

การศึกษาออกแบบการปรับปรุงขยายระบบประปาของอำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี

Rehabilitation and Extension Study for Water Supply System in Chombueng District of Ratchaburi Province

พนิดา สีมารุ และ ยุทธศักดิ์ อนันตเดชศักดิ์

สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพฯ 10530

E-mail: panidaja@gmail.com

Manuscript received April 24, 2019

Revised June 19, 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการปรับปรุงและขยายระบบประปาอำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี โดยในเบื้องต้นได้ทำการสำรวจพื้นที่โครงการ พบว่าเดิมที่อำเภอจอมบึง มีการจ่ายน้ำประปาด้วยน้ำบาดาลซึ่งประสบปัญหาคุณภาพน้ำไม่ดีประชาชนไม่นิยมบริโภค และยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ ภายหลังจึงได้หาแหล่งน้ำดิบแห่งใหม่ที่สามารถรองรับการขยายตัวของระบบประปาเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในอนาคตอีก 15 ปีข้างหน้า จากศึกษาพบว่าอ่างเก็บน้ำห้วยสำนักไม้เต็งซึ่งมีระยะทางห่างออกไปจากพื้นที่โครงการประมาณ 19 กิโลเมตร มีศักยภาพเพียงพอที่จะใช้ผลิตน้ำประปาได้ จึงได้พิจารณาการออกแบบโดยแยกออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีปรับปรุงและขยายระบบประปาโดยใช้น้ำดิบจากบ่อบาดาลร่วมกับน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำห้วยสำนักไม้เต็ง และ กรณีปรับปรุงขยายระบบประปาโดยใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำห้วยสำนักไม้เต็งเพียงแห่งเดียว จากการศึกษาพบว่ากรณีที่ปรับปรุงขยายระบบประปาโดยใช้น้ำดิบจากบ่อบาดาลร่วมกับน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำห้วยสำนักไม้เต็งนั้นเหมาะสมที่สุดในแง่ของเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากให้ค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน 15 ปี เท่ากับ 0.95 ซึ่งใกล้เคียง 1.0 มากที่สุด โดยจะต้องเพิ่มกำลังการผลิตจาก 150 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เป็น 250 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และปรับเปลี่ยนเส้นท่อบางส่วนให้มีความเหมาะสมกับกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นเพื่อให้ค่าพารามิเตอร์ของการไหลในท่อเป็นไปตามเกณฑ์การออกแบบ

คำสำคัญ: ปรับปรุงประปา, อ่างเก็บน้ำ, กำลังการผลิต

ABSTRACT

The aim of this study is to determine a fundamental appropriation for a rehabilitation and extension of water supply in Chombueng District, Ratchaburi Province. A primary survey demonstrated that Chombueng District has been supplied by ground water. With this unqualified water supply, community did not desire for any consumptions. In order to achieve an adequate need in the next 15 years, other raw water has been determined for supporting the extension of the water supply. Huai Mai Teng reservoir, where locates approximately 19 kilometer away from the project area, has a potential to supply an adequate raw water. This study has been divided into two cases. The first case was implemented by utilizing raw water from both ground water and Huai Mai Teng reservoir. Another case applied to Huai Mai Teng reservoir solely. As the result, the first case was economically indicated as the most appropriate alternative by providing a benefit-cost ratio of 0.95 with duration of 15 years. However, this case required an enhancing of daily capacity from 150 to 250 cubic meters. Some pipe sizes have been adjusted regarding a design criteria

Keywords: Rehabilitation, reservoir, capacity

1. บทนำ (Introduction)

ในการก่อสร้างระบบประปา วิศวกรผู้ออกแบบจะออกแบบระบบประปาให้รองรับความต้องการใช้น้ำได้น้อยประมาณ 15 ปี แต่ในความเป็นจริงเมื่อระบบประปาได้เปิดให้บริการไประยะหนึ่งอาจเกิดปัญหาขึ้น เนื่องจากชุมชนมีความเจริญขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าแผนแม่บทที่ศึกษาไว้ [1] ด้วยสาเหตุดังกล่าวจึงทำให้ต้องมีการดำเนินการปรับปรุงและขยายระบบประปาเดิมที่มีปัญหาให้กลับมาใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำทั้งปัจจุบันและอนาคต ระบบประปาของอำเภोजอมบึงก็เป็นหนึ่งในระบบประปาที่เดิมทีประสบปัญหาคุณภาพน้ำบาดาลไม่เหมาะสมที่จะใช้อุปโภคบริโภค เนื่องจากมีความกระด้างค่อนข้างสูงระบบท่อจ่ายน้ำส่วนใหญ่ใช้งานมานานใกล้หมดอายุและมีการรั่วซึมค่อนข้างสูง แนวท่อบางแห่งถูกฝังลึกยากแก่การซ่อมแซม ทั้งยังไม่มีระบบจ่ายน้ำที่มีประสิทธิภาพ ทำให้ไม่สามารถให้บริการได้อย่างทั่วถึงภายหลังจึงได้ปรับปรุงโดยใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำห้วยสำนักไม้เต็งซึ่งตั้งอยู่ห่างออกไปจากการประปาประมาณ 19 กิโลเมตร ในเขตตำบลน้ำพุ อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี เป็นโครงการที่อยู่ในการควบคุมดูแลของกรมชลประทาน โดยสภาพปัจจุบันหน่วยบริการประปาจอมบึงนั้นตั้งอยู่ห่างจากจังหวัดราชบุรีไปทางทิศตะวันตกประมาณ 30 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งมีประชากรในเขตเทศบาล 32,320 คน มีจำนวนหลังคาเรือน 10,100 หลังคาเรือนพื้นที่ 8.5 ตารางกิโลเมตร เป็นที่อยู่อาศัยประมาณ 70% ธุรกิจขนาดเล็กประมาณ 26% และหน่วยงานราชการและรัฐวิสาหกิจ 4% โดยมีกำลังผลิตของระบบประปาปัจจุบันประมาณ 150 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ปริมาณน้ำสูญเสีย 30 % จ่ายน้ำโดยใช้ท่อถึงสูง 20 เมตรที่มีความจุขนาด 50 ลูกบาศก์เมตร ตั้งอยู่บริเวณที่ว่าการอำเภोजอมบึง แม้ว่าจากแผนแม่บทพัฒนาแหล่งน้ำพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง ทำจีนเพชรบุรี ชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์ ของการประปาส่วนภูมิภาค ในปี พ.ศ.2557 [1] ที่ได้ศึกษาไว้เห็นว่าสำหรับการประปาจอมบึงนั้นที่กำลังการผลิต 150 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง โดยใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำห้วยสำนักไม้เต็งเพียงแห่งเดียวน่าจะเพียงพอต่อความต้องการจนถึงปี พ.ศ. 2562 แต่เนื่องจากการขยายตัวทางด้านการท่องเที่ยวมากกว่าที่คาดการณ์ไว้ทำให้มีปัญหาเรื่องการผลิตน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน ทางกรมประปาจอมบึงจึงได้ใช้น้ำดิบจากบ่อบาดาล 2 บ่อที่กระจายอยู่ตามที่ต่าง ๆ ด้วยอัตราสูบ 30-50 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง มาช่วยเสริมวันละ 3 ถึง 5 ชั่วโมง

จากประเด็นปัญหาดังกล่าว การศึกษาในครั้งนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาแนวโน้มความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นเพื่อรองรับการขยายตัวของพื้นที่ให้บริการในอนาคต 15 ปีข้างหน้า พร้อมทั้งสำรวจออกแบบระบบประปาเบื้องต้นเพื่อศึกษาหาแนวทางที่เหมาะสมทั้งใน



รูปที่ 1 ที่ตั้งอำเภोजอมบึง

และวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์ ในการปรับปรุงและขยายระบบประปาให้มีความเพียงพอต่อการขยายตัวทางด้านชุมชนและการท่องเที่ยวที่เพิ่มมากขึ้นของเทศบาลตำบลจอมบึงอำเภोजอมบึง

2. วิธีการศึกษา

การศึกษาค้นคว้าได้วางขอบเขตและวิธีการศึกษาไว้ดังนี้

- 2.1 ศึกษาสภาพทางเศรษฐกิจและสังคม แผนการพัฒนาของเมืองในระดับภาคระดับจังหวัด และระดับท้องถิ่น แผนการท่องเที่ยว ผังเมือง รวมทั้งแผนการพัฒนาแหล่งน้ำและอื่นๆที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการขยายเขตพื้นที่ให้บริการในอนาคต
- 2.2 ศึกษาประปาปัจจุบันโดยรวบรวม ทบทวน และสรุปข้อมูลต่าง ๆ พร้อมทั้งพิจารณาความเหมาะสมในการปรับปรุงขยายระบบประปาเพื่อรองรับการขยายตัวของพื้นที่ให้บริการในอนาคต
- 2.3 ประเมินหาความต้องการใช้น้ำจากลักษณะและประเภทของผู้ใช้น้ำในพื้นที่จ่ายน้ำครอบคลุมการบริการในระยะเวลา 15 ปีข้างหน้า
- 2.4 ศึกษาสำรวจและออกแบบเบื้องต้น โดยการสำรวจพื้นที่ทั้งสถานที่ตั้งโรงสูบน้ำ โรงกรองและท่อส่งจ่ายน้ำ เพื่อใช้ในการออกแบบและวิเคราะห์โครงข่ายน้ำประปาเพื่อให้เหมาะสมและเป็นไปตามเกณฑ์การออกแบบ รวมถึงการพิจารณาความเหมาะสมในแง่ของเศรษฐศาสตร์ประกอบด้วย

3. การประเมินความต้องการใช้น้ำในอนาคต

จำนวนประชากรในเขตพื้นที่ให้น้ำเดิมของการประปาอำเภोजอมบึง เป็นพื้นที่ที่อยู่ในเขตเทศบาลของอำเภोजอมบึง ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 4 หมู่บ้านด้วยกันคือ หมู่1 หมู่2 หมู่3 หมู่4 บางส่วนและองค์การบริหารส่วนตำบลจอมบึง ซึ่งมีจำนวนประชากรรวมในเขตเทศบาล 32,320 คน มีจำนวนหลังคาเรือน 10,100 หลังคาเรือนขนาดครัวเรือนเฉลี่ย 3.2 คน ซึ่งเป็นขนาดปกติธรรมดาของชุมชนที่มีการรวมกลุ่มทั่วไป ลักษณะชุมชนและการใช้ที่ดินในเขตพื้นที่ให้น้ำเดิมเป็นชุมชนนั้นมีลักษณะเป็นแนวยาวเกาะกลุ่มสองฟากถนนโดยที่ฟากอาศัยประเภทบ้านเดี่ยว อาคารร้านค้าที่เป็นเรือนแถวประกอบการค้าปลีกสินค้าอุปโภค และตลาด นอกจากบ้านพักอาศัยร้านค้าแล้ว ยังมีบริการสาธารณะ ได้แก่ โรงเรียน วิทยาลัย วัดสถานที่ราชการ สถานที่ท่องเที่ยว

การศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณความต้องการใช้น้ำ ได้ใช้องค์ประกอบต่าง ๆ นำมาทำนายความต้องการใช้น้ำในอนาคตในแต่ละปีดังนี้ จำนวนประชากร ขนาดของครอบครัว จำนวนผู้ใช้น้ำประเภทที่อยู่อาศัย ปริมาณน้ำประปาที่ต้องการจากลูกค้าประเภทอยู่อาศัย ปริมาณน้ำที่ต้องการจากกลุ่มที่ไม่ใช่ผู้อยู่อาศัย และการสูญเสียในระบบจ่ายน้ำ

เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าประชากรในพื้นที่บางส่วนไม่ได้ใช้น้ำของระบบประปาในการอุปโภคและบริโภค ดังนั้นจึงต้องคำนวณหา Service Factor (หมายถึง อัตราส่วนระหว่างจำนวนประชากรที่ได้รับบริการน้ำประปาต่อจำนวนประชากรทั้งหมดในพื้นที่นั้น ๆ) เพื่อนำประเมินหาค่าความต้องการใช้น้ำต่อไป โดยการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ฐานการคำนวณในปี พ.ศ. 2560 เป็นเกณฑ์ พบว่าค่า Service Factor ของประปาจอมบึงมีค่าเท่ากับ 20.1 %

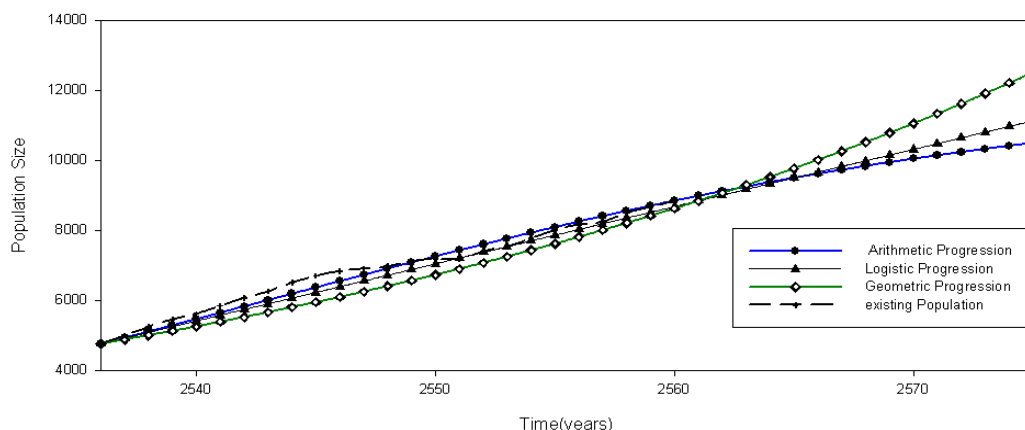
ในส่วนของการคาดการณ์ใช้น้ำในปัจจุบันของคนในพื้นที่โดยเฉลี่ยมีค่า 150 ลิตรต่อคนต่อวัน จากการศึกษาคาดการณ์ว่าในอนาคตต้องมีการใช้น้ำเพิ่มขึ้นอย่างแน่นอนด้วยเหตุผลหลายประการ เช่น

- ปริมาณน้ำใช้จะไม่ขาดแคลนอีกต่อไป
- การประเมินความเจริญทางเศรษฐกิจของตำบลจอมบึงเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้มีการเพิ่มรายได้ของประชาชนในท้องถิ่นและมีกำลังจ่ายค่าน้ำมากขึ้น
- มีการเพิ่มปริมาณน้ำใช้ต่อคนมากขึ้น

ดังนั้นจึงคาดว่าอัตราการใช้น้ำจะถึงเกณฑ์มาตรฐานทั่วไปคือ 200 ลิตรต่อคนต่อวัน [1] ในอีก 15 ปีข้างหน้า เนื่องจากอำเภोजอมบึงเป็นที่ตั้งของมหาวิทยาลัยราชภัฏ พร้อมทั้งมีการขยายตัวด้านการท่องเที่ยวเป็นอย่างมาก

ส่วนอัตราการเจริญเติบโตของจำนวนประชากรในเขตพื้นที่โครงการนั้นได้นำข้อมูลย้อนหลัง 24 ปี จากปี พ.ศ. 2536 จนถึงปี 2560 มาใช้ทำนายการเจริญเติบโตของประชากรไปอีก 15 ปี (2575) การศึกษาได้เลือกสมการที่ใช้ในการคาดการณ์จำนวนประชากรไว้ 3 วิธี คือ วิธี Logistic Progression วิธี Arithmetic Progression และวิธี Geometric Progression จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Fit-curve ดังแสดงผลการคำนวณไว้ในรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่าวิธี Logistic Progression จะให้ค่า r ใกล้เคียง 1 มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของการคาดประมาณประชากรของประเทศไทย พ.ศ.2553 ถึง 2583 โดยสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ [2] พบว่าจำนวนประชากรในพื้นที่จังหวัดราชบุรีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 0.8 ต่อปีเท่านั้น

โดยมีผลของจำนวนผู้ใช้น้ำและความต้องการใช้น้ำที่เปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา 5 ปี จนกระทั่งถึง พ.ศ. 2575 ดังแสดงได้แสดงไว้ในตารางที่ 1



รูปที่ 2 ผลของการคำนวณการคาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคต

ตารางที่ 1 ประเมินความต้องการใช้น้ำ

พ.ศ.	อัตราการใช้น้ำ (ลบ.ม./คน/วัน)	จำนวนผู้ใช้น้ำ (ราย)	ความต้องการ ใช้น้ำ (ลบ.ม./วัน)
2555	0.15	1,776	1,773
2560	0.15	2,020	2,017
2565	0.18	2,966	3,554
2570	0.18	3,221	1,859
2575	0.20	3,476	4,627

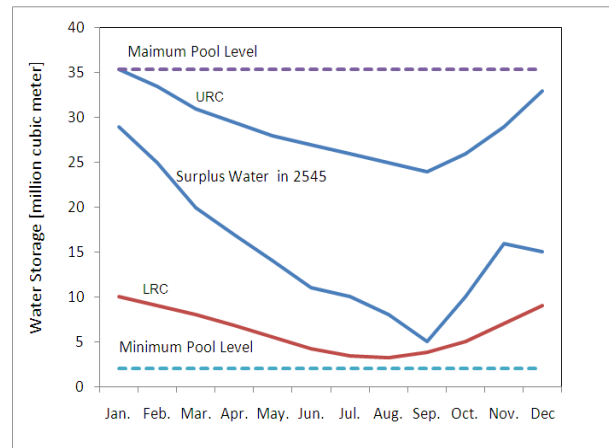
4. ศึกษาศักยภาพแหล่งน้ำดิบ

แหล่งน้ำดิบเดิมที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาในพื้นที่โครงการเป็นแหล่งน้ำใต้ดิน ที่ได้จากการขุดบ่อบาดาล 5 บ่อ แต่ประสบปัญหาเนื่องจากมีความกระด้างค่อนข้างสูง ประชาชนไม่นิยมบริโภค จากการสำรวจพบว่าอ่างเก็บน้ำห้วยสำนักไม้เต็งซึ่งมีระยะทางห่างประมาณ 19 กิโลเมตร จากพื้นที่โครงการเพียงแห่งเดียวที่น้ำจะมีศักยภาพเพียงพอที่จะใช้เป็นแหล่งน้ำดิบในการผลิตน้ำประปาได้

โดยข้อมูลทั่วไปของอ่างเก็บน้ำห้วยสำนักไม้เต็ง นั้นเป็นงานก่อสร้างชลประทานขนาดกลาง งบประมาณไม่เกิน 500 ล้านบาท โดยการทำนาค้นดินปิดกั้นลำห้วยสำนักไม้เต็ง ที่ตำบลน้ำพุ อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี มีพื้นที่รับน้ำฝนประมาณ 99 ตารางกิโลเมตร (ประมาณ 125,000 ไร่) ฝนเฉลี่ยทั้งปีประมาณ 1,233 มิลลิเมตร สามารถรับฝนจากเขารางบัวและเขาพะเนียง ปริมาณน้ำไหลลงอ่างในเกณฑ์เฉลี่ยประมาณ 71 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี กักเก็บน้ำอยู่ระดับ 71.3 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ความจุของอ่างประมาณ 36 ล้านลูกบาศก์เมตร พื้นที่กักเก็บน้ำประมาณ 5,000 ไร่ ก่อสร้างทำนบดิน 2 แห่ง ตัวทำนบดินปิดลำห้วยยาวประมาณ 2,000 เมตร และทำนบดินปิดช่องเขาต่ำ 920 เมตร ทำนบดินสูงที่สุด 17.00 เมตร กว้างที่สุด 104.00 เมตร สันเขื่อนลาดยางกว้าง 6 เมตร

จากการศึกษาวิเคราะห์สมมูลของปริมาณน้ำเข้าออกของอ่างเก็บน้ำรวมถึงการพิจารณาข้อมูลปริมาณน้ำฝน นั้นได้นำปริมาณน้ำเฉลี่ยใช้ของปี พ.ศ.2545 ซึ่งเป็นปีที่แห้งแล้งที่สุด มาทำการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ควบคุมน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve) และเกณฑ์ควบคุมน้ำต่ำสุด (Lower Rule Curve) ที่ได้จัดทำตามแผนการปรับปรุงเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำขนาดกลางของกรมชลประทานซึ่งได้ศึกษาไว้ในปี พ.ศ.2555 [3] ดังแสดงข้อมูลปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยในแต่ละเดือนไว้ในรูปที่ 3 พบว่าเดือนที่มีปริมาณน้ำน้อยที่สุดคือเดือนมิถุนายน หลังจากปล่อยน้ำให้พื้นที่การเกษตรได้ตามความต้องการแล้วยังมีน้ำในอ่างเก็บน้ำเหลือ 4,917,866 ลูกบาศก์เมตรซึ่งเพียงพอที่จะใช้ผลิตน้ำประปา โดย

วิเคราะห์จากจำนวนประชากรที่ต้องการใช้น้ำใน 15 ปี ข้างหน้าประมาณ 11,123 คน มีความต้องการใช้น้ำเพียง 138,818 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน เท่านั้นแสดงให้เห็นว่าอ่างเก็บน้ำห้วยสำนักไม้เต็งมีปริมาณน้ำมากเพียงพอที่จะใช้เป็นแหล่งน้ำดิบในขบวนการผลิตน้ำประปา



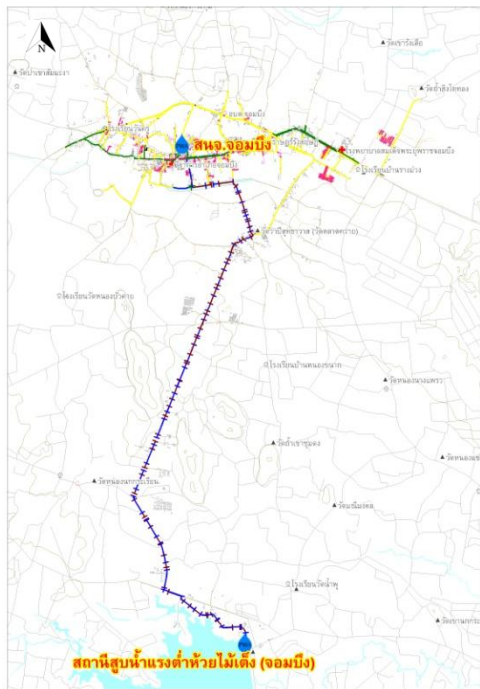
รูปที่ 3 ปริมาณน้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยสำนักไม้เต็งรายเดือน



รูปที่ 4 การสำรวจเพื่อใช้ในการออกแบบท่อส่งน้ำดิบ

5. การสำรวจออกแบบท่อส่งน้ำดิบ

การศึกษานี้ได้ทำการสำรวจแนวท่อส่งน้ำดิบในภาคสนามดังแสดงในรูปที่ 4 โดยได้เลือกวางท่อตามถนนสายทางหลวงหมายเลข 4026 โดยการถ่ายระดับจากระดับผิวหน้าในอ่างเก็บน้ำมายังโรงกรองน้ำที่ตั้งอยู่ในบริเวณสำนักงานการประปาของอำเภोजอมบึง ซึ่งอยู่ภายใต้การดำเนินงานของการประปาส่วนภูมิภาค โดยมีแนวท่อส่งน้ำดังแสดงในรูปที่ 5 จากการสำรวจพบว่าอ่างเก็บน้ำห้วยสำนักไม้เต็งตั้งอยู่ห่างออกไปประมาณ 19 กิโลเมตร จากการประปาอำเภोजอมบึง มีค่าต่างระดับประมาณ 15 เมตร



รูปที่ 5 แนววางท่อน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำห้วยสำนักไม้เต็ง

ส่วนแนวทางการออกแบบขนาดท่อส่งจ่ายน้ำดิบและขนาดของปั๊มจากการสำรวจ นั้นได้ใช้โปรแกรม Water Cad เพื่อช่วยในการคำนวณการออกแบบ โดยจะแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีปรับปรุงและขยายระบบประปาโดยใช้น้ำดิบจากบ่อบาดาลร่วมกับน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำห้วยสำนักไม้เต็ง และกรณีปรับปรุงและขยายระบบประปาโดยใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำห้วยสำนักไม้เต็งเพียงอย่างเดียว ผลการออกแบบระบบส่งน้ำดิบทั้ง 2 กรณีได้ข้อสรุปดังนี้

1 กรณีสูบน้ำดิบจากบ่อบาดาลร่วมกับน้ำจากอ่างเก็บน้ำห้วยสำนักไม้เต็ง ผลการออกแบบนั้นจะต้องใช้ปั๊มขนาด 20 แรงม้า สูบน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำด้วยอัตราสูบ 120 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง วางท่อน้ำดิบด้วยท่อ HDPE ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 250 มิลลิเมตร ความยาวรวมทั้งหมด 19,617 เมตร ส่วนผลของการวิเคราะห์แนวท่อส่งน้ำดิบพบว่าความดัน ที่ตำแหน่งต่างๆอยู่ในช่วง 13-18 เมตร ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมและอยู่ในเกณฑ์ของการออกแบบ

2 กรณีสูบน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำห้วยสำนักไม้เต็งเพียงอย่างเดียว ผลการออกแบบนั้นจะต้องใช้ปั๊มขนาด 35 แรงม้า สูบน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำด้วยอัตราสูบ 180 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง วางท่อน้ำดิบด้วยท่อ HDPE ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มิลลิเมตร ความยาวรวมทั้งหมด 19,617 เมตร โดยได้แสดงตัวอย่างผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรมไว้ในรูปที่ 6

Link Label	Length (m)	Diameter (mm)	Discharge (l/s)	Headloss (m)	Friction Slope (%)
P-1	25.000	300	48.000	0.068	0.270
P-2	714.200	300	48.000	1.929	0.270
P-3	815.080	300	48.000	2.202	0.270
P-4	262.200	300	48.000	0.708	0.270
P-5	245.960	300	48.000	0.664	0.270
P-6	1,357.220	300	48.000	3.666	0.270
P-7	1,042.952	300	48.000	2.817	0.270
P-8	1,766.532	300	48.000	4.771	0.270
P-9	495.180	300	48.000	1.337	0.270
P-10	2,651.010	300	48.000	7.160	0.270
P-11	2,955.024	300	48.000	7.982	0.270
P-12	1,192.220	300	48.000	3.220	0.270
P-13	6,095.550	300	48.000	16.464	0.270

รูปที่ 6 ผลของการออกแบบท่อน้ำดิบในกรณีใช้น้ำดิบจากบ่อบาดาลร่วมกับน้ำจากอ่างเก็บน้ำห้วยสำนักไม้เต็ง

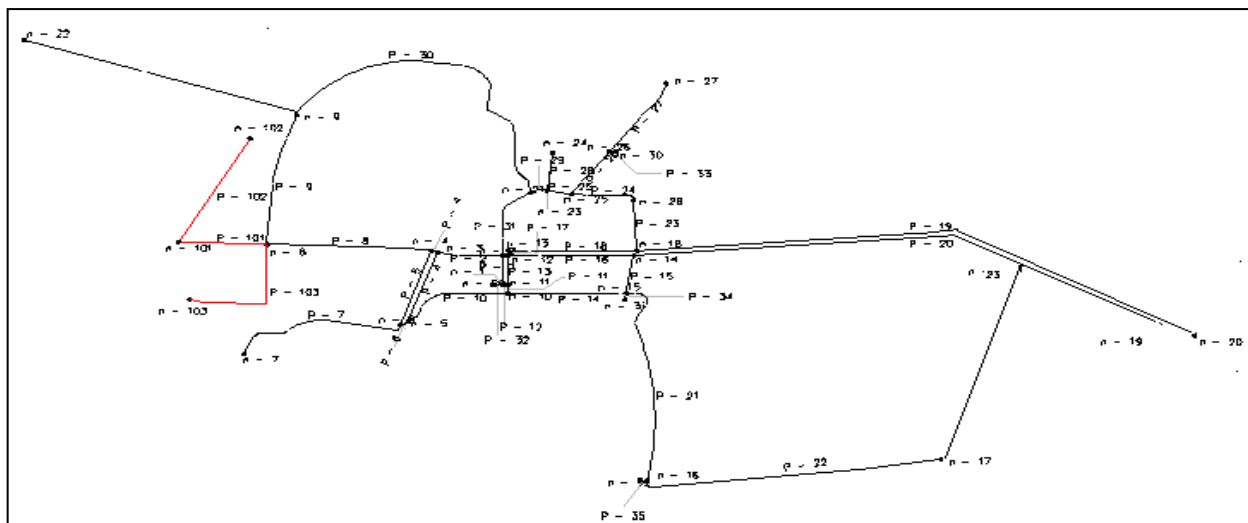
ทั้ง 2 กรณีผลของค่าระดับจากอ่างเก็บน้ำห้วยสำนักไม้เต็งจนถึงการประปามีลักษณะสูงๆต่ำๆอยู่หลายช่วงดังนั้นจึงจำเป็นต้องติดตั้ง Blow off เพื่อป้องกันท่อตันอันเกิดจากตะกอนของน้ำที่ยังไม่ผ่านการบำบัด พร้อมกันนี้จะต้องติดตั้งประตูน้ำไว้ทุก ๆ 3 กิโลเมตร ตามเกณฑ์การออกแบบ รวมถึงติดตั้ง Air Valve เพื่อป้องกัน Water Hammer และปรากฏการณ์ Cavitation ส่วนตำแหน่งของการติดตั้ง Air Valve ได้พิจารณาไว้ตามเกณฑ์การออกแบบ

6. การวิเคราะห์โครงข่ายท่อจ่ายน้ำประปา

การวิเคราะห์โครงข่ายท่อประปา ซึ่งจะต้องใช้ข้อมูลของระบบท่อประปาที่มีอยู่เดิมเช่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ ความยาวและค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของท่อ รวมถึงระบบของการจ่ายน้ำ เพื่อคำนวณค่าความเร็ว อัตราการไหลและค่าความดันในท่อ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าต่างๆให้เป็นไปตามเกณฑ์การออกแบบพบว่าระบบโครงข่ายท่อจ่ายน้ำประปาเดิม มีการจ่ายน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการและท่อบางช่วงก็เก่าจนชำรุดเสียหาย ดังแสดงให้เห็นจากค่าความเร็วที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่าค่อนข้างต่ำในรูปที่ 7

PIPE NO.	FROM Node	TO Node	LENGTH (M)	DIA (MM)	HWC	FLOW (LPS)	VELOCITY (MPS)	HEADLOSS (M/KM)	HEADLOSS (M)
1	2	1	85.00	150	120	1.69	0.1010	0.12	0.01
2	2	3	180.00	150	120	5.06	0.2910	0.88	0.16
3	3	4	20.00	150	120	4.26	0.2410	0.64	0.01
4	3	5	250.00	100	100	0.80	0.1010	0.29	0.07
5	4	6	270.00	100	120	0.91	0.1210	0.27	0.07
6	5	6	20.00	100	120	1.43	0.1810	0.62	0.01

รูปที่ 7 ผลการวิเคราะห์ท่อของโครงข่ายท่อประปาในสภาพปัจจุบัน



รูปที่ 8 แผนที่โครงข่ายท่อประปาภายหลังจากปรับปรุงขยาย

ในส่วนการวิเคราะห์โครงข่ายท่อประปาในกรณีที่ได้ทำการปรุงขยายท่อส่งน้ำ ริมถนนบายพาสฝั่งซ้าย, ขอยเทศบาล 8 และบริเวณหมู่ที่ 13 ตามแผนโครงการวางท่อขยายเขตจ่ายน้ำของการประปาภูมิภาคเขต 3 [4] โดยได้ทำการเพิ่มกำลังการผลิตจาก 150 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เป็น 250 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ตามความต้องการใช้ในอนาคตและได้ทำการเปลี่ยนขนาดท่อบางส่วนให้มีความเหมาะสมตามเกณฑ์การออกแบบ ดังได้แสดงผลจากวิเคราะห์โครงข่ายท่อประปาของพื้นที่ส่งน้ำทั้งหมดไว้ในรูปที่ 8

จากผลของการวิเคราะห์โครงข่ายจะเห็นว่าค่าความเร็วที่ได้จากการวิเคราะห์ดังแสดงในรูปที่ 9 นั้นมีค่าสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์โครงข่ายท่อประปาในสภาพปัจจุบัน (รูปที่ 7) โดยที่ความเร็วที่อยู่ในช่วง 0-0.1 เมตรต่อวินาที มีเพียงร้อยละ 2.6 ความเร็วที่อยู่ในช่วง 0.1-0.2 เมตรต่อวินาที คิดเป็นร้อยละ 15.8 ความเร็วที่อยู่ในช่วง 0.2-0.3 เมตรต่อวินาที คิดเป็นร้อยละ 18.3 ส่วนช่วงความเร็วที่เหมาะสมตามเกณฑ์การออกแบบคืออยู่ในช่วง 0.3-3 เมตรต่อวินาที มีถึงร้อยละ 63.3 ของความเร็วที่เกิดขึ้นในเส้นท่อ แสดงว่าภายหลังจากการปรับปรุงและขยายระบบประปาสามารถลดปัญหาเรื่องความเร็วของการไหลในโครงข่ายท่อประปาได้

ส่วนค่าการกระจายความดันในกรณีที่ได้ทำการปรับปรุงประปาขยายนั้นอยู่ในช่วง 12 ถึง 18 เมตร ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์การออกแบบ ดังแสดงตัวอย่างผลการวิเคราะห์ไว้ใน รูปที่ 10

PIPE NO.	FROM Node	TO Node	LENGTH (M)	DTA (MM)	HMC	FLOW (LPS)	VELOCITY (MPS)	HEADLOSS (M/KM)	HEADLOSS (M)
1	1	2	85.00	150	120	8.14	0.46	2.13	0.18
2	2	3	180.00	150	120	11.41	0.65	3.97	0.71
3	3	4	20.00	150	120	9.19	0.52	2.66	0.05
4	3	5	250.00	150	100	2.22	0.28LO	1.94	0.48
5	4	6	270.00	150	120	2.57	0.33	1.82	0.49
6	5	6	20.00	150	120	3.36	0.43	2.98	0.06

รูปที่ 9 ผลการวิเคราะห์ท่อของโครงข่ายท่อประปาภายหลังจากการ

NODE NO.	FLOW (LPS)	ELEVATION (M)	H G L (M)	PRESSURE (M)
1	0.000	0.00	19.92	19.92
2	-0.454	0.00	19.74	19.74
3	0.000	0.00	19.03	19.03
4	-0.281	0.00	18.97	18.97
5	-2.808	0.00	18.54	18.54
6	-3.120	0.00	18.48	18.48
7	-2.808	0.00	16.32	16.32
8	-0.187	0.00	18.30	18.30

ปรับปรุงขยาย

รูปที่ 10 ผลการวิเคราะห์โหนดโครงข่ายท่อประปาภายหลังจากการปรับปรุงขยาย

7. การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

วิธีอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน ตามแผนของฝ่ายยุทธศาสตร์องค์กร การประปาส่วนภูมิภาค [5] ซึ่งเป็นวิธีวิเคราะห์วิธีหนึ่งที่ผู้วิเคราะห์โครงการนิยมนำมาใช้เพื่อตัดสินใจเลือกวิธีการดำเนินงานของโครงการ วิธีการดำเนินงานที่เลือกนี้ก็คือ วิธีที่ให้ผลประโยชน์ที่ดีที่สุด ผลประโยชน์ของโครงการหมายถึงสิ่งที่เป็นประโยชน์ที่ได้รับเพิ่มขึ้นทั้งในด้านทรัพย์สินและสวัสดิการจากโครงการเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพที่ไม่มีการดำเนินงานโครงการ การคำนวณผลประโยชน์ของโครงการจึงต้องรวมผลประโยชน์ที่ลดลงเข้ากับผลประโยชน์ที่เพิ่มขึ้นจากโครงการ ตามสูตรในสมการที่ 1[5]

$$B = B_p + B_N \quad (1)$$

โดยที่ B คือ ผลประโยชน์ของโครงการ
 B_p คือ ผลรวมของผลประโยชน์ที่เพิ่มขึ้น
 B_N คือ ผลรวมของผลประโยชน์ที่ลดลง ดังนั้น B_N จึงมีเครื่องหมายลบ

เงินลงทุนโครงการหมายถึง ค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดโครงการ เงินลงทุนโครงการจึงเป็นผลรวมของค่าใช้จ่ายลงทุนเริ่มแรกของโครงการ เช่น ค่าก่อสร้างและดอกเบี้ยระหว่างการก่อสร้าง ค่าใช้จ่ายสำหรับการดำเนินงาน เช่น ค่าจ้าง ค่าบำรุงรักษา ค่าใช้จ่ายอื่นๆของโครงการตลอดจนค่าใช้จ่ายสำหรับการดำเนินงานอื่นเนื่องมาจากผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของโครงการ เช่น ค่าชดเชยการย้ายถิ่นฐาน ค่าใช้จ่ายเพื่อแก้ไขปัญหาผลกระทบ เป็นต้น เงินลงทุนโครงการจึงสามารถคำนวณได้ตามสูตรในสมการที่ 2

$$C = C_{PP} + C_{PR} + C_{EI} \quad (2)$$

โดยที่ C คือ เงินลงทุนของโครงการ
 C_{PP} คือ เงินลงทุนเพื่อการดำเนินงานตามจุดหมายต่างๆของโครงการ
 C_{PR} คือ เงินลงทุนที่สัมพันธ์กับโครงการโดยผลตอบแทน
 C_{EI} คือ ค่าใช้จ่ายอันเนื่องมาจาก ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การคำนวณอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน จะต้องเปลี่ยนรายได้และรายจ่ายทั้งหมดทั้งผลประโยชน์และเงินลงทุน เป็นค่าเงินปัจจุบัน ผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนคำนวณได้ จากสูตรสมการที่ 3

$$B/C = \frac{B_0 + \sum_{t=1}^n (P/F, i\%, t) B_t}{I + \sum_{t=1}^n (P/F, i\%, t) C_t} \quad (3)$$

โดยที่ B_0 คือ ผลรวมของผลประโยชน์ปีปัจจุบัน
 B_P คือ ผลรวมของผลประโยชน์ของโครงการปี ที่ t
 C_t คือ ผลรวมของค่าใช้จ่ายปีที่ t
 I คือ ค่าใช้จ่ายเมื่อเริ่มโครงการ

วิธีอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนเป็นวิธีที่มีประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ แต่ข้อเสียของวิธีนี้คือในบางกรณีผู้ที่ทำการวิเคราะห์จะต้องประสบปัญหาที่จะเลือกกำหนดผลของโครงการเป็นค่าใช้จ่ายหรือกำหนดเป็นผลประโยชน์ที่ลดลง อาจทำให้การตัดสินใจเลือกวิธีการดำเนินงานต่างจากวิธีอื่นๆ

จากผลของการสำรวจและออกแบบปรับปรุงประปาขยายสามารถนำมาประมาณราคาค่าดำเนินการในกรณีที่ใช้น้ำดิบจากบ่อบาดาลเติมน้ำร่วมกับน้ำจากอ่างเก็บน้ำ นั้นต้องใช้งบประมาณทั้งสิ้น 30 ล้านบาท ดังแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 2

ส่วนกรณีที่ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำเพียงแห่งเดียวจะต้องใช้งบประมาณทั้งสิ้น 41 ล้านบาท เมื่อนำงบประมาณค่าลงทุนและค่าดำเนินการทั้ง 2 กรณี มาทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธีอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน ผลสรุปว่ากรณีของการปรับปรุงและขยายระบบประปาโดยใช้น้ำดิบจากบ่อบาดาลร่วมกับอ่างเก็บน้ำ ให้ค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนที่ 10 และ 15 ปี เท่ากับ 0.83 และ 0.95 ตามลำดับ และกรณีปรับปรุงและขยายระบบประปาโดยใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำเพียงแห่งเดียว มีค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนที่ 10 และ 15 ปี เท่ากับ 0.80 และ 0.89 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ากรณีของการปรับปรุงและขยายระบบประปาโดยใช้น้ำดิบจากบ่อบาดาลร่วมกับอ่างเก็บน้ำ ให้ค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน 15 ปี ใกล้เคียง 1.0 ที่สุด ดังนั้นในแง่เศรษฐศาสตร์เห็นว่าโครงการนี้ควรปรับปรุงประปาขยายโดยใช้แหล่งน้ำจากบ่อบาดาลเติมน้ำร่วมกับอ่างเก็บน้ำห้วยสำนักไม้เต็งเป็นน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปาให้กับอำเภोजอมบึง

ตารางที่ 2 รายละเอียดงบประมาณการปรับปรุงและขยายระบบประปากรณีใช้น้ำดิบจากบ่อบาดาลร่วมกับอ่างเก็บน้ำ

	รายการ	ราคารวม(บาท)
1	ระบบน้ำดิบ	
1.1	โรงสูบน้ำแรงต่ำ	500,000
1.2	ติดตั้งเครื่องสูบน้ำขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า 20 HP	300,000
1.3	วางท่อน้ำดิบ HDPE Ø 250 มม.	11,377,860
1.4	ประสานท่อภายในโรงสูบน้ำแรงต่ำและท่อทางดูด	500,000
	รวม	12,677,860
2.	ระบบผลิต	
2.1	ก่อสร้างระบบผลิตประปาแบบกรองเร็วขนาด 100 ลบ.ม./ชม.	7,000,000
2.2	ถังน้ำใสขนาด 1,000 ลบ.ม.	5,000,000
2.3	โรงสูบน้ำแรงสูงขนาด 7 X 12 ม.	1,000,000
2.4	โรงเก็บจ่ายสารเคมีขนาด 7 x 15 ม.	1,000,000
2.5	ติดตั้งเครื่องจ่ายสารเคมีพร้อมชุดถังกวน	400,000
2.6	ติดตั้งเครื่องจ่ายแก๊สคลอรีน พร้อมอุปกรณ์รัย	500,000
2.7	ประสานท่อภายในบริเวณประปา	500,000
	รวม	15,400,000
3.	ระบบจ่ายน้ำ	
3.1	วางท่อจ่ายน้ำ PVC ขนาด Ø 100 มม. ชั้น 8.5	331,500
3.2	มาตรวัดน้ำขนาด Ø 6"	140,000
	รวม	471,500
4.	อื่นๆ	500,000
5.	รวมทั้งสิ้น	29,049,360

หมายเหตุ : ไม่ได้คิดราคาน้ำดิบรวมไปด้วย

8. สรุปผลการศึกษา

เนื่องจากเดิมที่การประปาของอำเภอจอมบึงประสบปัญหาคุณภาพของน้ำดิบที่ได้จากบ่อบาดาลมีความกระด้างค่อนข้างสูงไม่เหมาะสมที่จะใช้อุปโภคบริโภค ระบบท่อจ่ายน้ำส่วนใหญ่ใช้งานมานานและมีการรั่วซึมค่อนข้างสูง แนวท่อบางแห่งถูกฝังลึกยากแก่การซ่อมแซม ทั้งยังระบบจ่ายน้ำไม่มีประสิทธิภาพ ทำให้ไม่สามารถให้บริการได้อย่างทั่วถึง เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวภายหลังได้ใช้น้ำดิบเพียงแห่งเดียวจากอ่างเก็บน้ำห้วยสำนักไม้เต็งที่ตั้งอยู่ในตำบลน้ำพุ

อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี ห่างจากพื้นที่โครงการ 19 กิโลเมตร ความจุประมาณ 36 ล้านลูกบาศก์เมตร มีศักยภาพเพียงพอที่จะนำมาใช้ปรับปรุงขยายระบบประปา แต่เนื่องจากการขยายตัวทางด้านการท่องเที่ยวมากกว่าที่คาดการณ์ไว้ทำให้มีปัญหาเรื่องกำลังการผลิตน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน ทางกรมประปาจึงได้ใช้น้ำดิบจากบ่อบาดาล 2 บ่อที่กระจายอยู่ตามที่ต่างๆด้วยอัตราสูบ 30-50 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงมาช่วยเสริมวันละ 3 ถึง 5 ชั่วโมง ดังนั้นเพื่อรองรับความต้องการใช้น้ำทั้งในปัจจุบันและอนาคตในอีก 15 ปีข้างหน้า จึงได้ทำการสำรวจพื้นที่โครงการเพื่อศึกษาแนวทางที่เหมาะสมในการปรับปรุงและขยายระบบประปา จากผลการศึกษาเห็นว่าจำเป็นต้องเพิ่มกำลังการผลิตจากเดิม 150 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เป็น 250 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และจะต้องวางท่อส่งน้ำดิบใหม่ โดยได้แยกการศึกษาเป็น 2 กรณีคือ การใช้น้ำดิบจากบ่อบาดาลร่วมกับการใช้ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำห้วยสำนักไม้เต็ง และกรณีการใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำห้วยสำนักไม้เต็งเพียงแห่งเดียว ผลการศึกษาพบว่าในแง่ของความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมทั้ง 2 กรณีไม่แตกต่างกัน แต่ในแง่ของการลงทุนนั้นการใช้ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำห้วยสำนักไม้เต็งเพียงแห่งเดียวจะต้องใช้งบประมาณในการลงทุนเริ่มต้นสูงกว่า 11 ล้านบาท นอกจากนั้นค่าบำรุงรักษาและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานก็สูงกว่าเนื่องจากจะต้องใช้เครื่องสูบน้ำที่มีกำลังสูงกว่า เป็นผลให้เมื่อทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธีอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนโครงการนี้ควรปรับปรุงประปาขยายโดยใช้แหล่งน้ำดิบจากบ่อบาดาลเดิมร่วมกับการใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำห้วยสำนักไม้เต็งเนื่องจากให้ค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน 15 ปี เท่ากับ 0.95 ซึ่งใกล้เคียง 1.0 มากที่สุด

ส่วนผลของการวิเคราะห์ระบบโครงข่ายท่อประปาในบริเวณพื้นที่ให้บริการนั้นจะต้องปรับเปลี่ยนเส้นท่อบางช่วงให้มีความเหมาะสมกับกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นเพื่อให้มีความเร็วของน้ำในเส้นท่อและการกระจายความดันเป็นไปตามเกณฑ์การออกแบบ โดยทำการปรับเปลี่ยนท่อ PVC บางช่วงจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร เป็น 150 มิลลิเมตร ในส่วนการขยายโครงข่ายท่อประปาในบริเวณริมถนนบายพาสฝั่งซ้าย, ซอยเทศบาล 8 และบริเวณหมู่ที่ 13 นั้นได้ใช้ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร มีความยาวทั้งสิ้น 2,125 เมตร

จากการศึกษาสำรวจและออกแบบปรับปรุงประปาขยายจะเห็นได้ว่าศักยภาพแหล่งน้ำดิบที่ใช้ในปัจจุบันมีศักยภาพเพียงพอที่จะใช้ผลิตน้ำประปาในอนาคตได้อย่างแน่นอน นอกจากนั้นยังเห็นว่าในอนาคตเพื่อเป็นการขยายพื้นที่ให้บริการมากขึ้น เสนอแนะให้ศึกษาการตั้งโรงกรองน้ำประปาที่อ่างเก็บน้ำห้วยสำนักไม้เต็งแล้วเดินท่อส่งจำหน่ายน้ำตามข้างทางให้กับชุมชนที่เริ่มขยายตัวมาตามเส้นทางถนนสายทางหลวงหมายเลข 4026 แทนที่การวางท่อน้ำดิบไปยังโรงกรองน้ำที่อำเภอจอมบึง

ในการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการเป็นเพียงแนวทางวิเคราะห์ที่ช่วยในการตัดสินใจในแง่เศรษฐศาสตร์เบื้องต้นเท่านั้น สำหรับโครงการที่มีเงินลงทุนที่สูงกว่านี้เสนอแนะว่าควรพิจารณาความเสี่ยงอันเกิดจากความคลาดเคลื่อนของผลการศึกษาในการลงทุนโครงการและระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ของโครงการแต่ละประเภทประกอบด้วย

9. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการประปาส่วนภูมิภาค และคุณจักรพงษ์ คำจันทร์ ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลต่าง ๆ ตลอดจนอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน จนการศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] บริษัทฟรอนเทียร์เอ็นจิเนียริ่ง และบริษัทสเปน คอนซัลแทนท์จำกัด, “รายงานการจัดทำแผนแม่บทพัฒนาแหล่งน้ำพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กลอง ทำจันทเพชรบุรี ชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์” การประปาส่วนภูมิภาค, 2557
- [2] สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, “การศึกษาของการคาดประมาณประชากรของประเทศไทย พ.ศ. 2553 ถึง 2583” พิมพ์ครั้งที่ 1, 2556
- [3] กรมชลประทาน, “แผนการปรับปรุงเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง” กรมชลประทาน, 2555
- [4] การประปาส่วนภูมิภาคเขต 3, “โครงการวางท่อขยายเขตจ่ายน้ำ” การประปาส่วนภูมิภาค, 2557
- [5] ฝ่ายยุทธศาสตร์องค์กร การประปาส่วนภูมิภาค, “คู่มือการจัดทำแผนงานโครงการและการวิเคราะห์โครงการปรับปรุงระบบประปา” ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3, 2553



พณิดา สิมาวุธ สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรีในสาขาวิศวกรรมเกษตรที่มหาวิทยาลัยขอนแก่น ระดับปริญญาโทในสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และจบการศึกษาระดับปริญญาเอกในสาขาวิศวกรรมโยธาที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร



ยุทธศักดิ์ อนันตเดชศักดิ์ สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรีในสาขาวิศวกรรมโยธาที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ระดับปริญญาโทในสาขาวิศวกรรมโยธา (บริหารงานก่อสร้าง) ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานครและเศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิตสาขาวิชาเศรษฐศาสตร์การเงินที่สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร