



รายงานสรุปผลการสัมมนาแนวคิด และหลักเกณฑ์ในการออกแบบของโครงการ งานจ้างสำรวจ ออกแบบ โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยสะตอ จังหวัดตราด (งานสำรวจ ออกแบบระบบส่งน้ำ)

ผู้รับผิดชอบดำเนินโครงการ

SP&D

Suparek Planning And Design Co.,Ltd.

บริษัท ศุภฤกษ์ แพลนนิ่ง แอนด์ ดีไซน์ จำกัด

กรกฎาคม 2568



**รายงานสรุปการจัดประชุมสัมมนาแนวคิด
และหลักเกณฑ์ในการออกแบบรายละเอียดของโครงการ
งานจ้างสำรวจ ออกแบบ โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยสะตอ จังหวัดตราด
(งานสำรวจ ออกแบบระบบส่งน้ำ)**

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญรูป	III

1.	หลักการและเหตุผลการจัดประชุมสัมมนา	1
2.	วัตถุประสงค์ของการจัดประชุม	1
3.	สถานที่และกำหนดการประชุม	2
4.	รูปแบบการสัมมนา	2
5.	ข้อมูลที่น่าสนใจ	2
6.	กลุ่มเป้าหมายในการจัดประชุมสัมมนาโครงการ	2
7.	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
8.	ผลการจัดประชุมสัมมนาโครงการ	4
	8.1 การสัมมนาแนวคิดและหลักเกณฑ์ในการออกแบบของโครงการ	4
9.	สรุปผลการสัมมนาแนวคิดและหลักเกณฑ์ในการออกแบบของโครงการ	6

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก	สำเนาเอกสารนำเสนอประกอบการประชุมสัมมนา
ภาคผนวก ข	สำเนาใบลงทะเบียน



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 8.1-1	จำนวนผู้เข้าร่วมการประชุมสัมมนาโครงการ
ตารางที่ 9-1	ความพึงพอใจด้านวิทยากรต่อการประชุมสัมมนาโครงการ
ตารางที่ 9-2	คะแนนด้านเฉลี่ยความพึงพอใจด้านวิทยากรของโครงการ
ตารางที่ 9-3	ความพึงพอใจด้านสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร ต่อการประชุมสัมมนาโครงการ
ตารางที่ 9-4	คะแนนเฉลี่ยด้านความพึงพอใจด้านสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร ต่อการจัดประชุมสัมมนาโครงการ
ตารางที่ 9-5	ความพึงพอใจด้านการให้บริการของเจ้าหน้าที่ ต่อการประชุมสัมมนาโครงการ
ตารางที่ 9-6	คะแนนเฉลี่ยด้านความพึงพอใจด้านการให้บริการของเจ้าหน้าที่
ตารางที่ 9-7	ความพึงพอใจด้านความเข้าใจ ต่อการประชุมสัมมนาโครงการ
ตารางที่ 9-8	คะแนนเฉลี่ยด้านความพึงพอใจด้านความเข้าใจ
ตารางที่ 9-9	ความพึงพอใจด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
ตารางที่ 9-10	คะแนนเฉลี่ยด้านความพึงพอใจด้านการนำความรู้ไปใช้



สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 5-1	ภาพตัวอย่างสื่อและเอกสารประกอบการสัมมนา	3
รูปที่ 8.1-1	สัดส่วนผู้เข้าร่วมประชุมปฐมนิเทศโครงการ	5
รูปที่ 8.1-2	ภาพบรรยากาศการสัมมนาแนวคิดและหลักเกณฑ์ในการออกแบบของโครงการ	5



รายงานสรุปการจัดประชุมสัมมนาแนวคิด และหลักเกณฑ์ในการออกแบบรายละเอียดของโครงการ งานจ้างสำรวจ ออกแบบ โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยสะตอ จังหวัดตราด (งานสำรวจ ออกแบบระบบส่งน้ำ)

1. หลักการและเหตุผลการจัดประชุมสัมมนา

จากภาวะภัยแล้งในปี พ.ศ. 2535 ทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำอย่างหนักทั่วทุกภาคของประเทศไทย นโยบายพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการแก้ปัญหาห้วยสะตอ กรมชลประทานจึงได้จัดทำแผนงานพัฒนาแหล่งน้ำของกลุ่มน้ำตราด เพื่อให้การพัฒนาเป็นไปตามลำดับความเหมาะสมและสอดคล้องกัน โดยดำเนินงานศึกษาจัดทำแผนหลักการพัฒนาแหล่งน้ำร่วมกับการศึกษาความเหมาะสมและออกแบบรายละเอียด โครงการพัฒนากลุ่มน้ำตราด ซึ่งแล้วเสร็จเมื่อเดือนมกราคม พ.ศ. 2539 โดยโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยสะตอ เป็นส่วนหนึ่งของแผนหลักการพัฒนาแหล่งน้ำโครงการพัฒนากลุ่มน้ำตราดที่ได้บรรจุไว้ในแผนพัฒนาในระยะยาว (ปี พ.ศ. 2544-2547) มีเป้าหมายหลักเพื่อพัฒนาพื้นที่ชลประทานและเสริมปริมาณน้ำอุปโภค-บริโภค ตลอดจนบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่ท้ายน้ำ

จังหวัดตราดเป็นจังหวัดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยจังหวัดหนึ่งในพื้นที่ภาคตะวันออก เนื่องจากเป็นแหล่งปลูกไม้ผลส่งออกต่างประเทศ ทำรายได้เข้าประเทศจำนวนมาก แต่เนื่องจากปัญหาการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่กลุ่มน้ำห้วยสะตอ ซึ่งมีโครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่และขนาดกลางจำนวนไม่มากนัก ไม่สามารถเก็บกักน้ำที่มีปริมาณมากในช่วงฤดูฝน เพื่อใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพได้ตลอดปี ปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่จึงไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำเพื่อการเพาะปลูกในพื้นที่จังหวัดตราด นอกจากนี้ พื้นที่โครงการด้านท้ายน้ำของห้วยสะตอและแม่น้ำเขาสมิงในเขตอำเภอเมืองและเป็นพื้นที่ที่ประสบปัญหาอุทกภัยเป็นประจำทุกปีในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน โดยจัดเป็นพื้นที่ที่มีระดับความซ้ำซากของการเกิดน้ำท่วมอยู่ในระดับสูง

ด้วยเหตุนี้ การจัดหาแหล่งน้ำเพื่อแก้ไขปัญหการบริหารจัดการน้ำในช่วงฤดูแล้งที่ยังไม่เหมาะสม และการบรรเทาอุทกภัยด้านท้ายน้ำในฤดูฝน จึงมีความจำเป็นที่กรมชลประทานต้องดำเนินการโดยกรมชลประทานได้วางกรอบในการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลางในพื้นที่จังหวัดตราด จำนวน 20 โครงการ โดยโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยสะตอ เป็นหนึ่งในโครงการพัฒนาแหล่งน้ำดังกล่าว และมีความสอดคล้องกับแผนพัฒนาจังหวัดตราด (พ.ศ. 2561-2564) ในประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 4 คือ การเสริมสร้างชุมชนเข้มแข็งและบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้มีความอุดมสมบูรณ์ เกิดประโยชน์แก่ชุมชน และจังหวัดตราดอย่างยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์ของการจัดประชุม

- 1) เพื่อนำเสนอความก้าวหน้าการดำเนินงานของโครงการ
- 2) เพื่อนำเสนอแนวคิดและหลักเกณฑ์ในการออกแบบรายละเอียดของโครงการ รวมทั้ง รับฟังข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะ สำหรับนำมากำหนดแนวทางการพัฒนาโครงการ



3. สถานที่และกำหนดการประชุม

การจัดประชุมสัมมนาแนวคิดและหลักเกณฑ์ในการออกแบบรายละเอียดโครงการ ดำเนินการในวันอังคารที่ 8 กรกฎาคม พ.ศ.2568 เวลา 08.30–12.00 น. ณ ห้องประชุมดงตาล ชั้น 4 อาคาร ม.ล.ชูชาติ กำภู กรมชลประทาน สามเสน กรุงเทพมหานคร รายละเอียดดังนี้

08.30 - 09.00 น.	ลงทะเบียนรับเอกสาร
09.00 - 09.30 น.	พิธีเปิดการสัมมนา
09.30 - 10.00 น.	ทฤษฎีและหลักการชลศาสตร์การไหลของน้ำ การสูญเสียพลังงานในการไหลของน้ำ รูปแบบการไหลในระบบท่อส่งน้ำ โดย ผศ.ดร.ณัฐ มาแจ้ง
10.00 - 10.30 น.	พักรับประทานอาหารว่าง
10.30 - 12:00 น.	การประยุกต์ใช้โปรแกรม EPANET ในการออกแบบและการวิเคราะห์ การไหลของน้ำในระบบท่อส่งน้ำ โดย ผศ.ดร.ณัฐ มาแจ้ง
12.00 น.	พิธีปิดการสัมมนา

4. รูปแบบการสัมมนา

รูปแบบการสัมมนาเป็นการให้ข้อมูลข่าวสาร (Information Conference) การใช้สื่อประกอบการบรรยาย ได้แก่ เอกสารประกอบการสัมมนา และสื่อเพื่อการนำเสนอ (Power Point)

5. ข้อมูลที่นำเสนอ

การนำเสนอข้อมูลรายละเอียดได้นำไฟล์ดิจิทัลในการบรรยาย มาจัดทำเป็นเอกสารประกอบการงานสัมมนา ตัวอย่างสื่อประกอบการสัมมนาฯ ดังแสดงในรูปที่ 5-1 (ภาคผนวก ก สำเนาเอกสารนำเสนอประกอบการประชุมสัมมนา) รายละเอียดดังนี้

- 1) แนวคิดการออกแบบระบบท่อส่งน้ำ
- 2) ทฤษฎีและหลักการชลศาสตร์การไหลของน้ำ การสูญเสียพลังงานในการไหลของน้ำ รูปแบบการไหลในระบบท่อส่งน้ำ
- 3) การออกแบบขนาดเครื่องสูบน้ำ
- 4) การประยุกต์ใช้โปรแกรม EPANET ในการออกแบบระบบท่อส่งน้ำ

6. กลุ่มเป้าหมายในการจัดประชุมสัมมนาโครงการ

การจัดประชุมสัมมนาแนวคิดและหลักเกณฑ์ในการออกแบบรายละเอียดของโครงการ มีเป้าหมายหลักคือ ประชาสัมพันธ์และชี้แจงความก้าวหน้าของโครงการให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง กรมชลประทาน กรมการและบริษัทฯ ได้รับทราบและเข้าใจการดำเนินงาน พร้อมทั้งสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการพัฒนาโครงการ ที่เกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสม โดยคณะที่ปรึกษาได้วิเคราะห์กลุ่มเป้าหมายที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- 1) ผู้บริหารและเจ้าหน้าที่กรมชลประทาน
- 2) คณะกรรมการตรวจรับพัสดุในงานจ้างออกแบบ และบริษัทฯ ของโครงการ



7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ผู้เข้าร่วมสัมมนาได้รับทราบข้อมูลรายละเอียดโครงการ และมีความเข้าใจที่ถูกต้อง เป็นไปในทิศทางเดียวกัน
- 2) ผู้เข้าร่วมสัมมนาได้รับความรู้ สามารถนำไปเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ในงานที่ปฏิบัติอยู่ในปัจจุบัน หรือนำไปพัฒนาในงานอื่นๆ ต่อไป
- 3) ผู้เข้าร่วมสัมมนาได้มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น อันเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุง หรือพัฒนาโครงการต่อไป



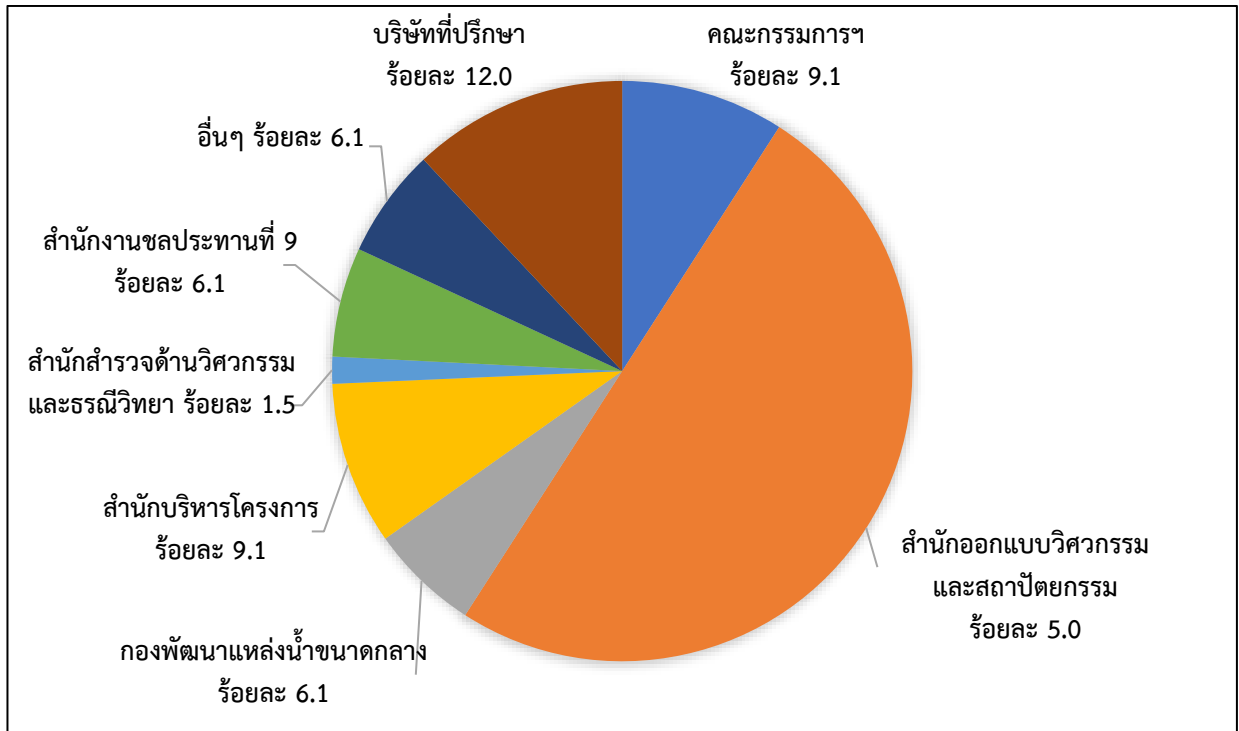
8. ผลการจัดประชุมสัมมนาโครงการ

8.1 การสัมมนาแนวคิดและหลักเกณฑ์ในการออกแบบของโครงการ

การจัดประชุมสัมมนาแนวคิดและหลักเกณฑ์ในการออกแบบรายละเอียดของโครงการภายใต้งานจ้างสำรวจ ออกแบบ โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยสะตอ จังหวัดตราด (งานสำรวจ ออกแบบระบบส่งน้ำ) ดำเนินงานเมื่อวันอังคารที่ 8 กรกฎาคม พ.ศ. 2568 เวลา 08.30–12.00 น. ณ ห้องประชุมตงตาล ชั้น 4 อาคาร ม.ล.ชูชาติ กำภูกรมชลประทาน สามเสน กรุงเทพมหานคร โดยใช้รูปแบบการสัมมนา เพื่อให้ข้อมูลข่าวสาร (Information Conference) ร่วมกับการใช้สื่อประกอบการบรรยาย เพื่อประชาสัมพันธ์ข้อมูลภาพรวม ความก้าวหน้า แนวคิด และเกณฑ์การออกแบบรายละเอียดโครงการ ให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องได้รับทราบข้อมูลที่ถูกต้อง และเป็นไปในแนวทางเดียวกัน รวมถึงได้มีการเปิดโอกาสให้ผู้เข้าร่วมการสัมมนาได้ซักถามข้อสงสัย และให้ข้อเสนอแนะ เป็นระยะๆ ตลอดการบรรยายการสัมมนาในครั้งนี้ได้รับเกียรติจาก นายธีระชัย เนียมหลวง ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมโยธา (ด้านออกแบบและคำนวณ) เป็นผู้กล่าวเปิดการประชุมสัมมนา โดยมีนายศักดิ์ชาย เทพคำอ้าย ผู้อำนวยการส่วนวิศวกรรม เป็นผู้กล่าวรายงาน และได้รับเกียรติจาก ผศ.ดร.ณัฐ มาแจ้ง อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เป็นวิทยากรบรรยาย การจัดประชุมสัมมนาในครั้งนี้มีผู้สนใจเข้าร่วมรับฟังการสัมมนาประกอบด้วย คณะกรรมการตรวจรับพัสดุในงานจ้างออกแบบ สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม, สำนักบริหารโครงการ, สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา, กองพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลาง, และบริษัทฯ จำนวนทั้งสิ้น 66 คน โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 8.1-1 และรูปที่ 8.1-1 สำเนาลายมือชื่อผู้เข้าร่วมการสัมมนาดังแสดงในภาคผนวก ข และภาพบรรยากาศการสัมมนา ดังแสดงในรูปที่ 8.1-2

ตารางที่ 8.1-1 จำนวนผู้เข้าร่วมการประชุมสัมมนาโครงการ

กลุ่มเป้าหมาย	จำนวนผู้เข้าร่วมประชุม(คน)	
1. คณะกรรมการฯ	6	9.1
2. หน่วยงานกรมชลประทาน		
- สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม	33	50.0
- ส่วนวิศวกรรม	6	9.1
- ส่วนออกแบบสถาปัตยกรรม	3	4.5
- ส่วนมาตรฐานการออกแบบ	2	3.0
- ส่วนออกแบบโครงสร้างพิเศษ	-	-
- ส่วนออกแบบระบบชลประทาน	13	19.7
- ส่วนออกแบบเขื่อน	9	13.6
- กองพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลาง	4	6.1
- สำนักบริหารโครงการ	6	9.1
- สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา	1	1.5
- สำนักงานชลประทานที่ 9	4	6.1
- อื่นๆ	4	6.1
3. บริษัทที่ปรึกษา	8	12.0
รวม	66	100.0



รูปที่ 8.1-1 สัดส่วนผู้เข้าร่วมประชุมปฐมนิเทศโครงการฯ



รูปที่ 8.1-2 ภาพบรรยากาศการสัมมนาแนวคิดและหลักเกณฑ์ในการออกแบบของโครงการ



ผู้เข้าร่วมประชุมฟังบรรยาย

รูปที่ 8.1-2 ภาพบรรยากาศการสัมมนาแนวคิดและหลักเกณฑ์ในการออกแบบของโครงการ (ต่อ)

9. สรุปผลการสัมมนาแนวคิดและหลักเกณฑ์ในการออกแบบของโครงการ

การจัดประชุมสัมมนาแนวคิดและหลักเกณฑ์การออกแบบรายละเอียดของโครงการ ดำเนินการสรุปและประมวลผล ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เข้าร่วมสัมมนาผ่านแบบสอบถามภายหลังการจัดสัมมนา โดยได้รับแบบสอบถามกลับคืนมาจำนวน 42 ชุด คิดเป็นร้อยละ 66.6 ของผู้เข้าร่วมการสัมมนาทั้งหมด 66 คน รายละเอียดผลการวิเคราะห์แบบสอบถามสรุปได้ ดังนี้

1) ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ เป็นเพศชาย ร้อยละ 71.4 และเป็นเพศหญิง ร้อยละ 28.6 ผู้เข้าร่วมประชุม มีอายุเฉลี่ย 32 ปี

2) ความพึงพอใจด้านวิทยากรต่อการประชุมสัมมนาโครงการ ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ มีความพึงพอใจต่อวิทยากรการสัมมนาอยู่ในระดับมากที่สุด (ร้อยละ 52.4 ถึง 71.4) รองลงมาอยู่ในระดับมาก (ร้อยละ 26.2 ถึง 47.6) ดังแสดงในตารางที่ 9-1 โดยมีคะแนนเฉลี่ยด้านความพึงพอใจด้านวิทยากรอยู่ในระดับมากที่สุด (คะแนนเฉลี่ย 4.63) และตารางที่ 9-2

ตารางที่ 9-1 ความพึงพอใจด้านวิทยากรต่อการประชุมสัมมนาโครงการ

ประเด็น	ผลความเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1) การเตรียมตัวและความพร้อมของวิทยากร	64.3	35.7	-	-	-
2) การถ่ายทอดของวิทยากร	71.4	26.2	2.4	-	-
3) สามารถอธิบายเนื้อหาได้ชัดเจนและตรงประเด็น	64.3	35.7	-	-	-
4) ใช้ภาษาที่เหมาะสมและเข้าใจง่าย	64.2	31.0	2.4	2.4	-
5) การตอบคำถามของวิทยากร	71.4	26.2	2.4	-	-
6) เอกสารประกอบการบรรยายเหมาะสม	52.4	47.6	-	-	-



ตารางที่ 9-2 คะแนนด้านเฉลี่ยความพึงพอใจด้านวิทยากรของโครงการ

ประเด็น	ผลความเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม	
	คะแนนเฉลี่ย	การแปลความหมาย
1) การเตรียมตัวและความพร้อมของวิทยากร	4.64	มากที่สุด
2) การถ่ายทอดของวิทยากร	4.69	มากที่สุด
3) สามารถอธิบายเนื้อหาได้ชัดเจนและตรงประเด็น	4.64	มากที่สุด
4) ใช้ภาษาที่เหมาะสมและเข้าใจง่าย	4.57	มากที่สุด
5) การตอบคำถามของวิทยากร	4.69	มากที่สุด
6) เอกสารประกอบการบรรยายเหมาะสม	4.52	มาก
เฉลี่ย	4.63	มากที่สุด

หมายเหตุ: น้อยที่สุด = 1.00 - 1.54, น้อย = 1.55 - 2.54, ปานกลาง = 2.55 - 3.54, มาก = 3.55 - 4.54, มากที่สุด = 4.55 - 5.00

3) ความพึงพอใจด้านสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร ต่อการประชุมสัมมนาโครงการ ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อสถานที่ ระยะเวลา และอาหารของการประชุมสัมมนาโครงการ อยู่ในระดับมากที่สุด (ร้อยละ 33.3 ถึง ร้อยละ 66.7) รองลงมา อยู่ในระดับมาก (ร้อยละ 33.3 ถึง ร้อยละ 47.6) ดังแสดงในตารางที่ 9-3 โดยมีคะแนนเฉลี่ยด้านความพึงพอใจด้านสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร อยู่ในระดับมากที่สุด (คะแนนเฉลี่ย 4.42) และตารางที่ 9-4

ตารางที่ 9-3 ความพึงพอใจด้านสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร ต่อการประชุมสัมมนาโครงการ

ประเด็น	ผลความเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1) สถานที่สะอาดและมีความเหมาะสม	61.9	35.7	2.4	-	-
2) ความพร้อมของอุปกรณ์โสตทัศนูปกรณ์	66.7	33.3	-	-	-
3) ระยะเวลาในการอบรม / สัมมนามีความเหมาะสม	42.9	47.6	7.1	2.4	-
4) อาหารและอาหารว่าง มีความเหมาะสม	33.3	45.3	19.0	2.4	-

ตารางที่ 9-4 คะแนนเฉลี่ยด้านความพึงพอใจด้านสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร ต่อการจัดประชุมสัมมนาโครงการ

ประเด็น	ผลความเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม	
	คะแนนเฉลี่ย	การแปลความหมาย
1) สถานที่สะอาดและมีความเหมาะสม	4.60	มากที่สุด
2) ความพร้อมของอุปกรณ์โสตทัศนูปกรณ์	4.67	มากที่สุด
3) ระยะเวลาในการอบรม / สัมมนามีความเหมาะสม	4.31	มาก
4) อาหารและอาหารว่าง มีความเหมาะสม	4.10	มาก
เฉลี่ย	4.42	มาก

หมายเหตุ: น้อยที่สุด = 1.00 - 1.54, น้อย = 1.55 - 2.54, ปานกลาง = 2.55 - 3.54, มาก = 3.55 - 4.54, มากที่สุด = 4.55 - 5.00

4) ความพึงพอใจด้านการให้บริการของเจ้าหน้าที่ ต่อการจัดประชุมสัมมนาโครงการ ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อการให้คำแนะนำหรือตอบข้อซักถามของเจ้าหน้าที่อยู่ในระดับมากที่สุด (ร้อยละ 47.6) รองลงมาการอำนวยความสะดวกของเจ้าหน้าที่ (ร้อยละ 45.2) ดังแสดงใน



ตารางที่ 9-5 โดยมีคะแนนเฉลี่ยด้านความพึงพอใจด้านการให้บริการของเจ้าหน้าที่ อยู่ในระดับมากที่สุด (คะแนนเฉลี่ย 4.40) และตารางที่ 9-6

ตารางที่ 9-5 ความพึงพอใจด้านการให้บริการของเจ้าหน้าที่ ต่อการประชุมสัมมนาโครงการ

ประเด็น	ผลความเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1) การบริการ และการประสานงานของเจ้าหน้าที่	42.9	47.6	9.5	-	-
2) การอำนวยความสะดวกของเจ้าหน้าที่	45.2	50.0	4.8	-	-
3) การให้คำแนะนำหรือตอบข้อซักถามของเจ้าหน้าที่	47.6	50.0	2.4	-	-

ตารางที่ 9-6 คะแนนเฉลี่ยด้านความพึงพอใจด้านการให้บริการของเจ้าหน้าที่

ประเด็น	ผลความเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม	
	คะแนนเฉลี่ย	การแปลความหมาย
1) การบริการ และการประสานงานของเจ้าหน้าที่	4.33	มาก
2) การอำนวยความสะดวกของเจ้าหน้าที่	4.40	มาก
3) การให้คำแนะนำหรือตอบข้อซักถามของเจ้าหน้าที่	4.45	มาก
เฉลี่ย	4.40	มาก

หมายเหตุ: น้อยที่สุด = 1.00 - 1.54, น้อย = 1.55 - 2.54, ปานกลาง = 2.55 - 3.54, มาก = 3.55 - 4.54, มากที่สุด = 4.55 - 5.00

5) ความพึงพอใจด้านความเข้าใจ ต่อการจัดประชุมสัมมนาโครงการ ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ มีความพึงพอใจต่อความเข้าใจในเรื่องนี้ก่อนเข้าร่วมอบรมในระดับปานกลาง (ร้อยละ 28.1) และหลังเข้าร่วมการอบรมมีความเข้าใจในระดับมาก (ร้อยละ 57.1) ดังแสดงในตารางที่ 9-7 โดยมีคะแนนเฉลี่ยด้านประโยชน์ที่ได้รับหลังจบการสัมมนา อยู่ในระดับมาก (คะแนนเฉลี่ย 3.95) และตารางที่ 9-8

ตารางที่ 9-7 ความพึงพอใจด้านความเข้าใจ ต่อการประชุมสัมมนาโครงการ

ประเด็น	ผลความเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. ความเข้าใจในเรื่องนี้ ก่อน การอบรม	16.7	19.0	38.1	23.8	2.4
2. ความเข้าใจในเรื่องนี้ หลัง การอบรม	28.6	57.1	14.3	-	-
3. ประโยชน์ที่ได้รับหลังจบการสัมมนา	52.4	42.8	4.8	-	-

ตารางที่ 9-8 คะแนนเฉลี่ยด้านความพึงพอใจด้านความเข้าใจ

ประเด็น	ผลความเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม	
	คะแนนเฉลี่ย	การแปลความหมาย
1. ความเข้าใจในเรื่องนี้ ก่อน การอบรม	3.24	ปานกลาง
2. ความเข้าใจในเรื่องนี้ หลัง การอบรม	4.14	มาก
3. ประโยชน์ที่ได้รับหลังจบการสัมมนา	4.48	มาก
เฉลี่ย	3.95	มาก

หมายเหตุ: น้อยที่สุด = 1.00 - 1.54, น้อย = 1.55 - 2.54, ปานกลาง = 2.55 - 3.54, มาก = 3.55 - 4.54, มากที่สุด = 4.55 - 5.00



6) ความพึงพอใจด้านการนำความรู้ไปใช้ ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อการนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ อยู่ในระดับมาก (ร้อยละ 45.2 ถึง ร้อยละ 52.4) รองลงมา อยู่ในระดับมากที่สุด (ร้อยละ 19.0 ถึง ร้อยละ 47.6) ดังแสดงในตารางที่ 9-9 โดยมีคะแนนเฉลี่ยด้านความพึงพอใจด้านการนำความรู้ไปใช้อยู่ในระดับมาก (คะแนนเฉลี่ย 4.08) และตารางที่ 9-10

ตารางที่ 9-9 ความพึงพอใจด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ประเด็น	ผลความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1) สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานในปัจจุบันและอนาคตได้	47.6	45.2	7.2	-	-
2) สามารถนำความรู้ไปเผยแพร่/ถ่ายทอดในโครงการอื่นได้	19.0	50.0	31.0	-	-
3) สามารถให้คำปรึกษาแก่เพื่อนร่วมงานได้	21.4	52.4	26.2	-	-

ตารางที่ 9-10 คะแนนเฉลี่ยด้านความพึงพอใจด้านการนำความรู้ไปใช้

ประเด็น	ผลความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม	
	คะแนนเฉลี่ย	การแปลความหมาย
1) สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานในปัจจุบันและอนาคตได้	4.40	มาก
2) สามารถนำความรู้ไปเผยแพร่/ถ่ายทอดในโครงการอื่นได้	3.88	มาก
3) สามารถให้คำปรึกษาแก่เพื่อนร่วมงานได้	3.95	มาก
รวม	4.08	มาก

หมายเหตุ: น้อยที่สุด = 1.00 - 1.54, น้อย = 1.55 - 2.54, ปานกลาง = 2.55 - 3.54, มาก = 3.55 - 4.54, มากที่สุด = 4.55 - 5.00

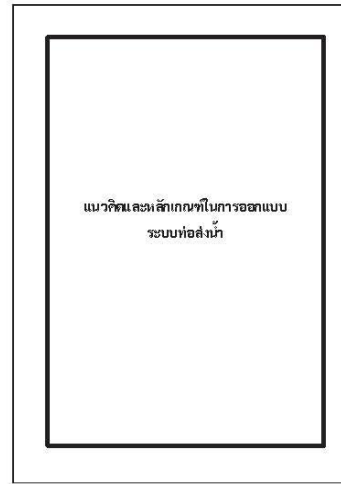
ภาคผนวก ก

สำเนาเอกสารนำเสนอประกอบการประชุมสัมมนา



ภาคผนวก ก

สำเนาเอกสารนำเสนอประกอบการประชุมสัมมนา



เกณฑ์กำหนดในการออกแบบท่อส่งน้ำ

การออกแบบผ่านของค่าแรงของท่อเหล็กที่จำเป็นต้องพิจารณาตามหลักเกณฑ์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- อัตราความเร็วของน้ำที่ไหลในท่ออยู่ระหว่าง 1.50 เมตร/วินาที ถึง 3.00 เมตร/วินาที ➔ 2.00 เมตร/วินาที
- แรงดันในท่อไม่เกินที่กำหนดไว้สำหรับแต่ละชนิด ขนาด และ ความหนาของท่อ
- เมื่อคำนวณขนาดท่อส่งน้ำและอุปกรณ์ประกอบท่อส่งน้ำตลอด แนวท่อแล้ว ค่าอุณหภูมิต่อวัน (Ground loss) ในพื้นที่จะคำนวณ ได้ดังต่อไปนี้ :-

$$h_f = \frac{10.702}{C^1.75} \cdot \frac{L \cdot Q^{1.85}}{D^{4.75}} \quad h_p = \frac{L \cdot V^3}{D \cdot 2g} = \frac{8.26 \cdot Q^3}{g \cdot D^5} \quad h_v = \frac{K \cdot V^2}{2g}$$

h_f = ค่าสูญเสีย หัวและเสียดทานในท่อ (เมตร)
 Q = อัตราการไหลของน้ำในท่อ (ลบ.ม.วินาที)
 L = ความยาวท่อ (เมตร)
 C = ค่า Hazen - Williams Coefficient สำหรับ Steel pipe เท่ากับ 120
 D = เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (เมตร)
 V = ความเร็วการไหลของน้ำในท่อ (ม.วินาที)
 K = ค่าสัมประสิทธิ์สูญเสียในท่อ

ขนาด	ความยาวท่อ (เมตร)	ความสูญเสียหัวและเสียดทาน (เมตร)	ความสูญเสียหัวและเสียดทาน (เมตร)	ความสูญเสียหัวและเสียดทาน (เมตร)	
mm	ft	mm	ft	mm	ft
100	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
150	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
200	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
250	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
300	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
350	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
400	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
450	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
500	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
550	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
600	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
650	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
700	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
750	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
800	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
850	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
900	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
950	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
1000	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000

ค่า PE หรือชนิดพลาสติก PE ใช้สำหรับการออกแบบท่อส่งน้ำ HDPE มีค่าคือ 100 หรือ 1000 ขึ้นอยู่กับความหนาของท่อและขนาดของท่อ

ค่า PE หรือชนิดพลาสติก PE ใช้สำหรับการออกแบบท่อส่งน้ำ HDPE มีค่าคือ 100 หรือ 1000 ขึ้นอยู่กับความหนาของท่อและขนาดของท่อ

ค่า PE หรือชนิดพลาสติก PE ใช้สำหรับการออกแบบท่อส่งน้ำ HDPE มีค่าคือ 100 หรือ 1000 ขึ้นอยู่กับความหนาของท่อและขนาดของท่อ

ขนาด	ความยาวท่อ (เมตร)	ความสูญเสียหัวและเสียดทาน (เมตร)	ความสูญเสียหัวและเสียดทาน (เมตร)	ความสูญเสียหัวและเสียดทาน (เมตร)	
mm	ft	mm	ft	mm	ft
100	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
150	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
200	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
250	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
300	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
350	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
400	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
450	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
500	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
550	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
600	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
650	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
700	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
750	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
800	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
850	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
900	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
950	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000
1000	3.0	0.000	0.000	0.000	0.000

เกณฑ์กำหนดในการออกแบบท่อส่งน้ำ

การกำหนดค่าแรงการวางท่อส่งน้ำ

- รูปแบบและรายละเอียดของเส้นทางที่วางท่อ
- ค่าแรงของท่อวางท่อ
- ความแข็งแรงและความแข็งแรงของท่อ
- ความแข็งแรงในการก่อสร้างและก่อสร้างให้เกิดขึ้นตามจริงหรือคิด
- ความแข็งแรงในการก่อสร้างหรือคิด

อุปกรณ์ประกอบท่อส่งน้ำ

โดยทั่วไปจะต้องติดตั้งอุปกรณ์ประกอบท่อส่งน้ำ โดยมีรายละเอียดสำหรับอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องมีดังนี้

- Surge Anticipator Valve เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งที่จุดที่ท่อหรือระบบความดันในท่อ ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิด Water Hammer ขยาย Valve จะ Sizing จากปริมาณน้ำ คิดถึงที่ติดตั้ง
- Combination Air and Vacuum Relief Valves เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่ปล่อยอากาศและป้องกันเกิดการสูญญากาศในระบบท่อ ซึ่งเป็นการช่วยให้ระบบมีความดันที่มั่นคงกว่าปกติ จะติดตั้งในตำแหน่งที่ปลายสุดของท่อส่ง หรือจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ

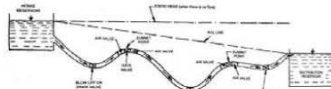
สำเนาเอกสารนำเสนอประกอบการประชุมสัมมนา (ต่อ)

อุปกรณ์ประกอบท่อส่งน้ำ

โดยทั่วไปจะติดตั้งอุปกรณ์ประกอบท่อส่งน้ำ โดยมีรายละเอียดสำหรับอุปกรณ์ที่จำเป็นมีดังนี้

- ระบบระบายน้ำ (Flow Control) เพื่อระบายน้ำ น้ำ ล้นในอ่างเก็บน้ำ หรือล้นในท่อส่งน้ำ

เนื่องจากในช่วงเวลาที่ยาวนาน หรือการขาดความระมัดระวัง หรือการขาดการดูแลรักษา อาจเกิดปัญหาขึ้นได้ เช่น น้ำล้นในอ่างเก็บน้ำ หรือล้นในท่อส่งน้ำ ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่น้ำล้นในท่อส่งน้ำ ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่น้ำล้นในท่อส่งน้ำ



การกระทุ้งของน้ำ (Water Hammer)

การกระทุ้งของน้ำ (Water Hammer) เกิดขึ้นเมื่อความเร็วในการไหลของน้ำในท่อน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน ซึ่งเป็นการก่อให้เกิดคลื่นการเปลี่ยนแปลงความดันภายในท่ออย่างรวดเร็ว ในระบบส่งน้ำ การกระทุ้งของน้ำจะเกิดขึ้นเมื่อ

- เปิดและปิดวาล์วอย่างรวดเร็ว หรือการปิดวาล์วอย่างรวดเร็ว หรือการปิดวาล์วอย่างรวดเร็ว
- เปิดและปิดวาล์วอย่างรวดเร็ว
- มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วของน้ำอย่างรวดเร็ว

การวิเคราะห์หาแรงกระทุ้งของน้ำ จะกระทำเมื่อลักษณะของระบบหรือสภาวะการทำงานช่วยสนับสนุน

- เส้นโค้งความดัน 10 เมตร และความยาวของท่อมากกว่า 20 เท่าของเส้นโค้ง
- เปิดและปิดวาล์วอย่างรวดเร็ว หรือการปิดวาล์วอย่างรวดเร็ว หรือการปิดวาล์วอย่างรวดเร็ว
- ระยะความยาวของท่อที่อยู่ระหว่างวาล์ว
- พิจารณาถึงความดันของน้ำในระบบ (เช่น 1 บาร์ 1 เมตร เป็นเพียงค่าประมาณ 10 เมตร)
- มีการเปิด-ปิดวาล์วอย่างรวดเร็ว
- พิจารณาความดันของน้ำในระบบ

การกระทุ้งของน้ำ (Water Hammer)

วิธีป้องกันหรือลดปรากฏการณ์การกระทุ้งของน้ำ (Water Hammer) ในกรณีที่มีความจำเป็นจะต้องหยุดเดินเครื่องสูบน้ำ กระทั่งกับเครื่องแม่เหล็กไฟฟ้า หรือ อาจใช้

- Surge Absorber Valve เป็นวาล์วที่ทำงานเพื่อลดความดันที่เกิดจาก Water Hammer กล่าวคือเมื่อความดันในท่อสูงเกินไป วาล์วจะเปิดและระบายน้ำทิ้งเพื่อลดความดันลง ซึ่งอุปกรณ์ชนิดนี้เหมาะสำหรับท่อส่งน้ำที่มีขนาดไม่ใหญ่มาก
- Combination Air Valve เป็นวาล์วที่ทำงานเพื่อระบายอากาศในท่อเมื่อความดันในท่อต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ซึ่งเป็นวิธีการป้องกันไม่ให้เกิดความดันลบในท่อ ซึ่งสามารถลดความเสียหายของท่อได้

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

- Air Chamber Tank เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของ Water Hammer

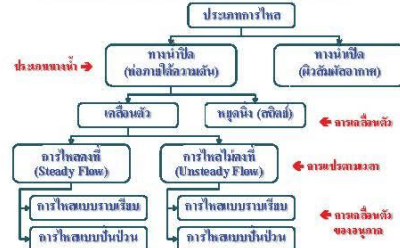
คุณสมบัติของของไหล

ความหนืด เป็นคุณสมบัติของของไหลที่ต้านทานการไหล สำหรับของเหลว ความหนืดจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง



ชนิดของการไหล

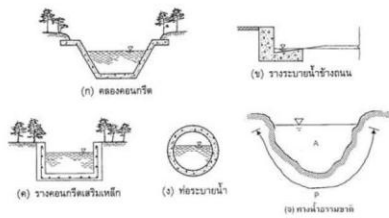
สามารถแบ่งการไหลออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ



สำเนาเอกสารนำเสนอประกอบการประชุมสัมมนา (ต่อ)

ทางน้ำเปิด (Open Channels)

- ทางน้ำเปิด คือ อารไหลของไหลที่มีผิวสัมผัสกับชั้นอากาศ → ไหลโดยแรงโน้มถ่วง



4



ทางน้ำปิด (Closed Conduit)

- ทางน้ำปิด คือ อารไหลภายใต้ความดันที่สูงกว่าระดับความบรรยากาศ

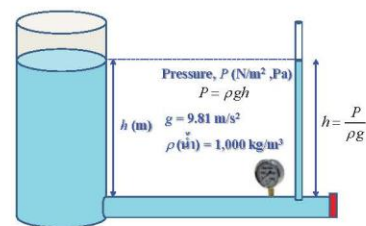


7



แรงดันน้ำสถิตย (หยุดนิ่ง)

- น้ำไม่เคลื่อนตัว



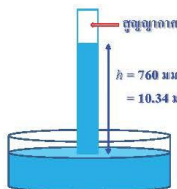
8

9

สำเนาเอกสารนำเสนอประกอบการประชุมสัมมนา (ต่อ)

ความดัน (Pressure)

- ความดันสัมบูรณ์ $\rightarrow$ เทียบกับสูญญากาศ
- ความดันเกจ $\rightarrow$ เทียบกับความดันบรรยากาศ ณ จุดที่วัด



ความดัน 1 บาร์ ??
1 bar = 100,000 Pa
สำหรับน้ำ

$$h = \frac{P}{\rho g} = \frac{100,000}{1,000 \times 9.81} = 10.194 \text{ m}$$

แรงเนื่องจากแรงดันน้ำ

พิจารณาที่อับแรงดันสูง

- แรงเนื่องจากของไหล (N) = ความดัน (N/m²) $\times$ พื้นที่ (m²)

$$F(N) = P \left(\frac{N}{m^2} \right) \times A(m^2)$$

แรงดันที่จุดต่อหรือท่อ (T)

$$T = F = P \times A = P \times \left(\frac{\pi D^2}{4} \right)$$

D = เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ, ม.



การไหลคงที่ (Steady Flow)

การไหลคงที่ $\rightarrow$ การไหลที่ไม่แปรตามเวลา $\rightarrow$ ไหลด้วยความเร็วคงที่

หลักการของอนุกรมการไหลแบบคงที่มี 2 หลัก

- หลักของความต่อเนื่อง
- หลักสมการพลังงาน



หลักของความต่อเนื่อง

ใช้สมการความต่อเนื่อง (Continuity Equation) ในการวิเคราะห์การไหล และสำหรับของไหลที่อัดตัวไม่ได้ (น้ำ)

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2$$

$$V_2 = V_1 \frac{A_1}{A_2}$$

ถ้ารูป
 $A_1 > A_2$
จะได้
 $V_2 > V_1$



สมการความต่อเนื่องสำหรับจุดต่อ

$$\Sigma Q = 0$$

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n = 0$$

หรือ

$$\Sigma Q_{in} = \Sigma Q_{out}$$



หลักสมการพลังงาน

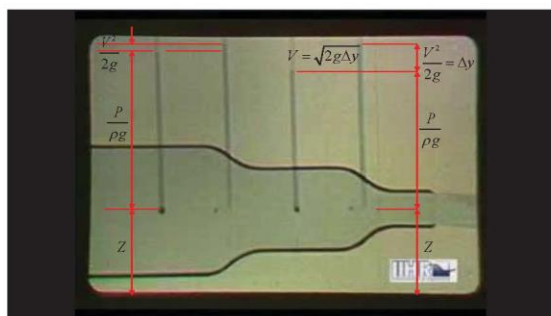
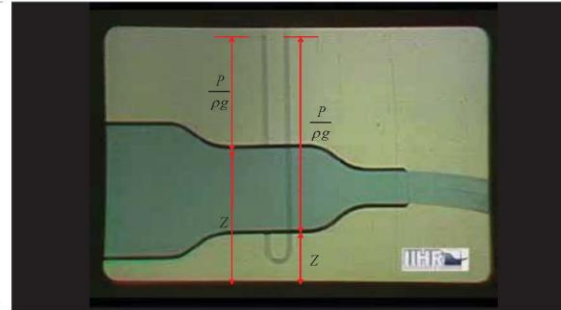
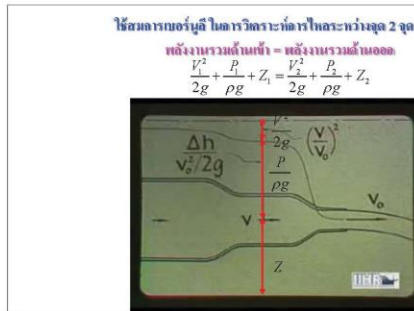
ใช้สมการเบอร์นูลลี (The Bernoulli Equation) ในการวิเคราะห์

- พลังงานรวม = พลังงานศักย์ $\rightarrow$ ความสูงจากระดับอ้างอิง
- + พลังงานจลน์ $\rightarrow$ ความเร็วของไหล
- + พลังงานออสโมติก $\rightarrow$ ความดันของไหล

พลังงานในแต่ละจุดจะคงที่ในรูปของหัวน้ำ (Head)
หน่วย เมตร



สำเนาเอกสารนำเสนอประกอบการประชุมสัมมนา (ต่อ)



รูปแบบการไหลของไหลในท่อ

1. การไหลแบบเอื้อย (laminar flow) คือ อนุภาคของไหลจะไหลเป็นทางขนานกันและขนานกัน

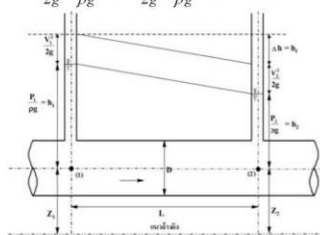


2. การไหลแบบปั่นป่วน (turbulent flow) คือ อนุภาคของไหลจะไหลอย่างสับสน เกิดมีการไหลวนที่ต่อเนื่องของไหลทั้งหมดจะปั่นป่วนไปกัน



การสูญเสียพลังงาน

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + \text{losses}_{1,2}$$



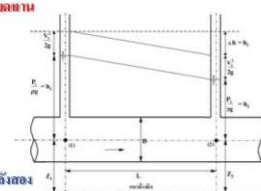
การสูญเสียพลังงานการไหลเนื่องจากการเสียดทาน

ลดสมการของ Darcy-Weisbach

$$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g}$$

สามารถสรุปได้ว่า

- h_f แปรผันโดยตรงกับ ความยาวท่อ
- h_f แปรผันผกผันกับเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ
- h_f แปรผันกับกำลังสองของความเร็วเฉลี่ยของไหล
- h_f ขึ้นอยู่กับ ความขรุขระของผิวภายในท่อ
- h_f ขึ้นอยู่กับ ความหนืดและคุณสมบัติของของไหล
- h_f ขึ้นอยู่กับ ความดัน





สำเนาเอกสารนำเสนอประกอบการประชุมสัมมนา (ต่อ)

การสูญเสียพลังงานการไหลเนื่องจากความขรุขระ

ค่า Friction Factor, f จะแปรตามค่าต่าง ๆ ดังนี้

$$f = f(V, D, \rho, \mu, \varepsilon, \varepsilon', m)$$

เมื่อ V = ความเร็ว D = เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อ ρ = ความหนาแน่นของของไหล μ = ความหนืดพลศาสตร์ ε = ขนาดของความขรุขระมีหน่วยเป็นความยาว ε' = การเรียงตัวหรือระยะห่างของส่วนที่ขรุขระมีหน่วยเป็นความยาว m = แฟกเตอร์ปรับ (form factor) ซึ่งขึ้นกับรูปร่างของแต่ละส่วนเล็ก ๆ ของความขรุขระนั้น ๆ (ไม่มีหน่วย)

การสูญเสียพลังงานการไหลเนื่องจากความขรุขระ

เนื่องจาก f เป็นฟังก์ชันที่มีหน่วย ถ้าไม่มีส่วนที่เรียกว่า $\varepsilon = \varepsilon' = m = 0$ ดังนั้น f จะขึ้นกับ V, D, ρ, μ เท่านั้น

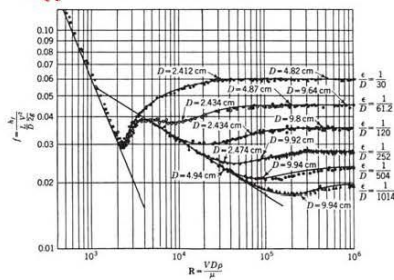
ถ้าจัดตามค่าต่าง ๆ ให้อยู่ในท่อนไม่มีหน่วย

$$f = f\left(\frac{VD\rho}{\mu}, \frac{\varepsilon}{D}, \frac{\varepsilon'}{D}, m\right)$$

สำหรับท่อที่มีผิวภายในขรุขระท่อน ε/D เรียกว่า ความขรุขระสัมพัทธ์ (Relative Roughness) และ Nikuradse ได้ทดลองกับท่อขรุขระที่กลึงทรายไว้ภายในจำนวน 3 ขนาด สรุปผลได้ดังนี้

$$f = f\left(\text{Re}, \frac{\varepsilon}{D}\right)$$

การสูญเสียพลังงานการไหลเนื่องจากความขรุขระ



การสูญเสียพลังงานการไหลเนื่องจากความขรุขระ

และ Moody ได้ทำการทดลองหาความสัมพันธ์ได้สรุปได้เป็น

ในรูปเส้นตรงจะใช้สำหรับการไหลแบบราบเรียบซึ่งพัฒนาโดย Hagen-Poiseuille โดยใช้สมการ (5.5.17) ดังนี้

$$V = \frac{\Delta p D^3}{32 \mu L} = \frac{\Delta p R^2}{8 \mu L}$$

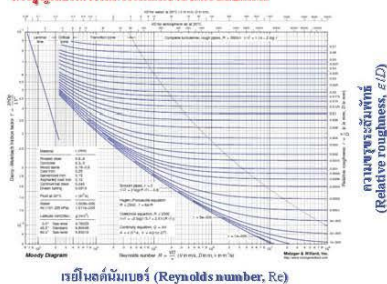
ซึ่งสามารถเปลี่ยนรูปให้อยู่ในสมการของ Darcy-Weisbach

$$(h_f = f \frac{L V^2}{D 2g}) \text{ โดยให้ } \Delta p = \gamma h_f \text{ ดังนี้}$$

$$h_f = \frac{V 8 \mu L}{\gamma_0^2} = \frac{64 \mu L V}{\rho D 2g} = \frac{64}{\rho D V} \frac{L V^2}{D 2g}$$

$$= f \frac{L V^2}{D 2g} = \frac{64}{\text{Re}} \frac{L V^2}{D 2g} \Rightarrow f = \frac{64}{\text{Re}}$$

การสูญเสียพลังงานการไหลเนื่องจากความขรุขระ



เรย์โนลด์ส (Reynolds number, Re)

การสูญเสียพลังงานการไหลเนื่องจากความขรุขระ

สำหรับกรณีการไหลแบบราบเรียบ

$$f = f(V, D, \rho, \mu)$$

นอกจาก Moody Diagram แล้ว ยังสามารถหาได้จากสมการต่าง ๆ ดังนี้

Laminar flow:

$$f = \frac{64}{\text{Re}}$$

Turbulent flow:

Colebrook equation (1939):

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1.1364 - 2 \log \left(\frac{\varepsilon}{D} + \frac{9.287}{\text{Re} \sqrt{f}} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -0.861 \ln \left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right)$$



สำเนาเอกสารนำเสนอประกอบการประชุมสัมมนา (ต่อ)

การสูญเสียพลังงานการไหลเนื่องจากความขรุขระ

Swamee and Jain equation (within 1.0% of Colebrook eq. for 10^4

$< \epsilon/D < 10^{-2}$ and $5000 < Re < 10^8$) (1976)

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Serghide's solution (within 0.0031% of Colebrook eq. for all

practical applications)

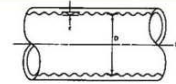
$$A = -2 \log \left(\frac{\epsilon/D}{3.7} + \frac{12}{Re} \right) \quad C = -2 \log \left(\frac{\epsilon/D}{3.7} + \frac{2.51B}{Re} \right)$$

$$B = -2 \log \left(\frac{\epsilon/D}{3.7} + \frac{2.51A}{Re} \right) \quad f = \left(\frac{C - 2B + A}{AC - B^2} \right)^2$$

การสูญเสียพลังงานการไหลเนื่องจากความขรุขระ

ความขรุขระ (ϵ) ของท่อชนิดต่างๆ

ชนิดของวัสดุ	ϵ (mm.)
Riveted steel	0.9-9
Concrete	0.3-3
Wood stave	0.18-0.9
Cast iron	0.25
Galvanized iron	0.15
Asphalt cast iron	0.12
Commercial steel	0.045
Drawn tubing	0.0015



รูปแบบการวิเคราะห์ปัญหาในแบบท่อ

1) ต้องการหา h_f รู้ค่า Q, L, D, v, ϵ

$$\bullet \text{ หาค่าเรย์โนลด์ส } Re = \frac{VD}{\nu} = \frac{QD}{Av} = \frac{4Q}{\pi Dv}$$

$\bullet$ หาค่า f จาก Moody Diagram / Swamee and Jain equation

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$\bullet \text{ หาค่า } h_f \text{ จาก } h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

รูปแบบการวิเคราะห์ปัญหาในแบบท่อ

2) ต้องการหา Q รู้ค่า L, D, h_f, v, ϵ

$\bullet$ สมมติค่า f จากการรู้ค่า ϵ/D (ถ้ามีใช้ Moody Diagram)

$$\bullet \text{ หาค่าความเร็วการไหลจากสูตร } h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

$\bullet$ หาค่าเรย์โนลด์ส $Re = \frac{VD}{\nu}$

$\bullet$ จาก Moody Diagram / Swamee and Jain equation หาค่า f เพื่อตรวจสอบว่าค่า f ตรงกับที่สมมติหรือไม่ ถ้าค่า f ไม่ตรงกัน $\rightarrow$ สมมติค่า f ใหม่จนได้ค่า f ที่ตรงกัน

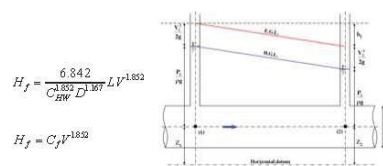
$\bullet$ คำนวณอัตราการไหล Q จาก $Q = AV$

การสูญเสียพลังงานการไหลแบบปั่นป่วน

สมการฮazen-วิลเลียมส์ (Hazen-Williams equation) ใช้ได้กับช่วงการไหลแบบปั่นป่วนสมบูรณ์ (fully turbulent flow)

$$H_f = \frac{6.842}{C_{HW}^{1.852} D^{4.87}} LV^{1.852} \Rightarrow H_f = \frac{10.702}{C_{HW}^{1.852} D^{4.87}} LQ^{1.852} \Rightarrow H_f \propto \frac{1}{D^{4.87}}$$

ชนิดของท่อ	C_{HW}
เหล็กยาวและเรียบมาก ขีปนาวุธใต้ดิน	140
เหล็กเรียบ คอนกรีต เหล็กหล่อใหม่	130
ไม้คาน เหล็กเชื่อมต่อกันใหม่	120
ดินเผา เหล็กหล่อเก่า	110
เหล็กหล่อเก่า	100
เหล็กหล่อเก่าในสภาพค่อนข้างแย่	95
เหล็กหล่อเก่าในสภาพค่อนข้างแย่มาก	60-80



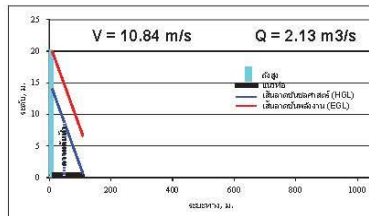
$$\frac{V^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 = \frac{V^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

$$\frac{V^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 = \frac{V^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + C_f V^{1.852}$$

สำเนาเอกสารนำเสนอประกอบการประชุมสัมมนา (ต่อ)

ท่อสั้น (ท่อขึ้นเขาคีโยทิน $\varnothing = 0.50$ ม. ยาว 100 ม.)

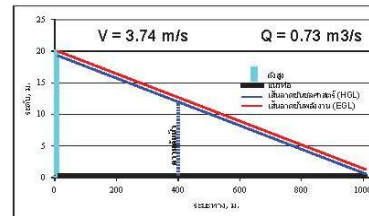
$$H = \frac{V^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + C_f V^{1.852} \quad C_f = \frac{6.842}{C_{HW} D^{1.354} L}$$



34

ท่อยาว (ท่อขึ้นเขาคีโยทิน $\varnothing = 0.50$ ม. ยาว 1,000 ม.)

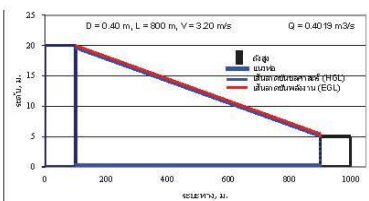
$$H = \frac{V^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + C_f V^{1.852} \quad C_f = \frac{6.842}{C_{HW} D^{1.354} L}$$



35

ท่อยาว (ท่อขึ้นเขาคีโยทิน $\varnothing = 0.40$ ม. ยาว 800 ม. [only friction loss])

$$H = C_{fL} V^{1.852} + \frac{V^2}{2g} \quad C_f = \frac{6.842}{C_{HW} D^{1.354} L}$$



36

การสูญเสียพลังงานน้อย

Minor losses ได้แก่ การสูญเสียพลังงานเนื่องจากการไหลผ่านจุด

ต่อเชื่อมและวาล์วต่าง ๆ ได้แก่ ข้อโค้ง ข้อต่อ ข้อธง วาล์ว เป็นต้น

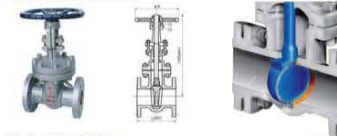


37

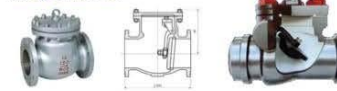


38

Cast Steel Gate Valve



Swing Check Valve



39

สำเนาเอกสารนำเสนอประกอบการประชุมสัมมนา (ต่อ)

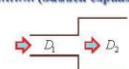


$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + H_f + H_{minor} \Rightarrow H_{minor} = K \frac{V^2}{2g}$$

Fitting	K
Globe valve (fully open)	10.0
Angle valve (fully open)	5.0
Swing check valve (fully open)	2.5
Gate valve (fully open)	0.19
Spherical plug valve (fully open)	0.1
Close return bend	2.2
Standard tee	1.8
Standard elbow (90°)	0.9
Standard elbow (45°)	0.4
Medium sweep elbow	0.75
Long sweep elbow	0.60

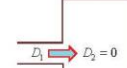
ที่มา: Crane company

ท่อขยายตัวอย่างทันทีทันใด (Sudden expansion)



$$H_e = K \frac{V_1^2}{2g} \quad K = \left(1 - \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2\right)^2$$

ในกรณีที่ท่อต่อเข้าอย่างทันทีทันใด ถ้า $D_1/D_2 = 0$



$$H_e = \frac{V_1^2}{2g}$$

ท่อบีบตัวอย่างทันทีทันใด (Sudden contraction)



$$H_e = \left(\frac{1}{C_c} - 1\right)^2 \frac{V_2^2}{2g}$$

A_2/A_1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
C_c	0.624	0.632	0.643	0.659	0.681	0.712	0.755	0.813	0.892	1.000

ในกรณีที่ท่อต่อออกจากอ่างเก็บน้ำ



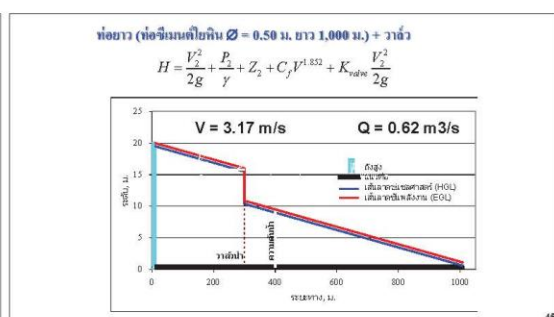
(a) Square $K = 0.5$



(b) Rounded $K = 0.01 - 0.05$



(c) Re-entrant $K = 0.8 - 1.0$

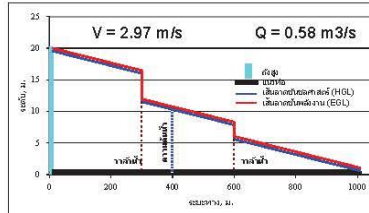




สำเนาเอกสารนำเสนอประกอบการประชุมสัมมนา (ต่อ)

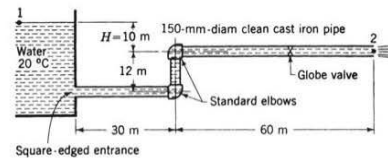
ท่อขาว (ท่อซีเมนต์เคลือบดิน $\phi = 0.50$ ม. ยาว 1,000 ม.) + วาล์ว

$$H = \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + C_f V_1^{1.852} + K_{v1} \frac{V_1^2}{2g} + K_{v2} \frac{V_2^2}{2g}$$



ตัวอย่าง การสูญเสียย่อย

ตัวอย่าง (1) จงหาอัตราการไหลผ่านท่อน้ำรูปข้างล่าง (2) อัตราการไหลเท่ากับ 50 ลิตร/วินาที พลังงานที่สูญเสียมีค่าเท่าไร (3) จงหาความยาวท่อที่ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานเท่ากับข้อ (1)



ตัวอย่าง การสูญเสียย่อย

วิธีแก้

1) หาอัตราการไหล

ใช้สมการพลังงานระหว่าง

จุด 1 กับ จุด 2

$$Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + (K_{ent} + K_f + K_{elbow} + K_{valve}) \frac{V_2^2}{2g}$$

$$H_1 + 0 + 0 = \frac{V_2^2}{2g} + 0 + 0 + \left(0.5 + f \frac{102}{0.15} + 2(0.9) + 10 \right) \frac{V_2^2}{2g}$$

จัดใหม่จะได้

$$H_1 = \frac{V_2^2}{2g} (13.3 + 680 f)$$

สมมุติให้ $f = 0.022$

$$10 = \frac{V_2^2}{2g} (13.3 + 680 \times 0.022)$$

ตัวอย่าง การสูญเสียย่อย

จะได้

$$V_2 = 2.63 \text{ m/s}$$

สำหรับน้ำอุณหภูมิ 20 °C มีค่า $\nu = 1.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ และสำหรับ Clean cast iron pipe ค่า $\epsilon = 0.25 \text{ mm}$.

$$Re = \frac{VD}{\nu} = \frac{(2.63 \text{ m/s})(0.15 \text{ m})}{(1.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s})} = 390,594$$

คำนวณ Friction factor, f

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{0.25 \times 10^{-3}}{3.7 \times 0.150} + \frac{5.74}{390,594^{0.9}} \right) \right]^2} = 0.0230$$

ตัวอย่าง การสูญเสียย่อย

สมมุติค่า Friction factor, f ใหม่ = 0.0230

$$10 = \frac{V_2^2}{2g} (13.3 + 680 \times 0.0230)$$

$$V_2 = 2.60 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{VD}{\nu} = \frac{(2.60 \text{ m/s})(0.15 \text{ m})}{(1.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s})} = 386,139$$

คำนวณ Friction factor, f

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{0.25 \times 10^{-3}}{3.7 \times 0.150} + \frac{5.74}{386,139^{0.9}} \right) \right]^2} = 0.0230$$

 f ที่ได้จากการคำนวณ = f จากการสมมุติ $\rightarrow$ OK

ตัวอย่าง การสูญเสียย่อย

หาอัตราการไหล

$$Q = A_2 V_2 = \frac{\pi D^2}{4} V_2 = \frac{\pi (0.15 \text{ m})^2}{4} (2.60 \text{ m/s}) = 0.0459 \text{ m}^3/\text{s}$$

2) ต้องการหาพลังงานที่สูญเสียคือ $Q = 0.06 \text{ m}^3/\text{s}$

$$V_2 = \frac{Q}{A} = \frac{0.06 \text{ m}^3/\text{s}}{(\pi/4)(0.15 \text{ m})^2} = 3.40 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{VD}{\nu} = \frac{(3.40 \text{ m/s})(0.15 \text{ m})}{(1.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s})} = 504,950$$

คำนวณ Friction factor, f

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{0.25 \times 10^{-3}}{3.7 \times 0.150} + \frac{5.74}{504,950^{0.9}} \right) \right]^2} = 0.0229$$



สำเนาเอกสารนำเสนอประกอบการประชุมสัมมนา (ต่อ)

ตัวอย่าง การสูญเสียย่อย

พลังงานที่สูญเสีย

$$H_1 = \frac{V^2}{2g} (13.3 + 680f)$$

$$H_1 = \frac{(3.40 \text{ m/s})^2}{2(9.806 \text{ m/s}^2)} (13.3 + 680 \times 0.0229) = 17.02 \text{ m}$$

3) หา equivalent length จาก minor losses

สมมติให้ $f = 0.023$ และจากข้อที่ 1) ค่า $K = 13.3$

แทนค่าลงในสมการ (5.11.4)

$$L_e = \frac{KD}{f} = \frac{(13.3)(0.15 \text{ m})}{0.023} = 86.7 \text{ m}$$

∴ ความยาวท่อรวม = $86.7 + 102.0 = 188.7 \text{ m}$. นำไปแทนค่า

ตัวอย่าง การสูญเสียย่อย

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

$$10 \text{ m} = (0.023) \left(\frac{188.7 \text{ m}}{0.15 \text{ m}} \right) \frac{(V_2 \text{ m/s})^2}{2(9.806 \text{ m/s}^2)}$$

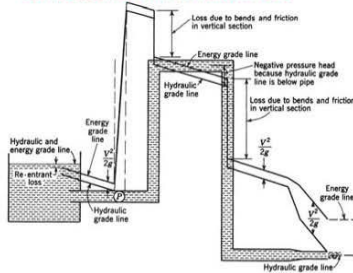
$$V_2 = 2.60 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{VD}{\nu} = \frac{(2.60 \text{ m/s})(0.15 \text{ m})}{(1.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s})} = 386,139$$

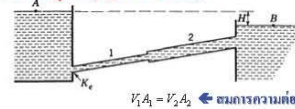
$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{e}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{0.25 \times 10^{-3}}{3.7 \times 0.150} + \frac{5.74}{386,139^{0.9}} \right) \right]^2} = 0.0230$$

∴ ความยาวท่อรวม = $86.7 + 102.0 = 188.7 \text{ m}$.

เส้นกราฟขึ้นค่าสลิปและเส้นกราฟขึ้นพลังงาน



ระบบท่ออนุกรม (Pipes in Series)



$$V_1 A_1 = V_2 A_2 \quad \leftarrow \text{สมการความต่อเนื่อง}$$

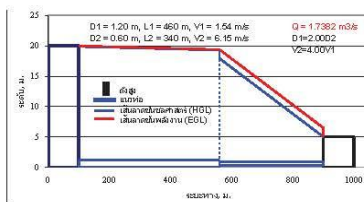
$$\frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} + Z_A = \frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} + Z_B + K_e \frac{V^2}{2g} + H_{f1} + \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} + H_{f2} + \frac{V^2}{2g}$$

$$H = K_e \frac{V^2}{2g} + C_f V^{1.852} + \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} + C_f V^{1.852} + \frac{V^2}{2g} \quad \leftarrow \text{สมการพลังงาน}$$

$$H = CV^x \Rightarrow V = \left(\frac{H}{C} \right)^{1/x}$$

ท่อยาว (ท่อจมน้ำลึก) $D_1 = 1.20 \text{ m}$, $D_2 = 0.60 \text{ m}$. [only friction loss]

$$H = C_{fD1} L_{D1} + C_{fD2} L_{D2} + \frac{V^2}{2g} H_L = H_f + H_{minor} = C_f V^{1.852} + \frac{V^2}{2g} L$$



ระบบท่อนาน (Pipe in parallel)



การไหลได้แบ่งออกเป็น 3 ทาง

แต่ละท่อจะมีการสูญเสียพลังงานเท่ากัน

$$H_A = H_B = H_D = \frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} + Z_A = \left(\frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} + Z_B \right)$$

← สมการพลังงาน

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad \leftarrow \text{สมการความต่อเนื่อง}$$



สำเนาเอกสารนำเสนอประกอบการประชุมสัมมนา (ต่อ)

ระบบท่อขนาน (Pipe in parallel)

ข้อมูลเบื้องต้น $L_1 = 900 \text{ m}$, $D_1 = 300 \text{ mm}$, $\epsilon_1 = 0.3 \text{ mm}$,

$L_2 = 600 \text{ m}$, $D_2 = 200 \text{ mm}$, $\epsilon_2 = 0.03 \text{ mm}$,

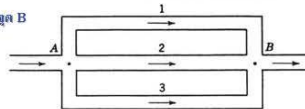
$L_3 = 1200 \text{ m}$, $D_3 = 400 \text{ mm}$, $\epsilon_3 = 0.24 \text{ mm}$,

$\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$, $\nu = 2.8 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$,

$p_A = 560 \text{ kPa}$, $z_A = 30 \text{ m}$, $z_B = 24 \text{ m}$

อัตราการไหลที่รวมเข้าเท่ากับ 340 L/s จงหาอัตราการไหลแต่ละท่อ

และหาความดันที่จุด B



ระบบท่อขนาน (Pipe in parallel)

Trial #1	Pipe 1	Pipe 2	Pipe 3	
h_f, m	6.000	6.000	6.000	สมมุติ
f	0.0200	0.0200	0.0200	สมมุติ
$V, \text{m/s}$	1.400	1.400	1.400	จาก $h_f = f(L/D)(V^2/2g)$
Re	150,000	100,000	200,000	จาก $Re = VD/\nu$
f	0.0216	0.0187	0.0194	จาก Swamee and Jain eq.
$V, \text{m/s}$	1.348	1.448	1.422	จาก $h_f = f(L/D)(V^2/2g)$
$Q, \text{m}^3/\text{s}$	0.0953	0.0455	0.1787	จาก $Q = VA$
$\Sigma Q, \text{m}^3/\text{s}$				จาก $\Sigma Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$

ΣQ น้อยกว่า 0.34 m^3/s ดังนั้นต้องสมมุติให้การสูญเสียพลังงานมีค่าสูงขึ้น

ระบบท่อขนาน (Pipe in parallel)

Trial #2	Pipe 1	Pipe 2	Pipe 3	
h_f, m	6.550	6.550	6.550	สมมุติ
f	0.0216	0.0187	0.0194	ใช้ค่าจาก #1
$V, \text{m/s}$	1.408	1.513	1.486	จาก $h_f = f(L/D)(V^2/2g)$
Re	150,857	108,071	212,286	จาก $Re = VD/\nu$
f	0.0216	0.0185	0.0193	จาก Swamee and Jain eq.
$V, \text{m/s}$	1.408	1.521	1.490	จาก $h_f = f(L/D)(V^2/2g)$
$Q, \text{m}^3/\text{s}$	0.0995	0.0478	0.1872	จาก $Q = VA$
$\Sigma Q, \text{m}^3/\text{s}$				จาก $\Sigma Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$

ΣQ น้อยกว่า 0.34 m^3/s ดังนั้นต้องสมมุติให้การสูญเสียพลังงานมีค่าสูงขึ้น

ระบบท่อขนาน (Pipe in parallel)

Trial #3	Pipe 1	Pipe 2	Pipe 3	
h_f, m	6.850	6.850	6.850	สมมุติ
f	0.0216	0.0185	0.0193	ใช้ค่าจาก #2
$V, \text{m/s}$	1.440	1.556	1.523	จาก $h_f = f(L/D)(V^2/2g)$
Re	154,286	111,143	217,571	จาก $Re = VD/\nu$
f	0.0216	0.0184	0.0193	จาก Swamee and Jain eq.
$V, \text{m/s}$	1.440	1.560	1.523	จาก $h_f = f(L/D)(V^2/2g)$
$Q, \text{m}^3/\text{s}$	0.1018	0.0490	0.1914	จาก $Q = VA$
$\Sigma Q, \text{m}^3/\text{s}$				จาก $\Sigma Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$

ΣQ มากกว่า 0.34 m^3/s ดังนั้นต้องสมมุติให้การสูญเสียพลังงานมีค่าน้อยลง

ระบบท่อขนาน (Pipe in parallel)

Trial #4	Pipe 1	Pipe 2	Pipe 3	
h_f, m	6.762	6.762	6.762	สมมุติ
f	0.0216	0.0184	0.0193	ใช้ค่าจาก #3
$V, \text{m/s}$	1.431	1.550	1.513	จาก $h_f = f(L/D)(V^2/2g)$
Re	153,321	110,714	216,143	จาก $Re = VD/\nu$
f	0.0216	0.0184	0.0193	จาก Swamee and Jain eq.
$V, \text{m/s}$	1.431	1.550	1.513	จาก $h_f = f(L/D)(V^2/2g)$
$Q, \text{m}^3/\text{s}$	0.1012	0.0487	0.1901	จาก $Q = VA$
$\Sigma Q, \text{m}^3/\text{s}$				จาก $\Sigma Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$

ΣQ เท่ากับ 0.34 m^3/s ดังนั้นการสูญเสียพลังงานมีค่า เท่ากับ 6.762 m.

ดังนั้น $Q_1 = 0.1012 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_2 = 0.0487 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_3 = 0.1901 \text{ m}^3/\text{s}$,

วิธีก่อนหน้า $Q_1 = 0.1013 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_2 = 0.0480 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_3 = 0.1904 \text{ m}^3/\text{s}$,

การออกแบบขนาดเครื่องสูบน้ำ



สำเนาเอกสารนำเสนอประกอบการประชุมสัมมนา (ต่อ)

ชนิดของเครื่องสูบน้ำ

เครื่องสูบน้ำที่จัดเป็นเครื่องสูบน้ำ มีลักษณะแบบธรรมดาที่เลือกใช้ได้ทั้งในท้องตลาด ทั้งนี้เพราะสามารถหาซื้อได้ง่าย และนอกจากนี้จำนวนเครื่องสูบน้ำที่ติดตั้งควรพิจารณาให้ขนาดเดียวกัน หรือใกล้เคียงกัน เพื่อความสะดวกในการซ่อมแซมและในการวางแบบดินเครื่องสูบน้ำ

การเลือกใช้ของเครื่องสูบน้ำจะพิจารณาได้จากความเร็วจำเพาะ N_s (Specific Speed) ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

$$N_s = \frac{N\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

N = ความเร็วรอบ
 Q = อัตราการไหลของน้ำ (วินาที)
 H = หัวหรือแรงดัน (Total Dynamic Head (TDH))
ติดตั้งเครื่องสูบน้ำจำนวน (mm)

ลักษณะการไหล	N_s
Centrifugal (radial flow)	< 2,600
Mixed flow	2,600 - 5,000
Propeller (axial flow)	5,000 - 10,000



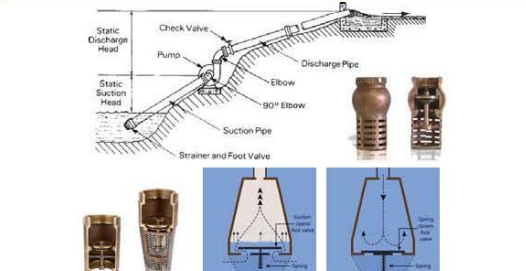
ชนิดของเครื่องสูบน้ำ



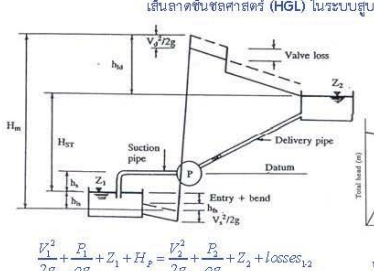
ชนิดของเครื่องสูบน้ำ



ชนิดของเครื่องสูบน้ำ



เส้นลาดชันชลศาสตร์ (HGL) ในระบบสูบน้ำ

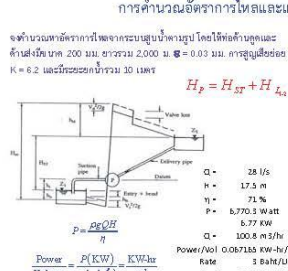

$$H_p = Z_1 - Z_2 + H_{L_s}$$
$$H_p = H_{st} + H_{L_s}$$
$$H_p = AQ^3 + BQ + C$$

Typical performance curve

พลังงานที่ใช้ในการสูบน้ำ $P = \frac{\rho g Q H}{\eta}$

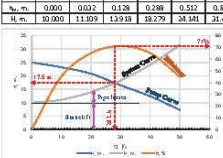
การคำนวณอัตราการไหลและแรงดันจากเครื่องสูบน้ำ

จำนวนหน่วยการไหลจากเครื่องสูบน้ำคำนวณโดยให้ค่าตามสูตรและค่าแรงดัน 200 มม. ยาวรวม 2,000 ม. $\phi = 0.03$ มม. การสูญเสียคือ $K = 6.2$ และใช้ระยะการไหลรวม 10 เมตร

$$H_p = H_{st} + H_{L_s}$$


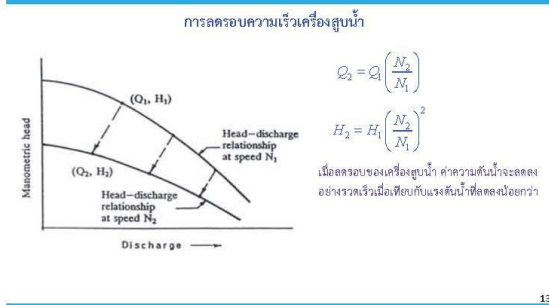
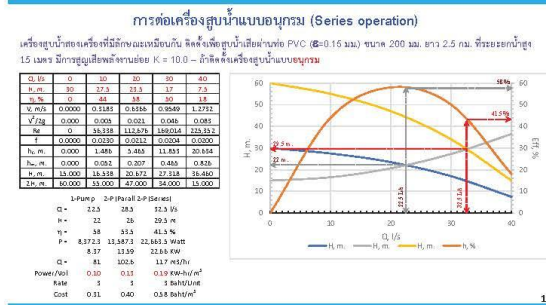
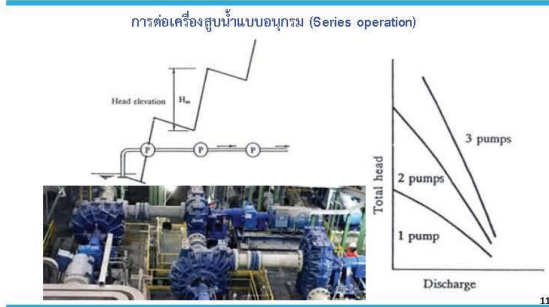
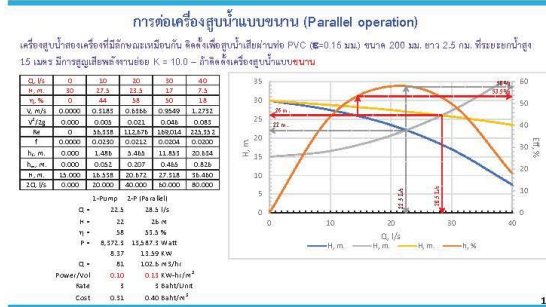
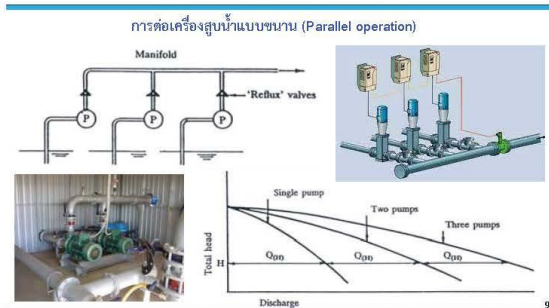
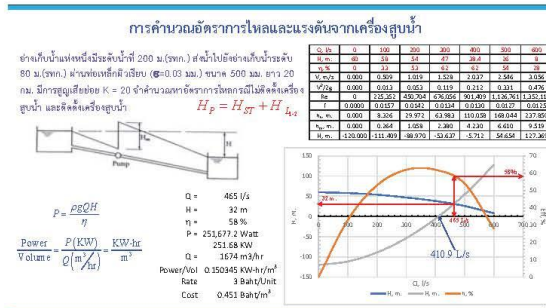
Q (l/s)	0	30	36	45	56
H (m)	25	22.2	20.8	18.5	12.8
η (%)	0	45	65	71	65
V (m/s)	0.000	0.318	0.627	0.938	1.253
$V^2/2g$ (m)	0.000	0.052	0.202	0.466	0.789
f	0	56.328	112.656	169.014	225.362
T	0.000	0.021	0.088	0.197	0.356
η_{tot} (m)	0.000	1.077	2.790	7.951	13.630
η_{tot} (m)	0.000	0.032	0.128	0.288	0.512
H (m)	25.000	11.059	13.918	18.279	21.479

$Q = 28$ l/s
 $H = 17.5$ m
 $\eta = 71$ %
 $P = 6,770.5$ Watt
 6.77 kW
 $Q = 100.8$ m³/hr
Power/col 0.087165 kW-hr/m³
Rate 3 Baht/Unit
Cost 0.201 Baht/m³





สำเนาเอกสารนำเสนอประกอบการประชุมสัมมนา (ต่อ)





สำเนาเอกสารนำเสนอประกอบการประชุมสัมมนา (ต่อ)

ข้อจำกัดด้านคุณสมบัติของเครื่องสูบน้ำ (Suction lift limitations)

การเกิดโพรงอากาศ (Cavitation) จะเกิดขึ้นเมื่อความดันสัมบูรณ์ (absolute pressure) มีค่าต่ำกว่าความดันไอ (vapour pressure) ของของเหลวที่อุณหภูมิและแรงดันของเครื่องสูบน้ำ ซึ่งจะทำให้เกิดการกัดกร่อนและเสียหายของเครื่องสูบน้ำ โดยเฉพาะเครื่องสูบน้ำที่มีลักษณะเป็นท่อหรือท่อสั้นๆ จะเกิดโพรงอากาศได้ง่ายกว่า

การคำนวณ NPSH

$$NPSH = \left(\frac{P_1 - P_v}{\rho g} \right) = \frac{P_1}{\rho g} - H_s - \frac{P_v}{\rho g}$$

NPSH = Net positive suction head (m)
 P_1 = ความดันที่ผิวหน้าของน้ำ (Pa)
 P_v = ความดันไอของของเหลว (Pa)
 P_2 = ความดันที่ผิวหน้าของของเหลว ณ จุดที่ติดตั้งเครื่องสูบน้ำ (Pa)
 H_s = manometric suction head $H_s = h_s + \frac{V_1^2}{2g}$
 Cavitation number, $\sigma = \frac{NPSH}{H_p}$



ข้อจำกัดด้านคุณสมบัติของเครื่องสูบน้ำ (Suction lift limitations)

เครื่องสูบน้ำมี cavitation number = 0.12 ซึ่งค่านี้ใช้กับค่าความดันสัมบูรณ์ของน้ำ 950 มิลลิบาร์ และค่าความดันไอของน้ำ 0.2 เมตร โดยที่ของเหลวเป็น PVC (K=0.03 มม.) ขนาด 200 มม. ยาว 10 เมตร และมีข้อต่อ 90 องศา (K=1.0) รวมมีค่า K=4.5 และสมการที่ใช้คำนวณคือ 35 ลิตร/วินาที ที่แรงดันน้ำ 25 เมตร จึงคำนวณหาความดันสัมบูรณ์ของเครื่องสูบน้ำเพื่อได้ค่าของเครื่องสูบน้ำ

$P_1 = 950 \text{ mb} = 0.95 \times 10.198 = 9.688 \text{ m.}$

$\frac{P_1 - P_v}{\rho g} = 9.688 - 0.2 = 9.488 \text{ m.}$

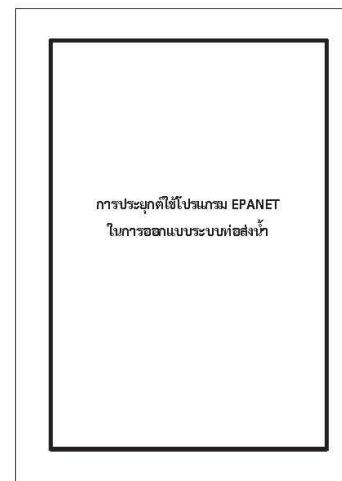
$NPSH = \sigma H_p = 0.12 \times 25 = 3.0 \text{ m.}$

$H_s = \frac{P_1 - P_v}{\rho g} - NPSH = 9.488 - 3.0 = 6.488 \text{ m.}$

$V_1 = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \times 0.035}{\pi \times 0.2^2} = 1.11 \text{ m/s}$

$h_v = \frac{V_1^2}{2g} = \frac{1.11^2}{2 \times 9.81} = 0.063 \text{ m.}$

$h_s = H_s - h_v = 6.488 - 0.063 = 6.425 \text{ m.}$



EPANET ก็อะไร

- โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งจำลอง (Simulation) พฤติกรรมทางด้านชลศาสตร์ (Hydraulic) และคุณภาพน้ำ (Water Quality) ในโครงข่ายระบบท่อภายใต้แรงดัน (Pressure)

<http://www.epa.gov/nrmrl/wswrd/dw/epanet.html>



โครงข่ายระบบท่อ

- ท่อ (Pipe)
- จุดหรือจุดบรรจบของชิ้นท่อ (Node or Junction)
- เครื่องสูบน้ำ (Pump)
- วาล์ว (Valve)
- ถังเก็บน้ำ (Tank) หรือ อ่างเก็บน้ำ (Reservoir)

สำเนาเอกสารนำเสนอประกอบการประชุมสัมมนา (ต่อ)

EPANET ใช้สำหรับทำอะไร

- ให้อัตราการไหลในแต่ละเส้นท่อ (flow of water in pipes)
- แรงดันในแต่ละจุดบรรจบของเส้นท่อ (pressure at node or Junctions)
- ความสูงของน้ำในถังเก็บน้ำ (height of water in tanks)
- ความเข้มข้นของสารเคมี (concentration of chemical)

ความสามารถของ EPANET

- ไม่มีข้อจำกัดด้านขนาดของโครงข่ายที่จะวิเคราะห์
- คำนวณ Friction headloss โดยใช้สมการ Hazen-Williams, Darcy-Weisbach หรือ Chezy-Manning
- รวม Minor headloss จากข้องอ, อุปกรณ์ข้อต่อ etc.
- ใช้กับเครื่องสูบน้ำที่มีความเร็วคงที่หรือปรับความเร็วได้
- คำนวณพลังงานของการสูบน้ำและต้นทุน
- ใช้กับวาล์วได้หลายชนิด รวมถึง Shutoff, check, pressure regulating และ flow control valves

ความสามารถของ EPANET

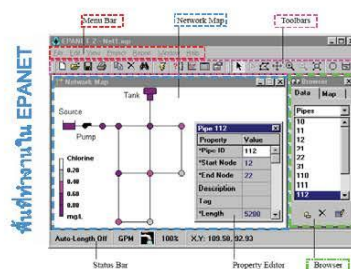
- ใช้ถังเก็บน้ำ (Tank) ได้หลายแบบ
- สามารถกำหนดรูปแบบความต้องการใช้น้ำในแต่ละ Node ได้ทั้งในกรณีเปลี่ยนแปลงตามเวลาและ/หรือ กำหนดเงื่อนไขในการควบคุมความต้องการใช้น้ำ

การประยุกต์ใช้ EPANET

- วางแผนและเพิ่มประสิทธิภาพทางเศรษฐศาสตร์ของระบบท่อ
- การวางท่อ เครื่องสูบน้ำ วาล์วควบคุมน้ำ และขนาดท่อ
- ออกแบบสำหรับการใช้พลังงานน้อยที่สุด
- ศึกษาการควบคุมระบบท่อ
- อื่นๆ

โครงข่ายระบบท่อ

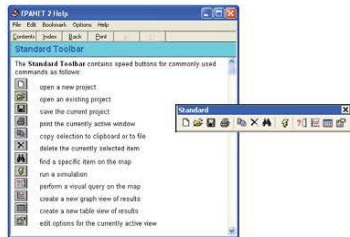
- ข้อมูลด้านกายภาพ
 - จุด หรือ จุดบรรจบ (node or Junction)
 - อ่างเก็บน้ำ (Reservoir)
 - ถังเก็บน้ำ (Tank)
 - ท่อ (Pipe)
 - เครื่องสูบน้ำ (Pump)
 - วาล์ว (Valve)
- ข้อมูลที่
 - Pump
 - Demand





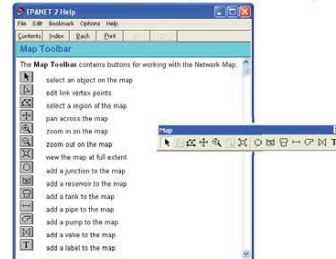
สำเนาเอกสารนำเสนอประกอบการประชุมสัมมนา (ต่อ)

แถบเครื่องมือมาตรฐาน (Standard Toolbar)



10

แถบเครื่องมือแผนที่ (MAP Toolbar)



11

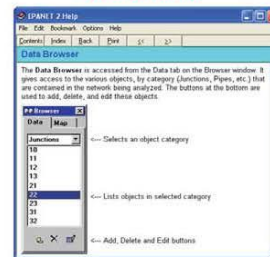
แถบสถานะ (Status Bar)

แถบสถานะปรากฏที่ด้านล่างของ Work Space ของ EPANET ประกอบด้วย

Auto-Length Off	GPM	100%
Auto-Length	ซึ่งเป็นการเปิดการคำนวณความยาวท่อโดยอัตโนมัติ	
Flow Units	แสดงหน่วยการวัดการไหลปัจจุบันที่ใช้งานอยู่	
	รูปที่เลือกในสถานะ:	
	- ไม่มีในสถานะไม่มีการวิเคราะห์	
	- มีในสถานะการวิเคราะห์	
	- คำนวณการไหลและแรงดันโดยอัตโนมัติ	
Run Status	แสดงสถานะการเปลี่ยนแปลงข้อมูลโครงการ	
Zoom Level	แสดงการขยายแผนที่ปัจจุบันว่าอยู่ระดับใด	

12

Data Browser



13

Map Browser



14

การเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม EPANET

- หลังจากลงโปรแกรม EPANET ให้เรียกโปรแกรมขึ้นใช้งาน
- SET ค่า Defaults ของ Project ที่กำลังทำงาน โดยไปที่ Project > Defaults

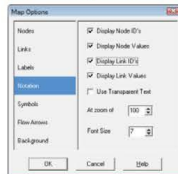


15

สำเนาเอกสารนำเสนอประกอบการประชุมสัมมนา (ต่อ)

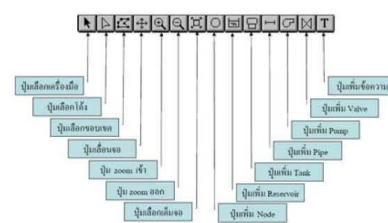
การเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม EPANET

- SET ให้โครงข่ายไว้ค่าต่างๆ โดยไปที่ View > Options หรือคลิกขวาแล้วเลือก Option แล้วเลือก Notation หลังจากนั้นเลือกค่าต่างๆ ที่อยากให้อยู่ในโครงข่าย



16

การเขียนแบบโครงข่ายระบบท่อ



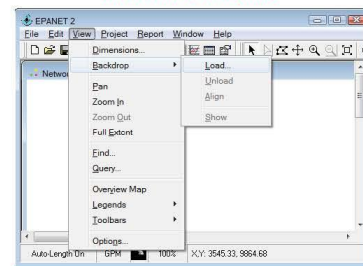
17

การเพิ่มแผนที่แบบหลัง

- EPANET สามารถแสดงแผนที่ backdrop ด้านหลังแผนที่โครงข่าย แผนที่ backdrop อาจเป็นแผนที่ถนน, แผนที่สาธารณูปโภค, แผนที่ภูมิประเทศ, แผนที่แผนที่พื้นที่, หรือรูปอื่นๆ หรือแผนที่ที่มีประโยชน์
- การแทรกแผนที่เป็น backdrop จะต้องตั้งนามสกุลแผนที่เป็น .bmp, .emf, .wmf
- ขั้นตอนการแทรกแผนที่ ให้ไปที่ View/Backdrop/Load แล้วเรียกชื่อ file แผนที่ขึ้นมา

18

การเพิ่มแผนที่แบบหลัง



19

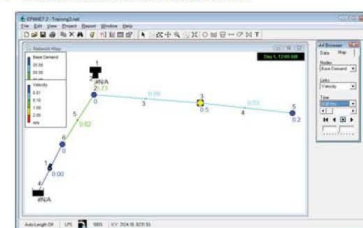
การสังเคราะห์ระบบ

- เลือก Project > Run Analysis หรือคลิก [F5] บน Standard Toolbar
- ความก้าวหน้าของการวิเคราะห์จะถูกแสดงใน Run Status Window
- คลิก OK เมื่อการเสร็จสิ้นการวิเคราะห์

20

การแสดงผลการวิเคราะห์

- การแสดงผลการวิเคราะห์บนโครงข่าย



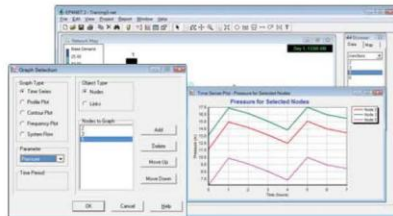
21



สำเนาเอกสารนำเสนอประกอบการประชุมสัมมนา (ต่อ)

การดูผลการวิเคราะห์

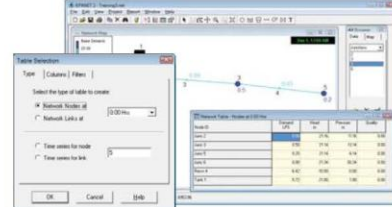
การตั้งค่ากราฟ



22

การดูผลการวิเคราะห์

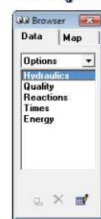
การแสดงผลตารางผลการวิเคราะห์



23

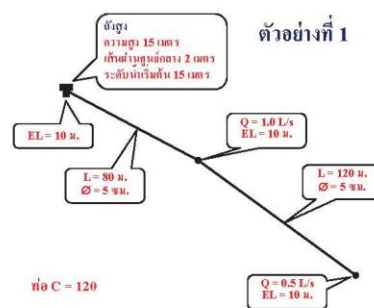
ตัวอย่างการวิเคราะห์

หน่วย / สูตรที่ใช้

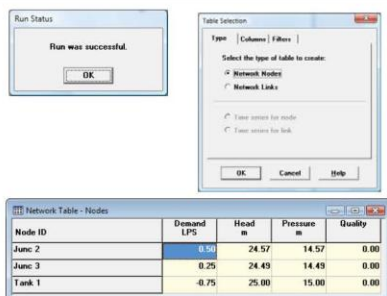


Property	Value
Flow Units	LPS
Headloss Formula	H/L
Specific Gravity	1
Relative Viscosity	1
Maximum Tails	40
Accuracy	0.001
If Unbalanced	Continue
Default Pattern	1
Demand Multiplier	1.0
Emitter Exponent	0.5
Status Report	No
CHECKFREQ	2
MAXCHECK	10
DAMP_LIMT	0

24

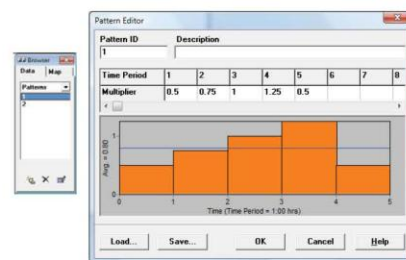


25



26

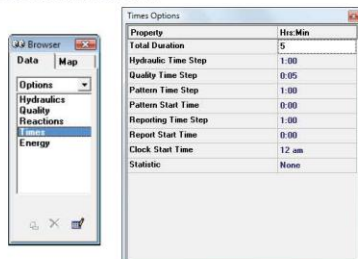
Demand Pattern



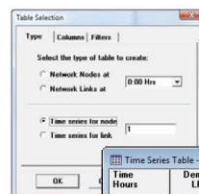
27

สำเนาเอกสารนำเสนอประกอบการประชุมสัมมนา (ต่อ)

ช่วงเวลาในการวิเคราะห์



28

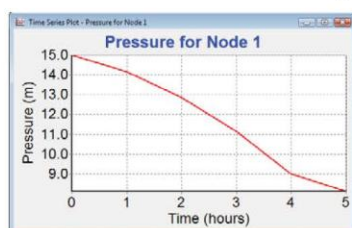


ผลวิเคราะห์ที่ถึงสูง

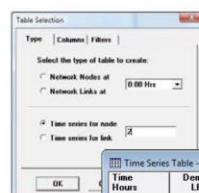
Time Hours	Demand LPS	Head m	Pressure m	Quality
0:00	-0.75	25.00	15.00	0.00
1:00	-1.13	24.14	14.14	0.00
2:00	-1.50	22.05	12.05	0.00
3:00	-1.88	21.13	11.13	0.00
4:00	-0.75	10.98	8.98	0.00
5:00	-0.75	10.12	8.12	0.00

%

ผลวิเคราะห์ที่อ้างถึง



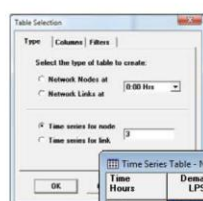
30



ผลวิเคราะห์ที่จุดใช้น้ำที่ 1

Time Hours	Demand LPS	Head m	Pressure m	Quality
0:00	0.50	24.57	14.57	0.00
1:00	0.75	23.24	13.24	0.00
2:00	1.00	21.31	11.31	0.00
3:00	1.25	18.80	8.80	0.00
4:00	0.50	10.56	8.56	0.00
5:00	0.50	17.70	7.70	0.00

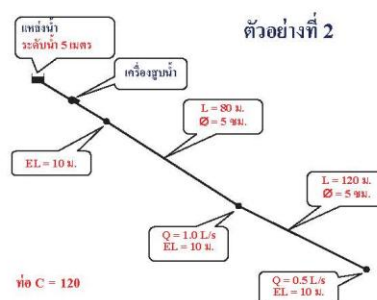
31



ผลวิเคราะห์ที่จุดใช้น้ำที่ 2

Time Hours	Demand LPS	Head m	Pressure m	Quality
0:00	0.25	24.49	14.49	0.00
1:00	0.30	23.06	13.06	0.00
2:00	0.50	21.01	11.01	0.00
3:00	0.63	18.35	8.35	0.00
4:00	0.25	18.47	8.47	0.00
5:00	0.25	17.61	7.61	0.00

32



ตัวอย่างที่ 2

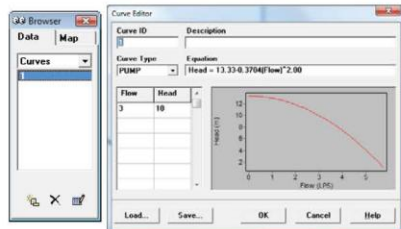
រំពេច $C = 120$

31



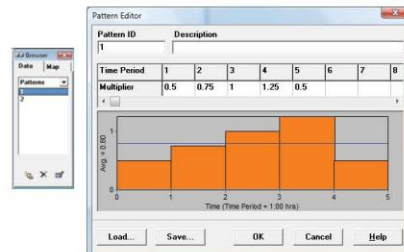
สำเนาเอกสารนำเสนอประกอบการประชุมสัมมนา (ต่อ)

Pump Curve



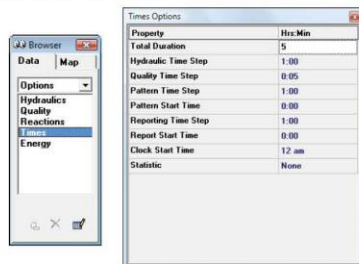
34

Demand Pattern



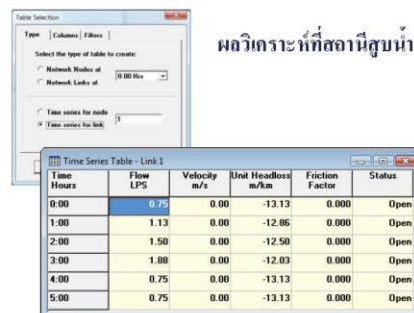
35

ช่วงเวลาในการวิเคราะห์



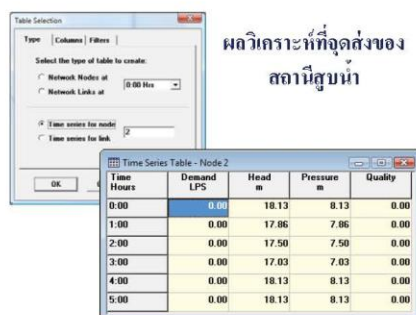
36

ผลวิเคราะห์ที่สถานีสูบน้ำ



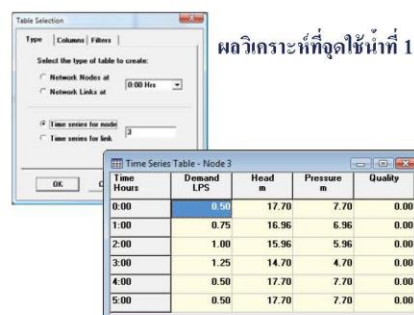
37

ผลวิเคราะห์ที่จุดส่งของ
สถานีสูบน้ำ



38

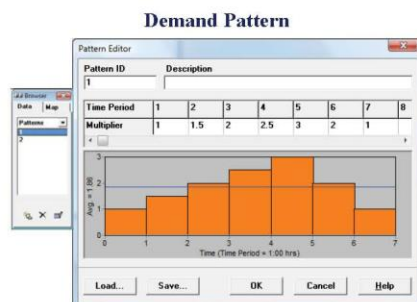
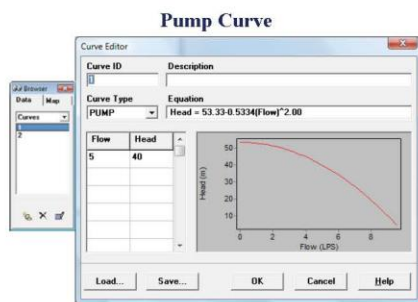
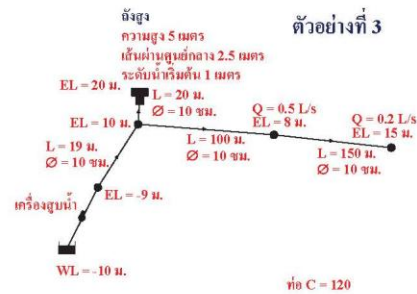
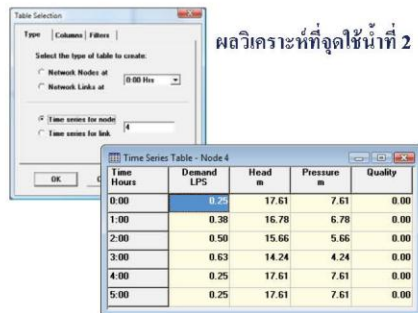
ผลวิเคราะห์ที่จุดใช้น้ำที่ 1



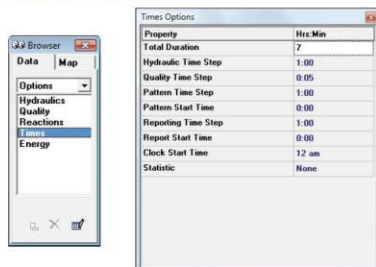
39



สำเนาเอกสารนำเสนอประกอบการประชุมสัมมนา (ต่อ)



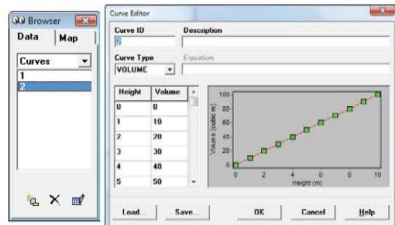
ช่วงเวลาในการวิเคราะห์





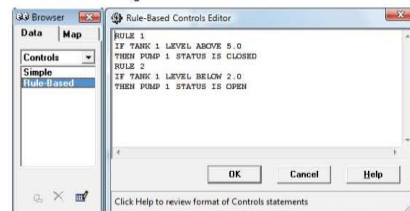
สำเนาเอกสารนำเสนอประกอบการประชุมสัมมนา (ต่อ)

Volume Curve สำหรับ ท่อถัง



Rule – Based Controls

- หยุดสูบน้ำเมื่อระดับน้ำในถังสูงถึง 5 เมตร
- และเริ่มทำการสูบน้ำเมื่อระดับน้ำในถังต่ำกว่า 2 เมตร



ผลวิเคราะห์ท่อสูบน้ำ

Time Hours	Flow LPS	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Friction Factor	Status
0:00	6.42	0.00	-31.34	0.000	Open
1:00	0.00	0.00	0.00	0.000	Closed
2:00	0.00	0.00	0.00	0.000	Closed
3:00	0.00	0.00	0.00	0.000	Closed
4:00	6.30	0.00	-32.16	0.000	Open
5:00	5.83	0.00	-35.23	0.000	Open
6:00	0.00	0.00	0.00	0.000	Closed
7:00	0.00	0.00	0.00	0.000	Closed

ผลวิเคราะห์ถังสูง

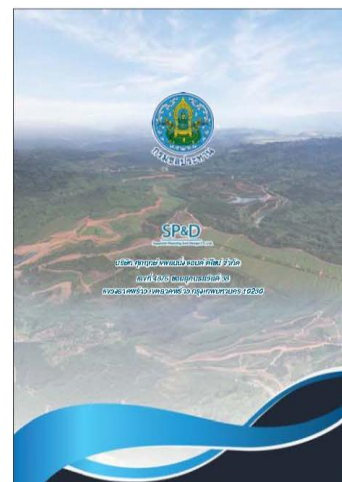
Time Hours	Demand LPS	Head m	Pressure m	Quality
0:00	5.72	21.00	1.00	0.00
1:00	-1.05	24.98	4.98	0.00
2:00	-1.40	24.21	4.21	0.00
3:00	-1.75	23.18	3.18	0.00
4:00	4.20	21.90	1.90	0.00
5:00	4.43	24.98	4.98	0.00
6:00	-0.70	23.98	3.98	0.00
7:00	-0.70	23.47	3.47	0.00

การทดสอบท้ายบรราย

- ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ +45 เมตร รทก.
- ถังสูง
 - ระดับฐาน +65 เมตร รทก.
 - ระดับน้ำเต็มถัง 10 เมตร
- ลวดลึง 12 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 4.0 เมตร
- ขนาดท่อจากจุดสูบน้ำ-ถังสูบน้ำ-จุดแยกท่อขนาด 0.60 ม.
- เครื่องสูบน้ำแรงดัน 38 เมตร

รายการ	ระดับ ม.	การใช้น้ำ (ลิตร/วินาที)	ขนาดท่อ (เมตร)
จุดใช้น้ำที่ 1	+80	25,000	0.50
จุดใช้น้ำที่ 2	+55	18,000	0.45

$$C = 120$$



ภาคผนวก ๒

สำเนาใบลงทะเบียน



ภาคผนวก ข สำเนาใบลงทะเบียน

รายนามคณะกรรมการตรวจรับพัสดุในงานจ้างออกแบบ สัมมนาแนวคิดและหลักเกณฑ์ในการออกแบบของโครงการ

งานจ้างสำรวจ ออกแบบ โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยสะตอ จังหวัดตราด

วันอังคารที่ ๘ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๔ เวลา ๐๘.๓๐ - ๑๒.๐๐ น.

ณ ห้องประชุมตงตาล ชั้น ๔ อาคาร ม.ล.ชูชาติ กำภู กรมชลประทาน สามเสน

ลำดับ	ชื่อ - สกุล	ตำแหน่ง	ลายเซ็น	หมายเหตุ
๑	นายพิเชษฐ รัตนปราสาทกุล	ผู้อำนวยการสำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม	ประธานกรรมการ	
๒	นายวิเชษฐ์ บุตตะจีน	ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมโยธา (ด้านออกแบบและคำนวณ) สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม	กรรมการ	
๓	นายธีระชัย เนียมหลวง	ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมโยธา (ด้านออกแบบและคำนวณ) สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม	กรรมการ	
๔	นายจักรพันธุ์ ช้อยทิพย์	ผู้อำนวยการส่วนวางโครงการที่ ๓ สำนักบริหารโครงการ	กรรมการ	
๕	นายธนภัทร อันทุมศุภธร	ผู้อำนวยการส่วนวิศวกรรม กองพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลาง	กรรมการ	
๖	นายปรีชา พงษ์สิงห์จันทร์	ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมโยธา (ด้านออกแบบและคำนวณ) สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม	กรรมการ	
๗	นายภควิธ ลำจวน	หัวหน้าฝ่ายวิศวกรรมที่ ๑ สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม	กรรมการ	
๘	นายศักดิ์ชาย เทพคำอ้าย	ผู้อำนวยการส่วนวิศวกรรม สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม	กรรมการและเลขานุการ	



สำเนาใบลงทะเบียน (ต่อ)

รายชื่อผู้เข้าร่วมสัมมนาแนวคิดและหลักเกณฑ์ในการออกแบบของโครงการ

งานจ้างสำรวจ ออกแบบ โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยสะตอ จังหวัดตราด

ในวันอังคารที่ ๘ กรกฎาคม ๒๕๖๘ เวลา ๐๘.๓๐-๑๒.๐๐ น.

ห้องประชุมดงคาล ชั้น ๔ อาคาร ม.ล.ชูชาติ กำภู กรมชลประทาน สามเสน

ลำดับ	ชื่อ - สกุล	ตำแหน่ง	ลายเซ็น	หมายเหตุ
สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม				
ส่วนวิศวกรรม				
๑	นางสาวรินรดา ขาวจันทร์คง	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ		
๒	นางสาวธนพร แก้วใจรักษ์	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ		
๓	นายสิริพงศ์ กงเซ่ง	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ		
๔	นายธนาฤทธิ์ คัดฉิงค์	นายช่างโยธา		
๕	นายกฤษฎา มิตรน้อย	นายช่างโยธา		
	นางฟ้าลดา ดอยนาค	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ		
ส่วนออกแบบสถาปัตยกรรม				
๖	นายสิทธิศักดิ์ ประสานทอง	สถาปนิกชำนาญการพิเศษ		
๗	นายธีระวัฒน์ เตชะกวิน	ช่างเขียน ชต		
๘	นายพิชัย แยมพันธ์	ช่างเขียน ชด		
ส่วนออกแบบเขียน				
๙	นายธิเบต แสงแก้ว	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ		
๑๐	นางสาวจิราพร จันทะแสน	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ		
๑๑	นางสาวชญภา เล้าหะอุดมโชค	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ		
๑๒	นางสาวอณิสยา เปานิล	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ		
๑๓	นายชานน โตโพธิ์ไทย	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ		
๑๔	นายไตรรัตน์ ทองชุมพู	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ		
๑๕	นายศาสนะ เศษแสงศรี	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ		
๑๖	นายอลงกรณ์ ฤทธิมา	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ		
๑๗	นายณพิชญ์ เทาศิริ	วิศวกรโยธา		
๑๘	นางสาวหทัยภัทร เกตุชาติ	ช่างฝีมือสนาม		
ส่วนมาตรฐานการออกแบบ				
1	นาย พงศกร คำเจ็ด	ช่างออกแบบ/วิศวกรโยธา		
2	นาย พงศกร คำเจ็ด	"		



สำเนาใบลงทะเบียน (ต่อ)

รายชื่อผู้เข้าร่วมสัมมนาแนวคิดและหลักเกณฑ์ในการออกแบบของโครงการ
งานจ้างสำรวจ ออกแบบ โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยสะตอ จังหวัดตราด
ในวันอังคารที่ ๘ กรกฎาคม ๒๕๖๘ เวลา ๐๘.๓๐-๑๒.๐๐ น.
ห้องประชุมตงศาล ชั้น ๔ อาคาร ม.ล.ชูชาติ กำภู กรมชลประทาน สามเสน

ลำดับ	ชื่อ - สกุล	ตำแหน่ง	ลายเซ็น	หมายเหตุ
สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม				
ส่วนออกแบบระบบชลประทาน				
๑๙	นายธีรภัทร ล้อมลาย	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ		
๒๐	นายอิทธิวัชร จีรวรรณ	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ		
๒๑	ร.ท.นवल สุวัชฌน	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ		
๒๒	นางนิศากร ประสิทธิ์คุ้มเพียร	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ		
๒๓	นางสาวศศลักษณ์ จินสมบัติ	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ		
๒๔	นายธีรณัย ขาวดี	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ		
๒๕	นายอิทธิวัชร มรกฏ	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ		
๒๖	นายณพวัฒน์ ศรีโชติ	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ		
๒๗	นางสาวชราภรณ์ สังข์มาลา	วิศวกรโยธา		
๒๘	นายพรหมมินทร์ อะสุรินทร์	วิศวกรโยธา		
๒๙	นายดิณห์ ศรีแก้ว	วิศวกรโยธา		
๓๐	นายพรเทพ รุ่งแจ้ง	นายช่างโยธาชำนาญงาน		
๓๑	นายพีรพัฒน์ ฝ่ายบุตร	นายช่างโยธาปฏิบัติงาน		
๓๒	นางสาวทักษพร แก้วสงคราม	นายช่างโยธาปฏิบัติงาน		
ส่วนออกแบบโครงสร้างพิเศษ				
สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา				
๓๓	นายบุญตา โพธิ์ชา	นายช่างสำรวจปฏิบัติงาน		
๓๔	นายสุพจน์ ทำจันทร์	นายช่างสำรวจปฏิบัติงาน		

สำเนาใบลงทะเบียน (ต่อ)

รายชื่อผู้เข้าร่วมสัมมนาแนวคิดและหลักเกณฑ์ในการออกแบบของโครงการ

งานจ้างสำรวจ ออกแบบ โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยสะตอ จังหวัดตราด

ในวันอังคารที่ ๘ กรกฎาคม ๒๕๖๘ เวลา ๐๘.๓๐-๑๒.๐๐ น.

ห้องประชุมตงคาล ชั้น ๔ อาคาร ม.ล.ชูชาติ กำภู กรมชลประทาน สามเสน

[illegible]



สำเนาใบลงทะเบียน (ต่อ)

บริษัทที่ปรึกษา

ใบลงทะเบียน

งานสัมมนาแนวคิดและหลักเกณฑ์ในการออกแบบของโครงการ งานจ้างสำรวจ ออกแบบ โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยสะตอ จังหวัดตราด
(งานสำรวจ ออกแบบระบบส่งน้ำ)

วันอังคารที่ 8 กรกฎาคม พ.ศ. 2568 เวลา 08.30 – 12.00 น.

ณ ห้องประชุมตลิ่งชัน ชั้น 4 อาคาร ม.ล.ชูชาติ กำภู กรมชลประทาน สามเสน กรุงเทพมหานคร

ลำดับ	ชื่อ-นามสกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน	เบอร์โทรศัพท์	ลายมือชื่อ
1.	นายจิรศักดิ์ ทิพย์โรจน์	กรรมการผู้จัดการ	บริษัท สุกฤกษ์ แพลนนิ่ง แอนด์ ดีไซน์ จำกัด		
2.	นายวิวัฒน์ เจริญสุขรุ่งเรือง	ผู้เชี่ยวชาญด้านสำรวจ	บริษัท สุกฤกษ์ แพลนนิ่ง แอนด์ ดีไซน์ จำกัด	096-950-1491	
3.	นายพิพากษ์ ปิยะภัทร์	วิศวกรแหล่งน้ำ	บริษัท สุกฤกษ์ แพลนนิ่ง แอนด์ ดีไซน์ จำกัด	082-8407025	
4.	นายธรรมสิงห์ มลชา	วิศวกรแหล่งน้ำ	บริษัท สุกฤกษ์ แพลนนิ่ง แอนด์ ดีไซน์ จำกัด	099-1011722	
5.	นายศิริเมธา เหลืองวัฒนพาณิชย์	วิศวกรแหล่งน้ำ	บริษัท สุกฤกษ์ แพลนนิ่ง แอนด์ ดีไซน์ จำกัด		
6.	นายอชิระ วังโธสง	นักวิชาการด้านการมีส่วนร่วมของประชาชน	บริษัท สุกฤกษ์ แพลนนิ่ง แอนด์ ดีไซน์ จำกัด		
7.	นายวรพัชร วิชัยสุชาติ	นักวิชาการด้านการมีส่วนร่วมของประชาชน	บริษัท สุกฤกษ์ แพลนนิ่ง แอนด์ ดีไซน์ จำกัด	09522 45 48	
8.	นางสาววรรณวิมล ท้าพริก	นักวิชาการด้านการมีส่วนร่วมของประชาชน	บริษัท สุกฤกษ์ แพลนนิ่ง แอนด์ ดีไซน์ จำกัด	0982235184	
9.	นางสาวปฐตา ธนระพีโชติ	นักวิชาการด้านการมีส่วนร่วมของประชาชน	บริษัท สุกฤกษ์ แพลนนิ่ง แอนด์ ดีไซน์ จำกัด	089-4163354	
10.	นางสาวณัฐภัทร อยู่สวัสดิ์	นักศึกษาฝึกงาน	บริษัท สุกฤกษ์ แพลนนิ่ง แอนด์ ดีไซน์ จำกัด	062 394 4146	

