟฟ้าตลอดปี โครงการสามารถสร้างในรูปของการชักน้ำโดยตรงจากลำน้ำเข้าสู่พื้นที่โครงการ งานนี้ก็จะเป็นเพียงการผันน้ำส่วนหนึ่งเข้าสู่ที่รับน้ำ ส่งไปยังโรงไฟฟ้า กรณีเช่นนี้เขื่อนก็จำเป็นน้อยลง แต่สร้างฝายถาวรขวางทางน้ำแทนเพื่อเพิ่มความมั่นคงแข็งแรงให้พื้นท้องน้ำบริเวณหน้าที่รับน้ำ ไม่ให้เกิดการกัดเซาะในระยะยาว ในท้องที่ที่พื้นท้องน้ำมีหินมั่นคงโผล่และแน่ใจว่าจะไม่เกิดปัญหาการกัดเซาะท้องน้ำ ฝายก็เป็นเพียงแค่โครงสร้างทำหน้าที่ยกระดับน้ำเข้าสู่ที่รับน้ำในระหว่างช่วงฤดูแล้ง

โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว อาจกล่าวได้ว่า โครงการชักน้ำโดยตรงจากลำน้ำที่มีศักย์น้ำสูง เป็นทางเลือกที่จะนำไปสู่การพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กที่มีราคาต่ำและมีปัญหาในการปฏิบัติงานน้อย แต่ทั้งนี้การตัดสินใจขึ้นอยู่กับสถานที่ ภูมิประเทศ และการเจาะจงท้องที่



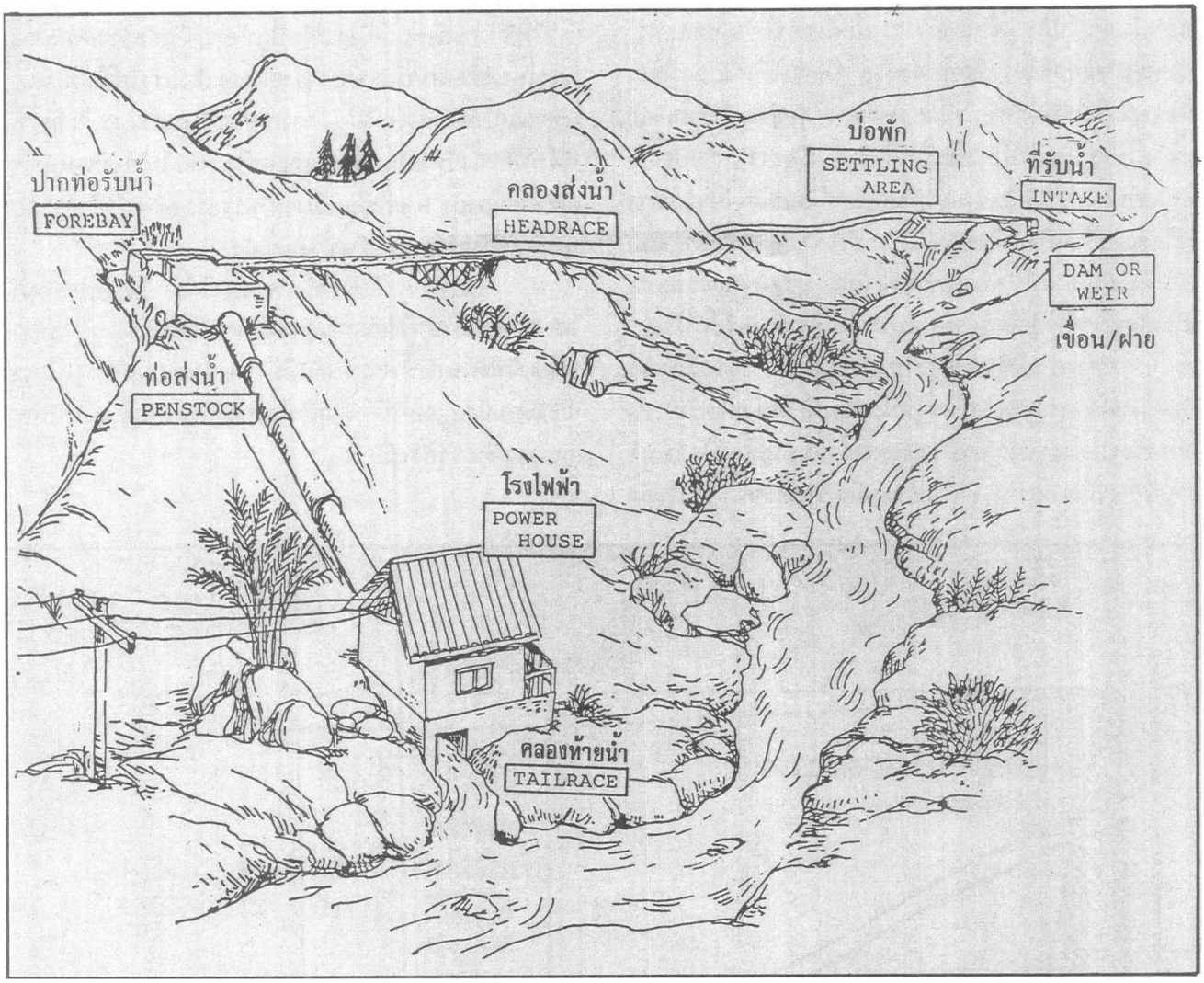
ตัวอย่างรูปแบบโรงไฟฟ้าพลังน้ำ

การออกแบบงานโยธา

งานโยธาสำหรับการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ประกอบด้วย

- เขื่อนกั้นน้ำหรือฝายยกระดับน้ำ (dam or weir)
- ที่รับน้ำ (intake)
- บ่อพัก (settling area)
- คลองส่งน้ำ (headrace)
- ปากท่อรับน้ำ (forebay)
- ท่อส่งน้ำแรงดันสูง (penstock)
- โรงไฟฟ้า (powerhouse)
- คลองท้ายน้ำ (tailrace)

การพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำเริ่มต้น เมื่อได้เลือกพื้นที่โครงการที่เหมาะสม คือที่ที่มีแหล่งน้ำและปริมาณน้ำฝนเพียงพอสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าขนาดหนึ่งที่แน่นอน พื้นที่รับน้ำสามารถพัฒนาให้เป็นอ่างเก็บน้ำได้โดยไม่กระทบกระเทือนต่อสภาพแวดล้อมและสภาพสังคมและเศรษฐกิจมากนัก นอกจากนี้สภาพภูมิประเทศและธรณีวิทยาของสถานที่ตั้งโครงการก็ควรเอื้ออำนวยด้วย เมื่อสำรวจศึกษาและพิจารณาเลือกที่ตั้งโครงการ

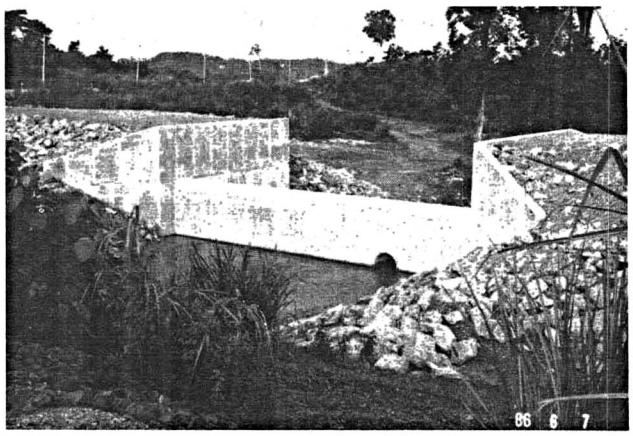


ส่วนประกอบงานโยธาของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำ

แล้ว จะถึงเรื่องของการออกแบบงานโยธาและการเลือกวิธีการส่งน้ำจากห้วยน้ำลำธารหรือแม่น้ำสู่กังหันน้ำสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งมีทางเลือกให้หลายทาง เนื่องจากองค์ประกอบของงานโยธามีมากดังกล่าวข้างต้น วิศวกรผู้ออกแบบบางครั้งก็ลืมนึกถึงว่าทางเลือกนั้นมีอยู่มากมาย ที่ต้องคำนึงนึกถึงไว้ให้มาก คือ การตัดสินใจครั้งสุดท้ายสำหรับทางเลือกใดก็ตามควรมองถึงปัญหาการซ่อมแซมและบำรุงรักษาในอนาคต ตลอดจนเรื่องราคาเกี่ยวกับวัสดุและค่าแรงก่อสร้างและแรงงานที่ต้องมีไว้เป็นประจำในการซ่อมบำรุงงานโยธา

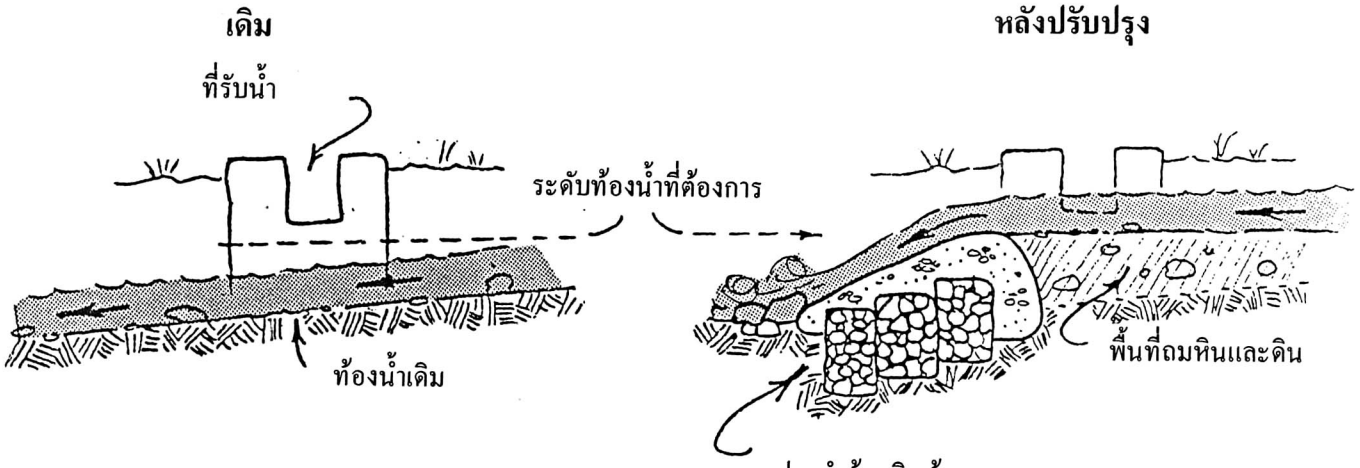
แนวทางเริ่มโครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก มี 2 ทาง กล่าวคือ ทางแรกดำเนินการโดยวิศวกรที่ใช้หลักการออกแบบตามแบบฉบับของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่แต่ย่อส่วนลงมาเป็นงานขนาดเล็ก วิธีนี้มักจะทำให้ราคาโครงการสูงทั้งในด้านค่าวัสดุและค่าวิศวกรที่ปรึกษา อีกทางหนึ่ง ดำเนินการโดยผู้ที่ด้อยประสบการณ์สนามด้านไฟฟ้าพลังน้ำ และไม่รอบรู้ถึงปัญหาต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในระยะยาว วิธีหลังนี้อาจจะทำให้ราคาโครงการถูกลง แต่โดยทั่วไปพบว่ามักมีปัญหาระหว่างดำเนินโครงการมากขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้น แนวทางเริ่มโครงการทั้งสองวิธีจึงทำให้เกิดภาพพจน์ว่าไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมีราคาแพงและมีปัญหาซ่อมบำรุงเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา บทความนี้ได้รวบรวมข้อคิดในด้านการออกแบบงานโยธาสำหรับการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ซึ่งจะแยกกล่าวเป็นเรื่อง ๆ แต่ละเรื่องจะมีความสำคัญมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศของที่ตั้งโครงการ และบางเรื่องก็อาจจะไม่จำเป็นต้องมีเลย

1. เขื่อนกั้นน้ำหรือฝายยกระดับน้ำ (รูปที่ 1) คือ โครงสร้างดินและหรือคอนกรีต (หรือใช้เขื่อนยางอัดลม) สร้างขวางทางน้ำเพื่อเก็บกักน้ำและหรือเพื่อยกระดับน้ำในท้องที่ต่ำให้น้ำผันเข้าสู่ที่รับน้ำในช่วงฤดูแล้ง กรณีหลังมักจะสร้างเป็นฝายในท้องน้ำของลำธาร ณ จุดท้ายน้ำถัดจากปากทางที่รับน้ำเล็กน้อย ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ระดับท้องน้ำบริเวณปากทางที่รับน้ำถูกเซาะกัดกร่อนต่ำลงเรื่อย ๆ



รูปที่ 1

การสร้างเขื่อนสำหรับโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ไม่ว่าจะทำด้วยดินและหินก่อ และหรือคอนกรีตก็ตาม ควรจะต้องมีความรู้ความชำนาญในการเลือกที่ตั้ง การออกแบบทางวิศวกรรมและการก่อสร้าง มิฉะนั้นแล้วมักจะเกิดปัญหาน่ารำคาญในอนาคตให้กับการดำเนินงานผลิตกระแสไฟฟ้าเสมอ ถึงแม้ว่าจะก่อสร้างอย่างถูกต้อง นอกจากนี้ ยังทำให้ราคาของโครงการสูงขึ้นมากด้วย การสร้างเขื่อนปิดกั้นทางน้ำเป็นงานใหญ่ที่จะต้องทำฐานรากเขื่อนให้มั่นคงแข็งแรงและป้องกันการรั่วซึมหนีของน้ำลอดใต้เขื่อนด้วย ปกติจะใช้วิธีเจาะหลุมเป็นจำนวนมากเพื่อทำการอัดฉีดน้ำปูนเป็นฉากตลอดแนวฐานรากเขื่อนลึกประมาณ $\frac{2}{3}$ ของความสูงของเขื่อน การละเลยเรื่องปรับปรุงฐานรากเขื่อนอาจนำไปสู่ความล้มเหลวของโครงการและหรือนำความหายนะมาสู่ชีวิตและทรัพย์สินหลังเขื่อนด้านท้ายน้ำ เพราะเขื่อนเก็บกักน้ำไม่อยู่หรือฐานรากเขื่อนถูกน้ำมุดกัดเซาะจนกระทั่งเขื่อนพังทลาย



การออกแบบฝายยกระดับน้ำแบบหนึ่ง

สำหรับฝายยกระดับน้ำค่อนข้างจะมีปัญหาน้อยกว่า ในกรณีที่การไหลของน้ำกัดเซาะ และทำให้ระดับของท้องน้ำต่ำลงอยู่เรื่อย ๆ จำเป็นต้องสร้างโครงสร้างคอนกรีต หรือก่อหิน หรือไม้ในท้องน้ำ โดยให้สันฝายอยู่ที่ระดับเดียวกันกับระดับน้ำที่ต้องการ ทั้งนี้เพื่อให้พื้นใต้น้ำมั่นคงแข็งแรง มีอายุยืนยาว อย่างไรก็ตาม ถ้าฝายไม่ตั้งอยู่บนพื้นหินฐานราก การกัดเซาะที่ตีนฝายด้านท้ายน้ำอาจจะทำให้เกิดโพรงใต้ฐานโครง–สร้างฝายได้ ดังนั้น ต้องทำให้พลังน้ำที่ไหลล้นฝายสลายตัวลงโดยการสร้างบ่อพักน้ำ ณ ที่ท้ายน้ำของตีนฝาย ในกรณีที่ท้องน้ำของลำธารกว้างและมีปริมาณการไหลช่วงฤดูแล้งน้อย อาจจำเป็นต้องสร้างสันฝายให้เทลงเล็กน้อยตามแนวสันฝายไปทางที่รับน้ำ ทั้งนี้เพื่อให้ปริมาณการไหลที่มีอยู่น้อยไปสู่ทิศทางนั้น

สำหรับลำธารขนาดเล็กที่มีปริมาณการไหลต่ำ การยกระดับน้ำให้เข้าสู่ที่รับน้ำเพื่อนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าสามารถทำได้ง่าย ๆ ด้วยฝายชั่วคราว โดยทำเป็นคันหินทิ้งเตี้ย ๆ หรือใช้กิ่งไม้ ฯลฯ กั้นขวางทางน้ำเพื่อหันเหการไหลของน้ำเข้าสู่ที่รับน้ำ ข้อดีของฝายชั่วคราวที่ใช้วัสดุท้องถิ่น คือ ในเวลาฝนตกหนัก ฝายจะได้หลุดไปตามน้ำ น้ำที่ไหลบ่ามาก็จะลงสู่ท้ายน้ำได้เต็มที่ ไม่เกิดน้ำท่วมในบริเวณเหนือน้ำที่จะทำให้ที่รับน้ำและคลองหรือท่อส่งน้ำเสียหาย เมื่อน้ำลดก็สามารถสร้างฝายชั่วคราวขึ้นใหม่ได้ไม่ยากนักถ้าจำเป็น

2. ที่รับน้ำ มีไว้เพื่อรับน้ำจากห้วยน้ำลำธาร หรืออ่างเก็บน้ำ และควบคุมการไหลของน้ำเข้าสู่คลองส่งน้ำ ขณะเดียวกันก็ช่วยลดปริมาณดินตะกอนหรือเศษหินเศษขยะที่ลอยมากับ

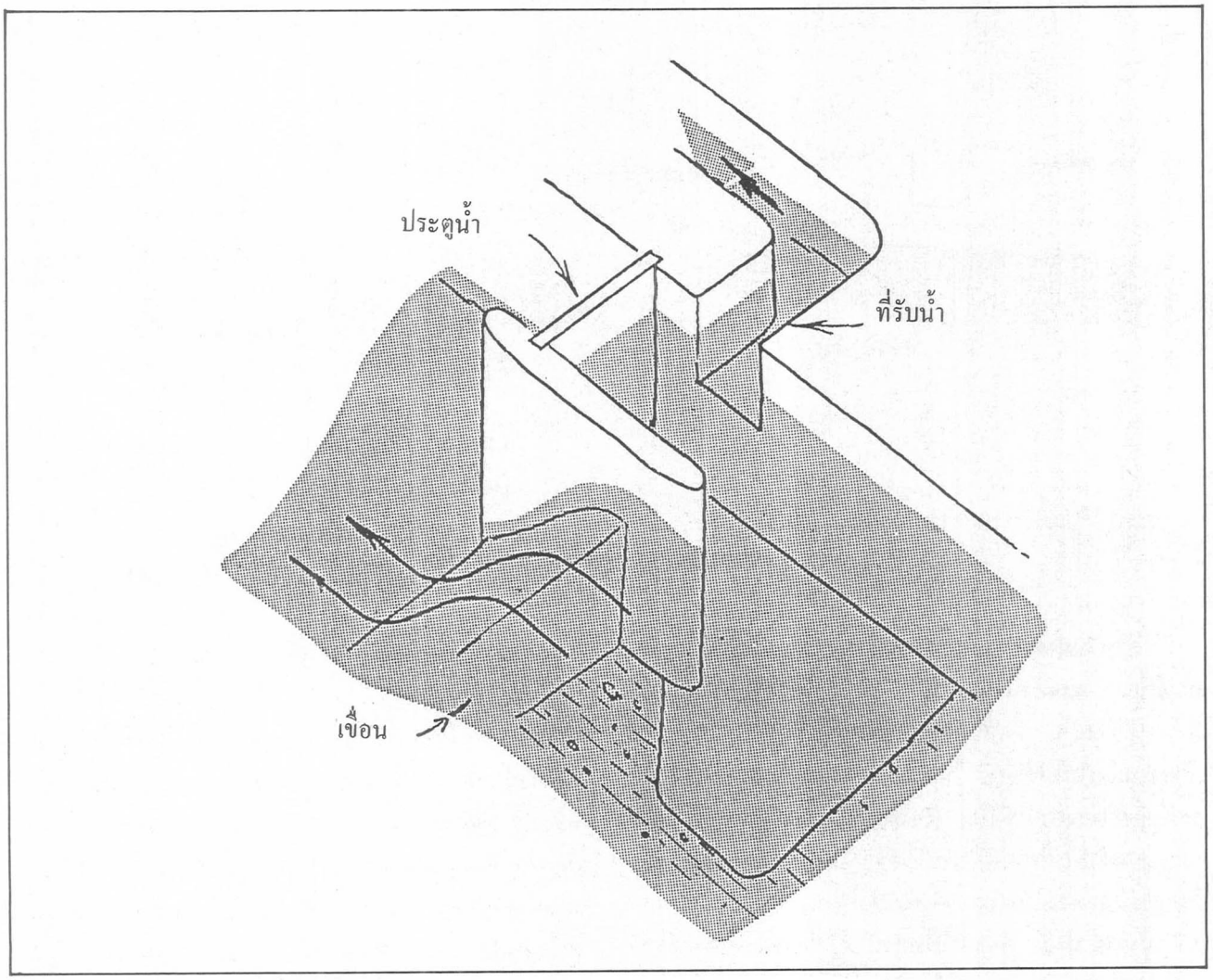
น้ำไม่ให้เข้าไปในคลองส่งน้ำ

งานบำรุงรักษาหลักที่เกี่ยวข้องกับงานโยธา คือ การตักดินตะกอน ดินท้องน้ำและเศษหินเศษขยะที่มากับน้ำขึ้นบ่อย ๆ ดังนั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่การออกแบบงานโยธาต้องคำนึงถึงวิธีการขจัดสิ่งเหล่านี้ออกจากน้ำให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ก่อนน้ำจะเข้าสู่ที่รับน้ำ ปัญหาเช่นนี้เป็นที่ทราบกันดี แต่จะพบว่าผู้ออกแบบมักจะละเลยเสมอ หรืออาจจะเป็นเพราะเห็นว่าไม่ใช่เรื่องร้ายแรง สาเหตุสำคัญประการหนึ่งของปัญหาในการปฏิบัติงานไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กที่พบอยู่เสมอ คือ ที่รับน้ำออกแบบไว้ไม่ดี ประเด็นนี้จึงเป็นประเด็นที่ต้องกล่าวในรายละเอียดมากเป็นพิเศษ

ในการเลือกสถานที่สำหรับเป็นที่รับน้ำจากลำธารหรือลำห้วย ต้องหลีกเลี่ยงตำแหน่งโค้งด้านในของลำน้ำ เพราะโดยธรรมชาติมีแนวโน้มที่ดินตะกอนจะตกลงสะสมมากที่บริเวณนี้ การหลีกเลี่ยงได้จะช่วยลดปัญหาการบำรุงรักษาลง

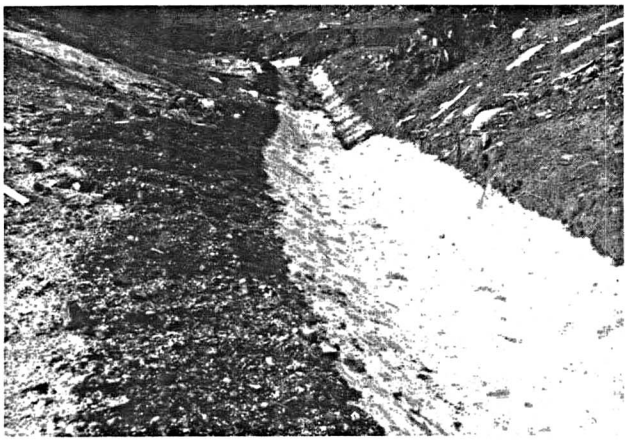
ในกรณีที่ที่รับน้ำจากลำธารซึ่งระดับน้ำอาจขึ้นสูงมากในช่วงฤดูฝน จะเป็นการเหมาะกว่าที่จะเลือกที่รับน้ำให้อยู่ข้างหลังหรือข้างใต้ชะโงกหินหรือก้อนหินขนาดใหญ่ที่มั่นคง สิ่งนี้จะช่วยจำกัดปริมาณน้ำที่จะเข้าสู่ที่รับน้ำและเบี่ยงเบนความเชี่ยวของการไหลบ่าและเศษหินเศษขยะไปทางอื่น

เมื่อเลือกตำแหน่งของที่รับน้ำตามแนวลำธารได้แล้ว การออกแบบที่ดีควรให้ที่รับน้ำหันหน้าตั้งฉากกับทิศทางการไหลให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ณ ตำแหน่งนั้น แนวความคิดที่ออกแบบให้ที่รับน้ำหันหน้าสู่ต้นน้ำ เป็นการปฏิบัติที่จะนำไปสู่ความวิบัติอย่างร้ายแรงในยามฝนตกหนัก น้ำที่ไหลบ่ามาอย่างมากมายจะพุ่งเข้าสู่ที่รับน้ำ รวมทั้งดินท้องน้ำและเศษหินเศษขยะที่ลอยมากับน้ำ

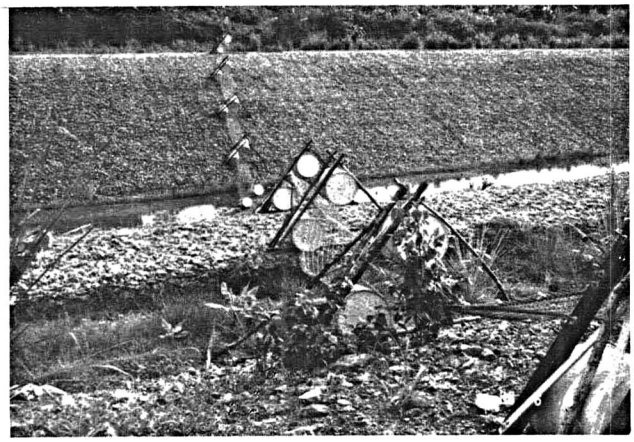


การออกแบบที่รับน้ำแบบหนึ่ง

ที่รับน้ำสามารถทำได้ด้วยวัสดุหลายอย่าง ที่ง่ายที่สุด คือ รางดินตัดตั้งฉากกับลำน้ำ โดยทั่ว ๆ ไป จะต้องทำผิวด้วยการปูหินยาแนว (รูปที่ 2) หรือหินทิ้ง ที่เรียกกันตามภาษาช่างว่า "ริบแรบ" (รูปที่ 3) เพื่อป้องกันการกัดเซาะระหว่างการไหลบ่าของน้ำ ในกรณีที่ต้องการสร้างเขื่อนขวางทางน้ำ การออกแบบเช่นที่แสดงในรูปสามารถนำไปใช้การได้อย่างดี จะสังเกตเห็นว่าข้างหลังเขื่อน (ด้านเหนือน้ำ) ดินตะกอนและดินท้องน้ำจะติดอยู่ในโครงสร้างเขื่อนนี้ จะมีประตูน้ำติดตั้งอยู่เลยไปทางท้ายน้ำเล็กน้อย เพื่อที่การปล่อยน้ำชะล้างพื้นที่บริเวณนี้สามารถทำเป็นกิจวัตรได้ง่าย พื้นที่บริเวณนี้ควรจะเทคอนกรีตหรือปูหินยาแนว เพื่อป้องกันการกัดเซาะอันเนื่องมาจากการปล่อยน้ำไหลพุ่งรุนแรง การออกแบบลักษณะนี้ควรยกระดับก้นของรางที่รับน้ำให้อยู่สูงกว่าระดับท้องน้ำของลำธาร ทั้งนี้ก็เพื่อป้องกันดินท้องน้ำถูกน้ำพาเข้าสู่ที่รับน้ำโดยตรง



รูปที่ 2



รูปที่ 3

โครงสร้างที่รับน้ำโดยทั่วไปจะมีประตูน้ำไว้ด้วย เพื่อปิดกั้นการไหลของน้ำเข้าสู่พื้นที่โครงการระหว่างมีงานซ่อมแซมและซ่อมบำรุง

นอกจากนี้ ที่รับน้ำยังต้องมีตะแกรงติดตั้งไว้ เพื่อกันวัสดุชิ้นโต ๆ ที่ลอยมากับน้ำ เช่น ต้นไม้ ท่อนไม้ ก้อนหิน ฯลฯ ไม่ให้ลอยเข้ามาในคลองส่งน้ำ ตะแกรงนี้โดยทั่วไปทำด้วยเหล็กแท่งเรียงขนานกันตามแนวดิ่งยึดด้วยกรอบแบบลูกกรงหน้าต่าง ติดตั้งขวางไว้ข้างหน้าที่รับน้ำ โดยให้เอียงเข้าหาทิศทางการไหลของน้ำเล็กน้อย เศษหินเศษขยะที่เกิดสะสมอยู่ข้างหน้าตะแกรงต้องหมั่นเก็บออกให้เป็นกิจวัตร ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความแน่ใจว่าการใช้น้ำผลิตกระแสไฟฟ้าจะดำเนินไปอย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพ ปัญหาการบำรุงรักษาเช่นนี้อาจจะทำให้ลดน้อยลงได้ โดยการออกแบบให้มีการทำความสะอาดในตัวโดยอาศัยการไหลของน้ำส่วนเกินจากที่ต้องการสำหรับการหมุนกังหันน้ำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ตะแกรงที่ว่านี้อาจทำด้วยเหล็กแผ่นเจาะรูพรุนที่มีรูขนาด 10 มม. ติดตั้งไว้ใต้สันเขื่อนเล็กน้อยมาทางด้านท้ายน้ำ น้ำบางส่วนที่จะเข้าสู่ที่รับน้ำจะถูกกรองด้วยแผ่นตะแกรง และน้ำส่วนเกินที่ไหลข้ามตะแกรงจะนำพาเศษหินเศษขยะและดินท้องน้ำที่ค้างอยู่บนตะแกรงลงสู่ลำธาร แผ่นตะแกรงนี้ควรเสริมความแข็งแรงด้วยท่อเหล็กวางเรียงขนานกันและเชื่อมติดกับขอบบนของแผ่นตะแกรง เพื่อป้องกันไม่ให้แผ่นตะแกรงเสียหายจากหินก้อนโต ๆ ซึ่งน้ำพัดพามา

ทางระบายน้ำล้นเป็นองค์ประกอบอีกอย่างหนึ่งที่จำเป็นต้องมีในระบบคลองส่งน้ำ ซึ่งอาจจะทำไว้ตามฝั่งหรือผนังคลอง ณ ที่ ๆ เหมาะสม ทางระบายน้ำล้นนี้จะช่วยระบายน้ำส่วนเกินที่เข้ามาในที่รับน้ำและอาจทำให้ส่วนประกอบอื่น ๆ ของงานโยธาเสียหายให้กลับลงสู่ลำธารได้โดยปราศจากการกัดเซาะในบริเวณรอบ ๆ โครงสร้างที่รับน้ำ

3. บ่อพัก มีไว้สำหรับขจัดวัสดุเขวนลอยมากับน้ำ โดยเฉพาะดินตะกอนและดินท้องน้ำให้ตกตะกอนลงในบ่อนี้ การออกแบบที่ดีควรมีบ่อเช่นนี้ไว้เป็นคู่ บ่อหนึ่งอยู่ที่ต้นทางของคลองส่งน้ำเพื่อป้องกันการตกตะกอนในคลอง และอีกบ่อหนึ่งก่อนที่จะเข้าสู่ท่อส่งน้ำแรงดันสูง ซึ่งโดยปกติ บ่อนี้จะเป็นส่วนหนึ่งของปากท่อรับน้ำ สำหรับดักขยะ เพื่อป้องกันกังหันน้ำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่ให้เกิดความเสียหายเร็วเกินควร

บ่อพักนี้ถ้าออกแบบไว้ดี การทำความสะอาดอย่างเป็นกิจวัตรสามารถทำได้ง่าย โดยใช้ประตูน้ำบานเรียบแบบยกขึ้นและสามารถปล่อยน้ำไหลลอดใต้ประตูให้พัดพาตะกอนออกจากบ่อได้ แต่ที่ปฏิบัติกันมักจะละเลยวิธีการเช่นนี้ ผลก็คือต้องทำความสะอาดบ่อพักแบบนี้โดยใช้แรงคนมากและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย

การละเลยเรื่องบ่อพักต้นทางคลองส่งน้ำ อาจมีผลทำให้เกิดการตกตะกอนตลอดแนวยาวของคลองส่งน้ำทั้งหมด

ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำและความเร็วของการไหลของน้ำในคลองส่งน้ำ ปกติความเร็วประมาณ 0.6 – 0.9 ม./วินาที จึงจะไม่ตกตะกอนสำหรับดินตะกอนและทราย ตามลำดับ

ที่ปลายสุดของคลองส่งน้ำก็จำเป็นต้องมีบ่อพักด้วย โดยปกติจะเป็นส่วนหนึ่งของปากท่อรับน้ำหน้าท่อส่งน้ำแรงดันสูงก่อนเข้าสู่ระบบกังหันน้ำ บ่อหลังนี้มีความสำคัญไม่น้อย โดยเฉพาะระหว่างฝนตก น้ำท่าที่ไหลจากเนินเขาต้นน้ำจะพุ่งลงสู่คลองส่งน้ำได้พร้อมเศษหินเศษขยะ ซึ่งจะต้องขจัดออกก่อนที่จะปล่อยน้ำเข้าสู่ท่อส่งน้ำแรงดันสูงไปยังเครื่องกังหันน้ำ

4. **คลองส่งน้ำ** คลองนี้ทำหน้าที่นำน้ำจากที่รับน้ำไปยังท่อส่งน้ำแรงดันสูงเพื่อหมุนเครื่องกังหันน้ำ บางครั้งระยะทางอาจไกลมาก แต่ก็ต้องพยายามให้ราคาต่ำที่สุดและสูญเสียศักย์น้ำให้น้อยที่สุด นั่นคือ ผิวคลองต้องมีความเสียดทานต่ำต่อการไหล ซึ่งหมายถึงการลงทุนสูง เช่น การดาดผิวคลองด้วยคอนกรีต ในทางตรงกันข้าม ถ้าลงทุนน้อย ผิวคลองก็ไม่คงทนและมีความเสียดทานต่อการไหลสูง ตลอดจนค่าบำรุงรักษาคลองก็สูงด้วย นอกจากนี้ ภูมิประเทศของแต่ละโครงการอาจจำเป็นที่คลองส่งน้ำต้องมีรางน้ำ (แบบแขวนหรือแบบสะพานข้ามช่องเขา ฯลฯ) ท่อไซฟอน (สำหรับลอดใต้ถนน ท่อระบายน้ำ ฯลฯ) บ่อพัก (สำหรับการลดพลังงานน้ำกรณีที่คลองส่งน้ำมีการลดระดับลงทันทีทันใดอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้) และทางระบายน้ำล้น (เพื่อระบายน้ำส่วนเกินที่เข้ามาในคลองส่งน้ำให้ออกไปจากพื้นที่โครงการอย่างปลอดภัย)

การออกแบบแนวคลองต้องคำนึงสภาพของดินและสภาพทางธรณีวิทยา เพื่อความมั่นคงของคลองส่งน้ำ โดยเฉพาะบริเวณที่มีดินถล่มอยู่บ่อย ๆ จะต้องไม่ทำให้คลองเกิดความเสียหาย ถ้าสภาพภูมิประเทศเอื้ออำนวย ควรทำทางระบายน้ำ (รูปที่ 4) ข้างคลองให้อยู่ระหว่างคลองส่งน้ำกับลาดเชิงภูเขา เพื่อดักน้ำท่า และระบายน้ำนี้ข้ามหรือลอดใต้คลองอย่างถูกหลักวิชา อีกวิธีหนึ่ง บางส่วนของคลองส่งน้ำอาจจะต้องลอดใต้ดินโดยใช้ท่อขนาดการไหลกึ่งเต็ม ถ้ามีปัญหาเรื่องดินถล่มตามแนวคลอง ควรป้องกันด้วยการทำท่อระบายน้ำล้นเป็นช่วง ๆ ให้เหมาะสม เพื่อป้องกันน้ำที่เอ่อล้นและกัดเซาะ ถ้าน้ำไม่สามารถไหลผ่านดินได้สะดวก ในกรณีที่เป็นดินซึ่งน้ำซึมผ่านได้ง่ายผิวคลองควรจะดาดด้วยคอนกรีต หรือวัสดุใดก็ตามที่ป้องกันน้ำซึมหนีเข้าสู่ดินรอบ ๆ คลอง บ่อยครั้งที่พบว่าการออกแบบมุ่งประหยัดเงินโดยทำผิวคลองด้วยการเรียงหินยาแนว การออกแบบเช่นนี้ต้องระลึกด้วยว่าในภูมิประเทศที่เป็นเขาเป็นเนิน การไหลของน้ำท่าระหว่างฝนตกหนักมีความรุนแรงมาก ผิวคลองที่ทำด้วยการเรียงหินยาแนว มักจะเกิดความเสียหายได้ง่าย ทางที่ดีควรจะทำด้วยรางคอนกรีต

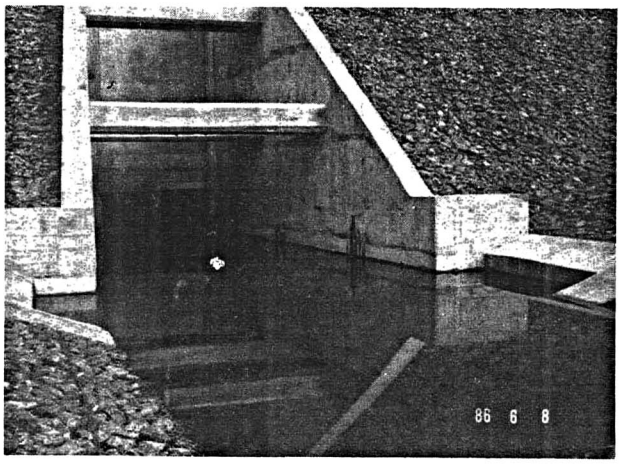
รูปที่ 4

วัสดุที่นิยมใช้ทำคลองส่งน้ำมีให้เลือกหลายอย่าง นับตั้งแต่คลองดิน ถึงคลองคอนกรีต โดยมีบางส่วนทำด้วยเหล็กหรือไม้ ส่วนของคลองที่ต้องข้ามแอ่งหรือหุบเขาควรทำเป็นรางน้ำ แต่ไม่ควรใช้วิธีสร้างบนดินถม เพราะอาจจะมีปัญหาเรื่องคลองทรุดตัวจนกระทั่งเป็นอุปสรรคต่อการดำเนินงานผลิตกระแสไฟฟ้า

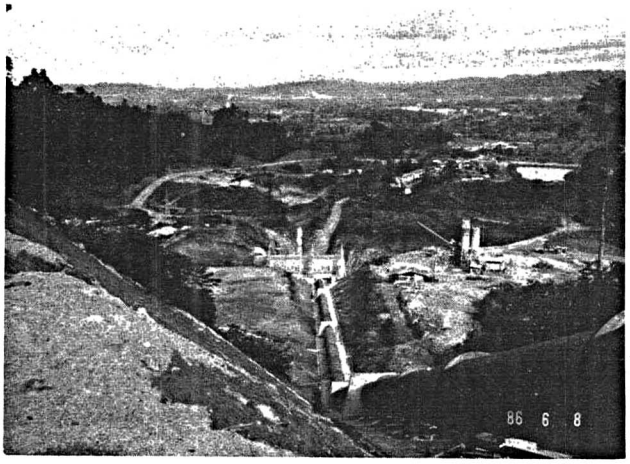
โดยปกติคลองส่งน้ำจะมีความลาดเล็กน้อย เท่าที่จะประหยัดที่สุดเพื่อให้ได้ศักย์น้ำเหลือมากที่สุดระหว่างระดับช่องรับน้ำ และเครื่องกังหันน้ำ รูปร่างและพื้นที่หน้าตัดของคลองสำหรับปริมาณการไหลหนึ่ง ๆ สามารถออกแบบได้ไม่ยากนักโดยอาศัยหนังสือคู่มือวิชาชลศาสตร์ ในการออกแบบขนาดของคลอง ต้องชดเชยกันระหว่างความลาดและพื้นที่หน้าตัด ที่ว่าถ้าความลาดตามแนวยาวน้อย (เพื่อให้ได้ศักย์น้ำสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้ามากที่สุด) ความเร็วของการไหลของน้ำจะลดลง และพื้นที่หน้าตัดของคลองก็ต้องใหญ่ขึ้น (หมายถึงราคาแพงขึ้นด้วย) ขณะเดียวกันถ้าความเร็วของการไหลต่ำน้อยกว่า 0.5 ม.ต่อวินาที ดินตะกอนแขวนลอยในน้ำก็จะตกตะกอนในคลอง ตรงกันข้ามถ้าคลองส่งน้ำลาดมาก ความเร็วของการไหลจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่เกิดการกัดเซาะฝั่งคลองสำหรับคลองดิน

5. **ปากท่อรับน้ำ** (รูปที่ 5) เป็นบ่อพักท้ายน้ำพร้อมกับลูกกรงเหล็กดักขยะ ก่อนที่น้ำจะเข้าสู่ท่อส่งน้ำแรงดันสูง ปกติจะมีประตูน้ำหน้าท่อส่งน้ำด้วยเพื่อปิดกั้นน้ำได้ และทางระบายน้ำล้นสำหรับระบายน้ำส่วนเกินได้อย่างปลอดภัย นอกจากนี้บ่อพักนี้ต้องมีความจุส่วนเกินไว้บ้างเพื่อชดเชยกรณีที่เครื่องกังหันน้ำต้องการน้ำเพิ่มขึ้นทันทีทันใด ระหว่างช่วงเวลาที่การไหลในคลองส่งน้ำกลับสู่สภาพสมดุล

โดยทั่วไป ปากท่อรับน้ำทำด้วยคอนกรีต และไม่ควรสร้างให้ใหญ่เกินความจำเป็นเพราะจะทำให้ราคาสูง ถ้าการออกแบบงานโยธาที่กล่าวมาถูกต้องดี น้ำที่เข้ามาสู่ปากท่อรับน้ำ



รูปที่ 5



รูปที่ 6

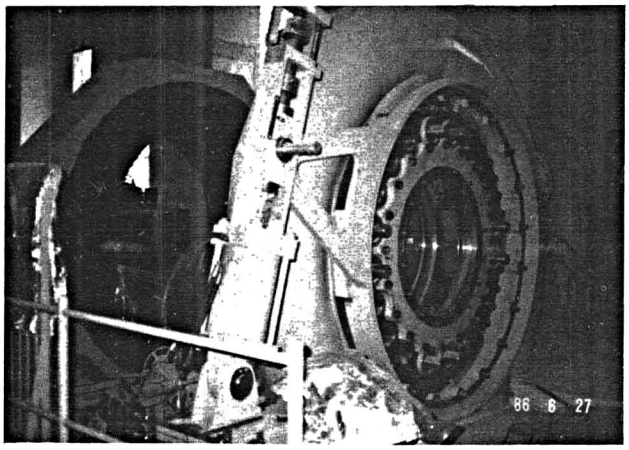
หน้าท่อส่งน้ำนี้จะมีคุณภาพดีเพียงพอ และถ้าไม่คำนึงถึงเรื่องการเก็บกักน้ำไว้หลังเขื่อนด้วยแล้ว งานบ่อพักนี้แทบจะไม่จำเป็นเลย การไหลผ่านที่รับน้ำสามารถปรับให้มีการไหลสูงสุดตามที่เครื่องกังหันต้องการได้ และระหว่างเวลาที่ไม่ต้องการไฟฟ้ามาก น้ำส่วนเกินก็สามารถปล่อยให้ไหลทิ้งผ่านทางระบายน้ำล้นของปากท่อรับน้ำนี้ ปากท่อรับน้ำนี้อาจทำด้วยดินก็ได้ในลักษณะเดียวกับสระน้ำ อย่างไรก็ตาม ปัจจัยสำคัญขึ้นอยู่กับสภาพของดิน ความถี่ของการขึ้นลงของน้ำในปากท่อรับน้ำนี้ และปัญหาอื่น ๆ ที่อาจเกิดขึ้นเป็นเหตุให้ฝั่งของปากท่อรับน้ำนี้ถูกกัดเซาะ

เนื่องจากปากท่อรับน้ำนี้ทำหน้าที่เป็นบ่อตกตะกอน ดังนั้นควรมีประตูน้ำที่เหมาะสมติดตั้งไว้ด้วย เพื่อเวลาต้องการระบายน้ำออกให้หมดจะได้ทำได้ง่าย

6. **ท่อส่งน้ำแรงดันสูง** (รูปที่ 6) ท่อนี้ใช้ส่งน้ำจากปากท่อรับน้ำ ไปยังเครื่องกังหันน้ำ ภายใต้ความดันเนื่องจากศักย์ของน้ำ โดยให้เกิดความสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานน้อยที่สุด ท่อส่งน้ำนี้นิยมทำด้วยเหล็กซึ่งโดยทั่วไปมักมีราคาแพง สำหรับท้องที่ห่างไกลอาจจะมีปัญหาเรื่องน้ำหนักและยากต่อการขนส่ง ปกติจะใช้เหล็กแผ่นม้วนเป็นรูปกลมและประกอบเข้าด้วยกันด้วยการเชื่อมขนาดปล้องละ 2 – 3 ม. เพื่อสะดวกในการขนส่ง แล้วนำไปประกอบด้วยการเชื่อมในสนาม วัสดุอื่นที่อาจจะใช้แทนท่อเหล็กได้ มีท่อซีเมนต์ใยหิน ท่อคอนกรีตอัดแรง และท่อพีวีซี ฯลฯ ซึ่งแต่ละอย่างก็ล้วนมีข้อดีข้อเสีย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสถานที่ตั้งโครงการ

ระบบท่อส่งน้ำแรงดันสูงนี้ จำเป็นอย่างยิ่งต้องมีรูไล่อากาศอยู่บนสุดและปล่องสำหรับระบายความดันน้ำ โดยเฉพาะเมื่อเวลาปิดวาล์วเครื่องกังหันน้ำอย่างทันทีทันใด

7. **โรงไฟฟ้า** อาคารกำบังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้าและระบบควบคุมที่เกี่ยวข้อง การออกแบบต้องคำนึงถึงฐานรากที่มั่นคงสำหรับการติดตั้งเครื่องกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (รูปที่ 7)

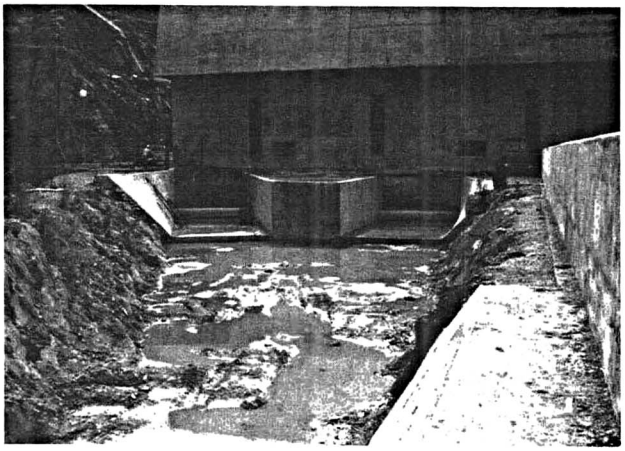


รูปที่ 7 เครื่องกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าระหว่างการติดตั้ง

โรงไฟฟ้าอาจจะเป็นสิ่งปลูกสร้างใดก็ได้ ตั้งแต่โครง–สร้างหลังคาง่าย ๆ เพียงเพื่อคลุมอุปกรณ์เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันน้ำ ถึงอาคารสมบูรณ์แบบที่อาจรวมทั้งโรงงานซ่อมบำรุง สำนักงาน และโรงเก็บของ

การออกแบบโรงไฟฟ้า จะรวมถึงการออกแบบเพื่อติดตั้งระบบสายดินให้เพียงพอกับขนาดของการผลิตกระแสไฟฟ้า บางครั้งลานไก**ไฟฟ้า**อาจจะติดตั้งอยู่บนดาดฟ้าของอาคารโรงไฟฟ้าด้วยก็ได้ ความต้านทานของระบบสายดินในที่นี้ควรจะอยู่ในขีดจำกัดไม่เกิน 5 โอห์ม วิธีทำระบบสายดินสามารถใช้วัสดุที่เป็นตัวนำที่ดี เช่น แท่งทองแดงหรือแผ่นทองแดงหรือเหล็กเส้นเชื่อมเข้าด้วยกันเป็นตาราง ถ้าฐานรากอาคารเป็นดิน การใช้แท่งทองแดงหรือแผ่นทองแดงฝังคงจะทำได้ไม่ยากนัก แต่ในกรณีที่อาคารโรงไฟฟ้าตั้งอยู่บนหิน ระบบสายดินอาจจะต้องทำด้วยโครงข่ายเหล็กเส้นวางบนหินฐานรากโดยมีคอนกรีตเททับ ขณะเดียวกันอาจจะใช้เส้นลวดทองแดงขนาดใหญ่ฝังตามร่องหิน เรียงขนานกันทั้งสองทิศทางและยึดติดกันเป็นตาราง ที่ต้องฝังเพราะเส้นลวดทองแดงไม่แข็งแรงเท่าเหล็กอาจจะถูกของหนักทับเสียหายได้

8. **คลองท้ายน้ำ** (รูปที่ 8) ทำหน้าที่ระบายน้ำที่ใช้แล้วหลังจากหมุนเครื่องกังหันน้ำกลับสู่ลำธาร คลองนี้ควรจะอยู่แยกออกมาจากลำธารที่น้ำไหลกลับคืน เพื่อป้องกันไม่ให้หินหรือก้อนกรวดถูกพัดพาโดยกระแสน้ำกลับเข้ามาในคลองท้ายน้ำในช่วงฝนตกหนัก เศษหินเศษขยะในคลองท้ายน้ำอาจจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องกังหันน้ำ โดยเฉพาะเครื่องที่ต้องพึ่งประสิทธิภาพของท่อปล่อยน้ำออกของเครื่องกังหันน้ำ



รูปที่ 8

บทสรุป

การพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก มีวิธีการตามหลักวิชาที่จะทำให้มีประสิทธิภาพและราคาถูกลงได้พร้อม ๆ กัน และแม้ว่าในหลาย ๆ ท้องที่ ไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กอาจจะไม่เหมาะสมเพราะสามารถเดินสายส่งจากโครงข่ายระบบจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตได้ หรือมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำมันดีเซลเป็นทางเลือกที่ดีกว่า แต่ประเทศไทยก็ยังมีแหล่งที่น่าจะพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กอยู่อีกพอประมาณ ที่เชื่อว่ามีข้อได้เปรียบอย่างชัดเจนเหนือการใช้น้ำมันดีเซล เพราะนอกจากจะเป็นการสนับสนุนเทคโนโลยีพื้นฐานที่ท้องถิ่นทำได้เองแล้ว ยังหลีกเลี่ยงการใช้น้ำมันราคาแพงที่ต้องสั่งเข้ามาจากต่างประเทศ และบางครั้งก็มีปัญหาเรื่องการขาดตลาดและการขนส่งไปยังพื้นที่ห่างไกล ความจริงเครื่องจักรเกี่ยวกับไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมีอายุยืนยาว มีปัญหาในการบำรุงรักษาน้อย และค่าซ่อมบำรุงก็สามารถทำให้ลดต่ำลงได้โดยการเลือกที่ตั้งและออกแบบงานโยธาให้ดีตั้งแต่ต้น.

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

Inversin, A.R. 1983. Small Hydropower for Asian Rural Development. NRECA Workshop, June 8-11, 1981.

Leliavsky, S. 1982. Hydroelectric Engineering for Civil Engineers. Chapman and Hall Ltd.

Parker, A.D. 1971. Planning and Estimating Dam Construction. McGraw-Hill.

ภาคผนวก
เครื่องกังหันไฟฟ้าพลังน้ำ

ส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องกับน้ำ

เครื่องกังหันไฟฟ้าพลังน้ำมีส่วนประกอบสำคัญที่เกี่ยวข้องกับน้ำดังนี้ อาคารที่รับน้ำท่อส่งน้ำแรงดันสูง ท่อรับน้ำเข้าเครื่องกังหัน แผ่นกำกับการไหลของน้ำหรือที่จ่ายน้ำ ตัวกังหันและท่อปล่อยน้ำออก ระดับน้ำบนสุดนับจากปากท่อรับน้ำที่เรียกว่า forebay การไหลจะเข้าสู่อาคารรับน้ำซึ่งออกแบบให้รับน้ำเข้าสู่ท่อส่งน้ำอย่างมีประสิทธิภาพเท่าที่จะทำได้ กล่าวคือไม่ให้เกิดน้ำหมุนวนและมีฟองอากาศในท่อส่งน้ำเข้าสู่เครื่องกังหัน นอกจากนี้ยังต้องมีลูกกรงป้องกันเศษหินเศษขยะขนาดใหญ่ ไม่ให้เข้าสู่เครื่องกังหันและทำให้เกิดความเสียหาย ระยะช่วงต่อระหว่างท่อส่งน้ำและทางน้ำเข้าเครื่องกังหัน จะต้องออกแบบให้เข้ากันได้ดีกับขนาดของเครื่องกังหัน และมีประตูน้ำหรืออุปกรณ์อื่นที่สามารถปิดกั้นการไหลของน้ำได้เมื่อยามฉุกเฉินหรือระหว่างปิดซ่อมบำรุง เครื่องกังหันน้ำมีหลายชนิดหลายขนาด บางชนิดก็ติดตั้งได้ง่าย ๆ ในรางน้ำเปิด บางชนิดก็ต้องอาศัยท่อส่งน้ำแรงดันสูง ในกรณีใดก็ตาม ความสม่ำเสมอของการไหลเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องพยายามทำให้ได้ เพราะมีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องกังหัน ประสิทธิภาพในที่นี้พิจารณาจากอัตราส่วนของศักย์น้ำที่เครื่องกังหันได้รับต่อศักย์น้ำที่มีอยู่

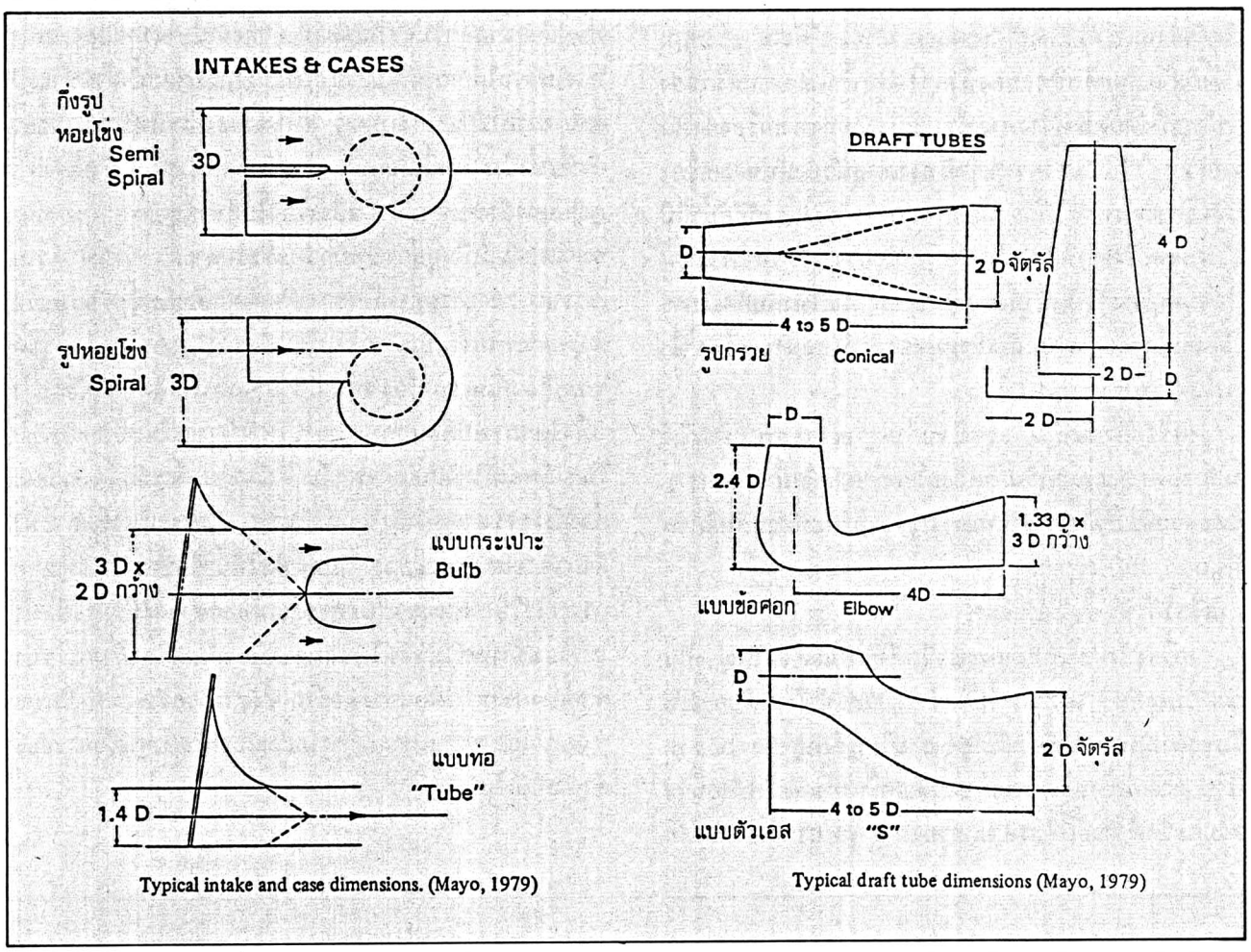
เครื่องกังหันน้ำบางชนิดมีช่องหรือทางน้ำไหลวนรอบนอกตัวกังหันเพื่อรับน้ำเข้าสู่ตัวกังหันในแนวรัศมีด้วยความเร็วเท่า ๆ กัน การออกแบบช่องน้ำไหลวนนี้มีรูปแบบต่าง ๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องกังหันและศักย์น้ำ สำหรับเครื่องกังหันศักย์น้ำต่ำและกำลังการผลิตน้อยอาจใช้ทางน้ำแบบรางเปิด แต่สำหรับเครื่องกังหันศักย์น้ำสูง มักต้องอาศัยทางน้ำไหลวนรูปหอยโข่ง โดยมีผนังทำด้วยแผ่นเหล็กโค้ง การออกแบบทางน้ำไหลวนนี้ต้องทำให้ความเร็วของการไหลแนวเส้นสัมผัสสม่ำเสมอทุกจุดรอบเส้นรอบวงของกังหัน นั่นคือพื้นที่หน้าตัดของช่องน้ำไหลวนนี้จะต้องลดลงเรื่อย ๆ จนเข้าสู่ตัวกังหัน ตัวอย่างของท่อรับน้ำและทางน้ำไหลวนนี้แสดงไว้ในรูป ผ1–ก ซึ่งมิติต่าง ๆ ให้ไว้ในรูปสัดส่วนของเส้นผ่าศูนย์กลางของตัวกังหันหรือตัวหมุน

การควบคุมปริมาณการไหลเข้าสู่ตัวกังหัน สำหรับเครื่องกังหันบางประเภทใช้แผ่นกำกับการไหลที่เรียกว่า guide vane หรือบางทีก็ใช้แบบประตูน้ำที่เรียกว่า wicket gate ติดตั้ง

ไว้รอบขอบนอกของตัวกังหัน แผ่นกำกับการไหลเหล่านี้มีกลไกยึดเข้าด้วยกันและตำแหน่งทิศทางของมันจะถูกควบคุมด้วยอุปกรณ์ควบคุมความเร็วของการหมุนกังหัน การหมุนแผ่นกำกับการไหลสามารถทำให้ปริมาณการไหลของน้ำเข้าสู่ตัวกังหันแปรผันได้จากศูนย์ถึงการไหลสูงสุดอย่างนิ่มนวล และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพของเครื่องกังหันด้วย ส่วนอีกแบบหนึ่งที่เป็นประตูน้ำเล็ก ๆ สามารถใช้เพื่อปิดกั้นการไหลของน้ำเข้าสู่ตัวกังหันในยามฉุกเฉินได้ด้วย มิฉะนั้นจะต้องมีประตูน้ำขนาดใหญ่อยู่ต้นทาง

ส่วนประกอบที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของเครื่องกังหันน้ำ คือ ท่อปล่อยน้ำออกที่เรียกว่า draft tube จุดประสงค์ของท่อนี้เพื่อลดพลังงานจลน์ของน้ำที่ออกจากตัวกังหัน ท่อปล่อยน้ำนี้มีหลายรูปแบบ เช่น แนวตรงรูปกรวยปลายบาน แนวโค้งหักข้อศอก หรือแบบท่อแยก ดังแสดงในรูป ผ1 ข. ซึ่งมิติต่าง ๆ ให้ไว้ในรูปสัดส่วนของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตัวกังหัน

รูปแบบของท่อปล่อยน้ำออกที่ง่ายที่สุด คือ ท่อตรงรูป



Typical intake and case dimensions. (Mayo, 1979)

Typical draft tube dimensions (Mayo, 1979)

รูป ผ 1. รูปแบบและสัดส่วนของ (ก) ท่อรับน้ำเข้า
(ข) ท่อปล่อยน้ำออก สำหรับเครื่องกังหันน้ำ

กรวยปลายบาน มุมที่บานออกมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเครื่องกังหันน้ำมาก กล่าวคือ ถ้ามุมบานออกน้อย ท่อต้องยาว เพื่อให้ได้พื้นที่หน้าตัดใหญ่พอที่จะทำให้ความเร็วของน้ำออกลดลง แต่ถ้าท่อยาวก็หมายถึงค่าก่อสร้างแพงขึ้น ค่ามุมบานที่ดีที่สุดและนิยมใช้กันประมาณข้างละ 7 องศา แต่บางครั้งถ้าจำเป็นก็อาจจะเพิ่มขึ้นได้ถึง 15 องศา ข้อเสียของมุมกว้าง คือ ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานและเสถียรภาพของการไหล ซึ่งทำให้สมรรถนะของเครื่องกังหันตกต่ำลง

เครื่องกังหันน้ำบางชนิด เช่น ที่มีแกนแนวดิ่ง การไหลต้องหักมุม 90 องศาหลังจากออกจากตัวกังหัน กรณีนี้ทำได้โดยการเพิ่มท่องอเชื่อมระหว่างเครื่องกังหันและท่อปล่อยน้ำออก แต่ต้องออกแบบให้รอบคอบเพราะมีผลกระทบต่อสมรรถนะของท่อปล่อยน้ำออก สิ่งที่ต้องตระหนักอยู่เสมอคือ การออกแบบท่อปล่อยน้ำออกท้ายตัวกังหันนั้น ใช้ได้เฉพาะเครื่องกังหันน้ำเครื่องนั้นเท่านั้น เพราะอาจจะไม่เหมาะสมกับเครื่องอื่นก็ได้ ดังนั้น ท่อปล่อยน้ำท้ายตัวกังหันจึงเป็นส่วนที่มีบทบาทสำคัญ

ต่อประสิทธิภาพและสมรรถนะของเครื่องกังหันไฟฟ้าพลังน้ำ

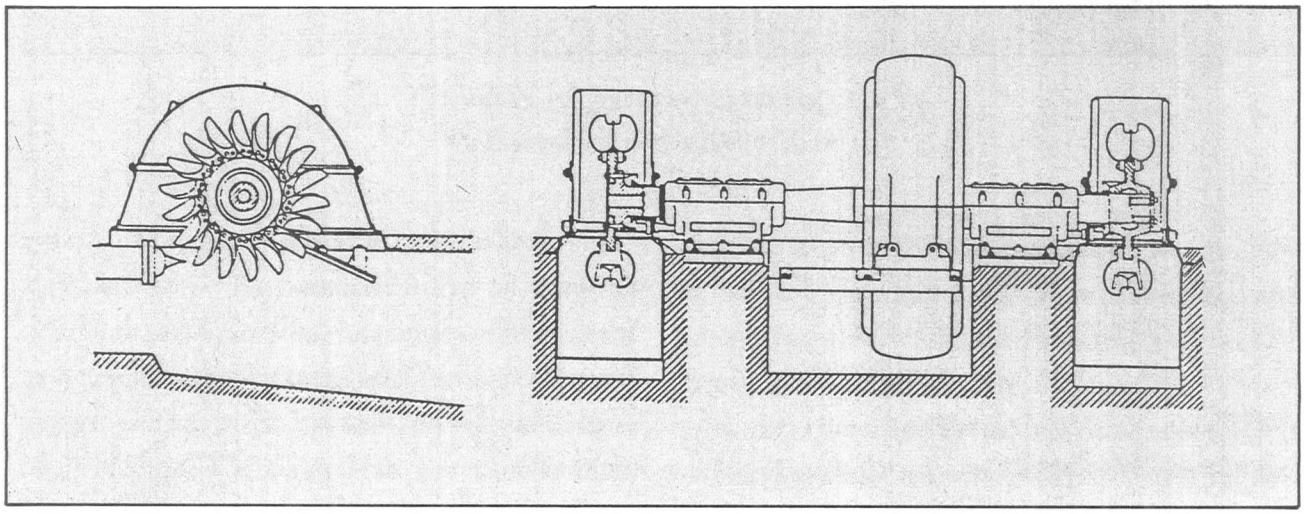
การจำแนกประเภทเครื่องกังหันไฟฟ้าพลังน้ำ

เครื่องกังหันน้ำสำหรับขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทพื้นฐาน กล่าวคือ ประเภท "แรงฉีด" (impulse turbine) และประเภท "แรงดัน" (reaction turbine) ประเภทแรกอาศัยแรงความเร็วของการไหลของน้ำโดยตรง แรงหมุนที่ได้ของกังหันประเภทนี้เกิดจากการเปลี่ยนพลังงานศักย์น้ำที่มีอยู่ให้เป็นพลังงานจลน์ก่อนเข้าสู่ตัวกังหันที่ความดันบรรยากาศ ประเภทหลัง ส่วนที่เป็นใบพัดหรือตัวกังหันจะจมมิดอยู่ใต้น้ำตลอดเวลาขณะใช้งาน แรงหมุนที่ได้เกิดขึ้นโดยอิทธิพลของทั้งความดันน้ำและความเร็วของการไหลที่ลดลงระหว่างทางเข้าและทางออกของเครื่องกังหันโดยทั่ว ๆ ไป แรงความเร็วที่ทางเข้าสู่ตัวกังหันของเครื่องกังหันประเภทหลังนี้มักจะน้อยกว่า 50% ของแรงศักย์น้ำที่มีอยู่ทั้งหมด ซึ่งต่างกันกับประเภทแรก อย่างไรก็ตาม แรงหมุนที่ได้จากเครื่องกังหันน้ำทั้งสองประเภท จะเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมเชิงมุมของน้ำที่ไหลผ่านเครื่อง ซึ่งเป็นไปตามสมการของ Euler

เครื่องกังหันน้ำแต่ละชนิดมีค่าความเร็วจำเพาะที่จะให้ประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นการเลือกใช้เครื่องกังหันน้ำชนิดต่าง ๆ จะสะดวกขึ้นถ้าพิจารณาจากความเร็วจำเพาะที่ประสิทธิภาพดีที่สุด

1. เครื่องกังหันน้ำ "แรงฉีด"

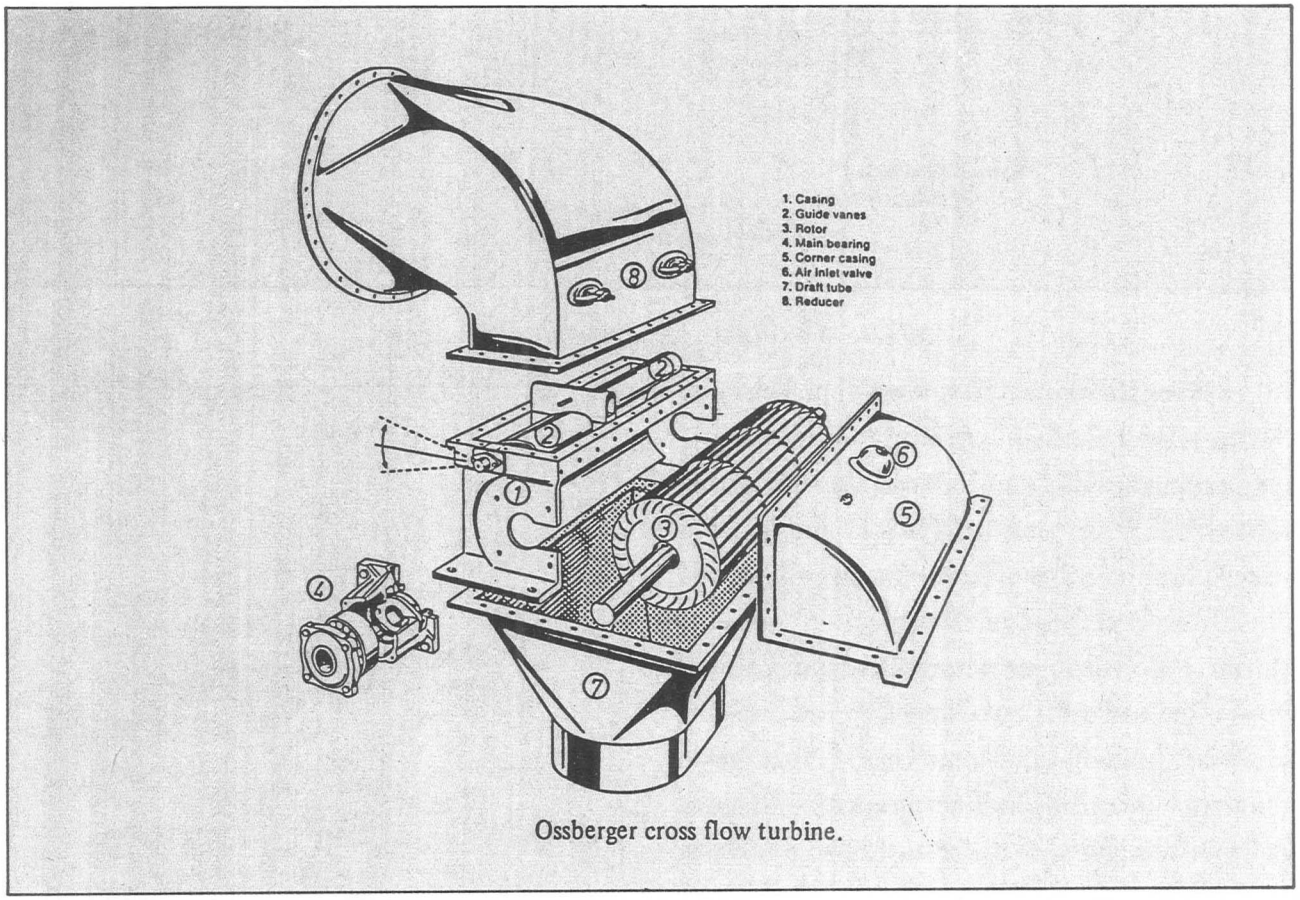
เครื่องกังหันน้ำประเภทแรงฉีดที่ทันสมัยส่วนใหญ่ เป็นชนิด "เพลตัน" ประเภทนี้มีขีดจำกัดในการใช้งานกับกรณีที่ปริมาณการไหลต่ำแต่มีศักย์น้ำสูง ส่วนใหญ่ต้องสูงกว่า 300 ม. ขึ้นไป เช่น ที่เขื่อนจุฬาภรณ์ สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 20 เมกะวัตต์ ศักย์น้ำ 375 ม. จำนวน 2 ชุด การทำงานอาศัยแรงฉีดของน้ำด้วยหัวฉีดหนึ่งหัวหรือมากกว่า โดยฉีดอย่างต่อเนื่องที่ลูกล้อหรือตัวกังหันที่ประกอบด้วยกระบวยรูปโค้งจำนวนมาก (รูป ผ 2) กระแสน้ำจะถูกฉีดตรงเข้าข้างใน ด้านข้าง และออกนอก ด้วยวิธีนี้จะทำให้เกิดแรงผลักกระทำต่อกระบวย มีผลทำให้เกิดแรงหมุนเพลาถ่ายทอดไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า พลังงานศักย์น้ำที่มีอยู่ทั้งหมดจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ที่หัวฉีด พลังงานจลน์ที่ผ่านพ้นตัวกังหันไปแล้วจะสูญหายหมด การออกแบบจึงจำเป็นต้องทำให้กระบวยทั้งหลายมีรูปร่างในลักษณะที่น้ำไหลออกมีความเร็วลดลงต่ำสุด ในกรณีเช่นนี้ท่อปล่อยน้ำออกไม่จำเป็นต้องมี ทั้งนี้เนื่องจากตัวกังหันน้ำทำงานภายใต้ความดันบรรยากาศปกติและศักย์น้ำด้านท้ายน้ำไม่สามารถใช้ประโยชน์ใด ๆ ได้ในแง่ของประสิทธิภาพ เครื่องกังหันน้ำประเภทนี้เป็นเครื่องสำหรับศักย์น้ำสูง ดังนั้น การสูญเสียพลังงานศักย์น้ำจึงเป็นเรื่องไม่สู้สำคัญนัก ตัวกังหันชนิดเพลตันนี้เป็นอุปกรณ์ที่มีความเร็วจำเพาะต่ำ การเพิ่มความเร็วจำเพาะสามารถทำได้โดยการติดตั้งหัวฉีดเพิ่มขึ้น ความเร็วจำเพาะจะเพิ่มขึ้นเป็น "รากแห่งกำลังสอง" ของจำนวนหัวฉีด ขณะเดียวกันความเร็วจำเพาะก็สามารถทำให้เพิ่มขึ้นได้อีกทางหนึ่งโดยการเปลี่ยนลักษณะการไหลเข้าและไหลออกของน้ำ ในกรณีของตัวกังหันแบบเพลตัน น้ำฉีดจากแต่ละหัวฉีด จะมีผลต่อหนึ่งกระบวยเท่านั้นในแต่ละขณะ เพราะแนวฉีดกระทำตั้งฉากต่อแต่ละกระบวย แต่ถ้าจะให้น้ำฉีดมีผลต่อหลาย ๆ กระบวยในเวลาเดียวกันอย่างต่อเนื่องก็ทำได้โดยการฉีดน้ำให้เอียงเข้าหาตัวกังหันในลักษณะเดียวกับเครื่องกังหันไอน้ำ ตัวอย่าง เช่น กังหันแบบเทอร์โก ซึ่งสามารถรับน้ำได้ปริมาณมากกว่าแบบเพลตันขณะที่ความเร็วและเส้นผ่าศูนย์กลางของตัวกังหันเท่ากัน



รูป ผ 2. เครื่องกังหันน้ำประเภทแรงฉีด ชนิดเพลตัน

ตัวกังหันแบบเพลตันส่วนใหญ่ติดตั้งแกนนอน และเนื่องจากเครื่องกังหันน้ำแบบเพลตันมีขีดจำกัดทางรูปแบบ ดังนั้นจำนวนหัวฉีดจึงมีได้ไม่เกิน 6 หัว หรือน้อยกว่า กำลังแรงม้าของตัวกังหันแบบเพลตัน ควบคุมโดยการปรับอัตราการฉีดน้ำด้วยเข็มหัวฉีดที่ปรับได้โดยอัตโนมัติ ต่างกันกับประเภทแรงดันที่ควบคุมด้วยประตูน้ำ อีกวิธีหนึ่ง กำลังแรงม้าของเครื่องกังหันก็สามารถเพิ่มได้โดยใช้ตัวกังหัน 2 ตัวต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องหนึ่ง หรือใช้หัวฉีดหลายหัว เข็มลิ้นหัวฉีดสามารถบังคับการไหลขณะที่ยังคงรักษาความเร็วของกระแสน้ำฉีดให้คงที่ได้ ความเร็วสัมพันธ์ที่ทางเข้าและทางออกยังคงไม่เปลี่ยนแปลง และสามารถรักษาประสิทธิภาพเกือบสม่ำเสมอตลอดช่วงกำลังการผลิตกว้าง ๆ นี่คือข้อดีของเครื่องกังหันน้ำแบบเพลตันและเทอร์โก

เครื่องกังหันน้ำอีกรูปแบบหนึ่งในประเภทนี้ มีลักษณะการไหลแบบน้ำตกพุ่งลงสู่ตัวกังหันรูปทรงกระบอกแกนนอน ซึ่งประกอบด้วยแถวใบพัดเรียงตามแนวยาวขนานกันเป็นรูปกระบอกกลม ดังรูป ผ 3 แบบนี้มีชื่อเรียกว่า ครอสโฟลว์ การไหลของน้ำจะผ่านใบพัด 2 ครั้ง ครั้งแรกที่ส่วนบนของตัวกังหัน และอีกครั้งที่ส่วนล่าง การไหลออกจากใบพัดในทิศทางตรงกันข้ามจากการไหลผ่านครั้งแรกนับว่าเป็นการทำความสะอาดไปในตัว เศษหินเศษขยะที่ติดอยู่กับรอบนอกของตัวกังหันที่ส่วนบนสุดจะถูกทำให้หลุดออกโดยการไหลผ่านครั้งที่สองที่ส่วนล่างสุด เครื่องกังหันประเภทนี้มีแผ่นกำกับการไหลที่ปรับได้ ทำหน้าที่คล้ายกับประตูน้ำ ในกรณีที่จำเป็น แผ่นกำกับการไหลนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน แยกกันอย่างอิสระ ความยาวของแผ่นกำกับการไหลทั้งสองส่วนนี้ส่วนใหญ่ออกแบบให้มีอัตราส่วน 1 : 2 เพื่อการใช้ประโยชน์ตัวกังหันบางส่วน กล่าวคือ 1/3 หรือ 2/3 หรือทั้งหมด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพการไหล การทำเช่นนี้ทำให้ประสิทธิภาพสม่ำเสมอตลอดช่วงกำลังการผลิต ตั้งแต่ 15 ถึง 100%

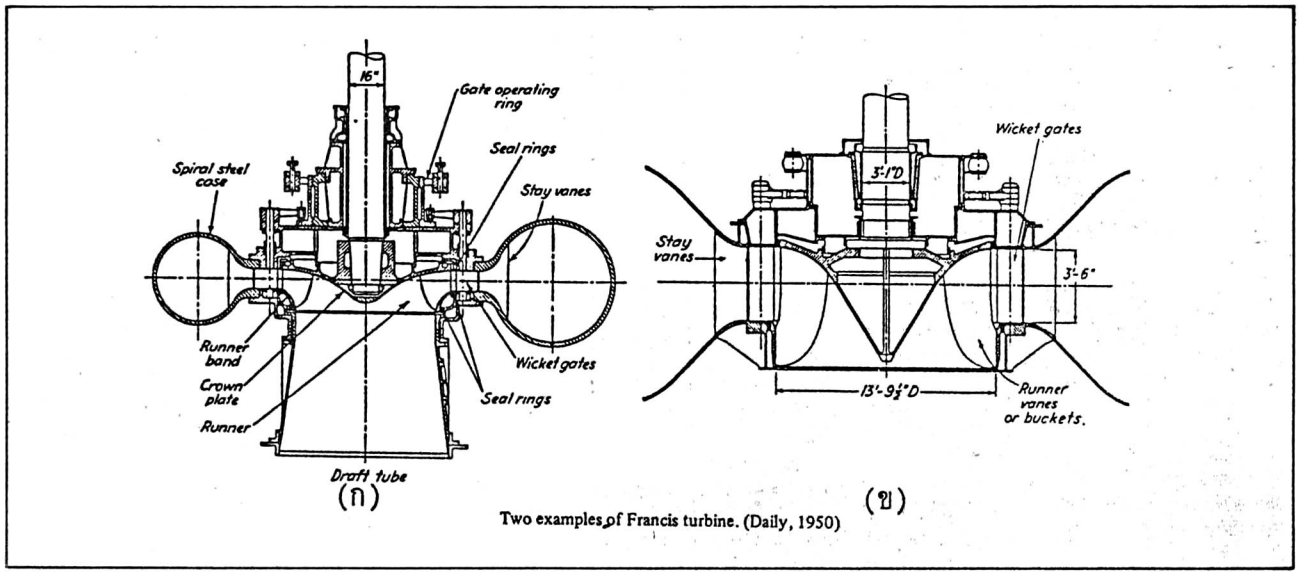


รูป ผ 3. เครื่องกังหันน้ำประเภทแรงฉีด ชนิดครอสโฟลว์

2. เครื่องกังหันน้ำ "แรงดัน"

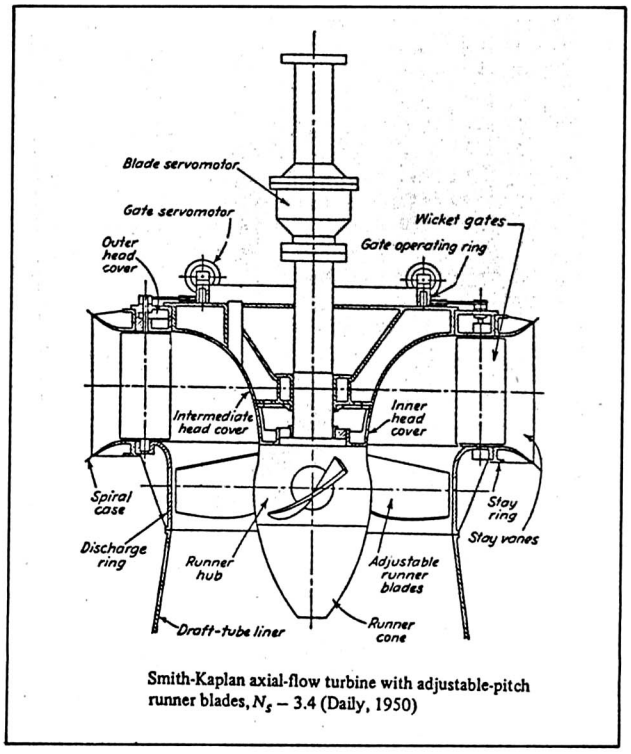
เครื่องกังหันน้ำประเภทแรงดันนี้ สามารถจำแนกออกได้ตามลักษณะทิศทางการไหลของน้ำผ่านเข้าสู่ตัวกังหันหรือใบพัด กล่าวคือ การไหลเข้าทางแนวรัศมี การไหลตามแนวแกน และการไหลแบบผสม (สมัยใหม่นิยมออกแบบให้การไหลของน้ำจากวงนอกสู่วงในเสมอ) สำหรับตัวกังหันแบบการไหลทั้งแนวรัศมีและแนวแกน การไหลของน้ำจะออกตามแนวรัศมีก่อนที่จะถึงส่วนในของตัวกังหัน แบบนี้เรียกว่า

เครื่องกังหันแบบการไหลผสม ถ้าการไหลเข้าสู่ตัวกังหันทั้งในทิศทางแนวรัศมีและแนวเส้นสัมผัสเท่านั้น เรียกว่า เครื่องกังหันแบบการไหลแนวรัศมี สำหรับศักย์น้ำช่วง 30–300 ม. นิยมใช้เครื่องกังหันน้ำชนิดฟรานซิส ซึ่งมีทั้งแบบการไหลตามแนวรัศมีและการไหลแบบผสม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วจำเพาะที่ออกแบบ รูป ผ 4 แสดงรูปตัดของเครื่องกังหันน้ำชนิดฟรานซิส ตัวกังหันแบบการไหลแนวรัศมี (รูป ผ 4 ก) เป็นการออกแบบสำหรับความเร็วจำเพาะต่ำ ขณะที่ตัวกังหันแบบการไหลผสม (รูป ผ 4 ข) เหมาะสำหรับความเร็วจำเพาะสูงมาก ๆ จึงจะให้ประสิทธิภาพสูงสุด แบบแรกเช่นที่เขื่อนภูมิพล สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 73 เมกะวัตต์ ศักย์น้ำ 100 ม. จำนวน 6 ชุด และที่เขื่อนศรีนครินทร์สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 125 เมกะวัตต์ ศักย์น้ำ 150 ม. จำนวน 3 ชุด เครื่องกังหันน้ำชนิดฟรานซิสทั้งสองแห่ง ติดตั้งลักษณะนอนแกนตั้ง ที่เขื่อนห้วยสะพานหิน จ.จันทบุรี ซึ่งมีศักย์น้ำ 125 ม. ก็ใช้เครื่องกังหันน้ำแบบฟรานซิสด้วย แต่ติดตั้งลักษณะตั้งแกนนอน เพราะเป็นเครื่องขนาดเล็ก สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 6.35 เมกะวัตต์ 2 ชุด



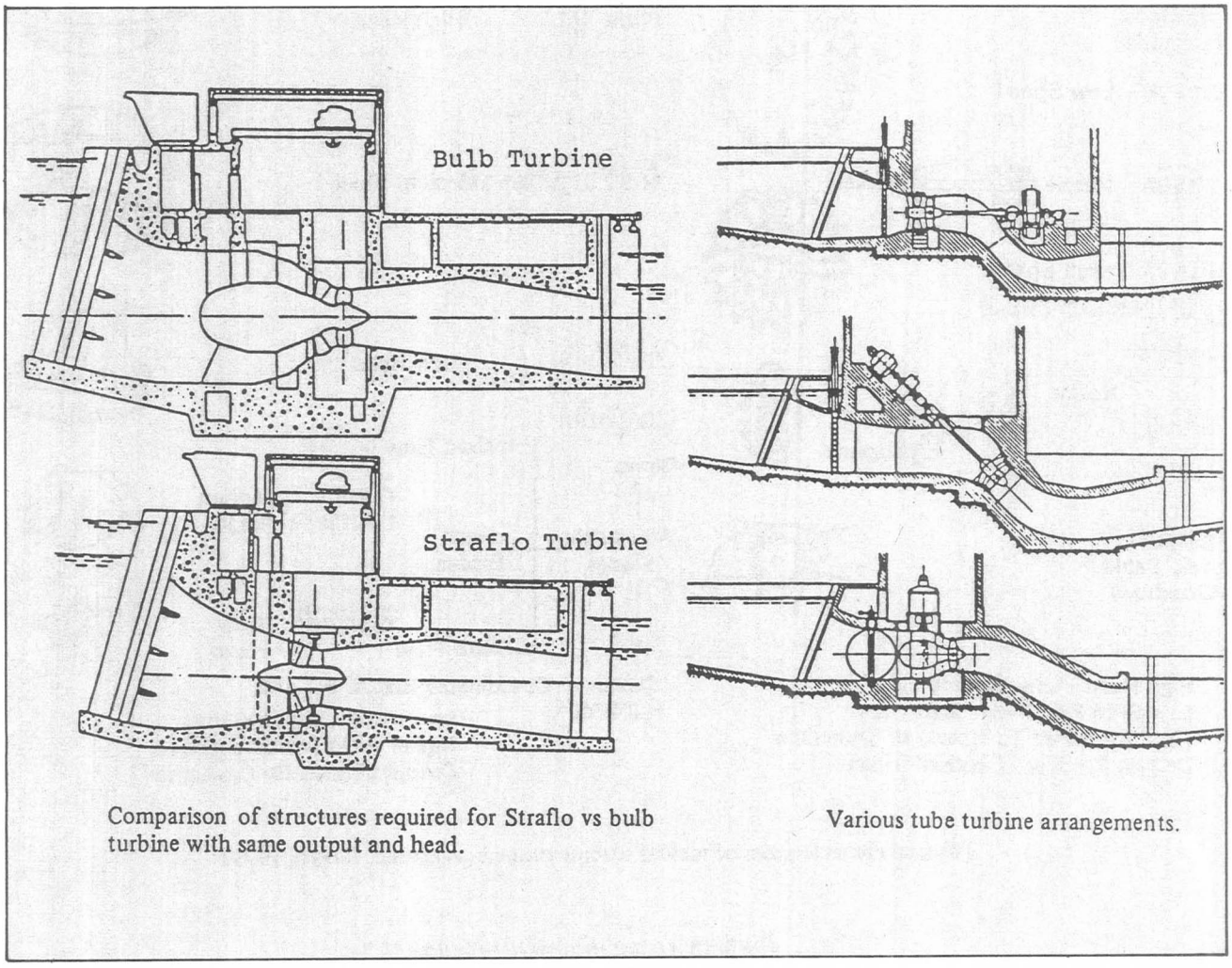
รูป ผ 4. เครื่องกังหันน้ำประเภทแรงดัน ชนิดฟรานซิส

สำหรับกรณีศักย์น้ำต่ำมาก ๆ ตั้งแต่ 50 ม. ลงมา แต่มีปริมาณการไหลสูงนิยมใช้เครื่องกังหันน้ำชนิดใบพัดแบบการไหลตามแนวแกน ซึ่งมีทั้งแบบใบพัดตรึงแน่นและแบบใบพัดปรับองศาได้ที่มีชื่อว่า "คาปลาน" (รูป ผ 5) แบบหลังนี้แกนเครื่องกังหันอยู่ในแนวดิ่งและมีทางน้ำไหลวนทำเป็นผนังโค้งรูปหอยโข่งสำหรับน้ำไหลเข้าและมีประตูน้ำเล็ก ๆ ตลอดแนวเส้นรอบวง สำหรับควบคุมการไหลของน้ำเข้าสู่ตัวกังหันเช่นเดียวกันกับชนิดฟรานซิส การไหลเข้าสู่ตัวกังหันในทิศทางแนวรัศมีเข้าในและหักมุมฉากก่อนเข้าสู่ตัวกังหันในทิศทางตามแนวแกน เครื่องกังหันน้ำชนิดคาปลานสามารถปรับองศาของใบพัดได้เช่นเดียวกับการปรับบานประตูควบคุมปริมาณการไหลที่ช่องจ่ายน้ำ ระบบควบคุมจะออกแบบในลักษณะที่การปรับองศาของใบพัดจะผสมผสานกับการตั้งทิศทางของบานประตูน้ำที่ช่องจ่ายน้ำ ในลักษณะที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพรวมที่ดีที่สุด ที่อัตราการไหลต่าง ๆ ตัวอย่างเช่นที่เขื่อนอุบลรัตน์ สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 8.3 เมกะวัตต์ ศักย์น้ำ 30 ม. จำนวน 3 ชุด และที่เขื่อนสิรินธร สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 12 เมกะวัตต์ ศักย์น้ำ 30 ม. จำนวน 2 ชุด



รูป ผ 5. เครื่องกังหันน้ำประเภทแรงดัน ชนิดคาปลาน

กรณีของเครื่องกังหันน้ำแบบใบพัด การออกแบบดั้งเดิมนั้นไม่ได้ใช้ประโยชน์ของคุณสมบัติทางเรขาคณิตของตัวกังหันแบบการไหลตามแนวแกน เมื่อการไหลเข้าสู่ช่องหอยโข่งในแนวนอน แล้วพุ่งเข้าในแนวรัศมีจากช่องจ่ายน้ำซึ่งการไหลหมุนวน หลังจากผ่านตัวกังหันแล้วไหลออกในทิศทางแนวดิ่งโดยมีส่วนน้ำวนหลงเหลืออยู่น้อยมาก ต่อมาการไหลต้องหักมุมฉากอีกครั้งหนึ่งเพื่อลงสู่คลองท้ายน้ำในแนวนอน ในแง่ของการออกแบบ การกระทำเช่นนั้นมีข้อเสียหลายประการ เช่น การไหลเข้าสู่ตัวกังหันมีความซับซ้อนมาก และยากในการออกแบบรูปร่างโครงสร้างแกนใบพัดและช่วงปรับองศาใบพัดที่ถูกต้อง เพื่อให้การสูญเสียระหว่างการปรับองศาใบพัดให้น้อยที่สุด นอกจากนี้ยังมีการสูญเสียอื่น ๆ เช่น ในการไหลหักข้อศอกและเส้นทางการไหลที่คดเคี้ยวตั้งแต่ทางเข้าจนถึงทางออก และงานโยธาก็เพิ่มขึ้นด้วย การออกแบบสมัยใหม่นั้นถือเอาข้อได้เปรียบเต็มที่ของตัวกังหันใบพัดแบบไหลตามแนวแกน (รูป ผ 6) ซึ่งมีทั้งแบบท่อ แบบกระเปาะ การออกแบบเช่นนี้ทำให้การไหลเข้าและออกจากเครื่องกังหันมีการเปลี่ยนทิศทางน้อยที่สุด การออกแบบงานโยธารูปแบบต่าง ๆ ทำได้สะดวก แบบท่อสามารถใช้ได้ทั้งกับเครื่องกังหันน้ำแบบใบพัดตรึงแน่นหรือแบบกึ่งคาปลาน หรือแบบปรับองศาได้เต็มที่ (คาปลาน) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าติดตั้งอยู่ภายนอก ขับเคลื่อนโดยอาศัยเพลาผ่านทางน้ำได้ทั้งต้นน้ำหรือท้ายน้ำของตัวหมุน แบบกระเปาะนั้น เดิมทีออกแบบสำหรับปริมาณการไหลสูงและศักย์น้ำต่ำ ในกรณีเครื่องกังหันขนาดใหญ่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะติดตั้งไว้ภายในกระเปาะ และขับเคลื่อนโดยใบพัดที่ปรับองศาได้ที่ท้ายน้ำปลายกระเปาะ สำหรับเครื่องขนาดเล็กมีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าภายนอกซึ่งมีกลไกช่วยให้ขับ–เคลื่อนในทิศทางตั้งฉากได้ การออกแบบดังกล่าวง่ายต่อการติดตั้งเครื่องกังหัน จึงเป็นที่สนใจกันมากสำหรับเครื่องกังหันแบบการไหลตามแนวแกนที่มีศักย์น้ำต่ำ



Comparison of structures required for Straflo vs bulb turbine with same output and head.

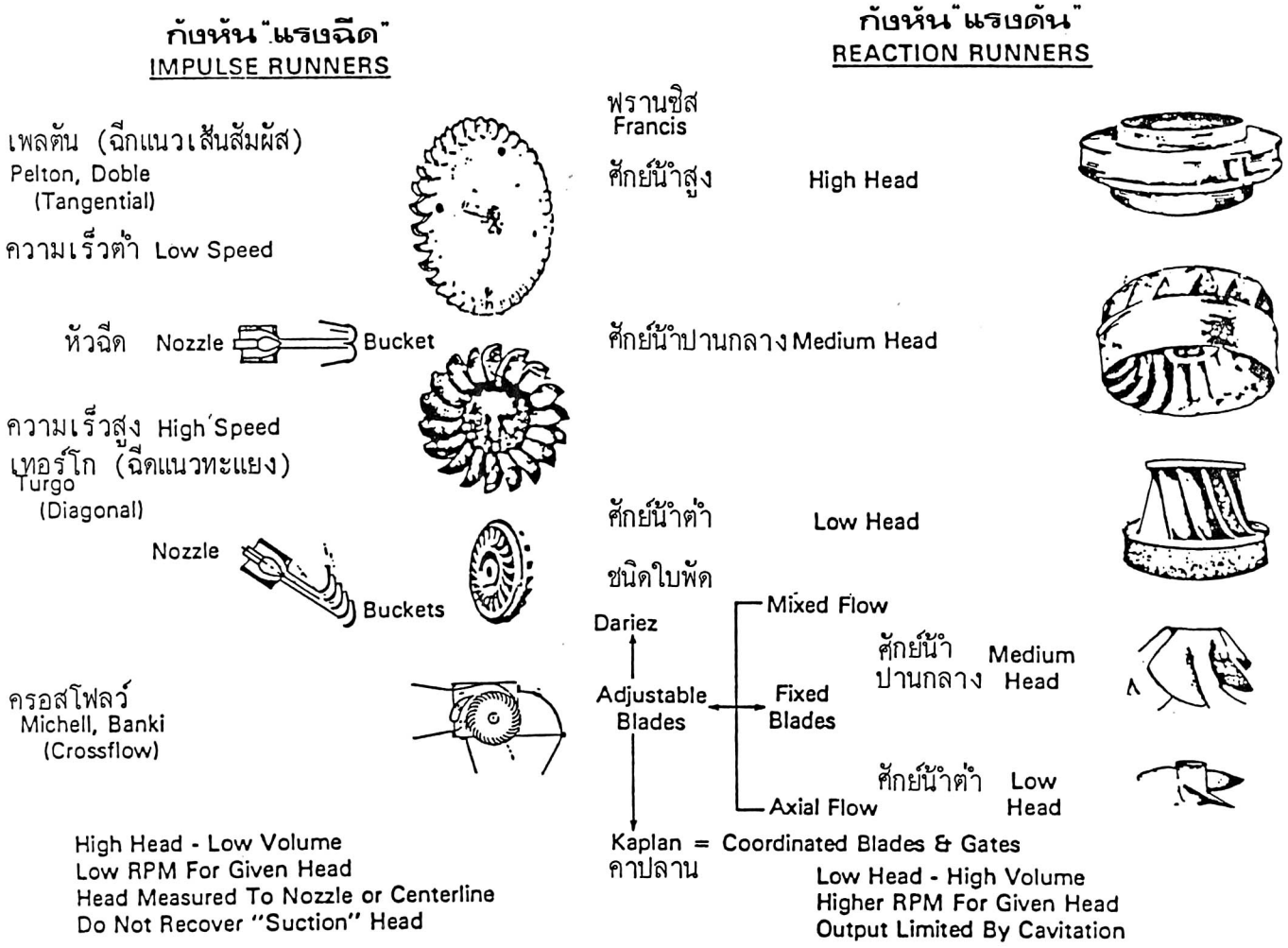
Various tube turbine arrangements.

รูป ผ 6. เครื่องกังหันน้ำชนิดคาปลาน แบบการไหลตามแนวแกน ติดตั้งในลักษณะต่าง ๆ

นอกจากเครื่องกังหันชนิดฟรานซิสแบบการไหลผสมและการไหลแนวรัศมี และเครื่องกังหันแบบการไหลตามแนวแกนแล้ว ยังมีเครื่องกังหันแบบเดอเรียส ซึ่งเป็นกังหันใบพัดแบบไหลผสมชนิดคาปลาน เครื่องกังหันแบบนี้เดิมทีพัฒนาสำหรับการสูบน้ำกลับ โดยเฉพาะสำหรับการใช้งานในช่วงศักย์น้ำปานกลาง เครื่องกังหันแบบนี้ประกอบด้วยใบพัดปรับองศาได้ ติดอยู่บนแกนรูปกรวยสามารถใช้ได้ทั้งกรณีที่มีช่องทางน้ำแบบหอยโข่งที่นิยมกันและแบบการไหลผสมที่เหมาะสมสำหรับการใช้กับศักย์น้ำสูงมากขึ้นไป

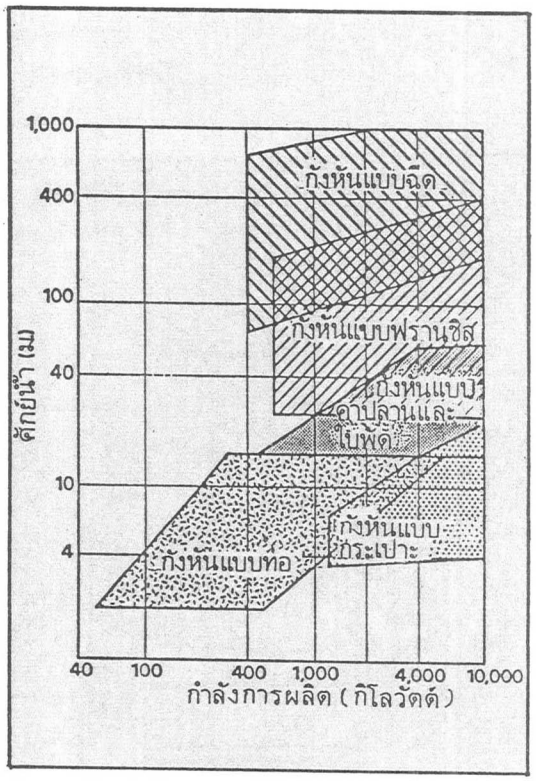
ในแง่ของขนาด เครื่องกังหันน้ำประเภทแรงฉีดเมื่อมีขนาดเล็กลงจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงในประสิทธิภาพมากนัก แต่ประเภทแรงดันชนิดฟรานซิสและคาปลาน ประสิทธิภาพจะลดลงได้ง่ายเมื่อลดขนาดเครื่องลง ทั้งนี้เพราะเครื่องขนาดเล็กมีการสูญเสียเชิงกลและการรั่วสูงกว่า

รูป ผ 7 และ ผ 8 แสดงการจำแนกประเภทของตัวกังหันน้ำแบบต่าง ๆ สำหรับงานลักษณะหนึ่ง ๆ และตัวอย่างการใช้เครื่องกังหันน้ำแบบต่าง ๆ สำหรับโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กและจิ๋วในประเทศไทยตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 1



Physical characteristics of various turbine runners compared. (Mayo, 1979)

รูป ผ 7. ลักษณะทางกายภาพของตัวกังหันแบบต่าง ๆ

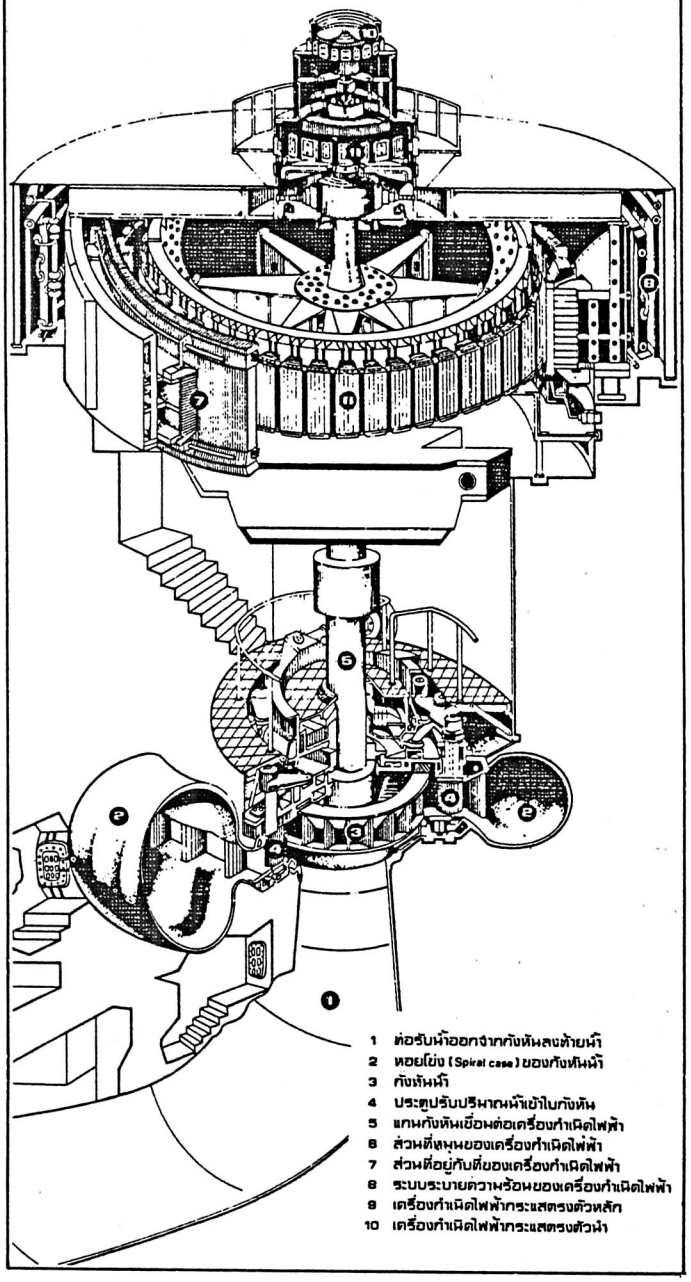


รูป ผ 8. ช่วงการใช้งานที่เหมาะสมสำหรับเครื่องกังหันน้ำชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 1. การใช้เครื่องกังหันน้ำแบบต่าง ๆ สำหรับโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กและขนาดจิ๋ว

โครงการ	จังหวัด	กำลังการผลิต (กิโลวัตต์)	ศักย์น้ำ (เมตร)	เครื่องกังหันน้ำ (แบบ)	แหล่งผลิตเครื่องกังหันน้ำ
แม่ฮ่องสอน	แม่ฮ่องสอน	800	40	ฟรานซิส	ต่างประเทศ
บ้านยาง	เชียงใหม่	112	67	ครอสโฟลว์ 50 กิโลวัตต์ 2 เครื่อง และแบบฟรานซิส 12 กิโลวัตต์ 1 เครื่อง	ต่างประเทศ
อ่างขาง	เชียงใหม่	10	30	เพลตัน	ภายในประเทศ
ดอยปุย	เชียงใหม่	5	17	ครอสโฟลว์	ภายในประเทศ
นาดอน	นครศรีธรรมราช	15	—	เพลตัน	ต่างประเทศ
แม่จอน	เชียงใหม่	5	17	ครอสโฟลว์	ภายในประเทศ
แม่กึมหลวง	เชียงใหม่	3,000	116	ฟรานซิส	ต่างประเทศ
ห้วยน้ำดัง	เชียงใหม่	100	70	ครอสโฟลว์	ภายในประเทศ
ห้วยแม่ปง	พะเยา	900	400	เพลตัน	ต่างประเทศ
แม่สา	เชียงใหม่	1.5	10	ครอสโฟลว์	ภายในประเทศ
ศูนย์เยาวชนเซนต์ปอล	ชุมพร	15	8	ครอสโฟลว์	ภายในประเทศ

รูปตัดเครื่องกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



การพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำห้วยสะพานหิน จังหวัดจันทบุรี

สมิทธิ์ คำเพิ่มพูล และ นระ คมนามูล

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, บางเขน, ก.ท. 10900

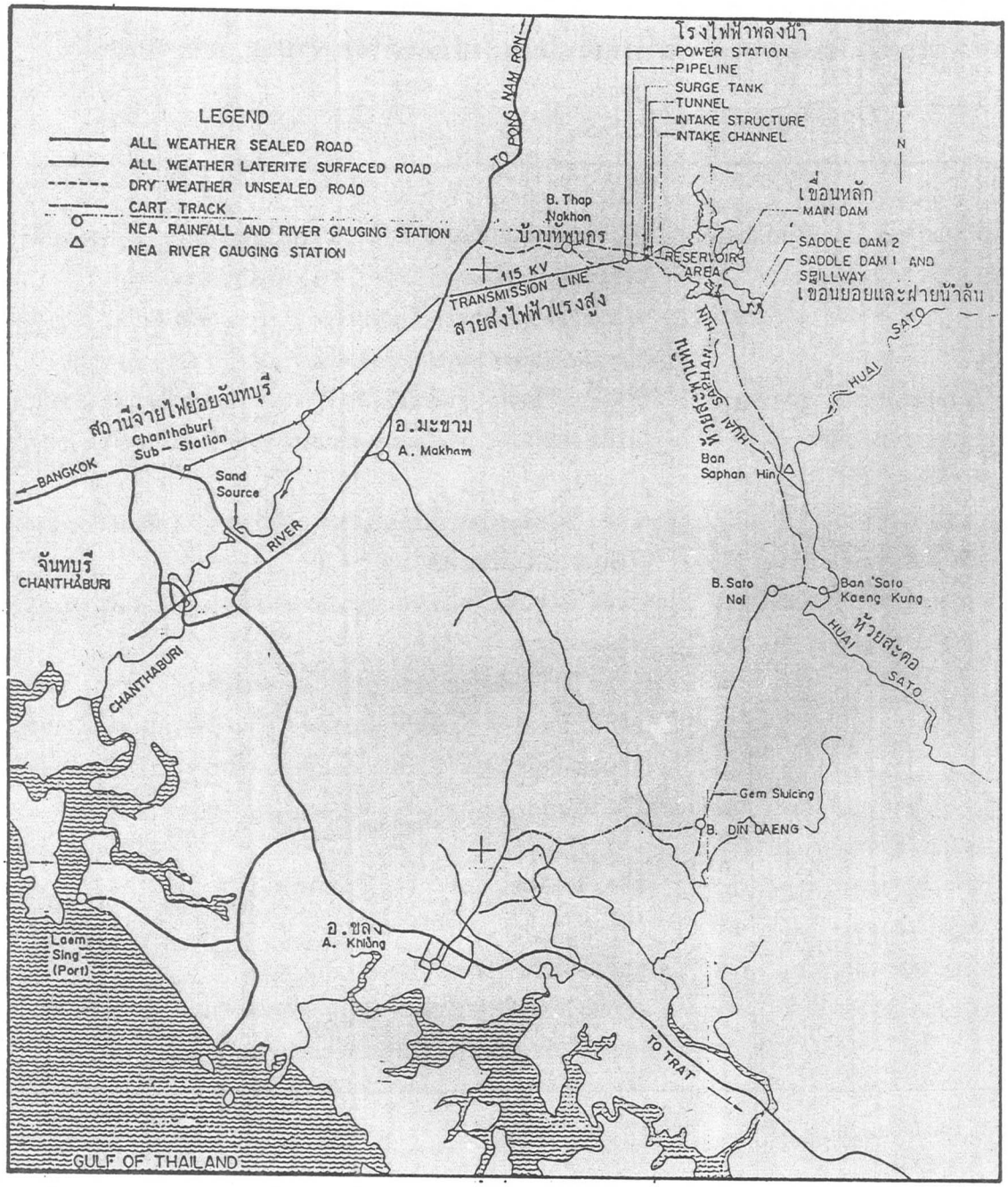
เจ้าของโครงการ	:	สำนักงานพลังงานแห่งชาติ
ผู้สำรวจศึกษาความเหมาะสมโครงการ (มี.ค. 20 – ก.ค. 21)	:	สำนักงานพลังงานแห่งชาติ ด้วยความช่วยเหลือทางเทคนิคจากผู้เชี่ยวชาญแผนโคลัมโบ ผ่านองค์การร่วมมือระหว่างประเทศของญี่ปุ่น (Japan International Cooperation Agency หรือ JICA) โดยร่วมมือกับ Electric Power Development Co. Ltd., (EPDC) ของญี่ปุ่น
ผู้ออกแบบรายละเอียดทางวิศวกรรม (6 ธ.ค. 24 – 7 ธ.ค. 25)	:	สโนวี เมาน์เทนส์ เอ็นจีเนียริ่ง คอร์ปอเรชั่น ของออสเตรเลีย (SMEC) และ บริษัท เนชั่นแนล เอ็นจีเนียริ่ง คอนซัลแตนท์ จำกัด ของไทย (NECCO)
ผู้รับจ้างก่อสร้าง		
ก) งานโยธาทั้งหมด (1 ก.ย. 26 – 31 ส.ค. 29)	:	บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล็อปเมนต์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด (ITD) ราคางานทั้งหมด 274 ล้านบาท*
ข) อุปกรณ์เครื่องจักรและไฟฟ้า (30 ก.ย. 26 – 4 ต.ค. 29)	:	บริษัท มิตซูบิชิ เป็นผู้ออกแบบ ประกอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ บริษัท นิกกิ เป็นผู้ออกแบบประกอบเครื่องกังหันน้ำ บริษัท เอ็น พี ซี ของญี่ปุ่น และบริษัท ซิโน–ไทย เอ็นจีเนียริ่ง แอนด์ คอนสตรัคชั่น จำกัด ของไทย เป็นผู้ดำเนินงานติดตั้ง ราคางานทั้งหมด 130 ล้านบาท
ค) สายส่งไฟฟ้าแรงสูงขนาด 115 kV. ระยะทาง 24 กม. (30 ก.ย. 26 – 7 ธ.ค. 28)	:	หจก. จารุภัณฑ์ก่อสร้าง (12 ล้านบาท)
วิศวกรที่ปรึกษาควบคุมการก่อสร้าง ส่วน ก (18 ก.ย. 27 – 15 ก.ย. 29)	:	ศูนย์บริการวิศวกรรมที่ปรึกษา สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน

** ราคาเดิม 206 ล้านบาท*

ที่ตั้งโครงการ

โครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำห้วยสะพานหิน ตั้งอยู่ที่อำเภอมะขาม จังหวัดจันทบุรี ซึ่งอยู่บนชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกของอ่าวไทย ห่างจากกรุงเทพมหานครประมาณ 250 กม. พื้นที่โครงการทั้งหมดครอบคลุมระหว่างอำเภอมะขามและอำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี

โครงการนี้เป็นระยะเริ่มแรกของแผนพัฒนาลุ่มน้ำห้วยสะตอ โดยมีจุดหมายหลักที่จะเพิ่มพลังงานไฟฟ้าให้กับ จ. จันทบุรีและตราด ซึ่งจะสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ถึง 12.2 เมกะวัตต์ (12,200 กิโลวัตต์) หรือคิดเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณปีละ 27 ล้านหน่วย สามารถทดแทนพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากน้ำมันเตาได้ประมาณปีละ 7 ล้านลิตร คิดเป็นมูลค่า 56 ล้านบาท นอกจากนี้ยังให้ประโยชน์ทางด้านเกษตรจากระบบการชลประทานของการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำที่สามารถเก็บน้ำได้ 50–75.8 ล้าน ลบ.ม. โดยมีพื้นที่ผิวน้ำที่ระดับน้ำสูงสุด 8.9 ตร.กม. และมีพื้นที่รับน้ำ 45 ตร.กม. เนื่องจากบริเวณแถบนี้มีฝนตกชุกเป็นประจำ คิดเฉลี่ยประมาณปีละ 3,000 มม. จึงให้ปริมาณน้ำมีมากพอใช้ตลอดปีและให้การชลประทานท้ายน้ำได้ถึง 26,650 ไร่ ที่ส่วนใหญ่เป็นสวนผลไม้ และอ่างเก็บน้ำนี้ยังสามารถที่จะรองรับการขยายกิจการประปา



แผนที่แสดงที่ตั้งโครงการ

ใน จ.จันทบุรี ของการประปาส่วนภูมิภาคได้ ซึ่งเป็นการรักษาระดับน้ำในแม่น้ำจันทบุรีและป้องกันการรุกล้ำของน้ำทะเลในระหว่างฤดูแล้งอีกด้วย

ความเป็นมาของโครงการ

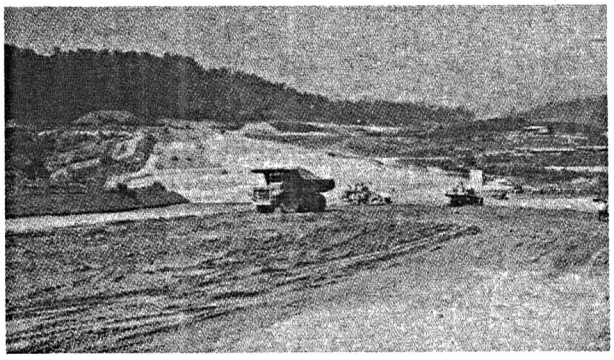
เมื่อประมาณ พ.ศ. 2515 ได้มีการสำรวจอัตราการเพิ่มของความต้องการในการใช้ไฟฟ้าในเขต จ.จันทบุรี ระยอง และตราด พบว่ามีอัตราเพิ่มปีละ 22% จึงมีผลให้การผลิตกระแสไฟฟ้าจากโรงจักรพระนครใต้ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ.) ไม่พอเพียงกับความต้องการ อีกทั้งยังมีการสูญเสียในระบบสายส่งอย่างมาก เพราะกระแสไฟฟ้าเดินทางในระยะทางไกลมากประมาณ 300 กม. ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องหาแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าราคาถูกเพิ่มขึ้น

ดังนั้น สำนักงานพลังงานแห่งชาติจึงได้สำรวจแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอีก 2 แห่ง คือ ที่ห้วยสะพานหิน จ.จันทบุรี และที่คลองประทุน จ.ตราด โดยได้รับความร่วมมือและช่วยเหลือจากรัฐบาลญี่ปุ่นในการศึกษาและจัดทำรายงานเกี่ยวกับโครงการแรกเสียก่อน

เดิมทีประมาณการค่าใช้จ่ายงานก่อสร้างโครงการห้วย–สะพานหินไว้ 859.6 ล้านบาท โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

	แรกเริ่ม	ราคาในที่สุด
1. การอำนวยการโครงการ	25.40 ล้านบาท	33.24 ล้านบาท
2. การออกแบบรายละเอียดทางวิศวกรรม	17.50 ล้านบาท	17.50 ล้านบาท
3. การเตรียมงานก่อสร้าง	13.50 ล้านบาท	10.01 ล้านบาท
4. ค่าวิศวกรที่ปรึกษาควบคุมงานก่อสร้าง	22.50 ล้านบาท	16.77 ล้านบาท
5. การก่อสร้างโครงการและอุปกรณ์เครื่องจักร	780.60 ล้านบาท	420.00 ล้านบาท
รวมราคาโครงการ	859.60 ล้านบาท	497.52 ล้านบาท

จากรายงานการศึกษาความเหมาะสมของโครงการ ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า อายุการใช้งาน 50 ปี ให้อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อการลงทุนเป็น 1.47 : 1 และอัตราผลตอบแทนโครงการ ร้อยละ 11.6 ทั้งนี้คิดจากราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดในระหว่างนั้น 394 ล้านบาท เมื่อรวมประโยชน์ทางการชลประทานด้วยแล้ว จะให้อัตราส่วน



งานเขื่อนระหว่างการก่อสร้าง

ผลประโยชน์ต่อการลงทุนเป็น 1.58 : 1 สำหรับพื้นที่ชลประทาน (ใน จ.จันทบุรี) 23,475.45 ไร่ และระบบคลองส่งน้ำยาวทั้งหมด 34.1 กม. ในราคาที่ประมาณไว้ 146 ล้านบาท

สำหรับราษฎรที่ทำมาหากินอยู่ในบริเวณที่สร้างอ่างเก็บน้ำและแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูง ประมาณ 113 ครัวเรือน ในพื้นที่ 6,363 ไร่ ทางโครงการฯ จำเป็นที่จะต้องให้อพยพไปอยู่ในสถานที่แห่งใหม่ ซึ่งทางรัฐบาลก็ได้เตรียมเงินไว้ 64,378,000 บาท ให้แก่ราษฎรที่ต้องย้ายถิ่นฐานไปอยู่ที่ใหม่แล้ว

ลักษณะโครงการ

โครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำห้วยสะพานหินนี้ประกอบด้วย เขื่อนดินใหญ่ 1 เขื่อน ขนาดปริมาตรวัสดุ 1.4 ล้าน ลบ.ม. สูง 34.0 ม. และมีสันยาว 1,337.5 ม. เพื่อปิดกั้นลำน้ำห้วย–สะพานหิน และมีคันดินปิดช่องว่างระหว่างภูเขาอีก 2 แห่ง และทางระบายน้ำล้นสำหรับอัตราการไหล 250 ลบ.ม.ต่อวินาที ทำให้เกิดเป็นอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ ซึ่งจะสามารถเก็บกักน้ำได้ถึง 75.8 ล้าน ลบ.ม. จากนั้นจะผันน้ำจากอ่างเก็บน้ำไปทางทิศตะวันตกในทิศทางตั้งฉากกับลำน้ำห้วยสะพานหิน ตามทางรับน้ำซึ่งสร้างเป็นคลองส่งน้ำที่มีหินเรียงกันฝั่งพังยาว 1,000 ม. เข้าสู่อาคารรับน้ำคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 23 ม. ชนิดหอคอย อิสระที่มีประตูน้ำชนิดล้อเลื่อน ขนาด 2.4 × 1.8 ม. 1 บาน และประตูกั้นน้ำอีก 1 บาน

อาคารรับน้ำนี้เชื่อมโยงกับโรงผลิตกระแสไฟฟ้าพลังน้ำด้วยอุโมงค์ ซึ่งเจาะระเบิดหิน 7,940 ลบ.ม. ทะลุลอดใต้ภูเขาหินทรายชนิด greywacke อุโมงค์ผันน้ำนี้เป็นอุโมงค์รูปเกือกม้ารับแรงดันได้ ภายในตาดด้วยคอนกรีตไม่มีเหล็กเสริม มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 2.4–2.2 ม. ยาว 732 ม. โดยมีความลาดสู่ท้ายน้ำร้อยละ 1.0 และอัตราการไหลที่ออกแบบไว้ 13.2 ลบ.ม.ต่อวินาที จากปากอุโมงค์ด้านท้ายน้ำ มีท่อส่งน้ำเดี่ยวยาว 407.8 ม. ทำด้วยเหล็กแผ่นม้วนเป็นรูปวงกลม มีเส้นผ่าศูนย์–กลางภายใน 2.2 ม. และลดลงมาถึง 1.8 ม. พร้อมกับแยกออกเป็น 2 ท่อ ขนาด 1.8 – 1.3 ม. เพื่อต่อกับเครื่องกังหันน้ำ

2 เครื่อง ที่โรงไฟฟ้า ระบบท่อส่งน้ำเพื่อหมุนเครื่องกังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้านี้ ยังมีส่วนประกอบอื่นที่สำคัญคือ ปล่องและถังระบายความดันคอนกรีตเสริมเหล็กสูงทั้งสิ้น 44 ม. เส้นผ่าศูนย์กลางของปล่องและถัง 4 และ 9 ม. ตามลำดับ ตั้งอยู่ใต้ดินข้าง ๆ แนวอุโมงค์ ใกล้ปากอุโมงค์ด้านท้ายน้ำ

อาคารโรงไฟฟ้าและลานไกไฟฟ้า เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กขนาดยาว 44 ม. กว้าง 32 ม. และสูง 15 ม. ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและกังหันน้ำ 2 ชุด ขนาดกำลังผลิตชุดละ 6.35 เมกะวัตต์ (6,350 กิโลวัตต์) เครื่องกังหันน้ำเป็นแบบหอยโข่งตั้ง (Vertical Francis Turbine) ซึ่งขับเคลื่อนด้วยศักย์น้ำ 125 ม. และปริมาณการไหล 5.7 ลบ.ม.ต่อวินาทีต่อเครื่อง และมีสายส่งไฟฟ้าแรงสูงขนาด 115 กิโลโวลท์ ไปยังสถานีจ่ายไฟฟ้าย่อยจันทบุรีของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เป็นระยะทาง 23.8 กม. เพื่อทำการผลิตและจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ระบบโครงข่ายสายส่งไฟฟ้าแรงสูงรวมของประเทศ

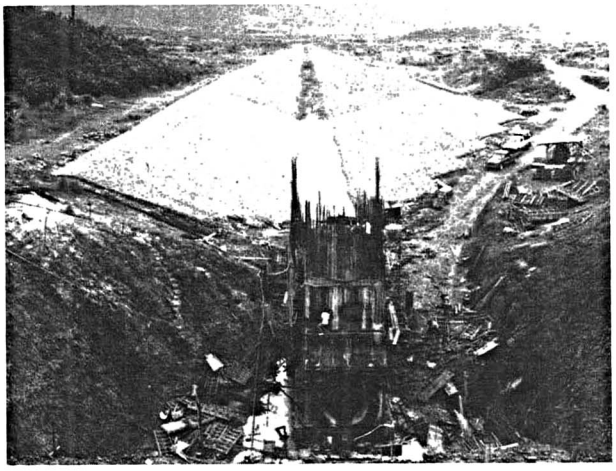
ธรณีวิทยาของพื้นที่โครงการ

ชั้นหินของพื้นที่โครงการส่วนใหญ่เป็นหินชั้นพวกหินทรายที่มีหินดินดานร่วมอยู่เป็นที่ ๆ ซึ่งทั้งหมดเป็นหินหน่วยกาญจนบุรีของชุดตะนาวศรี มีอายุระหว่าง 285–430 ล้านปี (Period : Carboniferous, Devonian and Silurian) และในบางส่วนของพื้นที่เหนือชั้นหินทรายดังกล่าว ปรากฏมีหินอัคนีพวกบะซอลต์เกิดขึ้นอยู่ข้างบน โดยเฉพาะตามลำน้ำห้วย–สะพานหิน บริเวณที่ตั้งของตัวเขื่อนใหญ่ มีหินบะซอลต์โผล่ให้เห็นและบางแห่งแสดงพิลลาร์ลาวาและคอลัมนาร์บะซอลต์ขนาดใหญ่ให้เห็นอย่างชัดเจน หินบะซอลต์นี้เชื่อว่าเกิดขึ้นหลายครั้ง มีอายุตั้งแต่ในระหว่างยุคเทอร์เชียรี (Tertiary) คือประมาณ 50 ล้านปีมาแล้ว ถึงยุคน้ำแข็งตอนปลาย (Pleistocene) คือระหว่าง 2.5 – 3 ล้านปีที่แล้วมา

หินทรายในพื้นที่นี้มีเนื้อละเอียดถึงปานกลาง รูปร่างเม็ดมีทั้งกึ่งกลมและกึ่งเหลี่ยม จากการวิเคราะห์ตัวอย่างหินพบว่าประกอบด้วยแร่ควอรตซ์ 60% เฟลด์สปาร์ 25% และแร่อื่น ๆ เช่น augite, mica, hornblende และ FeO ไม่แสดงการวางตัวเป็นชั้น ๆ ชัดเจน มีสีเทาเข้ม มีลักษณะแน่น แข็ง และเป็นมวลใหญ่ หินนี้เมื่อแตกมักมีรูปร่างแบนยาวและเหลมคม

หินดินดานโดยทั่วไปมีเนื้อละเอียด แข็ง แน่น สีดำ มีลักษณะกะเทาะออกได้เป็นแผ่น ๆ หินชนิดนี้วางตัวร่วมอยู่กับหินทราย แสดงระนาบชั้นชัดเจน ส่วนใหญ่มีความหนาน้อยกว่า 10 ซม.

พื้นที่โครงการทั้งหมดครอบคลุมด้วยหินทรายที่เรียกว่า greywacke เป็นส่วนใหญ่ โครงสร้างของชั้นหินนี้มีการคดโค้งขนาดย่อม ๆ แต่ที่คดโค้งใหญ่และหักงอมาก ๆ ไม่ปรากฏ



ทางรับน้ำและอาคารรับน้ำเข้าสู่อุโมงค์ส่งน้ำ

โดยทั่วไปทิศทางของเส้นตรงที่ชั้นหินตัดกับแนวระนาบ (strike) มีค่า N20° - 40°W และค่ามุมที่ชั้นหินเอียงไปจากแนวระนาบ (dip) มีค่า 60° – 90° ในทิศทาง SW หรือ NE

หินบะซอลต์โดยทั่วไปมีเนื้อละเอียด แข็ง และแน่น ยกเว้นที่เป็นรูพรุน มีสีดำ ไม่มีควอรตซ์และจากการวิเคราะห์ตัวอย่างหินพบว่า ประกอบด้วยแร่ plagioclase 40%, pyroxene 35%, olivine 10%, biotite 10% และอื่น ๆ การสลายตัวของแร่ชนิดแรกเกิดขึ้นเร็วกว่าชนิดอื่น ๆ ผลที่ได้จากการสลายตัวคือ แร่ดินเหนียวและแร่ซิลิกา หินบะซอลต์นี้ครอบคลุมบางส่วนของพื้นที่อ่างเก็บน้ำและเป็นส่วนหนึ่งของหินฐานรากรองรับเขื่อน

นอกจากนี้ ในโพรงหินบะซอลต์ยังมีสารคล้ายขี้ผึ้งกลิ่นกำมะถันสอดแทรกอยู่ทั่วไป ปัญหาในการทำความสะอาดหินฐานรากชนิดนี้มีมากพอสมควร

ธรณีวิทยาของบริเวณที่ตั้งเขื่อนใหญ่มีปัญหาด้านฐานรากเขื่อนอยู่บ้าง ที่มีรอยผิดวิสัย (unconformity) อยู่ระหว่างชั้นหิน 2 ชนิด ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ห่างกันมากถึงหลายร้อยล้านปี หินบะซอลต์ฐานรากเขื่อน มีความหนาแตกต่างกันมาก ตั้งแต่ 0 ถึง 52 ม. ที่บริเวณฝั่งขวาใกล้ลำน้ำห้วยสะพานหิน หินบะซอลต์นี้เกิดจากการเย็นตัวอย่างรวดเร็วบนผิวโลกของลาวาที่ครั้งหนึ่งเคยไหลผ่านลงมายังหุบเขาบริเวณนี้หรือพื้นเบื้องล่างที่หินมีอายุแก่กว่ามาก หินทรายเดิมที่อยู่เบื้องล่างของการไหลของลาวานี้ เชื่อว่าชั้นผิวหน้าเดิมคงจะมีการผุสลายตัวเป็นดินทับถมกันแต่ยังไม่อัดตัวแน่นเต็มที่ หินทรายผุสลายหรือดินผงที่เกิดจากการสลายตัวของหินนี้แทรกอยู่ระหว่างหินทรายอายุมากข้างล่างและหินบะซอลต์อายุน้อยข้างบน มีความหนาตั้งแต่ 3 ถึง 13.5 ม. และอยู่ลึกมาก แต่ก็มีบางส่วนโผล่ขึ้นมาให้เห็นในบริเวณที่ตั้งเขื่อนใหญ่ใกล้ปลายสุดฝั่งขวา ดินผงนี้มีเนื้อละเอียดมาก สีขาว–เทา เป็น Tuffa-

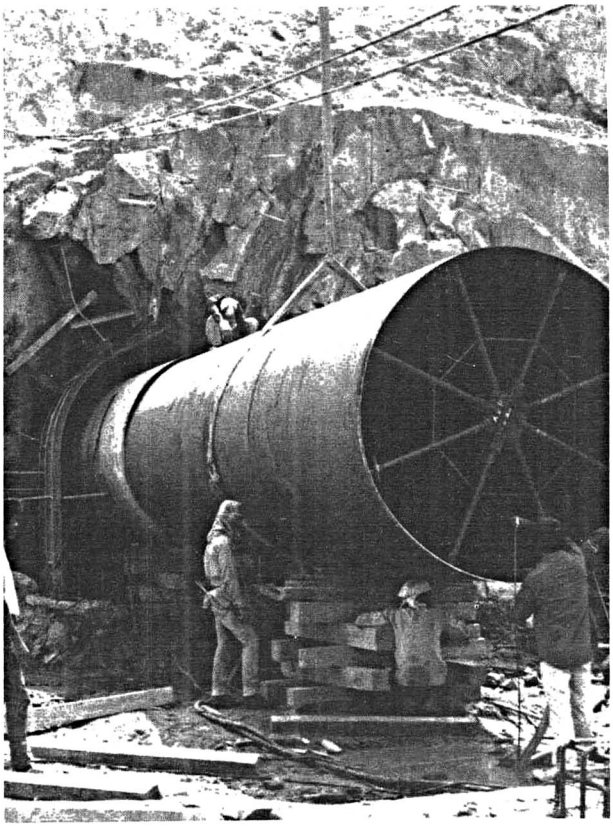
ceous sandstone และ interbedded shale ที่ผุสลายตัวแล้ว มีแร่ควอรตซ์ลักษณะเป็นเหลี่ยมและเฟลด์สปาร์เป็นองค์ประกอบสำคัญ ซึ่งเมื่อเปียกน้ำจะมีความหนืดสูงและเชื่อว่าจะไม่แขวนลอยในน้ำ ดินผงนี้มีค่าการซึมผ่านของน้ำต่ำ (permeability, $k = 2.12 \times 10^{-7}$ cm/sec) ทั้งนี้จากการทดสอบที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ดังนั้นการอัดฉีดสารเคมีปรับปรุงคุณภาพฐานรากเขื่อนส่วนนี้คงจะทำได้ค่อนข้างยาก (ความแน่นเปียกและแห้งของดินผงนี้ = 2.00 และ 1.65 ตัน/ลบ.ม. ตามลำดับ)

สำหรับส่วนบนสุดของธรณีวิทยาฐานรากเขื่อนเป็นดินตะกอนชุดควาเทอร์นารี ซึ่งประกอบด้วยหน้าดิน ดินตะกอนแม่น้ำ ดินตะกอนฝั่งแม่น้ำ ก้อนหินก้อนกรวด และดินลูกรังที่บ้างก็มีต้นกำเนิดจากหินทรายผุและบ้างก็จากหินบะซอลต์ผุ ทั้งหมดนี้อยู่ในสภาพที่ยังอัดตัวแน่นไม่เต็มที่ มีองค์ประกอบเป็นดินเหนียว ดินตะกอน ทรายและกรวด ที่กระจัดกระจายอยู่ทั่วไป ส่วนใหญ่เป็นดินตะกอนเหนียวและดินทรายปนบ้าง มีความหนาถึง 30 ม. ในบริเวณทั้งฝั่งซ้ายและขวาของเขื่อน นับว่าเป็นปัญหามากพอสมควรในการที่จะขุดดินส่วนบนนี้ออกเพื่อให้ฐานรากเขื่อนเป็นหินล้วน ๆ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากดินนี้ชั้นล่าง ๆ มีค่าการซึมผ่านของน้ำต่ำ ($k = 4.8 \times 10^{-7}$ cm/sec) จึงไม่จำเป็นต้องขุดออกหมดสำหรับเขื่อนดิน แต่ควบคุมการรั่วหนีของน้ำด้วย cut-off trench และ grout curtain ใต้เขื่อน และจำกัดการซึมผ่านของน้ำลอดใต้เขื่อนทั้งหมดให้ไม่เกิน 4 ลูยอง

สำหรับหินบะซอลต์ ส่วนในมีเนื้อแข็งเป็นมวลใหญ่อัดแน่นและไม่สู้จะมีรอยแตกมากนัก ซึ่งน้ำซึมผ่านได้น้อย แต่ที่ส่วนผิวและส่วนล่างสุดเป็นโพรงและมีรูพรุนมาก น้ำซึมผ่านได้โดยเฉลี่ยประมาณ 10–30 ลูยอง บางจุดมีน้ำพุขึ้นมาประมาณ 13 ลิตรต่อนาที ส่วนชั้นหินทราย การซึมผ่านของน้ำโดยทั่วไปต่ำ ยกเว้นที่ส่วนรอยต่อกับหินบะซอลต์ ซึ่งค่าการซึมผ่านของน้ำสูงมากถึง 150 ลูยองในบางที่ (1 หน่วยลูยอง (Lugeon) พิจารณาจากการทดสอบวัดน้ำที่มีการรั่วเกิดขึ้น 1 ลิตรต่อนาที ต่อความยาว 1 ม. ของหลุมเจาะภายใต้ความดัน 1 เมกะปาสกาล)

การก่อสร้างเขื่อน

เขื่อนหลักของโครงการ เป็นเขื่อนดิน (homogeneous earthdam) สูง 34 ม. ยาว 1,337.5 ม. และสันเขื่อนกว้าง 9 ม. ซึ่งผิวหน้าด้านต้นน้ำมีความลาด 3.0H : 1V วัสดุโซนนอกเป็นหินทิ้งหนา 3.00 ม. และโซนในเป็นวัสดุกรองหยาบหนา 1.00 ม. สำหรับผิวหน้าด้านท้ายน้ำมีความลาด 2.5H : 1V หินโซนนอกและโซนในหนา 2.50 และ 0.80 ม. ตามลำดับ เขื่อนนี้ค่อนข้างแบนเพื่อความมั่นคงของเขื่อนเพราะวัสดุดินถมเบา นอกจากนี้ในดินแกนเขื่อนด้านท้ายน้ำมีโซนวัสดุกรอง



ปากอุโมงค์ส่งน้ำด้านท้ายน้ำ

ละเอียดออกแบบให้แทรกอยู่ระหว่างดินฐานรากและดินคันเขื่อนในแนวนอน สำหรับโซนวัสดุกรองในแกนเขื่อน ออกแบบไว้กว้าง 2 ม. และสูงถึงระดับสูงสุดของน้ำในอ่าง เพื่อรับกับปริมาณน้ำซึมผ่านแกนและใต้ฐานรากเขื่อน การคัดขนาดสำหรับวัสดุกรองคำนึงถึงการป้องกันไม่ให้วัสดุแกนเขื่อนและดินฐานรากสลายตัวหนีตามน้ำ ขณะเดียวกันวัสดุกรองต้องระบายน้ำได้ดีและไม่เป็นเหตุให้เกิดการสะสมความดันน้ำในช่องว่างระหว่างเม็ดวัสดุแกนเขื่อน

วัสดุแกนเขื่อนได้จากแหล่งดินตะกอนเหนียวและทรายภายในบริเวณอ่างเก็บน้ำ รัศมีประมาณ 1 กม.จากที่ตั้งเขื่อน ใช้สำหรับการก่อสร้างเขื่อนฝั่งขวาซึ่งยาว 900 ม. และอีกแหล่งหนึ่งเป็นดินคล้ายกันอยู่บนเนินขอบอ่างเก็บน้ำ รัศมีประมาณ 2 กม. ทางฝั่งซ้ายของที่ตั้งเขื่อน ใช้สำหรับการก่อสร้างเขื่อนฝั่งซ้ายยาว 400 ม. ดินในแหล่งวัสดุทั้งสองมีความแน่นแห้งสูงสุด 1.43 ตันต่อ ลบ.ม. และความแน่นเปียก 1.92 ตันต่อ ลบ.ม. และมีปริมาณความชื้นระหว่าง 25–35% ซึ่งใกล้เคียงหรือสูงกว่าค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการบดอัด (optimum moisture content) ประมาณ 0–3% ของ OMC ค่าดัชนีความเป็นพลาสติก (PI) อยู่ระหว่าง 9–20% ซึ่งดีสำหรับงานเขื่อนและเป็นไปตามข้อกำหนด คือค่าขีดจำกัดความเหลว (LL) ไม่เกิน 70% PI ไม่ต่ำกว่า 8% และไม่อยู่ใน Class 1

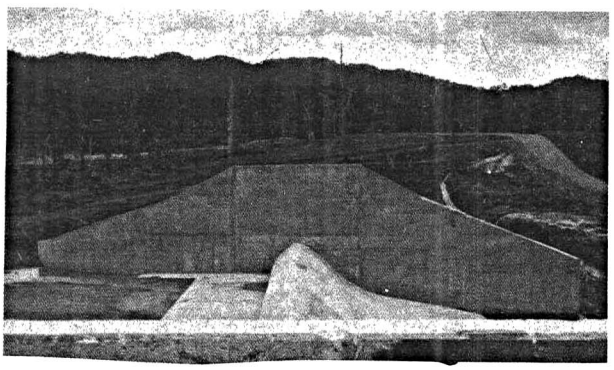
การติดตั้งท่อส่งน้ำจากปากอุโมงค์สู่โรงไฟฟ้า

ของ Emerson Dispersion Classification ถึงแม้ว่าภูมิประเทศแถบนี้จะมีฝนตกชุกเกือบทั้งปี แต่การก่อสร้างเขื่อนในฤดูแล้งไม่มีปัญหาในการรักษาปริมาณความชื้นที่เหมาะสมในดิน ระหว่างการบดอัด การบดอัดดินในสนามใช้รถตีนแกะล้อสั่นสะเทือน Michigan 275 บด 1 ครั้ง ตามด้วยรถบดล้อเรียบสั่นสะเทือน Dynapac SP 60 อีก 1 ครั้ง เพื่อเป็นการปิดหน้าดินและย่ำด้วยรถตีนแกะล้อสั่นสะเทือน Michigan 280 หรือ CAT 875 อีก 3 ครั้ง แล้วจึงลงดินชั้นต่อไป ชั้นละประมาณ 300 มม.

ในช่วงเร่งงานระหว่างฤดูแล้งสุดท้ายของโครงการ อัตราการทำงานดินสร้างเขื่อนโดยเฉลี่ยได้วันละประมาณ 10,000 ลบ.ม. บางวันอัตรานี้สูงถึงวันละ 15,000 ลบ.ม. โดยใช้รถดัมพ์ยูคลิด อาร์–35 จำนวน 16 คัน ทำงานตลอด 24 ชม.

หินสำหรับโซนนอกของเขื่อน ได้จากแหล่งหินบะซอลต์บนฝั่งซ้ายของลำน้ำห้วยสะพานหิน รัศมีประมาณ 600 ม. ท้ายน้ำจากที่ตั้งเขื่อน

วัสดุฐานรากซึ่งรองรับเขื่อนและโครงสร้างที่เกี่ยวข้องมีความแตกต่างกันออกไปตั้งแต่หินล้วน ๆ เช่น บะซอลต์ หินทราย และหินดินดาน จนถึงหินผุสลายตัวเต็มที่แล้ว กำลังรับน้ำหนักของฐานรากหินล้วน ๆ สูงประมาณ 2.0 เมกะ–



ฝายน้ำล้นระหว่างการก่อสร้าง

ปาสกาล (200 ตันต่อ ตร.ม.) สำหรับดินฐานรากมีปริมาณความชื้นอยู่ในระหว่าง 45–60% ความแน่นในสนาม 1.5–1.7 ตันต่อ ลบ.ม. ค่าแรงยึดเกาะ (C′) 45 กิโลปาสกาล และค่าแรงเสียดทาน (Ø ′) 20° เป็นพารามิเตอร์กำลังเฉือนของดิน

จากการทดสอบการอัดตัวคายน้ำของตัวอย่างดินฐานรากเขื่อน พบว่าที่ความดัน 1,000 กิโลปาสกาล การอัดตัวคายน้ำเกิดขึ้นถึง 25% ดังนั้นในการออกแบบและก่อสร้างตัวเขื่อนจึงได้เผื่อการทรุดตัวอย่างไม่เท่ากันของฐานราก โดยการยกระดับสันเขื่อนให้โค้งขึ้นตามแนวแกนโดยเฉพาะ ณ ส่วนที่ดินถมสูงที่สุด ถึงแม้ว่าดินฐานรากจะเกิดการอัดตัวคายน้ำมาก แต่เชื่อว่าความแตกต่างในการทรุดตัวตลอดแนวเขื่อนจะอยู่ในขีดจำกัดที่ยอมรับได้ เพราะส่วนที่ดินฐานรากลึก คันดินถมจะไม่สูง และส่วนที่คันดินถมสูง ดินฐานรากจะบาง

การก่อสร้างเขื่อนพอสรุปขั้นตอนการทำงานได้ดังต่อไปนี้

1) หักร้างถางป่า เปิดหน้าดินลึกตั้งแต่ 1–3 ม. และขุดดินระดับผิวและ cut-off trench ให้เรียบปราศจากหินนูน ๆ เว้า ๆ (ทั้งหมดใช้เวลา 13 เดือน)
2) ปรับปรุงฐานรากเขื่อนด้วยการเจาะหลุมเพื่อทดสอบการรั่วซึมด้วยการอัดน้ำ และทำการอัดฉีดน้ำปูนจนกระทั่งการรั่วซึมของน้ำไม่เกิน 4 ลูยอง (ใช้เวลา 15 เดือน)
3) เบี่ยงทางน้ำธรรมชาติด้วยคันดินในระหว่างฤดูฝนเพื่อสร้างท่อเบี่ยงทางน้ำคอนกรีตเสริมเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.4 ม. ยาว 214 ม. (ใช้เวลา 6 เดือน)
4) ปิดทางน้ำธรรมชาติและใช้ท่อเบี่ยงทางน้ำแทนในระหว่างฤดูแล้งสุดท้าย เพื่อลงดินถมขึ้นคันเขื่อนบริเวณนี้ (เป็นเวลา 4 เดือน)
5) ฉีดน้ำล้างและทำความสะอาดพื้นดินและหินฐานรากก่อนลงดินถมครั้งแรก
6) ลงดินถมขึ้นคันเขื่อนพร้อมกันตลอดแนวเขื่อน โดยในระยะแรกระหว่างที่รองานการสร้างท่อเบี่ยงทางน้ำและการปรับปรุงฐานรากเขื่อนบริเวณลำน้ำห้วยสะพานหินแล้วเสร็จ ได้ลงดินถมใน cut-off trench ของเขื่อนฝั่งขวาและขึ้นรูปเขื่อนฝั่งนี้นำหน้าไปก่อน (ทั้งหมดใช้เวลา 16 เดือน)

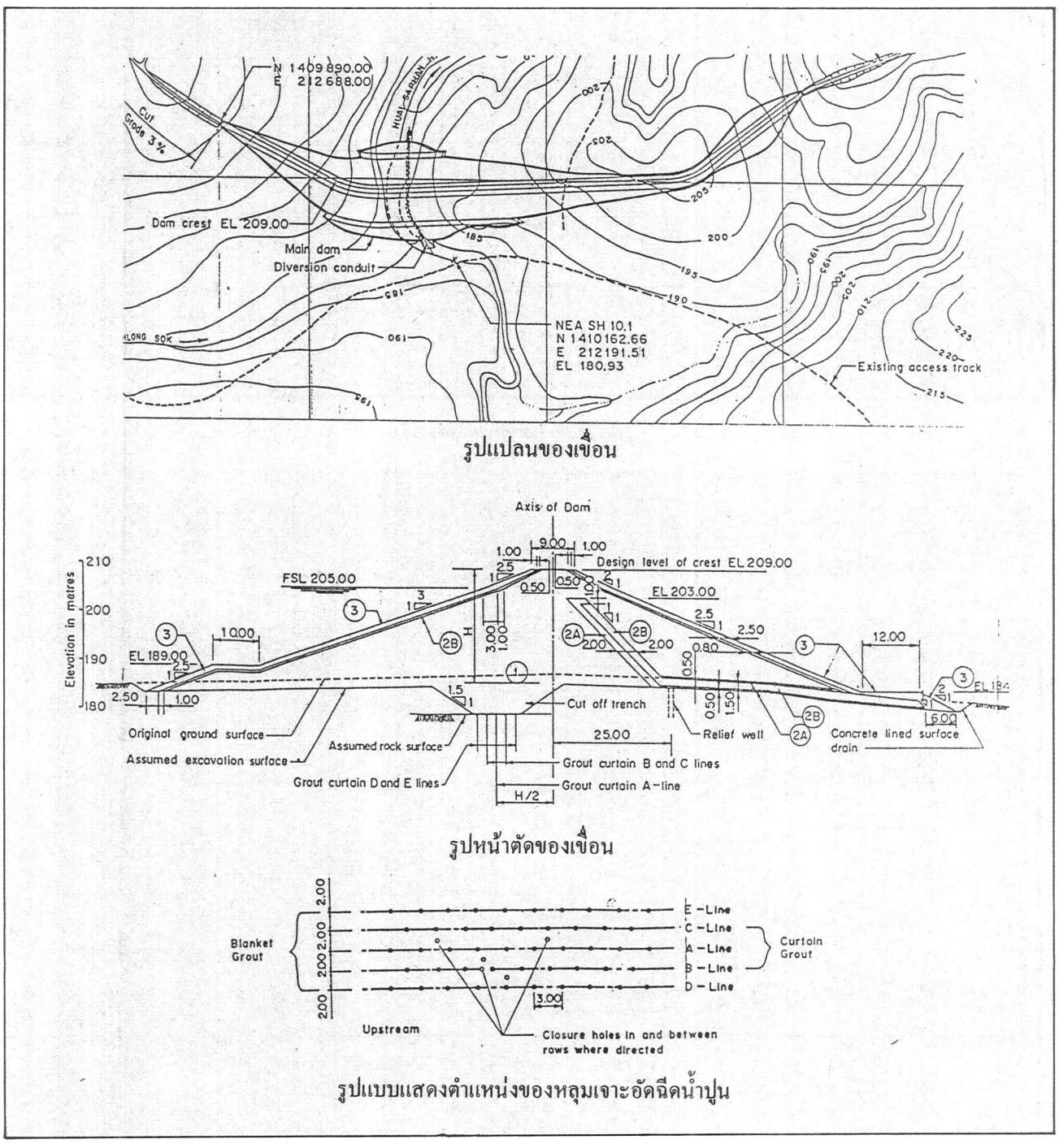
ส่วนที่สัมผัสกับพื้นหินฐานราก สำหรับหน้าตัดที่ซึ่งดินถมแกนเขื่อนติดต่อกับหินฐานรากหรือคอนกรีต จะใช้ดินเหนียวที่คัดพิเศษและให้มีปริมาณความชื้นสูงกว่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสม ทั้งนี้เพื่อทำให้การสัมผัสยืดหยุ่นดีขึ้นระหว่างดินถมและฐานราก สำหรับส่วนที่เป็นโซนหินของเขื่อนวางอยู่บน

ฐานรากที่เป็นหิน จะมีชั้นวัสดุอ่อนแทรกอยู่ระหว่างกลาง แต่ในกรณีที่ฐานรากเป็นหินผุ จะมีวัสดุกรองรองรับเพื่อไม่ให้เกิดการไหลหนีของวัสดุขนาดเล็ก

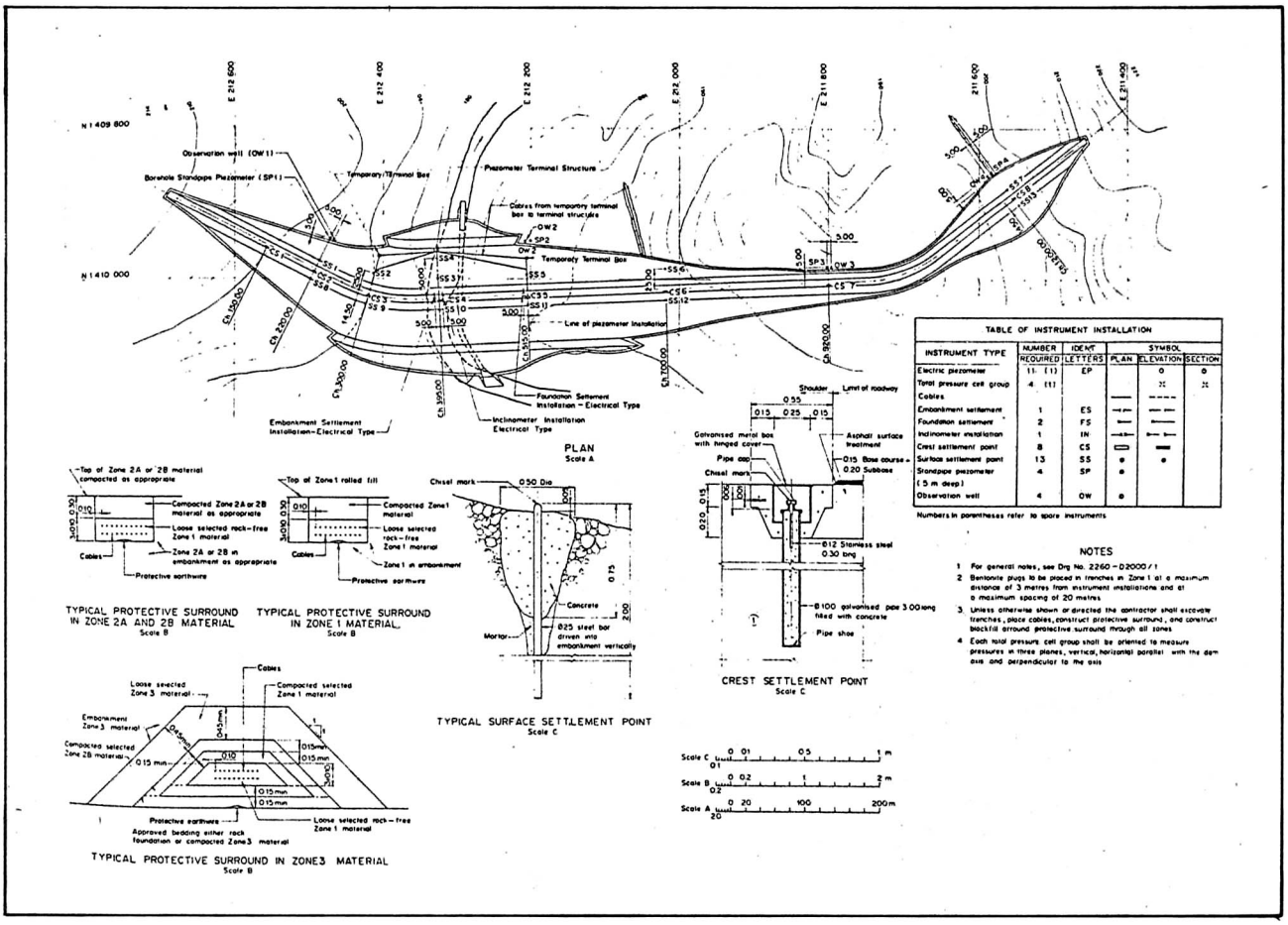
การปรับปรุงฐานรากเขื่อน

งานอัดฉีดน้ำปูนปรับปรุงฐานรากเขื่อน มีจุดประสงค์เพื่อเสริมความมั่นคงของฐานราก และลดการซึมหนีของน้ำในอ่างเก็บน้ำให้อยู่ในระดับที่แน่ใจว่าการสูญเสียน้ำผ่านใต้ฐานรากไม่มาก จนกระทั่งเป็นอุปสรรคต่อการใช้ประโยชน์ของเขื่อน และจะไม่ทำให้ดินหรือหินผุเบื้องล่างสลายตัวหนีง่าย

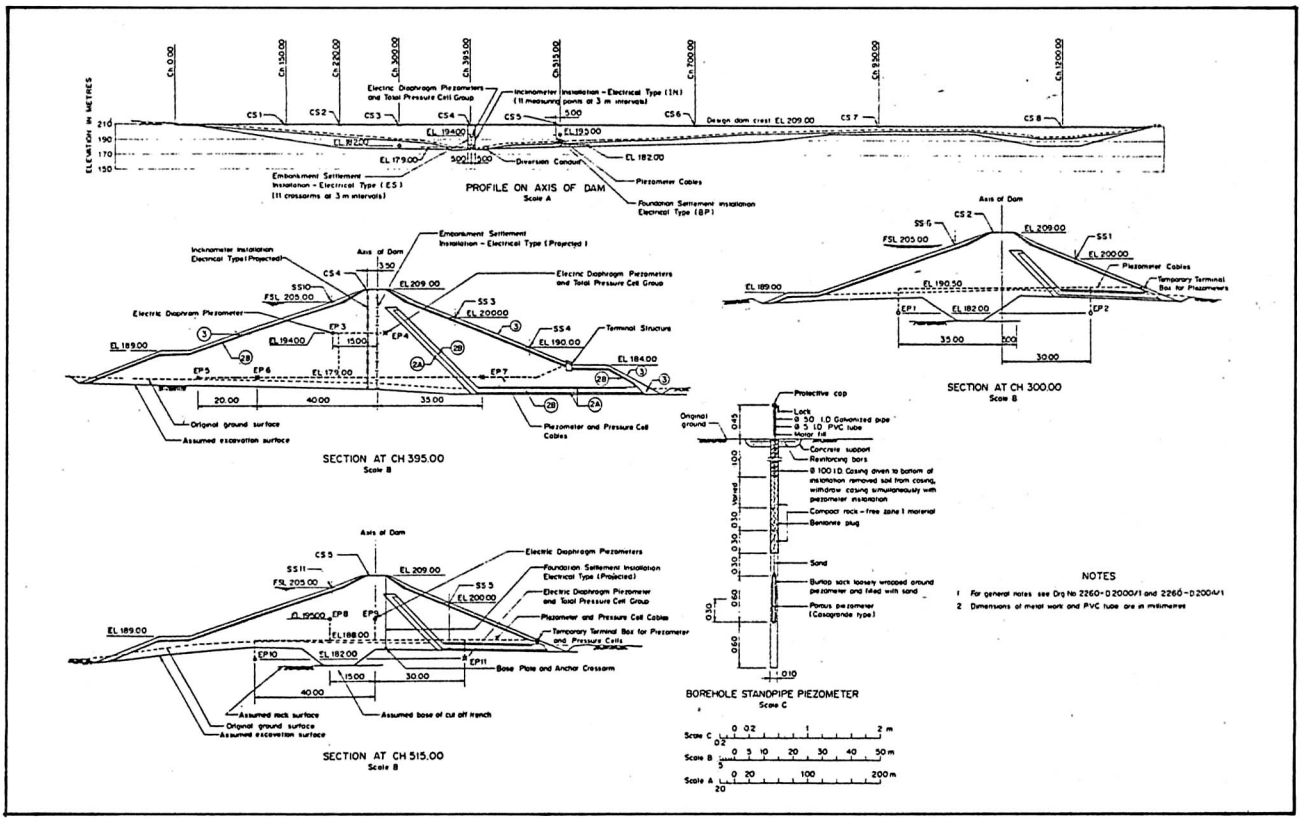
ตัวอย่างรูปแบบของหลุมเจาะอัดฉีดน้ำปูนแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งประกอบด้วย 5 แถว อยู่ใน cut-off trench สามแถวในสุด คือแถว A,B และ C เป็น curtain grouting สองแถวนอกสุด คือแถว D และแถว E เป็น blanket grouting ลึกประมาณ 5–6 ม. สำหรับบริเวณท้องน้ำและข้างเคียงเป็นระยะทางยาว 164 ม. ซึ่งเป็นบริเวณที่คันเขื่อนสูงสุด ทั้งนี้เพื่อทำให้หินฐานรากส่วนบนกันน้ำได้ดีและมั่นคงขึ้น ความยาวของหลุมเจาะสำหรับแถว D และ E รวมกันทั้งสิ้น 672 ม.



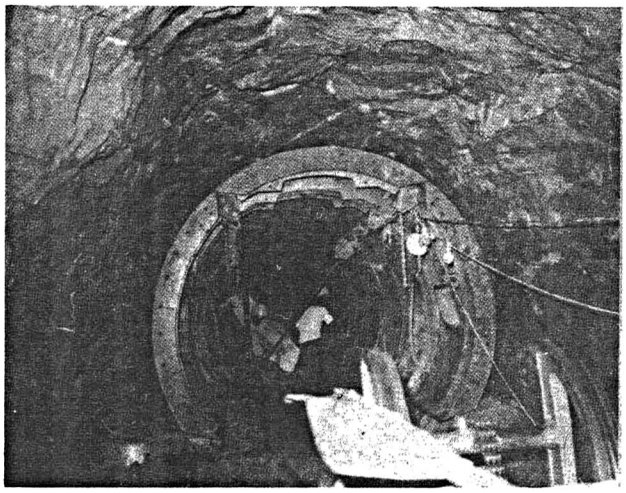
รูปที่ 1. รูปแปลน รูปหน้าตัด และหลุมเจาะอัดฉีดน้ำปูน



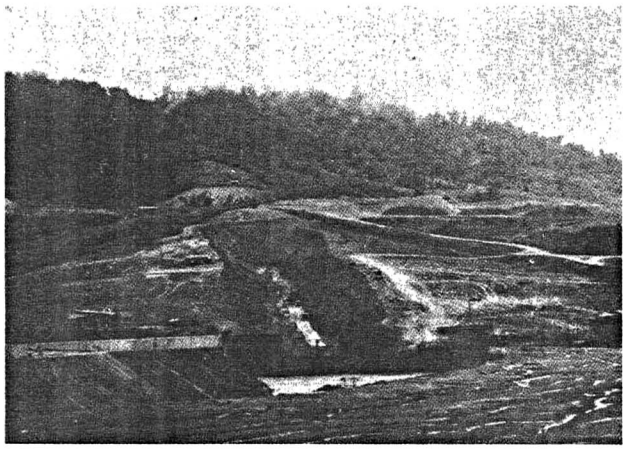
รูปแปลนการติดตั้งเครื่องมือวัด



รูปหน้าตัดแสดงการติดตั้งเครื่องมือวัด



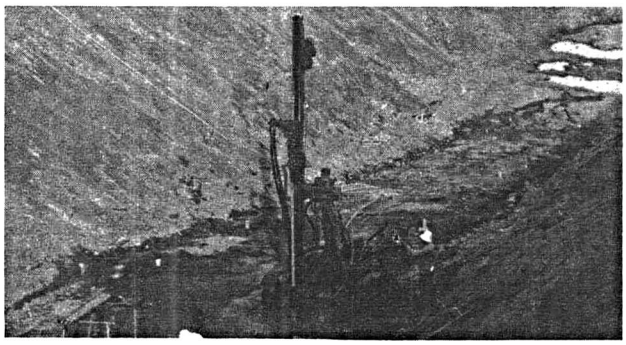
การตั้งแบบเทคอนกรีตในอุโมงค์



Cut-off trench ของเขื่อน

สองแถวถัดไปคือแถว B และแถว C ลึกประมาณ 15 ม. จากก้น cut-off trench ยกเว้นในบริเวณประมาณ 100–315 ม. จากปลายสุดฝั่งขวาของเขื่อน ซึ่งรอยต่อระหว่างชั้นดินฐานรากส่วนบนกับชั้นหินอยู่ลึกมาก จำเป็นต้องเจาะหลุมอัดฉีดน้ำปูนลึกถึง 30–48 ม. จากก้น cut-off trench รวมความยาวทั้งหมดของหลุมเจาะแถว B และ C ได้ 6,414 และ 6,435 ม. ตามลำดับ

แถวในสุด คือ แถว A ห่างจากแนวแกนกลางเขื่อนไปทางเหนือน้ำเท่ากับครึ่งหนึ่งของความสูงของสันเขื่อน เป็นแนวตลอดความยาวของเขื่อน สำหรับอัดฉีดน้ำปูนอุดยาช่องว่างในหินฐานรากเบื้องล่าง ชั้นรอยต่อระหว่างหิน 2 ชั้น และดินฐานรากส่วนบนที่น้ำซึมผ่านได้มาก ความลึกของหลุมเจาะแถว A สูงสุด 30 ม. ยกเว้นบริเวณท้องลำน้ำและบริเวณใกล้ปลายสุดฝั่งขวาของเขื่อน ซึ่งรอยต่อระหว่างชั้นหินอยู่ลึกมาก จำเป็นต้องทำการอัดฉีดน้ำปูนลึกกว่า 30 ม. แต่จะอยู่ภายในขีดจำกัดที่จะไม่ทำให้ความดันน้ำใต้ดินสูงจนยกตัวเขื่อน รวมความยาวทั้งหมดของหลุมเจาะแถว A ได้ 13,577 ม.

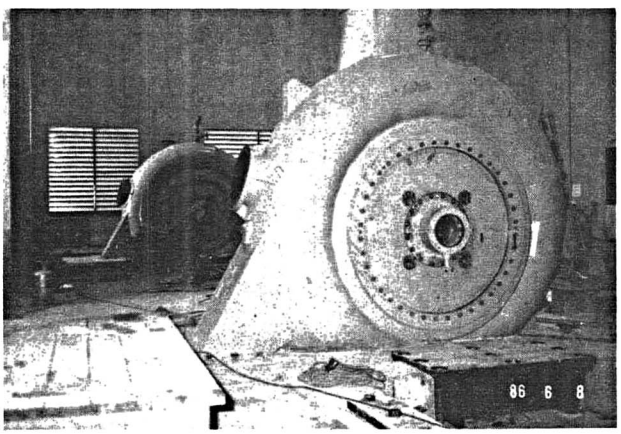


การเจาะอัดฉีดน้ำปูนปรับปรุงฐานรากเขื่อน

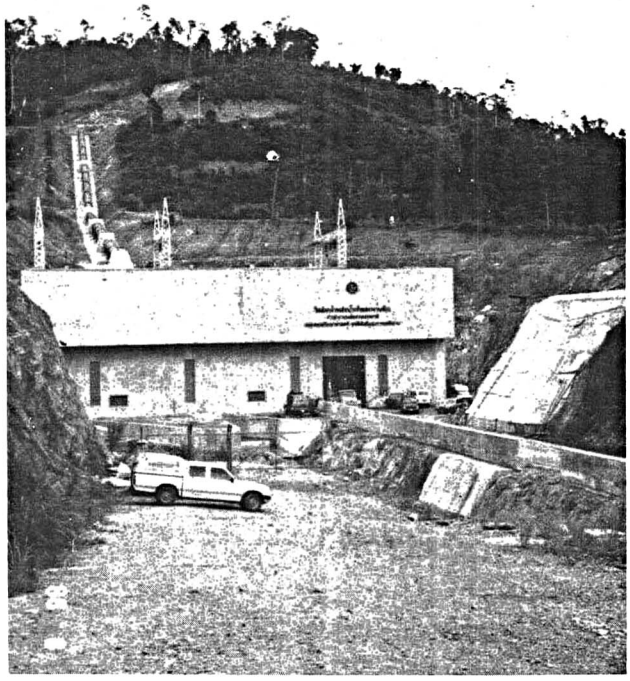
ก่อนการอัดฉีดน้ำปูนในแต่ละช่วงของแต่ละหลุม จะต้องทำการทดสอบน้ำ 3 ครั้ง ๆ ละ 5 นาที รอยรั่วพบมากในบริเวณรอยแตกในหินบะซอลต์ รอยต่อระหว่างชั้นของหินบะซอลต์อายุต่าง ๆ กัน ชั้นในระหว่างหินดีและหินผุสลาย รอยต่อระหว่างหินบะซอลต์และหินทรายและรอยแยกในโครงสร้างของหินบะซอลต์ที่ผุสลาย

สำหรับโครงการนี้ งานอัดฉีดน้ำปูนปรับปรุงฐานรากเขื่อนใช้หลุมเจาะขนาด 38 มม. สำหรับหิน และ 100 มม. สำหรับดิน ยาวทั้งสิ้น 27,512 ม. โดยเจาะด้วยวิธี percussion และ rotary วัสดุที่ใช้ในการอัดฉีดน้ำปูนนี้ประกอบด้วยปูนซีเมนต์ 1,715 ตัน ทรายละเอียด 62 ตัน เบนทอไนต์ 3 ตัน และโซเดียมซิลิเกต 37 ตัน

ในบริเวณที่สภาพหินดี จะใช้การเจาะแบบตอกกระแทก (percussion) และใช้วิธีการอัดฉีดน้ำปูนแบบเริ่มจากก้นหลุมขึ้นบนเรียกว่า up stage grouting ซึ่งจะมีราคาถูก ในบริเวณที่สภาพหินไม่ดี จะใช้วิธีการเจาะแบบหมุน (rotary) และใช้วิธีการอัดฉีดน้ำปูนแบบจากปากหลุมลงล่าง ที่เรียกว่า down stage grouting ซึ่งเป็นวิธีที่ค่อนข้างแพง สำหรับที่เขื่อนห้วยสะพานหินนี้ ส่วนใหญ่สภาพหินค่อนข้างดี มีหินที่สภาพไม่ดีแทรกสลับอยู่กับหินที่มีสภาพดีบ้าง ดังนั้น จึงใช้วิธีการเจาะแบบตอกกระแทกและใช้วิธีการอัดฉีดน้ำปูนแบบจากล่างขึ้นบน



เครื่องกังหันน้ำ แบบฟรานซิส ระหว่างติดตั้ง



โรงไฟฟ้าพลังน้ำ ห้วยสะพานหิน

เป็นส่วนมาก และมีบางส่วนที่ใช้การอัดฉีดน้ำปูนแบบจากบนลงล่างและใช้วิธีการเจาะแบบหมุน

ในกรณีที่ปริมาณน้ำปูน ไม่สัมพันธ์กับค่าลูยองของการทดสอบน้ำ ซึ่งเกิดขึ้นเสมอ ๆ เช่น การทดสอบน้ำแสดงการรั่วหนีของน้ำสูง แต่อัดฉีดน้ำปูนไม่เข้า ในกรณีเช่นนี้ จะผสมเบนทอไนต์ 2–3% ของปูนซีเมนต์เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิผลการอัดฉีดน้ำปูน ตรงกันข้ามในกรณีที่หินกินน้ำปูนมากจนเกินไป ก็จะใช้โซเดียมซิลิเกตผสมน้ำปูนให้หยุดยั้งการกระจายหนีของน้ำปูน แล้วตามด้วยการอัดฉีดปูนทรายละเอียด

ลำดับขั้นการอัดฉีดน้ำปูนปฏิบัติดังต่อไปนี้

1) เจาะหลุมแถว B และ C ก่อน แล้วจึงเจาะหลุมแถว A ในกรณีที่มี 3 แถว
2) ทำการอัดฉีดน้ำปูนในหลุมแถว B และ C จนระยะห่างระหว่างหลุมได้ 3 ม. และมีค่าการรั่วซึมของน้ำได้ไม่เกิน 10 ลูยอง แล้วจึงทำการอัดฉีดน้ำปูนในหลุมแถว A การเจาะและอัดฉีดน้ำปูนในแต่ละแถวนั้นจะต้องเจาะและอัดฉีดน้ำปูนจากพื้นที่ที่มีระดับต่ำไปหาพื้นที่ที่มีระดับสูงเสมอ
3) ในบางบริเวณ เช่น ที่บริเวณลำน้ำ หินข้างล่างมีอัตราการรั่วซึมหนีของน้ำมาก จึงต้องเจาะหลุมอัดฉีดน้ำปูนในระหว่างช่วงหลุมเพิ่มถี่ขึ้น ทำให้ระยะห่างระหว่างหลุมลดลงเป็น 1.5, 0.375, 0.1875 ม. ตามลำดับ แต่ในกรณีที่การทดสอบน้ำในหลุมแถว B และ C มีการรั่วไม่เกิน 4 ลูยอง หลุมแถว A ในบริเวณนั้นก็หมดความจำเป็น

สำหรับประสิทธิผลของการอัดฉีดน้ำปูน ดูจากระดับน้ำในบ่อสังเกตการณ์ที่มีอุปกรณ์เครื่องมือวัดสำหรับเขื่อน บ่อเหล่านี้ทำขึ้นไว้อยู่ในแต่ละฝั่งของเขื่อน เพื่อบันทึกการขึ้นลงของระดับน้ำใต้ดิน เมื่อเก็บกักน้ำในอ่าง หากมีการรั่วซึมลอดใต้เขื่อนผ่านฐานรากด้านต้นน้ำเข้าสู่ตีนเขื่อนด้านท้ายน้ำ ก็จะสามารถรวบรวมน้ำสู่ทางระบายน้ำตีนเขื่อนและวัดปริมาณการรั่วด้วยคันกั้นน้ำรูปตัววี

เขื่อนห้วยสะพานหิน ติดตั้งเครื่องมือวัด 3 แนว คือ แนวร่องน้ำลึก และแนวไหล่เขา ทั้งสองฝั่งของลำน้ำ ซึ่งประกอบด้วย

1. เครื่องวัดความดันน้ำใต้ดิน (electric piezometer) จำนวน 11 หัว
2. เครื่องวัดความดันน้ำใต้ดิน (standpipe piezometer) จำนวน 4 ท่อ
3. เครื่องวัดความเอียงแนวดิ่งของเขื่อน (inclinometer) จำนวน 1 หลุม
4. เกจวัดการทรุดตัวของฐานราก (settlement gage) จำนวน 3 หลุม
5. เครื่องวัดแรงกดแบบวัดด้วยไฟฟ้า (pressure cell) จำนวน 4 ชุด
6. หมุดวัดการยุบตัวที่ผิว (surface monument) จำนวน 21 จุด
7. บ่อวัดระดับน้ำ (observation well) จำนวน 4 บ่อ

ระยะเวลาสิ้นสุดโครงการ

การก่อสร้างงานโยธาทั้งหมด ส่วนใหญ่แล้วเสร็จตั้งแต่สิ้นเดือนพฤษภาคม 2529 และจะเสร็จสิ้นสมบูรณ์ราวปลายเดือนสิงหาคม 2529 โดยได้เริ่มเก็บกักน้ำได้ตั้งแต่วันที่ 6 เมษายน 2529 และจะเริ่มผลิตกระแสไฟฟ้าได้ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2529 เป็นต้นไป.

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

1. National Energy Administration. 1978. Huai Saphan Hin Project Feasibility Study, Main Report.
2. Snowy Mountains Engineering Corporation, Australia and National Engineering Consultants Co., Ltd. Thailand. 1983. Huai Saphan Hin Hydro-electric Project, Design Report.
3. เอกสารประชาสัมพันธ์ โครงการก่อสร้างเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำห้วยสะพานหิน อำเภอมะขาม จังหวัดจันทบุรี ของ กองพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน สำนักงานพลังงานแห่งชาติ

แนวทางสำหรับการเลือกชนิดและที่ตั้งเขื่อน

นระ คมนามูล
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
บางเขน, กท. 10900

คำนำ

โครงการพัฒนาแหล่งน้ำโดยทั่วไป ส่วนมากจะมีเขื่อนเป็นส่วนประกอบสำคัญ เขื่อนคือสิ่งที่ก่อสร้างขวางกั้นทางน้ำ ทำหน้าที่ 2 ประการ คือ ก่อให้เกิดอ่างเก็บน้ำและยกระดับน้ำให้สูงขึ้นจากเดิม เพื่อส่งน้ำไปใช้ตามที่ที่ต้องการ สำหรับเขื่อนขนาดเล็กมักเรียกว่าทำนบหรือฝาย

ในปัจจุบัน ประเทศไทยมีเขื่อนรูปแบบต่าง ๆ สร้างขึ้นมากมาย ทั้งที่เป็นเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำและเขื่อนชลประทาน สร้างกระจัดกระจายอยู่ทั่วไปในทุกภาคของประเทศ เขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำ หมายถึง เขื่อนหรืออาคารเก็บกักน้ำที่สร้างขึ้นขวางทางน้ำเดิม เพื่อเก็บกักน้ำและอาศัยพลังงานของน้ำที่ไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ ไปหมุนเครื่องกังหันน้ำ ซึ่งเปลี่ยนพลังน้ำให้เป็นพลังงานกล และนำพลังงานกลนี้ไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อเปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้าในที่สุด สำหรับเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำที่ให้ประโยชน์ในด้านการชลประทานด้วย เรียกว่า เขื่อนอเนกประสงค์

การเลือกชนิดของเขื่อนและที่ตั้งตัวเขื่อนนั้น ต้องคำนึงถึงลักษณะภูมิประเทศ ธรณีวิทยา และชนิดของหินฐานราก รวมถึงแหล่งวัสดุก่อสร้างที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง

ความเป็นมาของการก่อสร้างเขื่อน

ในสมัยโบราณ มนุษย์ได้รับความเดือดร้อนจากฝนแล้งและน้ำท่วม จึงได้สร้างเขื่อนกั้นน้ำเพื่อเก็บน้ำไว้ใช้ยามต้องการ เพื่อป้องกันน้ำท่วม และเพื่อผันน้ำไปใช้ในการเพาะปลูก อารยธรรมแรกเริ่มที่แม่น้ำสำคัญ 4 สาย คือ แม่น้ำไทกรีสและยูเฟรตีสในเมโสโปเตเมีย แม่น้ำไนล์ในอียิปต์ แม่น้ำเหลืองในจีน และแม่น้ำอินดัสในอินเดีย ซึ่งทุกแห่งมีหลักฐานว่าได้มีการสร้างเขื่อนเพื่อใช้ประโยชน์จำนวนมาก

เขื่อนที่เชื่อกันว่าเก่าแก่ที่สุดในโลก คือเขื่อนซัดด์เอล-คาฟาร่า (Sadd el-Kafara Dam) ในอียิปต์ ซากของเขื่อนยังปรากฏร่องรอยให้เห็นอยู่จนกระทั่งปัจจุบันนี้ เป็นเขื่อนหินถมสูง 11 ม. ยาว 106 ม. อยู่ใต้กรุงไคโรประมาณ 32 กม. สร้างก่อนพุทธศักราชประมาณ 2,160 ปี ซึ่งเป็นเวลานานพอ ๆ กับที่อียิปต์สร้างปิรามิด

ชาวโรมันสมัยโบราณได้สร้างเขื่อนเป็นจำนวนมาก จนกระทั่งเมื่ออาณาจักรโรมันเสื่อมลง ศิลปะการสร้างเขื่อนก็พลอยหยุดลงนานประมาณหนึ่งพันปี จึงได้มาเกิดขึ้นที่ยุโรปอีกครั้งหนึ่ง และเมื่อหนึ่งร้อยปีที่ผ่านมา การสร้างเขื่อนได้แพร่หลายไปทั่วทุกหนทุกแห่งในโลก

สำหรับประเทศไทยมีหลักฐานปรากฏว่า คนไทยได้ทำเขื่อนมานานกว่า 700 ปีแล้ว เป็นแบบเหมืองฝาย โดยชาวนาในท้องถิ่นรวมกำลังกันสร้าง "ฝาย" ขวางทางน้ำเพื่อทดน้ำให้มีระดับสูงขึ้น แล้วปล่อยให้ไหลไปตามคลองส่งน้ำหรือคูน้ำ ซึ่งเรียกว่า "เหมือง" ไปสู่พื้นที่เพาะปลูก ซึ่งมีอยู่มากมายในเขตสิบสองปันนาของพวกไทยลื้อ ในมณฑลยูนานทางภาคใต้ของประเทศจีน เขตไทยใหญ่ในพม่า และเขตไทยดำในเวียดนามตอนเหนือ

ตามประวัติศาสตร์สมัยพญาเม็งราย การทำเหมืองฝายแพร่หลายมาก จนถึงกับได้มี "กฎหมายน้ำ" ออกมาใช้เมื่อ พ.ศ. 1839 เป็นข้อบังคับเกี่ยวกับการแจกจ่ายน้ำจากเหมืองฝายอย่างมีระเบียบแบบแผน

สมัยกรุงสุโขทัย ซึ่งภูมิประเทศรอบเมืองที่เป็นที่ราบสูงในฤดูแล้งน่าจะกันดารน้ำ แต่ปรากฏว่าในอดีตเมืองสุโขทัยมีน้ำสะอาดใช้บริโภคตลอดปี เพียงพอสำหรับการทำไร่ ทำนา และทำสวนอย่างบริบูรณ์ ดังศิลาจารึกที่ว่า "กลางเมือง**สุโขทัย**

นี้มีน้ำตะพังโพย สีใสกินดี ดั่งกินน้ำโขงเมื่อแล้ง"

ที่ปรากฏหลักฐานก็คือ สมัยพ่อขุนรามคำแหงมหาราช (พ.ศ. 1820 – 1860) ได้มีการสร้าง "สรีดภงค์" (ทำนบพระร่วง) ทางตะวันตกเฉียงใต้นอกเมืองสุโขทัย กล่าวได้ว่าเป็นอ่างเก็บน้ำแห่งแรกในประเทศไทย ปัจจุบันได้รับการบูรณะขึ้นใหม่โดยกรมชลประทานได้ซ่อมสร้างแล้วเสร็จ เมื่อ พ.ศ. 2512 และมอบให้กรมศิลปากรเป็นผู้บำรุงรักษาไว้เป็นโบราณสถานที่สำคัญต่อไป สำหรับอ่างเก็บน้ำแห่งนี้ได้รับการตั้งชื่อใหม่ว่า "อ่างเก็บน้ำพ่อขุนรามคำแหงมหาราช"

สมัยกรุงศรีอยุธยา เมื่อ พ.ศ. 2176 พระเจ้าปราสาททอง ได้สร้างเขื่อนเก็บกักน้ำ "ธารทองแดง" ที่ อ.พระพุทธบาท จ.สระบุรี เพื่อเก็บน้ำส่งมาใช้สอยในบริเวณพระราชนิเวศน์ธารเกษม และสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช เมื่อ พ.ศ. 2204 ได้สร้างเขื่อนเก็บกักน้ำ "ห้วยซับเหล็ก" บนภูเขา แล้ววางท่อเคลือบดินเผาไขน้ำมาใช้ในเมืองลพบุรี กล่าวกันว่า ระบบส่งน้ำคล้าย ๆ กับระบบของโรมัน

ในสมัยกรุงรัตนโกสินทร์ตอนต้น ได้มีการปักหลักเสาหินวัดระดับน้ำที่วัดธรรมิกราช จ.อยุธยา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2374 ในสมัยนั้นการพัฒนาแหล่งน้ำส่วนใหญ่เป็นการขุดคลอง ซึ่งมุ่งการคมนาคมทางน้ำและการเพาะปลูก ต่อมาเมื่อ พ.ศ. 2445 ได้มีการจัดตั้ง "กรมคลอง" ขึ้น มีการวางโครงการหลายแบบที่สำคัญคือ "สกีมชัยนาท" มีแผนการที่จะสร้างเขื่อนกั้นลำน้ำเจ้าพระยา ณ ตำบลเมืองชัยนาท เพื่อนำน้ำเข้าคลองขนาดใหญ่ที่จะขุดขึ้นทั้งสองฝั่งเจ้าพระยา ส่งน้ำให้ท้องที่ต่าง ๆ ตลอดไปจนจรดทะเล แต่ไม่สามารถดำเนินการได้เพราะต้องใช้เงินลงทุนสูงมาก

เขื่อนสมัยใหม่แห่งแรกของประเทศไทย คือ "เขื่อนพระรามหก" ที่ ต.ท่าหลวง อ.ท่าเรือ จ.อยุธยา กรมทดน้ำได้ก่อสร้างแล้วเสร็จ เมื่อ พ.ศ. 2466 พร้อมกับขุดคลองส่งน้ำให้กับพื้นที่เพาะปลูกในเขตอยุธยา สระบุรี และบางส่วนของทุ่งรังสิต ต่อมาก็ได้มีการก่อสร้างเขื่อนเพื่อการชลประทานเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ รวมทั้ง "เขื่อนเจ้าพระยา" ตามโครงการเจ้าพระยาใหญ่ซึ่งปรับปรุงจากสกีมชัยนาท

ทางด้านเขื่อนเพื่อการผลิตไฟฟ้านั้น ได้มีการดำริมาตั้งแต่ พ.ศ. 2448 จนกระทั่งหลังสงครามโลกครั้งที่สอง ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว เป็นเหตุให้เกิดภาวะการขาดแคลนไฟฟ้าอย่างหนัก ดังนั้น จึงได้มีการพิจารณาหาแหล่งผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ เพื่อผลิตไฟฟ้าราคาย่อมเยาขึ้น ซึ่งเป็นที่มาของ "เขื่อนภูมิพล" เขื่อนอเนกประสงค์แห่งแรกของประเทศไทย ก่อสร้างแล้วเสร็จเมื่อ พ.ศ. 2507 ในระยะต่อมาเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำ ก็ค่อย ๆ เพิ่มจำนวนขึ้น

เมื่อเกิดวิกฤติการณ์น้ำมันเชื้อเพลิง ตั้งแต่ปลายปี พ.ศ. 2516 เป็นต้นมา และเป็นปัญหารุนแรงมากขึ้นตามลำดับ จนกระทั่ง พ.ศ. 2524 ราคาน้ำมันเพิ่มขึ้นจากเดิมถึง 11 เท่า ประเทศไทยได้พยายามลดการใช้น้ำมันลงโดยการพัฒนาพลังงานที่มีอยู่ในประเทศขึ้นมาทดแทน ทางหนึ่งก็คือ การพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อประโยชน์ทางด้านพลังงาน ประกอบกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศที่มุ่งขยายไฟฟ้าไปสู่ชนบท ดังนั้นจึงได้มีการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กเพิ่มมากขึ้น

ชนิดของเขื่อน

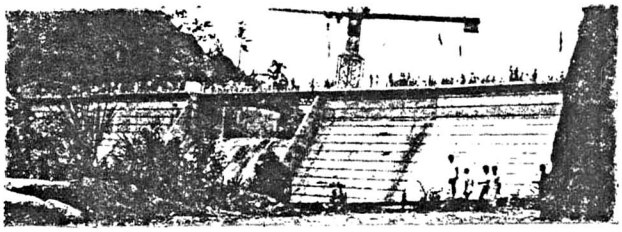
โดยทั่ว ๆ ไป มักจะแบ่งชนิดของเขื่อนตามวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง ประกอบกับหลักเกณฑ์การออกแบบ ซึ่งมี 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

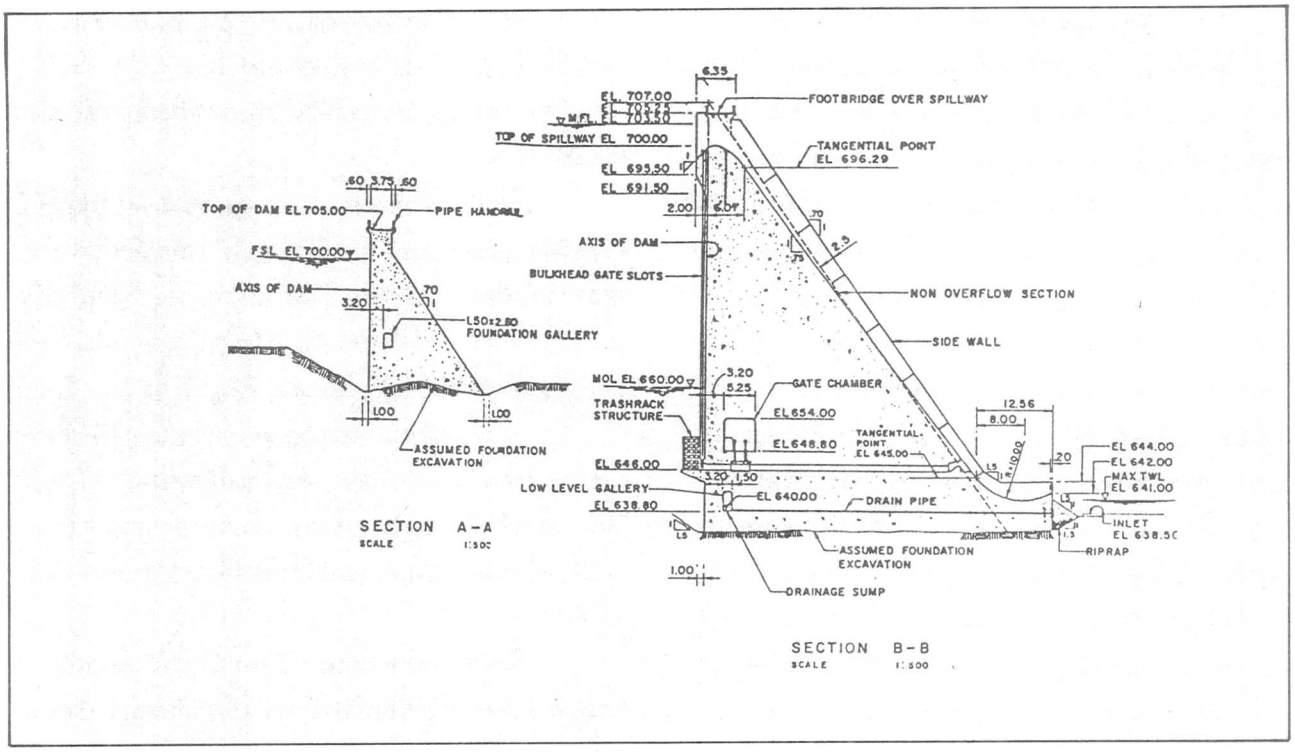
ก. เขื่อนคอนกรีต มีอยู่ 3 แบบ คือ

1) แบบฐานแผ่ (gravity dam) โดยอาศัยน้ำหนักคอนกรีตของตัวเขื่อนรับแรงต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ เขื่อนแม่มาว (พ.ศ. 2529) เขื่อนกิ่วลม (พ.ศ. 2515) ฯลฯ

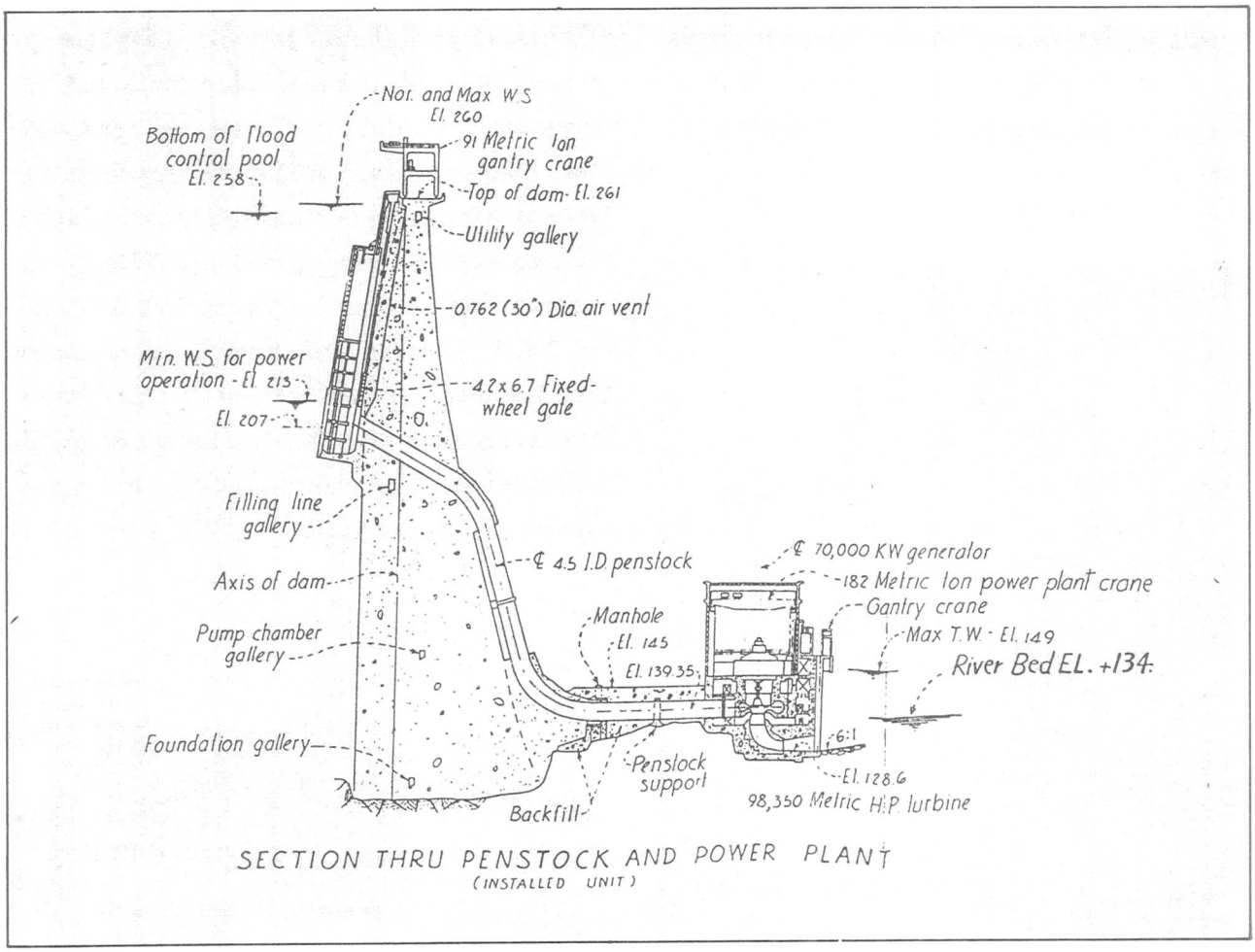
เขื่อนแม่มาว ปิดกั้นลำน้ำแม่มาว ซึ่งเป็นสาขาย่อยของลำน้ำฝาง อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ เป็นเขื่อนคอนกรีตล้วน ขนาดปริมาตร 105,000 ลบ.ม. สูง 73 ม. สันเขื่อนยาว 145 ม. กว้าง 6.35 ม. ฐานกว้างสุด 30 ม. หินฐานรากประกอบด้วยหินทรายเชิงควอร์ตไซต์ยุคแคมเบรียน (หินชุดตะรุเตา) และหินดินดานยุคออร์โดวิเชียน (หินชุดทุ่งสง) อ่างเก็บน้ำจุ 20.6 ล้าน ลบ.ม. กำลังผลิตไฟฟ้า 4.6 เมกะวัตต์ (กังหันน้ำแบบฟรานซิสเพลานอน 2 ชุด) ราคาค่าก่อสร้างงานโยธา 356.46 ล้านบาท โครงการนี้สำรวจศึกษาความเหมาะสมโดยคณะผู้เชี่ยวชาญของ UNDP ร่วมกับสำนักงานพลังงานแห่งชาติ และออกแบบรายละเอียดโดย Asian Engineering Consultants Ltd. (AEC) ของไทย และ Snowy Mountains Engineering Corp. (SMEC) ของออสเตรเลีย โดยมี Italian-Thai Development Corp. Ltd. (ITD) เป็นบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างและควบคุมงานโดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

เขื่อนกิ่วลม ปิดกั้นแม่น้ำวัง ที่ อ.เมืองลำปาง จ.ลำปาง เป็นเขื่อนคอนกรีตสูง 42 ม. สันเขื่อนยาว 135 ม. เก็บน้ำได้ 112 ล้าน ลบ.ม. ดำเนินการสร้างโดย กรมชลประทาน



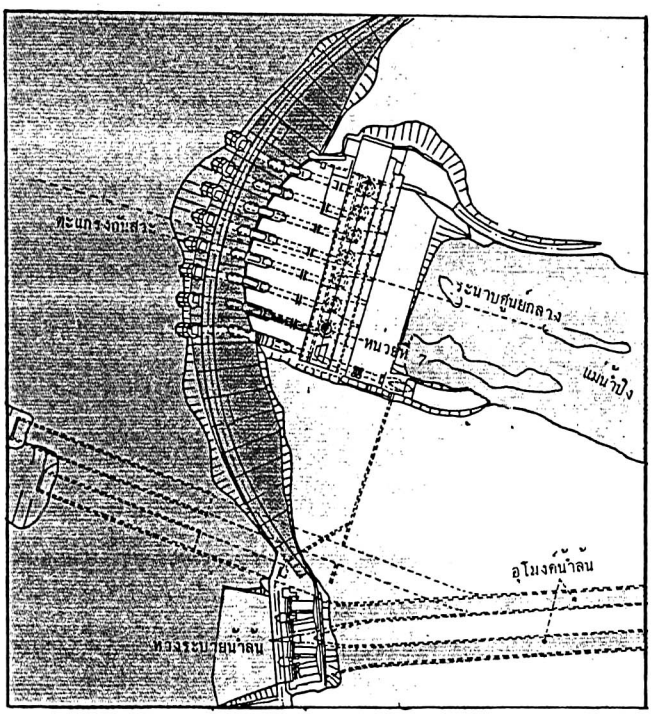


รูปตัดของเขื่อนแม่มาว เป็นเขื่อนคอนกรีตแบบฐานแผ่



รูปตัดด้านข้างเขื่อนภูมิพล

2) แบบโค้ง (arch dam) โดยอาศัยความโค้งรับแรงที่กระทำต่อเขื่อน ซึ่งถ่ายแรงไปยังฐานยันเขื่อนแล้วลงบนฐานราก ตัวเขื่อนบาง ใช้คอนกรีตไม่มาก เขื่อนภูมิพล (พ.ศ. 2507) เป็นเขื่อนคอนกรีตโค้งสองทางแห่งเดียวในประเทศไทย และสูงสุดในเอเชียอาคเนย์ เขื่อนภูมิพลปิดกั้นแม่น้ำปิง ตั้งอยู่ที่เขาแก้ว อ.สามเงา จ.ตาก ขนาดปริมาตรคอนกรีตที่ใช้ทำเขื่อน 970,000 ลบ.ม. สูง 154 ม. สันเขื่อนตามแนวโค้งยาว 486 ม. กว้าง 6 ม. และฐานกว้างที่สุด 52.2 ม. อ่างเก็บน้ำจุ 13,462 ล้าน ลบ.ม. กำลังผลิตไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 535 เมกะวัตต์ (กังหันน้ำแบบฟรานซิสเพลาตั้ง 7 ชุด) เงินลงทุนทั้งสิ้น 2,954.8 ล้านบาท ธรณีวิทยาของฐานรากเขื่อนและไหล่เขาทั้งสองข้างประกอบด้วยหินแปรชนิดควอร์ตไซต์กับหินอัคนีชนิดแกรนิตเป็นหลัก มีเนื้อแน่นและความลาดเทของชั้นหินเอียงไปทางทิศเหนือหรือทางต้นน้ำ การสำรวจขั้นต้นทำโดย U.S. Bureau of Reclamation บริษัทที่ปรึกษาสำหรับการคำนวณออกแบบรายละเอียดการก่อสร้าง คือ Engineering Consultants Inc. (ECI) และสำหรับการควบคุมงานก่อสร้างโครงการ คือ Sverdrup and Parcel International, Inc. (SPI) นอกจากนี้ ยังมีคณะกรรมการที่ปรึกษานานาชาติ (International Board of Consultants) ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับปัญหาทางเทคนิคของการก่อสร้าง บริษัทผู้รับเหมาคือ Brown & Root, S.A. and Utah International, Inc. (BR-U) แห่งสหรัฐอเมริกา



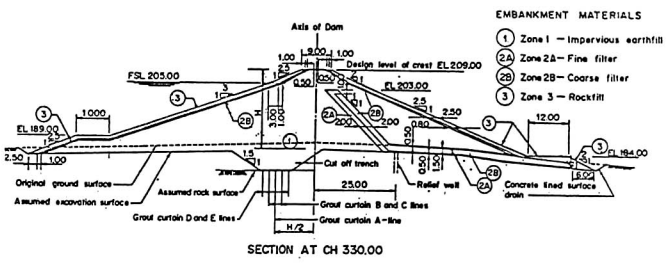
แผนผังเขื่อนภูมิพลและโรงไฟฟ้า

3) แบบครีบ (buttress dam) ด้านหน้าเขื่อนเป็นแผ่นคอนกรีต มีโครงสร้างคอนกรีตค้ำยันทางด้านหลัง แบบนี้ไม่มีในประเทศไทย (เดิมทีเขื่อนสิริกิติ์ออกแบบเป็นเขื่อนคอนกรีตชนิดนี้)

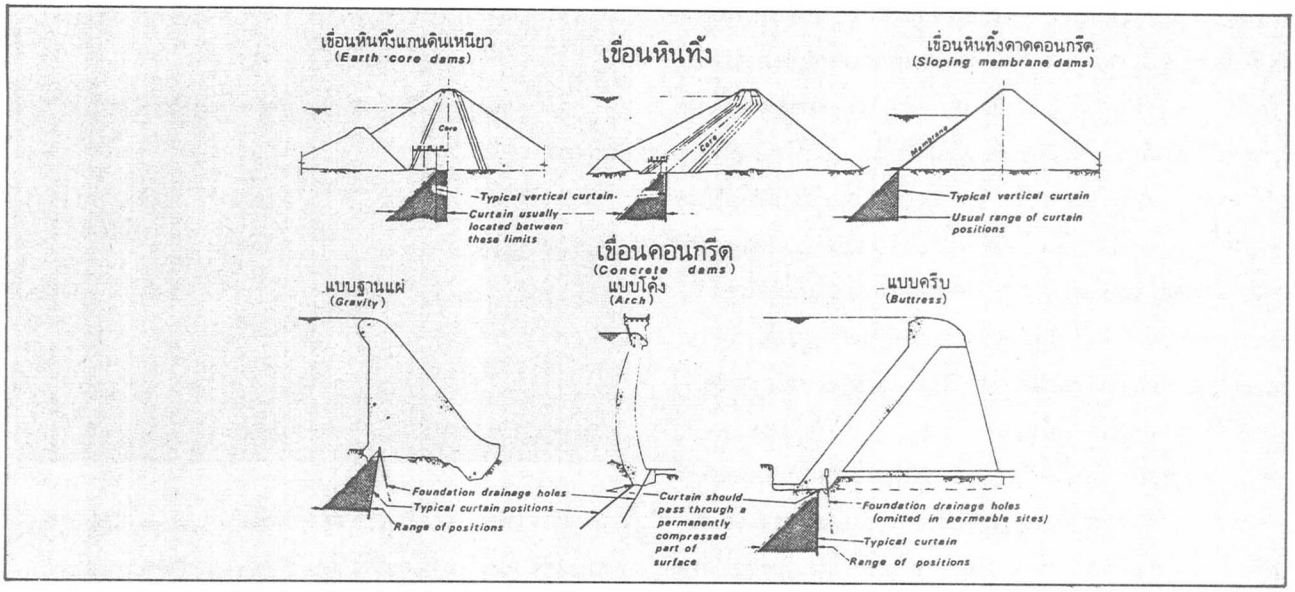
ข. เขื่อนหินทิ้งดินถม (embankment dam) ปัจจุบันนี้ความรู้เกี่ยวกับดินและหินได้ก้าวหน้าไปมากและสามารถหาแหล่งวัสดุได้ใกล้ ๆ กับที่จะสร้างเขื่อน ประกอบกับมีเครื่องมือและอุปกรณ์การก่อสร้างทุ่นทันสมัย ดังนั้นจึงมีเขื่อนประเภทนี้มาก เขื่อนหินทิ้งดินถมมีอยู่ 2 แบบพื้นฐาน คือ

1) เขื่อนดินถม (earthdam) หรือเขื่อนดิน ซึ่งมักจะมีแกนกลางเป็นดินเหนียว ตัวเขื่อนมีดินมากกว่าวัสดุอื่น ได้แก่ เขื่อนสิริกิติ์ (พ.ศ. 2515), เขื่อนแก่งกระจาน (พ.ศ. 2509), เขื่อนแม่งัด (พ.ศ. 2527), เขื่อนห้วยสะพานหิน (พ.ศ. 2529) ฯลฯ

เขื่อนห้วยสะพานหิน ปิดกั้นลำน้ำห้วยสะพานหิน อ.ขลุง จ.จันทบุรี เป็นเขื่อนดิน เนื้อชนิดเดียวกันตลอด (homogeneous earthdam) ขนาดปริมาตร 1.4 ล้าน ลบ.ม. สูง 34 ม. สันเขื่อนยาว 1,337.5 ม. กว้าง 9 ม. และฐานกว้างสุด 195 ม. หินฐานรากเป็นหินอัคนีชนิดบะซอลต์ รองรับด้วยหินทรายชนิดเกรย์แวก สลับชั้นกับหินดินดาน อ่างเก็บน้ำจุ 75.8 ล้าน ลบ.ม. กำลังผลิตไฟฟ้า 12.2 เมกะวัตต์ (กังหันน้ำแบบฟรานซิสเพลานอน 2 ชุด) สำนักงานพลังงานแห่งชาติ และ Electric Power Development Co. (EPDC) ของญี่ปุ่นเป็นผู้สำรวจศึกษาความเหมาะสมโครงการ และออกแบบรายละเอียดโดย Snowy Mountains Engineering Corp. (SMEC) ของออสเตรเลีย และ National Engineering Consultants Co. Ltd. (NECCO) ของไทย โดยมี Italian-Thai Development Corp. Ltd. เป็นผู้รับเหมาก่อสร้างงานโยธา ราคา 274 ล้านบาท (ราคาโครงการทั้งหมดประมาณ 500 ล้านบาท) สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย เป็นวิศวกรที่ปรึกษาและควบคุมงานก่อสร้าง



รูปตัดเขื่อนห้วยสะพานหิน



เขื่อนชนิดต่าง ๆ

2) เขื่อนหินถม (rock filled dam) หรือเขื่อนหินทิ้งส่วนใหญ่มีแกนเป็นดินเหนียว ตัวเขื่อนประกอบด้วยหินเป็นปริมาณมาก ได้แก่ เขื่อนเชี่ยวหลาน (พ.ศ. 2530), เขื่อนบางลาง (พ.ศ. 2524), เขื่อนศรีนครินทร์ (พ.ศ. 2523), เขื่อนจุฬาภรณ์ (พ.ศ. 2516), เขื่อนสิรินธร (พ.ศ. 2514) และเขื่อนอุบลรัตน์ (พ.ศ. 2509) ฯลฯ สำหรับที่แตกต่างกว่าที่เคยสร้างมา คือ เขื่อนเขาแหลม (พ.ศ. 2528) ไม่มีแกนดินเหนียวแต่เป็นหินถมดาดหน้าด้วยคอนกรีต

เขื่อนเชี่ยวหลาน ปิดกั้นลำน้ำคลองแสง ต.เขาพัง อ.บ้านตาขุน จ.สุราษฎร์ธานี เป็นเขื่อนหินทิ้งแกนดินเหนียว ขนาดปริมาตร 5.5 ล้าน ลบ.ม. สำหรับเขื่อนหลักซึ่งสันเขื่อนยาว 700 ม. (เมื่อรวมกับเขื่อนย่อยที่ต่อเนื่องกันยาวทั้งสิ้น 860 ม.) สูง 95 ม. กว้าง 12 ม. และฐานกว้างสุด 400 ม. หินฐานรากเป็นหินทรายชนิดเกรย์แวกเนื้อดีทั้งหมด อ่างเก็บน้ำจุ 5,640 ล้าน ลบ.ม. กำลังผลิตไฟฟ้า 240 เมกะวัตต์ (กังหันน้ำแบบฟรานซิสเพลาตั้ง 3 ชุด) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) เป็นผู้ดำเนินโครงการโดยมี บริษัทวิศวกรที่ปรึกษาออกแบบและควบคุมงานการก่อสร้าง คือ Electroconsult International S.A. Milan ของอิตาลี บริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างมี Vianini Lavori SpA ของอิตาลี สำหรับงานเขื่อน โรงไฟฟ้าและส่วนประกอบราคา 1,126 ล้านบาท Mitsui Co. ของญี่ปุ่น สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและกังหันน้ำ ราคา 389 ล้านบาท ELC Electroconsult ของอิตาลี สำหรับงานบริการด้านวิศวกรรม ราคา 254 ล้านบาท Metalna ของยูโกสลาเวีย สำหรับอุปกรณ์ไฮโดรลิก ราคา 165 ล้านบาท Elin Union AG ของออสเตรีย สำหรับอุปกรณ์โรงไฟฟ้าราคา 105 ล้านบาท และ Daiho Construction Co. ของญี่ปุ่น สำหรับอุโมงค์เบี่ยงทางน้ำราคา 138 ล้านบาท ราคาโครงการทั้งหมดในที่สุดประมาณ 5,000 ล้านบาท (เดิม 7,035 ล้านบาท)

เขื่อนบางลาง ปิดกั้นแม่น้ำปัตตานี ที่บ้านบางลาง ต.บาเจาะ อ.บันนังสตา จ.ยะลา เป็นเขื่อนหินทิ้งแกนดินเหนียว ขนาดปริมาตร 2.87 ล้าน ลบ.ม. สูง 85 ม. สันเขื่อนยาว 422 ม. กว้าง 10 ม. และฐานกว้างสุด 366 ม. หินฐานรากประกอบด้วยหินทรายสีเทาอ่อน และหินดินดาน อ่างเก็บน้ำจุ 1,420 ล้าน ลบ.ม. กำลังผลิตไฟฟ้า 72 เมกะวัตต์ (กังหันน้ำแบบฟรานซิส 3 ชุด) เขื่อนนี้ออกแบบและควบคุมการก่อสร้างโดย Sverdrup and Parcel International, Inc. (SPI) ของสหรัฐอเมริกา ร่วมกับ กฟผ. โดยมี Italian-Thai Development Corporation (ITD) ของไทย และ Sentap ของสวีเดน เป็นผู้รับเหมาก่อสร้าง ราคาโครงการทั้งหมด 2,737.1 ล้านบาท

เขื่อนสิริกิติ์ ปิดกั้นแม่น้ำน่านบริเวณ ต.ผาซ่อม อ.ท่าปลา จ.อุตรดิตถ์ เป็นเขื่อนดินแกนดินเหนียวที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย ขนาดปริมาตร 9.8 ล้าน ลบ.ม. สูง 113.6 ม. สันเขื่อนยาว 810 ม. กว้าง 12 ม. ฐานเขื่อนกว้างสุด 630 ม. ฐานรากเป็นหิน graphitic, talcose and siliceous schists อ่างเก็บน้ำจุ 10,550 ล้าน ลบ.ม. กำลังผลิตไฟฟ้า 500 เมกะวัตต์ (กังหันน้ำแบบฟรานซิสเพลาตั้ง 3 ชุด) การก่อสร้างตัวเขื่อนและองค์ประกอบ ราคา 1,500 ล้านบาท ดำเนินการโดยกรมชลประทาน และบริษัทร่วม Vianini-Ferrobeton-Silm ของอิตาลี เป็นผู้รับเหมาก่อสร้าง การก่อสร้างโรงไฟฟ้าและองค์ประกอบ ราคา 1,140.54 ล้านบาท ดำเนินการโดย กฟผ.

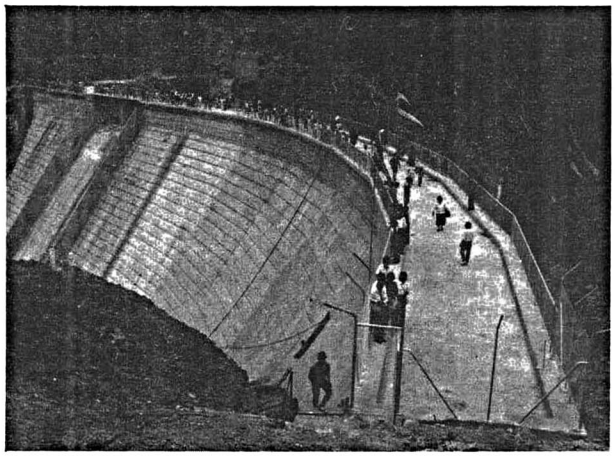
เขื่อนแก่งกระจาน ปิดกั้นแม่น้ำเพชรบุรี ที่เขาเจ้า

ต.สองพี่น้อง อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี เป็นเขื่อนดินแกนดินเหนียว ขนาดปริมาตร 3.42 ล้าน ลบ.ม. สูง 58 ม. สันเขื่อนยาว 760 ม. กว้าง 8 ม. ฐานกว้างสุด 250 ม. หินฐานรากประกอบด้วยหินโคลน หินดินดาน หินทรายและเกรย์แวก อ่างเก็บน้ำจุ 710 ล้าน ลบ.ม. กำลังผลิตไฟฟ้า 19 เมกะวัตต์ (กังหันน้ำแบบคาปลาน 1 ชุด) การก่อสร้างตัวเขื่อนและองค์ประกอบราคา 160.4 ล้านบาท ดำเนินการโดยกรมชลประทาน (ไม่มีผู้รับเหมา) ส่วนงานออกแบบดำเนินการร่วมกันระหว่างกรมชลประทานและ Engineering Consultants, Inc. Denver ของสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นบริษัทที่ปรึกษา

เขื่อนแม่งัด ปิดกั้นลำน้ำแม่งัด ต.ช่อแล อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ เป็นเขื่อนดินขนาด 6.6 ล้าน ลบ.ม. สูง 59 ม. สันเขื่อนยาว 1,950 ม. กว้าง 9 ม. และฐานกว้าง 339 ม. หินฐานรากเป็นหินอัคนีพวกแอนดีไซต์ ซึ่งแทรกเข้ามาในหินออร์โทควอร์ตไซต์ (หินทรายเนื้อแน่นที่มีเม็ดควอรตซ์เป็นส่วนใหญ่) อ่างเก็บน้ำจุ 265 ล้าน ลบ.ม. กำลังผลิตไฟฟ้า 9.4 เมกะวัตต์ (กังหันน้ำแบบคาปลานแกนตั้ง 2 ชุด) กรมชลประทานเป็นผู้สร้างตัวเขื่อนและระบบส่วนประกอบราคา 615 ล้านบาท ส่วนการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) เป็นผู้สร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำและระบบส่งพลังไฟฟ้า ราคา 295 ล้านบาท โดย กฟผ. ร่วมกับ Acres International Ltd. ของแคนาดาได้ศึกษาและสำรวจเพื่อหาความเหมาะสมในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ

เขื่อนศรีนครินทร์ ปิดกั้นแม่น้ำแควใหญ่ ที่บ้านเจ้าเณร ต.ท่ากระดาน อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี เป็นเขื่อนหินทิ้งแกนดินเหนียวที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย ขนาดปริมาตร 12.3 ล้าน ลบ.ม. สูง 140 ม. สันเขื่อนยาว 610 ม. กว้าง 15 ม. และฐานกว้างสุด 586 ม. หินฐานรากประกอบด้วย หินควอร์ตไซต์ หินทรายที่มีแร่หินปูน หินดินดาน และหินปูน อ่างเก็บน้ำจุ 17,745 ล้าน ลบ.ม. กำลังผลิตไฟฟ้า 720 เมกะวัตต์ (กังหันน้ำระบบฟรานซิสเพลาตั้ง 5 ชุด) กฟผ. ร่วมกับคณะผู้เชี่ยวชาญภายใต้แผนโคลัมโบจากรัฐบาลญี่ปุ่น ได้ร่วมกันทำการสำรวจและศึกษาพร้อมวางแผนพัฒนาลุ่มน้ำแควใหญ่ ราคาค่าก่อสร้างโครงการทั้งหมด 5,663 ล้านบาท โดยมี Electric Power Development Co. Ltd. (EPDC) ของญี่ปุ่นเป็นบริษัทวิศวกรที่ปรึกษาออกแบบและควบคุมงานก่อสร้าง และ Vianini Lavori SpA ของอิตาลี เป็นบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้าง

เขื่อนจุฬาภรณ์ ปิดกั้นลำน้ำพรม บนเทือกเขาขุนพาย บริเวณที่เรียกว่า ภูหยวก ต.ทุ่งพระ อ.คอนสาร จ.ชัยภูมิ เป็นเขื่อนหินทิ้งแกนดินเหนียว ขนาดปริมาตร 1.64 ล้าน ลบ.ม. สูง 70 ม. สันเขื่อนยาว 700 ม. กว้าง 8 ม. หัวงานที่ตั้งเขื่อนมีลักษณะเป็นหินทรายชนิดแข็ง อ่างเก็บน้ำจุ 188 ล้าน ลบ.ม.



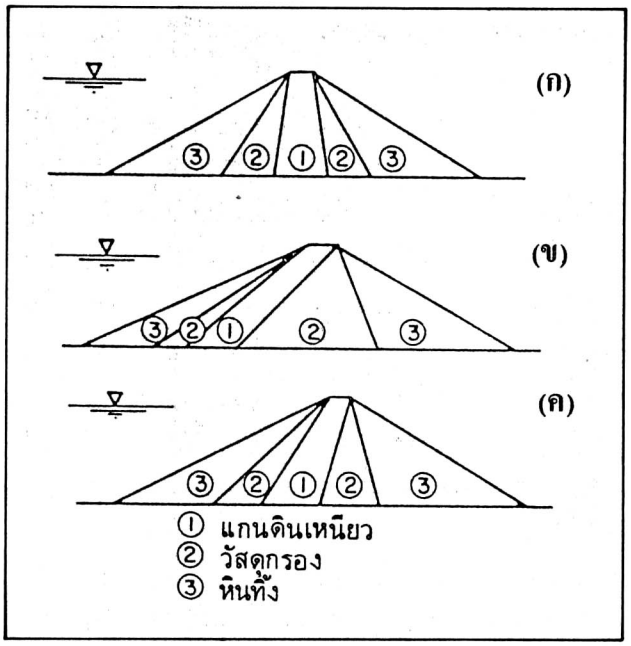
กำลังผลิตไฟฟ้า 40 เมกะวัตต์ (กังหันน้ำแบบเพลตัน 2 ชุด) กฟผ. เป็นผู้ดำเนินโครงการ โดยมี Electric Power Development Co. (EPDC) ของญี่ปุ่นเป็นบริษัทวิศวกรที่ปรึกษาออกแบบและควบคุมงานก่อสร้าง และ Obayashi-Gumi ของญี่ปุ่นร่วมกับ BEST ของไต้หวัน เป็นผู้รับเหมาก่อสร้าง ค่าลงทุนก่อสร้าง 365 ล้านบาท

เขื่อนสิรินธร ปิดกั้นแม่น้ำลำโดมน้อย บริเวณแก่งแซน้อย ต.ช่องเม็ก อ.พิบูลมังสาหาร จ.อุบลราชธานี เป็นเขื่อนหินทิ้งแกนดินเหนียว ขนาดปริมาตร 585,000 ลบ.ม. และคอนกรีต 38,000 ลบ.ม. สูง 42 ม. สันเขื่อนยาว 940 ม. กว้าง 7.5 ม. และฐานกว้างสุด 146 ม. ตั้งอยู่บนหินทราย และหินดินดาน ซึ่งมีคุณภาพแข็งแรงและมีการรั่วซึมน้อย อ่างเก็บน้ำจุ 1,892 ล้าน ลบ.ม. กำลังผลิตไฟฟ้า 24 เมกะวัตต์ (กังหันน้ำแบบคาปลาน 3 ชุด) การพลังงานแห่งชาติเป็นผู้สำรวจศึกษาความเหมาะสมโครงการโดยได้รับความช่วยเหลือจากประเทศญี่ปุ่น ซึ่ง Electric Power Development Co. (EPDC) เป็นวิศวกรที่ปรึกษาออกแบบและควบคุมงานก่อสร้าง และ Christiane & Nielsen (Thai) Ltd. ของไทย เป็นผู้รับเหมาก่อสร้าง ราคาโครงการรวมทั้งสิ้น 490 ล้านบาท

เขื่อนอุบลรัตน์ ปิดกั้นลำน้ำพอง ที่ ต.โคกสูง อ.อุบลรัตน์ จ.ขอนแก่น เป็นเขื่อนหินทิ้งแกนดินเหนียว ความสูงปรับปรุงใหม่ 35.1 ม. สันเขื่อนยาว 800 ม. กว้าง 6 ม. ฐานใหม่กว้างสุด 125 ม. หินฐานรากเป็นพวกหินโคลนและหินดินดาน อ่างเก็บน้ำจุ 2,550 ล้าน ลบ.ม. กำลังผลิตไฟฟ้า 25 เมกะวัตต์ (กังหันน้ำแบบคาปลาน 3 ชุด) กฟผ. เป็นผู้ดำเนินโครงการ โดยมี Salzgitter Industriebau GmbH ของเยอรมนี เป็นบริษัทวิศวกรที่ปรึกษาออกแบบและควบคุมงานก่อสร้าง และ Philipp Holzmann AG & Siemens Bauunion GmbH ของเยอรมนี เป็นผู้รับเหมาก่อสร้าง เครื่องกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ผลิตโดย Allgemeine Electricitaetts Gesellschaft & Escher Wyss สำหรับโครงการปรับปรุงเขื่อนอุบลรัตน์

มี Italian-Thai Development Corporation เป็นบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้าง ราคาค่าก่อสร้างโครงการปรับปรุงเป็นเงินทั้งสิ้น 435.4 ล้านบาท (ราคาโครงการครั้งแรก 503 ล้านบาท)

เขื่อนน้ำพุง ตั้งอยู่บริเวณน้ำตกคำเพิ่ม อ.กุดบาก จ.สกลนคร เป็นเขื่อนหินทิ้งแกนดินเหนียวที่ยาวที่สุดแห่งหนึ่งของไทย ขนาดปริมาตร 730,000 ลบ.ม. สูง 40 ม. สันเขื่อนยาว 1,720 ม. กว้าง 10 ม. เก็บกักน้ำได้ 150 ล้าน ลบ.ม. กำลังผลิตไฟฟ้า 6.3 เมกะวัตต์ (กังหันน้ำแบบฟรานซิส 2 ชุด) การพลังงานแห่งชาติเป็นผู้ดำเนินโครงการ โดย Electric Power Development Co. (EPDC) ของญี่ปุ่น เป็นบริษัทวิศวกรที่ปรึกษา ออกแบบและควบคุมงานก่อสร้าง และ Christiane & Nielsen (Thai) Ltd. ของไทย เป็นบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างในราคา 53.3 ล้านบาท เครื่องจักรโรงไฟฟ้าพลังน้ำราคาประมาณ 13.3 ล้านบาท ซื้อจากบริษัท Toyo Menka Kaisha ซึ่งเครื่องกังหันน้ำ 2 เครื่อง ผลิตโดย Ebara Manufacturing Co., Tokyo และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3,500 kVA 2 เครื่อง ผลิตโดย บริษัท Electric Mfg. Co., Ltd. Japan โครงการนี้เป็นโครงการไฟฟ้าพลังน้ำโครงการแรกที่ก่อสร้างโดยเงินงบประมาณของชาติทั้งหมด



การวางแกนดินเหนียวแบบต่าง ๆ สำหรับเขื่อนหินทิ้ง

เขื่อนเขาแหลม ปิดกั้นลำน้ำแควน้อย ที่ ต.ท่าขนุน อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี เป็นเขื่อนหินทิ้ง ดาดหน้าด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาดปริมาตร 8 ล้าน ลบ.ม. สูง 82 ม. สันเขื่อนยาว 910 ม. กว้าง 10 ม. และฐานกว้างสุด 280 ม. หินฐานรากประกอบด้วยหินปูนชุดทุ่งสง และหินชุดราชบุรี ซึ่งเป็นหินปูนสีเทา–ขาว เป็นส่วนใหญ่ อ่างเก็บน้ำจุ 9,500 ล้าน ลบ.ม. กำลังผลิตไฟฟ้า 300 เมกะวัตต์ (กังหันน้ำแบบฟรานซิสแกนตั้ง 3 ชุด) กฟผ. เป็นผู้ดำเนินโครงการ โดยมี Snowy Mountains Engineering Corp. (SMEC) ของออสเตรเลีย เป็นบริษัทวิศวกรที่ปรึกษาออกแบบและควบคุมงานก่อสร้าง และ International Board of Consultants เป็นที่ปรึกษาพิเศษ ผู้รับเหมาก่อสร้างประกอบด้วยบริษัทดังต่อไปนี้

Vianini Lavori SpA	สำหรับงานขุดคลอง ผันน้ำด้านท้ายน้ำบางส่วน	70 ล้านบาท
Italian-Thai & Sheridan	สำหรับงานขุดอุโมงค์เพื่ออัดฉีดน้ำปูน	1,164.6 ล้านบาท
Italian-Thai	สำหรับงานเขื่อน โรงไฟฟ้าและอาคารประกอบทั้งหมด	2,730.8 ล้านบาท
Mitsui	สำหรับงานติดตั้งท่อส่งน้ำผลิตไฟฟ้า	78.5 ล้านบาท
	และงานติดตั้งประตูไฮโดรลิกและปั้นจั่นโรงไฟฟ้า	100 ล้านบาท
Marubeni	สำหรับงานติดตั้งเครื่องกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	448.5 ล้านบาท
Kanemutsu	สำหรับงานติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าและอุปกรณ์ลานไกไฟฟ้า	123.8 ล้านบาท
Nishimen	สำหรับงานติดตั้งอุปกรณ์อื่น ๆ ด้านไฟฟ้าและเครื่องกล	54.4 ล้านบาท

ฯลฯ

ราคาโครงการ รวมทั้งสิ้น 9,000 ล้านบาท

หน้าที่ของเขื่อน

ชนิดของเขื่อนอาจแบ่งตามลักษณะการใช้งานได้ดังนี้ :

1) **เขื่อนรับน้ำ** สร้างเพื่อยกระดับน้ำให้สูงขึ้น และรับน้ำจากลำน้ำเข้าสู่โรงไฟฟ้า ได้แก่ เขื่อนแม่ฮ่องสอน เขื่อนบางยาง เขื่อนบ้านสันติ 1 และโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กต่าง ๆ

2) **เขื่อนเก็บกักน้ำ** เก็บน้ำไว้ในอ่างแล้วควบคุมการปล่อยน้ำให้เป็นไปตามที่ต้องการเพื่อการผลิตไฟฟ้า การชล–ประทาน การป้องกันอุทกภัย และการประมงในอ่างเก็บน้ำ เช่น เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนศรีนครินทร์ เขื่อนกิ่วลม เขื่อนบางพระ เขื่อนลำตะคอง เขื่อนลำพระเพลิง เขื่อนลำปาว เขื่อนน้ำอูน เขื่อนแก่งกระจาน เป็นต้น

3) **เขื่อนทดน้ำ** สร้างขึ้นเพื่อควบคุมปริมาณน้ำทางด้านท้ายน้ำ เพื่อยกระดับน้ำผันเข้าสู่คลองส่งน้ำสำหรับการชลประทาน เช่น เขื่อนวชิราลงกรณ์ เขื่อนเจ้าพระยา เขื่อนนเรศวร เป็นต้น สำหรับเขื่อนทดน้ำแห่งแรกที่สร้างเพื่อผลิตไฟฟ้า คือ เขื่อนท่าทุ่งนา เขื่อนทดน้ำอาจจะมีรูปร่างเป็นแบบเขื่อนระบายน้ำหรือเป็นแบบฝายก็ได้ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก)

4) **เขื่อนเก็บกักน้ำเพื่อสูบน้ำกลับ** สร้างขึ้นเพื่อทำอ่างเก็บน้ำ เมื่อปล่อยน้ำออกแล้วก็สูบกลับ เขื่อนประเภทนี้อาจจะไม่ต้องสร้างขวางทางน้ำ หน้าที่สำคัญคือ คอยเก็บน้ำไว้ปล่อยเพื่อผลิตไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการสูง และเมื่อมีความต้องการไฟฟ้าน้อยก็ใช้ไฟฟ้าสูบกลับมาไว้

การเลือกชนิดของเขื่อนตามลักษณะภูมิประเทศ

เขื่อนเก็บกักน้ำจะต้องสร้างด้านเหนือน้ำของโครงการชลประทานเสมอ ทำเลที่เหมาะสำหรับการสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำมักจะเป็นบริเวณที่มีเนินสูง หรือไหล่เขาสองข้างลำน้ำเข้ามาใกล้กันมากที่สุด ขนาดความสูงของเขื่อนจะกำหนดตามปริมาตรของน้ำที่ต้องการจะเก็บกักไว้ ซึ่งจะต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำเฉลี่ยทั้งปีที่ไหลลงมาตามลำน้ำ และจำนวนน้ำที่พื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดภายในเขตโครงการชลประทานนั้นต้องการใช้ในแต่ละปีด้วย

สำหรับวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำนั้น ส่วนใหญ่สามารถสร้างได้ด้วยวัสดุต่าง ๆ กัน เช่น คอนกรีตล้วน คอนกรีตเสริมเหล็ก ดินและหินถมอัดแน่น เป็นต้น เขื่อนเก็บกักน้ำทุกแห่งที่สร้างขึ้นจะกำหนดหรือเลือกให้เป็นเขื่อนประเภทใดนั้น จะต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับสภาพของฐานราก สภาพของภูมิประเทศที่เขื่อนนั้นตั้งอยู่ ตลอดจนชนิดและปริมาณของวัสดุที่จะมีให้ใช้ก่อสร้างได้ โดยเขื่อนจะต้องมีทั้งความมั่นคงแข็งแรงและมีราคาถูกที่สุดด้วย

การเลือกชนิดและขนาดของเขื่อนขึ้นอยู่อย่างมากกับรูปร่างของหุบเขา ชนิดและโครงสร้างของหิน

หุบเขาอาจจะจำแนกออกเป็นชนิดหลัก ๆ ได้ดังต่อไปนี้

ก) ช่องเขาแคบ ที่มีอัตราส่วนกว้างต่อสูงน้อยกว่า 3

ข) หุบเขาแคบ ที่มีอัตราส่วนกว้างต่อสูง ระหว่าง 3 – 6

ค) หุบเขากว้าง ที่มีอัตราส่วนกว้างต่อสูง มากกว่า 6 หรือ 7

ง) พื้นที่ราบ ที่เป็นที่ราบลุ่ม

สำหรับช่องเขาแคบที่มีหินฐานรากและไหล่เขามั่นคงแข็งแรง ชนิดของเขื่อนที่เหมาะสมมีเขื่อนคอนกรีตโค้ง ผนังบางแบบโค้งระนาบนอนระนาบเดียว และแบบโค้งทั้งระนาบนอนและระนาบตั้งแบบหลัง เช่น เขื่อนภูมิพล ซึ่งช่องเขามีอัตราส่วนกว้างต่อสูงประมาณ 3 และตัวเขื่อนมีรัศมีความโค้ง 250 ม. (กรณีที่ใช้คอนกรีตที่มีกำลังอัดปานกลาง รัศมีความโค้งไม่ควรเกิน 175 ม. ทั้งนี้เพื่อความประหยัด) กรณีเช่นนี้ไหล่เขาทั้งสองข้างต้องรับแรงกดมหาศาล แต่อาจจะลดความเข้มข้นของแรงกดดังกล่าวได้บ้าง โดยทำขอบของตัวเขื่อนให้หนากว่าส่วนอื่น หินบริเวณไหล่เขาที่ต้องยันเขื่อนชนิดนี้ ควรมีกำลังรับแรงกดไม่น้อยกว่า 500–700 ตันต่อ ตร.ม. (5–7 เมกะ–ปาสกาล) หินที่เหมาะสมสำหรับโครงสร้างเขื่อนชนิดนี้ มีหินแกรนิตที่ปราศจากรอยต่อ รอยแตกแยกและรอยร้าว ซึ่งการเชื่อมเนื้อคอนกรีตเข้ากับหินอัดนี้ ทำได้ทันที เพียงแต่ล้างหินให้สะอาดแล้วลาดด้วยน้ำปูนก่อนเทคอนกรีต แต่ถ้าเป็นหินชั้นจำเป็นต้องเซาะร่องตื้น ๆ สำหรับรับคอนกรีต เขื่อนคอนกรีตแบบโค้งสองทางมักจะมีแนวสันเขื่อนอยู่นอกพื้นที่ฐานไปทางเหนือน้ำ เขื่อนลักษณะนี้นอกจากมีความสวยงามในรูปร่างแล้วยังประหยัดวัสดุมากอีกด้วย เหมาะสมกับกรณีที่ปูนซีเมนต์มีราคาแพงแต่ค่าแรงถูก เมื่อเทียบกับเขื่อนคอนกรีตฐานแผ่จะประหยัดคอนกรีตอย่างน้อยร้อยละ 50

สำหรับหุบเขาแคบที่มีอัตราส่วนกว้างต่อสูงระหว่าง 3 ถึง 6 และหินฐานรากมีกำลังรับน้ำหนักประมาณ 80 – 100 ตันต่อ ตร.ม. (0.8 – 1.0 เมกะปาสกาล) การออกแบบสามารถเลือกเขื่อนคอนกรีตแบบฐานแผ่ ถ้าหินและทรายสำหรับใช้เป็นมวลรวมของคอนกรีตสามารถหาได้ภายในรัศมีไม่เกิน 10 – 15 กม.

สำหรับหุบเขากว้าง เขื่อนทุกชนิดสามารถสร้างได้ ยกเว้นเขื่อนคอนกรีตโค้ง แต่จะเลือกเขื่อนชนิดใดนั้นขึ้นอยู่กับธรณีวิทยาของที่ตั้งเขื่อน และความใกล้ชิดของวัสดุที่จะนำมาทำตัวเขื่อน เขื่อนคอนกรีตฐานแผ่เหมาะสมกับหุบเขาที่มีอัตราส่วนกว้างต่อสูงตั้งแต่ 5 ขึ้นไป และหินฐานรากชนิดหินทรายและหินปูนที่มีกำลังรับน้ำหนักสูงพอสมควร กล่าวคือประมาณ 80 – 100 ตัน ต่อ ตร.ม. (0.8 – 1.0 เมกะปาสกาล) ความมั่นคงของเขื่อนคอนกรีตฐานแผ่ อาศัยน้ำหนักตัวมันเองต้านทานการเคลื่อนที่แนวนอนและการหมุนเนื่องจากแรงดันน้ำที่กระทำในแนวนอนต่อเขื่อน รูปตัดทั่ว ๆ ไปของเขื่อนชนิดนี้ คือ รูปสามเหลี่ยมที่มีฐานกว้างอย่างน้อยสองในสามของความสูง บางครั้งอาจจะออกแบบให้โค้งออกสู่เหนือน้ำเล็กน้อย ซึ่งมีข้อดีคือ เพิ่มความมั่นคง การรั่วซึมเนื่องจากคอนกรีตร้าวจะหมดไปเพราะแรงกดเนื่องจากความโค้ง และการหดตัวหรือขยายตัวตามแนวสันเขื่อนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ จะไม่ทำให้เกิดความเค้นในคอนกรีตมาก เพราะผลของความโค้ง ข้อเสียของเขื่อนคอนกรีตแบบฐานแผ่ คือ มีฐานกว้างจึงเกิดแรงยกเนื่องจากแรงดันน้ำสูง แต่ปัญหานี้แก้ได้โดยทำเป็นเขื่อนคอนกรีตแบบครีบ ถ้าธรณีวิทยาของฐานรากเอื้ออำนวยและไม่มีปัญหาเรื่องการทรุดตัวไม่เท่ากันของครีบแต่ละอัน

เขื่อนหินทิ้งสามารถสร้างได้ถ้าเงื่อนไขดังต่อไปนี้เอื้ออำนวย

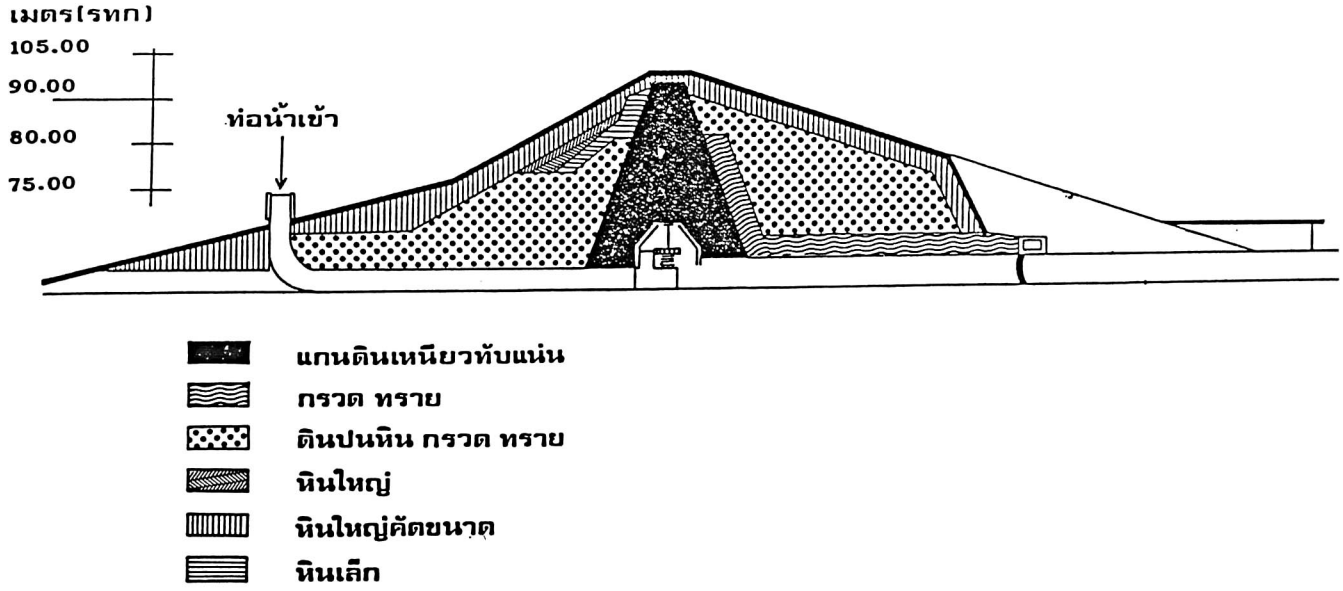
1) ธรณีวิทยาของฐานรากไม่แน่นอนหรือแปรผันมากจนไม่แน่ใจว่าจะรับแรงกดสูง ๆ ที่จำเป็นสำหรับเขื่อนคอนกรีตรูปแบบต่าง ๆ

2) หินที่เหมาะสมมีอยู่ในบริเวณใกล้เคียง โดยระเบิดจากแหล่งหินหรือได้จากการขุดงานโยธาส่วนอื่น หินนี้ต้องแข็งและมั่นคงทนต่อสภาพอากาศต่าง ๆ

3) ดินเหนียวสำหรับทำแกนเขื่อนเพื่อเป็นวัสดุกันน้ำต้องมีอยู่ในบริเวณใกล้เคียงในปริมาณเพียงพอ

4) ความกว้างของหุบเขาต้องเหมาะสมกับการเคลื่อนไหวของรถเครื่องจักรงานดินขนาดหนัก

เขื่อนดินถมเหมาะสมกับกรณีที่มีดินอ่อนปริมาณมากในบริเวณใกล้ ๆ ที่ตั้งตัวเขื่อน สำหรับใช้ทำตัวเขื่อน และฐานรากชั้นบนเป็นดินอ่อน ปกติในภูมิประเทศเช่นนี้ หินฐานรากที่มั่นคงจะอยู่ลึก การขุดดินอ่อนส่วนบนออกทั้งหมดจะสิ้นเปลืองมาก การลดปริมาณการซึมผ่านของน้ำในฐานรากดินอ่อนมักจะทำได้โดยการตัดร่องลึกตามแนวแกนเขื่อน และทำฉากป้องกันน้ำซึมผ่านโดยการถมดินชนิดใหม่ที่กันน้ำได้ดีกว่าแทนที่และการปรับปรุงฐานรากด้วยการอัดฉีดน้ำปูน



รูปตัดเขื่อนแก่งกระจาน ซึ่งเป็นเขื่อนดินแกนดินเหนียว

ชนิดของหินที่อาจมีปัญหาต่อการสร้างเขื่อน

หินแกรนิตและหินแกรนูไลต์ หินแกรนิตเป็นหินอัคนีที่แข็งตัวในเปลือกโลก ส่วนประกอบที่สำคัญ (ประมาณร้อยละ 65 หรือมากกว่า) เป็นซิลิก้าในรูปของผลึกควอรตซ์อิสระปรากฏชัดเจนและมักมีสีอ่อน หินแกรนูไลต์เป็นหินแปรที่เกิดจากการตกผลึกใหม่อย่างสมบูรณ์ของหินบะซอลต์หรือแกบโบร์ เนื่องจากสัมผัสกับความร้อนเป็นเวลายาวนาน หินเหล่านี้ปกติจะมีเนื้อแน่น มั่นคงแข็งแรง มีกำลังรับน้ำหนักสูง และโดยทั่ว ๆ ไปจะทึบน้ำ เหมาะสำหรับเขื่อนคอนกรีต ยกเว้นแต่หินแกรนิตที่มีการผุสลายหรือแตกแยกมาก กรณีเช่นนี้จะมีปัญหามาก ถึงแม้ว่าสามารถจะปรับปรุงฐานรากโดยการอัดฉีดน้ำปูนได้ ที่ควรระวังให้มากขึ้นคือบางครั้งอาจมีดินเหนียวรองรับอยู่ข้างล่างหินแกรนิต ผลทำให้กำลังรับน้ำหนักของฐานรากตกต่ำลง บริเวณหินอัคนีซึ่งผุพังโดยความร้อนเป็นตัวการเป็นอีกบริเวณหนึ่งที่ควรพยายามหลีกเลี่ยงให้มากที่สุด ทั้งนี้เพราะว่าเฟลด์สปาร์ซึ่งเป็นแร่ประกอบสำคัญตัวหนึ่งของหินอัคนี จะถูกเปลี่ยนให้กลายเป็นแร่ดินเหนียวซึ่งอ่อนและสลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกน้ำไหลผ่าน ความแข็งแรงของหินดังกล่าวในบริเวณนี้จะลดลงและจำเป็นต้องขุดลอกออกให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

หินบะซอลต์ โดลิไรต์ แอนดีไซต์ และแกบโบร์ หินเหล่านี้เป็นหินอัคนีที่ไม่มีผลึกควอรตซ์อิสระ ส่วนประกอบที่สำคัญเป็นแร่สีคล้ำ ปริมาณซิลิก้าปกติน้อยกว่าร้อยละ 55 หินเหล่านี้อาจจะดูเนื้อแน่นมั่นคงดี แต่มักจะพบว่ามีรอยแตกแยกมาก โดยเฉพาะหินบะซอลต์ซึ่งเกิดจากการเย็นตัวนอกผิวโลกเป็นพวกที่มีรอยต่อและรอยแตกแยกมาก ตลอดจนความพรุนอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูง ปัญหาเรื่องการรั่วซึมของน้ำเป็นปัญหาหนึ่งซึ่งควรคำนึงและศึกษาให้ละเอียด การอัดฉีดน้ำปูนเพื่อปรับปรุงฐานรากมักจะสิ้นเปลืองปูนซีเมนต์มาก ในอีกกรณีหนึ่ง

หินบะซอลต์อาจจะมีฝุ่นผงขี้เถ้าภูเขาไฟปะปนอยู่ หรือถูกทับอยู่ ซึ่งเป็นปัญหามากเพราะอัดฉีดน้ำปูนไม่เข้า เมื่อเริ่มเก็บกักน้ำมักปรากฏว่าน้ำรั่วซึมหนีมาก

หินแปรพวกไนส์และไมก้าชิสต์ หินเหล่านี้เป็นหินแปรชนิดหนึ่ง ซึ่งโดยธรรมชาติแล้วมีความแข็งแรงสูงและทึบน้ำ แต่เนื่องจากเป็นหินแปรที่มีการวางตัวของแร่ ซึ่งอาจจะเป็นบริเวณอ่อนแอและไปลดความแข็งแรงของหินลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแนวการวางตัวของแร่ นอกจากนี้แล้วแนวการวางตัวของแร่นี้ ยังเป็นแนวที่ทำให้อัตราการผุพังทำลายสูงขึ้นและเกิดการวิบัติแบบลื่นไถลได้ง่าย แต่ก็มีเขื่อนหลายเขื่อนสร้างบนหินเหล่านี้แล้วปรากฏว่ามั่นคงแข็งแรงดีและเป็นที่น่าพอใจ

หินแปร โดยทั่วไป หินแปรที่ไม่มีแนวการเรียงตัวของแร่มักจะมีข้อดีตลอดจนความแข็งแรงก็ดีกว่าหินแปรจำพวกที่มีแนวการเรียงตัวของแร่ ในบรรดาหินแปรด้วยกันแล้ว หินที่มีความแข็งแรงสูงที่สุดได้แก่ ควอร์ตไซต์ ทั้งนี้เพราะเป็นหินที่แปรเปลี่ยนมาจากหินทราย เม็ดทรายซึ่งมีส่วนประกอบเป็นซิลิก้าจะเกิดการตกผลึกใหม่อีกครั้งหนึ่งหลอมเหลวจับตัวกันแน่น ซิลิก้านอกจากจะเป็นสารที่แข็งมากแล้ว ยังเป็นสารที่ทนทานต่อขบวนการผุพังทั้งหลายอีกด้วย หินแปรอีกชนิดหนึ่งที่ไม่มีแนวการเรียงตัวของแร่ และมีความแข็งแรงค่อนข้างสูง คือ หินอ่อน แต่มีความไม่แน่นอนและไม่เหมาะสำหรับเป็นหินฐานรากเขื่อน ทั้งนี้เพราะหินอ่อนประกอบด้วยแร่แคลไซต์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งละลายในน้ำได้ ก่อให้เกิดปัญหาในเรื่องการรั่วซึมของน้ำ ตลอดจนการสูญเสียความแข็งแรงของหินเอง

หินปูน (ชุดตะรุเตา ชุดทุ่งสง ชุดตะนาวศรี ชุดราชบุรี) โดยทั่ว ๆ ไป หินปูนเป็นหินพวกเนื้อแน่น มีความสามารถในการรับน้ำหนักอยู่ในเกณฑ์สูง แต่เนื่องจากธรรมชาติของหินปูน เป็นพวกที่สามารถละลายในน้ำได้ ดังนั้นค่ากำลังรับน้ำหนักและความแข็งแรงอาจจะลดลงไปได้ ถ้ามีช่องว่างอยู่มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแนวรอยแตกเมื่อมีน้ำไหลหมุนเวียนเกิดขึ้น ขนาดของรอยแตกที่มีอยู่จะใหญ่ขึ้น เนื่องจากบางส่วนของหินถูกชะล้างละลายไปกับน้ำที่ไหลผ่าน ในบางกรณีช่องว่างเหล่านี้จะใหญ่และกว้างมาก จนเป็นปัญหาสำหรับการก่อสร้างเขื่อนและการเก็บกักน้ำ แต่อาจจะแก้ไขได้โดยการอัดฉีดน้ำปูนขนาดใหญ่และการอุดโพรงหินหรือถ้ำด้วยคอนกรีตหรือดินเหนียว โดยเจาะอุโมงค์เป็นแนวยาวเข้าไปทำการอัดฉีดน้ำปูนภายในการสร้างเขื่อนบนหินชนิดนี้จึงเป็นการสิ้นเปลืองและเสี่ยงมากด้วย

หินทราย โดยปกติเป็นหินที่มีความแข็งแรงชนิดหนึ่ง แต่ความแข็งแรงอาจจะลดลงได้ถ้าหากมีพวกดินเหนียวหรือชั้นหินดินดานแทรกสลับอยู่ ขนาดของการเชื่อมประสานและชนิดของสารเชื่อมประสาน นอกจากจะมีผลต่อความแข็งแรงของหินชนิดนี้แล้ว ยังมีผลต่อความพรุนและความซึมได้ ซึ่งจะเป็นตัวควบคุมและมีผลต่อความสามารถในการเก็บกักน้ำของเขื่อนอีกด้วย

กรวด ทราย และก้อนดินเหนียวขนาดใหญ่ ฐานรากชนิดนี้อาจจะไม่เหมาะสมสำหรับการสร้างเขื่อนขนาดใหญ่ แต่เป็นไปได้สำหรับเขื่อนดินหรือหินทิ้งขนาดเล็กที่มีการปรับปรุงฐานรากโดยการอัดฉีดน้ำปูน.

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2527. เขื่อน. เอกสารประชาสัมพันธ์.

กรมชลประทาน. 2521. แนะนำเขื่อนและฝายชลประทาน – เพื่อประชาชน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ภาคผนวก

เขื่อนระบายน้ำ

เป็นอาคารทดน้ำแบบหนึ่ง ซึ่งสร้างขวางลำน้ำสำหรับทดน้ำที่ไหลมาให้มีระดับสูง จนสามารถส่งเข้าคลองส่งน้ำได้ตามปริมาณที่ต้องการในฤดูกาลเพาะปลูก เขื่อนระบายน้ำเป็นอาคารสำหรับทดน้ำที่สร้างขึ้นที่หัวงานโครงการชลประทาน สามารถทดน้ำให้สูงได้ทุกระดับตามความต้องการ และสามารถระบายน้ำผ่านเขื่อนไปได้ตามปริมาณที่กำหนด โดยให้น้ำที่หลากมาเต็มที่ในฤดูฝนสามารถระบายผ่านไปได้ทันที

เขื่อนระบายน้ำจะมีลักษณะเป็นช่อง ๆ สำหรับให้น้ำไหลผ่านไปได้ ตลอดความยาวของตัวเขื่อนแบ่งด้วยตอม่อ เขื่อนระบายน้ำแต่ละแห่ง จะมีจำนวนช่องและขนาดกว้างช่องละเท่าไร ย่อมแล้วแต่ปริมาณน้ำสูงสุดที่มีมาในลำน้ำ ซึ่งจะสามารถไหลผ่านไปได้อย่างปลอดภัย โดยไม่ล้นข้ามเขื่อน และไม่ทำให้ระดับน้ำด้านเหนือน้ำของเขื่อนท่วมพื้นที่สองฝั่งลำน้ำมากเกินไปอีกด้วย ช่องระบายน้ำของเขื่อนทุกช่องจะมีบานประตูปิดไว้ระหว่างตอม่อ บานประตูทุกบานสามารถยกขึ้นและหย่อนลงได้ทุกระดับตามต้องการ เมื่อไม่ต้องการให้น้ำไหลผ่านเขื่อนก็หย่อนบานประตูลงปิดสนิทที่พื้นธรณีของเขื่อนได้ และเมื่อต้องการระบายน้ำผ่านเขื่อนก็ยกบานประตูขึ้นจากพื้นธรณีเขื่อนให้น้ำไหลลอดบานประตูไป ปริมาณน้ำจะไหลผ่านได้น้อยถ้ายกบานประตูขึ้นเล็กน้อย แต่ถ้ายกขึ้นมากน้ำที่ไหลลอดผ่าน

จะมีปริมาณมาก และในกรณีที่มีน้ำไหลมามาก ถ้าต้องการระบายน้ำผ่านเขื่อนเต็มที่ก็สามารถยกบานประตูทุกบานให้สูงขึ้นพ้นระดับน้ำได้ บานประตูของเขื่อนระบายน้ำส่วนมากทำด้วยเหล็กและมีรูปร่างต่าง ๆ กัน เช่น บานรูปสี่เหลี่ยมตั้งตรง และบานสี่เหลี่ยมรูปโค้ง เป็นต้น

เขื่อนระบายน้ำต้องสร้างให้มีลักษณะมั่นคงและถาวร ใช้วัสดุที่มีความคงทนถาวรเป็นหลัก และจะต้องออกแบบโดยใช้หลักวิชาการอย่างถูกต้อง พร้อมด้วยการก่อสร้างที่ประณีต เขื่อนระบายน้ำส่วนใหญ่จึงมีราคาแพง และมีความเหมาะสมที่จะสร้างในทุกสภาพของภูมิประเทศ โดยเฉพาะลำน้ำในบริเวณทุ่งราบ เช่น ทุ่งราบภาคกลาง เป็นต้น

เขื่อนระบายน้ำในประเทศไทยขนาดใหญ่ ที่ได้สร้างขึ้นจนถึงปัจจุบัน ได้แก่ เขื่อนเจ้าพระยา เขื่อนวชิราลงกรณ์ เขื่อนพระรามหก เขื่อนเพชร เขื่อนพิมาย เขื่อนห้วยหลวง เขื่อนมะขามเฒ่า เขื่อนบ้านคนชุม เขื่อนบ้านข่อยงาม ฯลฯ

ฝาย

เป็นอาคารทดน้ำประเภทหนึ่ง สร้างขึ้นทางต้นน้ำของทางน้ำธรรมชาติ และสามารถให้น้ำไหลล้นข้ามไปบนสันของตัวอาคารได้ ฝายจะทำหน้าที่ทดน้ำที่ไหลมาตามลำน้ำให้มีระดับสูง จนสามารถไหลเข้าคลองส่งน้ำได้ตามปริมาณที่ต้องการในฤดูกาลเพาะปลูก ส่วนน้ำที่เหลือจะไหลล้นข้ามสันฝายไป ฝายทุกแห่งต้องสร้างให้มีความสูงมากพอ สำหรับทดน้ำให้ส่งเข้าคลองส่งน้ำได้ และจะต้องมีความยาวมากพอที่จะให้น้ำที่ไหลมาในฤดูน้ำผ่านฝายไปได้อย่างปลอดภัย โดยไม่ทำให้เกิดน้ำท่วมตลิ่งสองฝั่งลำน้ำด้านเหนือฝายมากเกินไป โดยทั่วไปแล้ว ฝายส่วนใหญ่จะมีขนาดความสูงไม่มากนัก มีรูปร่างคล้ายสี่เหลี่ยมคางหมู และมักจะมีส่วนลาดเทของอาคารทางด้านท้ายน้ำแบนราบกว่าส่วนลาดเททางด้านเหนือน้ำ

วิธีการก่อสร้างฝาย ราษฎรที่ทำกันโดยทั่วไปคือ การตอกเสาไม้ให้ห่างกันเป็นระยะ ๆ ขวางลำน้ำให้ได้หลาย ๆ แถวตามที่ต้องการ และนำไม้เคร่ามาตอกติดกับเสา แล้วกรุด้วยไม้ไผ่ติดกับเคร่า พร้อมกับอัดกิ่งไม้ ใบไม้ และกรวดทรายลงไปในคอกให้เต็ม เมื่อใช้งานไปชั่วระยะหนึ่ง ใบไม้และกิ่งไม้จะเน่าเปื่อย ทำให้ฝายชำรุดเสียหาย จึงต้องคอยเปลี่ยนกิ่งไม้ใบไม้ในคอกเสียใหม่เป็นประจำเช่นนี้ทุกปี หากต้องการให้ฝายดังกล่าวใช้งานได้นานขึ้นก็จะต้องสร้างให้ประณีตขึ้นไปอีก โดยอาจใช้วิธีนำกิ่งไม้และใบไม้มามัดรวมกันเป็นฟ่อน ๆ ทิ้งอัดลงไปเป็นชั้น ๆ แต่ละชั้นอัดด้วยทรายและกรวดแทรกลงไปในช่องว่างให้แน่น เป็นต้น ฝายประเภทนี้ จะมีอายุการใช้งานได้นานหลายปี ถ้าหมั่นดูแลซ่อมแซมวัสดุที่ชำรุดเสียหาย และที่หลุดลอยไปตามน้ำให้อยู่ในสภาพดีอยู่เสมอ

ฝายที่สร้างขึ้นในแต่ละท้องที่ อาจมีความมั่นคงแข็งแรงและมีอายุการใช้งานได้มากน้อยต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง รวมทั้งความถูกต้องของการออกแบบและการก่อสร้างเป็นสำคัญ ตัวอย่างเช่น ฝายที่ราษฎรช่วยกันสร้างในภาคเหนือ บางแห่งจะมีอายุการใช้งานได้ไม่นานนัก เพราะใช้วัสดุราคาถูกและหาได้ง่ายในท้องถิ่นเป็นส่วนใหญ่ เช่น กิ่งไม้ ใบไม้ ไม้ไผ่ เสาไม้ ทรายและกรวด เป็นต้น ฝายดังกล่าวจึงมีลักษณะไม่คงทนถาวร นอกจากนี้การก่อสร้างอาจไม่ประณีต เพราะต้องการสร้างให้เสร็จโดยเร็วเพื่อใช้งานได้ทันที

ในการสร้างฝายให้มีอายุการใช้งานได้นานขึ้น อาจใช้วัสดุก่อสร้างที่ประกอบด้วยเสาไม้ขนาดใหญ่ หินขนาดต่าง ๆ และกรวดทราย ฝายลักษณะหนึ่งที่ราษฎรนิยมสร้าง คือการวางเสาไม้ต่อกันยาวตามลำน้ำให้เป็นแถว ๆ ตลอดความกว้างของลำน้ำ แล้วสลับกันวางตามขวางของลำน้ำเป็นแถว ๆ ทำให้เป็นคอกสูงลึกลดหลั่นกัน เป็นรูปฝายตามที่ต้องการ หลังจากนั้นจึงทิ้งหินขนาดต่าง ๆ พร้อมทั้งกรวดและทรายลงไปในคอกจนเต็ม หิน กรวดและทรายจะต้านทานน้ำที่ไหลผ่านตัวฝายและน้ำที่ไหลล้นข้ามสันฝายได้เป็นอย่างดี ทำให้ฝายแบบนี้มีความแข็งแรง และมั่นคงถาวรยิ่งขึ้น สามารถใช้งานได้นานมาก จนเกือบจะเป็นการถาวร

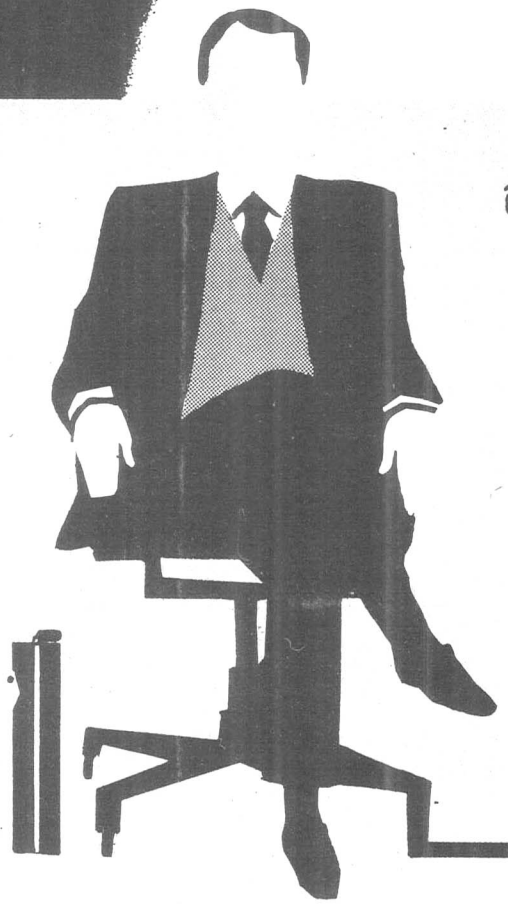
อนึ่ง หากต้องการสร้างฝายให้มั่นคงแข็งแรงและใช้งานได้ตลอดไป จะต้องใช้วัสดุที่มีความคงทนถาวรเป็นหลัก ได้แก่ หิน ซีเมนต์ คอนกรีตล้วน และคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นต้น โดยจะต้องคำนวณออกแบบกำหนดส่วนสัดของฝายให้เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ และให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำที่จะมีมามากที่สุดในลำน้ำให้ผ่านไปได้โดยปลอดภัย ต้องก่อสร้างให้ถูกวิธีและประณีตด้วย นอกจากนี้ในการออกแบบและก่อสร้างฝายประเภทถาวร ยังจะต้องพิจารณาหาทางป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาต่อไปนี้ขึ้นได้ เช่น ต้องไม่ให้น้ำไหลทะลุผ่านตัวฝายได้ ต้องไม่ให้น้ำไหลลอดตัวฝายมากจนทำให้ฝายไม่มีความมั่นคง ต้องไม่มีน้ำไหลผ่านหัวฝายที่ตลิ่งสองฝั่งมากจนเกิดอันตราย และต้องป้องกันพื้นฝายและท้องลำน้ำด้านท้ายฝายไม่ให้เกิดการกัดเซาะเนื่องจากน้ำไหลข้ามฝายมากเกินไปด้วย

ฝายในประเทศไทยที่น่าสนใจ ได้แก่ ฝายดุสน ฝายรัตตภูมิ ฝายหนองหวาย ฝายท่าเชียด ฝายสินธุกิจปรีชา ฝายแม่แตง ฝายแม่กวง ฝายแม่ยม ฯลฯ.

ท่านนักลงทุน, ผู้ประกอบการ และ หน่วยงานของรัฐ

เมื่อท่านต้องการ....

- ต้องการลงทุนหรือประกอบการโดยใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี?
- ต้องการแก้ปัญหาด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี?
- ต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี?
- ต้องการเสริมสร้างความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี?



สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
แห่งประเทศไทย (วท.)

อาจช่วยท่านได้

โทร. 5791121-30 ต่อ 226 หรือ 5790255

คณะวิศวกรที่ปรึกษาควบคุมงานก่อสร้าง

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

ในโครงการ

การก่อสร้างเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำห้วยสะพานหิน

ของ

สำนักงานพลังงานแห่งชาติ

สถานที่ก่อสร้างเขื่อน

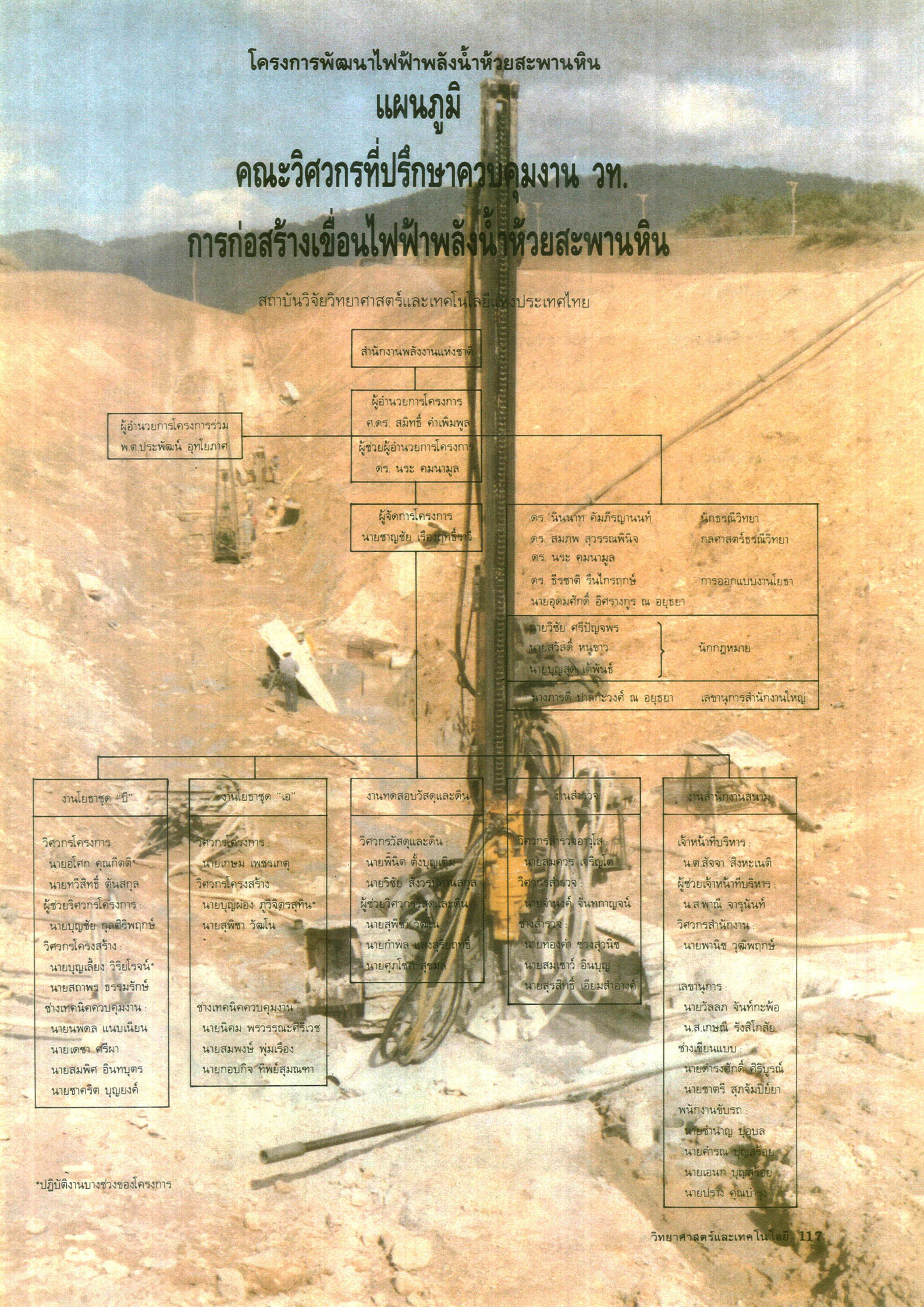
ลำน้ำห้วยสะพานหิน

เขื่อนห้วยสะพานหิน

โครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำห้วยสะพานหิน

แผนภูมิ
คณะวิศวกรที่ปรึกษาควบคุมงาน วท.
การก่อสร้างเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำห้วยสะพานหิน

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย



*ปฏิบัติงานบางช่วงของโครงการ

ผู้อำนวยการโครงการ ศ. ดร. สมิทธิ์ คำเพิ่มพูล วย. 202 (Smith Kampempool, Ph. D.)

เกิด 10 กุมภาพันธ์ 2474 อุดรธานี

วุฒิการศึกษา
ปริญญาโทและปริญญาเอก วิศวกรรมโยธา - โครงสร้าง
มหาวิทยาลัยวิสคอนซิน สหรัฐอเมริกา
ปริญญาตรี วิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เตรียมอุดมศึกษา–ร.ร. สวนกุหลาบวิทยาลัย

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ว่าการ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

เครื่องราชอิสริยาภรณ์ ชั้น ตริตาภรณ์ช้างเผือก

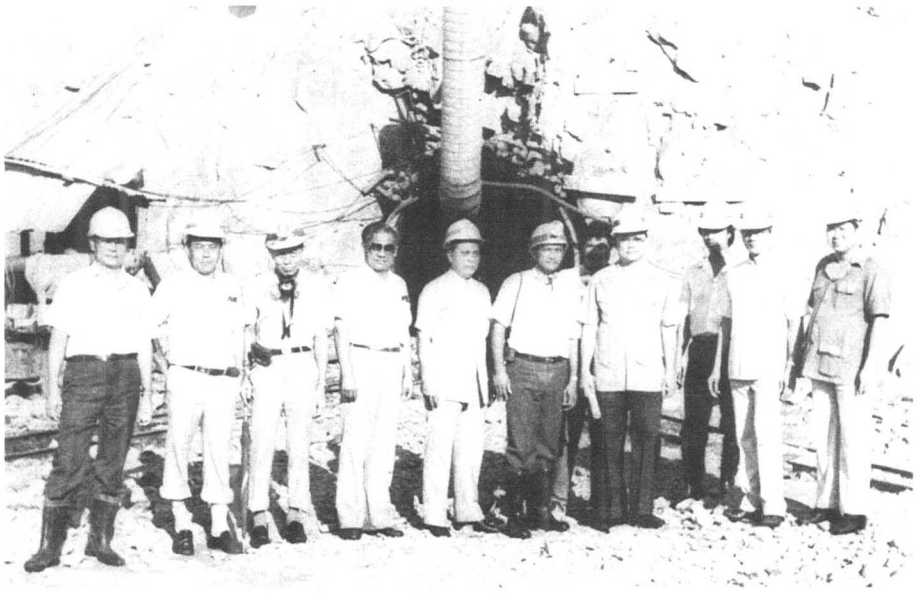
ประวัติการทำงาน ปฏิบัติงานในสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยโดยดำรงตำแหน่งต่าง ๆ ดังนี้

2514 ถึงปัจจุบัน
2528- ผู้ว่าการ วาระที่ 2
- ศาสตราจารย์พิเศษ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2523- ผู้ว่าการ วาระที่ 1
2522- รักษาการ ผู้ว่าการ
2520- รองผู้ว่าการฝ่ายวิจัย
2519- ผู้อำนวยการฝ่ายทดสอบมาตรฐาน
2516- ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาการก่อสร้างแห่งชาติ
2514- นักวิจัยวัสดุก่อสร้าง

2513 - 2514 ประกอบอาชีพอิสระ ด้านวิศวกรรมที่ปรึกษา

2511 - 2513 ผู้อำนวยการฝ่ายออกแบบและค้นคว้าด้านวิศวกรรม บริษัทชลประทานซีเมนต์ จำกัด

2495 - 2511 รับราชการกรมชลประทาน เริ่มจากตำแหน่งนายช่างตรีและครั้งสุดท้าย ดำรงตำแหน่งนายช่างเอก



ศ. ดร.สมิทธิ์ คำเพิ่มพูล

ผลการปฏิบัติงาน

มีประสบการณ์ด้านการคำนวณออกแบบและการก่อสร้างอาคารและเขื่อนในโครงการต่าง ๆ เช่น โครงการเจ้าพระยาใหญ่ เขื่อนวชิราลงกรณ์ อาคารตึกรัฐสภา อาคารแสดงสินค้านานาชาติ กรมเศรษฐสัมพันธ์ อาคารที่ทำการของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ และโรงแรมฮอลิเดย์ อินน์ (เดอะ แชนด์) พัทยา เป็นต้น

รับผิดชอบงานวิจัยและพัฒนาโครงการต่าง ๆ ในฐานะผู้ปฏิบัติงานและผู้บริหารองค์กรประมาณ 14 ปี มีโครงการวิจัยและพัฒนาที่สำคัญพอสรุปได้ดังนี้

- งานควบคุมการก่อสร้าง โครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำห้วยสะพานหิน จ. จันทบุรี
- งานควบคุมการก่อสร้าง โครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำแม่มาว จ. เชียงใหม่
- โครงการสำรวจศึกษาความเหมาะสมและออกแบบรายละเอียด ระบบป้องกันน้ำท่วมและการระบายน้ำและระบบบำบัดน้ำเสียเมืองหลักต่าง ๆ เช่น ชลบุรี สมุทรปราการ
- โครงการผลิตแอลกอฮอล์จากมันสำปะหลัง ขั้นโรงงานต้นแบบ
- โครงการพระราชดำริการเกษตรดินทรายชายทะเล
- โครงการวางแผนพัฒนาที่อยู่อาศัยในชุมชนชนบท โดยใช้วัสดุราคาถูก
- โครงการจัดตั้งศูนย์บรรจุหีบห่อ
- โครงการวิจัยและพัฒนาชุมชนปฏิรูปที่ดินคลองม่วง จ. สระบุรี
- ที่ปรึกษาโครงการศึกษาเพื่อวางแผนแก้ปัญหาและป้องกันผลกระทบจากสิ่งแวดล้อม
- ที่ปรึกษาโครงการจัดทำแผนพัฒนาในระดับภูมิภาคและระดับจังหวัด
- บริหารงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการสนับสนุนการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการพัฒนาประเทศ
- บริหารโครงการวิจัยและพัฒนาของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

ที่ปรึกษาโครงการ (กิตติมศักดิ์) ศ.ดร. ชัย มุกตพันธุ์ วย.50 (Prof. Dr. Chai Muktabhant)

เกิด 6 กรกฎาคม 2460 กรุงเทพฯ

วุฒิการศึกษา

วิศวกรรมศาสตร์ ดุษฎีบัณฑิตกิตติมศักดิ์ (เอไอที) 2529
วิศวกรรมศาสตร์ ดุษฎีบัณฑิตกิตติมศักดิ์ (จุฬา) 2510
ปริญญาเอก มหาวิทยาลัยมิชิแกน สหรัฐอเมริกา 2496
ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเยล สหรัฐอเมริกา 2493
ธ.บ. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 2491
วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต (จุฬา) 2489
วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (จุฬา) 2481

ตำแหน่งปัจจุบัน เลขาธิการราชบัณฑิตยสถาน

ประวัติการทำงาน

ศาสตราจารย์ สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประสบการณ์ทำงาน

- มีรายงานที่เสนอในการประชุมนานาชาติเกี่ยวกับวิชาวิศวกรรมดินและฐานราก หลายเรื่อง
- มีผลงานค้นคว้าและพัฒนาวิชาการทางด้านวิศวกรรมดิน ปฐพีกลศาสตร์ และ วิศวกรรมฐานราก ไม่น้อยกว่า 15 เรื่อง

ผลงานทางวิศวกรรม ออกแบบและควบคุมงานก่อสร้าง

- ทางข้ามเกาะภูเก็ต
- ตึกสรีรวิทยา โรงพยาบาลศิริราช
- โกดังเก็บกระดาษ โรงพิมพ์คุรุสภา
- โรงงานกระดาษบางปะอิน
- โรงแรมเวียงใต้
- ตึกโทรคมนาคม
- ตึกอเมริกันอินเตอร์เนชั่นแนลแอสชัวรันส์
- อาคารขององค์การโทรศัพท์
- สนามบินลำปาง พิษณุโลก ขอนแก่น และเชียงราย
- ประภาคารที่อ่าวไทย
- ตึกรัฐสภา
- งานซ่อมแซมพระปรางค์วัดอรุณ
- ตึกกายภาพบำบัด โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์
- โรงงานยาสูบ
- ทางวิ่งและทางขับท่าอากาศยานนานาชาติดอนเมือง

ศ. ดร. ชัย มุกตพันธุ์

ผู้ช่วยผู้อำนวยการโครงการ ดร. นระ คมนามูล วย. 1022 (Nara Khomnamool, Ph.D.)

เกิด 20 มิถุนายน 2486 นครราชสีมา

วุฒิการศึกษา

ปริญญาตรีวิศวกรรมโยธา (เกียรตินิยม) และ ปริญญาเอกวิศวกรรมโครงสร้าง
มหาวิทยาลัยลอนดอน (ยูนิเวอร์ซิตี้ คอลเลจ) ประเทศอังกฤษ
เตรียมอุดมศึกษา – ร.ร. เตรียมอุดมศึกษา พญาไท
มัธยมศึกษา - ร.ร. อัสสัมชัญ ศรีราชา

ตำแหน่งปัจจุบัน

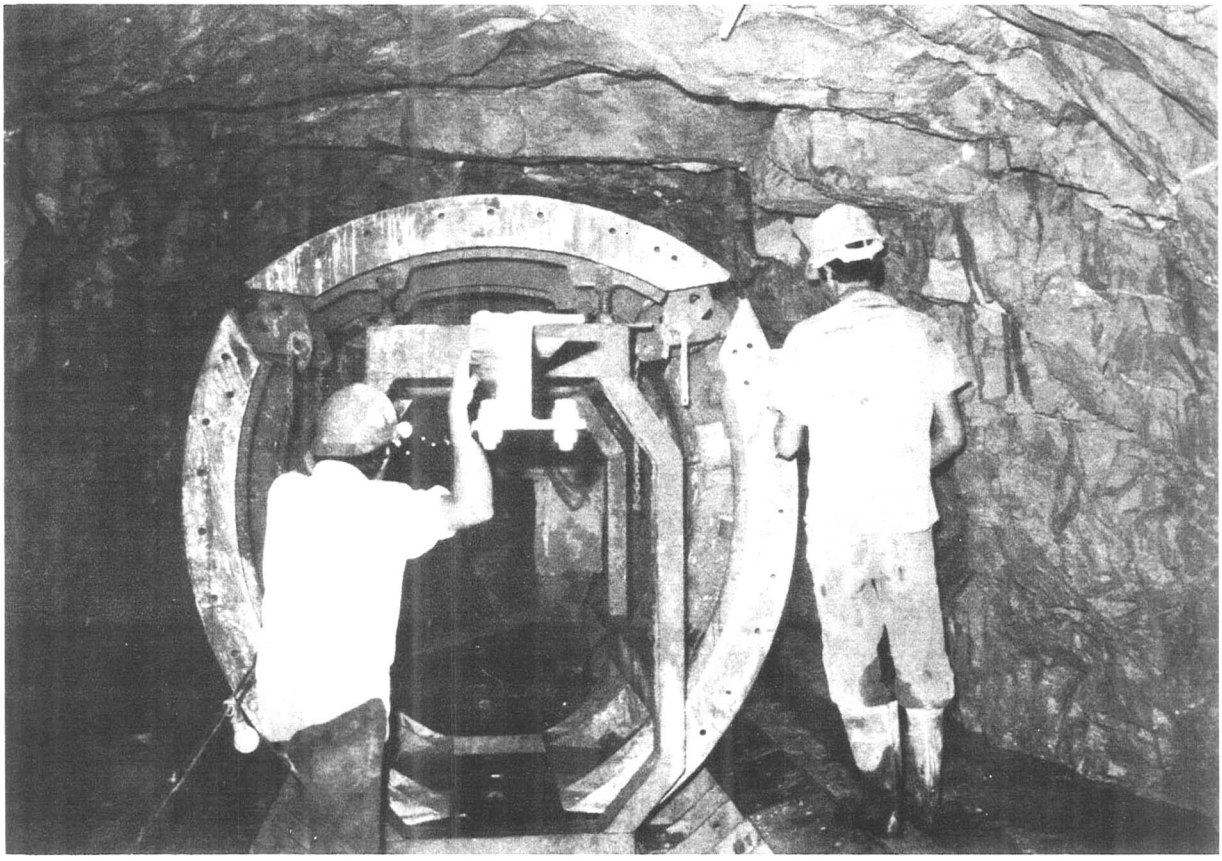
ผู้อำนวยการศูนย์บริการวิศวกรรมที่ปรึกษา
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

ประวัติการทำงาน

2523 – 2527 - ผู้อำนวยการ สำนักงานบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

2518 - 2523 - หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตธนบุรี

2516 - 2518 - หัวหน้าสาขาวิชาโครงสร้าง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตธนบุรี



ดร. นระ คมนามูล

ประสบการณ์

2527 – 2529	– เป็นผู้ช่วยผู้อำนวยการโครงการ คณะวิศวกรที่ปรึกษาควบคุมงานก่อสร้าง โครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำห้วยสะพานหิน จังหวัดจันทบุรี โครงการราคา 500 ล้านบาท (ราคางาน 15 ล้านบาท)
2527 – 2529	– เป็นผู้จัดการงานศึกษาความเหมาะสมและออกแบบรายละเอียด ระบบระบายน้ำและป้องกันน้ำท่วม เมืองหลักชลบุรี ของกรมโยธาธิการ (ราคางาน 5 ล้านบาท) และงานสำรวจศึกษาความเหมาะสมระบบบำบัดน้ำเสียเมืองหลักชลบุรี ของกรมโยธาธิการ (ราคางาน 2 ล้านบาท)
2525 – 2526	– เป็นวิศวกรควบคุมกำกับการติดตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์และระบบควบคุมโรงงานแอลกอฮอล์ต้นแบบ ขนาดกำลังผลิต 1,500 ลิตรต่อวัน โดยใช้มันสำปะหลังวันละ 10 ตัน เป็นวัตถุดิบ และเป็นผู้จัดการโรงงาน (โครงการราคา 60 ล้านบาท)
2520 – 2522	– เป็นวิศวกรที่ปรึกษาในการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ให้พิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์ ท้องฟ้าจำลอง กรุงเทพฯ
2516 – 2518	– เป็นหัวหน้าวิศวกรในการออกแบบก่อสร้างหอเรดาร์โครงคอนกรีตเสริมเหล็กที่ศูนย์ฝึกการบินพลเรือน กรุงเทพฯ และ โครงสร้างเหล็กหอเรดาร์ที่ท่าอากาศยานนานาชาติกรุงเทพฯ (ดอนเมือง)

นอกจากนี้ได้มีบทบาทสำคัญในการบริหาร วางแผนงาน ออกแบบ และก่อสร้างงานวิศวกรรมและอุตสาหกรรมหลายอย่าง รวมทั้งการออกแบบคำนวณทดสอบและรับรองคุณภาพถังแก๊สชนิดต่าง ๆ

ผู้อำนวยการโครงการร่วม พ.ต. ประพัฒน์ อุทโยภาศ วย. 177 (Major Prapat Uthayopas)

เกิด 14 มิถุนายน 2475 สุโขทัย

วุฒิการศึกษา
วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ประกาศนียบัตรชั้นสูงวิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เตรียมอุดมศึกษา – ร.ร. สวนกุหลาบวิทยาลัย

ตำแหน่งปัจจุบัน กรรมการรองผู้จัดการ บริษัทกรุงเทพเอ็นยีเนียริงคอนซัลแตนท์ จำกัด (เคอีซี)

2527- ปัจจุบัน
- วิศวกรประสานงานโครงการ ออกแบบและควบคุมงานก่อสร้างฐานรากระบบแก๊สชีวภาพโรงงานสุรา กรมสรรพสามิต 12 แห่ง ให้กับบริษัท สยามเทคโนโลยี จำกัด
- ผู้จัดการโครงการการออกแบบ โครงการถังน้ำมันเอสโซ่ ที่บ้านดอน ให้กับ บริษัท เอสโซ่แสตนดาร์ด ประเทศไทย จำกัด
- วิศวกรประสานงานโครงการ เป็นที่ปรึกษาโครงการงานคลองส่งน้ำด้วยไฟฟ้า ซึ่งร่วมกับ ทีม-เคอีซี-เอสซีไอ ให้กับ การพลังงานแห่งชาติ
- วิศวกรประสานงานโครงการ โครงการ Inland Waterway Capacity Study of the Chao Phraya River ร่วมกับ BCEOM, DECONS & KECD ให้กับการท่าเรือแห่งประเทศไทย
- ผู้จัดการโครงการเพื่อดำเนินการรังวัด สำรวจเจาะดิน การปรับปรุงบริเวณและทำแบบก่อสร้างของโรงเรียน ในโครงการ มพช. 2 รุ่นที่ 3 รวม 116 โรงเรียนให้กับกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ
- ผู้อำนวยการโครงการร่วม เพื่อดำเนินงานควบคุมการก่อสร้างเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำห้วยสะพานหิน ที่ จ. จันทบุรี ของการพลังงานแห่งชาติ

2526
- วิศวกรประสานงานโครงการ เพื่อดำเนินการควบคุมการก่อสร้างโครงการ Inland Waterway (Phase–III) ร่วมกับ BCEOM CNR–KECD ให้กับกรมเจ้าท่า กระทรวงคมนาคม
- ผู้จัดการโครงการ เพื่อดำเนินการสำรวจเพื่อจัดทำรายละเอียดเกี่ยวกับการออกแบบโครงการศูนย์ฝึกพาณิชย์นาวี จ. สมุทรปราการ ให้กับกรมเจ้าท่า กระทรวงคมนาคม
- ผู้จัดการโครงการ เพื่อทำการสำรวจออกแบบถนน และทำโครงการเร่งรัดจัดที่ดินแบบก่อสร้างของโรงเรียน ในโครงการ มพช. 2 รุ่นที่ 2 รวม 76 โรงเรียนให้กับกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ
- วิศวกรประสานงานโครงการ เพื่อดำเนินการสำรวจเพื่อจัดทำรายละเอียดเกี่ยวกับการออกแบบโครงการ Pumping Irrigation (Phase V) ของการพลังงานแห่งชาติ

พ.ต. ประพัฒน์ อุทโยภาศ

2525

- ผู้จัดการโครงการ เพื่อทำการสำรวจออกแบบถนน และทำโครงการเร่งรัดจัดที่ดินในนิคมสร้างตนเอง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 7 นิคม รวม 3 สัญญา ให้กับกรมประชาสงเคราะห์
- ผู้จัดการโครงการ เพื่อทำการรังวัด สำรวจเจาะดิน การปรับปรุงบริเวณและทำแบบก่อสร้างของโรงเรียน ในโครงการ มพช. 2 รุ่นที่ 1 รวม 200 โรงเรียนให้กับกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ
- วิศวกรประสานงานโครงการ เพื่อทำการปรึกษาดำเนินการสำรวจและออกแบบงานก่อสร้างคลองส่งน้ำ และอาคารชลประทาน โครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า ของการพลังงานแห่งชาติ ชุดที่ 5 จำนวน 11 สถานี

2524

- ผู้จัดการโครงการ เพื่อทำการแนะนำและชี้แจงเกี่ยวกับความเป็นไปได้ของการนำเรือบรรทุกน้ำมัน ขนาด 120,000 DWT เข้าจอดที่ที่จอดเรือกลางทะเลของ บริษัท เอสโซ่แสตนดาร์ดประเทศไทย จำกัด ที่ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี
- ผู้จัดการโครงการ เพื่อทำการออกแบบและควบคุมการก่อสร้างฐานรากถังน้ำมันเอสโซ่ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี
- ผู้จัดการโครงการ เพื่อทำรายละเอียดในการออกแบบให้กับกองทัพอากาศในการวางท่อส่ง และขับถ่ายเชื้อเพลิง รวมทั้งถังเก็บเชื้อเพลิง

2523

- ผู้จัดการโครงการ เพื่อทำการควบคุมงานก่อสร้างท่าเรือท่าทอง จ. สุราษฎร์ธานี ให้กับกรมเจ้าท่า กระทรวงคมนาคม

2522

- ผู้จัดการโครงการ เพื่อทำการสำรวจเจาะดินเพื่อหาข้อมูลในการออกแบบงานก่อสร้างอาคารและสิ่งอำนวยความสะดวก ในบริเวณศูนย์ที่พักชั่วคราวผู้หลบหนีฯ ชาวกัมพูชา บ้านพญากำพุช อ.โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี, ต. ไม้รูด อ. คลองใหญ่ จ. ตราด, ต. ท่าบุญมี

อ. พนัสนิคม จ.ชลบุรี และที่สระแก้ว 2 อ. สระแก้ว จ. ปราจีนบุรี ให้กับสำนักงานข้าหลวงใหญ่ ผู้ลี้ภัยแห่งสหประชาชาติ (UNCHR) และศูนย์อำนวยการร่วม (กองบัญชาการทหารสูงสุด)

2521

- ผู้จัดการโครงการ เพื่อทำการออกแบบท่าเรือท่าทอง จ. สุราษฎร์ธานี ให้กับกรมเจ้าท่า กระทรวงคมนาคม
- วิศวกรประสานงานโครงการ เพื่อทำการสำรวจหาข้อมูลในการออกแบบทางวิ่งทางขับเชื่อมใหม่ พร้อมทั้งสิ่งอำนวยความสะดวกที่เกี่ยวกับการขึ้น – ลง ของเครื่องบิน ของโครงการปรับปรุงท่าอากาศยานที่ดอนเมืองให้กับกระทรวงคมนาคม

2511 – 2521

- บริษัท เอสโซ่แสตนดาร์ด ไทยแลนด์ จำกัด

2519 – 2521

- ออกแบบและควบคุมการก่อสร้าง สถานีบริการของเอสโซ่

2516 – 2519

- หัวหน้าแผนกวิศวกรรม รับผิดชอบการงานวิศวกรรมในคลังน้ำมันต่าง ๆ ทั่วประเทศของ บริษัทเอสโซ่แสตนดาร์ด ไทยแลนด์ จำกัด

2513 – 2516

- ผู้ประสานงานควบคุมและราคา

2511 – 2513

- ผู้ช่วยฝ่ายรายงานและราคา

2510 – 2511

- ออกแบบและควบคุมงานก่อสร้าง ระบบน้ำประปาที่สถานตากอากาศวังแก้ว จังหวัดระยอง

2503 – 2511

- อาจารย์โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า สอนวิชาวัสดุและโครงสร้าง รับผิดชอบห้องปฏิบัติการทดสอบวัสดุ และเป็นอาจารย์สอนพิเศษที่ มหาวิทยาลัยศิลปากร และวิทยาลัยเทคนิค บางมด

2500 – 2503

- ฝึกงานทางด้านวิศวกรที่ปรึกษา กับบริษัท เลมอน แอนด์ บลิซซาร์ด และเทย์เลอร์ วู้ดโรว์ ณ ประเทศอังกฤษ

2499

- ออกแบบและควบคุมงานก่อสร้าง ระบบน้ำประปาที่สนามบินตาคลี และสัตหีบ ของของกองทัพอากาศ

2496 – 2500

- นายช่างตรี กรมโยธาเทศบาล กระทรวงมหาดไทย

ผู้จัดการโครงการ

ชาญชัย เรืองฤทธิ์ราวี วย. 282

(Chanchai Ruangritrawee)

เกิด 25 กรกฎาคม 2472 ศรีสะเกษ

วุฒิการศึกษา

- วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ 2496
- เตรียมอุดมศึกษา – ร.ร. สวนกุหลาบวิทยาลัย
- มัธยมศึกษา – ร.ร. ศรีสะเกษวิทยาลัย

ประวัติการทำงาน

2527 – 2529 – ผู้จัดการโครงการ คณะวิศวกรที่ปรึกษาควบคุมงานการก่อสร้าง โครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำห้วยสะพานหิน จ. จันทบุรี ของสำนักงานพลังงานแห่งชาติ ราคางานโยธาประมาณ 300 ล้านบาท

2524 – 2526 – ผู้จัดการโครงการ ก่อสร้างทางรถไฟสายฉะเชิงเทรา – สัตหีบ ของการรถไฟแห่งประเทศไทย ราคางานประมาณ 600 ล้านบาท

2514 – 2516 – รองวิศวกรโครงการ ของ บริษัท เอสอีพี สวิสอินเตอร์เนชั่นแนล คอนซัลแตนท์ เอส เอ ก่อสร้างสะพานสมเด็จพระปิ่นเกล้า ของกรมโยธาธิการ ราคางานประมาณ 200 ล้านบาท

2509 – 2512 – วิศวกรโครงการ ก่อสร้างสนามบินนครราชสีมา อุบลราชธานี อุดรธานี สนามบินกำแพงแสน งานของโอไอซีซี ราคางานประมาณ 800 ล้านบาท

2505 – 2524 – วิศวกรโครงการ และผู้จัดการโครงการ ก่อสร้างทางหลวงแผ่นดิน ทางหลวงจังหวัด ทางหลวงพิเศษ สะพาน ค.ส.ล. สะพานคอนกรีตอัดแรง ของกรมทางหลวง ราคางานประมาณ 2,000 ล้านบาท

2503 – 2505 – หัวหน้าช่างสำรวจ สำรวจออกแบบทางหลวงแผ่นดิน สายกรุงเทพฯ – นครปฐม ชุมพร – นครศรีธรรมราช และกรุงเทพฯ – ตราด ของกรมทางหลวง ราคางานประมาณ 80 ล้านบาท

2497 – 2503 – วิศวกรก่อสร้าง การไฟฟ้านครหลวง

งานก่อสร้างโยธา ชุด "เอ"

สำนักงานพลังงานแห่งชาติ ได้เซ็นสัญญาว่าจ้าง บริษัท อิตาเลียนไทย ฯ จำกัด เป็นผู้รับเหมาก่อสร้าง เมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2526 ระยะเวลาก่อสร้าง 900 วัน สัญญาสิ้นสุดในวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2529 ราคางานตามสัญญา 86,395,000.00 บาท (ราคางานในที่สุดประมาณ 110 ล้านบาท เพิ่มขึ้น 27.3 % และระยะเวลาก่อสร้างจริง ขยายไปถึงวันที่ 31 พฤษภาคม 2529)

งานโยธา ชุด "เอ" ประกอบด้วยกลุ่มงานต่าง ๆ ดังนี้

1. งานก่อสร้างโรงผลิตกระแสไฟฟ้า

เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กขนาดยาว 44 ม. กว้าง 32 ม. และสูง 15 ม. ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและกังหันน้ำแบบฟรานซิส 2 ชุด ขนาดกำลังการผลิตชุดละ 6.35 เมกะวัตต์ (6,350 กิโลวัตต์) ที่ 500 รอบต่อนาที ขับเคลื่อนด้วยศักย์น้ำ 125.3 ม. และปริมาณการไหล 5.7 ลบ.ม.ต่อวินาที สำหรับกังหันน้ำแต่ละชุด ที่ระดับ EL 70.95 การก่อสร้างอาคารโรงไฟฟ้ามีงานขุดดินและระเบิดหิน ประมาณ 189,381 ลบ.ม.

อาคารโรงไฟฟ้านี้มีลานไกไฟฟ้าอยู่บนดาดฟ้าและมีสายส่งไฟฟ้าแรงสูงขนาด 115 กิโลโวลต์ ไปยังสถานีไฟฟ้าย่อยจันทบุรีของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เป็นระยะทาง 23.8 ก.ม.

2. งานก่อสร้างท่อส่งน้ำจากปากอุโมงค์สู่โรงไฟฟ้า

เป็นท่อส่งน้ำเดี่ยว มีระยะทางยาว 407.8 ม. ทำด้วยเหล็กแผ่นม้วนเป็นรูปวงกลม มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 2.2 ม. และลดหลั่นลงมาถึง 1.8 ม. พร้อมกับแยกออกเป็น 2 ท่อ ขนาด 1.8 – 1.3 ม. เพื่อต่อกับเครื่องกังหันน้ำ 2 เครื่อง ที่โรงไฟฟ้า เหล็กแผ่นที่ใช้ทั้งหมดหนักประมาณ 300 ตัน ประกอบขึ้นโดยการเชื่อมแบบต่อชนเป็นแนวเชื่อมยาวทั้งสิ้น 1,350 ม. ตรวจสอบแนวเชื่อมโดยเอ็กซเรย์ 100% และมีข้อต่อสำหรับการขยายตัวหดตัว 7 ที่

3. งานก่อสร้างอุโมงค์ ปล่อง และถังระบายความดัน

เป็นอุโมงค์รูปเกือกม้า ภายในดาดด้วยคอนกรีต 4,711 ลบ.ม. ไม่มีเหล็กเสริม เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 2.4 – 2.2 ม. และยาว 732 ม. โดยมีความลาดสู่ท้ายน้ำร้อยละ 1.0 อัตราการไหลออกแบบไว้ 13.2 ลบ.ม.ต่อวินาที ปริมาณหินที่ระเบิดออกทั้งหมดประมาณ 7,940 ลบ.ม. ใช้ไดนาไมท์ทั้งหมด 18,431.80 กก. และปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรท 2,167 กก. โดยมีอัตราการคืบหน้าเฉลี่ยวันละ 2.4 ม. และจำนวนการระเบิดทั้งหมด 257 รอบ การอัดฉีดน้ำปูนใช้ปูนซีเมนต์ทั้งสิ้น 117 ตัน สำหรับรูเจาะทั้งหมด 1,575 ม.

ปล่องและถังระบายความดันเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 44 ม. เส้นผ่าศูนย์กลางของปล่องและถัง 4 ม. และ 9 ม. ตามลำดับ ปากปล่องและปากถังอยู่ที่ระดับ EL 210.0 และ EL 214.0 ตามลำดับ การเจาะระเบิดใช้วิธีแบบเจาะลงและตักดินขึ้น ส่วนหินระเบิดจากล่างขึ้นบน

4. งานก่อสร้างทางรับน้ำและอาคารรับน้ำเข้าสู่อุโมงค์ส่งน้ำ

ทางรับน้ำยาว 1,000 ม. สร้างเป็นคลองส่งน้ำที่มีหินเรียงกันฝั่งพังเข้าสู่อาคารรับน้ำ ซึ่งเป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 23 ม. ชนิดหอคอยอิสระมีประตูน้ำชนิดล้อเลื่อนขนาด 2.4 × 1.8 ม. 1 บาน พื้นล่างของอาคารอยู่ที่ระดับ EL 193.50 และระดับน้ำใช้งานระหว่าง EL 197.8—205.0

5. งานอื่น ๆ

– การป้องกันและค้ำยันงานขุดเจาะและการระบายน้ำ

6. บ้านพัก สำนักงานสนาม และถนน

เจ้าของงานควบคุมงานก่อสร้างเอง

คณะวิศวกรที่ปรึกษาควบคุมงานโยธา ชุด "เอ"

วิศวกรโครงการ

เกษม เพชรเกตุ วย. 960

(Kasem Petchgate)

เกิด	4 พฤษภาคม 2487 นครศรีธรรมราช
วุฒิการศึกษา	วศ.บ., วศ.ม. (โยธา) พระจอมเกล้า ธนบุรี
ปฏิบัติหน้าที่	ควบคุมงานและรับผิดชอบการก่อสร้างงานโยธา ชุด "เอ" ทั้งหมด

วิศวกรโครงสร้าง

สุพิชา วัฒโน สย. 3476

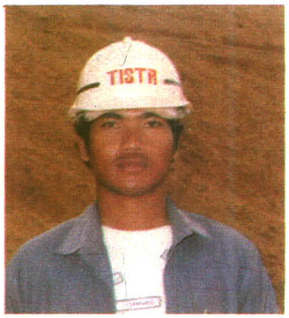
(Supicha Wathano)

ปฏิบัติหน้าที่	รับผิดชอบงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทั้งหมด

ช่างเทคนิคควบคุมงาน

นิคม พรวรรณะศิริเวช

ควบคุมงานเจาะอุโมงค์และเทคอนกรีตดาดอุโมงค์



สมพงษ์ พุ่มเรือง

ควบคุมงานม้วนเหล็กและเชื่อมท่อส่งน้ำและงานถนน

กอบกิจ ทิพย์สุมณฑา

ควบคุมงานขุดเจาะและงานอัดฉีดน้ำปูนภายในอุโมงค์

สุรสิทธิ์ เอี่ยมสำอางค์

ควบคุมงานก่อสร้างโรงไฟฟ้าอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก

งานก่อสร้างโยธา ชุด "บี"

สำนักงานพลังงานแห่งชาติ ได้เซ็นสัญญาว่าจ้าง บริษัท อิตาเลียนไทย ฯ จำกัด เป็นผู้รับเหมาก่อสร้าง เมื่อวันที่ 24 เมษายน 2527 ระยะเวลาก่อสร้าง 750 วัน สัญญาสิ้นสุดในวันที่ 13 พฤษภาคม 2529 ราคางานตามสัญญา 119,542,397.00 บาท (ราคางานในที่สุด ประมาณ 162.5 ล้านบาท เพิ่มขึ้น 36% และระยะเวลาก่อสร้างจริงขยายไปเสร็จสิ้นสมบูรณ์ ประมาณเดือนกันยายน 2529)

งานโยธา ชุด "บี" ประกอบด้วยกลุ่มงานต่าง ๆ ดังนี้

1. งานก่อสร้างเขื่อนหลัก

เขื่อนหลักของโครงการ เป็นเขื่อนดิน (homogeneous earthdam) มีขนาดปริมาตรวัสดุทั้งสิ้น 1.4 ล้านลบ.ม. ส่วนที่สูงสุด 34.0 ม. สันเขื่อนยาว 1,337.5 ม. ที่ระดับ EL 210 และกว้าง 9 ม.

การปรับปรุงฐานราก ทำโดยใช้วิธีอัดฉีดน้ำปูนลงไปในหลุมเจาะ ขนาด 100 มม. และ 38 มม. สำหรับชั้นดินและชั้นหินตามลำดับ รวมกันยาวทั้งสิ้น 27,512 ม. โดยใช้ปูนซีเมนต์ 1,715 ตัน ทรายละเอียด 62 ตัน เบนโทไนท์ 3 ตัน และโซเดียมซิลิเกต 37 ตัน

2. งานก่อสร้างเขื่อนหมายเลข 1

เขื่อนหมายเลข 1 นี้ เป็นเขื่อนดิน มีขนาดปริมาตรวัสดุ 17,940 ลบ.ม. สูงประมาณ 7 ม. มีสันเขื่อนยาว 164.1 ม. และกว้าง 8 ม. โดยมีทางระบายน้ำล้นกว้าง 50 ม. ประกอบอยู่ด้วย

3. งานก่อสร้างเขื่อนหมายเลข 2

เขื่อนย่อยหมายเลข 2 นี้ เป็นเขื่อนดิน มีขนาดปริมาตรวัสดุ 64,502 ลบ.ม. สูงประมาณ 13 ม. มีสันเขื่อนยาว 343.5 ม. และกว้าง 8 ม.

4. งานก่อสร้างทางระบายน้ำล้น

ทางระบายน้ำล้นเป็นแบบ โอจี (OGEE) กว้าง 50 ม. สันอยู่ที่ระดับ EL 205 ทำด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กออกแบบไว้สำหรับอัตราการไหล 250 ลบ.ม.ต่อวินาที ซึ่งเป็นอัตราการไหลของ probable maximum flood

5. งานก่อสร้างท่อเบี่ยงทางน้ำ

ท่อเบี่ยงทางน้ำ ทำด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.4 ม. ยาว 214 ม. พื้นอยู่ที่ระดับ EL 177 – 172 ออกแบบไว้สำหรับอัตราการไหลของน้ำ 190 ลบ.ม.ต่อวินาที

6. งานก่อสร้างถนน

ถนนลาดยางเข้าพื้นที่โครงการ กว้าง 8 ม. ระยะทาง 9.8 กม. และถนนในพื้นที่โครงการกว้าง 8 ม. ระยะทาง 7.2 กม.

7. งานอื่น ๆ

- งานเปิดหน้าดิน และงานขุด
- การป้องกันและค้ำยันงานขุด
- การเจาะและทดสอบดินและหิน
- งานคอนกรีตทางระบายน้ำ
- งานติดตั้งเครื่องมือวัดและเครื่องบันทึกระดับน้ำ

ฯลฯ

คณะวิศวกรที่ปรึกษา
ควบคุมงานโยธา ชุด "บี"

วิศวกรโครงการ
ทวีสิทธิ์ ตันสกุล สย.2755
(Tweesith Tansakul)

เกิด 20 กุมภาพันธ์ 2492 พังงา
วุฒิการศึกษา B.Eng. (Philippines) 1973
ปฏิบัติหน้าที่ ควบคุมและรับผิดชอบการก่อสร้างงานโยธา ชุด "บี" ทั้งหมด

ผู้ช่วยวิศวกรโครงการ
บุญชัย กุลศิริพฤกษ์ สย.3483
(Boonchai Kulsiripruck)

ปฏิบัติหน้าที่ ควบคุมงานก่อสร้างเกี่ยวกับงานดิน งานถนน และงานอัดฉีดน้ำปูน

วิศวกรโครงสร้าง
สถาพร ธรรมรักษ์ ภย.5290
(Sathaporn Thammarak)

ปฏิบัติหน้าที่ ควบคุมงานก่อสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ทางระบายน้ำล้น และท่อเบี่ยงทางน้ำ

ช่างเทคนิคควบคุมงาน

นพดล แนบเนียน
ควบคุมงานถนนภายในพื้นที่โครงการและงานถมดิน

เดชา ศรีผา
ควบคุมงานอัดฉีดน้ำปูนและงานถมดิน

สมพิศ อินทบุตร
ควบคุมงานอัดฉีดน้ำปูนและงานถมดิน

ชาคริต บุญยงค์
ควบคุมการก่อสร้างทางระบายน้ำล้นและท่อเบี่ยงทางน้ำ

คณะวิศวกรที่ปรึกษาควบคุมงานทดสอบวัสดุและดิน

วิศวกรวัสดุและดิน

พินิต ตั้งบุญเติม สย.2538

(Pinit Tungboonterm)

เกิด 1 มีนาคม 2494 กรุงเทพฯ

วุฒิการศึกษา วศ.บ. (โยธา) พระจอมเกล้า ธนบุรี

M.Eng. (Geotech.) AIT

ปฏิบัติหน้าที่ ควบคุมและตรวจสอบ
คุณภาพวัสดุและดิน

วิศวกรวัสดุและดิน

วิชัย สังวรปทานสกุล สย.2537

(Wichai Sungwornpatansakul)

เกิด 30 มีนาคม 2495 ลพบุรี

วุฒิการศึกษา วศ.บ. (โยธา) พระจอมเกล้า ธนบุรี

วศ.ม. (โยธา) จุฬา

ปฏิบัติหน้าที่ ควบคุมและตรวจสอบ
คุณภาพวัสดุและดิน

ผู้ช่วยวิศวกรวัสดุและดิน

คเชนทร์ เหนี่ยวสุภาพ

(Kachen Neosuparp)

นักธรณีวิทยา

สุพิชา วัฒโน

(Supicha Wathano)

กำพล แสงสุริยฤทธิ์

(Kamphol Sangsuriyarit)

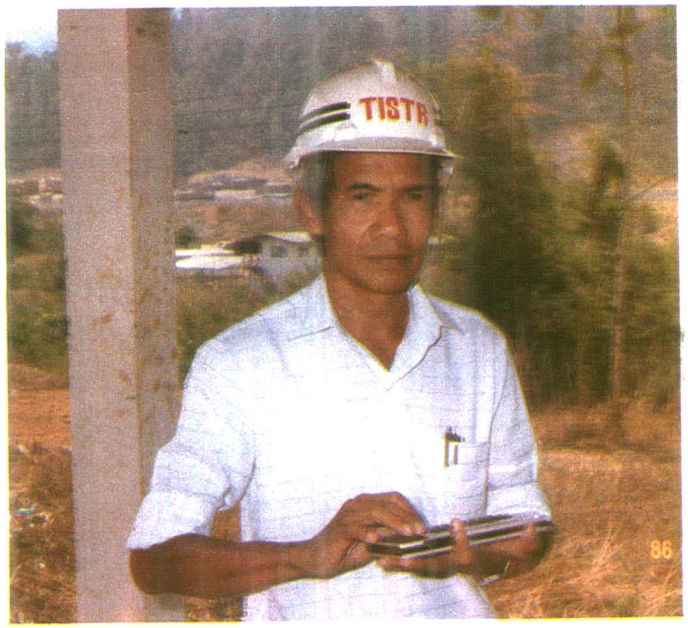
ศุภโชค สุขมล

(Suppachok Sookmol)

คณะวิศวกรที่ปรึกษาควบคุมงานสำรวจ

วิศวกรสำรวจอาวุโส
สมควร เจริญโต วย. 875
(Somkuan Chareontoe)

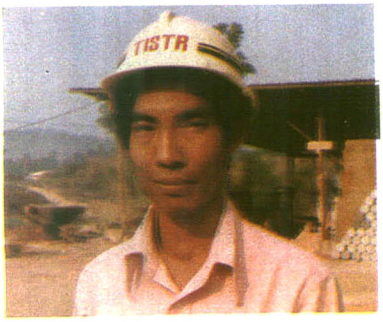
เกิด	25 ตุลาคม 2479 กรุงเทพฯ
วุฒิการศึกษา	วศ.บ.(สำรวจ), จุฬา
ปฏิบัติหน้าที่	วางแผนสำรวจเกี่ยวกับก่อสร้าง หมุดบังคับและควบคุมงานสำรวจเพื่อโครงการก่อสร้าง



วิศวกรสำรวจ
จำนงค์ จันทกาญจน์ ภย.4528
(Chjamnong Chantakarn)

เกิด	27 เมษายน 2481 ชุมพร
วุฒิการศึกษา	วศ.บ. (โยธา) พระจอมเกล้าธนบุรี
ปฏิบัติหน้าที่	ควบคุมงานเกี่ยวกับการสำรวจและคำนวณหมุดควบคุมโครงการก่อสร้าง

ช่างสำรวจ



ทองคำ ช่วงสุวนิช

หัวหน้างานสำรวจสนาม
รับผิดชอบการหาข้อมูลสนาม

สมเชาว์ อินบุญ

ผู้ช่วยหัวหน้างานสำรวจสนาม
ปฏิบัติงานร่วมกับผู้รับเหมา

สุรสิทธิ์ เอี่ยมสำอางค์

ควบคุมการก่อสร้างโรงไฟฟ้า

บุคลากรสำนักงานสนาม

เจ้าหน้าที่บริหาร

น.ต.สัจจา สิงหะเนติ
(Sajja Singhaneti)

เกิด 14 มีนาคม 2470 กรุงเทพฯ
วุฒิการศึกษา บช.บ. (จุฬา)
ปฏิบัติหน้าที่ บริหารบุคลากร, การเงิน และงานธุรการโครงการทั้งหมด

ผู้ช่วยเจ้าหน้าที่บริหาร

พาณี จารุนันท์
(Panee Jarunnt)

วิศวกรสำนักงาน

พานิช วุฒิพฤกษ์
(Panich Voottipreux)

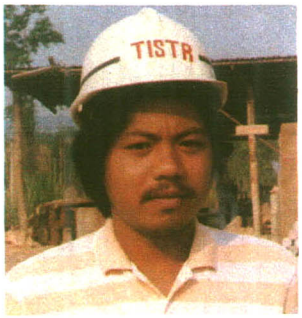
เลขานุการ

วัลลภ จันท์กะพ้อ

เกษณี รังสิโกสัย

ช่างเขียนแบบ

ดำรงศักดิ์ ศิริบูรณ์



ชาตรี สุภจัมปิย์ยา

ช่างเทคนิค

สันติ ศรีฉ่ำ

พนักงานขับรถ

ชำนาญ ปุอุบล

คำรณ บุญสร้อย

เอนก บุญสร้อย

ปราง คุณบำรุง

ผู้เชี่ยวชาญประจำโครงการ

ด้านธรณีวิทยา

ดร. นินนาท คัมภีรญาณนท์

(ซ้ายสุด)

ด้านกลศาสตร์ธรณีวิทยา

ดร. สมภพ สุวรรณพินิจ

(ซ้าย)

ด้านงานดิน

ดร. ธีรชาติ รื่นไกรฤกษ์

รายนามบุคลากรหลักของผู้รับเหมาก่อสร้างงานโยธา - บริษัทอิตาเลียนไทยฯ จำกัด

ผู้จัดการโครงการ

นายเทอดธรรม พงษ์พัฒนะ
(Turdtam Pongpattana)
(ขวา)

นายช่างโครงการ

นายประสิทธิ์ รัตนารามิก
(Prasit Rattanaramic)
(ซ้าย)

นายประเสริฐ	เตชพาหพงษ์	วิศวกรฝ่ายเครื่องกล
นายวิศาล	ชวลิตานนท์	วิศวกรเครื่องกลประจำโครงการ
นายจุลินทร์	ศรีสะอาด	วิศวกรไฟฟ้าประจำโครงการ
นายสุรินทร์	วิเชียร	วิศวกรโยธา - งานระเบิดหิน
นายสุรพล	คำนนท์	วิศวกรโยธา - งานถนนและเขื่อน
นายขัน	ภู่ขาว	วิศวกรโยธา - งานถนนและเขื่อน
นายสุชาติ	ปุญญาวิวัฒน์	วิศวกรโยธา - งานโครงสร้างโรงไฟฟ้า
นายสุรพงษ์	เอี่ยมขอพึ่ง	วิศวกรโยธา - งานเจาะอุโมงค์
นายนิมิต	แซ่อึ่ง	วิศวกรโยธา - งานอัดฉีดน้ำปูน
นายพิฑูรย์	มุณีศรี	วิศวกรโยธา - งานสำรวจ
นายนว	วรวุฒิจรรยากุล	วิศวกรโยธา - งานทั่วไป
นายพิพัฒน์	โลราช	วิศวกรโยธา - งานโครงสร้างอาคารรับน้ำ ทางเบี่ยงน้ำและทางระบายน้ำ
นายพงษ์ศิริ	ศรีกรณียกิจ	วิศวกรเครื่องกล - โรงผสมคอนกรีต
นายวราวุธ	ศิริมาตย์	วิศวกรเครื่องกล - งานประตูน้ำ
นายฉลอง	นอกกระโทก	วิศวกรเครื่องกล - งานประตูน้ำ
นายจรินทร์	ศรีสงคราม	วิศวกรเครื่องกล - งานท่อส่งน้ำแรงดันสูง
นายสุรพงษ์	เกียรติวาทีรัตน์	วิศวกรเครื่องกล - งานท่อส่งน้ำแรงดันสูง
นายดำรงค์	งามเสงี่ยม	วิศวกรเครื่องกล - โรงโม่หิน
นายประพฤติ	สุวรรณศุข	วิศวกรโยธา - ประจำสำนักงาน
นายบุญช่วย	แก้วคงธรรม	วิศวกรโยธา - งานทั่วไป
นายวิลาศ	นาคะยืนยงสุข	วิศวกรโยธา - งานโครงสร้าง
นายนพพร	สุนทรภักดี	สมุห์บัญชี

ด้วยอภินันทนาการ
จาก

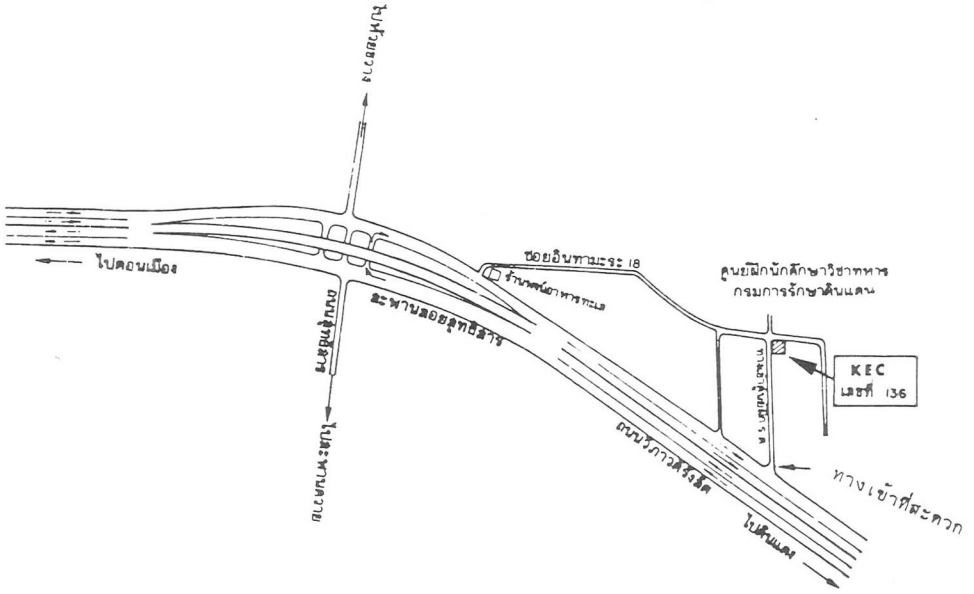
บริษัท กรุงเทพเอ็นยิเนียริ่งคอนซัลแต้นท์ จำกัด
K. ENGINEERING CONSULTANTS CO.,LTD

136 ซอยอินทามระ 18
ถนนวิภาวดีรังสิต
กรุงเทพฯ 10400

136 soi tntamara 18
Vibhavadi Rangsit Rd.
Bangkok. THAILAND

TEL. 277-0604 , 277-4528 , 277-3634 , 277-0149
TELEX 84854 AMB TH (KEC)

สำรวจ ออกแบบงานโยธา ควบคุมการก่อสร้าง



บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล๊อปเมนต์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด

ขอสนับสนุน

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เพื่อเผยแพร่ผลงานของ วท. ตลอดจนวิชาการใหม่ ๆ

ของ

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

ด้วยความปรารถนาดี

จาก

บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล๊อปเมนต์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด

สำนักงานใหญ่ ตั้งอยู่ ณ อาคารอิตัลไทย 2013 ถนนเพชรบุรีตัดใหม่ กรุงเทพมหานคร

โทร. 314-6101-9

ภาพเขื่อนน้ำแม่มาว **ของสำนักงานพลังงานแห่งชาติ** *ตั้งอยู่ในท้องที่อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ก่อสร้างโดย* **บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล๊อปเมนต์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด** *กำลังผลิตไฟฟ้า 4.33 เมกกะวัตต์ การก่อสร้างจะแล้วเสร็จตามโครงการ ในวันที่ 19 ตุลาคม 2529*

เทคโนโลยี่ล่าสุดในอาเซียน ฝีมือนักวิทยาศาสตร์ไทย

เครื่องฟอกอากาศบริสุทธิ์
ELECTROSTATICS AIR CLEANER

เบ็ทเทอร์ไลฟ์

เพื่อคุณภาพชีวิต ที่ดีกว่า....

"....การขาดขีดความสามารถและการพึ่งตนเองไม่ได้ทางเทคโนโลยี ทำให้ไทยก้าวหน้าไม่ทันโลก...แพ้สงครามเศรษฐกิจทุกรูปแบบ การแก้ไขต้องเริ่มต้นที่การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี...."

ดร.วิชิตวงศ์ ณ ป้อมเพชร
ประธานกรรมการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

ช่วยผู้ที่เป็นโรคภูมิแพ้
ขจัดควันบุหรี่ ฝุ่น มลพิษ แบคทีเรียในอากาศ

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
THAILAND INSTITUTE OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH

ผลิตและประกันคุณภาพ

จัดจำหน่ายทั้งในและนอกประเทศแต่ผู้เดียว

บริษัท เบ็ทเทอร์ไลฟ์ จำกัด
BETTER LIFE CO.,LTD.

Better Life

เลขที่ 1082/20 ซอยใกล้จิตรโภชนา ลาดพร้าว
ถนนพหลโยธิน กทม. 10900 โทร. 278-5384,
279-5883, 279-9127, 279-9909.

"เบดฮิน ไทยแลนด์" ราคาประหยัดกว่าของนอกมากกว่าครึ่ง