

การหาตำแหน่งที่ตั้งของโรงประปาชุมชนที่เหมาะสม
ภายใต้เงื่อนไขของการใช้ประโยชน์ที่ดินในเกาะสีชัง

OPTIMIZATION OF WATER SUPPLY LOCATION
UNDER LAND USE CHANGE CONDITION IN SI CHANG ISLAND



อภิสรารณ วังค์แพทย
APISARAPORN WONGPHAET

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาตำแหน่งที่ตั้งของโรงประปาชุมชนที่เหมาะสม
ภายใต้เงื่อนไขของการใช้ประโยชน์ที่ดินในเกาะสีชัง

OPTIMIZATION OF WATER SUPPLY LOCATION
UNDER LAND USE CHANGE CONDITION IN SI CHANG ISLAND



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPTIMIZATION OF WATER SUPPLY LOCATION
UNDER LAND USE CHANGE CONDITION IN SI CHANG ISLAND




A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, SCHOOL OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ	การหาตำแหน่งที่ตั้งของโรงประปาชุมชนที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขของการใช้ประโยชน์ที่ดินในเกาะสี่ช้าง
A SPECIAL PROJECT TITLE	OPTIMIZATION OF WATER SUPPLY LOCATION UNDER LAND USE CHANGE CONDITION IN SI CHANG ISLAND
นักศึกษา	นางสาวอภิสรารภรณ์ วงศ์แพทย์
รหัสประจำตัว	62011025
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร.พิณช ธนชัยโชคศิริกุล ศ.ดร.อุมา สีนุญเรือง (ร่วม) อาจารย์อุบะ ศิริแก้ว (ร่วม)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ศลิษา ไชยพุทธ	
ผศ.ดร.ธนาตล คงสมบูรณ์	
อาจารย์อุบะ ศิริแก้ว	
ดร.พิณช ธนชัยโชคศิริกุล	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันศุกร์ที่ 12 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 เวลา 10.00-10.20 น.

สถานที่สอบ ณ ห้อง CV 202

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(รศ.ดร. ชลิตา อุตะเถา)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่.....

หัวข้อโครงการพิเศษ	การหาตำแหน่งที่ตั้งของโรงประปาชุมชนที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขของการใช้ประโยชน์ที่ดินในเกาะสีชัง
ชื่อนักศึกษา	นางสาวอภิสรภรณ์ วงค์แพทย์
รหัสประจำตัว	62011025
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
พ.ศ.	2565
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.พิณิช ธนชัยโชคศิริกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ศ.ดร.อุมา สีบุญเรือง อาจารย์อุบะ ศิริแก้ว

บทคัดย่อ

เกาะสีชังเป็นเกาะขนาดเล็ก จึงมีทรัพยากรธรรมชาติจำกัด ในฤดูแล้งชุมชนในเกาะสีชังประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่อใช้ในการอุปโภค บริโภค เนื่องจากน้ำในแหล่งน้ำโดยธรรมชาติแห้งขอด และคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินนั้นมีสิ่งเจือปนอยู่ ไม่สะอาดพอที่จะนำมาใช้ในการอุปโภค บริโภค ดังนั้นน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติจะต้องผ่านเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำประปาเพื่อให้ได้น้ำที่สะอาดก่อนนำมาใช้ในการอุปโภคบริโภค การจัดตั้งโรงประปาชุมชนเพื่อผลิตน้ำประปาจะช่วยกระจายน้ำและทำให้ชุมชนมีน้ำสะอาดเพิ่มมากขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาตำแหน่งที่ตั้งของโรงประปาชุมชนที่เหมาะสมและวางระบบโครงข่ายท่อประปาภายในเกาะสีชัง งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม EPANET ในการออกแบบวิเคราะห์ระบบโครงข่ายท่อประปา และใช้สมการคำนวณหัวพลังงานสูญเสียด้วยวิธีการของ Darcy-Weisbach โดยศึกษาการจัดตั้งโรงประปาชุมชน 2 ตำแหน่ง คือ กรณีศึกษาที่ 1 การจัดตั้งโรงประปาที่ตำแหน่งบริเวณอ่างเก็บน้ำเกาะสีชัง และกรณีศึกษาที่ 2 การจัดตั้งโรงประปาที่ตำแหน่งบริเวณสนามฟุตบอลของโรงเรียนเกาะสีชัง ผลการศึกษาพบว่า การวางระบบโครงข่ายท่อประปา ทั้ง 2 กรณีศึกษามีความเร็วในท่อและความดันต่ำสุดที่ปลายท่ออยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมตามหลักการออกแบบท่อเมนหลักในการจ่ายน้ำประปาเพื่อนำไปใช้ก่อสร้างจริง และระบบโครงข่ายท่อประปาที่ออกแบบนั้นสามารถรองรับปริมาณความต้องการใช้น้ำเพื่ออุปโภค บริโภคในปัจจุบันได้มากกว่า 30.07% โดยกรณีศึกษาที่ 1 การจัดตั้งโรงประปาที่ตำแหน่งบริเวณอ่างเก็บน้ำเกาะสีชัง เป็นการจัดตั้งโรงประปาแบบผิวดินขนาดใหญ่มาก ใช้ท่อถึงสูงขนาด 100 ลบ.ม. สูง 20 ม. ท่อจ่ายน้ำประปาใช้ท่อ HDPE PN 10 ทั้งหมด 3 ขนาด คือ ท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 90, 110, 125 มม. มีความยาวท่อรวมทั้งหมด 6,990.34 ม. มีความเร็วเฉลี่ยในท่อประปา เท่ากับ 1.20 m/s และมีความดันต่ำสุดที่ปลายท่อ เท่ากับ 15.05 ม. กรณีศึกษาที่ 2 การจัดตั้งโรงประปาที่ตำแหน่งบริเวณสนามฟุตบอล เป็นการจัดตั้งโรงประปาแบบบาดาลขนาดใหญ่มาก ใช้ท่อถึงสูงขนาด 100 ลบ.ม. สูง 30 ม. ท่อจ่ายน้ำประปาใช้ท่อ HDPE PN10 ทั้งหมด 4 ขนาด คือ ท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 63, 90, 110, 125 มม. โดยมีความยาวรวมทั้งหมด 6,990.34 ม. มีความเร็วเฉลี่ยในท่อประปา เท่ากับ 0.89 m/s และมีความดันต่ำสุดที่ปลายท่อ เท่ากับ 24.21 ม. ราคารวมในการก่อสร้างโรงประปากรณีศึกษาที่ 1 ประหยัดกว่า กรณีศึกษาที่ 2 คิดเป็นเงิน 248,848 บาท หรือคิดเป็น 2.81% ตำแหน่งที่เหมาะสมในการจัดตั้งโรงประปาชุมชน คือ กรณีศึกษาที่ 1 การจัดตั้งโรงประปาที่ตำแหน่งบริเวณอ่างเก็บน้ำ

เกาะสีชังเนื่องจากระบบโครงข่ายท่อประปามีความเร็วในท่อ และความดันในท่อที่เหมาะสม และมี
ราคาในการก่อสร้างโรงประปาต่ำที่สุด

คำสำคัญ : EPANET, ตำแหน่งในการจัดตั้งโรงประปาชุมชนที่เหมาะสม, แบบจำลองระบบโครงข่าย
ท่อประปา, การบริหารจัดการน้ำในเกาะขนาดเล็ก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A special project Title	Optimization of Water Supply Location under Land Use Change Condition in Si Chang Island
Student	Miss.Apisaraporn Wongphaet
Student ID.	62011025
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Civil Engineering
Year	2022
A special project Advisor	Dr. Pinit Tanachaichoksirikun
A special project Co- Advisor	Prof. Dr. Uma Seeboonruang Miss.Uba Sirikaew

ABSTRACT

Si Chang Island is a small island. The natural resources are limited. In the dry season in Si Chang island faced a water shortage for consumption because the water source is insufficient and the quality is contaminated. Therefore, the water resource need to be treated. The objectives of this research are to determine the optimal location of water supply and pipe network in Si Chang Island. The EPANET was used to design and analyze the pipeline and network using Darcy-Weisbach's head loss. The scenarios established of 2 case studies: (1) the water supply located at the Si Chang Reservoir (2) water supply located at the football field. The study found that the location of the water pipeline and network in both case was the velocity and the lowest pressure at the end of the pipe were suitable for water supply criteria. The water supply provided more than 30.07% of water demand for consumption. Under case 1 was the very large surface water supply, using a high tank tower of 100 cubic meters and 20 m height. The diameter of HDPE PN 10 pipes were 3 sizes i.e., 90, 110, 125 mm. with total length of 6,990.34 m. The average velocity was 1.20 m/s and the lowest pressure at the end of the pipe was 15.05 m. Case 2 was a very large groundwater water supply, using a high tank tower of 100 cubic meters and 30 m height. The diameters of HDPE PN10 pipe were 4 sizes i.e., 63, 90, 110, 125 mm. with a total length of 6,990.34 m. The average velocity was 0.89 m/s and the lowest pressure at the end of the pipe was 24.21 m. The total construction cost for the water supply in case 1 was cheaper than case 2 of 248,848 Baht namely, 2.81%. Therefore, the optimal location for community water supply was located at the Si Chang Reservoir

Keywords : EPANET, The optimal location of Water Supply, Pipe Network Model, Small Island

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.พิณช ชนชัยโชคศิริกุล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ศ.ดร.อุมา สืบบุญเรือง และอาจารย์อุบะ ศิริแก้ว ที่ได้คอยให้คำปรึกษา และคอยช่วยเหลือแนะแนวทางในการแก้ปัญหาตลอดการดำเนินงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณงานบริการข้อมูลจาก เทศบาลตำบลเกาะสีชัง กรมพัฒนาที่ดิน และ คุณมงคล ประสิทธิ์คุ้มเพียร หัวหน้างานแผนงาน กองแผนและวิชาการ การประสานส่วนภูมิภาคเขต 1 ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่มีความจำเป็นสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณคำแนะนำ คำปรึกษา แรงสนับสนุน กำลังใจ และมิตรภาพที่ดีจากเพื่อน พี่ น้อง ทุกคนที่คอยมอบให้เสมอมา

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัวที่มอบความรัก ความเชื่อใจ และคอยสนับสนุนทุกการเติบโต

อภิสรารณณ์ วงศ์แพทย์



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	IV
สารบัญ.....	V
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	1
1.3.1 ขอบเขตของงานวิจัยด้านพื้นที่การศึกษา.....	1
1.3.2 ขอบเขตของงานวิจัยด้านข้อมูล.....	2
1.3.3 ขอบเขตของงานวิจัยด้านระเบียบวิธีวิจัย.....	2
1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและวรรณกรรมปริทัศน์	4
2.1 ระบบการผลิตน้ำประปา.....	4
2.2 ระบบจ่ายน้ำ.....	5
2.2.1 ถังน้ำใส.....	6
2.2.2 หอดึงสูง.....	6
2.2.3 เครื่องสูบน้ำแรงสูง.....	7
2.2.4 ขนาดของเครื่องสูบน้ำแรงดันสูง และแรงดันต่ำ	7
2.2.5 ระบบท่อจ่ายน้ำ.....	7
2.3 สมการการไหล.....	9
2.3.1 สมการการไหลต่อเนื่อง (Continuity Equation)	9
2.3.2 สมการพลังงาน (Bernoulli's Equation).....	9
2.3.3 สมการโมเมนตัม (Momentum Equation).....	10
2.3.4 การสูญเสียหัวความดันหรือพลังงานในท่อ (Head loss).....	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 EPANET	13
2.5 บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	15
3.1 รวบรวมข้อมูลเบื้องต้น.....	16
3.1.1 พื้นที่ศึกษา.....	16
3.1.2 ลักษณะภูมิประเทศ.....	17
3.1.3 จำนวนประชากร	18
3.1.4 การใช้ประโยชน์ที่ดิน	18
3.1.5 อ่างเก็บน้ำเกาะสีชัง	19
3.1.6 ธนาครน้ำ.....	19
3.1.7 ปริมาณการใช้น้ำของครัวเรือน.....	19
3.2 กรณีศึกษา	20
3.2.1 กรณีศึกษาที่ 1 การจัดตั้งโรงประปาที่ตำแหน่งบริเวณอ่างเก็บน้ำเกาะสีชัง	20
3.2.2 กรณีศึกษาที่ 2 การจัดตั้งโรงประปาที่ตำแหน่งบริเวณสนามฟุตบอล	20
3.3 กำหนดตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา.....	20
3.3.1 ช่วงที่หนึ่ง	20
3.3.2 ช่วงที่สอง.....	20
3.4 การออกแบบแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ระบบโครงข่ายท่อประปา	20
3.4.1 การวางแผนท่อประปา.....	21
3.4.2 การนำเข้าตัวแปรสู่แบบจำลอง.....	22
3.5 วิเคราะห์ข้อมูล.....	24
3.5.1 ประมาณความต้องการใช้น้ำของชุมชน	24
1) Demand Node.....	24
2) การประมาณความต้องการใช้น้ำของแต่ละ Demand Node.....	25
3.5.2 ผลการออกแบบท่อถึงสูง	25
3.6 คำนวณราคาค่าการก่อสร้างของระบบโครงข่ายท่อประปา.....	26
3.7 วิเคราะห์และเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างของระบบโครงข่ายท่อประปา.....	27
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	28
4.1 ผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 ผลการคำนวณราคาค่าก่อสร้าง.....	32
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	33
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	33
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	34
บรรณานุกรม.....	35
ภาคผนวก ก ตารางแสดงผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม EPANET.....	37
ภาคผนวก ข ตารางแสดงการประมาณราคากระบบประปาหมู่บ้าน.....	54



สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 2.1 แสดงขนาดท่อถึงสูงโดยมีความสูงตามแบบมาตรฐาน.....	6
ตาราง 2.2 แสดงการพิจารณาจำนวนเครื่องสูบน้ำแรงสูงจากอัตราการไหล.....	7
ตาราง 2.3 แสดงการเลือกชนิดของท่อตามขนาดของท่อ.....	8
ตาราง 2.4 แสดงการเลือกชนิดของท่อที่มีความดันใช้งานในช่วง 3-6 กก./ซม. ²	8
ตาราง 2.5 แสดงการเลือกขนาดท่อจากอัตราการจ่ายน้ำ.....	9
ตาราง 2.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของท่อ.....	12
ตาราง 2.7 แสดงค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์แบ่งตามลักษณะของการไหล.....	12
ตาราง 3.1 อัตราการใช้เนื้อที่แบ่งตามประเภทของชุมชน.....	19
ตาราง 3.2 แสดงการคำนวณหา ปริมาณน้ำ/Customer Meter.....	25
ตาราง 3.3 แสดงราคาวัสดุต่อหน่วย (บาท).....	26
ตาราง 3.4 แสดงของราคาถึงแซมเป็ญที่ขนาดและความสูง (บาท).....	27
ตาราง 4.1แสดงราคาค่าก่อสร้างของกรณีศึกษาที่ 1.....	32
ตาราง 4.2 แสดงราคาค่าก่อสร้างของกรณีศึกษาที่ 2.....	32
ตาราง ผก.1 แสดงค่าในแต่ละ Node กรณีศึกษาที่ 1.....	38
ตาราง ผก.2 แสดงค่าในแต่ละ Pipe กรณีศึกษาที่ 1.....	42
ตาราง ผก.3 แสดงค่าในแต่ละ Node กรณีศึกษาที่ 2.....	46
ตาราง ผก.4 แสดงค่าในแต่ละ Node กรณีศึกษาที่ 2.....	50
ตาราง ผข.1 แสดงราคาค่าก่อสร้างระบบประปาหมู่บ้าน กรณีศึกษาที่ 1.....	55
ตาราง ผข.2 แสดงราคางานระบบท่อจ่ายน้ำประปา กรณีศึกษาที่ 1.....	56
ตาราง ผข.3 แสดงการคำนวณหาค่า FACTOR F กรณีศึกษาที่ 1.....	57
ตาราง ผข.4 แสดงราคาค่าก่อสร้างระบบประปาหมู่บ้าน กรณีศึกษาที่ 2.....	58
ตาราง ผข.5 แสดงราคางานระบบท่อจ่ายน้ำประปา กรณีศึกษาที่ 2.....	59
ตาราง ผข.6 แสดงการคำนวณหาค่า Factor F กรณีศึกษาที่ 2.....	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงระบบประปาบาดาล.....	4
รูปที่ 2.2 แสดงระบบประปาแบบเติมอากาศ.....	4
รูปที่ 2.3 แสดงระบบประปาน้ำผิวดิน.....	5
รูปที่ 2.4 ระบบประปาปรับปรุงคุณภาพน้ำกระด้าง.....	5
รูปที่ 3.1 แสดงแผนผังของการดำเนินวิจัย.....	15
รูปที่ 3.2 แสดงการแบ่งเขตการปกครอง.....	16
รูปที่ 3.3 แสดงระดับเส้นชั้นความสูง.....	17
รูปที่ 3.4 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินของเกาะสีชัง.....	18
รูปที่ 3.5 แสดงตำแหน่งที่ตั้งของอ่างเก็บน้ำเกาะสีชัง.....	19
รูปที่ 3.6 แสดงการวางแนวท่อประปา (Junctions).....	21
รูปที่ 3.7 แสดงการวางแนวท่อประปา (Pipes).....	21
รูปที่ 3.8 แสดงการวางแนวท่อประปา (EPANET).....	22
รูปที่ 3.9 แสดงคำอธิบายของแต่ละตัวแปร.....	22
รูปที่ 3.10 แสดงตัวอย่างการนำเข้าข้อมูลใน Junction ที่ 1 (J-1).....	23
รูปที่ 3.11 แสดงตัวอย่างการนำเข้าข้อมูลใน Pipe ที่ 1 (P-1).....	23
รูปที่ 3.12 แสดงตัวอย่างการนำเข้าข้อมูลใน Tank ที่ 1 (ST-1).....	24
รูปที่ 3.13 แสดงความหมายของ Demand Node.....	25
รูปที่ 3.14 แสดงตัวอย่างของ Demand Node ของระบบโครงข่ายท่อประปา.....	25
รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ขนาดท่อกรณีศึกษาที่ 1.....	28
รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ความเร็วในท่อกรณีศึกษาที่ 1.....	29
รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ความดันในท่อกรณีศึกษาที่ 1.....	29
รูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ขนาดท่อกรณีศึกษาที่ 2.....	30
รูปที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความเร็วในท่อกรณีศึกษาที่ 2.....	31
รูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความดันในท่อกรณีศึกษาที่ 2.....	31

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เกาะสีชัง เป็นเกาะขนาดเล็กในอ่าวไทย อยู่ในอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี เป็นอำเภอที่มีขนาดเล็กที่สุดในประเทศไทย มีประชากรอาศัยอยู่จำนวนมาก และอีกทั้งยังเป็นเกาะท่องเที่ยว ทำให้มีความต้องการใช้ทรัพยากรน้ำในปริมาณมาก แต่ด้วยเกาะสีชังเป็นเกาะขนาดเล็กจึงมีทรัพยากรธรรมชาติจำกัด ฤดูแล้งชุมชนในเกาะสีชังประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่อใช้ในการอุปโภค บริโภค เนื่องจากน้ำในแหล่งน้ำโดยธรรมชาติแห้งขอด และคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินนั้นมีสิ่งเจือปนอยู่ ทำให้ไม่สะอาดพอที่จะนำมาใช้ในการอุปโภค บริโภค ดังนั้นน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติจะต้องผ่านเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำประปาเพื่อให้ได้น้ำที่สะอาดก่อนที่จะนำมาใช้ในการอุปโภค บริโภค

แนวคิดการจัดตั้งโรงประปาชุมชนเพื่อผลิตน้ำประปาจะช่วยให้ชุมชนมีน้ำสะอาดเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีน้ำสะอาดมากพอตามปริมาณความต้องการของการใช้น้ำพื้นฐานเพื่ออุปโภค บริโภค และช่วยกระจายน้ำให้ชุมชนในเกาะสีชังมีน้ำเพื่อใช้ในการอุปโภค บริโภคอย่างทั่วถึง การจัดตั้งโรงประปาชุมชนขึ้นนั้นจะต้องคำนึงถึงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ความเหมาะสมของความเร็วและความดันในท่อของระบบโครงข่ายท่อประปา รวมถึงราคาค่าก่อสร้างระบบโครงข่ายท่อประปา

การหาตำแหน่งที่ตั้งของโรงประปาชุมชนที่เหมาะสมทำได้โดยการสร้างแบบจำลองระบบโครงข่ายท่อประปา เพื่อออกแบบการส่งน้ำด้วยท่อถึงสูงผ่านท่อประปาที่มีความเร็วในท่อ ความดันในท่อ และขนาดท่อที่เหมาะสมให้ครอบคลุมถึงความต้องการใช้น้ำพื้นฐานในการอุปโภค บริโภค ของชุมชนเกาะสีชัง จากนั้นทำการคำนวณค่าก่อสร้างของระบบโครงข่ายท่อประปา เพื่อเลือกตำแหน่งที่ตั้งของโรงประปาชุมชนที่เหมาะสมจากกรณีศึกษาที่ระบบโครงข่ายท่อประปาส่งน้ำด้วยความเร็ว ความดันที่เหมาะสม และมีราคาค่าก่อสร้างระบบโครงข่ายท่อประปาที่ต่ำที่สุด.

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ ดังนี้

1.2.1 เพื่อหาตำแหน่งที่ตั้งของโรงประปาชุมชนที่เหมาะสม

1.2.2 เพื่อวางระบบโครงข่ายท่อประปา

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ ทำการแบ่งขอบเขตของการศึกษาวิจัยออกเป็น 3 หมวดหมู่ ได้แก่ขอบเขตของงานวิจัยด้านพื้นที่การศึกษา ขอบเขตของงานวิจัยด้านข้อมูลและขอบเขตของงานวิจัยด้านระเบียบวิธีวิจัย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.3.1 ขอบเขตของงานวิจัยด้านพื้นที่การศึกษา

การศึกษาหาตำแหน่งที่ตั้งโรงประปาชุมชนที่เหมาะสมในเกาะสีชัง ตำบลท่าเวียง อำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี ในหมู่ที่ 1 ถึง หมู่ที่ 6 คือ ชุมชนบ้านท่าเวียง ชุมชนบ้านศาลเจ้าแก้ง ชุมชนบ้านท่าวัง ชุมชนบ้านตรอกด่านภาษี ชุมชนบ้านสะพานคู่ และชุมชนบ้านท่าภาณุรังสี ตามลำดับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้ ไม่นับผูกพันหาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยกเว้นหมู่ที่ 7 ชุมชนบ้านเกาะขามใหญ่ เนื่องจากชุมชนบ้านเกาะขามใหญ่นั้นมีระบบประปาชุมชน และตั้งอยู่แยกออกไปบนเกาะขามใหญ่ ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการศึกษาเฉพาะการวางท่อประปา บนดินในเกาะสีชังเท่านั้น ไม่ทำการศึกษาวางท่อประปาข้ามเกาะ หรือการส่งน้ำข้ามเกาะจากเกาะ สีชังไปยังเกาะขามใหญ่

1.3.2 ขอบเขตของงานวิจัยด้านข้อมูล

ในการศึกษาจะคำนึงถึงปริมาณน้ำที่ต้องใช้ในการผลิตระบบประปาเพื่อให้ครอบคลุมถึง ปริมาณความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค และบริโภคของชุมชน โดยจะเป็นการศึกษาในลักษณะ ความเป็นไปได้ของการก่อสร้างที่จะเกิดขึ้นจริงในอนาคต นอกจากนี้การพิจารณาถึงแหล่งน้ำดิบที่จะ ผลิตระบบประปา

1.3.3 ขอบเขตของงานวิจัยด้านระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ห่ออกแบบระบบโครงข่ายท่อประปาโดยใช้โปรแกรม EPANET ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อจำลองการวางระบบโครงข่ายท่อประปา โดยพิจารณาถึง การเลือกตำแหน่งที่ตั้งโรงประปาชุมชนที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขของการใช้ประโยชน์ที่ดินในเกาะ สีชัง และพิจารณาการส่งน้ำในลักษณะของท่อประปาชุมชน การวางแนวของระบบที่จะวางตามแนว ของถนนเดิมเพื่อให้เกิดการเวียนคืนที่ดินน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามการก่อสร้างที่หน่วยงานจริงจำเป็นต้อง มีการทำรังวัดที่ดินอีกครั้ง

1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย

- 1) ศึกษาหลักการ ทฤษฎี บทความ รายงาน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการเลือกตำแหน่ง ที่ตั้งของโรงประปาชุมชน คือ ศึกษาหลักเกณฑ์การจัดตั้งโรงประปา เกณฑ์การออกแบบระบบประปา จากแหล่งน้ำผิวดินและน้ำบาดาล สมการการไหลในท่อ สมการการสูญเสียพลังงานในท่อ (Head Loss) สมการเบอร์นูลลี (Bernoulli's Equation)
- 2) รวบรวมข้อมูลเบื้องต้น คือ แผนที่แสดงขอบเขต ลักษณะภูมิประเทศ ระดับความสูงของ พื้นที่ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน การแบ่งเขตปกครอง จำนวนประชากร จำนวนครัวเรือน ปริมาณ การใช้น้ำในครัวเรือน
- 3) ศึกษาวิธีการใช้งานโปรแกรม EPANET เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ออกแบบการจำลองระบบ โครงข่ายท่อประปา และตรวจสอบความถูกต้อง แม่นยำของการออกแบบแบบจำลอง
- 4) วิเคราะห์ข้อมูล จากนั้นนำเข้าข้อมูลเข้าในโปรแกรม EPANET
- 5) เลือกตำแหน่งที่ตั้งโรงประปาชุมชนโดยกำหนดให้แต่ละตำแหน่งเป็นกรณีศึกษา
- 6) สร้างแบบจำลองระบบโครงข่ายท่อประปาของแต่ละกรณีโดยใช้โปรแกรม EPANET
- 7) คำนวณหาราคาค่าก่อสร้างในการวางระบบโครงข่ายท่อประปาของแต่ละกรณี
- 8) เปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างของแต่ละกรณีเพื่อหากรณีที่มีราคาค่าก่อสร้างต่ำที่สุด
- 9) สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1. ชุมชนเกาะสีชังจะมีน้ำสะอาดเพื่อใช้ในการอุปโภค บริโภคเพิ่มมากขึ้น
- 1.5.2. ชุมชนเกาะสีชังจะได้โครงข่ายระบบประปาที่มีค่าใช้จ่ายการลงทุนก่อสร้างที่ต่ำ
- 1.5.3. สามารถแนะนำแนวทางในการเลือกตำแหน่งที่ตั้งโรงประปาชุมชนที่เหมาะสมของชุมชนเกาะสีชัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

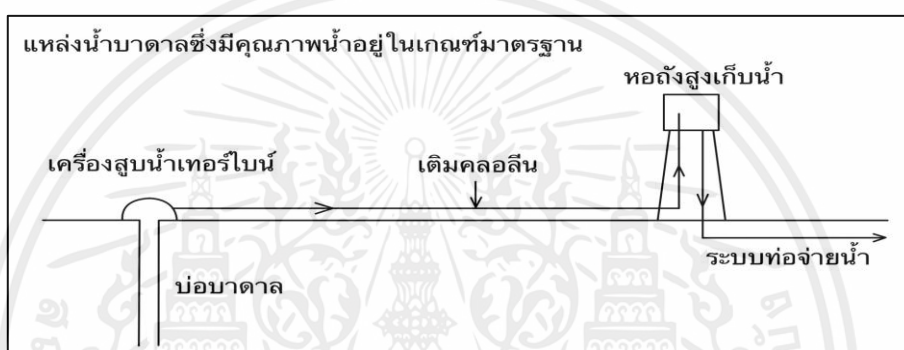
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและวรรณกรรมปริทัศน์

2.1 ระบบการผลิตน้ำประปา

ระบบของการผลิตน้ำประปามีทั้งหมด 4 ระบบ สามารถเรียงจากระบบง่ายไปหายากได้ดังนี้

1) ระบบประปาบาดาล

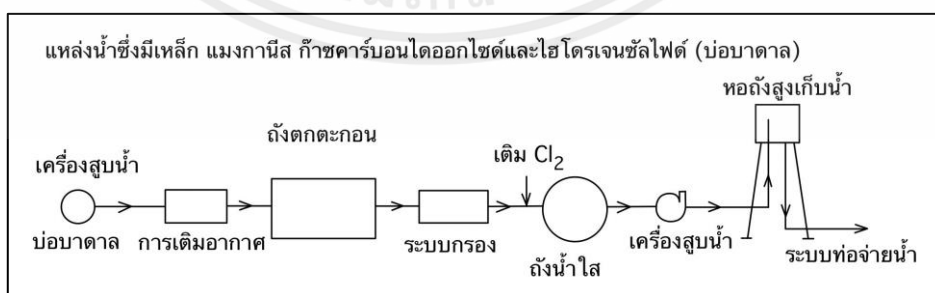
เป็นระบบที่ถ้าหากสามารถหาแหล่งน้ำบาดาลซึ่งมีปริมาณน้ำเพียงพอ และคุณภาพของน้ำดี เทียบเท่ามาตรฐานน้ำดื่มที่กำหนดไว้ได้ อาจใช้เครื่องสูบน้ำเทอร์ไบน์เพียงเครื่องเดียวสูบโดยตรงจาก บ่อบาดาลไปสู่ถังเก็บเพื่อจ่ายน้ำบริการต่อไป



รูปที่ 2.1 แสดงระบบประปาบาดาล
ที่มา (การประปาส่วนภูมิภาค, 2561)

2) ระบบประปาบาดาลแบบเติมอากาศ

น้ำบาดาลส่วนใหญ่อยู่ในสภาพไร้ออกซิเจน ทำให้มีแมงกานีสคาร์บอนไดออกไซด์ หรือไฮโดรเจนซัลไฟด์ ละลายปนอยู่ในน้ำ การกำจัดสิ่งสกปรกเหล่านี้กระทำได้โดยวิธีเติมอากาศ ดังนั้นระบบผลิตน้ำประปาบางแห่งจะมีถังตกตะกอน หรือผ่านน้ำที่เติมอากาศแล้วเข้าสู่ระบบกรองโดยตรง แล้วจึงฆ่าเชื้อโรคด้วยการเติมคลอรีน ก่อนเก็บในถังน้ำใสเพื่อรอจ่ายน้ำบริการต่อไป

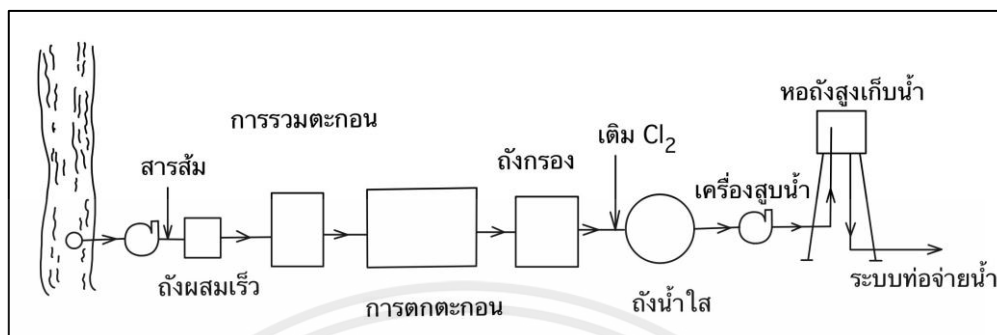


รูปที่ 2.2 แสดงระบบประปาแบบเติมอากาศ
ที่มา (การประปาส่วนภูมิภาค, 2561)

3) ระบบประปาน้ำผิวดิน

ระบบผลิตน้ำประปามีผิวดินเหมาะสำหรับชุมชนขนาดใหญ่ ในส่วนมากจะอาศัยแหล่งน้ำจาก แม่น้ำลำคลอง เนื่องจากมีปริมาณมากเพียงพอแต่น้ำผิวดินมักจะมีกลิ่นสูง ดังนั้นถึงต้องใช้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

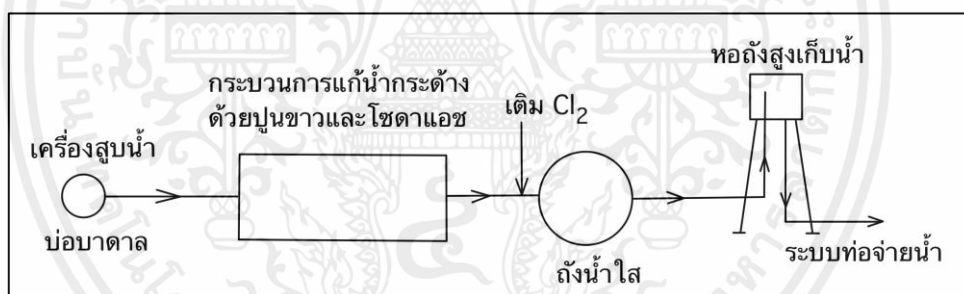
สารเคมีช่วยทำให้ตกตะกอนเร็วขึ้น ซึ่งกรรมวิธีตั้งแต่การผสมสารเคมีช่วยตกตะกอน เกิดตะกอน ตกตะกอน จนกระทั่งการกรองแบบทรายกรองเร็ว เรียกว่าระบบผลิตน้ำประปาแบบ Conventional ซึ่งการประปาส่วนภูมิภาคส่วนใหญ่จะใช้วิธีนี้



รูปที่ 2.3 แสดงระบบประปาพื้นน้ำผิวดิน
ที่มา (การประปาส่วนภูมิภาค, 2561)

4 ระบบประปาปรับปรุงคุณภาพน้ำกระด้าง

น้ำที่มีความกระด้างสูงมักเป็นน้ำจากบ่อบาดาล สามารถแก้ความกระด้างได้โดยกระบวนการใช้ปูนขาว และโซดาแอซ ซึ่งน้ำที่ผ่านกระบวนการจะมีความกระด้างเหลืออยู่บ้าง



รูปที่ 2.4 ระบบประปาปรับปรุงคุณภาพน้ำกระด้าง
ที่มา (การประปาส่วนภูมิภาค, 2561)

2.2 ระบบจ่ายน้ำ

หลังจากที่โรงประปาผลิตน้ำประปาออกมาแล้ว น้ำประปาที่ผลิตได้จะถูกจ่ายส่งไปทั่วบริเวณพื้นที่บริการ ด้วยท่อประปาในขนาดที่เหมาะสม มีระบบวาล์วประเภทต่างๆ ติดตั้งอยู่ตามท่อประปาตามความเหมาะสม โดยต้องใช้วัสดุของท่อประปาที่เหมาะสมกับสภาพหน้างาน และเมื่อมีการใช้งานไประยะหนึ่งควรต้องมีการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบการทำงานของท่อประปา

ระบบจ่ายน้ำประปาที่มีประสิทธิภาพนั้นพิจารณาจาก

- 1) มีการควบคุมการไหลของน้ำในท่อประปาให้ไหลด้วยความสม่ำเสมอ
- 2) ในท่อประปาไม่มีฟองอากาศเกิดขึ้น
- 3) มีการป้องกัน และตรวจสอบการรั่วไหลของน้ำประปา
- 4) มีปริมาณน้ำประปาไหลภายในท่อด้วยแรงดันเพียงพอสำหรับสภาวะที่มีความต้องการใช้น้ำสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่นำเสนอสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 5) สามารถจำกัดบริเวณการจ่าย หรือหยุดจ่าย ได้เมื่อมีความจำเป็น
- 6) มีระบบควบคุมการไหลของน้ำประปาภายในท่อประปาอย่างมีประสิทธิภาพ

ระบบจ่ายน้ำประปามี 3 วิธีด้วยกัน อาจจะใช้วิธีใดวิธีหนึ่ง หรือใช้หลายวิธีในระบบส่งจ่าย ขึ้นอยู่กับสภาพของพื้นที่ หรือปัจจัยอื่นๆ วิธีส่งจ่ายน้ำประปา คือ

- 1) วิธีจ่ายน้ำแบบอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity)
เป็นระบบผลิตน้ำประปาอยู่ในที่สูง ผู้ใช้น้ำอยู่ในพื้นที่ที่ต่ำกว่า และเป็นพื้นที่จ่ายน้ำขนาดเล็ก
- 2) วิธีจ่ายน้ำแบบสูบจ่ายโดยตรงด้วยเครื่องสูบน้ำ
ส่วนใหญ่มักจะใช้กับประปาขนาดใหญ่ที่มีผู้ใช้น้ำจำนวนมาก และการจ่ายน้ำผ่านท่อถึงสูง ไม่สามารถดำเนินการได้
- 3) วิธีจ่ายน้ำประปราร่วมกัน
เป็นวิธีการจ่ายน้ำโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก และวิธีสูบน้ำโดยตรงร่วมกัน

ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบจ่ายน้ำประปา ได้แก่

2.2.1 ถังน้ำใส

ถังน้ำใสมีไว้เพื่อจ่ายน้ำประปา อาจจะมีถังน้ำใสหลายจุดทั่วบริเวณชุมชน หรืออาจถึงขนาดเดียวขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของพื้นที่นั้นๆ (ในบางกรณีอาจจะสร้างบนที่สูง และใช้แทนหอถังสูงได้)

- ขนาดที่เหมาะสมของถังน้ำใส = 0.25-0.5 เท่าของปริมาณความต้องการใช้น้ำสูงสุด
- ขนาดมาตรฐาน คือ 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 4000, 4500, 5000, 6000, 7000 และ 10000 ลบ.ม.

2.2.2 หอถังสูง

หอถังสูงจะจ่ายน้ำประปาด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก อาจจะมีหอถังสูงอยู่ในหลายจุดของชุมชน เพื่อให้สามารถมีแรงดันเพียงพอสำหรับการจ่ายน้ำแก่ชุมชน

- ขนาดที่เหมาะสมของหอถังสูง คือ สามารถจุน้ำในช่วงที่มีความต้องการน้ำสูงสุดได้ประมาณหนึ่งชั่วโมง
- ขนาดมาตรฐาน คือ 120 250 300 500 ลบ.ม. มีความสูงถึงประมาณ 25-35 ม. (นับจากพื้นถึงก้นถัง) โดยมีความสูงตามแบบมาตรฐาน ดังตาราง 2.1

ตาราง 2.1 แสดงขนาดหอถังสูงโดยมีความสูงตามแบบมาตรฐาน

หอถังสูงขนาด (ลูกบาศก์เมตร)	ความสูง (เมตร)
120	17 – 22
250	20 - 30
300, 500	24 - 32

ที่มา (การประปาส่วนภูมิภาค, 2553)

ถังแชมเปญ คือ ถังเก็บน้ำชนิดหนึ่งที่สามารถกักเก็บ หรือสำรองน้ำไว้ใช้ได้ โดยรูปทรงของถังนั้นจะคล้ายกับทรงแก้วแชมเปญ ใช้หลักการจ่ายน้ำด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกเช่นเดียวกับหอถังสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพียงแต่วัสดุของท่อถึงสูงเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ส่วนวัสดุของถังแชมเปญนั้นเป็นเหล็ก มีขนาดและความสูงตาม ตาราง 3.4

2.2.3 เครื่องสูบน้ำแรงสูง

เครื่องสูบน้ำแรงสูงจะสูบน้ำจากถังน้ำใสไปยังหอสูงเพื่อรอการจ่ายน้ำ หรือสูบน้ำให้กับผู้ใช้น้ำโดยตรง สามารถพิจารณาจำนวนเครื่องสูบน้ำแรงสูงได้จากตาราง 2.2

ตาราง 2.2 แสดงการพิจารณาจำนวนเครื่องสูบน้ำแรงสูงจากอัตราการไหล

Flow Rate (ลบ.ม./ชม.)	จำนวนเครื่องสูบน้ำที่ใช้งาน (ลำรอง)	รวมจำนวนเครื่องสูบน้ำ
125	2 (1)	3
125-500	ใหญ่ 1 (1)	ตั้งแต่ 3 ขึ้นไป
	เล็ก 1	
มากกว่า 500	ใหญ่ 3 (1)	ตั้งแต่ 4 ขึ้นไป
	เล็ก 1	

ที่มา (การประปาส่วนภูมิภาค, 2553)

หมายเหตุ ขนาดเล็ก = 25% ของปริมาณความต้องการน้ำมากที่สุดในหนึ่งชั่วโมง
ขนาดใหญ่ = 50% ของปริมาณความต้องการน้ำมากที่สุดในหนึ่งชั่วโมง

2.2.4 ขนาดของเครื่องสูบน้ำแรงดันสูง และแรงดันต่ำ

สามารถหาขนาดของเครื่องสูบน้ำได้จากการสูตรคำนวณ คือ

$$\text{ขนาด PUMP} = \frac{Q \cdot H}{273 \cdot \text{Eff}} \quad \text{แรงม้า} \quad (2.1)$$

เมื่อ Q = อัตราการไหล (m^3/hr)

H = ความดันรวม (m)

Efficiency Pump (Eff.) : pump เล็ก = 0.6 หรือ pump ใหญ่ = 0.75-0.80

2.2.5 ระบบท่อจ่ายน้ำ

การออกแบบระบบท่อจ่ายน้ำ เป็นการออกแบบชนิด ขนาด ของอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อจ่ายน้ำไปให้ถึงยังจุดหมายด้วยปริมาณ และแรงดันที่เหมาะสม รูปแบบของระบบจ่ายน้ำประปา โดยทั่วไปมีลักษณะเป็นตาข่าย (Loop) และแบบก้างปลา (Brach) ผสมกัน

การพิจารณาเลือกใช้ชนิดของท่อนั้นจะพิจารณาจาก

- 1) แรงดันใช้งาน
- 2) ลักษณะสภาพพื้นที่ และการกัดกร่อนของดิน
- 3) การเลือกชนิดท่อตามขนาดของท่อ
- 4) การเลือกชนิดท่อตามขนาดของความดัน

ตาราง 2.3 แสดงการเลือกชนิดของท่อตามขนาดของท่อ

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (มม.)	ชนิดท่อ
เล็กกว่า 100	PVC, PE, PB
100 – 400	PVC, PE, SP, AC, GRP
ใหญ่กว่า 400	PE, SP, GRP

ที่มา (การประปาส่วนภูมิภาค, 2553)

ตาราง 2.4 แสดงการเลือกชนิดของท่อที่มีความดันใช้งานในช่วง 3-6 กก./ชม.²

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (มม.)	ดินกักร่อนต่ำ	ดินกักร่อนปานกลาง	ดินกักร่อนสูง
100-300	- A/C Class 20 - PVC Class 8.5 - HDPE PN 10	- A/C Class 20 ชนิดทนซัลเฟต - PVC Class 8.5 - HDPE PN 10	
400-600	- A/C Class 20 - HDPE PN 10 - ท่อเหล็ก (SP) มีระบบ Cathodic Protection - GRP type D PN 10	- A/C Class 20 ชนิดทนซัลเฟต - HDPE PN 10 - ท่อเหล็ก (SP) มีระบบ Cathodic Protection - GRP type D PN 10	
ใหญ่กว่า 600	- HDPE PN 10 - ท่อเหล็ก (SP) มีระบบ Cathodic Protection - GRP type D PN 10 - HDPE PN 10		

ที่มา (การประปาส่วนภูมิภาค, 2553)

หลักในการออกแบบขนาดท่อจ่ายน้ำ

- 1) ออกแบบให้เป็นโครงข่ายซึ่งเป็น Loop dead end ให้น้อยที่สุด
- 2) ท่อประธาน หรือท่อเมน มีขนาดตั้งแต่ 100 มม. ขึ้นไป
- 3) ท่อรองประธาน มีขนาดตั้งแต่ 50-80 มม.
- 4) ความเร็วของน้ำในท่อจ่ายหลักไม่ควรเกิน 1.8 ม./วินาที
- 5) ความเร็วของน้ำในท่อย่อยประมาณ 0.9 ม./วินาที และไม่ควรมีน้อยกว่า 0.3 ม./วินาที
- 6) แรงดันในเส้นท่อต่ำสุดที่ปลายท่อเมนประมาณ 1.0 กก./ชม.² (1 บาร์ หรือ 10 เมตร)
- 7) อัตราการไหลที่ใช้ในการออกแบบ

$Q = \text{Maximum Daily Demand}$ (ปริมาณความต้องการใช้น้ำสูงสุดในหนึ่งวัน)

- 8) ความเร็วในท่อจ่ายน้ำที่เหมาะสมสัมพันธ์กับขนาดของท่อ ดังตาราง 2.5
- 9) การคำนวณทางชลศาสตร์ ใช้สูตรคำนวณของ Darcy-Weisbach
- 10) การสูญเสียความดันในแต่ละเส้นท่อในการวิเคราะห์ระบบโครงข่ายท่อจ่ายน้ำ

ไม่เกิน 10 ม./กม. สำหรับท่อ ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 100-300 มม.

ไม่เกิน 3 ม./กม. สำหรับท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 400 ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 11) ชนิดของท่อจ่ายน้ำที่ใช้จะขึ้นอยู่กับสภาพ ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกใช้ HDPE มีค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระอยู่ที่ 0.0015 มม.
- 12) ใช้โปรแกรมคำนวณระบบโครงข่ายท่อประปา เพื่อให้ขนาดท่อที่ออกแบบมีค่าใกล้เคียงกับขนาดท่อที่ต้องใช้ในการก่อสร้างจริง

ตาราง 2.5 แสดงการเลือกขนาดท่อจากอัตราการจ่ายน้ำ

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (มม.)	ความเร็วของน้ำในท่อ (เมตร/วินาที)
50-75	0.6-0.8
75-150	0.7-1.0
200-300	0.8-1.2
350-600	0.9-1.4

ที่มา (การประปาส่วนภูมิภาค, 2553)

2.3 สมการการไหล

การวิเคราะห์การไหลทางด้านวิศวกรรมชลศาสตร์ส่วนใหญ่มักจะถือว่าน้ำเป็นของไหลที่ไม่ยุบตัวตามความดัน ไม่ว่าจะเป็นการไหลในท่อภายใต้แรงดัน หรือการไหลในทางน้ำเปิด เมื่อเป็นการไหลแบบคงที่ จะวิเคราะห์การไหลโดยใช้สมการพื้นฐาน 3 สมการ (ไชยวิจารณ์, 2556) คือ

2.3.1 สมการการไหลต่อเนื่อง (Continuity Equation)

เมื่อของไหลไม่ยุบตัวตามความดันนั้น ไหลจากจุดที่ 1 ไป จุดที่ 2 มวลของของไหลที่จุดทั้งสองจุด จะมีค่าคงที่ตามหลักการทรงมวล คือ มวลไม่มีการสูญหาย หรือมวลจะมีค่าคงที่เสมอ สามารถเขียนเป็นรูปสมการทั่วไป คือ

$$Q_{in} = Q_{out} \text{ หรือ } Q = A_1 V_1 = A_2 V_2 \quad (2.2)$$

เมื่อ Q_{in} = อัตราการไหลเข้าที่หน้าตัดควบคุมทางเข้า (m^3/s)

Q_{out} = อัตราการไหลออกที่หน้าตัดควบคุมทางออก (m^3/s)

Q = อัตราการไหล (m^3/s)

A = พื้นที่หน้าตัดของการไหลที่พิจารณา (m^2)

V = ความเร็วเฉลี่ยที่หน้าตัดการไหลที่พิจารณา (m/s)

2.3.2 สมการพลังงาน (Bernoulli's Equation)

จากกฎการอนุรักษ์พลังงาน เนื่องจากพลังงานไม่มีการสูญหายแม้จะเปลี่ยนสภาพไปเป็นรูปอื่น สามารถเขียนเป็นสมการทั่วไป คือ

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + H_f \quad (2.3)$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } Z &= \text{หัวพลังงานศักย์ (m)} \\ \frac{P}{\gamma} &= \text{หัวพลังงานความดัน (m)} \\ \frac{V^2}{2g} &= \text{หัวพลังงานจลน์ (m)} \\ H_f &= \text{ค่าการสูญเสียหัวแรงดัน (m)} \end{aligned}$$

$$\text{หรือ} \quad E_{in} = E_{out} + \Delta E \quad (2.4)$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } E_{in} &= \text{พลังงานรวมที่ทางเข้า} = Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} \\ E_{out} &= \text{พลังงานรวมที่ทางออก} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} \\ \Delta E &= \text{ค่าการสูญเสียพลังงาน} = H_f \end{aligned}$$

2.3.3 สมการโมเมนตัม (Momentum Equation)

เมื่อของเหลวเคลื่อนที่ไปในแนวเส้นตรง จะเกิดแรงเสียดทานบนผิวสัมผัสระหว่างของเหลวและผิวของหน้าตัดที่รองรับการไหล ทำให้เกิดการสูญเสียหัวแรงดัน แต่ถ้ำการไหลเกิดการเปลี่ยนแปลงทิศทางของเวกเตอร์ความเร็ว จะทำให้เกิดแรงกระทำที่ผนังของผิวหน้าตัดที่รองรับการไหลบริเวณส่วนนั้น ซึ่งเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัม คือ ผลรวมของแรงภายนอกที่กระทำต่อมวลของไหลที่พิจารณา มีค่าเท่ากับ โมเมนตัมที่ออกจากปริมาตรควบคุมด้วยโมเมนตัมที่เข้าสู่ปริมาตรควบคุมนั้น สามารถเขียนเป็นสมการทั่วไป คือ

$$\Sigma F = \rho Q (v_{out} - v_{in}) \quad (2.5)$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } F &= \text{แรงปฏิกิริยาที่ผนังท่อกระทำต่อของไหล} \\ \rho &= \text{ความหนาแน่นของของไหล} \\ Q &= \text{อัตราการไหล (m}^3/\text{s)} \\ v_{out} &= \text{ความเร็วของการไหลที่หน้าตัดทางออก (m/s)} \\ v_{in} &= \text{ความเร็วของการไหลที่หน้าตัดทางเข้า (m/s)} \end{aligned}$$

2.3.4 การสูญเสียหัวความดันหรือพลังงานในท่อ (Head loss)

การสูญเสียหัวความดันในเส้นท่อนั้นสามารถจำแนกได้ 2 ลักษณะ คือ การสูญเสียหลัก (Major Loss) ซึ่งเกิดได้จากแรงเสียดทานของการไหลตามแนวยาวของเส้นท่อ และการสูญเสียรอง (Minor Loss) ซึ่งเกิดได้จากอุปกรณ์ประกอบ เช่น ข้อต่อ ข้องอ ข้อลด ปากทางเข้า เป็นต้น สามารถเขียนเป็นสมการทั่วไป คือ

$$\Sigma H_L = \Sigma H_f + \Sigma H_m \quad (2.6)$$

เมื่อ ΣH_L = ผลรวมค่าการสูญเสียหัวความดันในเส้นท่อทั้งหมด
 ΣH_f = ผลรวมค่าการสูญเสียหลัก = $H_{f1} + H_{f2} + H_{f3} + \dots$
 ΣH_m = ผลรวมค่าการสูญเสียรอง = $H_{m1} + H_{m2} + H_{m3} + \dots$

2.3.4.1 การสูญเสียหลัก (Major Loss, H_f)

ใช้สมการของ Darcy-Weisbach ในการคำนวณหาค่าการสูญเสียหัวความดันเนื่องจากความฝืดในเส้นท่อกลม คือ

$$H_f = f_D \frac{L v^2}{D 2g} \quad (2.7)$$

เมื่อ H_f = การสูญเสียหลักเนื่องจากความฝืด (m)
 f_D = สัมประสิทธิ์ของความขรุขระของท่อ
 L = ความยาวของท่อ (m)
 D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อ (m)
 v = ความเร็วของการไหลในท่อ (m/s)
 g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)

โดยทั่วไปแล้วสามารถหาสัมประสิทธิ์ของความฝืดได้จากแผนภาพ Moody Diagram แต่ต่อมา Swamee-Jain (1976) ได้เสนอสมการในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของความขรุขระของท่อได้ใกล้เคียงกับ Moody Diagram คือ

$$f_D = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\mathcal{E}}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} \quad (2.8)$$

เมื่อ \mathcal{E} = สัมประสิทธิ์ความขรุขระของท่อ
 D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อ (m)
 Re = เรย์โนลด์นัมเบอร์ (unitless)

ตาราง 2.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของท่อ

Material	Hazen-Williams, C (unitless)	Darcy-Weisbach, ϵ (feet $\times 10^{-3}$)	Manning's, n (unitless)
Cast Iron	130 - 140	0.85	0.012 - 0.015
Concrete or Concrete Lined	120 - 140	1.0 - 10	0.012 - 0.017
Galvanized Iron	120	0.5	0.015 - 0.017
Plastic	140 - 150	0.005	0.011 - 0.015
Steel	140 - 150	0.15	0.015 - 0.017
Vitrified Clay	110		0.013 - 0.015

ที่มา (Rossman et al., 2020)

ค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ (Reynolds number, Re) ใช้ในการบอกลักษณะของการไหลได้ดังตาราง 2.7 และสามารถเขียนเป็นสมการทั่วไป คือ

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (2.9)$$

เมื่อ Re = เรย์โนลด์นัมเบอร์

ρ = ความหนาแน่น

v = ความเร็วเฉลี่ยของการไหลในท่อ

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ

μ = ความหนืดของของไหล

ตาราง 2.7 แสดงค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์แบ่งตามลักษณะของการไหล

ค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์	ลักษณะของการไหล
$Re \leq 2,000$	การไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow)
$Re \approx 2,000 - 4,000$	เป็นช่วงเปลี่ยนแปลงการไหลจากการไหลแบบราบเรียบเป็นการไหลแบบปั่นป่วน
$Re > 4,000$	การไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow)

ที่มา (ไชยวิจารณ์, 2556)

2.3.4.2 การสูญเสียรอง (Minor Loss, H_m)

การสูญเสียรองเกิดจากการที่ท่อมีการขยายหรือลดพื้นที่หน้าตัด การไหลผ่านท่อโค้ง วาล์ว หรืออุปกรณ์ประกอบ สามารถใช้สมการในการคำนวณหาการสูญเสียรอง คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$H_m = \frac{kv^2}{2g}$	(2.10)
<p>เมื่อ H_m = การสูญเสียหัวแรงดันเนื่องจากอุปกรณ์ในระบบท่อ (m) k = ค่าสัมประสิทธิ์ของความต้านทาน การไหลซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของอุปกรณ์ v = ความเร็วของการไหล (m/s) g = ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (m/s²)</p>	

2.4 EPANET

EPANET (Rossman et al., 2020) เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาโดยแผนกน้ำประปาและทรัพยากรน้ำของหน่วยงานคุ้มครองสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (USEPA) โปรแกรมสามารถจำลองพฤติกรรมทางชลศาสตร์ของโครงข่ายท่อ โดยที่โครงข่ายประกอบด้วย ท่อ โหนด (ข้อต่อท่อ) บั้ม วาล์ว และถังเก็บน้ำ หรืออ่างเก็บน้ำ สามารถหาอัตราการไหลของน้ำในแต่ละท่อแรงดัน, ความดันของแต่ละโหนด (ข้อต่อท่อ), ความสูงของเฮดน้ำในแต่ละในช่วงเวลาที่จำลอง

2.5 บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาค้นคว้า รวบรวมบทความ และงานวิจัยที่ได้มีการศึกษา การเผยแพร่และตีพิมพ์ขึ้นทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องสำหรับการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อวางระบบโครงข่ายท่อประปา และการหาตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของโรงประปา

ในประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐไนจีเรีย (Awe et al., 2020) ได้วิเคราะห์และเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจ่ายน้ำในโครงการบ้านจัดสรรของหมู่บ้านคูรูดู เมืองอาบูจา ด้วยการโปรแกรม EPANET ในการสร้างแบบจำลองระบบโครงข่ายท่อประปาจากนั้นทำการ optimization เปรียบเทียบขนาดของท่อส่งน้ำประปาขนาด 150 200 250 300 400 มิลลิเมตร และที่ความสูงที่สร้างแรงดันเริ่มต้นเป็น 25 30 35 เมตร พบว่าถ้าทำการก่อสร้างโดยใช้ท่อประปาขนาด 300 มิลลิเมตร ใช้ความสูงเริ่มต้นในการให้ความดัน 25 เมตร จะทำให้ต้นทุนโดยรวมของการติดตั้งลดลง 38% เมื่อเทียบกับการก่อสร้างที่มีอยู่

ในส่วนของประเทศไทยนั้นได้มีการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ EPANET มาใช้เพื่อช่วยในการวิเคราะห์และออกแบบระบบท่อประปามาแล้วในหลายงานวิจัย ในปี 2553 (จันทร์สิงห์ et al., 2553) ได้ศึกษาวิเคราะห์ระบบประปาในเขตเทศบาลตำบลบางหลวง อำเภอบางเลย จังหวัดนครปฐม โดยประยุกต์ใช้แบบจำลอง EPANET เพื่อออกแบบแนวท่อประปาและจำลองการวางระบบประปา ผลการศึกษาจากแบบจำลองทำให้เลือกออกแบบระบบประปาเป็นระบบประปาน้ำผิวดิน และใช้ท่อเหล็กขนาดต่างกัน โดยระบบประปาที่ออกแบบนั้นสามารถรองรับการเพิ่มขึ้นของประชากรได้อีกร้อยละ 20 ของประชากรในปีที่ออกแบบระบบประปา ในปี 2556 (สารใจ, 2556) ได้ศึกษาออกแบบระบบกระจายน้ำในโครงการอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำหนองแวมหลวง จังหวัดลำปาง โดยใช้แบบจำลอง EPANET เพื่อจำลองระบบกระจายน้ำในพื้นที่ ผลการศึกษาจากแบบจำลองทำให้ทราบขนาดท่อ ความเร็วการไหลในเส้นท่อ และแรงดันในเส้นท่อที่เหมาะสม ในปี 2561 (อวยพร, 2561) ได้วิเคราะห์ปัญหาแรงดันน้ำในท่อส่งน้ำประปาที่ไม่เพียงพอ โดยใช้แบบจำลอง EPANET เพื่อจำลองเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

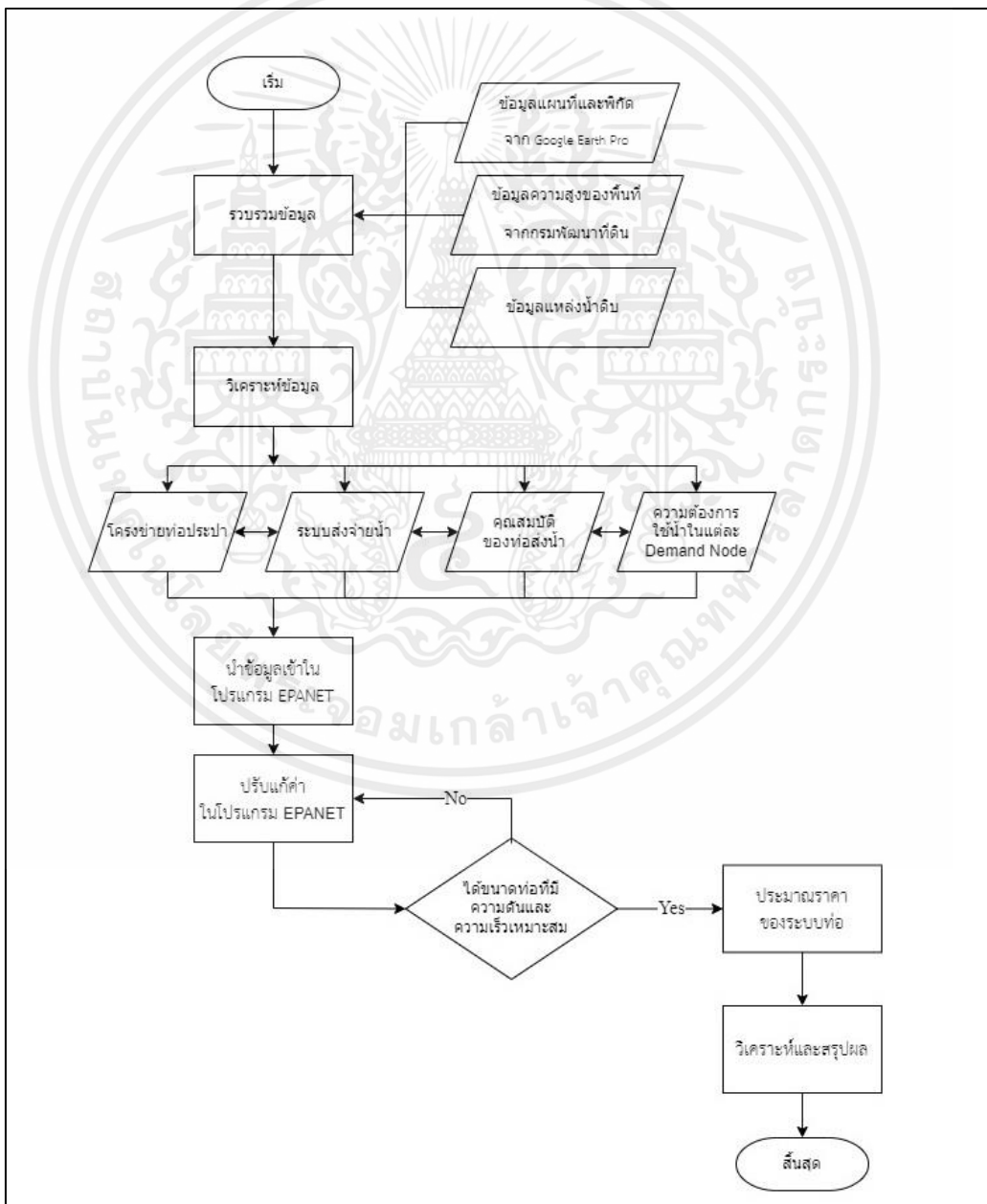
ระบบท่อส่งน้ำประปา และนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้กับการปรับปรุงท่อประปาในกรณีศึกษาต่างๆ ผลการศึกษาจากแบบจำลองทำให้ทราบถึงแรงดันที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละกรณีศึกษา และได้เสนอแนวทางในการปรับปรุงเป็นกรณีศึกษาที่มีการเพิ่มแรงดันให้มากขึ้นในภาพรวม โดยมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างที่ต่ำที่สุดจากการนำแบบจำลองมาประยุกต์ใช้ และในปีเดียวกัน (วรรณภพ, 2561) ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองเพื่อการบริหารจัดการน้ำสำหรับโครงข่ายการจ่ายน้ำโดยใช้โปรแกรม EPANET โดยหนึ่งในหัวข้อที่ได้ทำการศึกษานั้นพบว่า การใช้สูตรคำนวณเฮดสูญเสียของ Darcy-Weisbach แทนการใช้สูตรคำนวณของ Hazen-William ทำให้แบบจำลองมีความเที่ยงตรงสูงถึง 92.33% ในปี 2564 (มณีโชติ et al., 2021) ได้ศึกษาออกแบบระบบจ่ายน้ำประปาสำหรับการประปาส่วนภูมิภาค สาขาเขาชัยสน โดยใช้แบบจำลอง EPANET เพื่อจำลองการปรับขอบเขตในการจ่ายน้ำ ปรับรูปแบบการจ่ายน้ำ และวางท่อเสริมแรงดัน ผลการศึกษาจากแบบจำลองทำให้ระบบที่มีแรงดันน้ำที่เพียงพอต่อการใช้งานรวมถึงสอดคล้องกับปริมาณความต้องการใช้น้ำในแต่ละช่วงเวลา และสามารถรองรับปริมาณความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นจากปัจจุบันอีก 30 เปอร์เซ็นต์ ในปี 2565 (สุขสุมิตร et al., 2022) ได้ทำการวิเคราะห์ระบบโครงข่ายท่อประปาของการประปาส่วนภูมิภาค สาขาอ่างทอง โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ EPANET เพื่อจำลองสภาพการไหลของระบบท่อจ่ายน้ำประปา วิเคราะห์ถึงปัญหาและหาแนวทางในการแก้ไข ผลการศึกษาจากแบบจำลองทำให้ทราบถึงจุดที่มีแรงดันน้ำมากและน้อยที่สุด และได้เสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาโดยการปรับเปลี่ยนขนาดท่อ ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแรงดันน้ำตามจุดต่างๆ เพื่อให้พื้นที่ศึกษามีแรงดันน้ำเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้น

จากการศึกษาบทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในงานวิจัยนี้จึงใช้โปรแกรม EPANET ในการสร้างแบบจำลองระบบโครงข่ายท่อประปา ใช้สมการในการคำนวณหัวพลังงานสูญเสียของ Darcy-Weisbach และใช้การคำนวณราคาค่าก่อสร้างของระบบโครงข่ายท่อประปาในการหาตำแหน่งที่ตั้งโรงประปาชุมชนที่เหมาะสม

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่หนึ่งเป็นการเลือกตำแหน่งที่ตั้งโรงประปาชุมชนที่เหมาะสมจากเงื่อนไขของการประโยชน์ที่ดิน จากนั้นนำไปสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการวางระบบโครงข่ายท่อประปาด้วยโปรแกรม EPANET เพื่อวิเคราะห์ความเร็ว ความดัน เพื่อหาขนาดของท่อประปาที่เหมาะสมจากระบบโครงข่ายท่อประปาในแต่ละกรณีศึกษา และช่วงที่สองเป็นการนำแบบจำลองระบบโครงข่ายท่อประปาในแต่ละกรณีศึกษาไปคำนวณราคาค่าก่อสร้างระบบโครงข่ายท่อประปา เพื่อเลือกตำแหน่งที่ตั้งโรงประปาชุมชนที่เหมาะสมที่สามารถส่งน้ำด้วยความเร็ว ความดันที่เหมาะสมที่ทำให้ราคาค่าก่อสร้างที่ต่ำที่สุด มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้



รูปที่ 3.1 แสดงแผนผังของการดำเนินวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 รวบรวมข้อมูลเบื้องต้น

3.1.1 พื้นที่ศึกษา

เกาะสีชัง ตั้งอยู่ในอ่าวไทยระหว่างละติจูดที่ 12 และ 13 องศาเหนือ และลองจิจูดที่ 100 องศา 48 และ 100 องศา 51 ลิปดาตะวันออก ห่างจากอำเภอสัตหีบไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ประมาณ 12 กิโลเมตร ห่างจากจังหวัดชลบุรีประมาณ 36 กิโลเมตร โดยมีพื้นที่เกาะรวม 7.65 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ทางทะเลรวม 9.65 ตารางกิโลเมตร มีอาณาเขตติดต่อดังนี้

ทิศเหนือ จดทะเลเขตอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ

ทิศใต้ จดทะเลเขตอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

ทิศตะวันออก จดทะเลเขตอำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

ทิศตะวันตก จดทะเลเขตอำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

เขตการปกครองทั้งหมดอยู่ในตำบลท่าเทววงษ์ อำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี (อำเภอเกาะสีชังมี 1 ตำบล) ประกอบด้วย 7 ชุมชน 7 หมู่บ้าน คือ หมู่ที่ 1 ชุมชนบ้านท่าเทววงษ์ หมู่ที่ 2 ชุมชนบ้านศาลเจ้าแก้ว หมู่ที่ 3 ชุมชนบ้านท่าวัง หมู่ที่ 4 ชุมชนบ้านตรอกด่านภาษี หมู่ที่ 5 ชุมชนบ้านสะพานคู่ หมู่ที่ 6 ชุมชนบ้านท่าภาณุรังสี และ หมู่ที่ 7 ชุมชนบ้านเกาะขามใหญ่



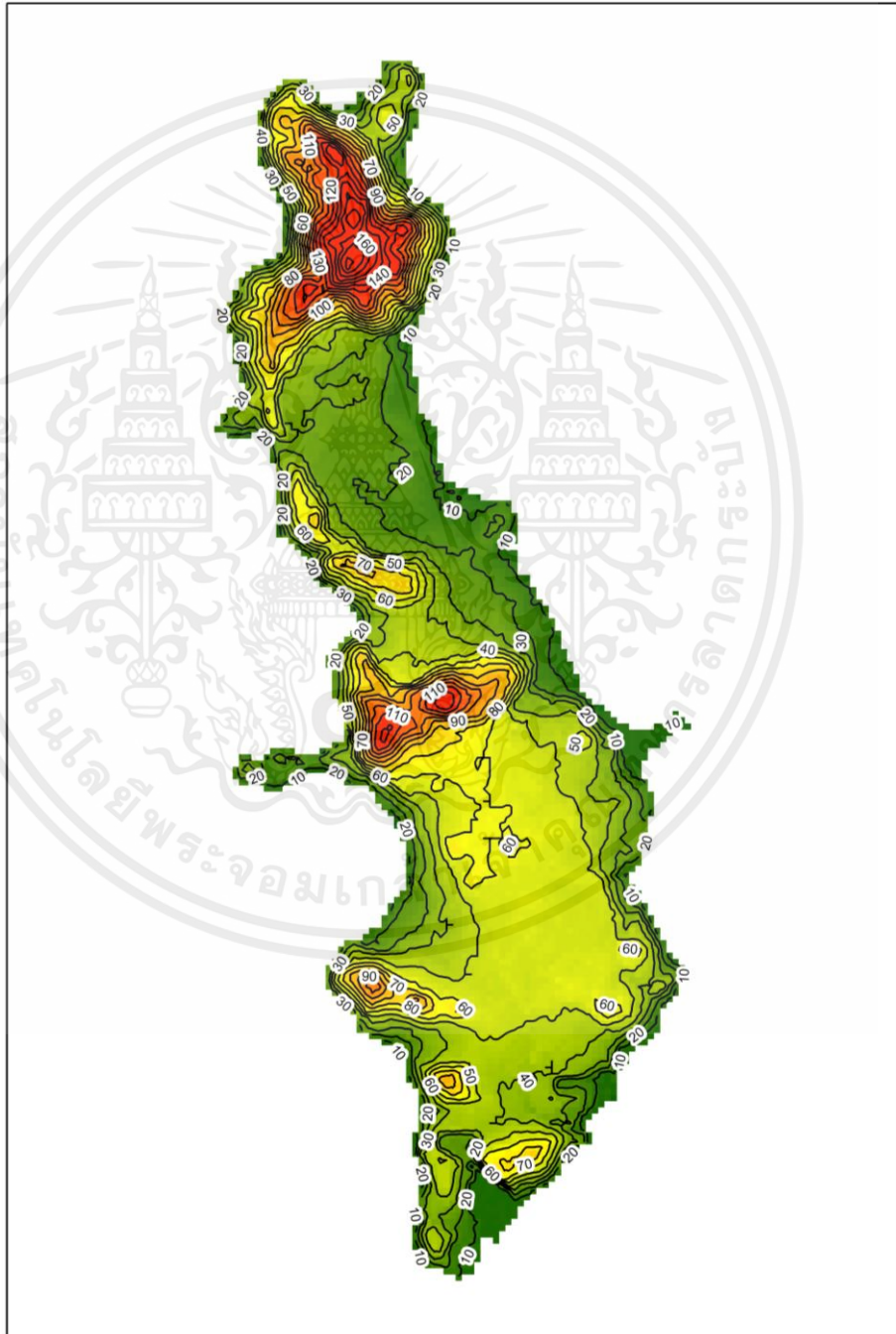
รูปที่ 3.2 แสดงการแบ่งเขตการปกครอง

ที่มา (สำนักงานเทศบาลเกาะสีชัง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นว่าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ลักษณะภูมิประเทศ

เกาะสีชังเป็นอำเภอที่ตั้งอยู่กลางทะเล พื้นที่ส่วนใหญ่ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ เป็นภูเขาโคดหิน บริเวณจุดสูงสุดคือบริเวณยอดเขาพระจุลจอมเกล้าซึ่งอยู่ทางตอนเหนือของเกาะสีชังมีระดับความสูงประมาณ 192 เมตร จากระดับน้ำทะเล ที่ตั้งของอำเภอเกาะสีชัง เนื้อที่ร้อยละ 67 อยู่ในระดับความสูงระหว่าง 0-50 เมตรจากระดับน้ำทะเล เนื้อที่ร้อยละ 26 อยู่ในระดับความสูง 50-100 เมตรจากระดับน้ำทะเล เนื้อที่ร้อยละ 6 อยู่ในระดับความสูงเกิน 100-150 เมตรจากระดับน้ำทะเล ที่เหลือร้อยละ 1 อยู่ในระดับความสูงเกิน 150 เมตรจากระดับน้ำทะเล



รูปที่ 3.3 แสดงระดับเส้นชั้นความสูง

ที่มา (กรมพัฒนาที่ดิน, 2564)

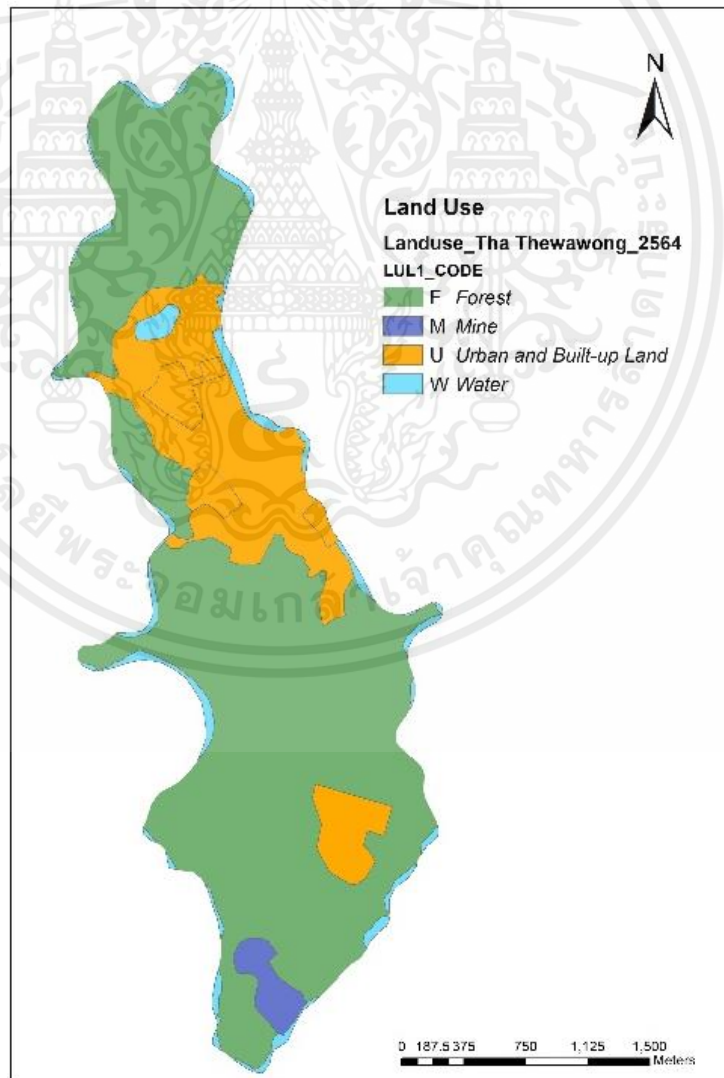
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 จำนวนประชากร

อำเภอเกาะสีชัง ตำบลท่าเววองซ์ มีจำนวนบ้านเรือนทั้งหมด 2,210 หลังคาเรือน มีประชากรจริงทั้งหมด 4,535 คน เป็นประชากรเพศชายจำนวน 2,234 คน และเป็นประชากรหญิงอีก 2,301 คน แต่เนื่องจากอำเภอเกาะสีชังเป็นเกาะท่องเที่ยว ทำให้นอกจากจะมีประชากรจริงที่เป็นชาวบ้านในชุมชนอาศัยอยู่แล้วนั้นยังมีประชากรแฝงซึ่งเป็นนักท่องเที่ยวหรืออื่นๆ ที่เข้ามาอาศัยอยู่ในเกาะสีชังอีกจำนวนประมาณ 3,000 คน ดังนั้น ประชากรทั้งหมดของอำเภอเกาะสีชัง ประมาณ 7,535 คน

3.1.4 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

กรมพัฒนาที่ดินได้แบ่งประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 5 ประเภท โดยในพื้นที่ของชุมชนเกาะสีชังพบว่า 72% เป็นพื้นที่ป่าไม้ (Forest, F), 21% เป็นพื้นที่ชุมชน และสิ่งปลูกสร้าง (Urban and Built-up Land, U), 5% เป็นพื้นที่แหล่งน้ำ (Water, W) และอีก 2% เป็นพื้นที่เหมืองแร่ (Mine, M)

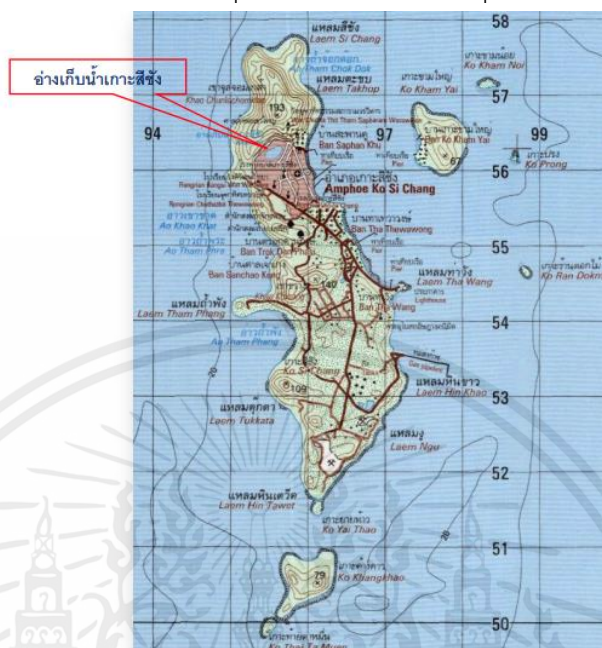


รูปที่ 3.4 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินของเกาะสีชัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ที่มา (กรมพัฒนาที่ดิน, 2564) อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 อ่างเก็บน้ำเกาะสีชัง

อ่างเก็บน้ำเกาะสีชัง มีความจุประมาณ 90,000 ลบ.ม. สร้างเมื่อปี พ.ศ. 2531 เพื่อเป็นแหล่งน้ำสำหรับการอุปโภคและบริโภคของชุมชน



รูปที่ 3.5 แสดงตำแหน่งที่ตั้งของอ่างเก็บน้ำเกาะสีชัง
ที่มา (กรมชลประทาน, 2564)

3.1.6 ธนาคารน้ำ

ธนาคารน้ำเป็นอาคารที่สร้างขึ้นเพื่อกักเก็บน้ำจากน้ำผิวดินและน้ำฝน โดยเกาะสีชังมีการขุดเจาะน้ำบาดาลหลายแห่ง เช่น บริเวณโรงเรียนเกาะสีชัง สนามบาสเกตบอล และสนามฟุตบอลโดยเป็นการขุดเจาะบ่อบาดาลเพื่อเป็นแหล่งน้ำสำหรับใช้ในการอุปโภค และบริโภคของชุมชน มีความจุประมาณ 600 ลบ.ม. จากรายงานวิเคราะห์ที่คุณภาพน้ำบาดาล (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2565) พบว่าน้ำบาดาลนั้นควรมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนนำไปใช้งาน

3.1.7 ปริมาณการใช้น้ำของครัวเรือน

ในงานวิจัยครั้งนี้ออกแบบระบบโครงข่ายท่อประปาโดยใช้อัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของครัวเรือนเท่ากับ 200 ลิตร/คน/วัน โดยที่อัตราค่าเฉลี่ยเพื่อคำนวณการผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคอยู่ที่ประมาณ 120 ลิตร/คน/วัน ส่วนการประปานครหลวงอยู่ที่ประมาณ 200 ลิตร/คน/วัน

ตาราง 3.1 อัตราการใช้น้ำเฉลี่ยแบ่งตามประเภทของชุมชน

ประเภทของชุมชน	อัตราการใช้น้ำเฉลี่ย (ลิตร/คน/วัน)
เทศบาลขนาดเล็ก	120
เทศบาลขนาดกลาง	200
เทศบาลขนาดใหญ่	250
ชุมชนที่ยกฐานะเป็นเทศบาลตำบล	110

ที่มา (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 กรณีศึกษา

3.2.1 กรณีศึกษาที่ 1 การจัดตั้งโรงประปาที่ตำแหน่งบริเวณอ่างเก็บน้ำเกาะสีชัง

เนื่องจากหากมีการจัดตั้งโรงประปาโดยใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำเกาะสีชัง หอถังสูงควรตั้งใกล้กับอ่างเก็บน้ำเกาะสีชัง จึงศึกษาการจัดตั้งโรงประปาแบบผิวดินขนาดใหญ่ และการจัดตั้งหอถังสูงบริเวณตำแหน่งที่สูงที่สุดในบริเวณใกล้เคียงกับอ่างเก็บน้ำเกาะสีชัง

3.2.2 กรณีศึกษาที่ 2 การจัดตั้งโรงประปาที่ตำแหน่งบริเวณสนามฟุตบอล

เนื่องจากบริเวณสนามฟุตบอลมีธนาคารน้ำของชุมชนตั้งอยู่ใกล้บริเวณนั้น ถ้าหากมีการจัดตั้งโรงประปาโดยใช้น้ำจากธนาคารน้ำ หอถังสูงควรตั้งใกล้กับธนาคารน้ำ จึงศึกษาการจัดตั้งโรงประปาแบบน้ำบาดาลขนาดใหญ่และหอถังสูงบริเวณตำแหน่งที่สูงที่สุดในบริเวณใกล้เคียงกับธนาคารน้ำ

3.3 กำหนดตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

3.3.1 ช่วงที่หนึ่ง

การศึกษาเพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์หาขนาดท่อประปาที่เหมาะสมในการวางระบบโครงข่ายท่อประปา

ตัวแปรต้น คือ ตำแหน่งที่ตั้งโรงประปาชุมชน

ตัวแปรตาม คือ ขนาดท่อในแต่ละตำแหน่ง

ตัวแปรควบคุม คือ พื้นที่ในการศึกษา ตำแหน่งของข้อต่อ(โหนด) ความสูงของข้อต่อ(โหนด) ปริมาณความต้องการน้ำในแต่ละข้อต่อ(โหนด) ตำแหน่งของท่อ ใช้ท่อ HDPE

3.3.2 ช่วงที่สอง

การนำแบบจำลองระบบโครงข่ายท่อประปาไปคำนวณราคาค่าก่อสร้างเพื่อหาตำแหน่งที่ตั้งโรงประปาชุมชนที่เหมาะสมจากราคาค่าก่อสร้างระบบโครงข่ายท่อประปาที่ต่ำที่สุด

ตัวแปรต้น คือ ขนาดท่อในแต่ละตำแหน่งที่มาจากกรอกแบบในช่วงที่หนึ่ง

ตัวแปรตาม คือ ราคาในการก่อสร้างโครงข่ายระบบท่อประปา

ตัวแปรควบคุม คือ ในตำแหน่งเดียวกันท่อจะมีความยาวเท่ากัน และใช้ราคากลางของกรุงเทพมหานครในการคำนวณหาราคาค่าก่อสร้างระบบโครงข่ายท่อประปา

3.4 การออกแบบแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ระบบโครงข่ายท่อประปา

การออกแบบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ด้วยการใช้โปรแกรม EPANET เป็นการนำข้อมูลแผนที่ พิกัดของตำแหน่ง (X-Coordinate, Y-Coordinate) ระดับความสูง (Elevation) ปริมาณการใช้น้ำ (Base Demand) ตำแหน่งที่ตั้งของถังน้ำใส และตำแหน่งที่ตั้งของหอถังสูงเข้าสู่โปรแกรม โดยที่โปรแกรมสามารถปรับเปลี่ยนสูตรที่ใช้ในการคำนวณหิวพลังงานสูญเสีย หน่วยของอัตราการไหล ความขรุขระของผิวท่อ ขนาดและความยาวของท่อ ขนาดและความสูงของถังน้ำใส ขนาดและความสูงของหอถังสูงได้ เพื่อวิเคราะห์หาขนาดท่อของระบบโครงข่ายท่อประปาที่มีความดัน และความเร็วในท่อที่เหมาะสม

3.4.1 การวางแผนท่อประปา

การวางแผนท่อประปานั้นจะวางตามแนวของถนนเดิมเพื่อให้เกิดการเวียนคืนที่ดินน้อยที่สุด และในแต่ละกรณีศึกษาจะทำการศึกษาการวางแผนท่อประปาในแนวเดียวกัน โดยแนวท่อประปาที่ทำการศึกษาจะแสดงดังรูปที่ 3.6, รูปที่ 3.7 และรูปที่ 3.8

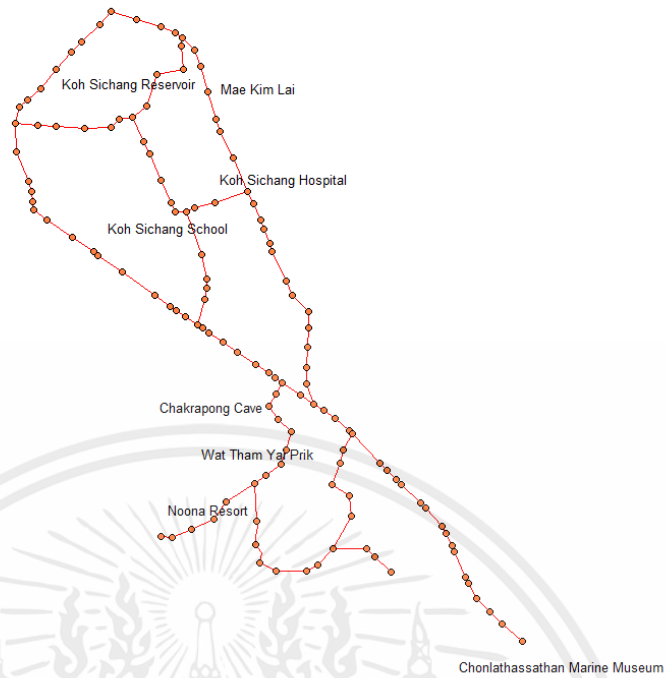


รูปที่ 3.6 แสดงการวางแผนท่อประปา (Junctions)



รูปที่ 3.7 แสดงการวางแผนท่อประปา (Pipes)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

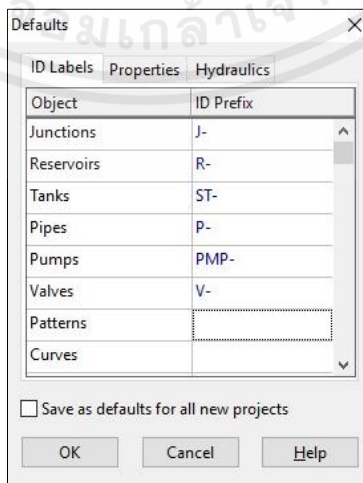


รูปที่ 3.8 แสดงการวางแนวท่อประปา (EPANET)

3.4.2 การนำเข้าตัวแปรสู่แบบจำลอง

การกำหนดชื่อให้ตัวแปรที่จะนำเข้า (เมื่อ i คือ จำนวนนับตั้งแต่ 1,2,3,4, ...)

- J-i คือ Junction ที่ i หรือ โหนดที่ i
- R-i คือ Reservoir ที่ i หรือ อ่างเก็บน้ำที่ i
- ST-i คือ Tank ที่ i หรือ หอถังสูงที่ i
- P-i คือ Pipe ที่ i หรือ ท่อประปาที่ i
- PMP-i คือ Pump ที่ i หรือ ปัมที่ i
- V-i คือ Valve ที่ i หรือ วาล์วที่ i



รูปที่ 3.9 แสดงคำอธิบายของแต่ละตัวแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.1 การนำเข้าข้อมูลใน Junction

- 1) Junction ID คือ การระบุชื่อของข้อต่อของท่อ
- 2) X-Coordinate, Y-Coordinate คือ พิกัดของตำแหน่งของข้อต่อท่อ
- 3) Elevation คือ ระดับความสูงในหน่วย เมตร
- 4) Base Demand คือ ข้อมูลปริมาณความต้องการใช้น้ำในแต่ละโหนดในหน่วย ลิตร/วินาที

Junction J-1	
Property	Value
*Junction ID	J-1
X-Coordinate	695431.484
Y-Coordinate	1456240.477
Description	
Tag	
*Elevation	35.87
Base Demand	0.0231

รูปที่ 3.10 แสดงตัวอย่างการนำเข้าข้อมูลใน Junction ที่ 1 (J-1)

3.4.2.2 การนำเข้าข้อมูลใน Pipe

- 1) Pipe ID คือ การระบุชื่อของท่อ
- 2) Start Node คือ การระบุตำแหน่งเริ่มต้นของการไหลภายในท่อ
- 3) End Node คือ การระบุตำแหน่งสุดท้ายของการไหลภายในท่อ
- 4) Length คือ ความยาวของท่อในหน่วย เมตร
- 5) Diameter คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อในหน่วย มิลลิเมตร
- 6) Roughness คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของท่อ จากการเลือกสมการการคำนวณหัวพลังงานสูญเสียของ Darcy-Weisbach ดังนั้นท่อ HDPE มีค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของท่อเท่ากับ 0.0015 มิลลิเมตร

Pipe P-1	
Property	Value
*Pipe ID	P-1
*Start Node	J-1
*End Node	J-2
Description	
Tag	
*Length	70.75
*Diameter	125
*Roughness	0.0015

รูปที่ 3.11 แสดงตัวอย่างการนำเข้าข้อมูลใน Pipe ที่ 1 (P-1)

3.4.2.3 การนำเข้าข้อมูลใน Tanks

- 1) Tank ID คือ การระบุชื่อของแท้งค์หรือหอดังสูง
- 2) X-Coordinate, Y-Coordinate : พิกัดของตำแหน่งของข้อต่อท่อ
- 3) Elevation คือ ระดับความสูงพื้นในหน่วย เมตร
- 4) Initial Level คือ ระดับความสูงจากพื้นถึงระดับน้ำปกติของถังในหน่วย เมตร
- 5) Minimum Level คือ ระดับความสูงจากพื้นถึงระดับน้ำต่ำสุดของถังในหน่วย เมตร
- 6) Maximum Level คือ ระดับความสูงจากพื้นถึงระดับน้ำสูงสุดของถัง ในหน่วย เมตร
- 7) Diameter คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหอดังสูงในหน่วย เมตร

Tank ST-1	
Property	Value
*Tank ID	ST-1
X-Coordinate	695513.043
Y-Coordinate	1456296.574
Description	
Tag	
*Elevation	40
*Initial Level	22
*Minimum Level	20
*Maximum Level	25
*Diameter	3

รูปที่ 3.12 แสดงตัวอย่างการนำเข้าข้อมูลใน Tank ที่ 1 (ST-1)

หลังจากทำการนำเข้าข้อมูลทั้งหมดเข้าสู่แบบจำลองในโปรแกรม EPANET โปรแกรมจะทำการประมวลผล (Run) โดยผลที่ได้จากการคำนวณจะอยู่ในรูปแบบของตาราง ซึ่งโปรแกรมจะทำการคำนวณ Head (ในหน่วยเมตร, m) และความดัน Pressure (ในหน่วยเมตร, m) ในข้อต่อต่างๆ (Junctions) และโปรแกรมจะทำการคำนวณอัตราการไหล Flow (ในหน่วยลิตรต่อวินาที, LPS) และความเร็วในการไหล Velocity (ในหน่วยเมตรต่อวินาที, m/s) ในท่อต่างๆ (Pipes)

3.5 วิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 ประมาณความต้องการใช้น้ำของชุมชน

1) Demand Node

ปริมาณความต้องการใช้น้ำใน Demand Node

$$= \text{จำนวน Customer Meter} \times (\text{ปริมาณน้ำ/Customer Meter}) \quad (3.1)$$

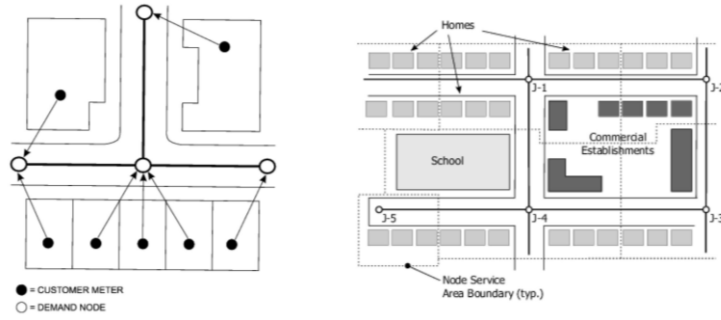
โดยที่ Customer Meter คือ จุดตัวแทนของผู้ใช้น้ำ

Demand Node คือ จุดตัวแทนของกลุ่มผู้ใช้น้ำ

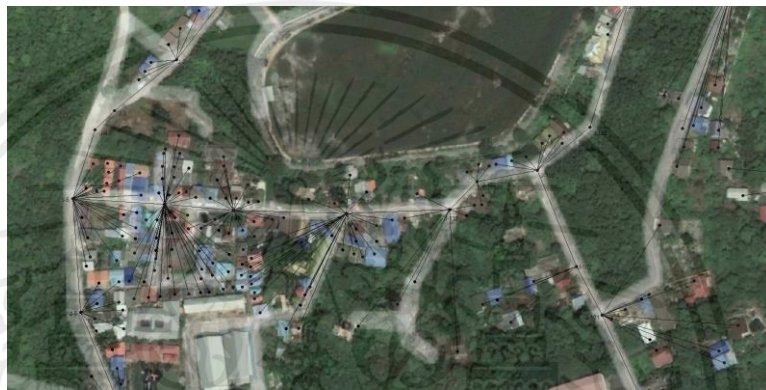
Node Service Area Boundary คือ ขอบเขตที่กำหนดขึ้น

เพื่อระบุกลุ่มพื้นที่การจ่ายน้ำของแต่ละ Demand Node

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 แสดงความหมายของ Demand Node
ที่มา (ประสิทธิ์คุ้มเพียร, n.d.)



รูปที่ 3.14 แสดงตัวอย่างของ Demand Node ของระบบโครงข่ายท่อประปา

2) การประมาณความต้องการใช้น้ำของแต่ละ Demand Node

ปริมาณการใช้น้ำในแต่ละ Demand Node อยู่ในหน่วย ลิตร/วินาที สามารถหาได้จากสมการ 3.1 ซึ่งปริมาณน้ำ/Customer Meter เท่ากับ 0.0116 ลิตร/วินาที ดังตาราง 3.2 อย่างไรก็ตามในการก่อสร้างจริงจำเป็นต้องมีการสำรวจปริมาณความต้องการใช้น้ำของประชากรอีกครั้ง

ตาราง 3.2 แสดงการคำนวณหา ปริมาณน้ำ/Customer Meter

ข้อมูล	จำนวน	หน่วย
จำนวนประชากรทั้งหมด	7,535	คน
Customer Meter	1652	หลังคาเรือน
ประชากร/Customer Meter	5	คน/หลังคาเรือน
อัตราการใช้น้ำ	200	ลิตร/คน/วัน
ปริมาณน้ำ/ Customer Meter	1000	ลิตร/วัน
	0.0116	ลิตร/วินาที
	0.0417	ลบ.ม./ชม.

3.5.2 ผลการออกแบบท่อถึงสูง

จากปริมาณความต้องการรวมของ Demand Node ทั้งหมด 127 จุด เท่ากับ 17.58 ลิตร/วินาที หรือประมาณ 63.21 ลบ.ม./ชม. การเลือกขนาดของท่อถึงสูงนั้นท่อถึงสูงต้องสามารถจุน้ำในช่วงที่มีความต้องการน้ำสูงสุดได้ประมาณ 1 ชั่วโมง (การประปาส่วนภูมิภาค, 2553) ดังนั้น ควรเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกใช้ท่อถังสูงขนาดมาตรฐาน 120 ลบ.ม. ที่ความสูงประมาณ 17-22 ม. (จากพื้นถึงก้นถัง) โดยจากการคำนวณขนาดถังสูงทรงกระบอกนั้นถึงสูงควรมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในประมาณ 3 ม. และมีความสูงอยู่ที่ประมาณ 5 ม. เพื่อให้สามารถจุน้ำได้เพียงพอต่อความต้องการน้ำของประชากรใน 1 ชั่วโมง หรือสามารถเลือกใช้ท่อถังเซมเปญที่มีขนาดตั้งแต่ 100 ลบ.ม. ที่ความสูงประมาณ 20 - 30 ม.

3.6 คำนวณราคาค่าการก่อสร้างของระบบโครงข่ายท่อประปา

การคำนวณราคาค่าก่อสร้างของระบบโครงข่ายท่อประปานั้นเป็นการใช้ราคาต่อหน่วย (Unit Cost) ในการคำนวณราคาของท่อประปา และท่อถังสูงที่ได้มาจากการออกแบบในช่วงที่หนึ่ง โดยทำการอ้างอิงราคาวัสดุก่อสร้างจากราคากลางของกรุงเทพมหานคร และจากการค้นหาในเว็บไซต์ต่างๆ จากการหาข้อมูลราคาวัสดุก่อสร้างในปี พ.ศ. 2566 ดังตาราง 3.3

ตาราง 3.3 แสดงราคาวัสดุต่อหน่วย (บาท)

ท่อ HDPE ตรา SRPE 100 PN 10 มอก.982-2556	หน่วย	ราคา (บาท)
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มม.	เมตร	71.00
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 63 มม.	เมตร	114.00
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 75 มม.	เมตร	161.00
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 90 มม.	เมตร	232.00
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 110 มม.	เมตร	344.00
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 125 มม.	เมตร	438.00
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 140 มม.	เมตร	550.00
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 160 มม.	เมตร	719.00
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 180 มม.	เมตร	909.00
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 200 มม.	เมตร	1,122.00
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 225 มม.	เมตร	1,423.00
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 250 มม.	เมตร	1,742.00
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 280 มม.	เมตร	2,190.00
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 315 มม.	เมตร	2,772.00
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 355 มม.	เมตร	3,528.00
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 400 มม.	เมตร	4,459.00
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 450 มม.	เมตร	5,650.00
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 500 มม.	เมตร	6,981.00
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 560 มม.	เมตร	8,745.00
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 630 มม.	เมตร	11,076.00
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 710 มม.	เมตร	14,076.00
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 800 มม.	เมตร	17,848.00
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 900 มม.	เมตร	22,578.00
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1,000 มม.	เมตร	27,903.00
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1,200 มม.	เมตร	38,435.00

ที่มา (ราคาวัสดุก่อสร้าง ส่วนกลาง กรุงเทพมหานคร, 2566)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.4 แสดงของราคาล้างแชมเปยู่ที่ขนาดและความสูง (บาท)

ล้างแชมเปยู่	สูง 10 ม.	สูง 12 ม.	สูง 15 ม.	สูง 20 ม.	สูง 25 ม.	สูง 30 ม.
ขนาด 10 ลบ.ม.	160,000	180,000	-	-	-	-
ขนาด 12 ลบ.ม.	190,000	220,000	245,000	-	-	-
ขนาด 15 ลบ.ม.	-	-	250,000	275,000	250,000	-
ขนาด 20 ลบ.ม.	-	-	-	325,000	350,000	375,000
ขนาด 25 ลบ.ม.	-	-	-	373,000	415,000	445,500
ขนาด 30 ลบ.ม.	-	-	-	430,000	460,000	500,000
ขนาด 50 ลบ.ม.	-	-	-	610,000	660,000	700,000
ขนาด 100 ลบ.ม.	-	-	-	1,300,000	1,400,000	1,600,000
ขนาด 200 ลบ.ม.	-	-	-	2,000,000	2,200,000	2,400,000
ขนาด 300 ลบ.ม.	-	-	-	3,000,000	3,200,000	3,350,000
ขนาด 400 ลบ.ม.	-	-	-	4,000,000	4,300,000	4,550,000
ขนาด 500 ลบ.ม.	-	-	-	5,000,000	5,300,000	5,600,000

ที่มา (บริษัททักคิกเคีการช่าง, 2566)

ราคาในการก่อสร้างโรงประปาแบบผิวดินขนาดใหญ่มากราคาจะอยู่ที่ประมาณ 2,390,800.00 บาท (กองการจัดสรรน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ, 2561) โดยเป็นราคาที่รวมการก่อสร้างโรงสูบน้ำ รางระบายน้ำ ป้ายโครงการ ป้ายบอกระดับน้ำในถังน้ำใส การประสานท่อระหว่างระบบ การประสานท่อภายในโรงสูบน้ำดิบ การประสานท่อภายในโรงสูบน้ำดี ผลทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของดิน การประสานระบบไฟฟ้าภายในบริเวณ ค่าก่อสร้างสระพักตะกอน ระบบกรองน้ำผิวดิน ถังน้ำใส ระบบท่อส่งน้ำดิบ ค่าจัดหาและติดตั้งเครื่องสูบน้ำดีพร้อมตู้ควบคุม ค่าจัดหาและติดตั้งเครื่องสูบน้ำดีพร้อมตู้ควบคุม ค่าจัดหาและติดตั้งเครื่องสารละลายคลอรีน และราคาในการก่อสร้างโรงประปาแบบบาดาลขนาดใหญ่มากจะอยู่ที่ราคาประมาณ 2,766,588.00 บาท (กองการจัดสรรน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ, 2561) โดยเป็นราคาที่รวมการก่อสร้างโรงสูบน้ำ รางระบายน้ำ ป้ายโครงการ การประสานท่อที่ปากบ่อบาดาล การประสานภายในโรงสูบน้ำดี ผลทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของดิน การประสานระบบไฟฟ้าภายใน ระบบกรองน้ำบาดาล ถังน้ำใส ระบบท่อส่งน้ำดิบ ค่าจัดหาและติดตั้งเครื่องสูบน้ำดีพร้อมตู้ควบคุม ค่าจัดหาและติดตั้งเครื่องสูบน้ำดีพร้อมตู้ควบคุม ค่าจัดหาและติดตั้งเครื่องสารละลายคลอรีน

3.7 วิเคราะห์และเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างของระบบโครงข่ายท่อประปา

ราคาค่าก่อสร้างของระบบโครงข่ายท่อประปาในแต่ละกรณีศึกษาที่ได้จากการออกแบบระบบโครงข่ายท่อประปาในช่วงที่หนึ่ง มาทำการเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้าง เพื่อหาตำแหน่งที่ตั้งโรงประปาชุมชนที่เหมาะสมจากกรณีศึกษาที่มีราคาของค่าก่อสร้างระบบโครงข่ายท่อประปาต่ำที่สุด ใช้ราคาของการประมาณราคาระบบประปาหมู่บ้าน ของกรมทรัพยากรน้ำ เพื่อเป็นแนวทางในการประมาณราคา โดยในงานวิจัยครั้งนี้จะประมาณราคาใน 3 หัวข้อ ดังนี้

- 1) ราคาก่อสร้างโรงประปารวมระบบสูบน้ำ
- 2) ราคาหอถังสูง
- 3) ราคาระบบท่อจ่ายน้ำประปา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

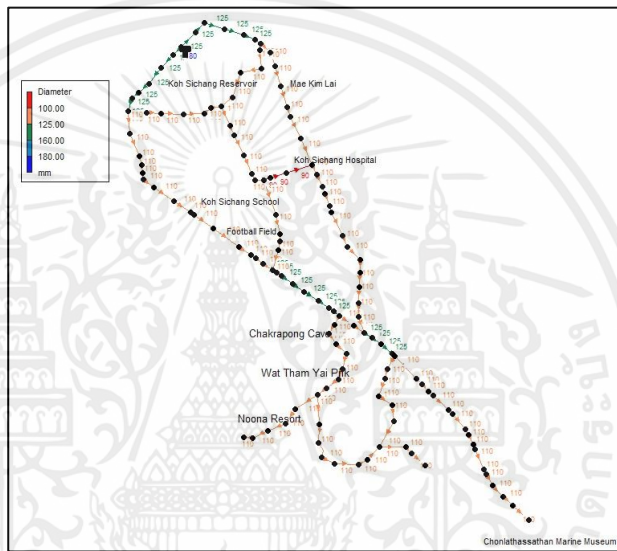
บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 ผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แสดงผลของการวิเคราะห์เพื่อหาขนาดท่อที่เหมาะสมที่จะจ่ายน้ำประปา ด้วยความเร็ว และความดันที่เหมาะสมจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของในแต่ละกรณีศึกษา

กรณีศึกษาที่ 1 การจัดตั้งโรงประปาที่ตำแหน่งบริเวณอ่างเก็บน้ำเกาะสีชัง

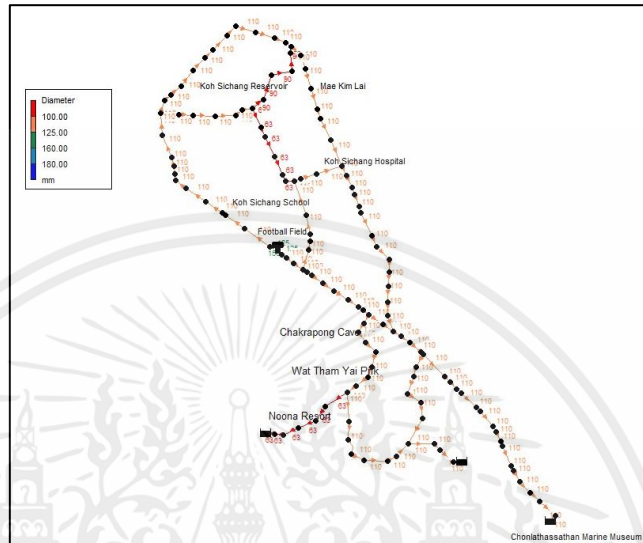


รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ขนาดท่อกรณีศึกษาที่ 1

การวิเคราะห์ระบบโครงข่ายท่อประปาจากการจ่ายน้ำจากหอดึงสูงขนาด 100 ลบ.ม. สูง 20 ม. ที่ตำแหน่งบริเวณที่มีความสูง 40 ม. ผ่านท่อจ่ายน้ำประปาที่วางท่อตามแนวนอน การวิเคราะห์ความเร็วในท่อ และความดันในท่อที่เหมาะสมเพื่อหาขนาดท่อจ่ายน้ำประปาที่เหมาะสม ได้ผลของขนาดท่อที่เหมาะสมดังรูปที่ 4.1 แสดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ HDPE PN 10 ทั้งหมด 3 ขนาด โดยมีความยาวท่อรวมทั้งหมด 6,990.34 ม. คือ ท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 90 มม. ยาว 177.19 ม. ท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 110 มม. ยาว 5,759.00 ม. และท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 125 มม. ยาว 1,054.12 ม.

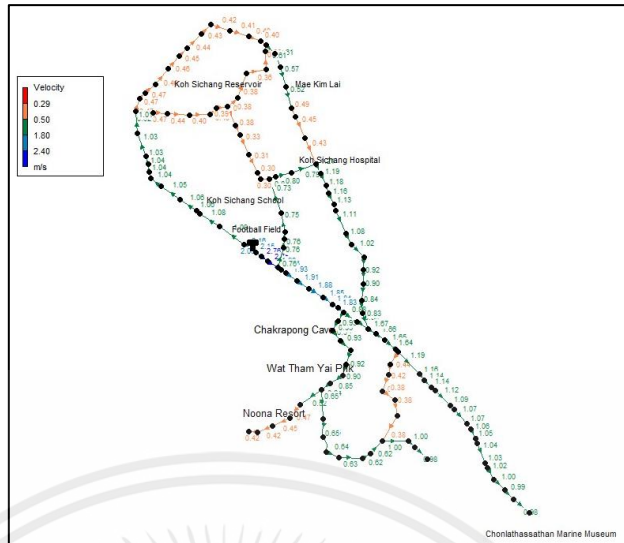
ความดันในท่อที่มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 50.66 ม. ซึ่งการใช้ท่อ HDPE PN10 ที่สามารถรับแรงดันน้ำได้ไม่เกิน 10 บาร์ หรือ 100 ม. สามารถใช้ได้ตามหลักในการออกแบบ

กรณีศึกษาที่ 2 กรณีศึกษาการจัดตั้งโรงประปาที่ตำแหน่งบริเวณสนามฟุตบอล



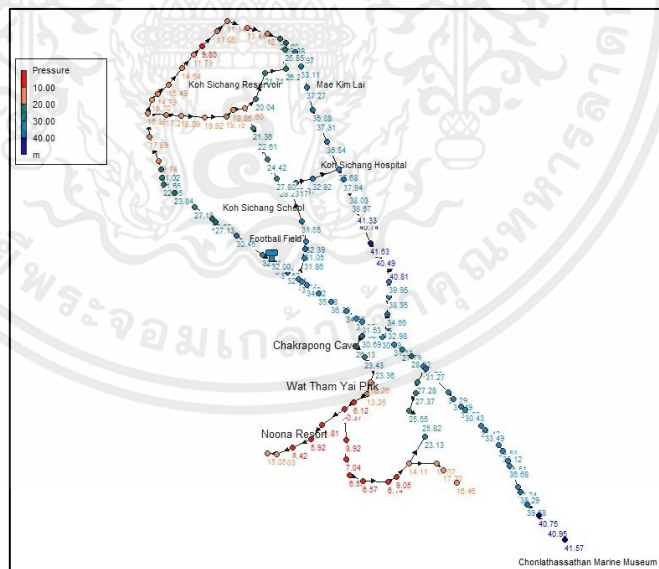
รูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ขนาดท่อกรณีศึกษาที่ 2

การวิเคราะห์ระบบโครงข่ายท่อประปาจากการจ่ายน้ำจากหอดังสูงขนาด 100 ลบ.ม. สูง 30 ม. ที่ตำแหน่งบริเวณที่มีความสูง 20.60 ม. ผ่านท่อจ่ายน้ำประปาที่วางท่อตามแนวถนน เนื่องจากบริเวณสนามฟุตบอลตำแหน่งที่ตั้งหอดังสูงเป็นบริเวณที่มีระดับต่ำกว่าโซนบริเวณทางด้านอ่างเก็บน้ำเกาะสีชัง จึงออกแบบโดยใช้หอดังสูงที่มีความสูงเพิ่มขึ้นจากกรณีศึกษาที่ 1 การวิเคราะห์ความเร็ว และความดันเพื่อหาขนาดท่อจ่ายน้ำประปาที่เหมาะสม ได้ผลของขนาดท่อที่เหมาะสมดังรูปที่ 4.4 แสดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ HDPE PN10 ทั้งหมด 4 ขนาด โดยมีความยาวรวมทั้งหมด 6,990.34 ม. คือ ท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 63 มม. ยาว 630.68 ม. ท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 90 มม. ยาว 304.55 ม. ท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 110 มม. ยาว 5,981.37 ม. และท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 125 มม. ยาว 73.74 ม.



รูปที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความเร็วในท่อกรณีศึกษาที่ 2

รูปที่ 4.5 เป็นการนำระบบโครงข่ายท่อประปาจากกรณีศึกษาที่ 2 มาวิเคราะห์ความเร็วในท่อ ประปาพบว่า ความเร็วในมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 0.38 m/s ความเร็วในท่อที่มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 2.76 m/s ซึ่งความเร็วของน้ำภายในท่อไม่ควรเกิน 3 m/s เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดเสียงดังของน้ำ และลดอัตราการสึกกร่อนของท่อ (ชาติชาย เข็มสน, 2563) และความเร็วเฉลี่ยในท่อมีค่าเท่ากับ 0.89 m/s ดังนั้น ขนาดท่อที่ออกแบบมีความเร็วที่เหมาะสมสำหรับการจ่ายน้ำประปา



รูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความดันในท่อกรณีศึกษาที่ 2

รูปที่ 4.6 เป็นการนำระบบโครงข่ายท่อประปาจากกรณีศึกษาที่ 2 มาวิเคราะห์ความดันในท่อ ประปาพบว่า จุดปลายท่อที่มีความดันต่ำสุด เท่ากับ 15.05 ม. ซึ่งเป็นความดันที่มากกว่าค่าตาม หลักการออกแบบที่ว่าแรงดันในเส้นท่อต่ำสุดที่ปลายท่อเมนควรมีค่าอยู่ที่ประมาณ 10 ม. ส่วนความดันในท่อที่มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 41.57 ม. ซึ่งการใช้ท่อ HDPE PN10 ที่สามารถรับแรงดันน้ำได้ไม่เกิน 10 บาร์ หรือ 100 ม. สามารถใช้ได้ตามหลักในการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการคำนวณราคาค่าก่อสร้าง

กรณีศึกษาที่ 1 การจัดตั้งโรงประปาที่ตำแหน่งบริเวณอ่างเก็บน้ำเกาะสีชัง

เป็นการจัดตั้งโรงประปาแบบผิวดินขนาดใหญ่มาก ใช้ท่อถึงสูงขนาด 100 ลบ.ม. สูง 20 ม. ระบบท่อจ่ายน้ำประปาใช้ท่อ HDPE PN 10 ทั้งหมด 3 ขนาด คือ 63, 90, 125 มม. มีความยาวท่อทั้งหมด 6,990.34 ม. ราคาในการก่อสร้างรวมเป็นเงิน 8,620,530 บาท ดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 แสดงราคาค่าก่อสร้างของกรณีศึกษาที่ 1

รายการ	ราคา (บาท)
1. การจัดตั้งโรงประปาแบบผิวดินขนาดใหญ่	2,390,800.00
2. ท่อถึงสูง 100 ลบ.ม. สูง 20 ม.	1,300,000.00
3. ระบบท่อจ่ายน้ำประปา	4,929,730.00
รวมเป็นเงิน	8,620,530.00

กรณีศึกษาที่ 2 กรณีศึกษาการจัดตั้งโรงประปาที่ตำแหน่งบริเวณสนามฟุตบอล

เป็นการจัดตั้งโรงประปาแบบบาดาลขนาดใหญ่มาก ใช้ท่อถึงสูงขนาด 100 ลบ.ม. สูง 30 ม. ระบบท่อจ่ายน้ำประปาใช้ท่อ HDPE PN10 ทั้งหมด 4 ขนาด คือ 63, 90, 110 ,125 มม. มีความยาวท่อทั้งหมด 6,990.34 ม. ราคาในการก่อสร้างรวมเป็นเงิน 8,862,530.00 บาท ดังตาราง 4.2

ตาราง 4.2 แสดงราคาค่าก่อสร้างของกรณีศึกษาที่ 2

รายการ	ราคา (บาท)
1. การจัดตั้งโรงประปาแบบบาดาลขนาดใหญ่	2,766,588.00
2. ท่อถึงสูง 100 ลบ.ม. สูง 30 ม.	1,600,000.00
3. ระบบท่อจ่ายน้ำประปา	4,502,790.00
รวมเป็นเงิน	8,869,378.00

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการหาตำแหน่งที่ตั้งของโรงประปาชุมชนที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขของการใช้ประโยชน์ที่ดินในเกาะสีชัง โดยใช้สมการการคำนวณเฮดสูญเสียของ Darcy-Weisbach ในการวางระบบโครงข่ายท่อประปา ทั้ง 2 กรณีศึกษามีความเร็วในท่อ และความดันต่ำสุดที่ปลายท่ออยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมตามหลักการออกแบบท่อเมนหลักในการจ่ายน้ำประปา

ปริมาณความต้องการในการใช้น้ำเพื่ออุปโภคและบริโภคของคนในชุมชนเกาะสีชังในปัจจุบันเท่ากับ 12.38 ลิตร/วินาที หรือเท่ากับ 44.20 ลบ.ม./ชม. โครงข่ายระบบประปาที่ออกแบบสามารถรองรับปริมาณความต้องการใช้น้ำเพื่ออุปโภคและบริโภคได้เท่ากับ 17.58 ลิตร/วินาที หรือเท่ากับ 63.21 ลบ.ม./ชม. ดังนั้น โครงข่ายระบบประปาที่ออกแบบนั้นสามารถรองรับปริมาณความต้องการใช้น้ำเพื่ออุปโภคและบริโภคได้มากกว่าปริมาณความต้องการใช้น้ำในปัจจุบัน คิดเป็น 30.07%

การศึกษาทั้งสองกรณีเป็นการจ่ายน้ำจากหอดังสูงขนาด 100 ลบ.ม. ผ่านระบบโครงข่ายท่อประปาที่วางท่อตามแนวถนน ด้วยท่อประเภท HDPE PN 10 โดยมีความยาวรวมทั้งหมด 6,990.34 ม. การจัดตั้งโรงประปาขนาดใหญ่มากด้วยแหล่งน้ำผิวดินบริเวณอ่างเก็บน้ำเกาะสีชัง จ่ายน้ำจากหอดังสูงที่ความสูง 20 ม. จากระดับพื้นดิน แต่หากจัดตั้งโรงประปาขนาดใหญ่มากด้วยแหล่งน้ำบาดาลบริเวณสนามฟุตบอล จำเป็นต้องมีระบบจ่ายน้ำจากหอดังสูง ที่ความสูง 30 ม. จากระดับพื้นดิน เนื่องจากบริเวณอ่างเก็บน้ำเกาะสีชังมีระดับความสูง 40 ม. ซึ่งมากกว่าบริเวณสนามฟุตบอลที่มีระดับความสูง 20.60 ม. เมื่อจ่ายน้ำด้วยหอดังสูงจากบริเวณอ่างเก็บน้ำเกาะสีชังที่มีระดับพลังงานสูง ส่งผลให้หัวพลังงานความดันและหัวความเร็วสูง อีกทั้งยังส่งผลให้ความเร็วเฉลี่ยในท่อและความดันต่ำสุดที่ปลายท่อมีค่ามากกว่าการจ่ายน้ำจากหอดังสูงบริเวณสนามฟุตบอล นอกจากนี้ยังพบอีกว่าระบบโครงข่ายท่อประปาที่จ่ายน้ำด้วยหอดังสูงจากบริเวณอ่างเก็บน้ำเกาะสีชังใช้ท่อทั้งหมด 3 ขนาด คือ ท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 90 มม. ยาว 177.19 ม. ท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 110 มม. ยาว 5,759.00 ม. และท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 125 มม. ยาว 1,054.12 ม. แต่ระบบโครงข่ายท่อประปาที่จ่ายน้ำด้วยหอดังสูงจากบริเวณสนามฟุตบอลใช้ท่อทั้งหมด 4 ขนาด คือ ท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 63 มม. ยาว 630.68 ม. ท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 90 มม. ยาว 304.55 ม. ท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 110 มม. ยาว 5,981.37 ม. และท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 125 มม. ยาว 73.74 ม.

การจัดตั้งโรงประปาแบบผิวดินขนาดใหญ่กรณีศึกษาที่ 1 ประหยัดกว่า การจัดตั้งโรงประปาแบบบาดาลขนาดใหญ่กรณีศึกษาที่ 2 เป็นเงิน 375,788 บาท หรือคิดเป็น 4.24% นอกจากนี้ยังพบว่า หอดังสูงกรณีศึกษาที่ 1 มีความสูงน้อยกว่าหอดังสูงกรณีศึกษาที่ 2 ส่งผลให้ราคาในการก่อสร้างหอดังสูงในกรณีศึกษาที่ 1 ประหยัดกว่า กรณีศึกษาที่ 2 เป็นเงิน 300,000 บาท หรือคิดเป็น 3.38% อย่างไรก็ตาม ระบบท่อจ่ายน้ำประปากรณีศึกษาที่ 1 เสียค่าใช้จ่ายมากกว่า ระบบท่อจ่ายน้ำประปากรณีศึกษาที่ 2 เป็นเงิน 423,940 บาท หรือคิดเป็น 4.81% แต่อย่างไรก็ตาม ราคารวมในการก่อสร้างโรงประปากรณีศึกษาที่ 1 ยังคงประหยัดกว่า กรณีศึกษาที่ 2 คิดเป็นเงิน 248,848 บาท หรือคิดเป็น 2.81 % ดังนั้น ตำแหน่งที่เหมาะสมในการจัดตั้งโรงประปาชุมชนในเกาะสีชัง คือ ตำแหน่งบริเวณอ่างเก็บน้ำเกาะสีชังจากกรณีศึกษาที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การออกแบบนี้คำนวณออกแบบแค่ระบบท่อจ่ายน้ำประปาไม่ได้คำนวณความแข็งแรงของโครงสร้างของระบบโรงประปา
2. การออกแบบนี้ไม่ได้คำนวณขนาดของเครื่องสูบน้ำดิบ และเครื่องสูบน้ำขึ้นหอถังสูงในการก่อสร้างจริงควรมีการคำนวณเพื่อเลือกขนาดของเครื่องสูบน้ำ
3. การก่อสร้างที่หน้างานจริงจำเป็นต้องมีการทำรังวัดที่ดินอีกครั้ง
4. ตำแหน่งที่มีความดันต่ำกว่า 1 บาร์หรือ 10 ม. ควรมีการติดตั้งเครื่องสูบน้ำ



บรรณานุกรม

- Awe, O. M., Okolie, S. T. A., & Fayomi, O. S. I. (2020). Analysis and optimization of water distribution systems: A case study of Kurudu post service housing estate, Abuja, Nigeria. *Results in Engineering*, 5(January).
<https://doi.org/10.1016/j.rineng.2020.100100>
- Rossman, L. A., Woo, H., Tryby, M., Shang, F., Janke, R., & Haxton, T. (2020). *EPANET 2.2 User Manual*.
- กรมชลประทาน. (2564). รายงานผลการสำรวจ ตรวจสอบปัญหาอ่างเก็บน้ำเกาะสีชังเก็บกักน้ำไม่ได้. กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. (2565). รายงานผลการทดสอบคุณภาพน้ำ.
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2564). ข้อมูลการใช้ที่ดิน (Land Use) ในรูปแบบ Shape File.
<https://dinonline.ldd.go.th/Default.aspx>
- กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. (2544). อัตราการใช้สูบน้ำอุปโภคบริโภคตามประเภทชุมชน.
<http://water.rid.go.th/wrd/const14/images/KL/KL4.pdf>
- กองการจัดสรรน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ. (2561). ระบบประปาหมู่บ้าน แบบบาดาลขนาดใหญ่มาก.
<http://division.dwr.go.th/bwm/index.php/2019-12-17-06-02-42/2019-12-17-06-02-59/category/19-2020-04-27-04-45-43>
- การประปาส่วนภูมิภาค. (2553). คู่มือการจัดทำแผนงานโครงการและการวิเคราะห์โครงการปรับปรุงระบบประปา.
- การประปาส่วนภูมิภาค. (2561). คู่มือการบวกรวมการหลักด้านกระบวนการผลิตน้ำประปาและควบคุมคุณภาพน้ำภาคทฤษฎี.
- จันทร์สิงห์, ป., ดีทายาท, พ., & บุตรแสงดี, ส. (2553). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และโปรแกรม EPANET 2.0 ในการศึกษาและวิเคราะห์ระบบประปาในเขตเทศบาลตำบลบางหลวง อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม.
- ชาติชาย เข็มสน. (2563). การตรวจสอบขนาดท่อประปาของห้องน้ำ กรณีศึกษาโครงการบ้านคุณวีรวัฒน์.
- ไชยวิจารณ์, โ. (2556). วิศวกรรมชลศาสตร์ *Hydraulic Engineering*.
- บริษัททักศักดิ์การช่าง. (2566). ราคาถังแชมเปญ. <https://www.taksak.co.th/>
- ประสิทธิ์คุ้มเพียร, ม. (n.d.). *Network Modeling with EPANET*.
- มณีโชติ, โ., อนุศิริม, ม., & ทิพากรเกียรติ, ช. (2021). การจัดการแรงดันน้ำสำหรับการประปาส่วนภูมิภาค สาขา เขาชัยสน โดยแบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET 2.0. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยการจัดการและเทคโนโลยีอีสเทิร์น*, 108–125.
- ราคาวัสดุก่อสร้าง ส่วนกลาง กรุงเทพมหานคร. (2566).
http://www.indexpr.moc.go.th/PRICE_PRESENT/tablecsi_region.asp?DDYear=2566&DDProvince=10&B1=%B5%A1
- วรรณภพ, ร. (2561). การพัฒนาแบบจำลองเพื่อการบริหารจัดการน้ำสำหรับโครงข่ายการจ่ายน้ำ.
- สารใจ, เ. (2556). การมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารจัดการโครงการอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำหนองแขมหลวง จังหวัดลำปาง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุขสุมิตร, ณ., เอกวัฒน์พานิชย์, ช., & โฆษิตกิตติวงศ์, ต. (2022). การวิเคราะห์โครงข่ายท่อประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอ่างทอง. 26–31.

อวยพร, ส. (2561). การวิเคราะห์ปัญหาแรงดันน้ำในท่อส่งน้ำประปาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Epanet 2.0.

<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.12.028><http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.11.013>[http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(2008\)134:6\(556\)](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-9496(2008)134:6(556))<http://www.doaj.org/doi?currentYear=2013&id=638496&go=1&func=abstract&fromYear=&toY>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม EPANET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม EPANET ของกรณีศึกษาที่ 1

ตาราง ผก.1 แสดงค่าในแต่ละ Node กรณีศึกษาที่ 1

	Elevation	Base Demand	Demand	Head	Pressure
Node ID	m	LPS	LPS	m	m
J-1	35.87	0.0231	0.02	61.57	25.7
J-2	34.06	0.0694	0.07	61.3	27.24
J-3	35.78	0	0	61.13	25.35
J-4	34.89	0	0	61.02	26.13
J-5	34.23	0.2431	0.24	60.85	26.62
J-6	32.92	0.1042	0.1	60.67	27.75
J-7	31.29	0.0463	0.05	60.49	29.2
J-8	30.09	0.0463	0.05	60.43	30.34
J-9	29.63	0.0347	0.03	60.37	30.74
J-10	29.08	0	0	60.33	31.25
J-11	27.52	0.1042	0.1	60.23	32.71
J-12	24.4	0.1157	0.12	60.07	35.67
J-13	24.75	0	0	59.94	35.19
J-14	24.71	0.1736	0.17	59.92	35.21
J-15	21.64	0.0579	0.06	59.78	38.14
J-16	20.02	0.1042	0.1	59.6	39.58
J-17	19.85	0.1505	0.15	59.52	39.67
J-18	20.32	0.1042	0.1	59.49	39.17
J-19	19.16	0.1273	0.13	59.45	40.29
J-20	17.44	0.0694	0.07	59.39	41.95
J-21	16.72	0.2662	0.27	59.36	42.64
J-22	15.99	0.2199	0.22	59.32	43.33
J-23	15.02	0.2199	0.22	59.24	44.22
J-24	14.11	0.2315	0.23	59.16	45.05
J-25	17.61	0.2662	0.27	58.95	41.34
J-26	18.89	0.1852	0.19	58.9	40.01
J-27	18.72	0.162	0.16	58.88	40.16
J-28	22.01	0.0579	0.06	58.85	36.84
J-29	20.84	0.0926	0.09	58.83	37.99
J-30	17.96	0.0926	0.09	58.8	40.84
J-31	18.43	0.1505	0.15	58.79	40.36

ตาราง ผก.1 (ต่อ) แสดงค่าในแต่ละ Node กรณีศึกษาที่ 1

	Elevation	Base Demand	Demand	Head	Pressure
Node ID	m	LPS	LPS	m	m
J-32	18.36	0.2894	0.29	58.74	40.38
J-33	18.14	0.162	0.16	58.73	40.59
J-34	19.23	0.0463	0.05	58.71	39.48
J-35	19.19	0.1042	0.1	58.71	39.52
J-36	18.18	0.2894	0.29	58.69	40.51
J-37	16.1	0.1852	0.19	58.69	42.59
J-38	15.08	0.081	0.08	58.68	43.6
J-39	14.46	0.0926	0.09	58.67	44.21
J-40	14.07	0.0579	0.06	58.67	44.6
J-41	12.9	0.1157	0.12	58.67	45.77
J-42	11.84	0.0579	0.06	58.67	46.83
J-43	11.28	0.1042	0.1	58.67	47.39
J-44	9.99	0.2199	0.22	58.66	48.67
J-45	8.62	0.0926	0.09	58.66	50.04
J-46	41.21	0.1042	0.1	58.78	17.57
J-47	38.59	0	0	58.78	20.19
J-48	34.57	0.1968	0.2	58.78	24.21
J-49	43.73	0.0579	0.06	58.78	15.05
J-50	51.48	0.162	0.16	58.78	7.3
J-51	50.11	0.1852	0.19	58.79	8.68
J-52	40.81	0	0	58.78	17.97
J-53	42.68	0.0116	0.01	58.78	16.1
J-54	43.18	0.0231	0.02	58.78	15.6
J-60	43.14	0.162	0.16	58.77	15.63
J-61	43.56	0.0463	0.05	58.77	15.21
J-62	40.65	0	0	58.77	18.12
J-63	35.58	0.0116	0.01	58.77	23.19
J-64	31.67	0.0231	0.02	58.77	27.1
J-65	32.49	0.1968	0.2	58.76	26.27
J-66	33.23	0.3472	0.35	58.76	25.53
J-67	26.56	0.0347	0.03	58.77	32.21
J-68	23.87	0	0	58.77	34.9

ตาราง ผก.1 (ต่อ) แสดงค่าในแต่ละ Node กรณีศึกษาที่ 1

	Elevation	Base Demand	Demand	Head	Pressure
Node ID	m	LPS	LPS	m	m
J-69	24.14	0.3472	0.35	58.78	34.64
J-70	22.42	0.1968	0.2	58.78	36.36
J-71	16.85	0.1157	0.12	58.89	42.04
J-72	9.03	0.9606	0.96	58.96	49.93
J-73	15.17	0.2199	0.22	58.9	43.73
J-74	11.48	0.3241	0.32	58.92	47.44
J-75	9.89	0.2315	0.23	58.94	49.05
J-76	9.38	0.5903	0.59	59.03	49.65
J-79	8.28	0.2894	0.29	59.1	50.82
J-80	9.25	0.1389	0.14	59.25	50
J-81	8.69	0.3125	0.31	59.29	50.6
J-82	11.4	0.1505	0.15	59.38	47.98
J-83	12.08	0.1505	0.15	59.44	47.36
J-84	12.55	0.1157	0.12	59.64	47.09
J-85	12.24	0.1389	0.14	59.55	47.31
J-86	14.4	0.1852	0.19	59.81	45.41
J-87	20.63	0.1273	0.13	59.72	39.09
J-88	17.44	0.1505	0.15	59.69	42.25
J-89	22.31	0.0463	0.05	59.74	37.43
J-90	19.15	0.2546	0.25	59.59	40.44
J-91	18.45	0.0347	0.03	59.52	41.07
J-92	19.83	0.0463	0.05	59.49	39.66
J-93	19.09	0.0347	0.03	59.46	40.37
J-94	22.25	0.0231	0.02	59.8	37.55
J-96	33.33	0.5093	0.51	60.75	27.42
J-97	30.59	0.3704	0.37	60.6	30.01
J-98	32.45	0.2315	0.23	60.68	28.23
J-99	31.34	0.081	0.08	60.54	29.2
J-100	31.87	0.0579	0.06	60.48	28.61
J-101	27.86	0.162	0.16	60.21	32.35
J-102	29.11	0.0463	0.05	60.3	31.19
J-103	24.09	0.0231	0.02	60.65	36.56
J-104	28.7	0.1157	0.12	60.59	31.89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตเห็นาไปใช้ประโยชน์ตามการศึ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผก.1 (ต่อ) แสดงค่าในแต่ละ Node กรณีศึกษาที่ 1

	Elevation	Base Demand	Demand	Head	Pressure
Node ID	m	LPS	LPS	m	m
J-105	40.66	0.0463	0.05	61.95	21.29
J-106	38.69	0.1042	0.1	61.8	23.11
J-107	39.27	0.1157	0.12	61.49	22.22
J-108	39.37	0.0926	0.09	61.67	22.3
J-109	36.95	0.1157	0.12	61.22	24.27
J-110	31.97	0.081	0.08	60.96	28.99
J-111	25.46	0.0347	0.03	60.8	35.34
J-113	20.97	0.2199	0.22	60.72	39.75
J-114	17.35	0.0347	0.03	60.57	43.22
J-115	17.18	0.3935	0.39	60.41	43.23
J-117	12.93	0.4167	0.42	59.95	47.02
J-118	13.37	0.2662	0.27	60.03	46.66
J-119	12.99	0.4514	0.45	60.21	47.22
J-121	15.3	0.2778	0.28	59.07	43.77
J-122	17.45	0.0694	0.07	59	41.55
J-123	18.4	0.0926	0.09	58.98	40.58
J-124	26.47	0.1042	0.1	58.85	32.38
J-125	36.51	0.4977	0.5	58.81	22.3
J-126	31.53	0.1157	0.12	58.83	27.3
J-127	43.63	0.1157	0.12	58.8	15.17
J-128	8.82	0.0579	0.06	58.66	49.84
J-129	26.05	0.0579	0.06	60.02	33.97
J-130	22.68	0.0116	0.01	59.86	37.18
J-131	22.33	0	0	58.78	36.45
J-132	31.62	0.0463	0.05	60.51	28.89
J-133	30.41	0	0	60.52	30.11
J-152	24.5	0	0	60.7	36.2
J-153	23.77	0	0	58.91	35.14
J-154	26.43	0	0	58.88	32.45
J-155	19.23	0	0	58.93	39.7
J-95	8	0	0	58.66	50.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผก.2 แสดงค่าในแต่ละ Pipe กรณีศึกษาที่ 1

	Length	Diameter	Roughness	Flow	Velocity	Unit Headloss	Friction Factor
Link ID	m	mm	mm	LPS	m/s	m/km	
P-7	31.14	110	0.0015	12.62	1.33	13.65	0.017
P-8	29.18	110	0.0015	12.58	1.32	13.56	0.017
P-9	22.24	110	0.0015	12.54	1.32	13.49	0.017
P-10	46.47	110	0.0015	12.54	1.32	13.49	0.017
P-11	84.67	110	0.0015	12.44	1.31	13.29	0.017
P-12	71.32	110	0.0015	12.32	1.3	13.07	0.017
P-13	15.47	110	0.0015	12.32	1.3	13.07	0.017
P-14	83.84	110	0.0015	12.15	1.28	12.74	0.017
P-15	110.67	110	0.0015	12.09	1.27	12.63	0.017
P-16	52.14	110	0.0015	11.99	1.26	12.43	0.017
P-17	21.6	110	0.0015	11.84	1.25	12.15	0.017
P-18	28.74	110	0.0015	11.73	1.23	11.96	0.017
P-19	42.88	110	0.0015	11.6	1.22	11.73	0.017
P-20	15.92	125	0.0015	22.16	1.81	20.4	0.015
P-21	21.51	125	0.0015	21.89	1.78	19.96	0.015
P-22	48.09	125	0.0015	21.67	1.77	19.6	0.015
P-23	48.92	125	0.0015	21.45	1.75	19.24	0.015
P-24	61.04	125	0.0015	21.22	1.73	18.87	0.015
P-25	45.48	125	0.0015	20.95	1.71	18.42	0.016
P-26	19.96	125	0.0015	20.88	1.7	18.31	0.016
P-27	23.7	125	0.0015	20.78	1.69	18.16	0.016
P-28	62.91	110	0.0015	9.06	0.95	7.52	0.018
P-29	44.6	110	0.0015	8.88	0.93	7.24	0.018
P-31	37.54	125	0.0015	19.77	1.61	16.59	0.016
P-32	54.65	125	0.0015	19.68	1.6	16.45	0.016
P-33	13.42	125	0.0015	19.59	1.6	16.31	0.016
P-36	27.12	110	0.0015	12.11	1.27	12.67	0.017
P-37	36.11	110	0.0015	11.95	1.26	12.36	0.017
P-38	19.55	110	0.0015	11.9	1.25	12.28	0.017
P-39	74.64	110	0.0015	11.8	1.24	12.08	0.017
P-40	21.06	110	0.0015	11.51	1.21	11.56	0.017
P-41	68.75	110	0.0015	11.32	1.19	11.22	0.017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผก.2 (ต่อ) แสดงค่าในแต่ละ Pipe กรณีศึกษาที่ 1

	Length	Diameter	Roughness	Flow	Velocity	Unit Headloss	Friction Factor
Link ID	m	mm	mm	LPS	m/s	m/km	
P-42	23.58	110	0.0015	11.24	1.18	11.08	0.017
P-43	37.7	110	0.0015	11.15	1.17	10.92	0.017
P-44	18.59	110	0.0015	11.09	1.17	10.81	0.017
P-45	77.1	110	0.0015	10.98	1.16	10.61	0.017
P-46	18.86	110	0.0015	10.92	1.15	10.51	0.017
P-47	47.84	110	0.0015	10.82	1.14	10.33	0.017
P-48	53.23	110	0.0015	10.6	1.11	9.96	0.017
P-49	45.94	110	0.0015	10.54	1.11	9.86	0.017
P-53	71.17	125	0.0015	21.74	1.77	19.7	0.015
P-54	47.55	125	0.0015	21.64	1.76	19.55	0.015
P-55	73.22	125	0.0015	21.53	1.75	19.36	0.015
P-56	70.15	125	0.0015	21.41	1.74	19.17	0.015
P-57	44.96	125	0.0015	21.33	1.74	19.04	0.015
P-58	24.36	125	0.0015	21.3	1.74	18.98	0.015
P-61	51.34	110	0.0015	14.1	1.48	16.66	0.016
P-62	73.63	110	0.0015	13.7	1.44	15.83	0.016
P-63	78.18	110	0.0015	13.25	1.39	14.9	0.017
P-64	35.5	110	0.0015	12.99	1.37	14.36	0.017
P-65	83.34	110	0.0015	12.57	1.32	13.54	0.017
P-67	38.34	110	0.0015	14.74	1.55	18.05	0.016
P-68	47.37	110	0.0015	14.6	1.54	17.74	0.016
P-69	27.23	110	0.0015	14.45	1.52	17.41	0.016
P-70	44.8	110	0.0015	14.3	1.5	17.09	0.016
P-71	24.23	110	0.0015	13.98	1.47	16.42	0.016
P-72	89.99	110	0.0015	13.85	1.46	16.13	0.016
P-75	44.8	110	0.0015	12.01	1.26	12.47	0.017
P-76	52.41	110	0.0015	11.77	1.24	12.04	0.017
P-77	57.47	110	0.0015	11.45	1.2	11.45	0.017
P-78	46.67	110	0.0015	11.23	1.18	11.05	0.017
P-83	63.31	110	0.0015	8.58	0.9	6.82	0.018
P-84	51.75	110	0.0015	8.07	0.85	6.11	0.018
P-85	78.78	110	0.0015	7.84	0.83	5.8	0.018
P-88	74.48	110	0.0015	14.09	1.48	16.64	0.016

ตาราง ผก.2 (ต่อ) แสดงค่าในแต่ละ Pipe กรณีศึกษาที่ 1

	Length	Diameter	Roughness	Flow	Velocity	Unit Headloss	Friction Factor
Link ID	m	mm	mm	LPS	m/s	m/km	
P-89	37.66	110	0.0015	14.04	1.48	16.55	0.016
P-90	78.61	110	0.0015	13.88	1.46	16.2	0.016
P-91	70.65	110	0.0015	13.82	1.45	16.08	0.016
P-92	26.56	110	0.0015	13.81	1.45	16.06	0.016
P-94	24.37	90	0.0015	2.75	0.43	2.34	0.022
P-95	59.64	90	0.0015	2.62	0.41	2.15	0.022
P-97	70.15	110	0.0015	10.74	1.13	10.2	0.017
P-98	24.8	110	0.0015	10.71	1.13	10.15	0.017
P-99	32.96	110	0.0015	10.66	1.12	10.07	0.017
P-102	38.79	110	0.0015	6.84	0.72	4.54	0.019
P-103	65.48	110	0.0015	6.84	0.72	4.54	0.019
P-104	55.42	110	0.0015	6.49	0.68	4.13	0.019
P-105	54.91	110	0.0015	6.49	0.68	4.13	0.019
P-106	104.61	110	0.0015	6.45	0.68	4.09	0.019
P-107	92.73	110	0.0015	10.14	1.07	9.2	0.017
P-108	30.87	110	0.0015	10.12	1.06	9.17	0.017
P-109	63.14	110	0.0015	-9.92	1.04	8.85	0.018
P-112	54.21	110	0.0015	11.35	1.19	11.27	0.017
P-113	40.19	110	0.0015	11.24	1.18	11.07	0.017
P-114	38.33	110	0.0015	10.62	1.12	10	0.017
P-115	93.39	110	0.0015	6.49	0.68	4.14	0.019
P-116	60.52	110	0.0015	6.33	0.67	3.96	0.019
P-117	69.2	110	0.0015	6.27	0.66	3.89	0.019
P-118	58.98	110	0.0015	6.17	0.65	3.78	0.019
P-119	30.53	110	0.0015	6.17	0.65	3.78	0.019
P-120	105.3	110	0.0015	3.94	0.41	1.7	0.021
P-126	49.73	110	0.0015	3.91	0.41	1.68	0.021
P-127	85.73	110	0.0015	3.75	0.39	1.55	0.022
P-128	35.23	110	0.0015	3.7	0.39	1.52	0.022
P-129	61.62	110	0.0015	3.7	0.39	1.52	0.022
P-131	55.86	110	0.0015	3.93	0.41	1.69	0.021
P-132	53.7	110	0.0015	-10.74	1.13	10.2	0.017
P-133	108.83	110	0.0015	12.4	1.3	13.22	0.017

ตาราง ผก.2 (ต่อ) แสดงค่าในแต่ละ Pipe กรณีศึกษาที่ 1

	Length	Diameter	Roughness	Flow	Velocity	Unit Headloss	Friction Factor
Link ID	m	mm	mm	LPS	m/s	m/km	
P-134	127.98	110	0.0015	11	1.16	10.64	0.017
P-136	31.24	110	0.0015	7.39	0.78	5.21	0.019
P-137	39	110	0.0015	7.34	0.77	5.16	0.019
P-219	39.1	110	0.0015	11.46	1.21	11.46	0.017
P-220	45.31	110	0.0015	11.46	1.21	11.46	0.017
P-221	50.6	110	0.0015	11.46	1.21	11.46	0.017
P-222	66.01	110	0.0015	-3.94	0.41	1.7	0.021
P-241	50.36	110	0.0015	6.81	0.72	4.5	0.019
P-242	92.33	110	0.0015	6.81	0.72	4.5	0.019
P-243	73.87	110	0.0015	6.92	0.73	4.64	0.019
P-244	65.61	110	0.0015	6.94	0.73	4.67	0.019
P-5	22.38	110	0.0015	6.94	0.73	4.67	0.019
P-34	61.94	125	0.0015	21.69	1.77	19.63	0.015
P-35	40.08	125	0.0015	21.79	1.78	19.8	0.015
P-50	70.75	125	0.0015	21.67	1.77	19.59	0.015
P-51	48.95	125	0.0015	21.6	1.76	19.47	0.015
P-52	29.47	125	0.0015	21.6	1.76	19.47	0.015
P-59	47.5	125	0.0015	21.6	1.76	19.47	0.015
P-86	73.72	110	0.0015	7.47	0.79	5.32	0.019
P-87	78.6	110	0.0015	12.77	1.34	13.94	0.017
P-101	46.06	110	0.0015	-14.13	1.49	16.73	0.016
P-111	30.1	110	0.0015	13.79	1.45	16.01	0.016
P-121	102.22	110	0.0015	12.38	1.3	13.18	0.017
P-143	33.79	125	0.0015	19.83	1.62	16.68	0.016
P-144	87.47	110	0.0015	12.67	1.33	13.74	0.017
P-145	93.18	90	0.0015	2.47	0.39	1.94	0.023
P-146	44.45	110	0.0015	13.56	1.43	15.52	0.016
P-147	72.28	110	0.0015	10.63	1.12	10.01	0.017
P-148	64.47	110	0.0015	12.97	1.36	14.32	0.017
P-152	59.04	110	0.0015	11.11	1.17	10.85	0.017
P-156	75.93	110	0.0015	-10.44	1.1	9.7	0.017
P-165	36.79	110	0.0015	-11.46	1.21	11.46	0.017
P-166	51.9	110	0.0015	-7.03	0.74	4.77	0.019

2. ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม EPANET ของกรณีศึกษาที่ 2

ตาราง ผก.3 แสดงค่าในแต่ละ Node กรณีศึกษาที่ 2

	Elevation	Base Demand	Demand	Head	Pressure
Node ID	m	LPS	LPS	m	m
J-1	35.87	0.0231	0.02	50.51	14.64
J-2	34.06	0.0694	0.07	50.55	16.49
J-3	35.78	0	0	50.57	14.79
J-4	34.89	0	0	50.59	15.7
J-5	34.23	0.2431	0.24	50.62	16.39
J-6	32.92	0.1042	0.1	50.81	17.89
J-7	31.29	0.0463	0.05	51.03	19.74
J-8	30.09	0.0463	0.05	51.11	21.02
J-9	29.63	0.0347	0.03	51.18	21.55
J-10	29.08	0	0	51.24	22.16
J-11	27.52	0.1042	0.1	51.36	23.84
J-12	24.4	0.1157	0.12	51.59	27.19
J-13	24.75	0	0	51.8	27.05
J-14	24.71	0.1736	0.17	51.84	27.13
J-15	21.64	0.0579	0.06	52.09	30.45
J-16	20.02	0.1042	0.1	52.43	32.41
J-17	19.85	0.1505	0.15	52.08	32.23
J-18	20.32	0.1042	0.1	51.94	31.62
J-19	19.16	0.1273	0.13	51.6	32.44
J-20	17.44	0.0694	0.07	51.09	33.65
J-21	16.72	0.2662	0.27	51.02	34.3
J-22	15.99	0.2199	0.22	50.91	34.92
J-23	15.02	0.2199	0.22	50.7	35.68
J-24	14.11	0.2315	0.23	50.5	36.39
J-25	17.61	0.2662	0.27	49.95	32.34
J-26	18.89	0.1852	0.19	49.88	30.99
J-27	18.72	0.162	0.16	49.83	31.11
J-28	22.01	0.0579	0.06	49.8	27.79
J-29	20.84	0.0926	0.09	49.76	28.92
J-30	17.96	0.0926	0.09	49.71	31.75
J-31	18.43	0.1505	0.15	49.7	31.27

ตาราง ผก.3 (ต่อ) แสดงค่าในแต่ละ Node กรณีศึกษาที่ 2

	Elevation	Base Demand	Demand	Head	Pressure
Node ID	m	LPS	LPS	m	m
J-32	18.36	0.2894	0.29	49.65	31.29
J-33	18.14	0.162	0.16	49.63	31.49
J-34	19.23	0.0463	0.05	49.62	30.39
J-35	19.19	0.1042	0.1	49.62	30.43
J-36	18.18	0.2894	0.29	49.6	31.42
J-37	16.1	0.1852	0.19	49.59	33.49
J-38	15.08	0.081	0.08	49.59	34.51
J-39	14.46	0.0926	0.09	49.58	35.12
J-40	14.07	0.0579	0.06	49.58	35.51
J-41	12.9	0.1157	0.12	49.58	36.68
J-42	11.84	0.0579	0.06	49.58	37.74
J-43	11.28	0.1042	0.1	49.57	38.29
J-44	9.99	0.2199	0.22	49.57	39.58
J-45	8.62	0.0926	0.09	49.57	40.95
J-46	41.21	0.1042	0.1	49.63	8.42
J-47	38.59	0	0	49.62	11.03
J-48	34.57	0.1968	0.2	49.62	15.05
J-49	43.73	0.0579	0.06	49.65	5.92
J-50	51.48	0.162	0.16	49.67	-1.81
J-51	50.11	0.1852	0.19	49.74	-0.37
J-52	40.81	0	0	49.73	8.92
J-53	42.68	0.0116	0.01	49.72	7.04
J-54	43.18	0.0231	0.02	49.71	6.53
J-60	43.14	0.162	0.16	49.71	6.57
J-61	43.56	0.0463	0.05	49.7	6.14
J-62	40.65	0	0	49.7	9.05
J-63	35.58	0.0116	0.01	49.69	14.11
J-64	31.67	0.0231	0.02	49.69	18.02
J-65	32.49	0.1968	0.2	49.69	17.2
J-66	33.23	0.3472	0.35	49.69	16.46
J-67	26.56	0.0347	0.03	49.69	23.13
J-68	23.87	0	0	49.69	25.82

ตาราง ผก.3 (ต่อ) แสดงค่าในแต่ละ Node กรณีศึกษาที่ 2

	Elevation	Base Demand	Demand	Head	Pressure
Node ID	m	LPS	LPS	m	m
J-32	18.36	0.2894	0.29	49.65	31.29
J-69	24.14	0.3472	0.35	49.69	25.55
J-70	22.42	0.1968	0.2	49.7	27.28
J-71	16.85	0.1157	0.12	49.83	32.98
J-72	9.03	0.9606	0.96	49.84	40.81
J-73	15.17	0.2199	0.22	49.83	34.66
J-74	11.48	0.3241	0.32	49.83	38.35
J-75	9.89	0.2315	0.23	49.84	39.95
J-76	9.38	0.5903	0.59	49.87	40.49
J-79	8.28	0.2894	0.29	49.91	41.63
J-80	9.25	0.1389	0.14	49.99	40.74
J-81	8.69	0.3125	0.31	50.02	41.33
J-82	11.4	0.1505	0.15	50.07	38.67
J-83	12.08	0.1505	0.15	50.11	38.03
J-84	12.55	0.1157	0.12	50.23	37.68
J-85	12.24	0.1389	0.14	50.18	37.94
J-86	14.4	0.1852	0.19	50.24	35.84
J-87	20.63	0.1273	0.13	50.44	29.81
J-88	17.44	0.1505	0.15	50.36	32.92
J-89	22.31	0.0463	0.05	50.48	28.17
J-90	19.15	0.2546	0.25	50.7	31.55
J-91	18.45	0.0347	0.03	50.84	32.39
J-92	19.83	0.0463	0.05	50.88	31.05
J-93	19.09	0.0347	0.03	50.95	31.86
J-94	22.25	0.0231	0.02	50.48	28.23
J-96	33.33	0.5093	0.51	50.57	17.24
J-97	30.59	0.3704	0.37	50.51	19.92
J-98	32.45	0.2315	0.23	50.54	18.09
J-99	31.34	0.081	0.08	50.49	19.15
J-100	31.87	0.0579	0.06	50.47	18.6
J-101	27.86	0.162	0.16	50.47	22.61
J-102	29.11	0.0463	0.05	50.47	21.36
J-103	24.09	0.0231	0.02	50.38	26.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตเห็นาเบไซประเอนชานการค

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผก.3 (ต่อ) แสดงค่าในแต่ละ Node กรณีศึกษาที่ 2

	Elevation	Base Demand	Demand	Head	Pressure
Node ID	m	LPS	LPS	m	m
J-32	18.36	0.2894	0.29	49.65	31.29
J-104	28.7	0.1157	0.12	50.41	21.71
J-105	40.66	0.0463	0.05	50.46	9.8
J-106	38.69	0.1042	0.1	50.48	11.79
J-107	39.27	0.1157	0.12	50.41	11.14
J-108	39.37	0.0926	0.09	50.43	11.06
J-109	36.95	0.1157	0.12	50.39	13.44
J-110	31.97	0.081	0.08	50.36	18.39
J-111	25.46	0.0347	0.03	50.35	24.89
J-113	20.97	0.2199	0.22	50.35	29.38
J-114	17.35	0.0347	0.03	50.32	32.97
J-115	17.18	0.3935	0.39	50.29	33.11
J-117	12.93	0.4167	0.42	50.24	37.31
J-118	13.37	0.2662	0.27	50.25	36.88
J-119	12.99	0.4514	0.45	50.26	37.27
J-121	15.3	0.2778	0.28	50.26	34.96
J-122	17.45	0.0694	0.07	50.1	32.65
J-123	18.4	0.0926	0.09	50.03	31.63
J-124	26.47	0.1042	0.1	49.83	23.36
J-125	36.51	0.4977	0.5	49.77	13.26
J-126	31.53	0.1157	0.12	49.79	18.26
J-127	43.63	0.1157	0.12	49.75	6.12
J-128	8.82	0.0579	0.06	49.57	40.75
J-129	26.05	0.0579	0.06	50.47	24.42
J-130	22.68	0.0116	0.01	50.48	27.8
J-131	22.33	0	0	49.7	27.37
J-132	31.62	0.0463	0.05	50.48	18.86
J-133	30.41	0	0	50.45	20.04
J-152	24.5	0	0	50.35	25.85
J-153	23.77	0	0	49.9	26.13
J-154	26.43	0	0	49.86	23.43
J-155	19.23	0	0	49.92	30.69
J-95	8	0	0	49.57	41.57

ตาราง ผก.4 แสดงค่าในแต่ละ Node กรณีศึกษาที่ 2

	Length	Dia- meter	Rough- ness	Flow	Velocit y	Unit Headloss	Friction Factor
Link ID	m	mm	mm	LPS	m/s	m/km	
P-7	31.14	110	0.0015	-9.8	1.03	8.65	0.018
P-8	29.18	110	0.0015	-9.84	1.04	8.72	0.018
P-9	22.24	110	0.0015	-9.88	1.04	8.77	0.018
P-10	46.47	110	0.0015	-9.88	1.04	8.77	0.018
P-11	84.67	110	0.0015	-9.98	1.05	8.94	0.018
P-12	71.32	110	0.0015	-10.1	1.06	9.13	0.017
P-13	15.47	110	0.0015	-10.1	1.06	9.13	0.017
P-14	83.84	110	0.0015	-10.27	1.08	9.41	0.017
P-15	110.67	110	0.0015	-10.33	1.09	9.51	0.017
P-16	52.14	125	0.0015	26.53	2.16	28.29	0.015
P-17	21.6	125	0.0015	26.38	2.15	28	0.015
P-18	28.74	110	0.0015	26.28	2.76	51.53	0.015
P-19	42.88	110	0.0015	26.15	2.75	51.07	0.015
P-20	15.92	110	0.0015	18.81	1.98	28.08	0.015
P-21	21.51	110	0.0015	18.55	1.95	27.37	0.016
P-22	48.09	110	0.0015	18.33	1.93	26.78	0.016
P-23	48.92	110	0.0015	18.11	1.91	26.2	0.016
P-24	61.04	110	0.0015	17.88	1.88	25.6	0.016
P-25	45.48	110	0.0015	17.6	1.85	24.88	0.016
P-26	19.96	110	0.0015	17.53	1.84	24.71	0.016
P-27	23.7	110	0.0015	17.44	1.83	24.47	0.016
P-28	62.91	110	0.0015	8.36	0.88	6.51	0.018
P-29	44.6	110	0.0015	8.18	0.86	6.25	0.018
P-31	37.54	110	0.0015	15.8	1.66	20.48	0.016
P-32	54.65	110	0.0015	15.71	1.65	20.27	0.016
P-33	13.42	110	0.0015	15.62	1.64	20.05	0.016
P-36	27.12	110	0.0015	11	1.16	10.65	0.017
P-37	36.11	110	0.0015	10.84	1.14	10.37	0.017
P-38	19.55	110	0.0015	10.79	1.14	10.29	0.017
P-39	74.64	110	0.0015	10.69	1.12	10.12	0.017
P-40	21.06	110	0.0015	10.4	1.09	9.63	0.017
P-41	68.75	110	0.0015	10.21	1.07	9.32	0.017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผก.4 (ต่อ) แสดงค่าในแต่ละ Node กรณีศึกษาที่ 2

	Length	Dia- meter	Rough- ness	Flow	Velocit y	Unit Headloss	Friction Factor
Link ID	m	mm	mm	LPS	m/s	m/km	
P-42	23.58	110	0.0015	10.13	1.07	9.19	0.017
P-43	37.7	110	0.0015	10.04	1.06	9.04	0.017
P-44	18.59	110	0.0015	9.98	1.05	8.95	0.018
P-45	77.1	110	0.0015	9.87	1.04	8.76	0.018
P-46	18.86	110	0.0015	9.81	1.03	8.67	0.018
P-47	47.84	110	0.0015	9.71	1.02	8.5	0.018
P-48	53.23	110	0.0015	9.49	1.00	8.16	0.018
P-49	45.94	110	0.0015	9.43	0.99	8.07	0.018
P-53	71.17	110	0.0015	4.21	0.44	1.91	0.021
P-54	47.55	110	0.0015	4.12	0.43	1.84	0.021
P-55	73.22	110	0.0015	4	0.42	1.75	0.021
P-56	70.15	110	0.0015	3.89	0.41	1.66	0.021
P-57	44.96	110	0.0015	3.81	0.4	1.6	0.022
P-58	24.36	110	0.0015	3.77	0.4	1.57	0.022
P-61	51.34	110	0.0015	5.81	0.61	3.39	0.02
P-62	73.63	110	0.0015	5.41	0.57	2.99	0.02
P-63	78.18	110	0.0015	4.96	0.52	2.56	0.02
P-64	35.5	110	0.0015	4.69	0.49	2.32	0.021
P-65	83.34	110	0.0015	4.28	0.45	1.97	0.021
P-67	38.34	110	0.0015	11.47	1.21	11.48	0.017
P-68	47.37	110	0.0015	11.33	1.19	11.23	0.017
P-69	27.23	110	0.0015	11.18	1.18	10.97	0.017
P-70	44.8	110	0.0015	11.03	1.16	10.7	0.017
P-71	24.23	110	0.0015	10.72	1.13	10.16	0.017
P-72	89.99	110	0.0015	10.58	1.11	9.93	0.017
P-75	44.8	110	0.0015	8.74	0.92	7.04	0.018
P-76	52.41	110	0.0015	8.51	0.9	6.71	0.018
P-77	57.47	110	0.0015	8.18	0.86	6.26	0.018
P-78	46.67	110	0.0015	7.96	0.84	5.96	0.018
P-83	63.31	110	0.0015	4.95	0.52	2.55	0.02
P-84	51.75	110	0.0015	4.44	0.47	2.1	0.021
P-85	78.78	110	0.0015	4.21	0.44	1.91	0.021
P-88	74.48	63	0.0015	1.22	0.39	3.08	0.025

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสวทนวิสาหรับการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมือผูญตเห็นไปใช้ประเอยชนดานการค

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผก.4 (ต่อ) แสดงค่าในแต่ละ Node กรณีศึกษาที่ 2

	Length	Dia- meter	Rough- ness	Flow	Velocit y	Unit Headloss	Friction Factor
Link ID	m	mm	mm	LPS	m/s	m/km	
P-89	37.66	63	0.0015	1.18	0.38	2.88	0.025
P-90	78.61	63	0.0015	1.02	0.33	2.22	0.026
P-91	70.65	63	0.0015	0.96	0.31	2	0.026
P-92	26.56	63	0.0015	0.95	0.30	1.96	0.026
P-94	24.37	110	0.0015	7.77	0.82	5.71	0.018
P-95	59.64	110	0.0015	7.64	0.8	5.54	0.018
P-97	70.15	110	0.0015	-7.15	0.75	4.91	0.019
P-98	24.8	110	0.0015	-7.18	0.76	4.96	0.019
P-99	32.96	110	0.0015	-7.23	0.76	5.01	0.019
P-102	38.79	110	0.0015	3.98	0.42	1.73	0.021
P-103	65.48	110	0.0015	3.98	0.42	1.73	0.021
P-104	55.42	110	0.0015	3.63	0.38	1.47	0.022
P-105	54.91	110	0.0015	3.63	0.38	1.47	0.022
P-106	104.61	110	0.0015	3.6	0.38	1.45	0.022
P-107	92.73	110	0.0015	9.5	1.00	8.19	0.018
P-108	30.87	110	0.0015	9.48	1.00	8.15	0.018
P-109	63.14	110	0.0015	-9.28	0.98	7.85	0.018
P-112	54.21	110	0.0015	8.7	0.92	6.99	0.018
P-113	40.19	110	0.0015	8.59	0.90	6.83	0.018
P-114	38.33	110	0.0015	7.97	0.84	5.98	0.018
P-115	93.39	63	0.0015	1.63	0.52	5.09	0.023
P-116	60.52	63	0.0015	1.47	0.47	4.23	0.024
P-117	69.2	63	0.0015	1.41	0.45	3.94	0.024
P-118	58.98	63	0.0015	1.31	0.42	3.45	0.024
P-119	30.53	63	0.0015	1.31	0.42	3.45	0.024
P-120	105.3	110	0.0015	6.16	0.65	3.77	0.019
P-126	49.73	110	0.0015	6.13	0.64	3.73	0.019
P-127	85.73	110	0.0015	5.96	0.63	3.55	0.019
P-128	35.23	110	0.0015	5.92	0.62	3.5	0.02
P-129	61.62	110	0.0015	5.92	0.62	3.5	0.02
P-131	55.86	110	0.0015	6.15	0.65	3.75	0.019
P-132	53.7	110	0.0015	-8.09	0.85	6.13	0.018
P-134	127.98	110	0.0015	-6.89	0.73	4.61	0.019

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสวจนวสสำหรับกรเซงานเพอการศกษาเท่านั้น เอนนญตเตหนาไปไซบระเอนตงานการศก

ไมวการณใด ๆ ทั้งสิ้น อกทั้งห้ามมิใหัดดแปลงเนื้อหาและตองอ้างอิงถึงเจาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช



ภาคผนวก ข

ตารางแสดงการประมาณราคากระบบประปาหมู่บ้าน

ตาราง ผข.1 แสดงราคาค่าก่อสร้างระบบประปาหมู่บ้าน กรณีศึกษาที่ 1

ลำดับที่	รายการ	ค่าวัสดุและค่าแรงงาน (บาท)	Factor F	ค่าก่อสร้างรวมเป็นเงิน (บาท)	หมายเหตุ
1	ประเภทงานอาคาร				
	1.1 โรงสูบน้ำ	116,030.00			
	1.2 รางระบายน้ำ	21,400.00			
	1.3 ป้ายการประปา	4,070.00			
	1.4 ป้ายบอกระดับน้ำในถังน้ำใส	6,640.00			
	1.5 การประสานท่อระหว่างระบบ	174,880.00			
	1.6 การประสานท่อภายในโรงสูบน้ำดิบ	53,390.00			
	1.9 การประสานท่อภายในโรงสูบน้ำดี	53,390.00			
	1.10 ทดสอบการระบบน้ำหนักบรรทุกของดิน	13,500.00			
	1.11 การประสานระบบไฟฟ้าภายในบริเวณ	18,240.00			
	1.12 ค่าก่อสร้างสระพักตะกอน	25,270.00			
	1.13 ระบบกรองน้ำผิวดิน	1,151,920.00			
	1.14 ถังน้ำใส	488,250.00			
	1.15 ท่อถังสูงขนาด 100 ลบ.ม.	1,300,000.00			
	1.16 ระบบท่อส่งน้ำดิบ	133,930.00			
	1.17 ระบบท่อจ่ายน้ำประปา	4,929,730.00			
	1.18 ค่าจัดหาและติดตั้งเครื่องสูบน้ำดิบพร้อมตู้ควบคุม	55,320.00			
	1.19 ค่าจัดหาและติดตั้งเครื่องสูบน้ำดีพร้อมตู้ควบคุม	62,170.00			
	1.20 ค่าจัดหาและติดตั้งเครื่องจ่ายสารละลายคลอรีน	12,400.00			
	รวมเป็นเงิน	8,620,530.00	1.2960	11,172,206.88	
สรุป	คิดเป็นเงินประมาณการ			11,172,200.00	

(เงินสิบเอ็ดล้านหนึ่งหมื่นหนึ่งแสนเจ็ดหมื่นสองพันสองร้อยบาทถ้วน)

ตาราง ผข.2 แสดงราคางานระบบท่อจ่ายน้ำประปา กรณีศึกษาที่ 1

ลำดับ ที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		ค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาต่อหน่วย	เป็นเงิน	ค่าราต่อหน่วย	เป็นเงิน		
	งานระบบท่อจ่ายน้ำประปา								
1	ท่อ HDPE PN 10 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 90 มม.	178	ม.	232.00	41,296.00	75.00	13,350.00	54,646.00	
2	ท่อ HDPE PN 10 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 110 มม.	5,758	ม.	344.00	1,980,752.00	120.00	690,960.00	2,671,712.00	
3	ท่อ HDPE PN 10 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 125 มม.	1,055	ม.	438.00	462,090.00	120.00	126,600.00	588,690.00	
4	ค่าวัสดุข้อต่อ อุปกรณ์ท่อ (คิดเป็นร้อยละ 50 ของราคาท่อ)	50	ร้อยละ	2,484,138.00	1,242,069.00	-	-	1,242,069.00	
5	ค่าแรงติดตั้งข้อต่อ อุปกรณ์ (คิดเป็นร้อยละ 30 ของราคาท่อ)	30	ร้อยละ	-	-	1,242,069.00	372,620.70	372,620.70	
	รวมเงิน				3,726,207.00		1,203,530.70	4,929,737.70	
	คิดเป็นเงินค่างาน							4,929,730.00	

(เงินสี่ล้านเก้าแสนสองหมื่นเก้าพันเจ็ดร้อยสามสิบเจ็ดบาทถ้วน)

ตาราง ผข.3 แสดงการคำนวณหาค่า FACTOR F กรณีศึกษาที่ 1

เงื่อนไข	ค่างาน(ทุน) ส่วนมา	FACTOR F		
เงินล่วงหน้าจ่าย	0.00%	<0.5	1.3074	
ค่าประกันผลงาน หัก	0.00%	1	1.3050	
ดอกเบี้ยเงินกู้	6.00%	2	1.3035	
ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT)	7.00%	5	1.3003	
สูตรคำนวณหาค่า FACTOR F			10	1.2943
			15	1.2594
สูตรการหาค่า Factor F = D - $\left\{ \frac{[(D - E) \times (A - B)]}{(C - B)} \right\}$			20	1.2518
			25	1.2248
			30	1.2164
เมื่อ A - ค่าวัสดุและแรงงานค้ำหนุน	=	8,620,530.00	40	1.2161
B - ค่างานตัวต่ำกว่าค้ำหนุน	=	5,000,000.00	50	1.2159
C - ค่างานตัวสูงกว่าค้ำหนุน	=	10,000,000.00	60	1.2061
D - Factor F ของค่างานตัวต่ำกว่าค้ำหนุน	=	1.3003	70	1.2050
E - Factor F ของค่างานตัวสูงกว่าค้ำหนุน	=	1.2943	80	1.2050
แทนค่า			90	1.2049
1.3003 - $\left(\frac{1.3003 - 1.2943}{10,000,000.00 - 5,000,000.00} \right) \times (8,620,530.00 - 5,000,000.00)$			100	1.2049
			150	1.2023
			200	1.2023
สรุปค้ำหนุนงาน	8,620,530.00 บาท		250	1.2013
ค่า FACTOR F เท่ากับ	1.2960		300	1.1951
	1.2960		350	1.1866
รวมเป็นมูลค่างานก่อสร้างทั้งสิ้น	11,172,206.88		400	1.1858
	11,172,000.00		500	1.1853
			>500	1.1788

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผข.4 แสดงราคาค่าก่อสร้างระบบประปาหมู่บ้าน กรณีศึกษาที่ 2

ลำดับที่	รายการ	ค่าวัสดุและค่าแรงงาน (บาท)	Factor F	ค่าก่อสร้างรวมเป็นเงิน (บาท)	หมายเหตุ
1	ประเภทงานอาคาร				
	1.1 โรงสูบน้ำ	116,030.00			
	1.2 รางระบายน้ำ	7,780.00			
	1.3 ป้ายการประปา	4,070.00			
	1.4 การประสานท่อระหว่างระบบ	149,710.00			
	1.5 การประสานท่อที่ปากบ่อบาดาล	1,440.00			
	1.6 การประสานท่อภายในโรงสูบน้ำดี	53,390.00			
	1.7 ทดสอบการระบายน้ำหน้าบรทุกของดิน	13,500.00			
	1.8 การประสานระบบไฟฟ้าภายในบริเวณ	18,048.00			
	1.9 ระบบกรองน้ำบาดาล ตอนล่างเป็นถังน้ำใส	1,059,670.00			
	1.10ระบบท่อส่งน้ำดิบ	1,151,920.00			
	1.11 ท่อถังสูงขนาด 100 ลบ.ม. สูง 30 ม.	1,600,000.00			
	1.12 ระบบท่อส่งน้ำดิบ	55,960.00			
	1.13 ระบบท่อจ่ายน้ำประปา	4,502,790.00			
	1.14 ค่าจัดหาและติดตั้งเครื่องสูบน้ำดิบพร้อมตู้ควบคุม	60,500.00			
	1.15 ค่าจัดหาและติดตั้งเครื่องสูบน้ำดีพร้อมตู้ควบคุม	62,170.00			
	1.16 ค่าจัดหาและติดตั้งเครื่องจ่ายสารละลายคลอรีน	12,400.00			
	รวมเป็นเงิน	8,869,378.00	1.2957	11,492,053.07	
สรุป	คิดเป็นเงินประมาณการ			11,492,000.00	

(เงินสิบเอ็ดล้านสี่หมื่นหนึ่งแสนเก้าหมื่นสองพันบาทถ้วน)

ตาราง ผข.5 แสดงราคางานระบบท่อจ่ายน้ำประปา กรณีศึกษาที่ 2

ลำดับ ที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		ค่าวัสดุและ ค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาต่อหน่วย	เป็นเงิน	ค่าราต่อหน่วย	เป็นเงิน		
	งานระบบท่อจ่ายน้ำประปา								
1	ท่อ HDPE PN 10 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 63 มม.	631	ม.	144.00	90,864.00	60.00	37,860.00	128,724.00	
2	ท่อ HDPE PN 10 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 90 มม.	305	ม.	232.00	70,655.60	75.00	22,841.25	93,496.85	
3	ท่อ HDPE PN 10 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 110 มม.	5,982	ม.	344.00	2,057,808.00	120.00	717,840.00	2,775,648.00	
4	ท่อ HDPE PN 10 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 125 มม.	74	ม.	438.00	32,412.00	120.00	8,880.00	41,292.00	
5	ค่าวัสดุข้อต่อ อุปกรณ์ท่อ (คิดเป็นร้อยละ 50 ของราคาท่อ)	50	ร้อยละ	2,251,739.60	1,125,869.80	-	-	1,125,869.80	
6	ค่าแรงติดตั้งข้อต่อ อุปกรณ์ (คิดเป็นร้อยละ 30 ของราคาท่อ)	30	ร้อยละ	-	0	1,125,869.80	337,760.94	337,760.94	
	รวมเงิน				3,377,609.40		1,125,182.19	4,502,791.59	
	คิดเป็นเงินค่างาน							4,502,790.00	
									(เงินสี่ล้านเก้าแสนสองหมื่นเก้าพันเจ็ดร้อยสามสิบเจ็ดบาทถ้วน)

ตาราง ผข.6 แสดงการคำนวณหาค่า Factor F กรณีศึกษาที่ 2

เงื่อนไข	ค่าจ้าง(ทุน)	ส่วนมาท	FACTOR F
เงินล่วงหน้าจ่าย	0.00%	<0.5	1.3074
ค่าประกันผลงาน ทัก	0.00%	1	1.3050
ดอกเบี้ยเงินกู้	6.00%	2	1.3035
ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT)	7.00%	5	1.3003
สูตรคำนวณหาค่า FACTOR F			10
			15
สูตรการหาค่า Factor F = D - $\left\{ \frac{[(D - E) \times (A - B)]}{(C - B)} \right\}$			20
			25
			30
			40
เมื่อ A - ค่าวัสดุและแรงงานต้นทุน	=	8,869,378.00	40
B - ค่างานตัวต่ำกว่าต้นทุน	=	5,000,000.00	50
C - ค่างานตัวสูงกว่าต้นทุน	=	10,000,000.00	60
D - Factor F ของค่างานตัวต่ำกว่าต้นทุน	=	1.3003	70
E - Factor F ของค่างานตัวสูงกว่าต้นทุน	=	1.2943	80
แทนค่า			90
1.3003	- (1.3003 - 1.2943) X (8,869,378.00 - 5,000,000.00)		100
	(10,000,000.00 - 5,000,000.00)		150
สรุปค่าต้นทุนงาน			200
	8,869,378.00 บาท		250
ค่า FACTOR F เท่ากับ			300
	1.2957		350
รวมเป็นมูลค่างานก่อสร้างทั้งสิ้น			400
	11,492,053.07		500
	11,492,000.00		>500
			1.1788

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้