

การทำนายความต้องการน้ำและการประเมินขีดความสามารถ
ระบบโครงข่ายท่อส่งน้ำประปาของเทศบาลนครนครราชสีมา



นายเอกราช แลவுฤทธิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2557

**WATER DEMAND FORECASTING AND CAPACITY
EVALUATION FOR WATER DISTRIBUTION PIPING
SYSTEM OF NAKHON RATCHASIMA MUNICIPALITY**

Ekkarat Laewarit



**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Engineering in Environmental Engineering**

Suranaree University of Technology

Academic Year 2014

การทำนายความต้องการน้ำและการประเมินขีดความสามารถ
ระบบโครงข่ายท่อส่งน้ำประปาของเทศบาลนครนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผศ. ดร.จรีชา ชัยรัตน์บวร)

ประธานกรรมการ

(อ. ดร.นัทรเพชร ชศพล)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(ผศ. ดร.จรงค์พันธ์ มุสิกวงษ์)

กรรมการ

(อ. ดร.พัชรินทร์ ราโช)

กรรมการ

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิ้มปีจันทร์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและนวัตกรรม

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

เอกราช แลวฤทธิ์ : การทำนายความต้องการน้ำและการประเมินขีดความสามารถระบบ
โครงข่ายท่อส่งน้ำประปาของเทศบาลนครนครราชสีมา (WATER DEMAND
FORECASTING AND CAPACITY EVALUATION FOR WATER DISTRIBUTION
PIPING SYSTEM OF NAKHON RATCHASIMA MUNICIPALITY)
อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.ฉัตรเพชร ยศพล, 135 หน้า.

น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญในดำรงชีวิต ซึ่งในปัจจุบันพบว่าแหล่งน้ำต่างๆ มีปริมาณค่อนข้างจำกัดประกอบกับประชากรที่เพิ่มมากขึ้นในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาทำให้ประสบปัญหาเรื่องปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของประชาชน ซึ่งการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์คือการทำนายความต้องการน้ำและประเมินขีดความสามารถระบบโครงข่ายท่อส่งน้ำประปาของเทศบาลนครนครราชสีมาประเมินร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในเขตพื้นที่ 37.5 ตารางกิโลเมตรของเทศบาลนครนครราชสีมา สามารถแบ่งตามประเภทความหนาแน่นของประชากร ได้ 2 ประเภท คือ บริเวณพื้นที่ที่มีความหนาแน่นสูงมีและพื้นที่ที่มีความหนาแน่นปานกลาง จากการเปรียบเทียบประชากรในปี พ.ศ.2551 มีความแน่นของประชากรอยู่ในช่วงต่ำสุด-สูงสุดอยู่ที่ 1-13 คนต่อไร่ มีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยที่ 300 ลิตรต่อคนต่อวัน และปริมาณน้ำสูญเสียในระบบมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ปี 2538-2556 อยู่ที่ 39.1 เปอร์เซ็นต์ ในการประเมินความหนาแน่นและปริมาณความต้องการน้ำในอนาคต มีปริมาณความต้องการน้ำรวมในอนาคตในปี 2560 2565 2570 และ 2575 มีปริมาณความต้องการน้ำรวมอยู่ที่ 79,354 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน 80,178 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน 81,002 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และ 81,826 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ตามลำดับเมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพระบบท่อแจกจ่ายใช้แบบจำลอง EPANET 2.0 ที่มีจำนวนโนด 887 โหนด จำนวนเส้นท่อ 1,021 เส้นท่อมียาวตั้งแต่ 100 – 700 มิลลิเมตร พบว่าส่วนใหญ่ 93 เปอร์เซ็นต์มีความเร็วในการไหลในระบบท่อจ่ายน้ำอยู่ที่ 0.1-0.3 เมตรต่อวินาที แรงดันอยู่ในช่วงปกติที่ 7-20 เมตรอยู่ที่ 75 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่และแรงดันสูญเสียเฉลี่ยในระบบท่อจ่ายน้ำอยู่ที่ 1 เปอร์เซ็นต์ ตามเกณฑ์ของการประปาส่วนภูมิภาคจากผลการศึกษาทำให้ทราบถึงปริมาณความต้องการน้ำในอนาคตด้วยการนำวิธีการประเมินความหนาแน่นของประชากรเชิงพื้นที่รวมทั้งทราบถึงประสิทธิภาพของระบบโครงข่ายท่อส่งน้ำเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการและวางแผนปรับเปลี่ยนระบบท่อจ่ายน้ำในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาอีกหนึ่งแนวทางต่อไป

EKKARAT LAEWARIT : WATER DEMAND FORECASTING AND
CAPACITY EVALUATION FOR WATER DISTRIBUTION PIPING SYSTEM
OF NAKHON RATCHASIMA MUNICIPALITY. THESIS ADVISOR :
CHATPET YOSSAPHOL, Ph.D., 135 PP.

WATER DEMAND/EPANET 2.0/ GIS

The objective of this research is to forecast the water demand and evaluate the capability of the water distribution pipe network of Nakhon Ratchasima Municipality in Nakhon Ratchasima Province. Land use map and GIS are the main tools for the forecasting of the 37.5 km² area of the municipality. The area can be divided into two types according to their population density- a high and medium density area of 16.1 km² and 21.4 km², respectively. In the base year of 2008 the population density is in the range of 1-15 capita/Rai (1 Rai = 1,600 m²) with the water consumption around 300 liter/capita/day. The previous data from year 1995-2013 shows that water loss due to the poor pipeline system was around 39.1%. Water demand in a five year interval for the year 2017 2022 2027 and 2032 with corresponding population of 176,030 177,857 179,685 and 181,512, respectively was estimated to be 79,354 80,178 81,002, and 81,826 m³/day, respectively. Capability of the existing water distribution pipe network was also investigated and evaluated using EPANET 2.0 software. The result of this study may be used as supporting information for water distribution planning for the municipality in the future.

School of Environmental Engineering

Student's Signature _____

Academic Year 2014

Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จรียา ยัมรัตน์บวร ประธานกรรมการสอบและหัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมที่เมตตาให้การชี้แนะและเสนอความคิดเห็นตลอดจนคำแนะนำในการเขียนจนเสร็จสมบูรณ์

อาจารย์ ดร.ฉัตรเพชร ยศพล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆในการศึกษาวิจัยมาโดยตลอดชี้แนะแนวทางการเขียน พร้อมให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้านเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรงค์พันธ์ มุสิกวงษ์ และอาจารย์ ดร.พัชรินทร์ ราช กรรมการ ที่กรุณาให้การแนะนำให้คำปรึกษาและช่วยตรวจทานเนื้อหาวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณเพื่อนๆ นักศึกษาปริญญาโทสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และคณะทำงานหน่วยวิจัยและที่ปรึกษา เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมสุรนารี และคุณนารี กลิ่นกลาง เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไปสาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ที่ได้ให้คำแนะนำและการติดต่อประสานงานจนลุล่วงไปได้ด้วยดี ตลอดจนผู้อำนวยการสำนักการประปา และเจ้าหน้าที่ทุกท่านของสำนักการประปา เทศบาลนคร นครราชสีมา ที่ให้การสนับสนุนในส่วนของคุณข้อมูลตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้เป็นกำลังใจและสนับสนุนงานวิจัยในทุกด้านให้แก่ผู้วิจัยตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการช่วยเหลือ และขออน้อมนุชาท่านบูรพาจารย์ใน สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ด้วยความรักและเมตตาจนสำเร็จได้

เอกราช แลวฤทธิ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ซ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ฉ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
2 ปิทธิรศน์วรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 ปริมาณความต้องการน้ำ.....	5
2.2 การประมาณปริมาณความต้องการน้ำ.....	8
2.3 การแปรเปลี่ยนปริมาณความต้องการน้ำแต่ละช่วงเวลาแต่ละพื้นที่.....	11
2.3.1 ค่าสัดส่วนความต้องการใช้น้ำสูงสุด.....	13
2.3.2 ปริมาณการใช้น้ำแต่ละพื้นที่.....	14
2.4 การออกแบบระบบท่อจ่ายน้ำประปา.....	11
2.5 ระบบประปาเทศบาลเมืองนครราชสีมา.....	15
2.6 สรุปการทบทวนวรรณกรรม.....	18
3 ระเบียบวิธีวิจัย.....	19
3.1 รูปแบบงานวิจัย.....	22
3.2 ขอบเขตงานวิจัย.....	22

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.1	ขอบเขตด้านพื้นที่ศึกษา.....	22
3.2.2	ขอบเขตด้านวิธีการศึกษา.....	23
3.2.3	ขอบเขตด้านข้อมูล.....	24
3.3	ขอบเขตการศึกษา.....	27
3.3.1	การศึกษาปริมาณความต้องการน้ำ.....	27
3.3.2	การวิเคราะห์ความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่ปี พ.ศ.2551.....	29
3.3.3	การประเมินความต้องการน้ำในพื้นที่.....	32
3.3.4	การประเมินประสิทธิภาพโครงข่ายท่อส่งน้ำประปา.....	34
3.4	การประเมินผลการศึกษา.....	41
3.5	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	41
3.5.1	แบบจำลองคณิตศาสตร์EPANET 2.0.....	41
3.5.2	ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.....	42
4	ผลการศึกษา.....	44
4.1	การประเมินปริมาณน้ำในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา.....	44
4.1.1	การทำนายประชากร.....	47
4.1.2	การประเมินการใช้น้ำและการเปรียบเทียบ.....	46
4.1.3	ข้อมูลการใช้น้ำ.....	54
4.1.4	ปริมาณน้ำสูญเสีย.....	55
4.1.5	สรุปการประเมินการใช้น้ำ.....	56
4.2	การประเมินขีดความสามารถของระบบโครงข่ายท่อส่งน้ำ.....	57
4.2.1	การนำเข้าข้อมูล.....	57
4.2.2	การทบทวนระบบโครงข่ายท่อ.....	59
4.2.3	ผลการประเมินขีดความสามารถของระบบท่อจ่ายน้ำในปี พ.ศ.2551.....	63
4.2.4	ผลการประเมินขีดความสามารถของระบบท่อจ่ายน้ำในปีอนาคต.....	69
4.2.5	สรุปผลการประเมินขีดความสามารถของระบบท่อจ่ายน้ำ.....	79

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5	สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	86
5.1	สรุปผลการศึกษา.....	86
5.2	ข้อจำกัดของงานวิจัย.....	86
5.3	ข้อเสนอแนะ.....	87
5.3.1	การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์สำหรับเทศบาลนครนครราชสีมา.....	87
5.3.2	แบบจำลอง EPANET 2.0.....	87
5.3.3	การประเมินความหนาแน่นของประชากร.....	87
5.3.4	การประเมินปริมาณความต้องการน้ำ.....	88
5.3.5	การประเมินประสิทธิภาพของระบบโครงข่ายท่อจ่ายน้ำ.....	88
5.3.6	งานวิจัยในขั้นถัดไป.....	89
	รายการอ้างอิง	90
	ภาคผนวก	
	ภาคผนวก ก. ข้อกำหนดในการออกแบบระบบประปาเพื่อการขออนุญาตประกอบกิจการ ประปาสัมปทาน.....	96
	ภาคผนวก ข. ข้อบังคับผังเมืองรวมเมืองนครราชสีมา พ.ศ.2547.....	108
	ภาคผนวก ค. การใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ปี พ.ศ.2547.....	118
	ภาคผนวก ง. บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....	124
	ประวัติผู้เขียน	134

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	รายละเอียดปริมาณความต้องการน้ำในภาคอุตสาหกรรม 13
2.2	สรุปวิธีการที่ใช้คำนวณระบบท่อแจกจ่ายน้ำ..... 16
2.3	สรุปเกณฑ์ด้านความเร็วและแรงดันในเส้นท่อ 17
3.1	จำนวนประชากรรายปี..... 25
3.2	จำนวนผู้ใช้น้ำรายปี..... 26
3.3	การเปรียบเทียบความหนาแน่นประชากรปี พ.ศ.2551..... 30
3.4	สัมประสิทธิ์ความขรุขระHazen-Williams 34
3.5	ความเร็วที่ใช้ในการออกแบบระบบท่อแจกจ่าย..... 35
3.6	แรงดันในระบบท่อแจกจ่ายน้ำประปา..... 35
3.7	แรงดันในระบบท่อส่งจ่ายน้ำประปาตามเขตต่างๆ 36
4.1	การทำนายจำนวนประชากรจากเทศบาลนครนครราชสีมาในปี พ.ศ. 2535– 2570 46
4.2	เกณฑ์ความหนาแน่นของกรมโยธาธิการและผังเมืองปี พ.ศ. 2549 52
4.3	แสดงอัตราการใช้น้ำอุปโภคบริโภคตามปริมาณประชากร 57
4.4	แสดงปริมาณความต้องการน้ำในอนาคต 57
4.5	จุดเปรียบเทียบแรงดัน 61
4.6	การแบ่งความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่..... 64
4.7	ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงระบบท่อ..... 68
4.8	แสดงความเร็วในเส้นท่อจ่ายน้ำจากแบบจำลองในปี พ.ศ. 2555 73
4.9	สรุปปริมาณความต้องการน้ำรวมในอนาคตของเทศบาลนครนครราชสีมา..... 81

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงปริมาณน้ำใช้ในแต่ละประเทศ.....	6
2.2 ร้อยละของครัวเรือนจำแนกตามประเภทน้ำดื่ม พ.ศ.2552.....	6
2.3 แผนภูมิร้อยละประเภทของน้ำที่ใช้ พ.ศ.2552	7
2.4 ตัวอย่างปริมาณความต้องการน้ำแต่ละช่วงเวลาในรอบวัน	11
2.5 ตัวอย่างแสดงปริมาณความต้องการในน้ำแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่.....	12
2.6 ความเป็นมาของระบบประปา.....	18
3.1 แสดงพื้นที่ศึกษาในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา	23
3.2 ขั้นตอนการศึกษา.....	28
3.3 การกำหนดประเภทความหนาแน่นของประชากร	29
3.4 ผังเมืองรวมนครราชสีมา พ.ศ.2547.....	31
3.5 ตัวอย่างการกำหนดพื้นที่ย่อยตามประเภทความหนาแน่น	32
3.6 การวิเคราะห์พื้นที่บริการของโนดจ่ายน้ำ 774 จุด	33
3.7 ตัวอย่างการวิเคราะห์พื้นที่บริการของโนดจ่ายน้ำโดยวิธี THIESSEN POLYGON	33
3.8 ขั้นตอนการนำเข้าแบบจำลอง EPANET 2.0	37
3.9 นำเข้าข้อมูลระบบโครงข่ายท่อจ่ายน้ำประปา.....	38
3.10 การนำเข้าข้อมูลระดับความสูงต่ำของพื้นที่.....	39
3.11 ตัวอย่างการวิเคราะห์พื้นที่บริการและปริมาณความต้องการน้ำ	40
3.12 การนำเข้าปริมาณความต้องการน้ำของแต่ละโนดจ่ายน้ำในแบบจำลอง.....	40
3.13 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้านการประเมินความต้องการน้ำ.....	43
4.1 แนวโน้มจำนวนประชากรในพื้นที่ต่างๆ.....	45
4.2 การคาดการณ์จำนวนประชากรด้วยวิธีการต่างๆ	47
4.3 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้านการประเมินความต้องการน้ำ.....	48
4.4 การเปรียบเทียบความหนาแน่นของประชากรกับผังเมืองจังหวัดนครราชสีมา.....	50
4.5 การวิเคราะห์จำนวนประชากรในแต่ละกริด.....	51
4.6 ความหนาแน่นของประชากรเชิงพื้นที่ของเทศบาลนครนครราชสีมาในปี พ.ศ.2551	53

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.7 ตัวอย่างการแปรเปลี่ยนปริมาณความต้องการน้ำในรอบวัน	54
4.8 ข้อมูลการใช้น้ำรายเดือนของเทศบาลนครนครราชสีมาปีพ.ศ. 2551 พ.ศ.2555.....	54
4.9 ปริมาณน้ำสูญเสีย	55
4.10 การเตรียมข้อมูลเพื่อในการประเมินขีดความสามารถของระบบท่อจ่ายน้ำ ในเขตเทศบาลนครราชสีมา	59
4.11 ระบบโครงข่ายท่อในปัจจุบันก่อนทำการปรับเทียบ	60
4.12 ระบบโครงข่ายท่อในปัจจุบันหลังทำการปรับเทียบ	60
4.13 แสดงแรงดัน ณ จุดจ่ายน้ำต่างๆ ของเทศบาลนครนครราชสีมา	63
4.14 ผลการประเมินเส้นชั้นแรงดันในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา จากแบบจำลองปี พ.ศ.2551	67
4.15 ผลแรงดันจากแบบจำลอง EPANET 2.0 ในพื้นที่ศึกษาปี พ.ศ.2551	68
4.16 บริเวณที่แรงดันต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของประปาสมุทราน	69
4.17 ความเร็วและแรงดันในเส้นท่อจ่ายน้ำประปาเชิงพื้นที่	70
4.18 ผลความเร็วในช่วงต่างๆ ในเส้นท่อจ่ายน้ำจากแบบจำลอง	72
4.19 แสดงแรงดัน ณ จุดจ่ายน้ำต่างๆจากแบบจำลองของเทศบาลนครนครราชสีมา ในปี พ.ศ.2555	72
4.20 ผลแรงดันจากแบบจำลอง EPANET 2.0 ในพื้นที่ศึกษาปี พ.ศ.2555	73
4.21 ผลการประเมินเส้นชั้นแรงดันในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาจากแบบจำลอง ในปี พ.ศ. 2555	74
4.22 ผลแรงดันจากแบบจำลอง EPANET 2.0 ในพื้นที่ศึกษาปี พ.ศ.2560	75
4.23 ผลการประเมินเส้นชั้นแรงดันในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา จากแบบจำลองปี พ.ศ.2560	76
4.24 ผลแรงดันจากแบบจำลอง EPANET 2.0 ในพื้นที่ศึกษาปี พ.ศ.2565	77
4.25 ผลการประเมินเส้นชั้นแรงดันในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา จากแบบจำลองปี พ.ศ.2565	78
4.26 ผลแรงดันจากแบบจำลอง EPANET 2.0 ในพื้นที่ศึกษาปี พ.ศ.2570	79

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

4.27 ผลการประเมินเส้นชั้นแรงดันในเขตเทศบาลนครราชสีมา จากแบบจำลองปี พ.ศ.2570	80
4.28 สรุปผลจากแบบจำลอง EPANET 2.0 ในช่วงเวลา พ.ศ. 2551 - 2570	82



คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

AWWA	=	American Water Works Association
DFMS	=	Decision Support System
GIS	=	Geographic Information System
IUCN	=	International Union for Conservation of Nature
LPG	=	Linear Programming Gradient
LP	=	Optimal Design Loop Model
USEPA	=	Environmental Protection Agency
WHO	=	The World Health Organization



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

น้ำเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการดำรงชีวิต โดยทั่วไปกิจกรรมการใช้น้ำที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน ประกอบด้วยการอุปโภคบริโภค ปัจจุบันแหล่งน้ำต่างๆ ที่ใช้เป็นแหล่งน้ำดิบมีปริมาณค่อนข้างจำกัด ประกอบกับจำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้นทำให้ต้องมีการจัดหาพื้นที่สะอาดต่อการอุปโภคบริโภค

ส่วนปริมาณความต้องการน้ำนั้นเพิ่มขึ้นตามลักษณะกิจกรรมที่ใช้ต่างๆ ในชีวิตประจำวัน การใช้น้ำที่สำคัญในการดำรงชีวิตคือ การอุปโภคบริโภค โดยลักษณะการใช้น้ำในแต่ละเมืองนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยที่กำหนดปริมาณความต้องการน้ำ (Water System Design Manual, 2009) เช่น รายได้ของประชากร ลักษณะการใช้ที่ดิน ความหนาแน่นของประชากร เป็นต้น โดยน้ำประปามีความจำเป็นในการดำรงชีวิต ด้วยเหตุนี้เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของประชากร การขยายตัวของเศรษฐกิจ จึงต้องมีการวางแผนการใช้น้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อให้มีปริมาณน้ำที่เพียงพอต่อความต้องการที่เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ในงานทางด้านวิศวกรรมประปาหน้าที่ของวิศวกรคือ การประเมินปริมาณความต้องการใช้น้ำเพื่อออกแบบระบบกำลังผลิตของระบบผลิตน้ำประปา ระบบท่อส่งน้ำดิบ และการออกแบบระบบท่อประปาในอนาคต ซึ่งค่าปริมาณความต้องการน้ำมีความสำคัญอย่างยิ่ง หากมีการออกแบบที่ผิดพลาดจะทำให้ขนาดของระบบผลิตน้ำประปาไม่เพียงพอต่อความต้องการหรือสิ้นเปลืองในส่วนของการงบประมาณที่ใช้ก่อสร้างระบบ ในกรณีที่มีการออกแบบเกินค่าความต้องการน้ำจริง ถ้าในงานออกแบบขั้นต้นใช้ปริมาณความต้องการน้ำที่ได้จากการประเมินมาโดยไม่ถูกต้องตามหลักการออกแบบทำให้มีโอกาสเกิดความผิดพลาดสูงซึ่งอาจก่อให้เกิดผลเสียในอนาคตตามมาอย่างคาดไม่ถึง เช่น

- ขนาดกำลังการผลิตของระบบประปาไม่เพียงพอต่อความต้องการน้ำของชุมชน
- ขนาดและกำลังการผลิตของระบบประปาที่มากเกินไปเกินความต้องการน้ำจริง ทำให้สิ้นเปลืองค่าก่อสร้างและค่าการลงทุน
- การวางแผนการจัดการด้านแหล่งน้ำผิดพลาดทำให้เสี่ยงต่อปริมาณน้ำดิบที่ไม่เพียงพอสำหรับการผลิตน้ำประปาหรือการจัดสรรน้ำเพื่อกิจกรรมประเภทอื่น
- การขยายกำลังการผลิตของระบบประปาในอนาคตจะเกิดปัญหาด้านแหล่งเงินทุนในการดำเนินงาน การจัดการที่ดินและปัญหาอื่นๆ ในการก่อสร้าง

- การวางแผนทางด้านเศรษฐศาสตร์ไม่แม่นยำพอทำให้การประมาณราคาก่อสร้างและค่าดำเนินการดูแลรักษาระบบผลิตน้ำประปาผิดพลาด เป็นผลต่อเนื่องถึงราคาน้ำประปาที่ถูกหรือแพงเกินไปเกิดปัญหาทางด้านจิตวิทยาต่อชุมชนได้

ดังนั้นในการศึกษาถึงการประเมินปริมาณความต้องการน้ำและปริมาณการเกิดน้ำเสียเพื่อนำค่าที่ประเมินอย่างถูกต้องแม่นยำหรือใกล้เคียงกับค่าที่จะเกิดขึ้นจริงในอนาคตไปใช้งานจะสามารถลดปัญหาข้างต้นลงได้

สำนักงานประปาเทศบาลนครนครราชสีมา มีหน้าที่ในการจัดหาแหล่งผลิตน้ำประปาและผลิตน้ำประปาให้แก่ชุมชนในพื้นที่บริการ พบว่าในปีพ.ศ. 2552 นั้นมีความต้องการน้ำในการอุปโภคบริโภคจริงของประชาชนในเขตพื้นที่บริการประมาณ 53,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ประกอบกับเทศบาลนครนครราชสีมาได้จัดสรรงบประมาณกว่า 1,100 ล้านบาทและได้รับเงินสนับสนุนงบประมาณจากรัฐบาลกว่า 2,600 ล้านบาท ในการก่อสร้างระบบประปาแห่งใหม่ กำลังการผลิต 4,000 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และระบบลำเลียงท่อน้ำดิบใหม่ในการลำเลียงน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำลำทะโฆมาใช้ในการผลิตน้ำประปา โดยมีแผนที่เปิดใช้งานระบบประปาใหม่ในปี พ.ศ. 2554 มีเขตพื้นที่บริการครอบคลุมเขตเทศบาลนครฯและพื้นที่ใกล้เคียงอีกจำนวนหนึ่ง ปัจจุบันการผลิตน้ำประปาของสำนักงานประปาเทศบาลนครนครราชสีมาใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนลำตะคองและเขื่อนลำแชะโดยมีระบบผลิตน้ำประปา 2 ระบบ คือระบบกรองช้า (Slow Sand Filter) และระบบกรองเร็ว (Rapid Sand Filter) โรงกรองน้ำจำนวน 3 แห่ง คือโรงกรองน้ำอัยภูงค์ โรงกรองน้ำมะขามเฒ่า และโรงกรองน้ำบ้านใหม่หนองบอน

สำหรับโรงกรองน้ำอัยภูงค์ สร้างเมื่อปีพ.ศ. 2477 มีพื้นที่ประมาณที่ 5 ไร่ ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ประกอบด้วยโรงกรองที่ 7-8 ระบบผลิตเป็นระบบกรองเร็ว กำลังผลิตวันละ 25,200 ลูกบาศก์เมตรต่อวันและสถานีสูบน้ำโรงกรองน้ำอัยภูงค์ใหม่มีพื้นที่ติดกับโรงเรียนเมืองนครราชสีมา ประกอบด้วยถังน้ำใสขนาด 40,000 ลูกบาศก์เมตรในการสูบน้ำประปาเข้าสู่ชุมชนในเขตเทศบาล

โรงกรองน้ำบ้านมะขามเฒ่า สร้างเมื่อปี พ.ศ. 2534 มีพื้นที่ 200 ไร่ ตั้งอยู่ที่ตำบลบ้านใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ห่างจากตัวเมืองประมาณ 12 กิโลเมตร มีกำลังผลิตรวมประมาณ 60,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

โรงผลิตน้ำบ้านใหม่หนองบอน สร้างเมื่อปี พ.ศ. 2550 มีพื้นที่ 288 ไร่ ตั้งอยู่ที่บ้านใหม่หนองบอน ตำบลด่านเกวียน อำเภอโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา มีกำลังผลิตรวมประมาณ 100,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าเทศบาลนครฯ จะมีระบบประปาใหม่ที่มีขนาดกำลังการผลิตที่เพิ่มมากขึ้น แต่เทศบาลนครฯ ยังไม่ได้วางแผนในการขยายขีดความสามารถของระบบท่อจ่ายน้ำ ดังนั้นสิ่งที่ควรจะศึกษาและวางแผนไว้ล่วงหน้า 2 ประการคือ

- 1) ขนาดกำลังการผลิตที่สร้างเพิ่มใหม่นี้เพียงพอสำหรับปริมาณความต้องการน้ำที่เพิ่มมากขึ้นจากการขยายตัวของชุมชน อุตสาหกรรม และกิจกรรมอื่นๆ ในเขตพื้นที่บริการในอนาคตหรือไม่
- 2) ระบบท่อจ่ายน้ำที่มีอยู่ในปัจจุบัน สามารถรองรับอัตราการไหลที่เพิ่มมากขึ้นได้หรือไม่ และสามารถขยายหรือปรับปรุงอย่างไรเพื่อให้สอดคล้องกับปริมาณความต้องการน้ำที่เพิ่มขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อประเมินปริมาณความต้องการน้ำในเขตเทศบาลนครราชสีมา โดยประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

1.2.2 เพื่อตรวจสอบขีดความสามารถของระบบท่อจ่ายน้ำในเขตเทศบาลนครราชสีมาในการรองรับปริมาณความต้องการน้ำในปัจจุบันและในอนาคต

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

พื้นที่บริการของเทศบาลนครราชสีมา ประมาณ 37.5 ตารางกิโลเมตร

1.3.2 ขอบเขตด้านวิธีการศึกษา

- ศึกษาข้อมูลความเป็นมาของระบบประปาที่ใช้ในเขตเทศบาลนครราชสีมา
- สืบหาเอกสารและผลการศึกษาระยะประมาณปริมาณความต้องการน้ำที่มีผู้ดำเนินการไว้แล้วสำหรับชุมชนต่างๆ ในประเทศไทยและต่างประเทศ
- วิธีการประเมินประชากรทั้งหมดเพื่อทำการประเมินจำนวนประชากรในอนาคต ตั้งแต่ปี พ.ศ.2551 - พ.ศ.2570
- เกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบระบบท่อโครงข่ายท่อจ่ายน้ำประปาทั้งในประเทศและต่างประเทศ พร้อมทั้งค่ามาตรฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบประปาเพื่อใช้กำหนดเกณฑ์ในการประเมินขีดความสามารถของระบบโครงข่ายท่อจ่ายน้ำในพื้นที่
- ศึกษาวิธีการใช้งานแบบจำลอง EPANET 2.0 ในการทดสอบโครงข่ายท่อประปา

1.3.3 ขอบเขตด้านข้อมูล

- ทำการรวบรวมข้อมูลด้านประชากรย้อนหลังจนถึงปี พ.ศ.2556 ของสำนักทะเบียน เทศบาลนครนครราชสีมา
- จำนวนผู้ใช้น้ำและปริมาณการจ่ายน้ำที่อยู่ในเขตเทศบาลเมืองนครราชสีมาย้อนหลังจนถึงปี พ.ศ.2556 ของสำนักการประปาเทศบาลนครนครราชสีมา
- ผังเมืองรวมนครราชสีมาและการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2547 ที่มีการประกาศใช้แล้ว
- ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศของกรมพัฒนาที่ดินปี พ.ศ. 2550 เพื่อใช้ในการประเมินความหนาแน่นของประชากรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา



บทที่ 2

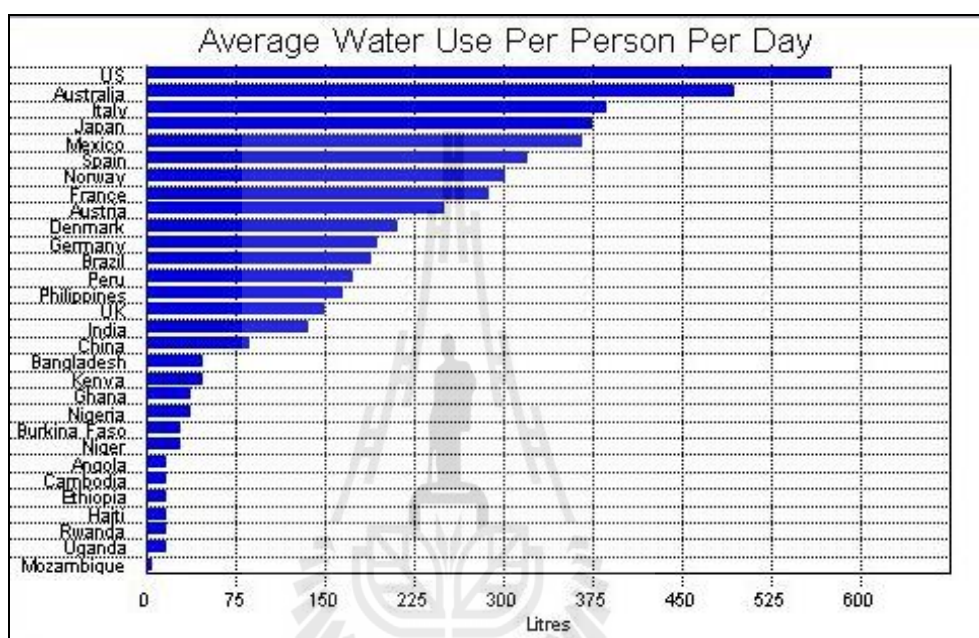
ปริทรรศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปริมาณความต้องการน้ำ

“น้ำ” เป็นสิ่งสำคัญในการดำรงชีวิตประจำวัน พื้นที่ของโลกประกอบไปด้วยน้ำ 7 ส่วน ส่วนใหญ่เป็นมหาสมุทร ส่วนน้ำจืดซึ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของประชากรโลกกว่า 6,000 ล้านคน มีประมาณร้อยละ 1 เท่านั้น เมื่อความต้องการน้ำของประชากรโลกเพิ่มมากขึ้น อันเนื่องมาจากการขยายตัวของประชากรโลก ส่งผลให้น้ำจืดของโลกเริ่มขาดแคลน สำหรับความต้องการใช้น้ำต่อวัน ปริมาณความต้องการน้ำของในแต่ละประเทศทั่วโลก ดังรูปที่ 2.1 ซึ่งพบว่าในประเทศที่พัฒนาแล้ว มีอัตราการใช้น้ำต่อคนต่อวันมีปริมาณการใช้น้ำที่มากกว่าประเทศที่กำลังพัฒนา โดยกว่า 884 ล้านคนขาดการเข้าถึงแหล่งน้ำที่ปลอดภัยซึ่งเป็นสัดส่วนหนึ่งคนต่อแปดคน (WHO, 2008) อัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกประมาณ 80 ล้านคนต่อปี ถือได้ว่ามีความต้องการน้ำอยู่ที่ 64,000 ล้านลูกบาศก์เมตร (Hinrichsen, Robey and Upadhyay, 1997) ทั่วโลกขณะนี้ถือว่ามีภาวะขาดแคลนทรัพยากรน้ำ ยกตัวอย่างเช่น ในเขตประเทศแอฟริกาเผชิญกับความท้าทายในการให้บริการน้ำต่อประชากรที่เพิ่มขึ้นอย่างเพียงพอและยั่งยืน ประชากรในแอฟริกาได้มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (Gumbo, 2004) และคาดว่าในปี ค.ศ. 2025 จะเข้าสู่ภาวะขาดแคลนน้ำภายใต้สถานการณ์เช่นนี้จะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายมากขึ้นในการพัฒนาแหล่งน้ำใหม่เพื่อให้ตรงกับความต้องการน้ำที่เพิ่มขึ้น (Brooks et al., 1997) ส่วน IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) คาดว่าในปี ค.ศ. 2002 จะกำหนดการจัดการที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อการอนุรักษ์น้ำโดยการควบคุมความต้องการผ่านการประยุกต์ใช้มาตรการที่เป็นกฎระเบียบทางด้านเทคโนโลยี เศรษฐกิจ และสังคม มาตรการประหยัดน้ำนั้นครอบคลุมอัตราค่าบริการน้ำสำหรับพลเมืองในอเมริกาในการอาบน้ำ 5 นาทีที่มีปริมาณน้ำที่ใช้เทียบเท่าปริมาณการใช้น้ำมากกว่าคนทั่วไปในชุมชนแออัดที่มีการใช้น้ำตลอดทั้งวัน (United Nations Human Development Report, 2006)

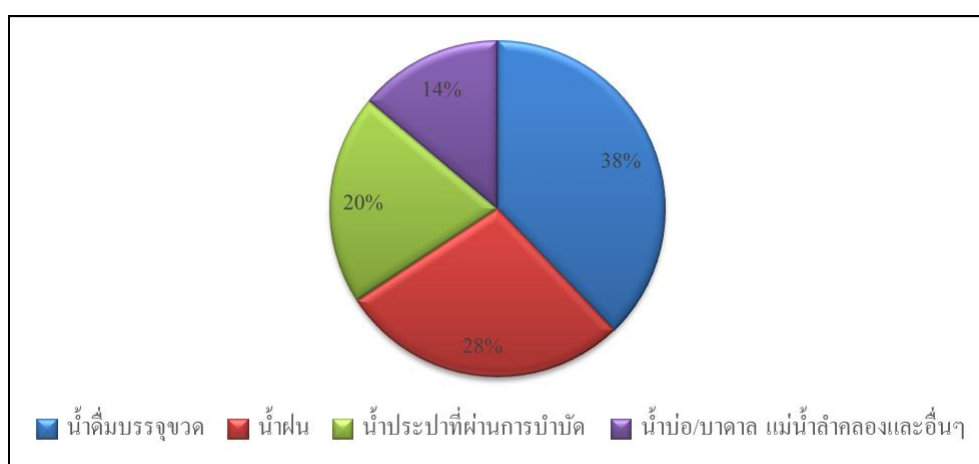
สถานการณ์การใช้น้ำของคนไทย หากพิจารณาจาก 2 ส่วน คือ น้ำดื่มและน้ำใช้ จากการสำรวจภาวะเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือน ปี พ.ศ.2556 ของสำนักงานสถิติแห่งชาติดังรูปที่ 2.2 พบว่าแหล่งที่มาของน้ำดื่มในครัวเรือนจะดื่มน้ำที่มาจากน้ำดื่มบรรจุขวด (ร้อยละ 37.8) น้ำฝน (ร้อยละ 28.0) และน้ำประปาที่ผ่านการบำบัดโดยการต้มหรือกรอง (ร้อยละ 20.3) ในเขตเทศบาลส่วนใหญ่ดื่มน้ำที่มาจากน้ำดื่มบรรจุขวด (ร้อยละ 50.6) แต่นอกเขตเทศบาลส่วนใหญ่ดื่มน้ำฝน (ร้อยละ 43.1) ส่วนแหล่งที่มาของน้ำหรือแหล่งน้ำใช้ พบว่าครัวเรือนส่วนใหญ่ใช้น้ำประปา (ร้อยละ 81.2)

รองลงมาใช้น้ำบ่อ (ร้อยละ 7.5) น้ำบาดาล (ร้อยละ 7.3) น้ำจากแม่น้ำลำคลอง (ร้อยละ 1.8) และ น้ำฝน (ร้อยละ 1.4) สัดส่วนครัวเรือนในเขตเทศบาลใช้น้ำประปาสูงกว่านอกเขตเทศบาล (ร้อยละ 89.6 และ 73.6 ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาการใช้น้ำประปาสำหรับดื่มในแต่ละภาคพบว่า มากกว่าร้อยละ 50 ของครัวเรือนในทุกภาคใช้น้ำประปาสำหรับดื่ม ยกเว้นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทั้งนี้การดื่มน้ำประปาจะรวมน้ำดื่มบรรจุขวดดังรูปที่ 2.3 ซึ่งผลิตมาจากน้ำประปาเช่นเดียวกัน

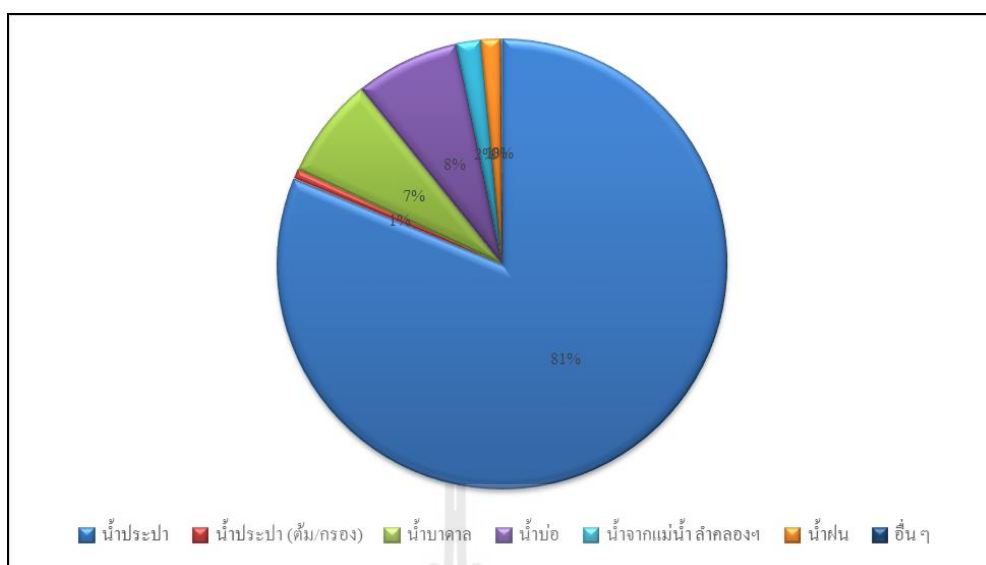


รูปที่ 2.1 ปริมาณน้ำใช้ในแต่ละประเทศ

(ที่มา: United nations development programs-human development report 2006)



รูปที่ 2.2 ร้อยละของครัวเรือนจำแนกตามประเภทน้ำดื่ม พ.ศ.2556



รูปที่ 2.3 แผนภูมิร้อยละประเภทของน้ำที่ใช้ พ.ศ.2556

โดยปกติแล้วปริมาณความต้องการน้ำใช้สำหรับชุมชนใด ๆ จะถูกแบ่งโดยกิจกรรมที่มีการใช้น้ำที่แตกต่างกันออกไป ได้แก่ น้ำใช้ในครัวเรือน น้ำใช้ในการพาณิชยกรรม น้ำใช้สำหรับราชการ น้ำใช้สำหรับภาคอุตสาหกรรม (Wong 1972; Young 1973; Willsie and Pratt , 1974) น้ำสูญเสียทั้งทราบสาเหตุและไม่ทราบสาเหตุ ซึ่งสัดส่วนของความต้องการน้ำใช้ประเภทต่าง ๆ จะมีความแตกต่างกันไปแล้วแต่ชุมชน อย่างไรก็ตามปริมาณการใช้น้ำสำหรับการพาณิชยกรรมและปริมาณความต้องการน้ำสำหรับราชการ หน่วยงาน และสถาบันนั้น มักจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำใช้สำหรับอาคารบ้านเรือน กล่าวคือปริมาณน้ำทั้ง 3 ส่วนนี้จะเปลี่ยนแปลงมาจากปัจจัยชุดเดียวกัน เช่น จำนวนประชากร ระดับรายได้ของประชากร พฤติกรรมการใช้น้ำของประชากร และเป็นการใช้น้ำด้วยจุดมุ่งหมายเดียวกันคือการใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค (ฉัตรเพชร ยศพล, 2536) ส่วนการใช้น้ำสำหรับอุตสาหกรรมและน้ำสูญเสียจะเป็นการใช้น้ำเพื่อจุดมุ่งหมายที่แตกต่างกันออกไป

ค่าปริมาณความต้องการน้ำหรือต่อหน่วยย่อมมีค่าไม่คงที่แน่นอนเสมอไป ทั้งนี้เพราะปริมาณความต้องการน้ำเป็นกิจกรรมอันเกิดจากคนในชุมชน ซึ่งพฤติกรรมของคนในชุมชนนั้นแปรเปลี่ยนตามสภาพแวดล้อมและปัจจัยภายนอกที่มีผลกระทบ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ ได้แก่ จำนวนประชากรและขนาดของครัวเรือนสภาพทางเศรษฐกิจและสังคม มาตรการการจำกัดการใช้น้ำสภาพภูมิอากาศ นอกจากนี้ยังพบว่าความแตกต่างระหว่างแหล่งน้ำและปริมาณความต้องการน้ำมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามเวลาไปด้วย (Karen assaf, 2009) สำหรับการประมาณการปริมาณความต้องการน้ำใช้ต่ำสุดอยู่ที่ 100 ลิตรต่อคนต่อวัน ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 150 ลิตรต่อคนต่อวัน ที่เป็นมาตรฐานสำหรับความต้องการน้ำสำหรับชุมชน (WHO, 2003)

2.2 การประมาณการปริมาณความต้องการน้ำ

ปัญหาการขาดแคลนน้ำเป็นปัญหาหนึ่งที่เกิดขึ้นในหลาย ๆ ประเทศทั่วโลก การวางแผนการจัดการเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องเตรียมการสำหรับในอนาคต ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับการออกแบบที่ดีไว้ เช่น การขยายกำลังการผลิต การปรับปรุงระบบท่อส่งจ่ายน้ำประปา เป็นต้น (HaifengJia, 2008; Wei Wei and Kunlun Xin, 2008) สิ่งที่สำคัญที่ต้องพิจารณาอันแรก คือ ปริมาณความต้องการน้ำในอนาคต การประเมินความต้องการในอนาคตนั้นยังมีปัจจัยที่สำคัญ เช่น การเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ที่ทำให้มีปริมาณความต้องการน้ำที่เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย (Wetzel, 1983; Al Radif, 1999; Wang et. al., 2003)

การพยากรณ์หรือการประเมินความต้องการน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการดำเนินงานของระบบน้ำประปา การคาดการณ์ที่ถูกต้องประกอบไปด้วยตามความต้องการน้ำทั้งในระยะสั้นระยะกลางหรือระยะยาว (K.B. Khatri and K. Vairavammoorthy, 2008) ซึ่งจะมีประโยชน์มากสำหรับการวางแผนกำลังการผลิตการจัดการบำรุงรักษาการวางแผนทางการเงินในอนาคตและการเพิ่มประสิทธิภาพของการดำเนินงานของระบบ นอกจากนี้ยังมีความต้องการที่คาดการณ์ปริมาณน้ำไว้อย่างเพียงพอจะเป็นพื้นฐานสำหรับการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ในการเลือกแหล่งน้ำเพื่อใช้ในอนาคตร และการออกแบบสำหรับความต้องการน้ำเพื่อให้แหล่งน้ำไม่ได้หมดและมีการเข้าถึงอย่างเพียงพอ เป้าหมายของการศึกษานี้ในการพยากรณ์ความต้องการน้ำจะขึ้นอยู่กับสามวิธีดังนี้

- การพยากรณ์การใช้น้ำของผู้ใช้น้ำ
- พยากรณ์ทางเศรษฐศาสตร์
- การพยากรณ์อนุกรมเวลา

การพยากรณ์จากผู้ใช้น้ำเป็นวิธีการพื้นฐานในการคาดการณ์ความต้องการน้ำในการคาดการณ์ของการใช้งานสำหรับน้ำซึ่งต้องใช้ข้อมูลจำนวนมากและการตั้งสมมติฐาน วิธีการทางเศรษฐศาสตร์ที่อยู่บนพื้นฐานของความสัมพันธ์ทางสถิติประมาณการทางข้อมูลย้อนหลังที่แตกต่างกันระหว่างปัจจัย (ตัวแปรอิสระ) และปริมาณการใช้น้ำ (ตัวแปรตาม) โดยสมมติว่าความสัมพันธ์เหล่านั้นจะยังคงไปในอนาคต ส่วนชุดวิธีการอนุกรมเวลาการคาดการณ์ปริมาณการใช้น้ำโดยตรงโดยไม่ต้องมีการคาดการณ์เกี่ยวกับปัจจัยอื่น ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับการบริโภคน้ำ (Zhou et al., 2000) ตัวแปรด้านภูมิอากาศเช่นปริมาณฝนตกอุณหภูมิของอากาศความชื้นความเร็วลมเป็นต้นการใช้น้ำในอดีตได้รับการวิเคราะห์เพื่อการพัฒนาสมการถดถอยเชิงเส้นในรูปแบบโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการพยากรณ์การศึกษาความต้องการน้ำ แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นที่พัฒนาโดย (Jain et al., 2001) การใช้ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดรายสัปดาห์ ปริมาณฝนรายสัปดาห์ ความต้องการน้ำรายสัปดาห์และปริมาณน้ำฝนเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญ

สำหรับการพยากรณ์ความต้องการในอนาคตบางการศึกษาอื่น ๆ ได้รวมปัจจัยทางเศรษฐกิจประชากรและสภาพอากาศในแบบจำลองความต้องการน้ำของพวกเขา (Billink and Agthe, 1998) ใช้ราคาของน้ำและรายได้ส่วนบุคคลต่อหัว การใช้สำหรับน้ำประปาในเมลเบิร์น (Arbués et al., 2003) มีการดูตัวแปรหลักที่อาจมีผลต่อความต้องการและเน้นราคาน้ำรายได้หรือองค์ประกอบของกิจกรรมที่ใช้ในครัวเรือนเป็นปัจจัยสำคัญของการบริโภคที่อยู่อาศัย นอกจากนี้ยังมีการศึกษาจำนวนมากที่ทำการพยากรณ์ความต้องการน้ำและการวิเคราะห์ผลกระทบในระดับเมืองขนาดพื้นที่รับน้ำและระดับภูมิภาค (Arnell, 2004; Arnell and Delane, 2006; Bradly, 2004; Ruth et al., 2007; Sophocleous, 2004; Vorosmarty et al., 2000) ที่สุดของการศึกษาเหล่านี้จะมุ่งเน้นไปที่การพยากรณ์ความต้องการในอนาคตโดยไม่พิจารณาความไม่แน่นอนที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความแปรปรวนของการเจริญเติบโตของประชากรและการเจริญเติบโตของเมืองในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของประชาชนและสภาพทางเศรษฐกิจและสังคมและการเสื่อมสภาพของโครงสร้างพื้นฐานการพัฒนาเทคโนโลยีเพิ่มขึ้นความต้องการน้ำในการรักษาในระบบนิเวศ การเปลี่ยนแปลงในคุณภาพน้ำและวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ คือ การสำรวจแหล่งที่มาแตกต่างกันของความไม่แน่นอนในการพยากรณ์ความต้องการน้ำในอนาคตเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศการเจริญเติบโตของประชากรและการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของประชาชนและการประเมินความเสี่ยงในของเบอร์มิงแฮม (Khatrri and Vairavamoorthy, 2007)

การประมาณปริมาณความต้องการน้ำชุมชนอาจดำเนินการได้ด้วยวิธีการใดวิธีการหนึ่ง ดังนี้

- การประมาณจากแนวโน้มโดยอาศัยข้อมูลในอดีต
- การประมาณจากปริมาณความต้องการน้ำต่อหัวของประชากร
- การประมาณการจากการแยกประเภทของกิจกรรมในแต่ละช่วงเวลา โดยแต่ละกิจกรรมนั้นมีการใช้น้ำคงที่
- การประมาณการจากการแยกประเภทของกิจกรรมในแต่ละช่วงเวลา โดยแต่ละกิจกรรมนั้นมีการใช้น้ำไม่คงที่

ทั้งนี้ใน 2 วิธีการแรกข้างต้นไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อปริมาณความต้องการน้ำในการประเมินในขณะที่ 2 วิธีการหลังจะคำนึงถึงปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อปริมาณความต้องการน้ำอย่างไรก็ตามต้องอาศัยหลักการในการประเมินตามสมการทั่วไป (ฉัตรเพชร ชยพล, 2536) ดังแสดงในสมการที่ 2.1

$$Q_{c,y} = q_{c,y} \times N_y \quad (2.1)$$

โดยที่

$$\begin{aligned} Q &= \text{ปริมาณความต้องการน้ำ (L}^3\text{/T)} \\ q &= \text{ปริมาณความต้องการน้ำต่อหน่วย (L}^3\text{/T/unit)} \\ N &= \text{จำนวนหน่วย (unit)} \\ c &= \text{ประเภทของกิจกรรมการใช้น้ำ} \\ y &= \text{ปีที่กำหนด} \end{aligned}$$

ยกตัวอย่าง เช่น ปริมาณความต้องการน้ำสำหรับชุมชนหนึ่งๆอาจใช้สมการข้างต้นเป็นฐานในการประเมินปริมาณความต้องการน้ำจากทุกกิจกรรมได้ดังนี้ (ฉัตรเพชร ยศพล, 2536)

$$TWD = (P \times U) + IU + OU \quad (2.2)$$

โดยที่

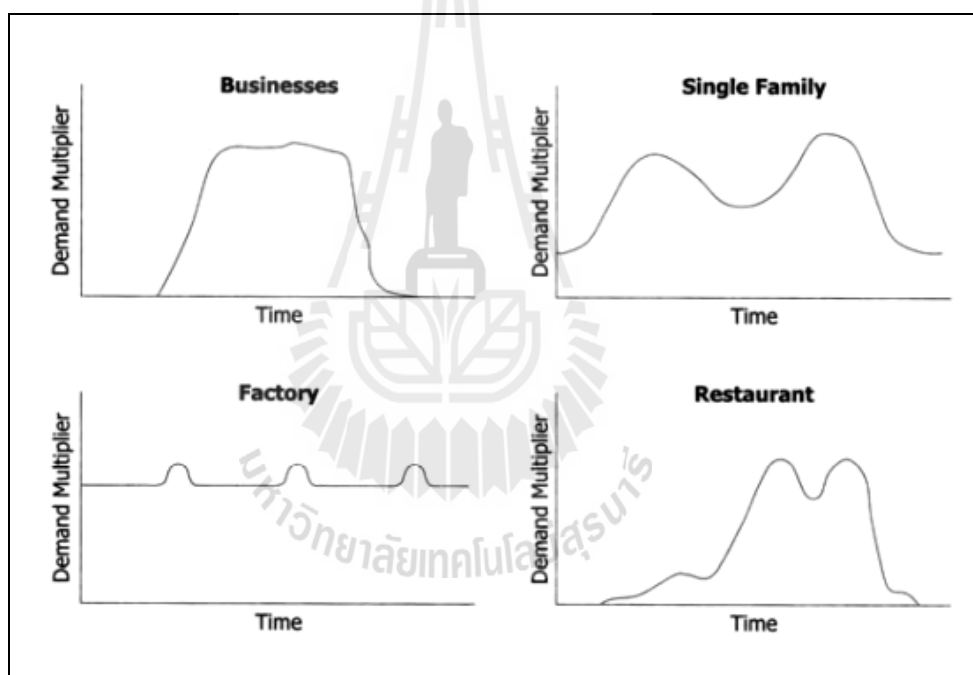
$$\begin{aligned} TWD &= \text{ปริมาณความต้องการน้ำทั้งหมด ณ ช่วงเวลาใดๆ} \\ P &= \text{จำนวนประชากร ณ ช่วงเวลาที่กำหนด} \\ U &= \text{อัตราความต้องการน้ำต่อหน่วยประชากร ณ ช่วงเวลาที่กำหนด} \\ IU &= \text{ปริมาณความต้องการน้ำในภาคอุตสาหกรรม ณ ช่วงเวลาที่กำหนด} \\ OU &= \text{ปริมาณความต้องการน้ำจากส่วนอื่น ณ ช่วงเวลาที่กำหนด} \end{aligned}$$

ซึ่งปริมาณความต้องการน้ำที่ประมาณการได้นี้จะใช้ค่าเฉลี่ย เช่น ค่าเฉลี่ยปริมาณความต้องการน้ำต่อวันหรือต่อเดือนหรือต่อปี แต่ยังไม่สามารถนำไปใช้ได้ทันทีทั้งนี้ต้องอาศัยปัจจัยอื่นๆ มาเกี่ยวข้องกับค่าปริมาณความต้องการน้ำอีกในงานออกแบบด้านวิศวกรรมประปา เช่น สัดส่วนอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยร้อยละของปริมาณน้ำสูญเสีย การใช้น้ำแต่ละพื้นที่ย่อยในเขตพื้นที่บริการ

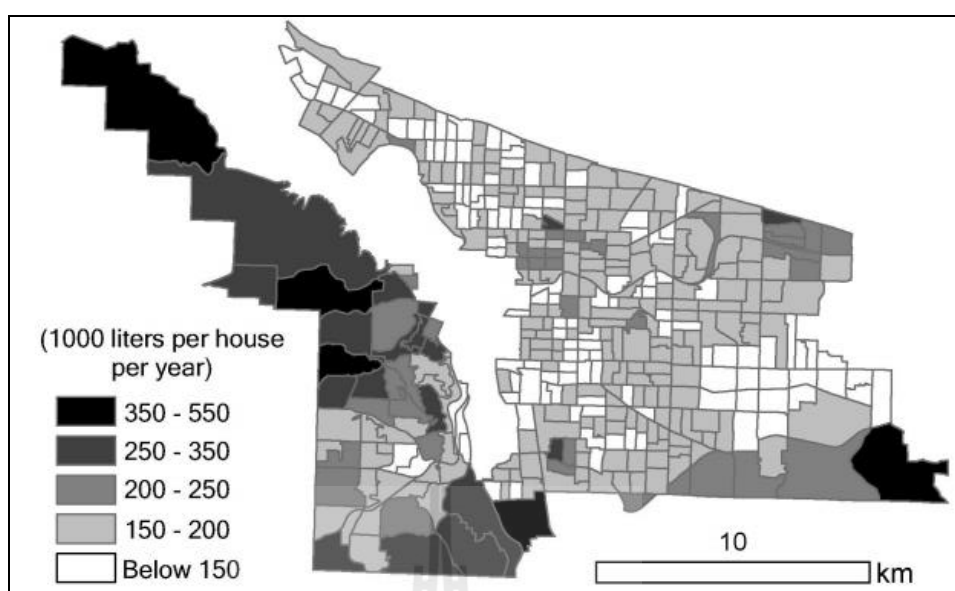
นอกจากนี้ยังมีการนำเอาเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจเพื่อประเมินความต้องการน้ำในอนาคตและวางแผนการประมาณความต้องการน้ำเพื่อลดความไม่แน่นอนของทำนายความต้องการน้ำในอนาคต คือ DFMS (Decision Support System) ที่ถูกประเมินในประเทศอังกฤษ (LuayFroukh, 2001)

2.3 การแปรเปลี่ยนปริมาณความต้องการน้ำแต่ละช่วงเวลาและในแต่ละพื้นที่

ปริมาณความต้องการน้ำนั้นมีการเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอนในแต่ละช่วงเวลา (Temporal Variation) ดังนั้นในเขตพื้นที่หนึ่ง ๆ นั้นจะมีปริมาณความต้องการน้ำที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละช่วงเวลาไม่ว่าจะเป็นช่วงเวลาในรอบวัน (Diurnal Variation) ดังแสดงในรูปที่ 2.5 หรือในแต่ละช่วงเวลาในรอบปี (Seasonal Variation) เช่น ปริมาณความต้องการน้ำในฤดูร้อนจะมีมากกว่าความต้องการน้ำในฤดูหนาว เป็นต้น นอกจากนั้นในแต่ละชุมชนย่อย ๆ หรือพื้นที่ย่อย ๆ ในพื้นที่บริการก็มีปริมาณความต้องการน้ำแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ (Spatial Variation) ยกตัวอย่างเช่น ในเขตพื้นที่ที่มีประชากรอยู่อย่างหนาแน่นจะมีปริมาณความต้องการน้ำมากกว่าเขตพื้นที่ที่มีประชากรอยู่เบาบางกว่า ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างปริมาณความต้องการน้ำแต่ละช่วงเวลาในรอบวัน
(ที่มา :Walski et al., 2001)



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างแสดงปริมาณความต้องการในน้ำแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่
(ที่มา : Heejun Chang et. al., 2010)

ในการประเมินปริมาณความต้องการน้ำ สามารถแบ่งความต้องการใช้น้ำหลักออกเป็น 2 ประเภท (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร กรมชลประทาน, 2551) ดังนี้

ความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค

การศึกษาด้านความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค เป็นการศึกษาถึงความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภคของประชากรทั้งหมดทั้งที่อาศัยอยู่ในเขตเมือง และนอกเขตเมืองซึ่งจะมีความต้องการใช้น้ำที่แตกต่างกัน โดยมีขั้นตอนในการศึกษาดังต่อไปนี้

(1) รวบรวมข้อมูลประชากรรายตำบลทั้งปัจจุบันและการคาดการณ์ในอนาคตจากการศึกษาด้านประชากรโดยจำแนกตามประเภทชุมชนต่าง ๆ ได้แก่ เทศบาลนคร เทศบาลเมือง เทศบาลตำบล และนอกเขตเทศบาล

(2) กำหนดอัตราการใช้น้ำของประชากรในชุมชนลักษณะต่าง ๆ โดยประชากรที่อยู่ในเขตเทศบาลได้วิเคราะห์จากข้อมูลปริมาณน้ำจำหน่ายของการประปาส่วนภูมิภาค ส่วนอัตราการใช้น้ำของประชากรนอกเขตเทศบาล กำหนดให้ใช้ตามมาตรฐานของการสำรวจความจำเป็นพื้นฐาน (จปฐ.2552) ดังสรุปได้ดังนี้

- เทศบาลนครกำหนดอัตราการใช้น้ำเท่ากับ 250 ลิตร/คน/วัน
- เทศบาลเมืองกำหนดอัตราการใช้น้ำเท่ากับ 200 ลิตร/คน/วัน
- เทศบาลตำบลกำหนดอัตราการใช้น้ำเท่ากับ 120 ลิตร/คน/วัน
- นอกเขตเทศบาลกำหนดอัตราการใช้น้ำเท่ากับ 50 ลิตร/คน/วัน

ความต้องการน้ำเพื่อการอุตสาหกรรม

การศึกษาด้านความต้องการน้ำเพื่อการอุตสาหกรรม เป็นการศึกษาถึงความต้องการน้ำเพื่อการอุตสาหกรรมของโรงงานประเภทต่าง ๆ ซึ่งมีความต้องการใช้น้ำที่แตกต่างกัน โดยมีขั้นตอนในการศึกษาดังต่อไปนี้

(1) รวบรวมข้อมูลพื้นที่ประกอบการอุตสาหกรรมที่จำแนกตามประเภทโรงงานแล้วทั้งปัจจุบันและการคาดการณ์ในอนาคต

(2) อัตราการใช้น้ำตามประเภทของโรงงานที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมได้จำแนกเอาไว้เป็น 10 ประเภท ดังรายละเอียดตัวอย่างอัตราการใช้น้ำของโรงงานแต่ละประเภท ดังตารางที่ 1.1 ตารางที่ 2.1 รายละเอียดปริมาณความต้องการน้ำในภาคอุตสาหกรรม

(สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร องค์การมหาชน, 2552)

รายละเอียดประเภทอุตสาหกรรมหลัก	ปริมาณความต้องการน้ำ (ลบ.ม./ไร่/วัน)
อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วน อุปกรณ์ต่าง ๆ	6
อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์	8
อุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม	12
อุตสาหกรรม ถลุง หล่อ โลหะ	5
อุตสาหกรรมทั่วไป	7
อุตสาหกรรมกลางแจ้ง เช่น โม-บดหิน ดูดทราย เผ่าถ่าน หีบฝ้าย อบเมล็ดพืช ฯลฯ	4
อุตสาหกรรมกระดาษ เช่น ผลิตเยื่อกระดาษ ภาชนะจากกระดาษ ฯลฯ	4
อุตสาหกรรมสิ่งทอ ฟอกหนัง ย้อมสี	5
ผลิตภัณฑ์โลหะ เช่น แก้ว กระเบื้องเคลือบ ปูน ฯลฯ	8
ผลิตภัณฑ์ไม้ เครื่องเรือน	3

2.3.1 ค่าสัดส่วนอัตราการใช้น้ำสูงสุด

ค่าสัดส่วนอัตราการใช้น้ำสูงสุดที่มีอิทธิพลในการออกแบบหน่วยการผลิตหรือระบบจ่ายน้ำประปาได้แก่ค่าสัดส่วนอัตราการใช้น้ำสูงสุดในรอบวัน (Daily Peaking Factor) และค่าสัดส่วนอัตราการใช้น้ำสูงสุดในรอบชั่วโมง (Hourly Peaking Factor) ซึ่งค่าสัดส่วนอัตราการใช้น้ำสูงสุดทั้ง 2 ค่านี้นี้สามารถคำนวณ (AWWA, 1989) ได้จากสมการที่ 2.3 และสมการที่ 2.4

$$\text{Daily Peaking Factor} = \frac{\text{MaximumDaily Demand inYear (m}^3\text{/day)}}{\text{AverageDailyDemand (m}^3\text{/day)}} \quad 2.3$$

$$\text{Hourly Peaking Factor} = \frac{\text{MaximumHourly Demandinday (m}^3\text{/day)}}{\text{AverageDailyDemand (m}^3\text{/day)}} \quad 2.4$$

ซึ่งค่าสัดส่วนทั้งสองค่านี้เป็นที่นิยมใช้ในการออกแบบขนาดของระบบประปา โดยค่าสัดส่วนอัตราการใช้สูงสุดในรอบวันนั้นนิยมนำมาใช้ในการกำหนดและออกแบบขนาดกำลังการผลิตของโรงผลิตน้ำประปาเพื่อให้มั่นใจว่าระบบประปานั้นสามารถรองรับปริมาณความต้องการน้ำสูงสุดของวันใดวันหนึ่งในรอบปี เช่น วันสงกรานต์หรือวันที่มีอากาศร้อนจัด ในขณะที่ค่าสัดส่วนอัตราการใช้สูงสุดในรอบชั่วโมงนั้นนิยมนำมาใช้ในการออกแบบและกำหนดขนาดของระบบท่อจ่ายน้ำ (AWWA, 1989) เพื่อให้มั่นใจว่าระบบท่อจ่ายน้ำนั้นสามารถจ่ายน้ำในปริมาณและแรงดันที่กำหนดในช่วงเวลาที่มีการใช้สูงสุดในรอบวัน เช่น ช่วงเวลาเย็นที่ชุมชนมีกิจกรรมการใช้น้ำมากกว่าช่วงเวลากลางวัน

2.3.2 ปริมาณการใช้น้ำในแต่ละพื้นที่

พื้นที่ย่อยๆของเขตพื้นที่บริการนั้นมีความต้องการน้ำที่แตกต่างกัน เขตพื้นที่ที่มีประชากรอยู่หนาแน่น ย่านพาณิชยกรรมก็ย่อมมีการใช้น้ำต่อหน่วยพื้นที่ (ลูกบาศก์เมตรต่อตารางกิโลเมตร) มากกว่าพื้นที่ที่มีประชากรอยู่อย่างเบาบางเช่นเขตที่อยู่อาศัย เขตชานเมือง ซึ่งระบบท่อจ่ายน้ำนั้นจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลประมาณความต้องการน้ำในแต่ละพื้นที่ย่อยในการออกแบบ ขนาดของท่อตามเส้นทางต่าง ๆ ในระบบ เพื่อให้มั่นใจว่าระบบท่อนั้นมีความสามารถในการลำเลียงน้ำเข้าสู่ชุมชนและกิจกรรมต่าง ๆ ในเขตพื้นที่บริการจ่ายน้ำ ในปริมาณตามที่แต่ละพื้นที่ที่ต้องการ โดยยังรักษาแรงดันของน้ำในระบบท่อให้ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดสำหรับการใช้งานของสุขภัณฑ์ในหน่วยการใช้น้ำต่าง ๆ

ดังนั้นถ้ายังสามารถประมาณการได้อย่างแม่นยำถึงปริมาณความต้องการน้ำในแต่ละพื้นที่ย่อยๆก็จะสามารถออกแบบระบบท่อให้มีขนาดที่เหมาะสมได้ โดยไม่ต้องออกแบบให้มีขนาดใหญ่ซึ่งไม่เป็นการประหยัดหรือออกแบบให้มีขนาดเล็กเกินไปทำให้เกิดอัตราการไหลและแรงดันที่ไม่เพียงพอ ทั้งนี้ด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบันมีการนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการประเมินประมาณความต้องการน้ำที่แปรเปลี่ยนไปในแต่ละพื้นที่

2.4 การออกแบบระบบท่อจ่ายน้ำประปา

การออกแบบระบบท่อจ่ายน้ำ ที่เป็นโครงสร้างเป็นสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐานของระบบประปาของชุมชน ที่ประกอบด้วยระบบท่อแจกจ่ายน้ำ เครื่องสูบน้ำ วาล์วน้ำ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ระบบท่อจ่ายน้ำที่ออกแบบระบบท่อโครงข่ายจ่ายน้ำ มีการใช้งบประมาณในการลงทุนสูงทั้งในช่วงของการก่อสร้างและบำรุงรักษา ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องศึกษาวิธีการออกแบบที่มีประสิทธิภาพเพื่อลดค่าใช้จ่าย และนำมาใช้ประโยชน์แก่การให้บริการด้านสาธารณูปโภค โดยคำนึงถึงสุขภาพและอนามัยของผู้ใช้น้ำ

ระบบการแจกจ่ายน้ำประปาเป็นสิ่งจำเป็นที่การเชื่อมโยงระหว่างแหล่งผลิตน้ำประปากับผู้บริโภค เป็นระบบที่ค่อนข้างซับซ้อนในการที่จะลำเลียงผ่านทางท่อประปาก่อนที่จะถึงของผู้บริโภค ประกอบไปด้วยระบบปั๊มที่ให้น้ำยังส่งผ่านไปยังส่วนต่าง ๆ ระบบ ระบบวาล์วควบคุมให้แรงดันน้ำและทิศทางการไหลที่ควบคุมให้น้ำไหลผ่านไปยังส่วนต่าง ๆ ตามต้องการ

โครงข่ายท่อจ่ายน้ำทำหน้าที่ลำเลียงน้ำจากแหล่งจ่ายน้ำผ่านท่อไปยังจุดใช้น้ำการไหลในท่อเป็นการไหลภายใต้ความดันการออกแบบเป็นการหาขนาดท่อที่สามารถลำเลียงน้ำได้ตามอัตราการไหล ความดันที่จุดใช้น้ำ ความเร็วและอื่น ๆ การออกแบบด้วยวิธีดั้งเดิมหรือวิธีลองผิดลองถูกผู้ออกแบบจะเลือกใช้น้ำขนาดท่อตามประสบการณ์แล้วใช้วิธีการวิเคราะห์โครงข่ายท่อจ่ายน้ำ เช่น วิธี Hardy Cross, Linear Theory และ Newton-Raphson (จำเริญ โกศลวิตร, 2009) เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ทำการวิเคราะห์ซ้ำจนกว่าจะได้ค่าตามต้องการแต่ใช้เวลาในการวิเคราะห์

วิธีการฮาร์ดครอสหรือที่เรียกว่าวิธีการกระจายโมเมนต์ที่เสนอโดย hardy-cross สำหรับการวิเคราะห์กรอบโครงสร้างในปี 1932 (Cross, 1932) วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้ในการเรียนการสอนอย่างกว้างขวาง (Utku et al., 1991; Tartaglione, 1991; Arbabi, 1991; Rossow, 1996; Ghali, 1997 and Kassimali, 1999) และยังคงเป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการวิเคราะห์ในการการปฏิบัติและสามารถแก้ปัญหาที่ซับซ้อนโดยไม่ต้องอาศัยซอฟต์แวร์ที่ทันสมัย ในการวิเคราะห์โครงสร้างระบบท่อ (Volokh, 2006) ซึ่งสามารถสรุปวิธีการคำนวณปริมาณน้ำในระบบได้ดังตารางที่ 2.2

ข้อกำหนดสำหรับการออกแบบขนาดท่อที่เหมาะสมสำหรับการได้รับการบริการออกแบบมีดังนี้

- ที่ตั้งของระบบท่อโครงข่าย ประกอบด้วยระดับความสูงต่ำของพื้นที่ที่มีผลต่อแรงดันในระบบโครงข่ายท่อ
- ความเสื่อมสภาพของท่อหรือสภาพการกัดกร่อนและอายุการใช้งานของท่อนั้นมีส่วนสำคัญในระบบส่งจ่ายน้ำประปาที่มีอายุการใช้งานที่ยาวนานอาจเกิดปัญหาการเสื่อมสภาพของท่อทำให้ท่อแตกเสียหายและเป็นที่มาของปริมาณน้ำสูญเสีย

ตารางที่ 2.2 สรุปวิธีการที่ใช้คำนวณระบบท่อแจกจ่ายน้ำ

ผู้ศึกษา	วิธีการ
Gupta (1969), Calhoun (1970), Alperovits, Shamir (1977), Quindry et al. (1979), Bhavne, Sonak (1992), D. Nagesh Kumar, T. Rama Mohana, M. bandyopadhyay (1998), จำเริญ โกศลวิตร (2008)	Linear Programming Gradient Method
Cenedese, Mele (1978), Lansey, May (1989), Jacoby (1968)	Nonlinear Programming and Algorithm
Goulter et al. (1986) Fujiwara (1987)	Modified Linear Programming Gradient method
Kessler, Shamir (1989)	Matrix Formulation and Modified LPG Method
Dragan, Godfrey (1997)	Genetic Algorithm for Least-Cost Design
M. Cisty, Z. Bajtek (2008)	linear programming methodology and a genetic algorithms
KalanithyVairavamoorthy, MohammedAli (2000), ArtemBabayan, DraganSavic, Godfrey Walters, Zoran Kapelan (2007)	Genetic Algorithms

- ความเร็วและความดันภายในท่อ

การหาขนาดท่อที่มีประสิทธิภาพและมีราคาต่ำที่ใช้ในระบบแจกจ่ายน้ำของฟาร์มปลาคุณภาพ ทั้งนี้ราคาต้นทุนของระบบท่อแจกจ่ายนั้นขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของระบบต่าง ๆ เช่น ระบบท่อ ปุ่มสูบน้ำ ระบบกักเก็บน้ำ เป็นต้น (Inmacula, 2008) มีการใช้วิธีการ Optimal Design Loop Model of Water Distribution Network เพื่อช่วยลดปัญหาในการเลือกขนาดท่อที่เหมาะสม และสามารถกำหนดความเร็วในเส้นท่อให้อยู่ช่วงที่มีขายในท้องตลาด ประกอบด้วยกระบวนการ linear programming gradient (Bai Dan et al., 2007)

สำหรับการหาขนาดท่อที่เหมาะสมซึ่งพื้นฐานในการเลือกนั้น คือ ค่าต้นทุนและค่าต้นทุนพลังงาน ที่จำกัดด้วยความเร็วและความดันในเส้นท่อ โดยพบว่าค่าความเสียดทานจำกัดอยู่ที่ช่วง 1 - 30 เมตรต่อกิโลเมตร และความเร็วในเส้นท่อที่สูงสุดอยู่ที่ 3 เมตร/วินาที ดังแสดงในตารางที่ 2.3 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอายุและเวลาในการดำเนินการของระบบประปา (Steven T. Tayler, 2008) นอกจากนี้ยังมีการพยายามใช้วิธี Graphical Methods เพื่อเตรียมหาโค้งความสัมพันธ์ของอัตราการไหลและการสูญเสียกำลังการไหลของไหลในท่อ (head-loss) ในระบบท่อแบบอนุกรมผลลัพท์ คือ ค่าการสูญเสียกำลังการไหลของไหลในท่อรวมเท่ากับศูนย์ (Ramalingam, Lingireddy and Ormsbee, 2002) เพื่อให้ได้ระบบท่อที่มีระยะสั้นที่สุดเพื่อลดความประหยัดค่าก่อสร้าง

- ข้อจำกัดทางด้านกายภาพและงบประมาณที่จำกัด

คุณภาพน้ำของแหล่งน้ำมีส่วนทำให้งบประมาณมีการต้นทุนการผลิตสูงกว่าปกติมาก จนอาจไม่เหมาะที่จะใช้แหล่งน้ำที่มีคุณภาพน้ำต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานเพื่อใช้เป็นน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปาให้กับชุมชนและมีผลต่อระบบทราयरกรองที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเนื่องจากคุณภาพน้ำที่มีความขุ่นสูง ทำให้ประสิทธิภาพในการกรองทรายนั้นลดลงประกอบกับต้องมีการล้างผิวหน้าระบบทราयरกรองจึงมีผลทำให้ปริมาณน้ำที่ผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำ

ตารางที่ 2.3 สรุปเกณฑ์ด้านความเร็วและความดันในเส้นท่อ

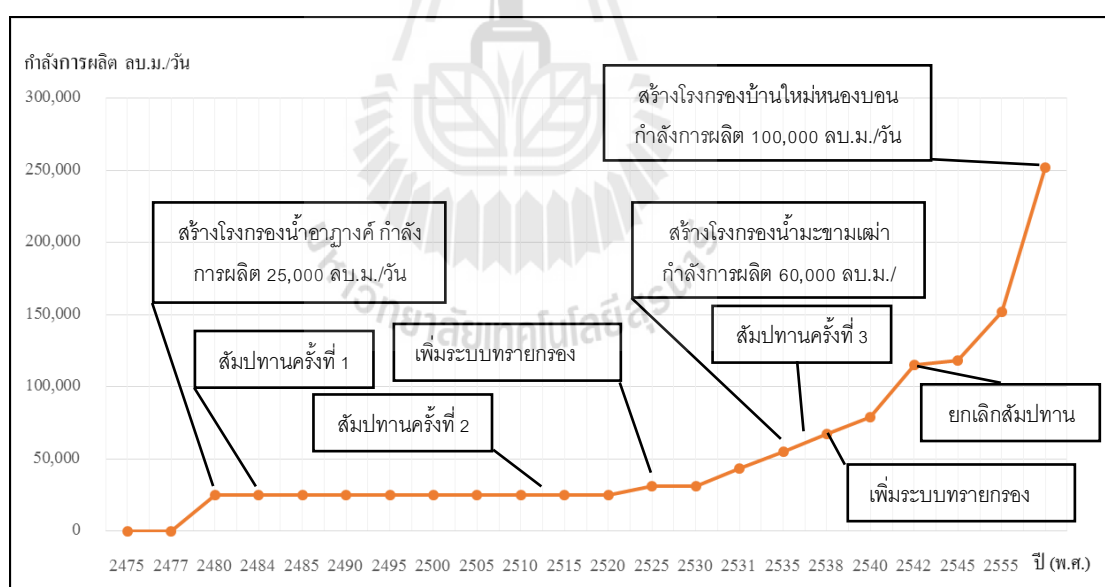
เกณฑ์ที่ใช้พิจารณา	เกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบ
1. อัตราการไหล	
เมื่อไม่มีการดับเพลิง	อัตราน้ำใช้สูงสุดในรอบวัน
เมื่อมีการดับเพลิง	อัตราน้ำใช้สูงสุดในรอบวัน + อัตราน้ำดับเพลิง
2. ความดันในเส้นท่อ	
ย่านพักอาศัย	25-40 ปอนด์/ตร.นิ้ว
	40 ปอนด์/ตร.นิ้ว
	40-50 ปอนด์/ตร.นิ้ว
	60 ปอนด์/ตร.นิ้ว (ถ้ามีการดับเพลิง)
	75 ปอนด์/ตร.นิ้ว (ถ้ามีการดับเพลิง)
ย่านธุรกิจการค้า	60 ปอนด์/ตร.นิ้ว
	75 ปอนด์/ตร.นิ้ว
	60-75 ปอนด์/ตร.นิ้ว
ความดันต่ำสุด	20 ปอนด์/ตร.นิ้ว
	30 ปอนด์/ตร.นิ้ว
3. ความเร็วน้ำในท่อเมน	2-4 ฟุต / วินาที
	3-4 ฟุต / วินาที
	3-5 ฟุต / วินาที
	3-6 ฟุต / วินาที
	4-6 ฟุต / วินาที
4. ขนาดท่อที่เล็กที่สุด	
มีการดับเพลิง	8 นิ้ว
ไม่มีการดับเพลิง	8 นิ้ว

2.5 ระบบประปาเทศบาลเมืองนครราชสีมา

ความเป็นมาของระบบประปาเทศบาลเมืองนครราชสีมา นั้น ในปี พ.ศ. 2484 ได้รับการอนุญาตจากกระทรวงมหาดไทยให้สัมปทานประกอบกิจการประปาและมีรายละเอียดสำหรับการสัมปทานกิจการประปาดังแสดงในภาคผนวก ก ส่วนการสัมปทานกิจการประปาของเทศบาลเมืองนครราชสีมา มีดังนี้

- ครั้งที่ 1 วันที่ 28 มีนาคม พ.ศ.2484
- ครั้งที่ 2 วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ.2512
- ครั้งที่ 3 วันที่ 1 เมษายน พ.ศ.2537

อายุสัมปทานมีระยะ 25 ปี ในปัจจุบันนี้ ได้มีการยกเลิกสัมปทานแล้วตามพระราชกำหนดแผนและขั้นตอนการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น พ.ศ. 2542 โดยให้อยู่ในความควบคุมดูแลและให้การช่วยเหลือ มีกำลังการผลิตและปรับปรุงขยายการผลิตเพิ่มขึ้นตามความต้องการของประชาชน (เทศบาลเมืองนครราชสีมา, 2552) ซึ่งสามารถสรุปความเป็นมาของระบบประปาของเทศบาลเมืองนครราชสีมา ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ความเป็นมาของระบบประปา

ในช่วง พ.ศ. 2470 – พ.ศ. 2545 โดยภาพรวมความเป็นมาของสำนักการประปาเทศบาลนครราชสีมา เป็นการก่อสร้างระบบผลิตเพื่อเพิ่มกำลังผลิตน้ำประปาช่วงแรกของการประปาเทศบาลนครราชสีมา ใน พ.ศ.2515 มีโรงกรองน้ำทั้งหมดจำนวน 8 โรงกรองความสามารถในการผลิตน้ำประปา รวมทั้งสิ้น 30,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หลังจากนั้นได้เพิ่มกำลังผลิตน้ำประปา

ในระยะที่สอง โดยเริ่มปี พ.ศ. 2531 แล้วเสร็จในปีพ.ศ.2533 โดยก่อสร้างระบบผลิตน้ำประปาเป็นระบบกรองช้า (Slow Sand filter) สามารถผลิตน้ำประปาได้ 58,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เมื่อรวมกับการผลิตน้ำประปาในระยะแรก การประปาเทศบาลนครนครราชสีมาสามารถผลิตน้ำประปาได้ทั้งหมด 88,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน แต่ประสบปัญหาคุณภาพน้ำที่มีการปนเปื้อนจากแหล่งน้ำไม่เหมาะสมทำให้ไม่สามารถผลิตได้เพียงพอต่อความต้องการของประชาชนในพื้นที่จ่ายน้ำ ในปี พ.ศ. 2539 จึงได้มีการดำเนินการก่อสร้างระบบผลิตน้ำประปาเป็นระบบกรองเร็ว โดยการใช้น้ำดิบจากแหล่งน้ำลำตะคอง บริเวณโรงกรองน้ำบ้านมะขามเฒ่าที่มีกำลังการผลิตน้ำ 12,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และในช่วงปัจจุบันสำนักงานการประปาเทศบาลนครราชสีมาได้ดำเนินการก่อสร้างโรงกรองน้ำบ้านใหม่หนองบอน เพื่อเพิ่มกำลังผลิตน้ำประปาในระยะที่สามโดยเริ่มปี พ.ศ. 2550 ซึ่งปัจจุบันก่อสร้างแล้วเสร็จโดยก่อสร้างระบบผลิตน้ำประปาเป็นระบบกรองเร็ว (Rapid Sand filter) สามารถผลิตน้ำประปาได้ 100,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน แต่ยังไม่สามารถสูบน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำลำตะคองมาผลิตน้ำประปาได้ เนื่องจากศาลปกครองมีคำพิพากษาสั่งห้ามสูบน้ำจากอ่างเก็บน้ำลำตะคองมาผลิต จึงต้องใช้น้ำดิบจากลำน้ำมูลบริเวณ โรงกรองน้ำมาผลิตน้ำประปาทำให้ไม่สามารถผลิตน้ำตามแผนการผลิตประมาณ 250,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวันได้

จะเห็นได้ว่า จากอดีตจนถึงปัจจุบันนั้นกิจกรรมหลักที่พบดังแสดงในรูปที่ 2.7 นั่นคือ การก่อสร้างระบบผลิตน้ำประปาหรือมีการขยายขนาดกำลังการผลิตเพื่อรองรับปริมาณความต้องการน้ำของประชาชนในเขตเทศบาลที่เพิ่มขึ้น แต่ยังไม่มีการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบท่อแจกจ่ายซึ่งถือเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดปริมาณน้ำสูญเสียเป็นจำนวนมากตามไปด้วย และขนาดกำลังการผลิตน้ำประปาที่เพิ่มขึ้นนี้ ระบบท่อที่มีมาแต่เดิมนั้นสามารถรองรับอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้นนี้ได้หรือไม่จึงเป็นวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้

2.6 สรุปผลการทบทวนวรรณกรรม

การประเมินความต้องการน้ำทั้งมีการประเมินในระยะสั้น (Short Term) และระยะยาว (Long Term) โดยการประเมินปริมาณความต้องการน้ำในระยะสั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดรูปแบบการบริหารจัดการและรูปแบบการเดินระบบประปาในรอบวัน (Maidment and Miaou 1986; Alcocer et al., 2006; Loureiro et al., 2006; Filion et al., 2007; Msiza et al., 2007) และในการประเมินปริมาณความต้องการน้ำในระยะยาว มีวัตถุประสงค์คือเพื่อวางแผนออกแบบระบบประปาในอนาคต การประเมินปริมาณความต้องการน้ำมีหลายวิธีด้วยกัน วิธีแบบง่าย ได้แก่ การประเมินความต้องการน้ำในอนาคตจากปริมาณความต้องการน้ำในอดีตที่ผ่านมา (Trend Extrapolation) เป็นการประเมินโดยไม่ได้อาศัยตัวแปรอิสระอื่น เพียงแต่ต้องการข้อมูลปริมาณ

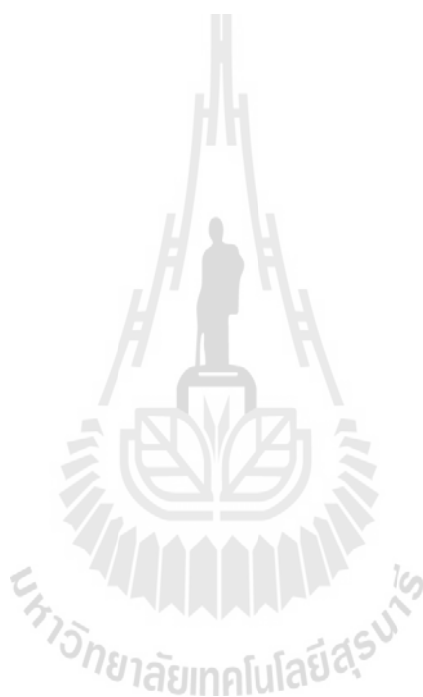
ความต้องการน้ำในอดีตที่ผ่านมาตัวแปรเดียว (Single Variable Regression) หรือข้อมูลประชากรในอดีตเพียงตัวแปรเดียว

วิธีที่ซับซ้อนขึ้นในการประเมินปริมาณความต้องการน้ำโดยอาศัยตัวแปรอิสระอื่น ๆ ที่อาศัยตัวแปรอื่น ๆ เช่น ตัวแปรด้านประชากร การใช้ที่ดิน เศรษฐกิจ (ฉัตรเพชร ขสพล 2536, สุกลักษณ์ จันทรสมบัติและคณะ, 2546 และ Hasan and Kaluarachchi, 2006) ส่วนวิธีที่อาศัยตัวแปรอิสระหลายตัวจากข้อมูลในอดีตในการประเมินความต้องการน้ำที่เป็นที่นิยม ได้แก่ การใช้โครงข่ายประสาทประดิษฐ์ (Artificial Neural Network) ที่มีการนำวิธีนี้ไปใช้ (Msiza et al., 2007; Ghiassi et al., 2008)

ได้มีผู้ศึกษานำแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินมาใช้ในการประเมินความต้องการน้ำโดยแบ่งพื้นที่บริการจ่ายน้ำของการประปาขอนแก่นออกเป็นตารางย่อยๆ ซึ่งในแต่ละตารางย่อยๆ นั้นมีวิธีการประเมินปริมาณความต้องการน้ำจากการใช้ที่ดินเป็นพื้นฐาน (ฉัตรเพชร ขสพล, 2536) ซึ่งจะเห็นว่าเทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถนำมาใช้งานได้ในลักษณะเดียวกัน (Shandas et al., 2003; Jun et al., 2004; Rao et al., 2004) หรือการศึกษาของ สุกลักษณ์ จันทรสมบัติและคณะ ในปี พ.ศ.2546 ได้นำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้ในการประเมินปริมาณความต้องการน้ำในประเทศไทยในระบบน้ำประปาจะต้องมีการวางระบบที่ดี ในระบบน้ำประปามีส่วนสำคัญ คือ ระบบการจ่ายน้ำไปยังจุดต่างๆ ที่มีความต้องการ ในปริมาณและแรงดันที่เหมาะสม การออกแบบระบบท่อ จำเป็นต้องกำหนดความเร็วและความดันของน้ำที่จ่าย อย่างเหมาะสมโดยการออกแบบเริ่มจากการหาปริมาณความต้องการการใช้น้ำ การนำแบบจำลอง EPANET 2.0 มาใช้วิเคราะห์และคำนวณสภาพการไหลของระบบจ่ายน้ำในสภาพการไหลเต็มท่อภายใต้แรงดัน จึงทำการเลือกแบบจำลองนี้เพื่อนำมาทดสอบเพื่อวิเคราะห์ระบบจ่ายน้ำในปัจจุบันและใช้เป็นแบบจำลองที่วิเคราะห์การไหลของน้ำทางชลศาสตร์ภายใต้แรงดันของระบบโครงข่าย เช่น โครงข่ายการจ่ายน้ำประปาชุมชน โดยใช้ทฤษฎีการไหลของ Hazen-William ในการคำนวณแรงดันและอัตราการไหลในระบบท่อ (USEPA, 2000) ส่วนในการวิเคราะห์ระบบท่อประปานั้นมีการวิเคราะห์ได้หลายวิธีเพื่อหาความยาวและขนาดท่อที่เหมาะสมดังนี้

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา พบว่าโดยส่วนมากเป็นการเน้นที่การประเมินปริมาณความต้องการน้ำในอนาคตและแหล่งน้ำที่จะใช้สำหรับเป็นแหล่งผลิตน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค ทั้งนี้การประเมินความต้องการน้ำในอนาคตนั้นไม่เพียงแต่อาศัยการประเมินจากจำนวนผู้ใช้น้ำแล้วยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดิน โครงสร้างราคาน้ำต่อหน่วย สภาพเศรษฐกิจสังคม ความหนาแน่นของประชากรเป็นต้น และการหาขนาดท่อที่เหมาะสมและประหยัดที่สุดด้วยวิธีการต่าง ๆ ในส่วนของการลงทุนก่อสร้างระบบประปาเพื่อส่งจ่ายไปยังส่วนต่าง ๆ ของพื้นที่บริการ

ถึงแม้ว่าเทศบาลนครราชสีมาจะมีระบบประปาใหม่ที่มีขนาดกำลังการผลิตที่เพิ่มมากขึ้นแต่เทศบาลนครฯ ยังไม่ได้วางแผนในการขยายหรือขีดความสามารถของระบบท่อจ่ายน้ำ ซึ่งระบบประปาของเทศบาลฯ นั้นพบว่าจากในอดีตถึงปัจจุบันนั้นยังไม่มีมีการปรับปรุงระบบท่อแจกจ่ายน้ำประปา ซึ่งระบบท่อแจกจ่ายน้ำประปานี้เป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญหากมีการรั่วไหลของน้ำในระบบหรือน้ำสูญเสียก็จะก่อให้เกิดผลเสียหายตามมา ดังนั้นเป้าหมายในการทำการวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประมาณปริมาณความต้องการน้ำในเขตเทศบาลฯ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์EPANET 2.0 ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการประเมินปริมาณความต้องการน้ำใช้ และเพื่อตรวจสอบถึงขีดความสามารถของระบบโครงข่ายท่อจ่ายน้ำประปา



บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 รูปแบบงานวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงประยุกต์ เพื่อศึกษาการประเมินปริมาณความต้องการน้ำในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พร้อมทั้งตรวจสอบขีดความสามารถของระบบท่อจ่ายน้ำในเขตเทศบาลนครราชสีมา ในการรองรับปริมาณความต้องการน้ำที่เพิ่มขึ้นในอนาคต โดยทำการรวบรวมข้อมูลจาก 2 แหล่งได้แก่ ข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ โดยแหล่งข้อมูลปฐมภูมิคือ อัตราการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครราชสีมา ส่วนข้อมูลทุติยภูมิคือข้อมูลปริมาณการใช้น้ำและข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินภายในเขตเทศบาลนครราชสีมา เพื่อนำข้อมูลมาเหล่านี้นำมาใช้ประกอบการวิเคราะห์และประเมินปริมาณความต้องการน้ำในเขตเทศบาลนครราชสีมา และตรวจสอบขีดความสามารถของระบบท่อจ่ายน้ำในเขตเทศบาลนครราชสีมา เพื่อรองรับปริมาณความต้องการน้ำและอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้นในอนาคตและหาแนวทางในการปรับปรุง

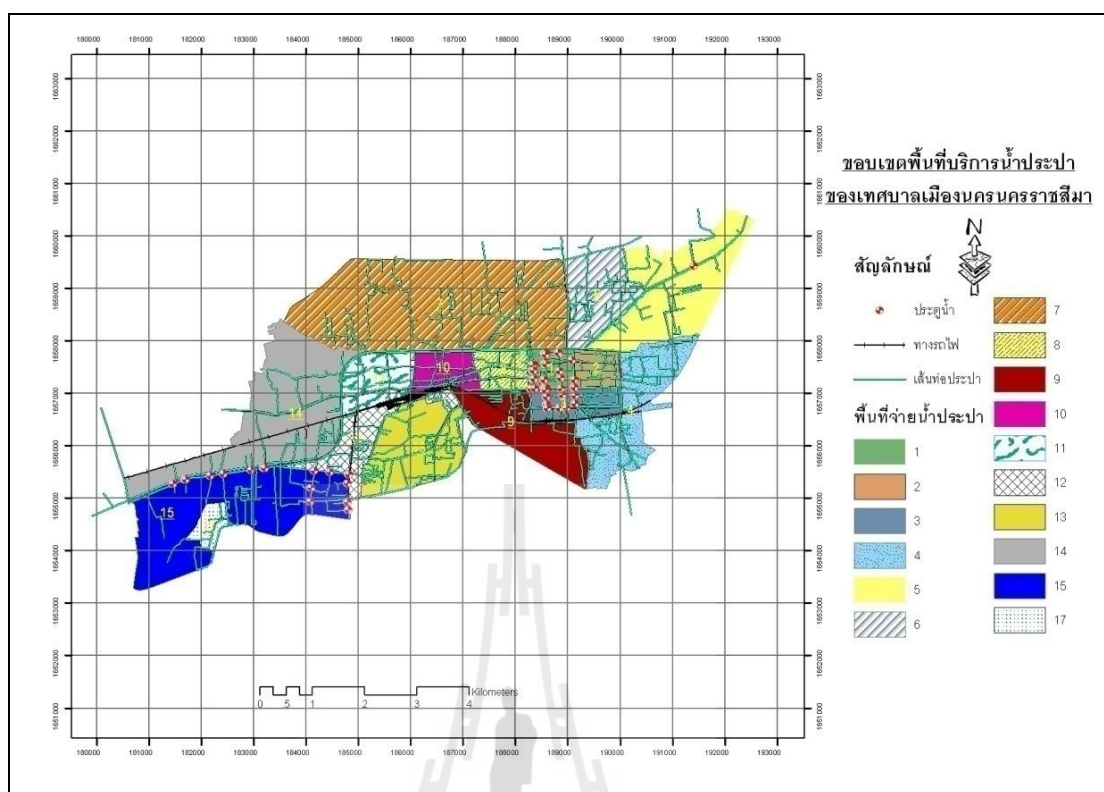
3.2 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการประเมินปริมาณความต้องการน้ำและตรวจสอบขีดความสามารถของระบบท่อจ่ายน้ำ ซึ่งประกอบด้วยขอบเขตงานวิจัยดังต่อไปนี้

3.2.1 ขอบเขตด้านพื้นที่ศึกษา

เทศบาลนครนครราชสีมา มีพื้นที่ประมาณ 37.50 ตารางกิโลเมตร หรือ 23,430 ไร่ 2 งาน หรือประมาณร้อยละ 4.96 ของพื้นที่อำเภอเมืองนครราชสีมา (อำเภอเมืองนครราชสีมา มีพื้นที่ประมาณ 755.596 ตารางกิโลเมตร) หรือ ประมาณร้อยละ 0.18 ของพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา (จังหวัดนครราชสีมา มีพื้นที่ประมาณ 20,493.9 ตารางกิโลเมตร) โดยขอบเขตพื้นที่ศึกษานั้นอยู่ในพื้นที่บริการของเทศบาลนครนครราชสีมา ประมาณ 37.5 ตารางกิโลเมตร รวมถึงศึกษาข้อมูลความเป็นมาของระบบประปาที่ใช้ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

การประเมินความต้องการน้ำและตรวจสอบขีดความสามารถของระบบท่อจ่ายน้ำในงานวิจัยนี้ มีพื้นที่เป้าหมายคือ เขตเทศบาลเมืองนครราชสีมา โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นเขตที่อยู่ในพื้นที่ให้บริการของสำนักงานประปาเทศบาลเมืองนครราชสีมา ทั้งหมด 20 เขตพื้นที่บริการที่อยู่ในอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมาทั้งหมดครอบคลุมทุกเขตดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 พื้นที่ศึกษาในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

3.2.2 ขอบเขตด้านวิธีการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยการศึกษาด้านการประเมินปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่เทศบาลนครราชสีมาโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการประเมินประสิทธิภาพของระบบโครงข่ายท่อส่งน้ำประปาโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การประเมินปริมาณความต้องการน้ำในเขตเทศบาลนครราชสีมา

ในการประเมินความต้องการน้ำในพื้นที่โดยทำการประเมินจากความหนาแน่นประชากร การทำนายประชากร และปริมาณความต้องการน้ำโดยเริ่มทำการประเมินในปี พ.ศ.2551 พ.ศ.2555 พ.ศ.2560 พ.ศ.2565 และ พ.ศ.2570 การประมาณปริมาณความต้องการน้ำอาศัยข้อมูลหลัก 2 ส่วนได้แก่ ข้อมูลจำนวนประชากรและปริมาณความต้องการน้ำจากอดีตจนถึงปัจจุบันเพื่อทำนายจำนวนประชากรและประมาณปริมาณความต้องการน้ำที่เกิดขึ้นในอนาคต

- ทำนายจำนวนประชากรของเทศบาลนครราชสีมาในการศึกษาครั้งนี้อ้างอิงข้อมูลอัตราการอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยของประชากรในระดับภูมิภาค (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) โดยให้นำข้อมูลนี้มาศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลง อัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยของจำนวนประชากรเนื่องจำนวนประชากรในเขตเทศบาลนครราชสีมา มีแนวโน้มลดลงแต่ประชากรในระดับภูมิภาคนั้นมีอัตราประชากรที่เพิ่มขึ้น (สินีนานู นอกกระโทก, 2554)

- การประเมินความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่อาศัยผังเมืองรวมเมืองนครราชสีมาและภาพถ่ายทางอากาศของกรมพัฒนาที่ดิน โดยทำการวิเคราะห์บนระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ โดยเริ่มศึกษาชั้นข้อมูลของเขตการใช้ที่ดินของผังเมืองรวมนครราชสีมาในปี พ.ศ. 2549 และสร้างกริดขนาด 250×250 ตารางเมตร ที่ครอบคลุมทั้งพื้นที่ของเทศบาลนครนครราชสีมา แล้วทำการซ้อนทับ ข้อมูลได้แก่ ข้อมูลกริดขนาด 250×250 ตารางเมตร ข้อมูลผังเมืองนครราชสีมา และข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ แล้วทำการสร้างขอบเขตความหนาแน่นของประชากรตามผังเมืองนครราชสีมาที่ระดับการใช้ที่ดินต่างๆ ลงบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในรูปแบบของ shape file (.shp) จากนั้นจึงนำชั้นข้อมูลกริดขนาด 250×250 ตารางเมตรที่ครอบคลุมพื้นที่ 37.5 ตารางกิโลเมตร ตัดชั้นข้อมูลของผังเมืองนครราชสีมาทำให้ได้ ข้อมูลแต่ละกริดนั้นมีประเภทความหนาแน่นของประชากรแล้วทำการตรวจสอบความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่โดยอาศัยชั้นข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ ของกรมพัฒนาที่ดินปี พ.ศ.2550 มาซ้อนทับข้อมูลกริดขนาด 250×250 ตารางเมตรพร้อมกับใช้เกณฑ์ความหนาแน่นประชากรของกรมโยธาธิการและผังเมืองปี พ.ศ. 25549 เป็นแนวทางในการเปรียบเทียบความหนาแน่นของประชากรจากนั้นจึงทำการปรับแก้จำนวนประชากรทั้งหมดให้เท่ากับประชากรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาในปี พ.ศ. 2551

2. การประเมินขีดความสามารถระบบโครงข่ายท่อส่งน้ำประปา

ในการประเมินขีดความสามารถของระบบโครงข่ายท่อส่งน้ำประปานั้นได้มีการนำระบบโครงข่ายท่อส่งน้ำประปาในรูปแบบของ shape file (.shp) จากสำนักการประปา เทศบาลนครนครราชสีมา มาทำการปรับปรับปรุงให้ระบบท่อเชื่อมต่อกันแล้วทำการสร้างระบบโครงข่ายท่อส่งน้ำในแบบจำลอง EPANET 2.0 ในรูปแบบของ network (.net) โครงข่ายท่อ ส่วนเกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบระบบท่อโครงข่ายท่อจ่ายน้ำประปานั้นได้ทำการรวบรวมข้อมูลทั้งในประเทศและต่างประเทศ พร้อมทั้งค่ามาตรฐานต่างๆที่เกี่ยวข้องกับระบบประปาโดยมีเกณฑ์ในการประเมินขีดความสามารถของระบบโครงข่ายท่อจ่ายน้ำประกอบด้วยเกณฑ์ด้านแรงดันที่จุดต่างๆ ความเร็วในการไหลในระบบท่อส่งน้ำ และการสูญเสียแรงดันในระบบท่อจ่ายน้ำ ตามเกณฑ์ของประปาส่วนภูมิภาค

3.2.3 ขอบเขตด้านข้อมูล

ขอบเขตการศึกษาด้านข้อมูลประกอบด้วย

1. ด้านข้อมูลแผนที่ ประกอบด้วย ข้อมูลผังเมืองรวมนครราชสีมาและการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2550 ที่มีการประกาศใช้แล้วเพื่อเป็นแนวทางในการแบ่งประเภทของความหนาแน่นประชากร ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศของกรมพัฒนาที่ดินในปี พ.ศ. 2550 ของกรมพัฒนาที่ดินเพื่อใช้ตรวจสอบในการประเมินความหนาแน่นของประชากรและข้อมูลแผนที่เส้นชั้นความสูงเชิงเลข

(DEM : Digital Elevation Model)ของกรมแผนที่ทหารในปี พ.ศ. 2545 ในการหาค่าระดับความสูงที่ โนดจ่ายน้ำต่างๆ

2. ข้อมูลด้านประชากรของงานทะเบียน เทศบาลนครนครราชสีมา ที่ทำการรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ.2534 – พ.ศ.2553 ดังแสดงในตารางที่ 3.1

3. จำนวนผู้ใช้น้ำและปริมาณการจ่ายน้ำของสำนักงานประปา เทศบาลนครนครราชสีมา ทำการรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ.2538 – พ.ศ.2553 ดังแสดงในตารางที่ 3.2

4. ข้อมูลโครงข่ายท่อจ่ายน้ำประปา ของเทศบาลนครนครราชสีมา ปี พ.ศ.2554 ในรูปแบบของ shape file (.shp)

ตารางที่ 3.1 ประชากรรายปี

ปี	ประชากร (คน)	ชาย	หญิง	จำนวนบ้าน (หน่วย:หลังคาเรือน)	จำนวนครอบครัว (หน่วย:ครอบครัว)
2534	204,645	104,302	100,343	49,861	35,095
2535	206,104	104,896	101,208	51,501	35,684
2536	206,956	105,033	101,923	52,920	35,410
2537	206,212	104,465	101,747	54,662	35,095
2538	187,844	87,437	100,407	56,678	34,737
2539	187,021	86,807	100,214	58,355	34,902
2540	188,758	87,542	101,216	59,483	35,232
2541	176,497	84,791	91,706	61,206	35,829
2542	173,321	83,090	90,231	55,303	31,989
2543	174,057	83,366	90,691	54,259	31,985
2544	174,045	83,376	90,669	54,558	31,965
2545	173,826	83,008	90,818	55,692	34,704
2546	173,256	82,585	90,671	56,602	34,652
2547	170,922	81,116	89,806	57,259	34,617
2548	162,892	76,557	86,335	57,929	34,442
2549	170,441	80,750	89,691	58,436	34,024
2550	167,770	79,656	88,114	58,946	33,736
2551	167,191	79,438	87,753	59,455	33,745
2552	165,539	78,655	86,884	60,367	33,598
2553	164,932	78,206	86,726	60,685	33,531

หมายเหตุ : สำนักทะเบียนราษฎร เทศบาลนครนครราชสีมา (2554)

ตารางที่ 3.2 จำนวนผู้ใช้น้ำรายปี

ปี (พ.ศ.)	ผู้ใช้น้ำ (ราย)	ปริมาณน้ำดิบหน่วย ลบ.ม.	ปริมาณน้ำที่จ่ายหน่วย ลบ.ม.
2538	29,761	25,040,413	15,473,721
2539	33,220	26,744,188	16,581,945
2540	34,801	23,444,188	17,078,544
2541	35,901	23,684,468	16,982,772
2542	36,504	24,070,941	15,915,654
2543	37,860	23,080,545	16,300,223
2544	38,991	25,255,875	17,744,085
2545	41,446	27,033,464	14,154,962
2546	44,784	27,820,897	17,984,830
2547	45,996	27,863,369	18,063,677
2548	47,441	35,958,198	18,037,472
2549	48,415	35,141,479	18,037,472
2550	49,484	33,298,633	18,807,856
2551	80,268	34,841,293	18,786,738
2552	51,023	35,107,801	19,197,968

หมายเหตุ : สำนักงานประปาเทศบาลนครนครราชสีมา (2552)

5. ข้อมูลด้านการผลิตและจำหน่ายน้ำแก่พื้นที่บริการ

ระบบผลิตน้ำประปาของการประปาเทศบาลนครนครราชสีมา มีระบบผลิตน้ำประปา 2 ระบบ คือ ระบบกรองช้า (Slow Sand Filter) และระบบกรองเร็ว (Rapid Sand Filter) มีโรงกรองน้ำ จำนวน 2 แห่ง (การประปาเทศบาลนครนครราชสีมา, 2553) คือ

1. โรงกรองน้ำอัญญาภรณ์ ตั้งอยู่ในตำบลในเมือง ผลิตน้ำประปาในระบบกรองเร็ว สามารถผลิต น้ำประปาจาก 2 โรงกรอง มีอัตราการผลิตน้ำได้ 750 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง หรือ 18,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

2. โรงกรองน้ำบ้านมะขามเฒ่าผลิตน้ำประปาโดยใช้น้ำดิบจากโรงสูบน้ำดิบเขื่อนลำตะคอง ส่งมาตามเส้นท่อเป็นน้ำดิบที่มีความขุ่นต่ำและสูบน้ำจากคลองธรรมชาติมีระบบผลิตน้ำประปา 2 ระบบ คือ ระบบกรองช้า (Slow Sand Filter) มีถังกรองจำนวน 16 ถังอัตรากำลังผลิตสูงสุด 4,150 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน 1 ถังกรองหรือ 66,400 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน 16 ถังกรองและระบบกรองเร็ว (Rapid Sand Filter) สร้างขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2540 เพิ่มกำลังความสามารถในการผลิตในอัตรา 500 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และ ในปี 2549 ได้มีการเพิ่มความสามารถของระบบในการผลิต

ประมาณ 2,000 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงรวมกำลังการผลิตของระบบกรองเร็วเท่ากับ 2,500 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงหรือ 60,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

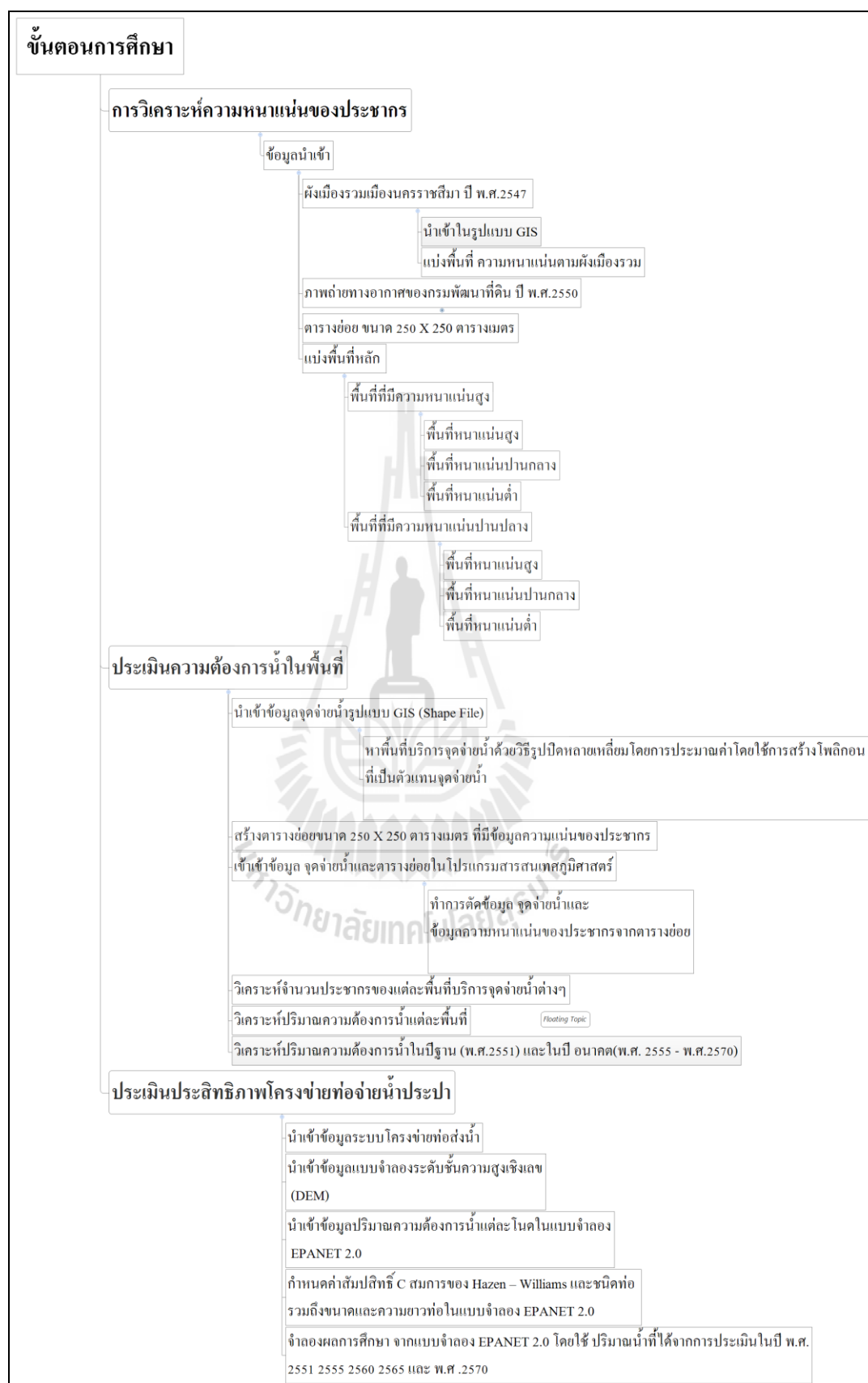
การประปาเทศบาลนครนครราชสีมาให้บริการด้านน้ำประปาในเขตเทศบาลพื้นที่ทั้งสิ้น 37.5 ตารางกิโลเมตรและบริเวณโดยรอบที่เป็นพื้นที่ทหารและองค์การบริหารส่วนตำบลซึ่งห่างจากแนวเขตเทศบาลรัศมี 1 กิโลเมตร ให้บริการนอกเขตเทศบาลประมาณ 6 ตารางกิโลเมตร มีจำนวนผู้ใช้น้ำในปี 2551 จำนวน 49,796 รายในระยะเริ่มต้นของการให้บริการด้านน้ำประปาประชาชนในเขตเทศบาลนั้นในปี พ.ศ. 2488 มีจำนวนผู้ใช้น้ำ 230 ราย ในปี พ.ศ. 2538 มีจำนวนผู้ใช้น้ำ 29,831 ราย จากข้อมูลจำนวนรายผู้ใช้น้ำประปาของเทศบาลนครนครราชสีมาจากปี 2488 ถึงปี 2538 เป็นเวลา 50 ปี มีอัตราการขยายตัวของผู้ใช้น้ำเพิ่มสูงขึ้น หากคิดเป็นจำนวนรายพบว่าผู้ใช้น้ำเพิ่มขึ้น 29,601 ราย และเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนผู้ใช้น้ำ ในปี พ.ศ. 2538 ถึง พ.ศ. 2548 มีการขยายตัวประมาณ 59เปอร์เซ็นต์ แต่จำนวนของผู้ใช้น้ำเพิ่มขึ้นถึง 17,680 ราย ในช่วงเวลาเพียง 10 ปี เท่านั้น(การประปาเทศบาลนครนครราชสีมา, 2553) นั้นแสดงให้เห็นว่าในช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมา ความต้องการใช้น้ำประปาของ ประชาชนในเขตเทศบาลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และเทศบาลจำเป็นต้องดำเนินการแสวงหาน้ำดิบในการผลิต น้ำประปาเพื่อบริการประชาชนเพิ่มมากขึ้น

3.3 ขอบเขตของการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษาและดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้นำมาแสดงในรูปที่ 3.2 โดยแบ่งขั้นตอนการศึกษาออกเป็น 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.3.1 การศึกษาปริมาณความต้องการน้ำ

ทำการศึกษาเอกสารหรือทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องเพื่อวางแผนการใช้น้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุดรวมถึงการศึกษาถึงปริมาณความต้องการน้ำและปริมาณความต้องการน้ำในปัจจุบัน เพื่อนำค่าปริมาณความต้องการน้ำมาใช้ในการประเมินและวิเคราะห์ปริมาณความต้องการน้ำจากในเขต ชุมชน อุตสาหกรรม และกิจกรรมอื่นๆในเขตพื้นที่บริการจ่ายน้ำโดยทำรวบรวมข้อมูลต่างๆ ของสำนักงานการประปาเทศบาลนครนครราชสีมา ได้แก่ ข้อมูลด้านการผลิตและจำหน่ายน้ำประปา ปริมาณน้ำสูญเสีย การใช้น้ำเพื่อกิจกรรมสาธารณะประโยชน์ เช่น การรดน้ำสวนสาธารณะ การดับเพลิง เป็นต้น รวมไปถึงแผนการพัฒนาระบบผลิตน้ำประปา ทั้งในส่วนของการเพิ่มกำลังการผลิต (plant capacity) การวางโครงข่ายท่อจ่ายน้ำ และการขยายเขตบริการในอนาคต (service area) ของสำนักงานการประปา เทศบาลนครนครราชสีมาในปี พ.ศ. 2551

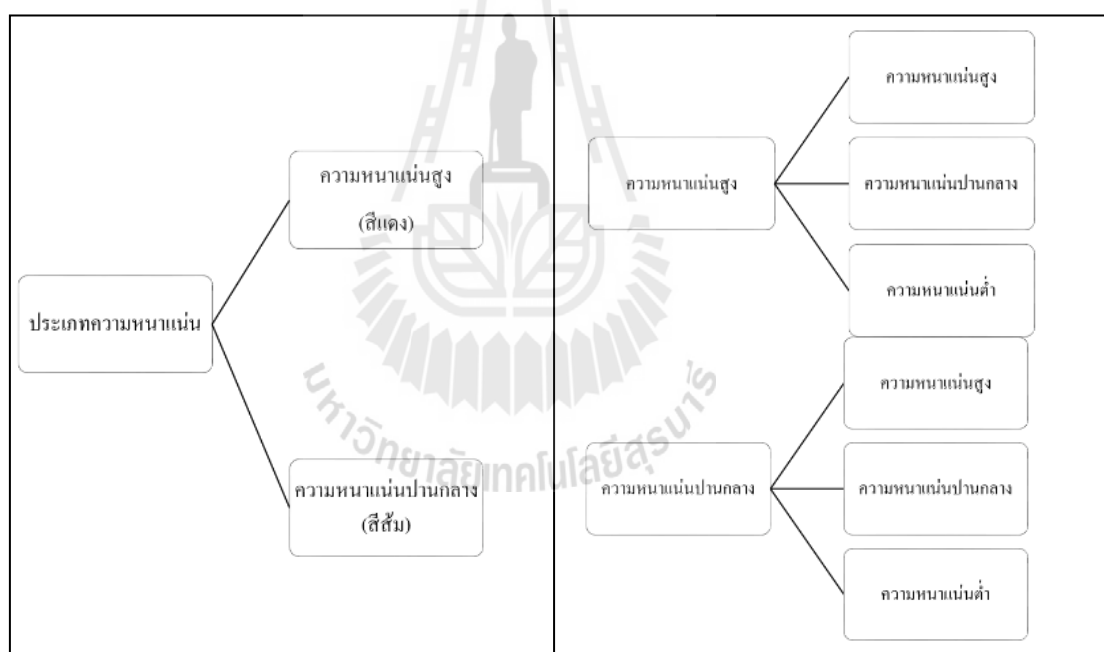


รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการศึกษา

3.3.2 การวิเคราะห์ความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่ปี พ.ศ. 2551

หลังจากที่ได้ทำการรวบรวมข้อมูลด้านจำนวนประชากรในปี พ.ศ.2551 และข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศในปี พ.ศ.2550 ของกรมพัฒนาที่ดิน และข้อมูลผังเมืองรวมนครราชสีมาปี พ.ศ.2550 ในการวิเคราะห์ความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ทำการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 พื้นที่หลักประกอบด้วยพื้นที่ที่มีความหนาแน่นสูงและพื้นที่ที่มีความหนาแน่นปานกลาง และแบ่งพื้นที่หลักออกดังที่กล่าวมาโดยแบ่ง เป็นพื้นที่ย่อยอีก 3 ประเภทได้แก่ พื้นที่ความหนาแน่นสูง พื้นที่ความหนาแน่นปานกลาง และพื้นที่ความหนาแน่นต่ำ โดยอาศัยเขตผังเมืองรวมเป็นแนวทางในการกำหนดพื้นที่หลักทั้ง 2 พื้นที่ ดังแสดงรูปที่ 3.3 จากนั้นจึงนำเข้าข้อมูลผังเมืองรวมนครราชสีมา ดังรูปที่ 3.4 ในรูปแบบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์



รูปที่ 3.3 การกำหนดประเภทความหนาแน่นของประชากร

2. นำเข้าข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศของกรมพัฒนาที่ดินปี พ.ศ. 2550 เพื่อประเมินความหนาแน่นร่วมกับผังเมืองรวมเมืองนครราชสีมาในการแบ่งประเภทความหนาแน่นด้วยวิธีการประเมินความหนาแน่นจากสิ่งปกคลุมพื้นที่

3. สร้างตารางย่อย (Grid) ขนาด 250×250 ตารางเมตร เพื่อแบ่งพื้นที่ของเทศบาลนครนครราชสีมาออกเป็นพื้นที่ย่อยเพื่อให้มีขนาดพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการประเมิน

ปริมาณความต้องการน้ำ แล้วทำกำหนดประเภทความหนาแน่นของแต่ละพื้นที่ดังตัวอย่างการแบ่งพื้นที่ในรูปที่ 3.5

4. จากนั้นจึงได้ตารางย่อยที่มีความหนาแน่นของประชากรในรูปแบบของ GIS แล้วจึงส่งออกในรูปแบบของตารางคำนวณ (Spread sheet) เพื่อทำการเปรียบเทียบจำนวนประชากร โดยใช้จำนวนประชากรในปี พ.ศ. 2551 ของสำนักทะเบียน เทศบาลนครนครราชสีมา ในการเปรียบเทียบโดยใช้เกณฑ์ความหนาแน่นของ กรมโยธาธิการและผังเมืองปี พ.ศ.2549 (เกณฑ์กำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับเมืองขนาดกลาง ประชากรมากกว่า 60,001 - 200,000 คน) เป็นแนวทางในการเปรียบเทียบประชากรซึ่งหลังจากที่ทำการเปรียบเทียบจำนวนประชากรในปี พ.ศ. 2551 ด้วยวิธีการลองผิดลองถูกในการกำหนดช่วงความหนาแน่นประชากรในพื้นที่ที่ช่วงค่าต่างๆ เพื่อให้ได้ช่วงความหนาแน่นที่เหมาะสม ซึ่งผลจากการเปรียบเทียบความหนาแน่นของประชากรนั้น ได้ผลการเปรียบเทียบดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 การเปรียบเทียบความหนาแน่นประชากรในปีพ.ศ.2551

พื้นที่หลัก	พื้นที่ย่อย	ความหนาแน่นเปรียบเทียบ (คน/ไร่)	สำนักพัฒนามาตรฐาน* (คน/ไร่)
พื้นที่ความหนาแน่นมาก	ความหนาแน่นสูง	15	41-60
	ความหนาแน่นปานกลาง	12	
	ความหนาแน่นต่ำ	10	
พื้นที่ความหนาแน่นปานกลาง	ความหนาแน่นสูง	5	17-40
	ความหนาแน่นปานกลาง	3	
	ความหนาแน่นต่ำ	1	

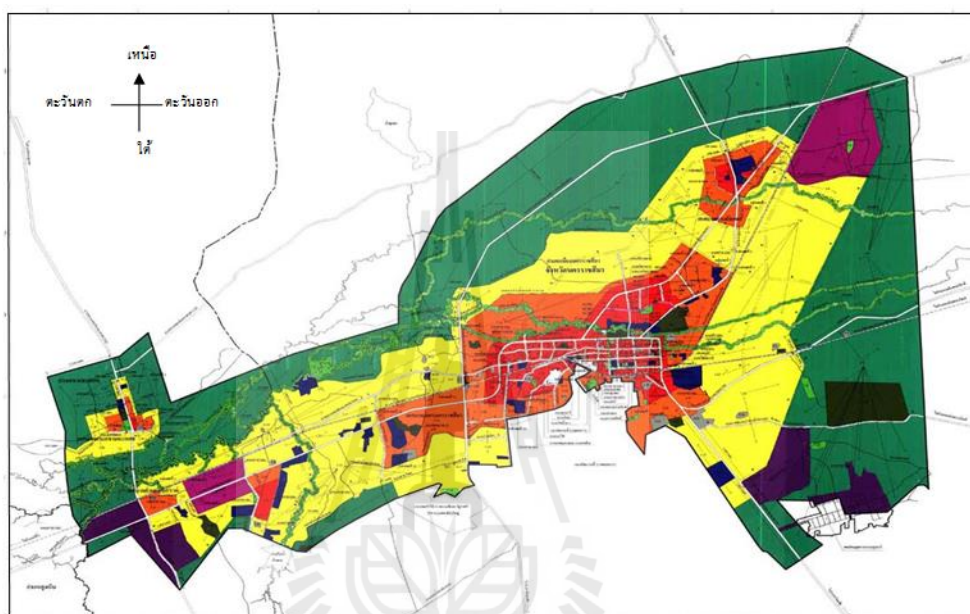
หมายเหตุ : *เกณฑ์และมาตรฐานผังเมืองรวม กรมโยธาธิการและผังเมือง (2549)

5. จากการเปรียบเทียบได้ประชากรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา รวม 168,370 คน โดยประชากรจริงในปี พ.ศ.2551 นั้นอยู่ที่ 167,001 คน

แผนผังกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินตามที่ได้จำแนกประเภท
และโครงการคมนาคมและขนส่งที่ยกกฎกระทรวง
ให้ใช้บังคับผังเมืองรวมเมืองนครราชสีมา

พ.ศ. 2547

มาตราส่วน 1 : 60,000



ผังเมืองรวมเมืองนครราชสีมา

1. เขตสีเหลือง		ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย	(บริเวณหมายเลข 1.1-1.26)
2. เขตสีแดง		ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง	(บริเวณหมายเลข 2.1-2.25)
3. เขตสีส้ม		ที่ดินประเภทพาณิชยกรรมและที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก	(บริเวณหมายเลข 3.1-3.35)
4. เขตสีม่วง		ที่ดินประเภทอุตสาหกรรมและคลังสินค้า	(บริเวณหมายเลข 4.1-4.4)
5. เขตสีม่วงอ่อน		ที่ดินประเภทอุตสาหกรรมเฉพาะกิจ	(บริเวณหมายเลข 5.1-5.3)
6. เขตสีเขียว		ที่ดินประเภทสวนและเกษตรกรรม	(บริเวณหมายเลข 6.1-6.15)
7. เขตสีเขียวอ่อน		ที่ดินประเภทที่โล่งเพื่อการนันทนาการและการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม	(บริเวณหมายเลข 7.1-7.14)
8. เขตสีเขียวมะกอก		ที่ดินประเภทสถาบันการศึกษา	(บริเวณหมายเลข 8.1-8.2)
9. เขตสีเทาอ่อน		ที่ดินประเภทสถานศาสนา	(บริเวณหมายเลข 9.1-9.4)
10. เขตสีน้ำเงิน		ที่ดินประเภทสถาบันราชการ การสาธารณสุขโลกและสาธารณสุขการ	(บริเวณหมายเลข 10.1-10.41)
11. เขตสีชมพู		ที่ดินประเภทโครงการคมนาคมและขนส่ง	(บริเวณหมายเลข 11)

รูปที่ 3.4 ผังเมืองรวมนครราชสีมา ปี พ.ศ.2547 (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2537)



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างการกำหนดพื้นที่ย่อยตามประเภทความหนาแน่น

3.3.3 การประเมินความต้องการน้ำในพื้นที่

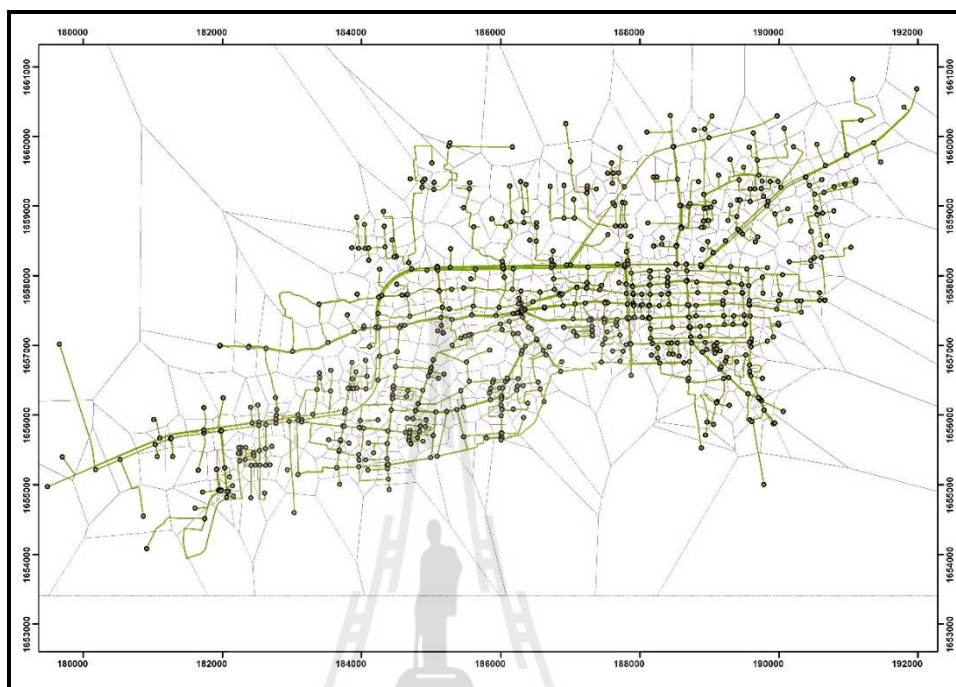
หลังจากที่ได้มีการเปรียบเทียบความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่ของปีฐาน (พ.ศ.2551) แล้วจึงทำการประเมินความต้องการน้ำในพื้นที่โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์พื้นที่บริการของโนดจ่ายน้ำทั้งหมด 859 จุด โดยการนำเข้าระบบโครงข่ายท่อส่งน้ำของเทศบาลนครนครราชสีมา ความหนาแน่นของประชากรที่ปรับเทียบแล้ว และโนดจ่ายน้ำในโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ดังแสดงในรูปที่ 3.6

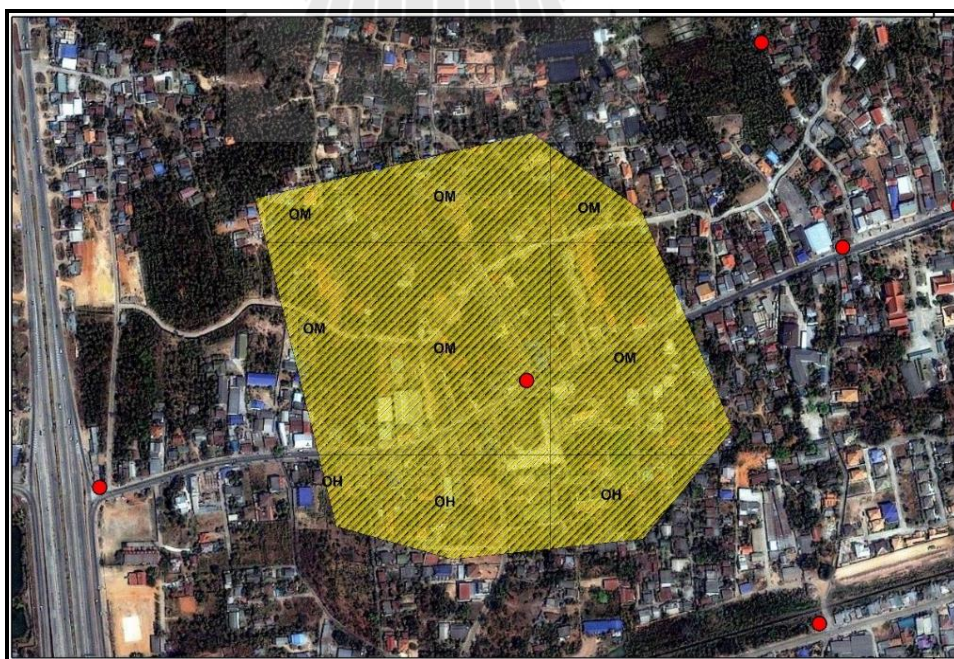
2. วิเคราะห์พื้นที่บริการของโนดจ่ายน้ำโดยใช้วิธีการ Thiessen Polygon พร้อมทั้งวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำในแต่ละพื้นที่บริการโดยทำการตัดข้อมูล 2 ชั้นข้อมูลให้เป็นชุดข้อมูลเดียวกัน ด้วยวิธี ตัดข้อมูล (Clip) ในโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ดังแสดงตัวอย่าง 1 พื้นที่บริการที่ประกอบข้อมูล ประเภทความหนาแน่นของประชากร และขนาดของพื้นที่บริการในรูปที่ 3.7

3. ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำแต่ละ โหนดจ่ายน้ำทั้ง 859 จุด เพื่อส่งออกในรูปแบบของตารางคำนวณ (Spread sheet) โดยปริมาณความต้องการน้ำทั้งพื้นที่จริงที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 51,619 ลูกบาศก์เมตรต่อวันในขณะที่ปริมาณน้ำในพื้นที่จากการวิเคราะห์อยู่ที่ 52,153 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ในปี พ.ศ.2551

4. หลังจากได้วิเคราะห์พื้นที่บริการแต่ละจุดแล้ว ทำให้ทราบถึงปริมาณความต้องการน้ำของแต่ละ
 โหนดจ่ายน้ำเพื่อนำข้อมูลที่ได้นี้เข้าแบบจำลอง EPANET 2.0 ต่อไป



รูปที่ 3.6 การวิเคราะห์พื้นที่บริการของโหนดจ่ายน้ำทั้งหมด 774 จุด



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างวิเคราะห์พื้นที่บริการของโหนดจ่ายน้ำโดยใช้วิธีการ Thiessen Polygon

3.3.4 การประเมินประสิทธิภาพโครงข่ายท่อส่งน้ำประปา

เมื่อทราบถึงปริมาณความต้องการน้ำในแต่ละโหนดจ่ายน้ำแล้วจึงนำข้อมูลดังกล่าวเพื่อนำเข้าแบบจำลอง EPANET 2.0 พร้อมทั้ง ข้อมูลระดับความสูงต่ำของพื้น และข้อมูลของโครงข่ายท่อระบบจ่ายน้ำ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบโครงข่ายท่อจ่ายน้ำในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. รวบรวมข้อมูลและกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบจ่ายน้ำโดยการรวบรวมเกณฑ์ ค่ามาตรฐานและข้อกำหนดต่างๆที่ใช้ในการออกแบบระบบจ่ายน้ำประปาทั้งในและต่างประเทศดังต่อไปนี้

- ความเร็วการไหลในเส้นท่อ

ในการคำนวณทั่วไป คือ สมการของ Hazen-Williams ที่ใช้ในการออกแบบ คือ

$$V = 0.85 \times C \times R^{0.63} \times S^{0.54} \quad 3.1$$

โดยที่

V = ความเร็ว (เมตร/วินาที)

R = รัศมีของท่อ (เมตร)

S = ความชันของท่อ (m/m)

C = สัมประสิทธิ์ความขรุขระของท่อ (เมตร^{0.37}/วินาที)

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของท่อนั้นสามารถใช้ค่าดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 สัมประสิทธิ์ความขรุขระ Hazen-Williams

Pipe Material	Coefficient	
	Range	Typical Design Value
Concrete, pre-stressed	90-150	150
High Density Polyethylene (HDPE)	120-150	140
Polyvinyl Chloride (PVC)	120-150	140
Steel	125-140	130

ในส่วนของการไหลในเส้นท่อที่เหมาะสมทั้งในส่วนความเร็วที่สูงเกินไปทำให้เกิดการสูญเสียกำลังการไหลในท่อ ซึ่งความเร็วที่ใช้ในการออกแบบมาตรฐานคือ 1 เมตร / วินาทีในระบบท่อแจกจ่าย และที่ความเร็ว 1.5 เมตร / วินาทีในระบบท่อขนส่งหรือท่อลำเลียง (NemanjaTrifunovi, 2006) ในส่วนของความเร็วต่ำสุด (หรือความเร็วในการออกแบบที่การไหลต่ำสุด) อยู่ระหว่าง 0.5 และ เมตร / วินาที(Mays, 2000) จากการสำรวจเอกสารพบว่าเกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบระบบท่อแจกจ่ายนั้นสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ความเร็วที่ใช้ในการออกแบบระบบท่อแจกจ่าย

ความเร็ว(เมตร/วินาที)	ผู้ศึกษา
0.5 - 4	Inmaculada, P.C., Juan, C. G., and Jose Mari, C.(2008).
maximum 4 m/s	Mays, L.W., (2000).
1 in distribution systems	Nemanja Trifunovi(2006).
1.5 in transportation pipes	
maximum 3	BS 6700:2006 .British Standards (BSI).
maximun 1.5	Hany, G.R., Ashraf, S.Z., and Kamal, A.L. (2011)
maximun 2.1	Engineering and Design - Liquid Process Piping(1999).EM 1110-1-4008
minimum 0.5	Harry E. Hickey, Ph.D.(2008)

- แรงดันในระบบท่อแจกจ่ายน้ำประปา

สำหรับแรงดันที่ใช้ในระบบแจกจ่ายน้ำประปาและระบบน้ำดับเพลิง โดยทั่วไปจะมีการกำหนดแรงดันดังตารางที่ 3.6 เพื่อกำหนดแรงดันที่เหมาะสมในแต่ละชนิด

ตารางที่ 3.6แรงดันในระบบท่อแจกจ่ายน้ำประปา

Condition	Pressure (kPa)	Pressure (psi)
Maximum	690	100
Minimum Operating	690	40
Minimum Fire Pressure (Sprinklers)	275	40
Minimum Fire Pressure (Hydrant)	140	20

ในระบบท่อโดยทั่วไปความดันในระบบไม่ควรเกิน 60-70 psi แต่ที่ค่าสูงขึ้นถึง 100-120 psi สามารถยอมรับได้ในประเทศที่มีลักษณะสภาพภูมิประเทศเป็นภูเขาที่ แรงดันในระบบท่อส่งจ่ายน้ำประปาตามเขตต่างๆ ในหลายๆประเทศ ที่พบดังแสดงในตารางที่ 3.7 แสดงให้เห็นถึงความดันในระบบการกระจายตัวในช่วงที่ค่อนข้างกว้างของแรงดันในบางกรณีซึ่งอาจเกิดจากสภาพภูมิประเทศของภูมิประเทศได้ ในทางตรงกันข้ามในพื้นที่ราบเช่นอัมสเตอร์ดัม นั้นง่ายต่อการรักษาที่ความดันที่ต่ำกว่าและมีเสถียรภาพนอกจากนี้ความผันผวนของความดันเป็นที่สำคัญเช่นรูปแบบของความดันในระบบท่อที่ใช้พบในช่วงกลางวันและกลางคืน สามารถสร้างปัญหาส่งผลให้เกิดการรั่วไหลที่เพิ่มขึ้นและเกิดการชำรุดของเครื่องสุขภัณฑ์ ดังนั้นการลดความดันในระบบจึงเป็นที่พึงปรารถนาการออกแบบขั้นต่ำที่นำมาใช้และช่วงของแรงดันในระบบท่อแจกจ่ายที่ใช้ในการออกแบบคือที่ความดันระบบท่อ 5-10 เมตร/กิโลเมตรสำหรับท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็ก และ 1-2 เมตร/กิโลเมตรสำหรับท่อลำเลียงขนาดใหญ่ ช่วงความเร็วนี้ยังสามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์การออกแบบ

ตารางที่ 3.7 แรงดันในระบบท่อส่งจ่ายน้ำประปาตามเขตต่าง ๆ

City/Country	Min.-Max. (m)	Min.-Max.(psi)
Amsterdam/NL	25	17
Wien/Austria	40-120	27-81
Belgrade/Serbia	20-160	14-108
Brussels/Belgium	30-70	20-47
Chicago/USA	30	20
Madrid/Spain	30-70	20-47
Moscow/Russia	30-75	20-51
Philadelphia/USA	20-80	14-54
Rio de Janeiro/Brasil	25	17
Rome/Italy	60	41
Sophia/Bulgaria	35-80	24-54

จากการศึกษาพบว่าช่วงความเร็วที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการควบคุมระบบท่อแจกจ่ายน้ำประปานั้นอยู่ในช่วง 0.5 – 3 เมตร/วินาที ซึ่งความเร็วการไหลที่ต่ำกว่า 0.5 เมตร/วินาทีนี้ มีความเสี่ยงสูงที่จะทำให้การสะสมตะกอนที่ผนังท่อซึ่งสามารถจำกัดการไหลของน้ำโดยการลดพื้นที่การไหล ส่วนความเร็วการไหลที่สูงขึ้นมากกว่า 4 เมตร / วินาที มีโอกาสสูงที่จะก่อให้เกิดการกระชากของน้ำ

2. นำเข้าข้อมูลโครงข่ายท่อส่งน้ำประปาของเทศบาลนครนครราชสีมาในแบบจำลอง EPANET 2.0 เพื่อประเมินขีดความสามารถของระบบท่อจ่ายน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการนำเข้าแบบจำลอง EPANET 2.0

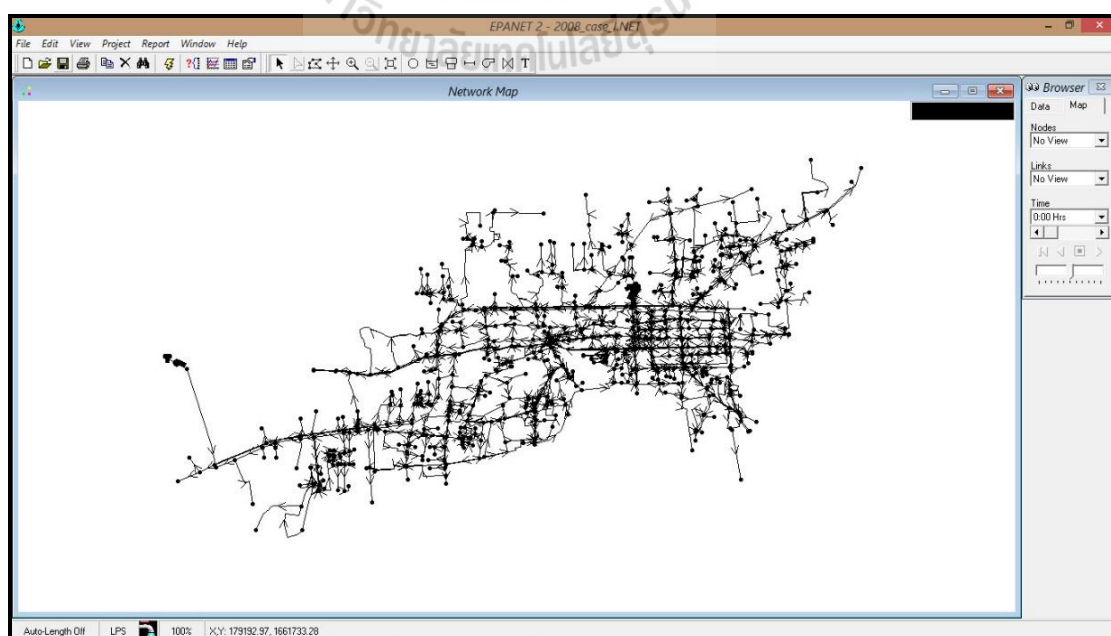
จัดเตรียมข้อมูลโครงข่ายท่อประปา จากสำนักการประปา เทศบาลนครนครราชสีมาที่อยู่ในรูปแบบของ GIS จากนั้นจึงทำการปรับปรุงระบบโครงข่ายท่อโดยการเชื่อมต่อและระบบพิกัด UTM Zone 48 N เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งานปัญหาที่พบจากข้อมูลดังกล่าวคือการที่ท่อหลายจุดไม่ต่อเนื่องกัน จึงต้องการปรับแก้ไขในส่วนของการเชื่อมต่อของท่อ กล่าวโดยสรุปคือ เตรียมข้อมูลประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

- รวบรวมข้อมูลระบบท่อ ในรูปแบบของ GIS ของสำนักการประปา เทศบาลนครราชสีมา ในรูปแบบของ Shape file

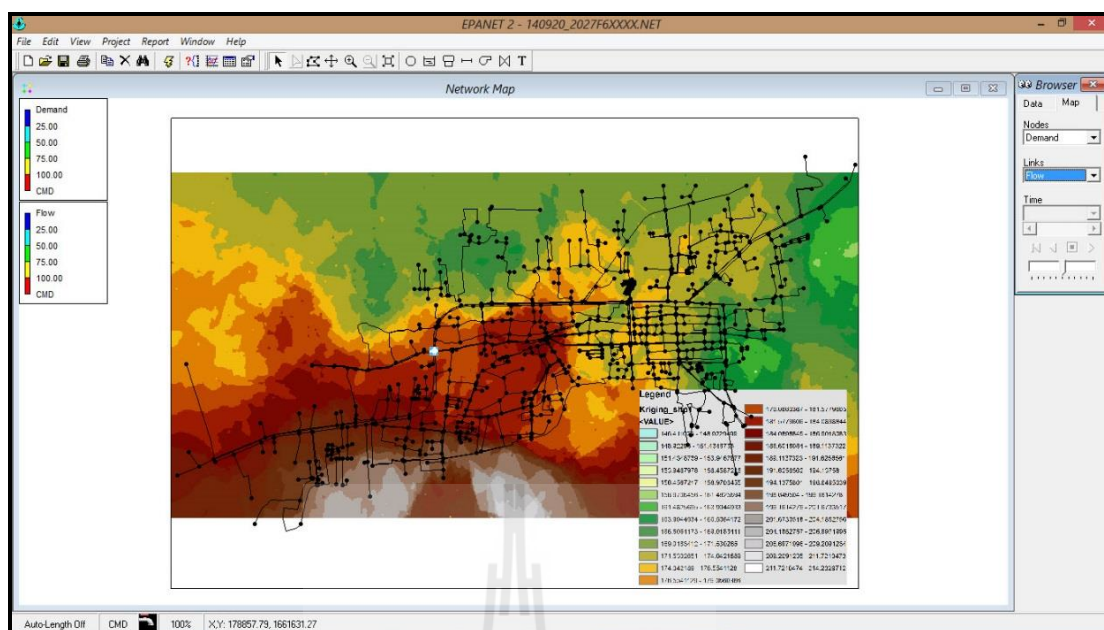
- นำข้อมูลระบบท่อในรูป Shape file ใช้งานโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อปรับแก้การไม่เชื่อมต่อของท่อ
- นำข้อมูลระบบท่อออกจากโปรแกรม สารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยข้อมูลที่นำออกมาอยู่ในรูปแบบของ Map ซึ่งประกอบด้วย ชื่อท่อ โหนด พิกัด ขนาดท่อและ ความยาวท่อ
- นำข้อมูลระบบท่อของพื้นที่ศึกษาที่เตรียมไว้ในตามรูปแบบของแบบจำลอง EPANET เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับนำเข้าแบบจำลอง เพื่อให้แบบจำลองแสดง รูปโครงข่ายระบบท่อ ของพื้นที่ศึกษาดังรูปที่ 3.9
- สร้าง Graphic Node ของโครงข่ายระบบท่อในแบบจำลอง EPANETเพื่อให้รูปร่างของโครงข่ายระบบท่อ ตามสภาพจริง และประกอบด้วยพิกัด

3. นำเข้าข้อมูลระดับความสูงต่ำของพื้นที่

เมื่อทำการนำเข้าข้อมูลระบบโครงข่ายท่อจ่ายน้ำในแบบจำลองแล้วจึงได้นำแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM: Digital Elevation Model) ในโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อสร้างรูปภาพที่มีระดับความสูงต่ำในพื้นที่หรือที่เรียกว่า Raster ซึ่งจะเป็นการประมวลแบบอาศัยการอ่านค่าสีในแต่ละพิกเซลโดยแต่ละพิกเซลนั้นประกอบด้วยข้อมูลระดับความสูงต่ำของพื้นที่ จากนั้นจึงทำการซ้อนทับกับ โครงข่ายท่อส่งน้ำ โหนดจ่ายน้ำ โหนดจ่ายน้ำ ในแบบจำลอง EPANET 2.0 เพื่อนำเข้าค่าระดับความสูงต่ำของพื้นที่ดังแสดงในรูปที่ 3.10



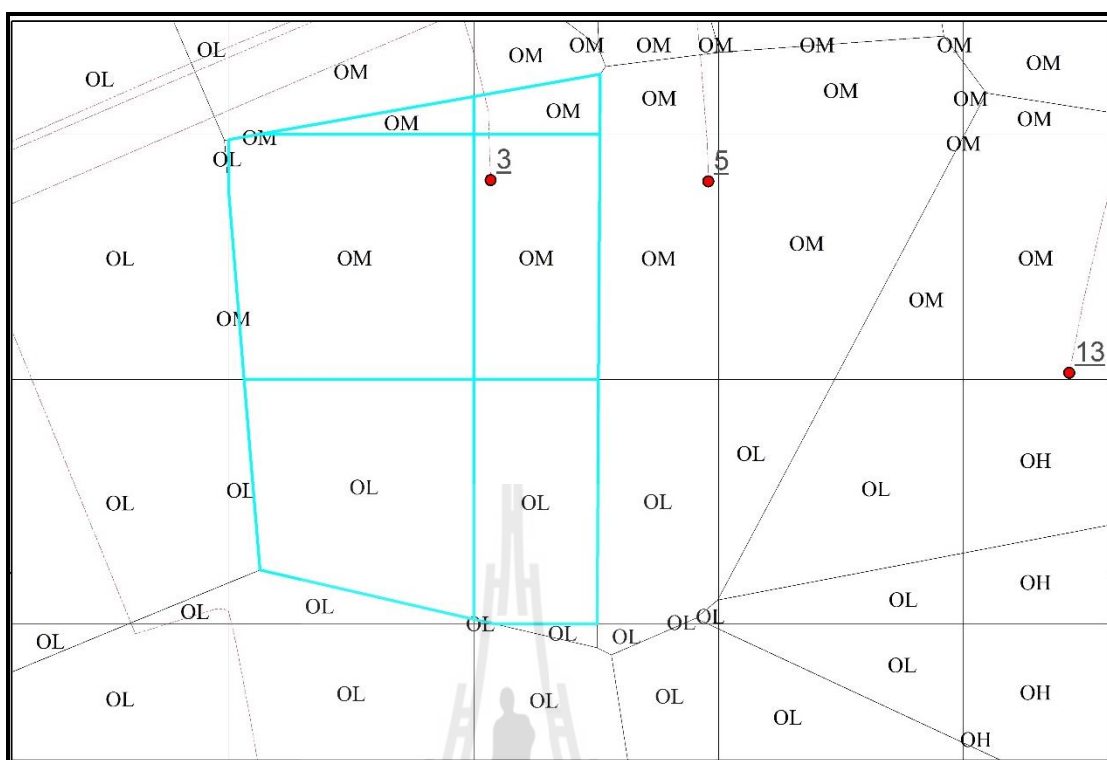
รูปที่ 3.9 นำเข้าข้อมูลระบบโครงข่ายท่อจ่ายน้ำประปา



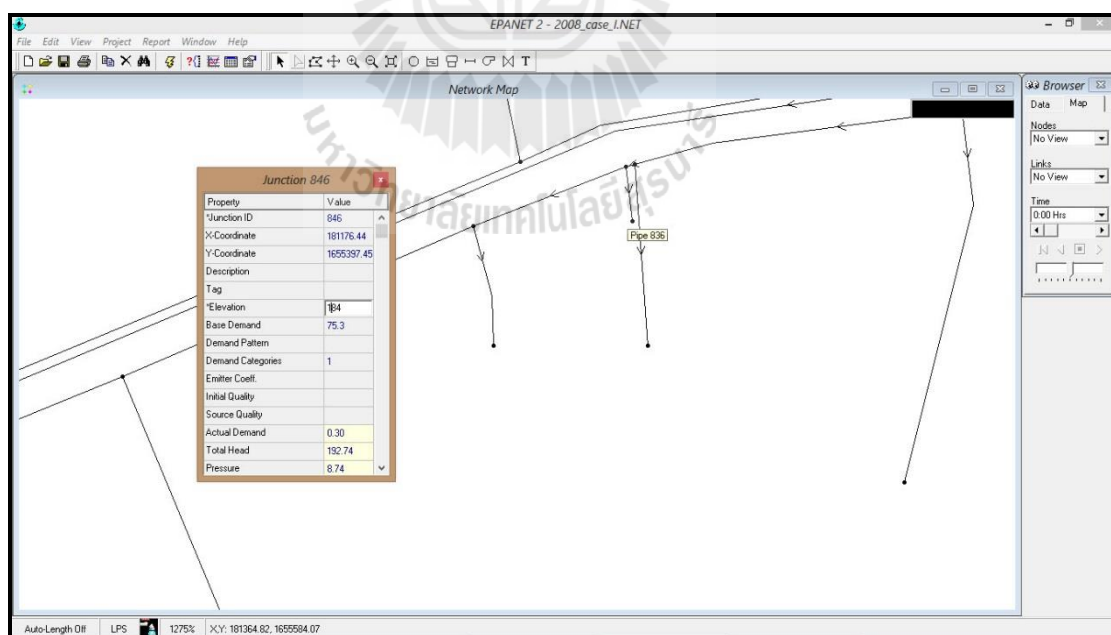
รูปที่ 3.10 นำเข้าข้อมูลระดับความสูงต่ำของพื้นที่

4. นำเข้าข้อมูลปริมาณน้ำของแต่ละโนดจ่ายน้ำของพื้นที่บริการในแบบจำลอง

เมื่อทำการนำเข้าข้อมูลระบบโครงข่ายท่อจ่ายน้ำในเขตเทศบาลนคร นครราชสีมาที่ประกอบด้วย ข้อมูลขนาดท่อ ความยาวท่อ ชนิดของท่อ ระดับความสูงต่ำในพื้นที่ของแต่ละโนดจ่ายน้ำ แต่ยังคงข้อมูลปริมาณความต้องการน้ำของแต่ละโนดจ่ายน้ำที่จะต้องนำเข้าจากที่ได้ทำการประเมินไว้แล้วในวิเคราะห์พื้นที่บริการของโนดจ่ายน้ำโดยใช้วิธีการ Thiessen Polygon โดยมีโนดจ่ายน้ำทั้งสิ้น 859 จุด โดยแต่ละโนดจ่ายน้ำนั้นจากการวิเคราะห์พื้นที่บริการนั้น ทำให้ทราบปริมาณความต้องการน้ำต่อโนดจ่ายน้ำของแต่ละโนด ยกตัวอย่างเช่นในโนดจ่ายน้ำลำดับที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 3.11 ประกอบด้วยพื้นที่หลักประเภทความหนาแน่นปานกลางในระดับปานกลาง 4 พื้นที่ย่อย (สัญลักษณ์ OM) และพื้นที่หลักประเภทความหนาแน่นปานกลางในระดับต่ำ 2 พื้นที่ย่อย (สัญลักษณ์ OL) พบว่ามีพื้นที่ทั้งหมด 295 ไร่ โดยมีจำนวนความต้องการน้ำของพื้นที่บริการโนดตัวอย่างจ่ายน้ำอยู่ที่ 75.3 ลูกบาศก์เมตรต่อวันเป็นต้น แล้วจึงนำข้อมูลปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่ของแต่ละโนดนำเข้าในแบบจำลอง EPANET 2.0 ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.11 ตัวอย่างการวิเคราะห์พื้นที่บริการและปริมาณความต้องการน้ำ



รูปที่ 3.12 การนำเข้าปริมาณความต้องการน้ำของแต่ละโหนดจ่ายน้ำในแบบจำลอง

5. จำลองการจ่ายน้ำในป๊านและป๊อนาคต

เมื่อทำการเตรียมข้อมูลพื้นฐานในการนำเข้าแบบจำลอง EPANET ทั้งหมดแล้วขั้นตอนต่อมาคือการจำลองจ่ายน้ำในแบบจำลอง โดยใช้อัตราการไหลเฉลี่ยในปี พ.ศ.2551 โดยมีจุดจ่ายน้ำหลัก 2 แห่งคือ โรงกรองน้ำอัญญาภักและโรงกรองน้ำมะขามเต่าประมาณ 52,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน จากนั้นจึงทำการจำลองการจ่ายน้ำในป๊อนาคต พ.ศ. 2555 พ.ศ. 2560 พ.ศ. 2565 และปี พ.ศ. 2570

3.4 การประเมินผลการศึกษา

จัดทำแผนที่แสดงปริมาณความต้องการน้ำในการแบ่งเป็นพื้นที่ย่อยขนาด 250 X 250 ตารางเมตรในทุกๆเขตของการจ่ายน้ำประปาในเทศบาลนครนครราชสีมาเพื่อประเมินความหนาแน่นของประชากรต้องการน้ำในพื้นที่พร้อมทั้งวิเคราะห์ระบบท่อโครงข่ายแจกจ่ายน้ำประปาโดยการนำเข้าแบบจำลอง EPANET 2.0 เพื่อจำลองสภาพการไหลในระบบท่อโครงข่ายเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบท่อโครงข่ายน้ำประปาโดยใช้เกณฑ์ด้านแรงดันในช่วง 7- 20 เมตร ความเร็วในเส้นท่ออยู่ในช่วง 0.5 – 3 เมตรต่อวินาที และแรงเสียดทานการสูญเสียในเส้นท่อไม่เกิน 30 เมตร/1,000 เมตร ตามเกณฑ์ของการประปาส่วนภูมิภาค

3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.5.1 โปรแกรม EPANET 2.0

ลักษณะของโปรแกรม

พัฒนาโดยกรมสำนักงานพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทยอเมริกาEPANET เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ทดสอบน้ำแบบระบบท่อกระจาย ที่ดำเนินการจำลองระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นของน้ำและพฤติกรรมการไหลในเครือข่ายท่อแรงดันเครือข่ายท่อประกอบด้วยท่อโนด (ทางแยกท่อ) บั้มวาล์วและถังเก็บหรืออ่างเก็บน้ำ EPANETติดตามการไหลของน้ำในแต่ละท่อความดันที่โนดของแต่ละถัง แต่ละระดับของน้ำจำลองคุณภาพน้ำและการแสดงผลในรูปแบบที่หลากหลาย EPANETเป็นซอฟต์แวร์ที่ทุกคนสามารถนำไปใช้ได้โดยไม่มีค่าลิขสิทธิ์

ความสามารถ

- สามารถจัดการโนดจ่ายน้ำได้หลากหลายและมีปริมาณ โนดจ่ายน้ำที่มาก
- คำนวณแรงเสียดทานการสูญเสียการใช้ Hazen - Williams, Darcy Weisbach หรือ Chezy - Manning
- รวม head-loss ย่อย
- รูปแบบคงที่หรือมีตัวแปรปั้มความเร็ว

- คำนวณพลังงานที่สูบน้ำและค่าใช้จ่าย
- ตรวจสอบควบคุมความดันและการควบคุมการไหล
- เลือกใช้ถังเก็บที่จะมีรูปร่างต่างๆ(เช่นพื้นผิว, พื้นที่อาจแตกต่างกันที่มีความสูง)
- พิจารณาความต้องการใช้หลายประเภทที่โหนดแต่ละคนมีรูปแบบเชิงเวลา
- ทำแบบจำลองขึ้นอยู่กับการไหลของความดัน
- ติดตามการไหลจากโหนดที่กำหนดไปถึงจุดอื่น ๆ ทั้งหมดเมื่อเวลาผ่านไป
- ถังเก็บที่เป็นแบบผสมสมบูรณ์, การไหลในท่อหรือ – ถึงปฏิกิริยาสองถึง

ใน ส่วนของผู้ใช้ของ EPANET เป็นตัวช่วยลดความยุ่งยากของการสร้างแบบจำลองเครือข่ายท่อและแก้ไขคุณสมบัติบางประการ การรายงานข้อมูลและเครื่องมือต่างๆที่มีกราฟเพื่อช่วยในการแปลผลของการวิเคราะห์เครือข่าย

การประยุกต์ใช้

EPANET ได้รับการพัฒนาเพื่อช่วยปรับปรุงระบบสาธารณูปโภคน้ำและปรับปรุงคุณภาพของน้ำที่ส่งไปยังผู้บริโภคผ่านระบบแจกจ่าย สามารถใช้ในการออกแบบ โปรแกรมการสูมเก็บตัวอย่าง สารฆ่าเชื้อ การประเมินความเสี่ยงของผู้บริโภคโดย ประเมินทางเลือกสำหรับการปรับปรุงคุณภาพน้ำ การปรับเปลี่ยนปั๊มและถังบรรจุ กำหนดเป้าหมายและการวางแผนการโปรแกรมค่าใช้จ่ายที่มีประสิทธิภาพEPANET สามารถนำมาใช้ในการวางแผนและปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบไฮดรอลิกซอฟต์แวร์ที่สามารถให้ความช่วยเหลือในด้านระบบ ท่อปั๊มและวาล์วและขนาดการลดพลังงานการวิเคราะห์การไหล

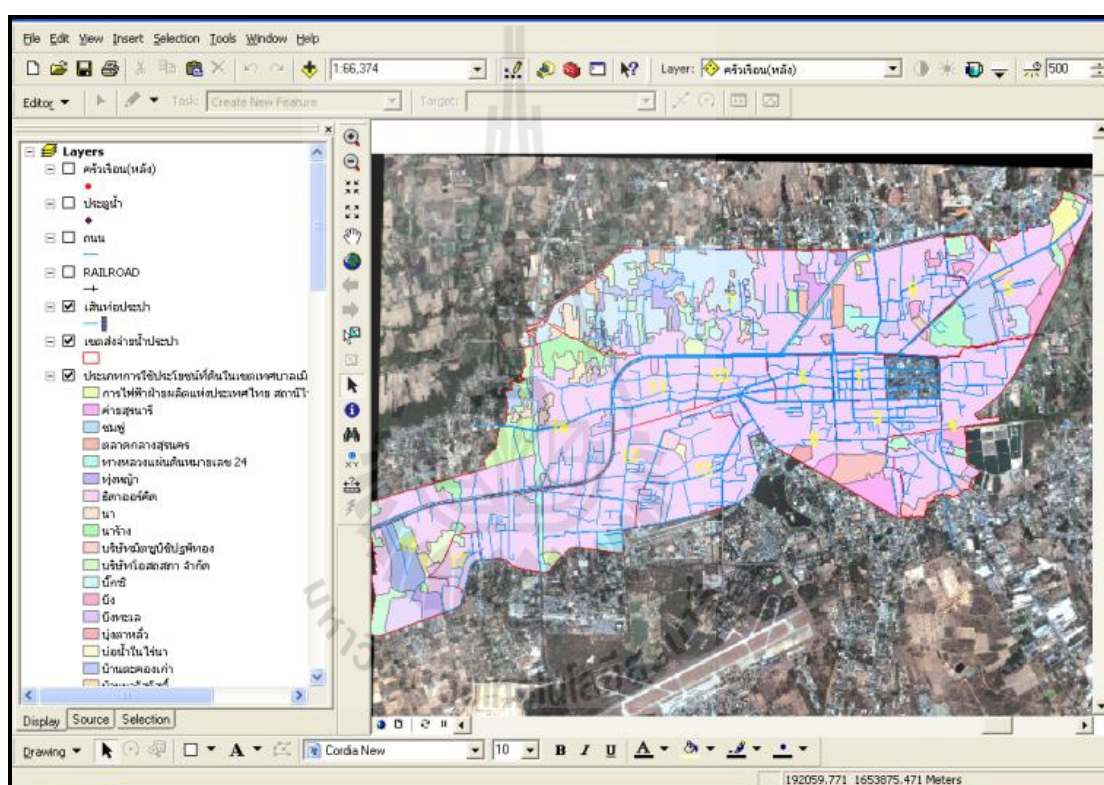
3.5.2 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์(Geographic Information System)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือ Geographic Information System: GIS คือ กระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ที่ใช้กำหนดข้อมูลและสารสนเทศ ที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ ซึ่งมีผู้จำกัดความหมายไว้อย่างมากมาย (ชาญณรงค์ฤทธิ์,2007) ได้สรุปความหมายของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ เครื่องมือ กระบวนการ และข้อมูลดังนี้

- เครื่องมือระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือสำหรับดำเนินการกับข้อมูลที่ประกอบด้วย ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์
- กระบวนการระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นการปฏิบัติการกับข้อมูลที่เป็นขั้นตอน
- ข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นระบบการทำงานที่ต้องนำข้อมูลเป็นตัวขับเคลื่อนการทำงานของเครื่องมือและกระบวนการ โดยข้อมูลในระบบ

สารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ ที่อ้างตำแหน่งทางภูมิศาสตร์และเป็นข้อมูลในเชิงลักษณะที่สามารถนำมาวางซ้อนทับกันได้

ซึ่งในการวิจัยนี้จะนำเอาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในงานด้านวิศวกรรมประปา โดยการนำเอาข้อมูลด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา มาประเมินร่วมกับการใช้น้ำในพื้นที่รายย่อย เพื่อประเมินความต้องการน้ำตามลักษณะการใช้ที่ดินประเภทต่างๆ ดังรูปที่ 3.13 แล้วนำเอาข้อมูลปริมาณความต้องการน้ำดังกล่าวมาเข้าแบบจำลอง EPANET 2.0 เพื่อทดสอบระบบท่อแจกจ่ายน้ำประปาในปัจจุบันของเทศบาลนครนครราชสีมา



รูปที่ 3.13 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้านการประเมินความต้องการน้ำ

บทที่ 4

ผลการศึกษา

หลังจากการที่ได้ทำการสำรวจ รวบรวมเอกสาร และทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องในการศึกษาครั้งนี้สามารถสรุปผลของการศึกษาโดยแบ่งออกเป็นหัวข้อต่างๆ สามารถสรุปผลการศึกษาเป็น 2 หัวข้อที่ประกอบด้วย การประเมินประมาณความต้องการน้ำในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา และการประเมินขีดความสามารถของระบบโครงข่ายท่อส่งน้ำ โดยมีรายละเอียดผลการศึกษาดังต่อไปนี้

4.1 การประเมินปริมาณน้ำในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

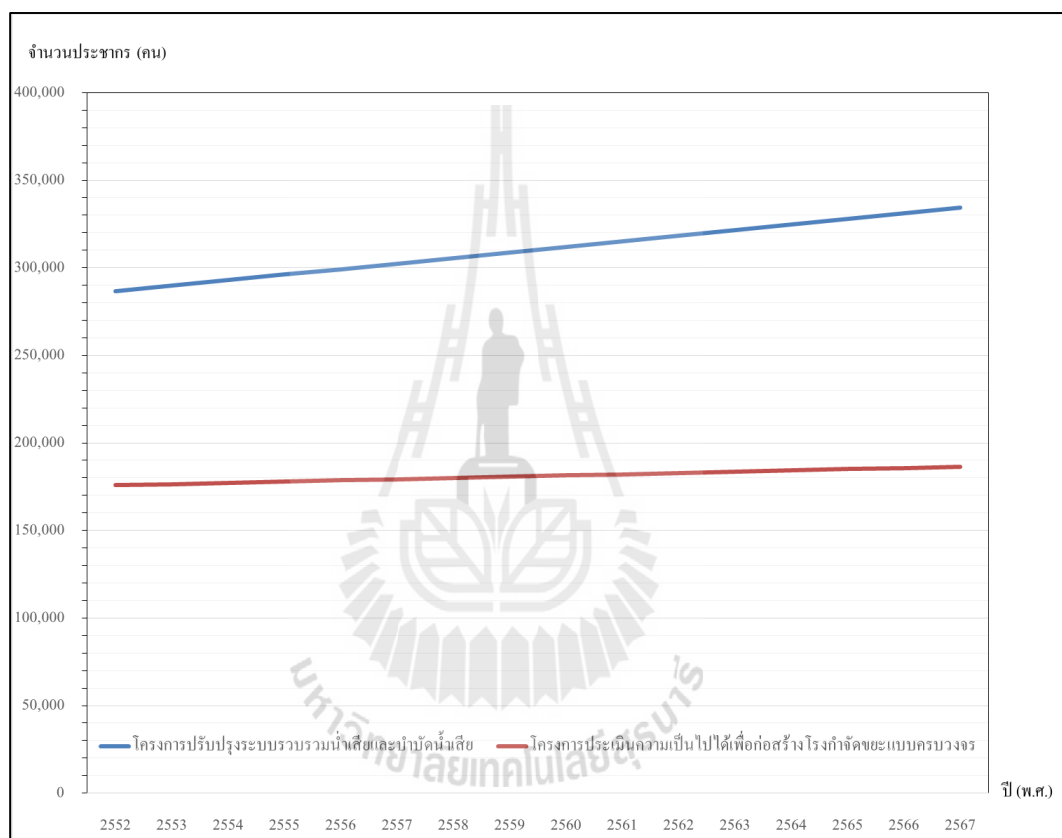
4.1.1 การทำนายประชากร

การพยากรณ์จำนวนประชากรผู้ใช้น้ำ เป็นคาดการณ์โดยอาศัยข้อมูลสถิติของประชากรผู้ใช้น้ำย้อนหลังโดยทั่วไปวิธีวิเคราะห์มี 3 วิธี คือ วิธีเรขาคณิต (Geometric), วิธีคณิตศาสตร์ (Arithmetic) และวิธีเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential) ในที่นี้เลือกวิธีทางคณิตศาสตร์มาวิเคราะห์โดยจะเห็นได้ว่ามีจำนวนประชากรที่ลดลงอย่างมากกับวิธีอื่น เมื่อเทียบกับวิธีการทางคณิตศาสตร์โดยในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกวิธีทางคณิตศาสตร์ ดังสมการที่ 4.1 มาวิเคราะห์ประชากรผู้ใช้น้ำตามหลักเกณฑ์ของ การประปาส่วนภูมิภาค (การประปาส่วนภูมิภาค, 2552) ตามสมมติฐานว่า “การเปลี่ยนแปลงที่มีปริมาณคงที่ตลอดเวลาและการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเส้นตรง” นอกจากนี้ในจากที่ได้เคยมีการศึกษาการประเมินจำนวนประชากรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาในโครงการออกแบบปรับปรุงระบบรวบรวมน้ำเสียและบำบัดน้ำเสียและโครงการประเมินความเป็นไปได้และออกแบบระบบการจัดการขยะแบบครบวงจร (เทศบาลนครนครราชสีมา, 2547) ดังรูปที่ 4.1 ซึ่งในการทำนายประชากรในโครงการออกแบบปรับปรุงระบบรวบรวมน้ำเสียและบำบัดน้ำเสียนั้นได้มีการประเมินโดยใช้ประชากรแฝงร่วมด้วย (สินีนานู นอกกระโทก, 2554) ดังแสดงในรูปที่ 4.2

โดยที่

$$P_n = mP_0 + C \quad (4.1)$$

P_n = จำนวนประชากรในอนาคตจากปัจจุบัน (คน หรือ ราย)
 P_0 = จำนวนประชากรในปีที่เริ่มต้นการคำนวณ (คน หรือ ราย)
 m = ความลาดชันของกราฟ (Slope)
 c = ค่าคงที่ของสมการ



รูปที่ 4.1 ข้อมูลการทำนายจำนวนประชากรจากเทศบาลนครราชสีมา

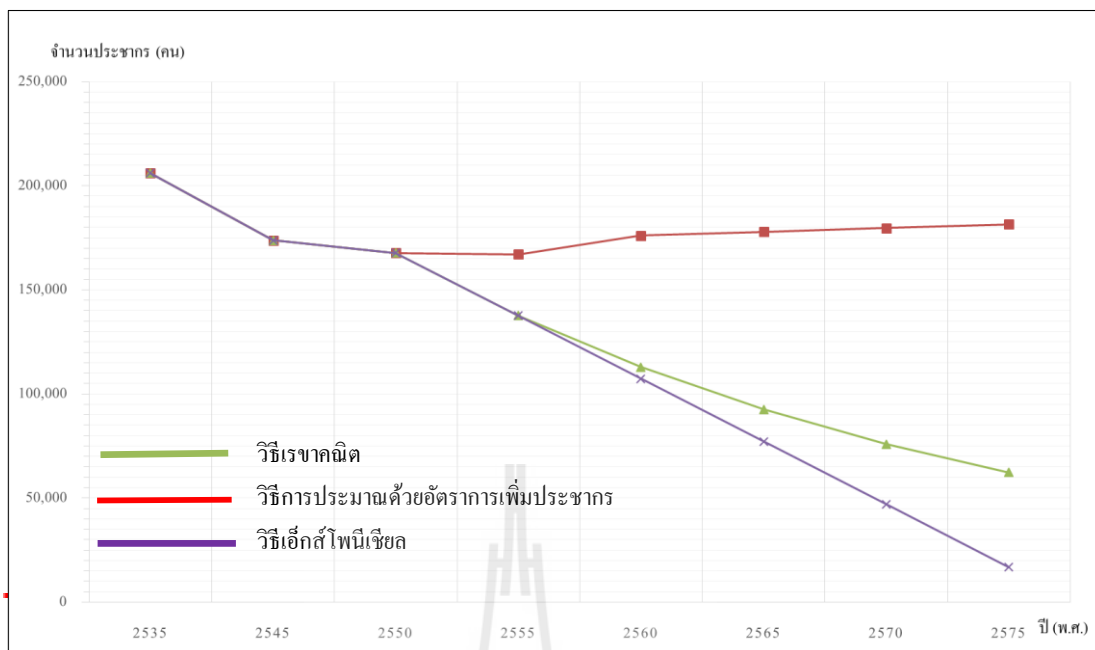
ในส่วนของการสำมะโนประชากรในปีล่าสุดระหว่างปีพ.ศ.2543 – พ.ศ.2553 พบว่าพบว่าสัดส่วนของประชากรในเขตเทศบาลของทั้งประเทศเพิ่มด้วยอัตราเฉลี่ยประมาณร้อยละ 1.2 ต่อปี ข้อมูลร้อยละประชากรในเขตเทศบาลจากสำมะโนประชากรตั้งแต่ พ.ศ. 2503 - 2553 ส่วนระหว่างปี 2543-2583 ลดลงเหลือร้อยละ 0.80 ตามลำดับซึ่งเป็นผลมาจากประเทศไทยมีอัตราการเกิดที่ลดต่ำลงอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2556) ส่วนจำนวนประชากรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาตั้งแต่ปีพ.ศ.2534 – พ.ศ. 2553 นั้นมีจำนวนประชากรที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง แต่ในระดับภาคมีการเพิ่มขึ้นของประชากร อยู่ที่ร้อยละ 0.28 ด้วยเช่นกัน จึงได้นำเอาอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรมาทำนายจำนวนประชากรในเขตเทศบาลนครราชสีมาด้วยอัตราร้อยละ 0.28 ต่อปี ดังสมการที่ 4.2 ในการทำนายจำนวนประชากรซึ่งผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.1

$$r = \frac{P_1 - P_0}{P_0} \quad (4.2)$$

โดย r = อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรภายในระยะเวลา 1 ปี
 P_0 = ประชากร ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง
 P_1 = จำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นภายในระยะเวลา 1 ปี

ตารางที่ 4.1 การทำนายจำนวนประชากรจากเทศบาลนครนครราชสีมาปีพ.ศ.2535 – 2570

ปี	ประชากร (คน)
2535	206,104
2545	173,826
2550	167,770
2555	167,001
2560	176,030
2565	177,857
2570	179,685



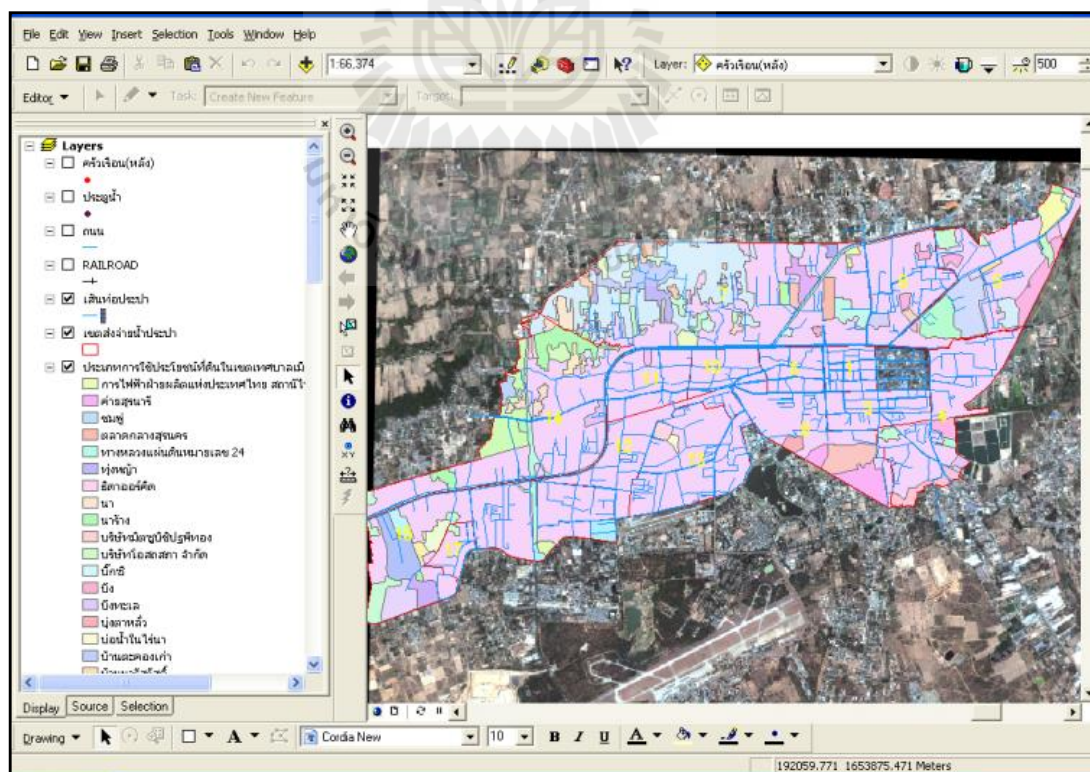
รูปที่ 4.2 การคาดการณ์จำนวนประชากรด้วยวิธีการต่างๆ

4.1.2 การประเมินการใช้น้ำและการปรับเทียบ

การประเมินการใช้น้ำสำหรับประชนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาได้จัดทำแผนที่แสดงปริมาณความต้องการน้ำในการแบ่งเป็นพื้นที่ย่อยขนาด 0.25×0.25 ตารางกิโลเมตร หรือขนาด 0.0625 ตารางกิโลเมตร ในทุกๆเขตของการจ่ายน้ำประปาในเทศบาลนครนครราชสีมา เพื่อประเมินความต้องการน้ำในพื้นที่พร้อมทั้งวิเคราะห์ระบบท่อโครงข่ายแจกจ่ายน้ำประปาโดยการนำเข้าแบบจำลอง EPANET 2.0 เพื่อจำลองสภาพการไหลในระบบท่อโครงข่ายเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบท่อโครงข่ายน้ำประปา และได้นำเอาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในงานด้านวิศวกรรมประปา โดยการนำเอาข้อมูลด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลนครนครราชสีมามาประเมินร่วมกับการใช้น้ำในพื้นที่รายย่อยที่ทำการแบ่งตามประเภทความหนาแน่น เพื่อใช้ประเมินความต้องการน้ำ ดังรูปที่ 4.3 โดยเริ่มจากการศึกษาหาปริมาณความหนาแน่นของประชากรต่อพื้นที่โดยทำการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 พื้นที่หลัก คือบริเวณพื้นที่ที่มีประชากรอาศัยหนาแน่นสูง และบริเวณพื้นที่ที่มีประชากรอาศัยหนาแน่นปานกลาง ทั้งนี้ในแต่ละพื้นที่หลักนั้นจะแบ่งความหนาแน่นย่อยๆได้อีก 3 ชั้นคือ ชั้นที่มีความหนาแน่นสูง ชั้นที่มีความหนาแน่นปานกลาง และชั้นที่มีความหนาแน่นต่ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.4 โดยทำการปรับเทียบกับผัง

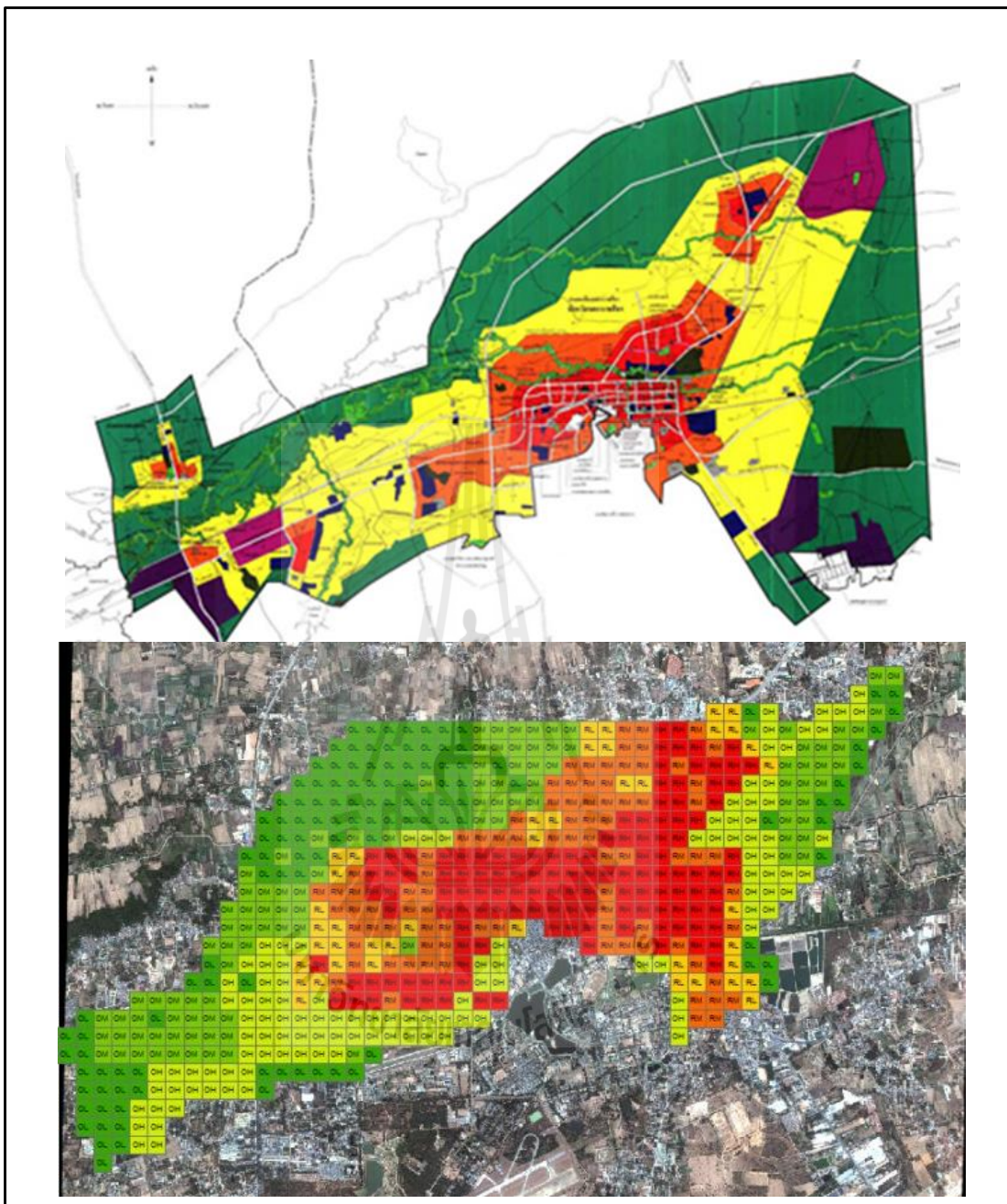
เมืองจังหวัดนครราชสีมาในปี 2550 กับจำนวนประชากรในปี 2551 นอกจากนี้ยังใช้ภาพถ่ายทางอากาศในปีเดียวกันในการตรวจสอบประเภทพื้นที่ความหนาแน่นย่อยๆ ทั้ง 3 ชั้นดังที่กล่าวมาข้างต้น จากนั้นจึงทำการแบ่งประเภทความหนาแน่นของประชากรในรูปแบบของกริดตามขนาดที่ได้กล่าวมาข้างต้น แล้วจึงนำเข้าความหนาแน่นของประชากรในแต่ละกริดที่ได้ทำการแบ่งประเภทไว้แล้วทำการเปรียบเทียบกับจำนวนประชากรในปี พ.ศ.2551 ซึ่งใช้เป็นปีฐานในการประเมินปริมาณความต้องการน้ำเมื่อทำการเปรียบเทียบประชากรในแต่ละกริดโดยมีผลรวมของประชากรเท่ากับหรือใกล้เคียงกับปีฐาน แล้วนั้นจึงทำการวิเคราะห์หาจำนวนประชากรในแต่ละกริด ดังแสดงในรูปที่ 4.5 โดยหาจากสมการความหนาแน่นของประชากรต่อพื้นที่ทั่วไป

	P	$=$	$D_1A_1 + D_2A_2 + D_3A_3 + \dots D_NA_N$
โดยที่	P	$=$	จำนวนประชากรในแต่ละกริด (คน)
	D	$=$	ความหนาแน่นของประชากร (คน/ตารางเมตร)
	A	$=$	ขนาดพื้นที่ของกริด (ตารางเมตร)

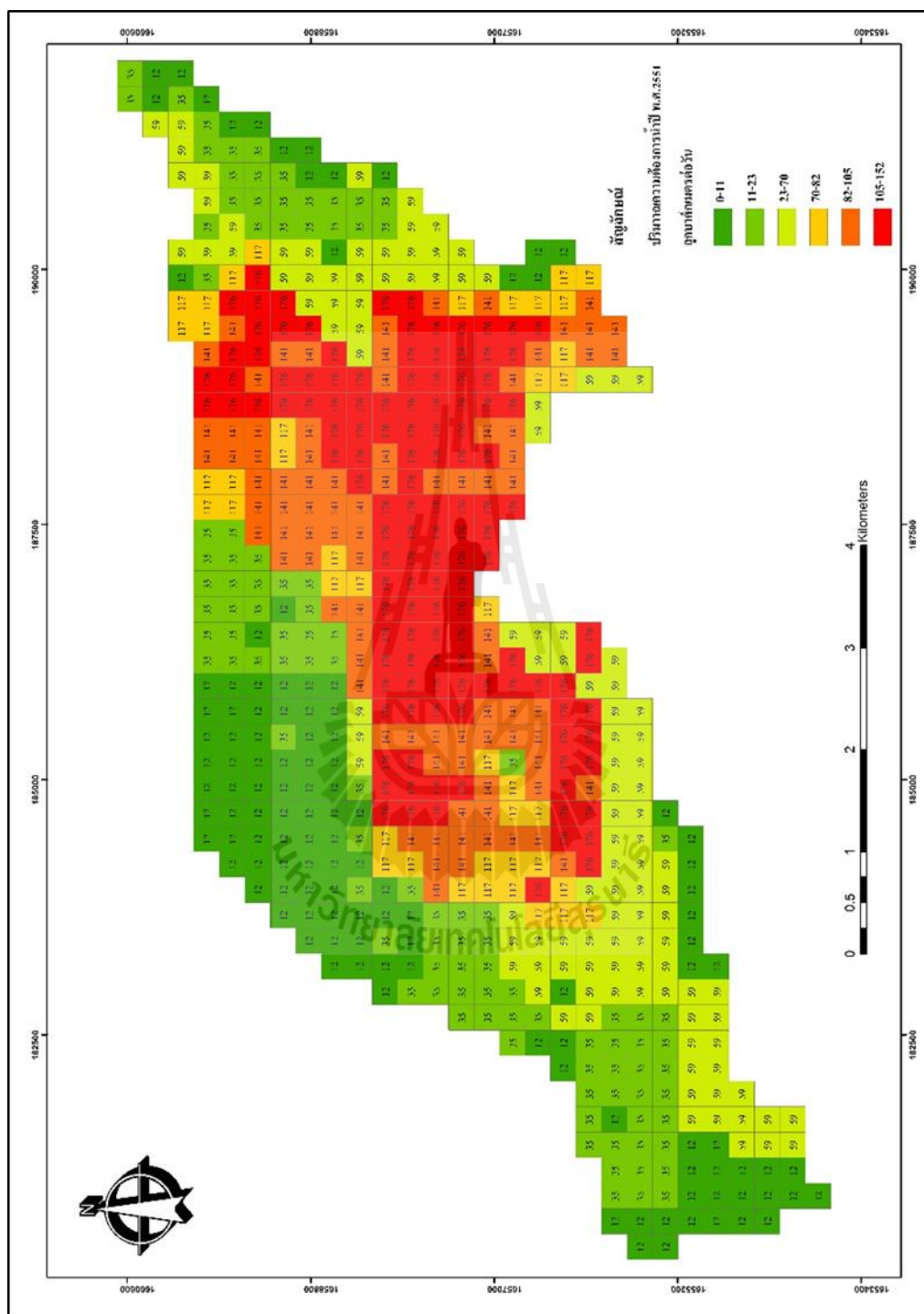


รูปที่ 4.3 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้านการประเมินความต้องการน้ำ

ในส่วนของการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลนคร นครราชสีมาในปี พ.ศ.2551 เพื่อนำมาพิจารณาเพื่อใช้สำหรับเปรียบเทียบจำนวนประชากรและความหนาแน่นของในพื้นที่ศึกษา พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ในเขตของชุมชนเมืองคิดเป็น 18,941 ไร่ หรือร้อยละ 84.7 รองลงมา เป็นพื้นที่เกษตรกรรมคิดเป็น 2,515 ไร่ หรือร้อยละ 10.7 พื้นที่เบ็ดเตล็ด (พื้นที่อื่นๆ) 864 ไร่ หรือร้อยละ 3.7 ส่วนพื้นที่แหล่งน้ำมี 181.5 ไร่ หรือร้อยละ 0.8 และมีพื้นที่ป่า 35.1 ไร่หรือร้อยละ 0.1 โดยแสดงรายละเอียดของการใช้ประโยชน์ที่ดินในภาคผนวก ค พบว่าการกระจายของประชากรตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้นมีลักษณะกระจายตัวตามผังเมืองรวมของจังหวัดนครราชสีมา จากกาวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลนคร นครราชสีมาพบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นเขตชุมชนประกอบกับผังเมืองรวมเป็นตัวกำหนดการขยายตัวของเมืองและการกำหนดรูปแบบการใช้ที่ดินในเขตเทศบาลนคร นครราชสีมา จึงได้นำเอารูปแบบดังกล่าวมาใช้วิเคราะห์ ความหนาแน่นของประชากรต่อพื้นที่ นอกจากนี้ยังได้นำเอาภาพถ่ายทางอากาศมาใช้ร่วมประเมินความหนาแน่นของประชากรในเขตเทศบาลนครราชสีมาทั้งนี้ได้อาศัยเกณฑ์ความหนาแน่นของกรมโยธาธิการและผังเมืองปี พ.ศ. 2549 ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ได้กำหนดมาตรฐานการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยจำแนกตามขนาดของเมืองซึ่งใช้จำนวนประชากรและการใช้ค่าความหนาแน่น(คน/ไร่) กำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดิน



รูปที่ 4.4 การเปรียบเทียบความหนาแน่นของประชากรกับผังเมืองจังหวัดนครราชสีมา

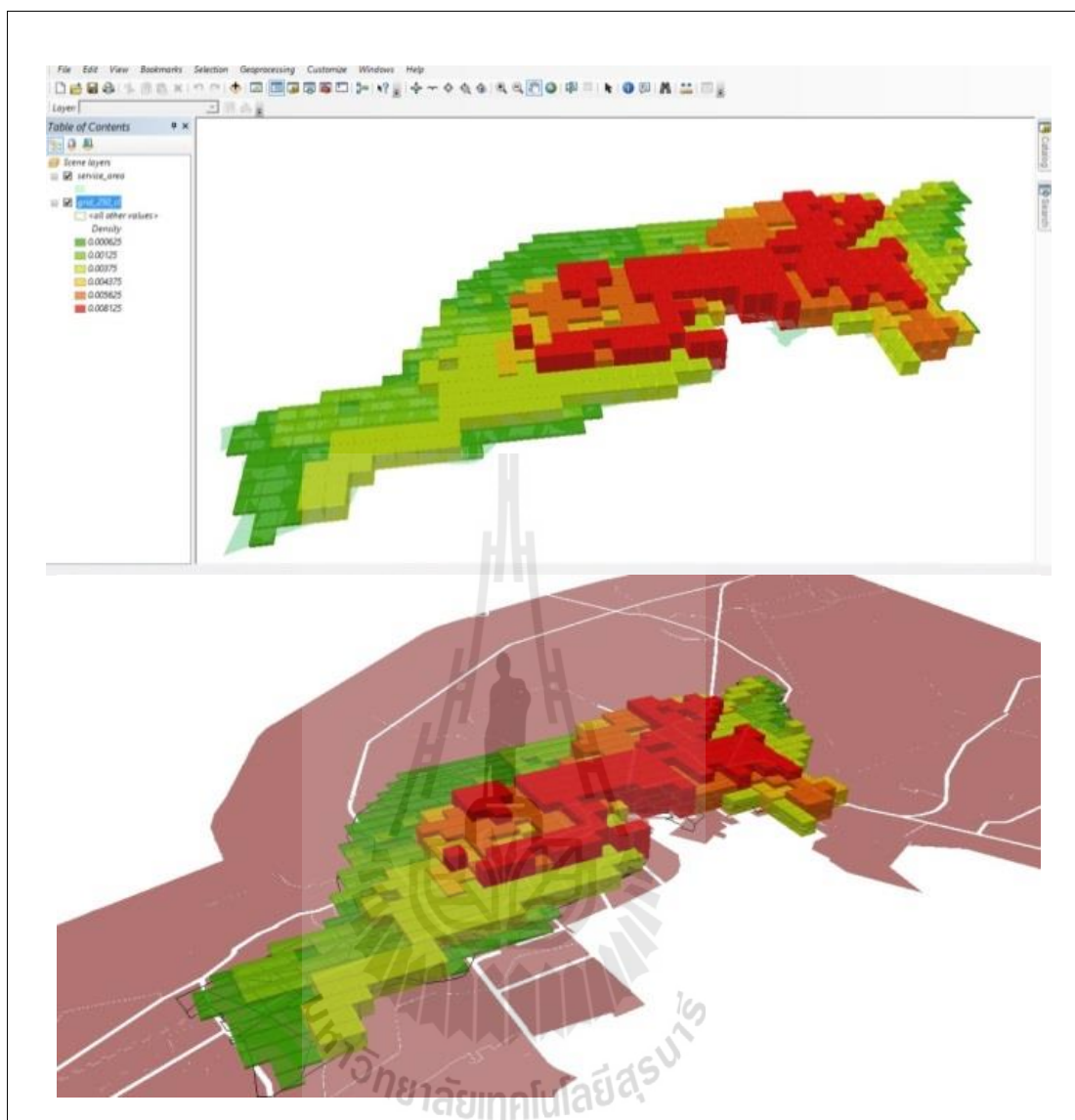


จากเกณฑ์ดังกล่าวพบว่า เทศบาลนครนครราชสีมาจัดอยู่ในเขตเมือง ขนาดกลางโดยอยู่ในช่วงของประชากรในช่วง ประชากร 60,001 - 200,000 คน ในการเปรียบเทียบ จำนวนประชากรในพื้นที่ศึกษานั้น ณ ปีที่ทำการศึกษา เทศบาลนครนครราชสีมา พ.ศ. 2551 มี จำนวนประชากรอยู่ที่ 145, 693 คน ข้อมูล ณ เดือน มกราคม พ.ศ. 2551

ตารางที่ 4.2 เกณฑ์ความหนาแน่นของกรมโยธาธิการและผังเมืองปี พ.ศ. 2549

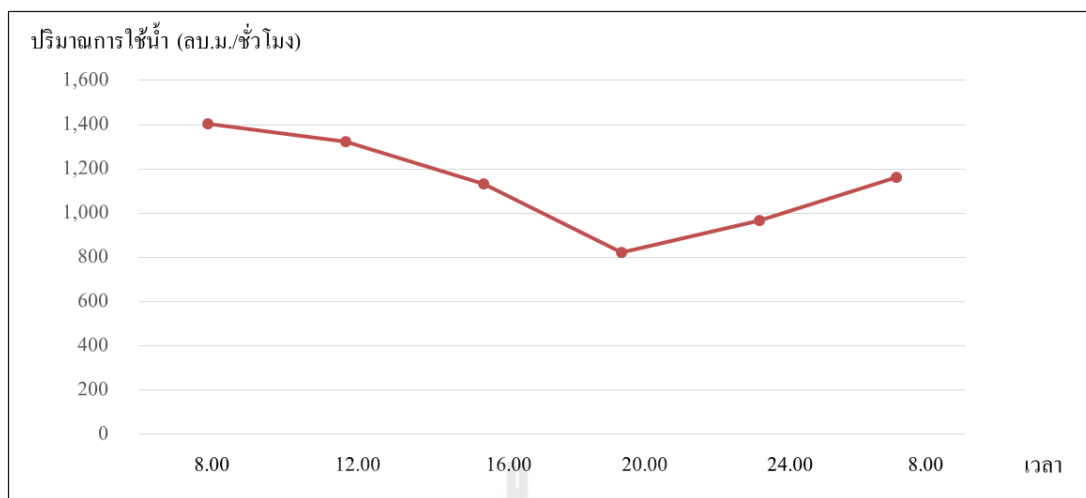
ประเภทความหนาแน่น	ความหนาแน่นประชากร (คนต่อไร่)
ที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย	1-16
ที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง	17-40
ที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก	41-60

จากการเปรียบเทียบความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่ศึกษากับเกณฑ์ความ หนาแน่นของกรมโยธาธิการและผังเมืองปี พ.ศ. 2549 โดยทำการแบ่งความหนาแน่นออกเป็น 2 ส่วนหลัก กล่าวคือบริเวณพื้นที่ที่มีประชากรอาศัยหนาแน่นสูง และบริเวณพื้นที่ที่มีประชากรอาศัย หนาแน่นปานกลาง ทั้งนี้ในแต่ละพื้นที่หลักนั้นจะแบ่งความหนาแน่นย่อยๆได้อีก 3 ชั้นคือ ชั้นที่มี ความหนาแน่นสูง ชั้นที่มีความหนาแน่นปานกลาง และชั้นที่มีความหนาแน่นต่ำนั้นพบว่า ความ หนาแน่นของประชากรที่ความหนาแน่นสูงสุดอยู่ที่ 15 คนต่อไร่ 9 คนต่อไร่ และ 7 คนต่อไร่ ใน พื้นที่ที่มีความหนาแน่นสูง(ย่านชุมชนเมือง) ส่วนบริเวณที่มีความหนาแน่นปานกลางที่มีความ หนาแน่นสูงสุดอยู่ที่ 6 คนต่อไร่ 2 คนต่อไร่ และ 1 คนต่อไร่ ในพื้นที่ย่านชานเมือง เมื่อนำมา เปรียบเทียบกับเกณฑ์และมาตรฐานผังเมืองรวม พ.ศ.2549 โดยสำนักพัฒนามาตรฐานถือว่ายังอยู่ใน เกณฑ์ดังกล่าว แต่มีความหนาแน่นของประชากรน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดทั้งนี้ในข้อกำหนด ดังกล่าวสามารถเปรียบเทียบได้ตามความเหมาะสมของแต่ละพื้นที่ หลังจากที่มีการเปรียบเทียบจำนวน ประชากรในปี พ.ศ.2551 กับผังเมืองจังหวัดนครราชสีมาแล้วสามารถแสดงผลในรูปแบบของความ หนาแน่นของประชากรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาในรูปแบบเชิงพื้นที่ โดยพื้นที่ที่มีความ หนาแน่นสูงจะแสดงในรูปของชั้นสีย่อยต่างๆประกอบด้วย สีแดง(พื้นที่หนาสูง 21.5เปอร์เซ็นต์) สีแดงอ่อน(พื้นที่หนาแน่นปานกลาง 14.5 เปอร์เซ็นต์) และสีส้ม (พื้นที่หนาแน่นต่ำ 7 เปอร์เซ็นต์) และพื้นที่ที่มีความหนาแน่นปานกลางแสดงในรูปของชั้นสีย่อยต่างๆประกอบด้วย สีเหลือง(พื้นที่ หนาสูง 19.2 เปอร์เซ็นต์) สีเขียว (พื้นที่หนาแน่นปานกลาง 17.5 เปอร์เซ็นต์) และสีเขียวอ่อน (พื้นที่หนาแน่นต่ำ 10.3 เปอร์เซ็นต์) ดังแสดงในรูปที่ 4.6 จะเห็นได้ว่า บริเวณที่มีปริมาณความ ต้องการน้ำสูงสุดในพื้นที่นั้นจะอยู่บริเวณใจกลางของเขตเทศบาลนครนครราชสีมา



รูปที่ 4.6 แสดงความหนาแน่นของประชากรเชิงพื้นที่ของเทศบาลนครนครราชสีมาในปี พ.ศ.2551

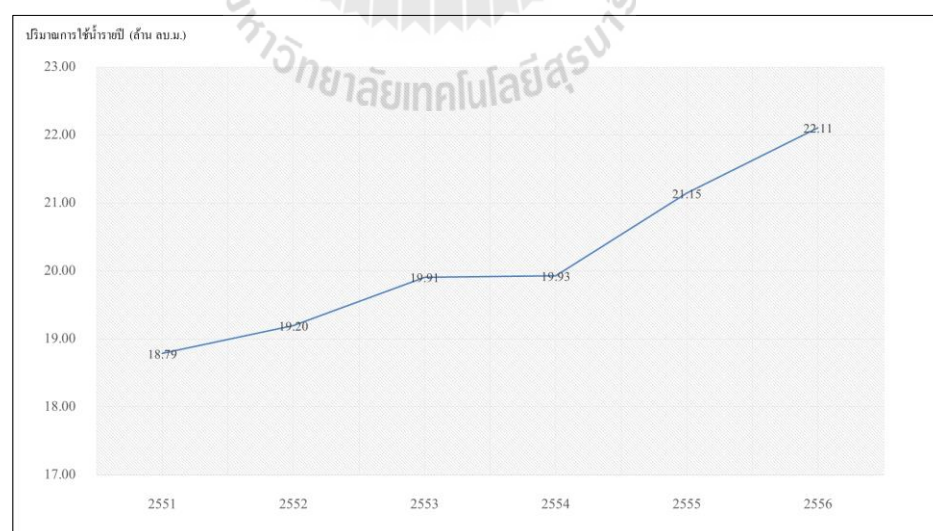
จากการรวบรวมข้อมูลอัตราการส่งจ่ายน้ำประปาในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาในปี พ.ศ.2556 โดยทำการรวบรวมข้อมูลจากฝ่ายผลิตน้ำประปาของโรงกรองน้ำอภัยวงศ์ นั้นพบว่า ปริมาณความต้องการน้ำในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงนั้นมีการใช้น้ำในช่วงเช้ามีอัตราความต้องการน้ำในรอบวันสูงสุด โดยในรูปที่ 4.7 แสดงการแปรเปลี่ยนปริมาณความต้องการน้ำในรอบวันของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (สำนักงานประปา เทศบาลนครนครราชสีมา, 2556)



รูปที่ 4.7 การแปรเปลี่ยนปริมาณความต้องการน้ำในรอบวัน

4.1.3 ข้อมูลการใช้น้ำ

ข้อมูลการใช้น้ำของพื้นที่ศึกษาข้อมูลการใช้น้ำของพื้นที่ศึกษา รวบรวมได้จาก ฝ่ายคอมพิวเตอร์ สำนักการประปาเทศบาลนครนครราชสีมา ประกอบด้วยข้อมูลผู้ใช้น้ำ ที่ได้ถูกจัดเก็บเก็บไว้เป็นข้อมูลรายเดือนข้อมูลการใช้น้ำแสดงปริมาณการใช้น้ำรายเดือนของผู้ใช้น้ำ โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้แยกข้อมูลการใช้น้ำรายปี ดังแสดงในรูปที่ 4.8

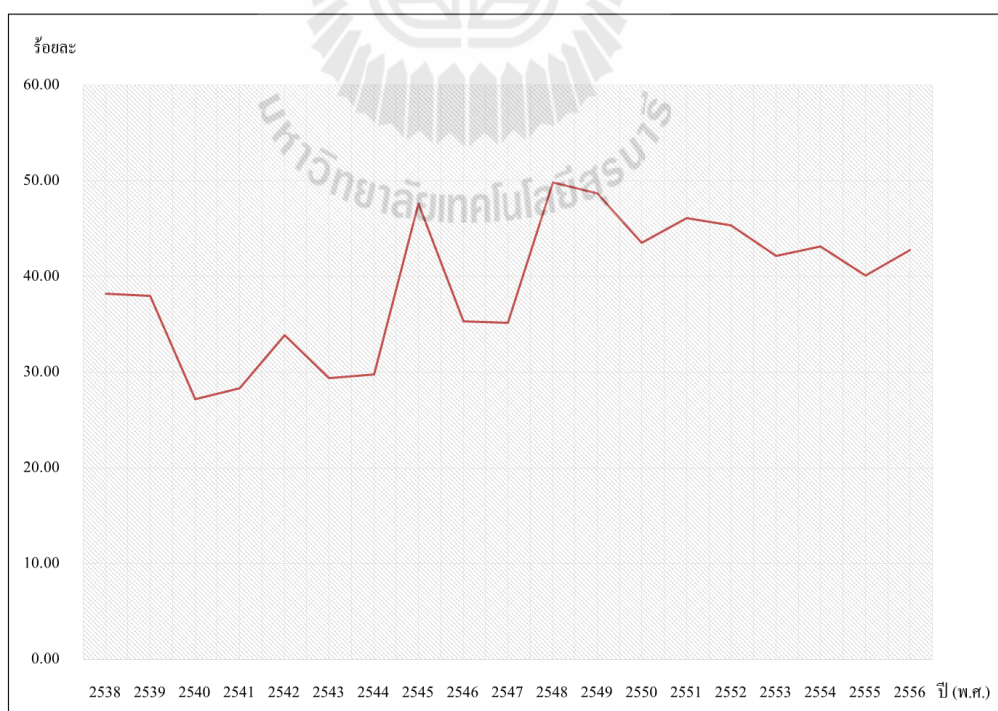


รูปที่ 4.8 ข้อมูลการใช้น้ำรายเดือนของเทศบาลนครนครราชสีมา
ปีพ.ศ. 2551 -พ.ศ.2555

4.1.4 ปริมาณน้ำสูญเสีย

จากข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมจากฝ่ายผลิตน้ำ สำนักการประปาเทศบาลนครนครราชสีมา ระหว่างปี พ.ศ.2538 -พ.ศ.2556 พบว่าตั้งแต่อดีตในช่วงเวลาดังกล่าวจนถึงปัจจุบันมีปริมาณน้ำสูญเสียโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 39.1 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในรูปที่ 4.9 โดยที่สำนักการประปาเทศบาลนครนครราชสีมาสามารถจ่ายน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 60.9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณน้ำสูญเสียดังกล่าวนั้นประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

- 1) น้ำที่ใช้ไปกับการบริการสาธารณะเช่น การดับเพลิง ล้างถนน การรดน้ำต้นไม้ หรือการช่วยเหลือผู้ประสบภัยต่างๆ
 - 2) น้ำสูญเสียเชิงพาณิชย์ เป็นน้ำที่เสียไปจากการลักลอบใช้น้ำ รวมถึงข้อมูลที่เกิดผลจากมาตรวัด และความผิดพลาดของผู้บันทึกมาตรวัดน้ำ
 - 3) น้ำสูญเสียทางกายภาพ น้ำที่เสียไปจากระบบท่อจ่ายน้ำ
- ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีปริมาณน้ำสูญเสียเป็นปริมาณมากส่วนหนึ่งอาจเกิดจากปัญหา ระบบท่อที่เก่า ประเภทท่อที่มีการรั่วซึมสูง เมื่อเกิดการแตกจนได้รับความเสียหายทำให้เกิดปริมาณน้ำสูญเสียดังกล่าวจึงเป็นที่มาของการศึกษาในครั้งนี้เพื่อทดสอบระบบท่อจ่ายน้ำและทดสอบประสิทธิภาพของท่อเพื่อทำการวางแผนเพื่อปรับปรุงระบบท่อเพื่อลดปัญหาข้างต้น



รูปที่ 4.9 ปริมาณน้ำสูญเสีย

4.1.5 สรุปการประเมินปริมาณการใช้น้ำ

นอกจากนี้ยังได้ทำการประเมินความต้องการน้ำในอนาคตที่ได้ทำการประเมินไว้ได้แก่ปี พ.ศ. 2560 พ.ศ. 2565 พ.ศ. 2570 และในปีพ.ศ. 2575 ด้วยวิธีการประเมินหรือทำนายประชากรโดยใช้วิธีคณิตศาสตร์ (Arithmetic) เพื่อนำมาวิเคราะห์ตามเกณฑ์ของการประเมินโดยการประปาส่วนภูมิภาคนั้น โดยที่การประเมินปริมาณความต้องการน้ำในอนาคตนั้นได้ประเมินจากสมการ

$$WD = (LPCD \times N) + L + PF + F$$

โดยที่

WD = ปริมาณความต้องการน้ำรวมต่อปี (ลูกบาศก์เมตร/ปี)

LPCD = ปริมาณความต้องการใช้ต่อคนต่อวัน (ลูกบาศก์เมตร/คน/วัน)

N = จำนวนประชากร (คน)

L = ปริมาณน้ำสูญเสีย (ลูกบาศก์เมตร/ปี)

PF = ปริมาณความต้องการใช้สูงสุดต่อวัน (Maximum Daily Demand)
เท่ากับ 1.5 เท่าของปริมาณความต้องการใช้น้ำเฉลี่ยต่อวัน

F = ปริมาณน้ำที่ใช้ในการดับเพลิง (950 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)

โดยใช้ปริมาณความต้องการน้ำเฉลี่ยที่ใช้คือ 300 ลิตรต่อคนต่อวัน (การประปาส่วนภูมิภาค กรมทรัพยากรน้ำ, 2549) ดังแสดงในตารางที่ 4.3 เนื่องจากจำนวนประชากรในเขตเทศบาลนคร นครราชสีมา มีจำนวนประชากรมากกว่า 50,000 คน ส่วนปริมาณน้ำสูญเสียคิดที่อัตราการสูญเสีย 40 เปอร์เซ็นต์ตามข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมไว้ของสำนักการประปาเทศบาลนครนครราชสีมา และปริมาณความต้องการน้ำใช้สูงสุดของเทศบาลนครราชสีมาที่ได้ประเมินไว้อยู่ที่ 1.3 แต่ข้อกำหนดของประปาสัมปทานนั้นให้กำหนดใช้ค่า 1.5 จึงสามารถสรุปความต้องการน้ำของเทศบาลนครราชสีมาขึ้นดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 แสดงอัตราการใช้น้ำอุปโภค บริโภคตามปริมาณประชากร

ปริมาณประชากร (ราย)	อัตราการใช้น้ำ (ลิตร/คน/วัน)
3,000 – 10,000	120
10,000 – 20,000	170
20,000 – 30,000	200
30,000 – 50,000	250
>50,000	300

ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณความต้องการน้ำในอนาคต

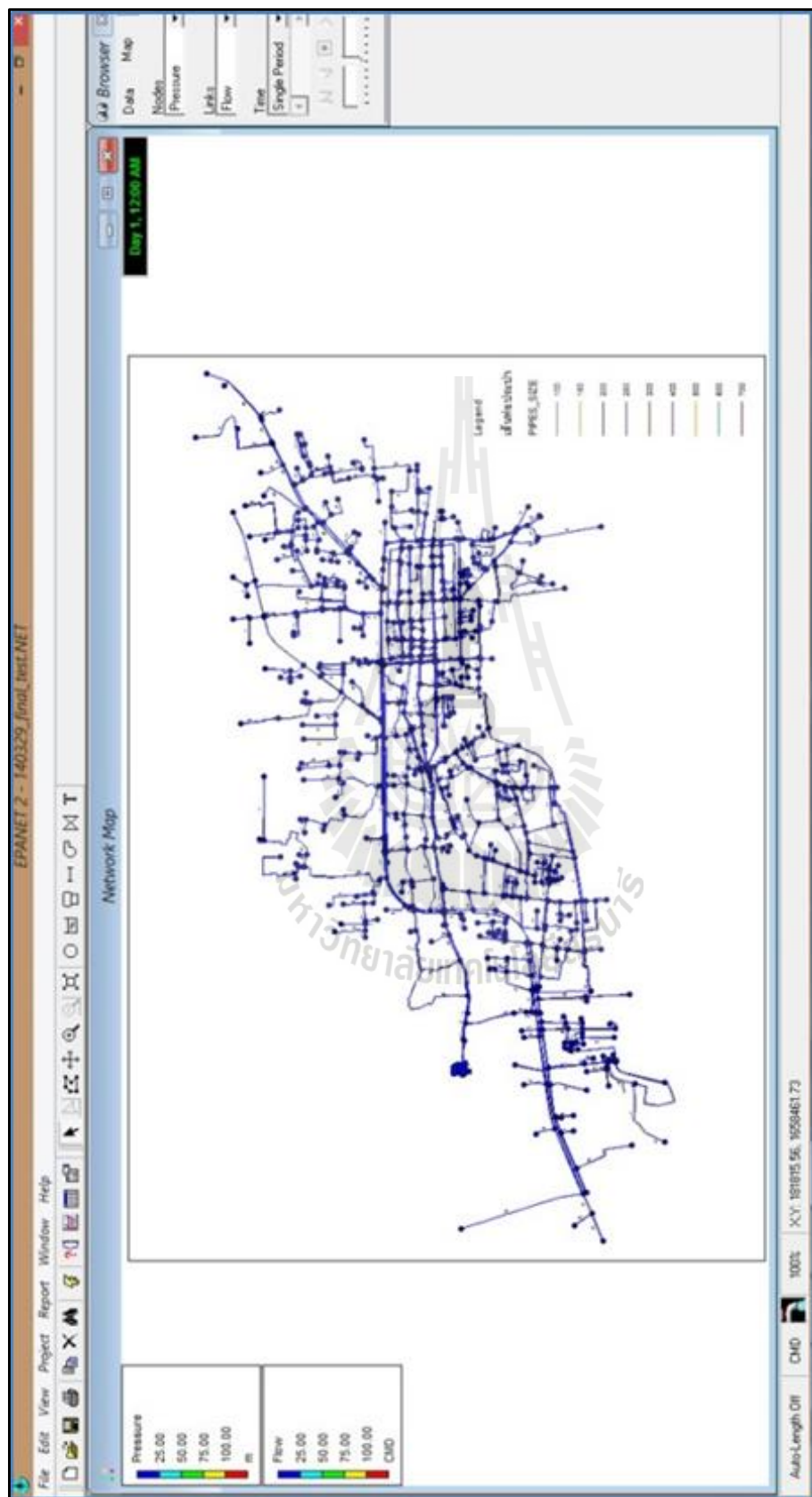
ปี	ประชากร (คน)	ความต้องการน้ำที่ต้องจ่าย (ลบ.ม.)
2560	176,030	28,964,246
2565	177,857	29,264,946
2570	179,685	29,565,647
2575	181,512	29,866,348

4.2 การประเมินขีดความสามารถของระบบโครงข่ายท่อส่งน้ำ

ในปัจจุบันระบบโครงข่ายท่อส่งน้ำในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาในการประเมินนั้นได้มีการจัดทำอยู่ในรูปแบบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ซึ่งในส่วนการประเมินในรูปแบบดังกล่าวนี้สามารถช่วยให้การประเมินนั้นสะดวกขึ้นไม่ว่าจะเป็นในส่วนของการโครงข่ายที่อยู่ในรูปแบบของ shape file ที่มีทั้งขนาดของท่อ ชนิดของท่อ ความยาวของท่อส่งน้ำที่มีระบบระบุพิกัดไว้แล้ว แต่ในการวิเคราะห์ระบบโครงข่ายจากข้อมูลดังกล่าวมานั้นยังพบปัญหาคือปัญหาการโครงข่ายท่อที่ยังไม่เชื่อมต่อกันทั้งหมด อีกทั้งระบบโครงข่ายดังกล่าวมีขนาดใหญ่มีพื้นที่ทั้งหมดครอบคลุมทั้งพื้นที่ของเทศบาลนครนครราชสีมา ทำให้เกิดความล่าช้าในการเชื่อมต่อบริเวณท่อใหม่ จึงได้ทำการปรับปรุงระบบท่อในปัจจุบันพร้อมทั้งนำเข้าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประเมินขีดความสามารถของระบบโครงข่ายท่อ รวมทั้งผลการนำเข้าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรม EPANET 2.0 เพื่อทำการวิเคราะห์ระบบท่อในการวางแผนปรับปรุงระบบท่อต่อไป

4.2.1 การนำเข้าข้อมูล

ในส่วนของการนำเข้าแบบจำลอง EPANET 2.0 ที่ใช้จัดเตรียมในศึกษาในครั้งนี้มีจำนวนโหนด 859 โหนด จำนวนเส้นท่อ 1,021 เส้นท่อที่มีขนาดอยู่ในช่วง 100 – 700 มิลลิเมตร พบว่าประเภทท่อส่วนใหญ่ 61 เปอร์เซ็นต์ เป็นท่อประเภทซีเมนต์ใยหิน (AC) และ พีวีซี (PVC) 31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับดังรูปที่ 4.10 ในการทดสอบของแบบจำลองนั้นมีการทดสอบแรงดัน ณ จุดจ่ายน้ำบริเวณโรงกรองน้ำอัมพวัน โดยจุดเด่นที่ได้จากการใช้แบบจำลองคือ สามารถประเมินสภาพการไหล เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ทดสอบน้ำแบบระบบท่อกระจาย ที่ดำเนินการจำลองระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นของน้ำและพฤติกรรมการไหลในเครือข่ายท่อแรงดันและในเครือข่ายท่อประกอบด้วยท่อ โหนด (ทางแยกท่อ) และถังเก็บ หรืออ่างเก็บ ทั้งนี้สามารถแสดงผลในรูปแบบที่หลากหลายรวมถึงเป็นแบบจำลองที่ไม่มีค่าลิขสิทธิ์

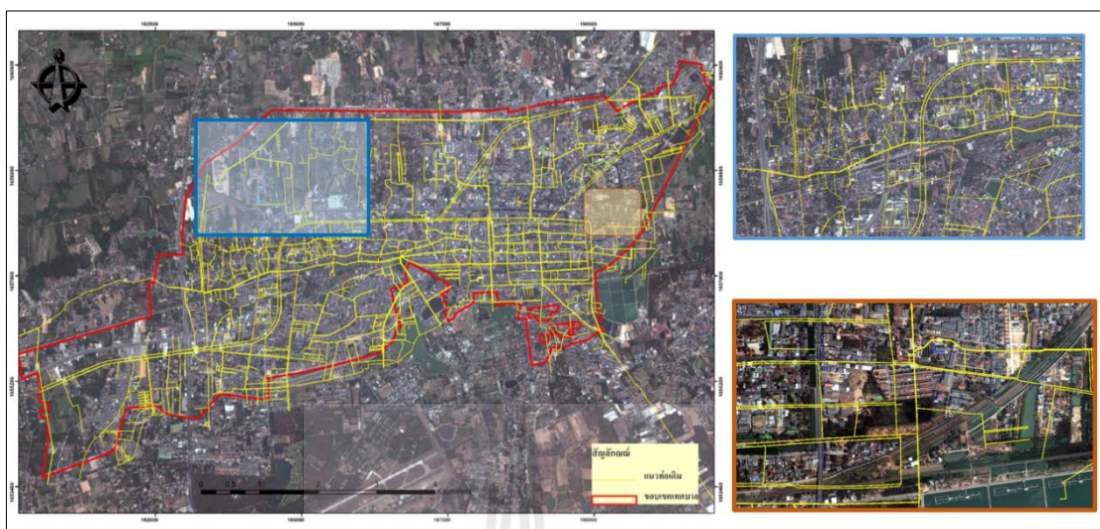


รูปที่ 4.10 การเตรียมข้อมูลเพื่อการประเมินขีดความสามารถของระบบท่อจ่ายน้ำในเขตเทศบาลนครราชสีมา

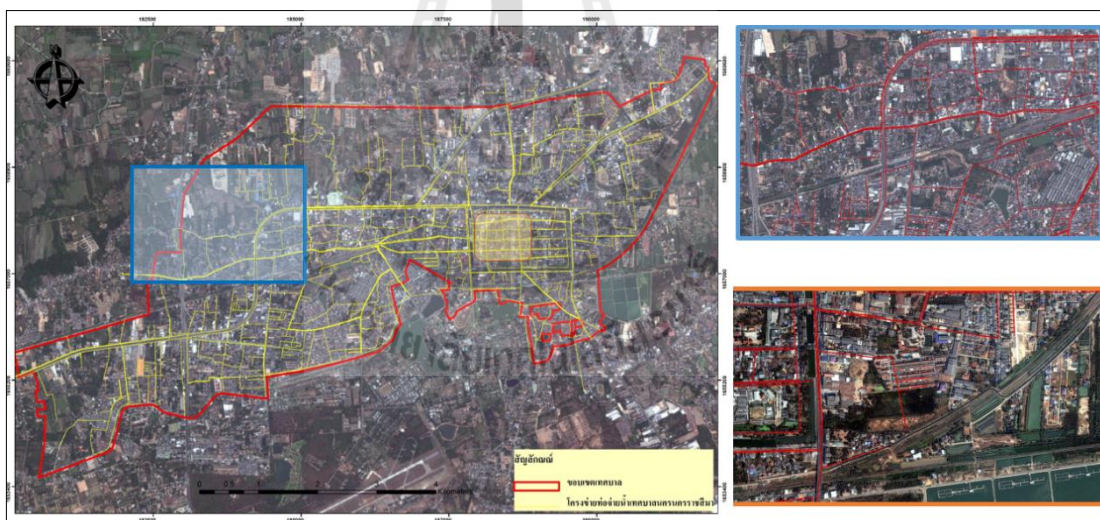
4.2.2 การทบทวนระบบโครงข่ายท่อ

ระบบท่อในปัจจุบันในปัจจุบันนั้นได้รับการสนับสนุนข้อมูลเป็นอย่างดีจากสำนักการประปา เทศบาลนครนครราชสีมาในรูปแบบของข้อมูลทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ซึ่งสามารถแสดงผลในรูปแบบของแผนที่บนโปรแกรมบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ดังกล่าวหรือส่งออกในรูปแบบของแผนที่เพื่อสะดวกในการใช้งาน ทั้งนี้กระบวนการทำงานนั้นมีการนำเอาข้อมูลมาเชื่อมโยงกันระหว่างฐานข้อมูล (ในรูปแบบของ shape file) แบบแผนที่และแบบตารางช่วยให้แสดงข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลจากตาราง และข้อมูลที่น่าเข้าโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ประกอบด้วย ชั้นข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ชั้นข้อมูลระบบโครงข่ายท่อ ชั้นข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศมาตราส่วน 1:50,000 และชั้นข้อมูลขอบเขตเทศบาลนครราชสีมา ซึ่งจะแสดงในรูปแบบของแผนที่แสดงระบบโครงข่ายท่อส่งน้ำในปัจจุบันทั้งที่ยังไม่มีการปรับแก้และหลังจากที่ทำการปรับแก้แล้ว ดังแสดงในรูปที่ 4.12 และ รูปที่ 4.13 ตามลำดับโดยพบว่ามีความยาวท่อทั้งสิ้น 307,550 เมตร หรือ 30.75 กิโลเมตร





รูปที่ 4.11 ระบบโครงข่ายท่อในปัจจุบันก่อนทำการปรับแก้



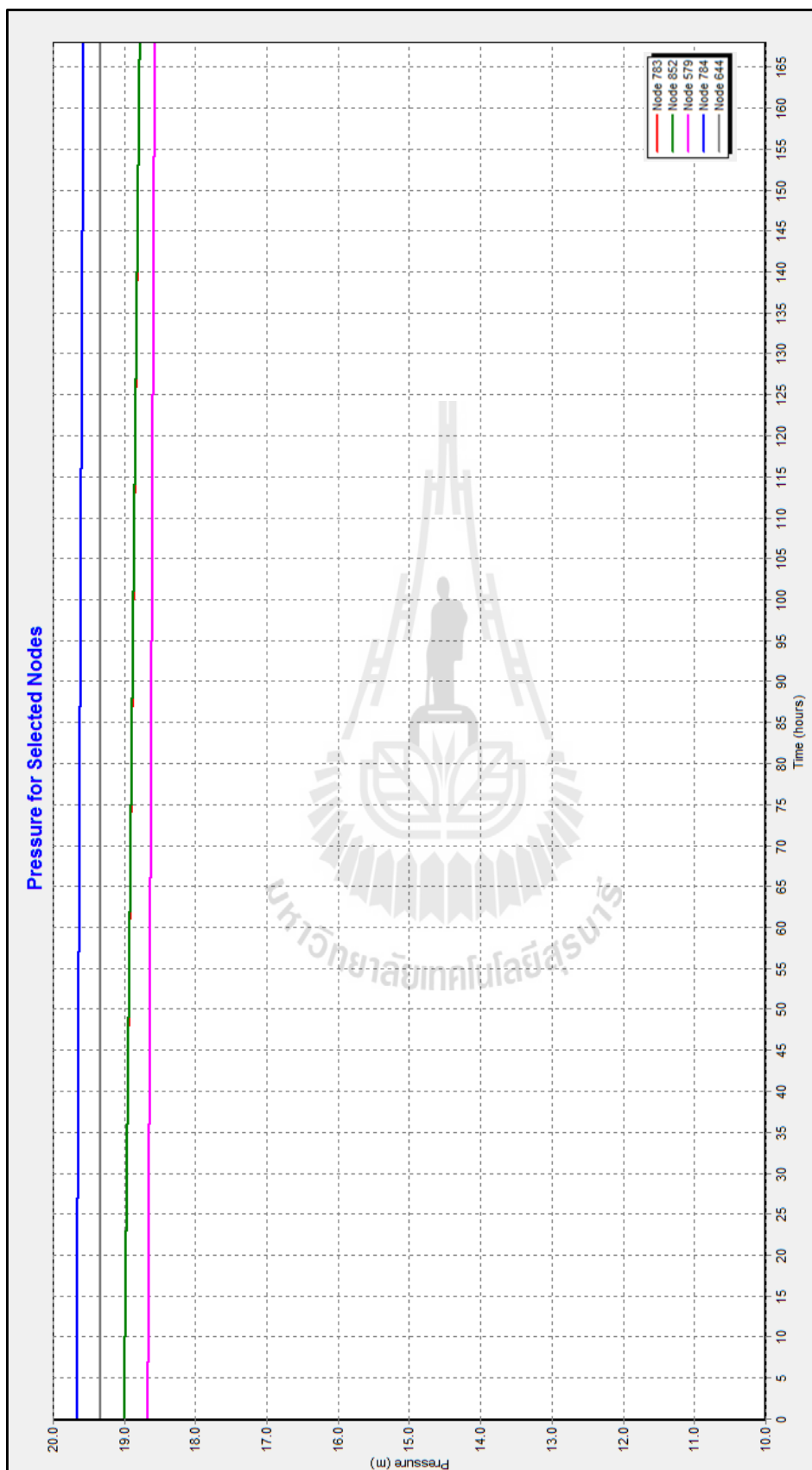
รูปที่ 4.12 ระบบโครงข่ายท่อในปัจจุบันหลังทำการปรับแก้

จะเห็นได้ว่าชั้นข้อมูลโครงข่ายระบบท่อส่งน้ำดังรูปที่ 4.11 โดยพบว่ามีตำแหน่งที่คลาดเคลื่อนเมื่อทำการซ้อนทับบนแผนที่ โดยการตรวจสอบจากภาพถ่ายทางอากาศโดยอยู่บนระบบพิกัดที่เหมือนกันคือ ระบบ UTM zone 48N (UTM : Universal Transverse Mercator) อีกทั้งยังพบปัญหาดังที่กล่าวมาข้างต้นคือระบบท่อที่ยังไม่เชื่อมต่อกันจึงทำการแก้ไขระบบให้เชื่อมต่อกันในโครงข่ายท่อส่งน้ำดังกล่าวดังแสดงในรูปที่ 4.12

- การสอบเทียบแรงดัน

ข้อมูลแรงดันน้ำภายในพื้นที่ศึกษา รวบรวมได้จาก ส่วนบันทึกข้อมูลของสำนักการประปา เทศบาลนครนครราชสีมาที่ได้ทำการบันทึกการตรวจวัดแรงดันน้ำตามจุดจ่ายน้ำ ข้อมูลแรงดันน้ำนี้ นำได้มาใช้เป็นข้อมูลในการสอบเทียบแบบจำลองโดยทางฝ่ายผลิตน้ำประปาได้กำหนดแรงดันที่ใช้ส่งจ่าย ณ โรงกรองน้ำอัญญาภรณ์ทั้ง 2 แห่งและโรงกรองน้ำมะขามเฒ่า คือกำหนดแรงดันไว้ที่ไม่เกิน 2.0 เมตร เพื่อให้การวิเคราะห์ในแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือและใช้ประเมินขีดความสามารถของระบบท่อจึงได้ทำการปรับเทียบแรงดันของแบบจำลองให้ได้ค่าที่ใกล้เคียง โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 19.5 เมตร โดยมีจุดที่ใช้ปรับเทียบทั้งหมดจำนวน 5 จุดดังแสดงในรูปที่ 4.13 และดังแสดงในตารางที่ 4.5 ตารางที่ 4.5 จุดปรับเทียบแรงดัน

จุดที่	โนดจ่ายน้ำ	แรงดัน ณ จุดจ่ายจริง (เมตร)	แรงดัน ณ จุดจ่ายจาก แบบจำลอง (เมตร)	ผลต่าง แรงดัน (เมตร)	ความคลาด เคลื่อน (เปอร์เซ็นต์)
1 (โรงกรองน้ำอัญญาภรณ์ใหม่)	783	20	18.29	1.71	8.55
	582	20	18.29	1.71	8.55
2 (โรงกรองน้ำอัญญาภรณ์เก่า)	579	20	17.33	2.67	13.35
	784	20	18.33	1.67	8.35
3 (โรงกรองน้ำมะขามเฒ่า)	644	20	19.33	0.67	3.35



รูปที่ 4.13 แสดงแรงดัน ณ จุดจ่ายน้ำต่างๆของเทศบาลนครราชสีมา (เดือน มิถุนายน 2557)

4.2.3 ผลการประเมินขีดความสามารถของระบบท่อจ่ายน้ำในปี พ.ศ.2551

ในการประเมินขีดความสามารถของระบบท่อจ่ายน้ำในปี พ.ศ.2551 ซึ่งใช้ข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์ได้แก่ จำนวนประชากร ปริมาณการจ่ายน้ำและการประเมินปริมาณความต้องการใช้น้ำในพื้นที่ โดยเริ่มจากการเปรียบเทียบจำนวนประชากรในพื้นที่ของเทศบาลนครนครราชสีมาทั้งหมดโดยครอบคลุมพื้นที่ 37.5 ตารางกิโลเมตร โดยประกอบด้วยจำนวนประชากรในปี พ.ศ.2551 เท่ากับ 167,001 คน (ข้อมูลสรุป ณ เดือนธันวาคม พ.ศ.2551 สำนักทะเบียน เทศบาลนครนครราชสีมา) ในการเปรียบเทียบพบว่าในพื้นที่ที่ได้ทำการเปรียบเทียบโดยการแบ่งพื้นที่ของเทศบาลนครราชสีมาออกเป็นพื้นที่ย่อยๆ ขนาด 0.25 X 0.25 ตารางกิโลเมตร นั้นอาศัยเกณฑ์ความหนาแน่นของกรมโยธาธิการและผังเมืองในการปรับแก้ประกอบกับผังเมืองรวมของจังหวัดนครราชสีมาในปี พ.ศ. 2550 นั้นสามารถแบ่งพื้นที่ย่อยได้ 2 พื้นที่หลักคือ พื้นที่ที่มีความหนาแน่นมากและพื้นที่ที่มีความหนาแน่นปานกลาง โดยขอบเขตเทศบาลนครราชสีมาขึ้นอยู่กับผังเมืองรวมประเภทสีแดงและสีส้มนั่นเอง จึงได้ทำการแบ่งพื้นที่ 2 พื้นที่หลักออกเป็นพื้นที่ย่อยๆ อีก 3 ประเภทคือ พื้นที่ความหนาแน่นสูง พื้นที่ความหนาแน่นปานกลาง และพื้นที่ความหนาแน่นต่ำดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การแบ่งความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่

พื้นที่หลัก	พื้นที่ย่อย	ความหนาแน่น เปรียบเทียบ (คน/ตาราง กิโลเมตร)	เกณฑ์และมาตรฐานผัง เมืองรวม พ.ศ. 2549 (คน/ตารางกิโลเมตร)
พื้นที่ความหนาแน่นมาก	ความหนาแน่นสูง	9,350	25,000 – 37,500
	ความหนาแน่นปานกลาง	7,500	
	ความหนาแน่นต่ำ	6,250	
พื้นที่ความหนาแน่นปานกลาง	ความหนาแน่นสูง	3,125	10,000 -25,000
	ความหนาแน่นปานกลาง	1,875	
	ความหนาแน่นต่ำ	625	

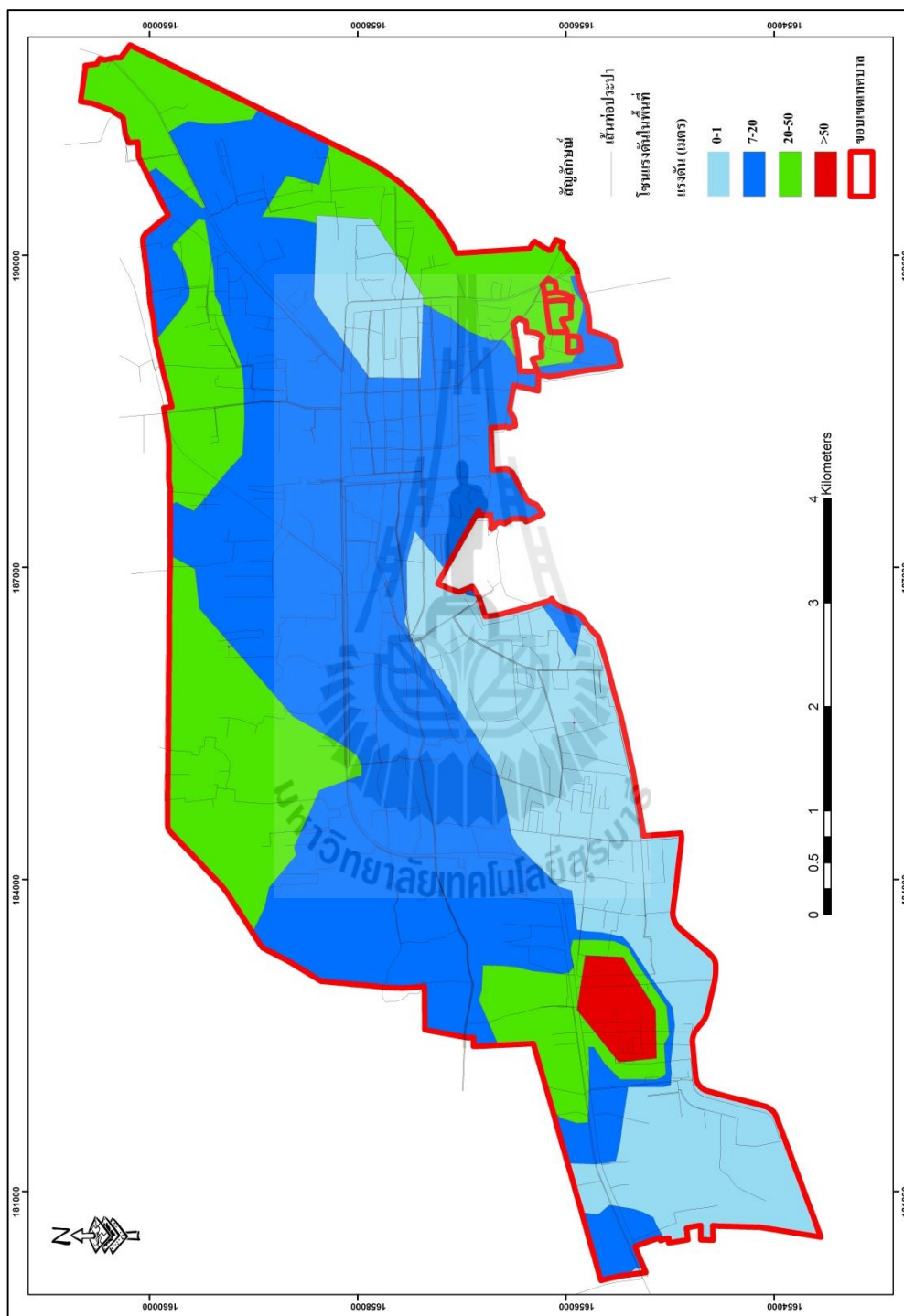
เมื่อทำการเปรียบเทียบพบว่ามีจำนวนประชากรในพื้นที่เดียวกันนี้เท่ากับ 172,304 คน เมื่อเทียบกับประชากรที่ทำการเปรียบเทียบในพื้นที่นั้นมีจำนวนประชากรที่มากกว่าประชากรจริงอยู่ที่ 3.18 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของการใช้น้ำจริงในพื้นที่พบว่าค่าเฉลี่ยการใช้น้ำรายเดือนที่ให้บริการในพื้นที่อยู่ที่ 52,153 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน และปริมาณการใช้น้ำที่ได้จากคาดการณ์นั้นอยู่ที่ 51,700 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน โดยปริมาณการใช้น้ำในพื้นที่จากการแบ่งพื้นที่ย่อยนั้นมีปริมาณน้อยกว่าปริมาณน้ำที่จ่ายจริงในปี พ.ศ. 2551 อยู่ที่ 0.88 เปอร์เซ็นต์ โดยการคำนวณปริมาณน้ำใช้ใน

พื้นที่นั้นคิดปริมาณน้ำสูญเสียอยู่ที่ 40 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำการนำเข้าข้อมูลที่ได้เตรียมไว้ได้ผลสรุปดังต่อไปนี้

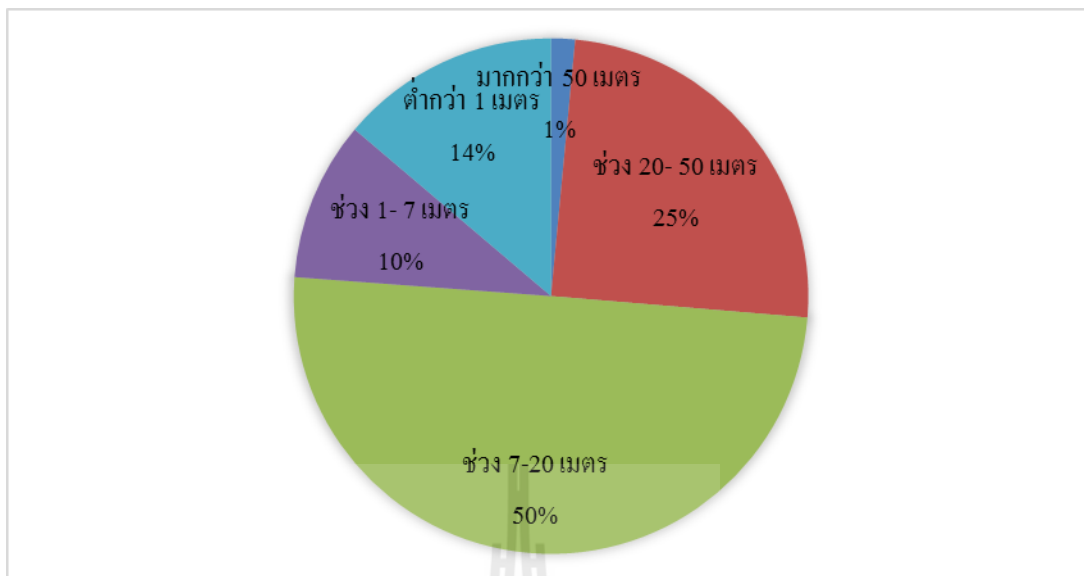
- ผลการศึกษาจากแบบจำลอง EPANET 2.0 ในปี พ.ศ. 2551

ผลการศึกษาพบว่าบริเวณ บริเวณโรงสูบน้ำจ่ายน้ำประปา อัญญา และโรงกรองน้ำมะขามเต่า มีแรงดันน้ำอยู่ในช่วงที่กำหนดโดยมีแรงดันเฉลี่ย เท่ากับ 18.5 เมตร ซึ่งสรุปได้ว่าการออกแบบระบบท่อจ่ายน้ำประปา โดยใช้แบบจำลอง EPANET 2.0 โดยใช้ปริมาณความต้องการน้ำในปี พ.ศ. 2551 ที่มีปริมาณความต้องการน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 300 ลิตรต่อคนต่อวัน เมื่อนำมาจำลอง พบว่าส่วนใหญ่ผ่านข้อกำหนดตามแนวทางการออกแบบของประปาสามปทาน ซึ่งกำหนดแรงดันน้ำในเส้นท่อต้องไม่น้อยกว่า 7 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.14 โดยกำหนดอัตราการสูบน้ำรวมอยู่ที่ 107,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวันจากปริมาณที่ใช้จากการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการน้ำมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณน้ำที่จ่ายจริงในปี พ.ศ.2551

พื้นที่ส่วนใหญ่ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์มีแรงดันอยู่ในช่วงที่มีความเหมาะสม ไม่ต่ำกว่า 7 เมตรตามข้อกำหนดของประปาสามปทานดังแสดงในรูปที่ 4.15 โดยยังพื้นที่ที่แรงดันต่ำกว่าเกณฑ์ประมาณ 24 เปอร์เซ็นต์ แต่ในบางพื้นที่ที่มีแรงดันอยู่ในเกณฑ์ที่สูงกว่าปกติประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ บริเวณชุมชนสามแยกปึกช่วงถนนเลี้ยวเมือง และถนนหมายเลข 304 ซึ่งสรุปได้ว่าการออกแบบระบบท่อจ่ายน้ำประปา โดยใช้แบบจำลอง EPANET 2.0 โดยใช้ปริมาณความต้องการน้ำในปี พ.ศ. 2551 มีปริมาณความต้องการน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 300 ลิตรต่อคนต่อวัน เมื่อนำมาจำลอง พบว่าส่วนใหญ่ผ่านข้อกำหนดตามแนวทางการออกแบบของประปาสามปทาน แต่ในหลายพื้นที่นั้นยังไม่เพียงพอตามข้อกำหนด ซึ่งยังคงต้องการสถานีเพิ่มแรงดันในพื้นที่ด้านซ้ายบริเวณ ห้าแยกรถไฟเรื่อยไปจนถึงบริเวณสามแยกปึกตรงชัยตามถนนหมายเลข 304 มีจำนวนโนดทั้งสิ้น 235 โหนดดังแสดงในรูปที่ 4.16 ส่วนความเร็วและแรงดันในเส้นท่อจ่ายน้ำประปาเชิงพื้นที่ดังรูปที่ 4.18 โดยผลจากแบบจำลองทั้งหมดจำนวน 1,401 เส้นท่อนั้น พบว่าส่วนใหญ่ประมาณ 93 % มีความเร็วของน้ำในเส้นท่ออยู่ที่ 0.1 – 0.3 เมตรต่อวินาทีซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่าปกติ ส่วนที่เหลือคือช่วงระหว่าง 0.3 – 3.0 เมตรต่อวินาทีนั้นถือว่าอยู่ในช่วงปกติทั่วไปดังแสดงในรูปที่ 4.19 สำหรับแรงดันที่อยู่ในเกณฑ์ที่สูงกว่าปกตินั้นควรมีการปรับเปลี่ยนขนาดท่อให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อลดแรงดันสูญเสียในระบบท่อจ่ายน้ำบริเวณหน้าสถานีสูบน้ำจ่ายน้ำประปาอัญญา ดังแสดงในตารางที่ 4.7 โดยการเปลี่ยนขนาดท่อจากเดิมที่มีขนาด 100 มิลลิเมตรเป็นขนาด 150 มิลลิเมตรทำให้แรงดันสูญเสียลดลงจาก 17.63 เมตรต่อกิโลเมตรเป็น 3.62 เมตรต่อกิโลเมตร



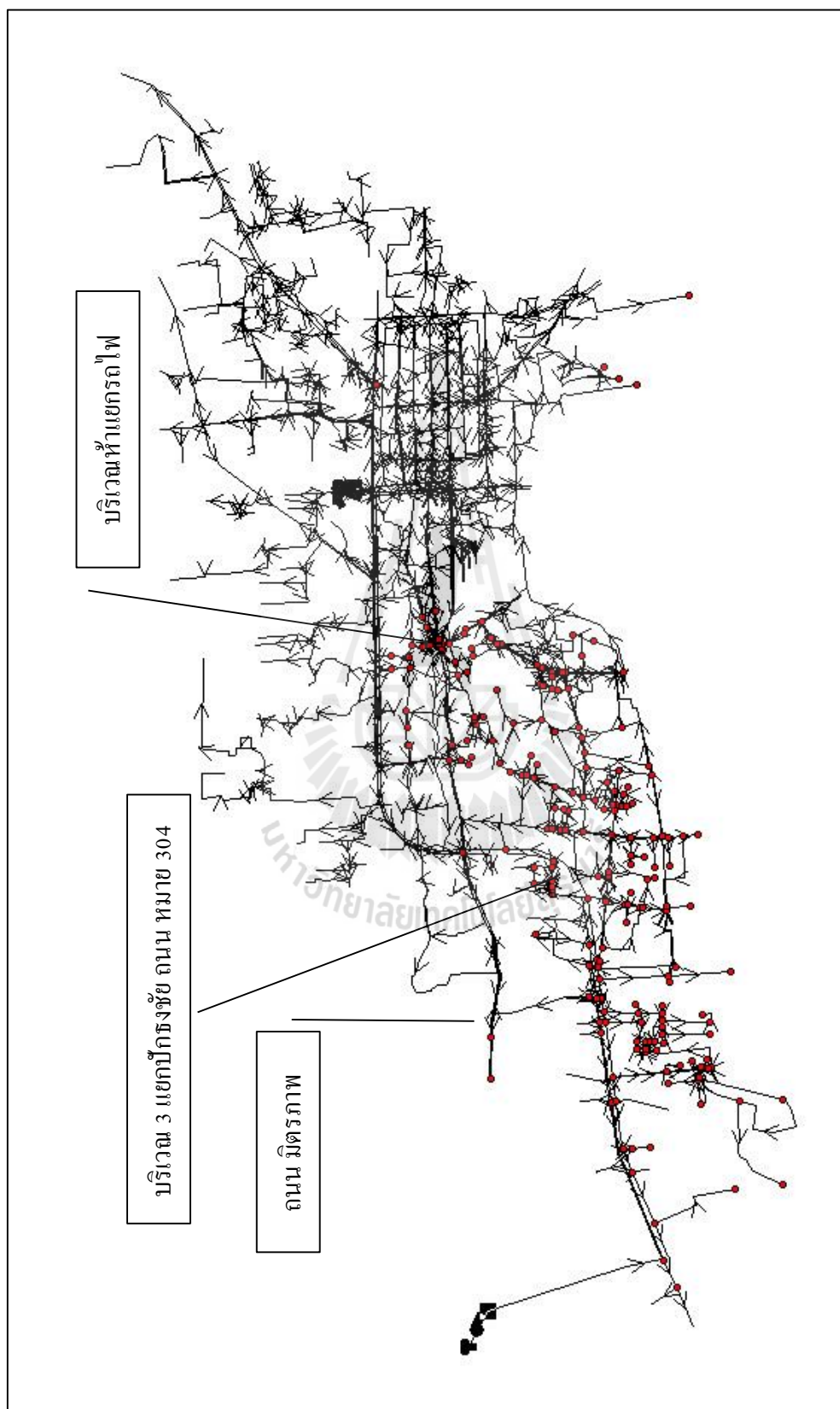
รูปที่ 4.14 ผลการประเมินเส้นแรงสั่นไหวในพื้นที่เทศบาลนครราชสีห์จากแบบจำลองปี พ.ศ.2551



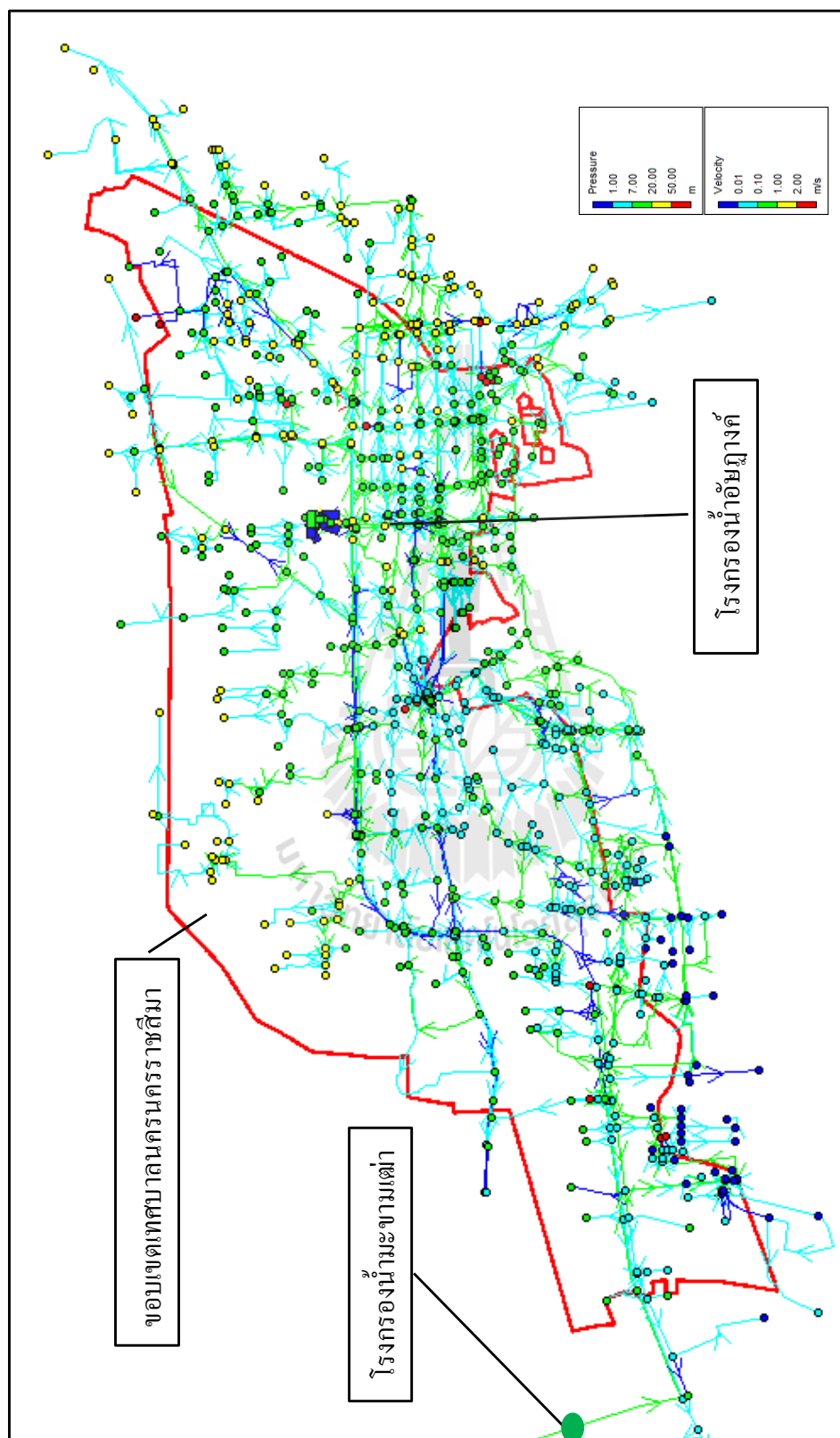
รูปที่ 4.15 ผลแรงดันจากแบบจำลอง EPANET 2.0 ในพื้นที่ศึกษาปี พ.ศ.2551

ตารางที่ 4.7 ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงระบบท่อ

ขนาดท่อ	ความยาว	ขนาดท่อ	แรงดันสูญเสีย	ขนาดท่อ	แรงดันสูญเสีย
	(เมตร)	(มิลลิเมตร)	(เมตร/ กิโลเมตร)	(ปรับเปลี่ยน) (มิลลิเมตร)	(เมตร/กิโลเมตร)
Pipe 402	3.1	100	17.63	150	3.62
Pipe 432	175	100	12.03	150	1.67
Pipe 433	54	100	12.03	150	1.67



รูปที่ 4.16 บริเวณที่แรงดันต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของประปาส่วน



รูปที่ 4.17 ความเร็วและแรงดันในเส้นท่อจ่ายน้ำประปาเชิงพื้นที่



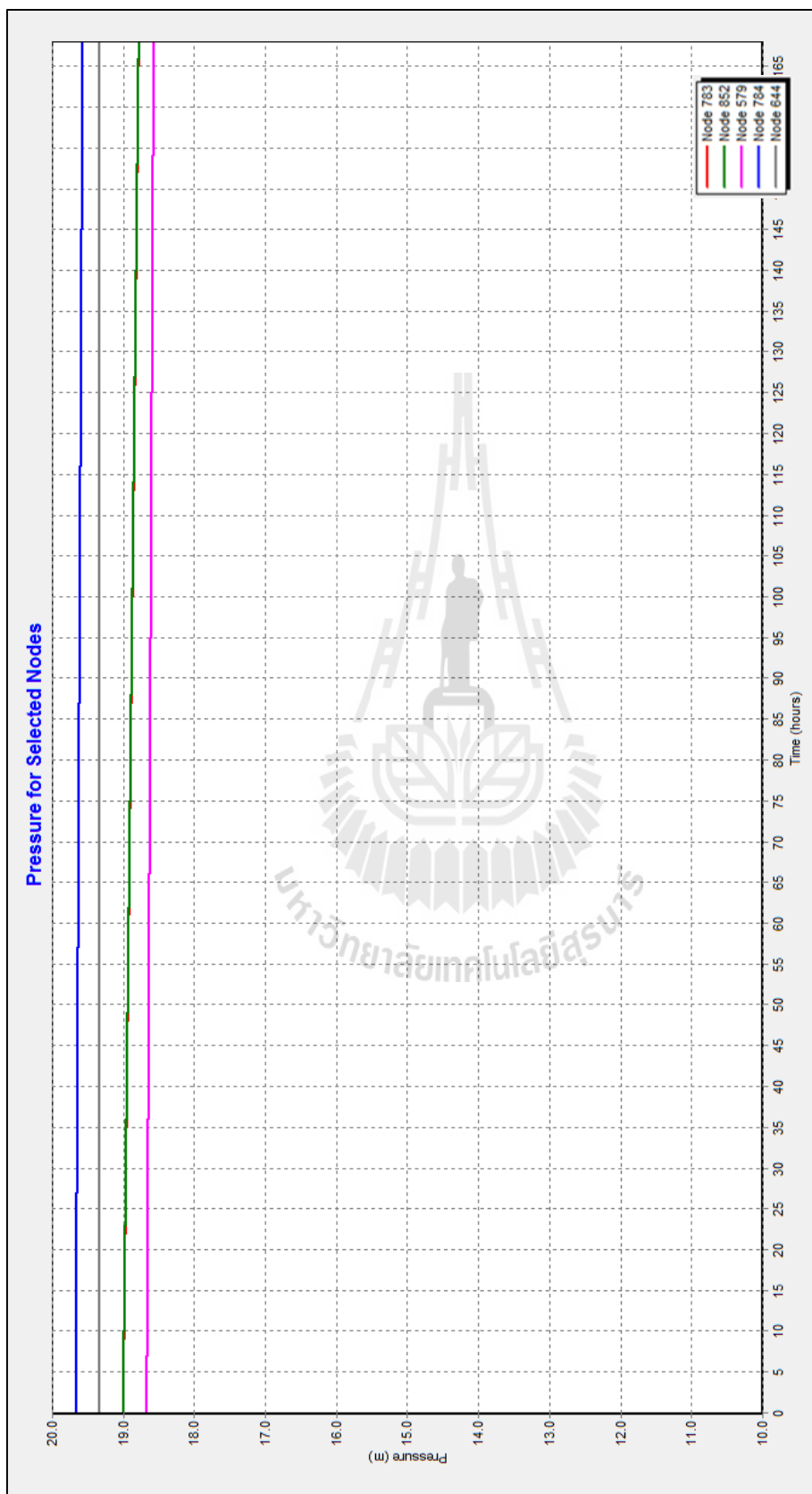
รูปที่ 4.18 ผลความเร็วของน้ำในช่วงต่างๆในเส้นท่อจ่ายน้ำจากแบบจำลอง

4.2.4 ผลการประเมินขีดความสามารถของระบบท่อจ่ายน้ำปีอนาคต

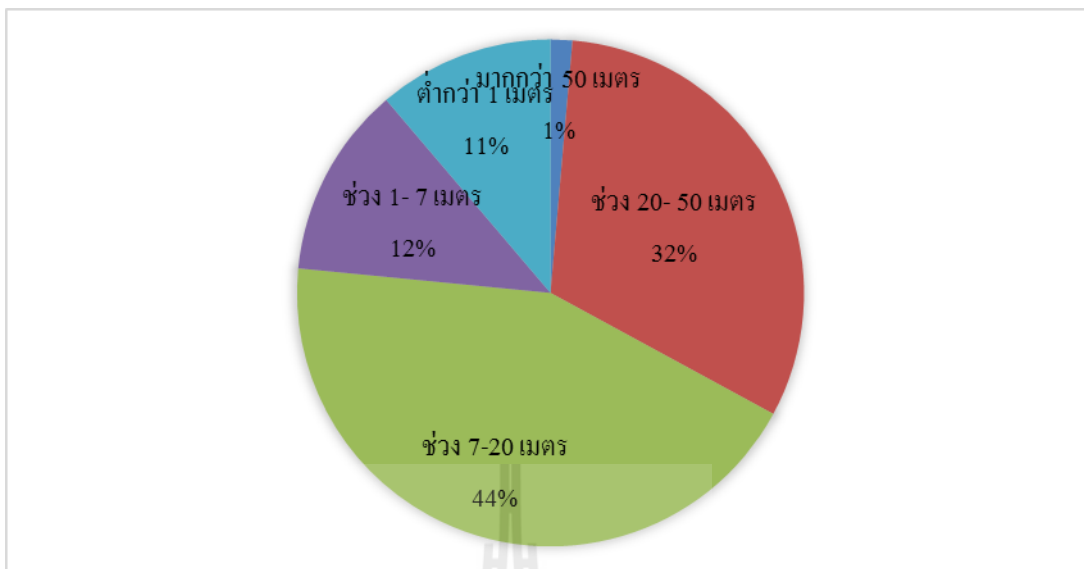
หลังจากที่ได้ทำการเปรียบเทียบแบบจำลองและทำการนำเข้าข้อมูลแบบจำลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบโครงข่ายท่อประปาในปี พ.ศ.2551 แล้วจึงได้ทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบท่อจ่ายน้ำในอนาคตในปี พ.ศ. 2555 พ.ศ. 2560 พ.ศ. 2565 และปีพ.ศ. 2570 ซึ่งได้ผลจากแบบจำลองดังต่อไปนี้

- ผลการศึกษาจากแบบจำลอง EPANET 2.0 ในปี พ.ศ. 2555

ผลการศึกษาพบว่าบริเวณ บริเวณโรงสูบน้ำจ่ายน้ำประปาอัยยวงค์ และโรงกรองน้ำมะขามเต่า มีแรงดันน้ำอยู่ในช่วงที่กำหนดโดยมีแรงดันเฉลี่ย เท่ากับ 19.1 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.20 ซึ่งสรุปได้ว่าการออกแบบระบบท่อจ่ายน้ำประปา โดยแรงดันในพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 7-20 เมตรอยู่ที่ 44 เปอร์เซ็นต์ดังแสดงในรูปที่ 4.21 โดยใช้แบบจำลอง EPANET 2.0 โดยใช้ปริมาณความต้องการน้ำในปี พ.ศ. 2555 ที่มีปริมาณความต้องการน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 300 ลิตรต่อคนต่อวัน และมีอัตราการสูบน้ำรวมในแบบจำลองอยู่ที่ 87,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน จะเห็นได้ว่ามีปริมาณความต้องการน้ำที่ลดลงจากปีพ.ศ. 2555 เนื่องจากประชากรในปีพ.ศ. 2555 นั้นมีจำนวนประชากรที่ลดลงจากปี พ.ศ. 2551 เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาจำลอง พบว่าส่วนใหญ่ผ่านข้อกำหนดตามแนวทางการออกแบบของประปาสมุทรปราการโดยมีลักษณะเส้นชั้นแรงดันดังรูปที่ 4.22 โดยมีค่าแรงดันใกล้เคียงกันในปี พ.ศ.2551 แต่มีแนวโน้มแรงดันช่วง 7-20 เมตรนั้นลดลงจากปี พ.ศ.2551 อันเนื่องมาจากอัตราไหลลดลงจากช่วงระยะเวลาดังกล่าว



รูปที่ 4.19 แสดงแรงดัน ณ จุดจ่ายน้ำต่างๆจากแบบจำลองของเทศบาลนครราชสีมาในปี พ.ศ.2555

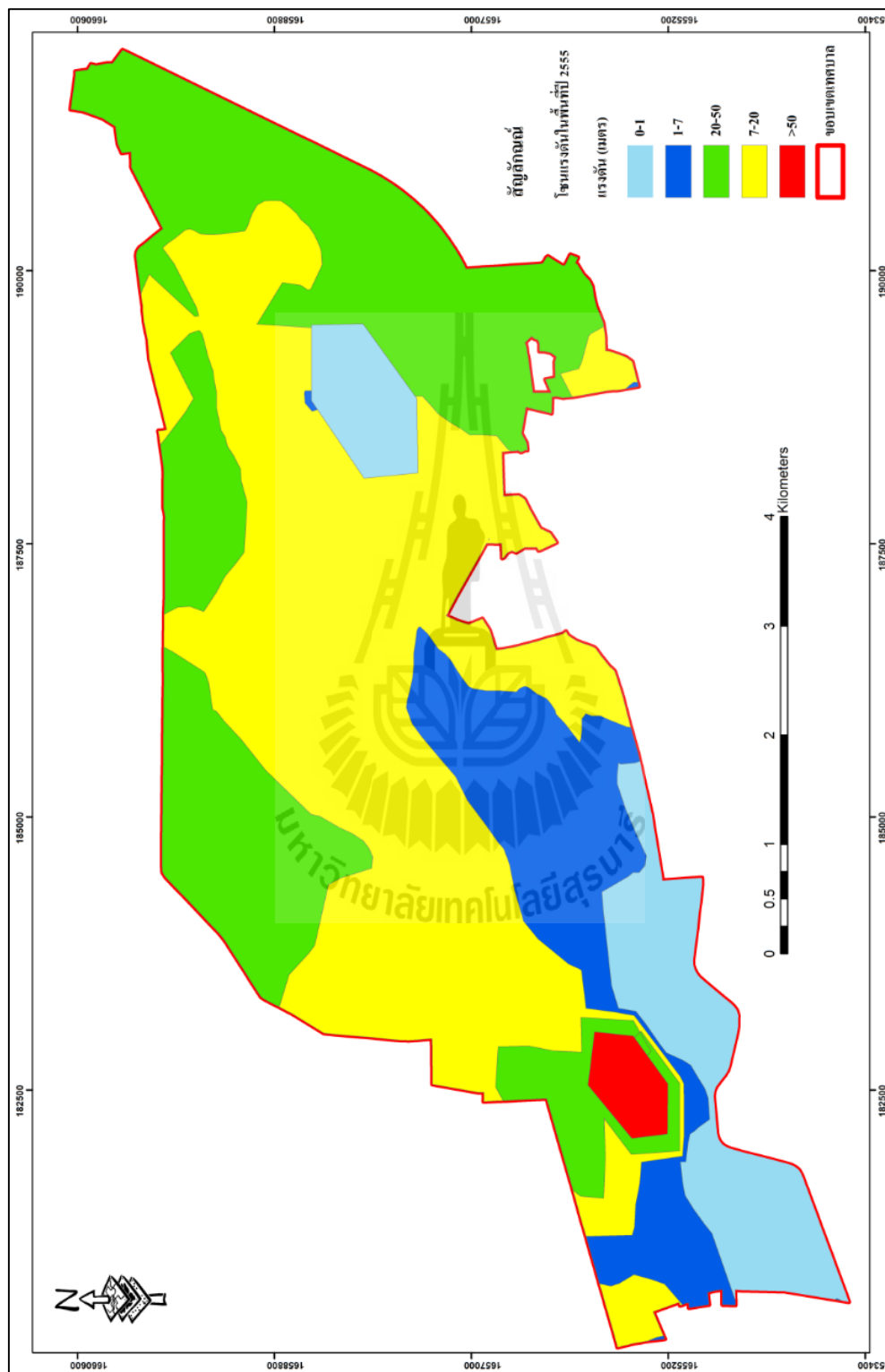


รูปที่ 4.2 ผลแรงดันจากแบบจำลอง EPANET 2.0 ในพื้นที่ศึกษาปี พ.ศ.2555

จากผลของแรงดันที่ได้จากการจำลองสภาพการไหลในปี พ.ศ.2555 นั้นมีช่วงแรงดันที่ต่ำกว่าระดับปกติอยู่ที่ 24 เปอร์เซ็นต์ และพื้นที่ที่คาดว่าจะอยู่ในช่วงแรงดันที่ต่ำกว่าระดับปกตินั้นจะอยู่ทางด้านทิศตะวันออกได้แก่บริเวณถนนจอมพล ถนนยมราช ถนนอภัยวงศ์และถนนมหาไชย ส่วนด้านทิศตะวันตกได้แก่บริเวณถนนศิรินคร ซอยสี่สิริเกือบทั้งพื้นที่ทั้งหมดและหมู่บ้านไชโย 2 และผลความเร็วในเส้นท่อจ่ายน้ำส่วนมากมีความเร็วในเส้นท่อที่ต่ำกว่า 0.3 เมตรต่อวินาทีประมาณ 93.3 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 แสดงความเร็วในเส้นท่อจ่ายน้ำจากแบบจำลองในปี พ.ศ. 2555

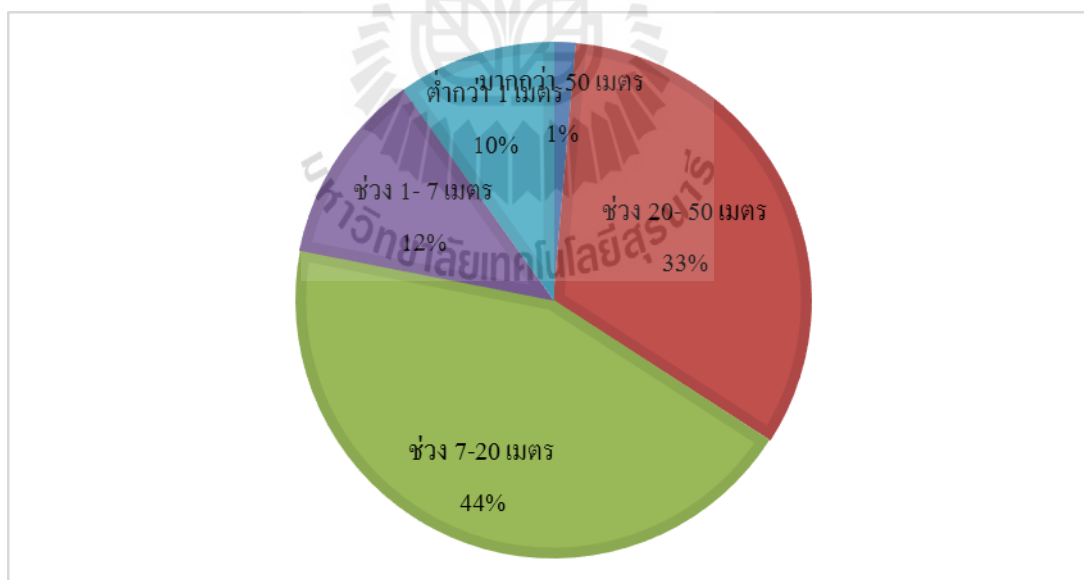
ความเร็วในเส้นท่อ	จำนวน	ร้อยละ
0.1-0.3 เมตร/วินาที	972	93.37
0.3-1 เมตร/วินาที	64	6.15
1-3 เมตร/วินาที	5	0.48



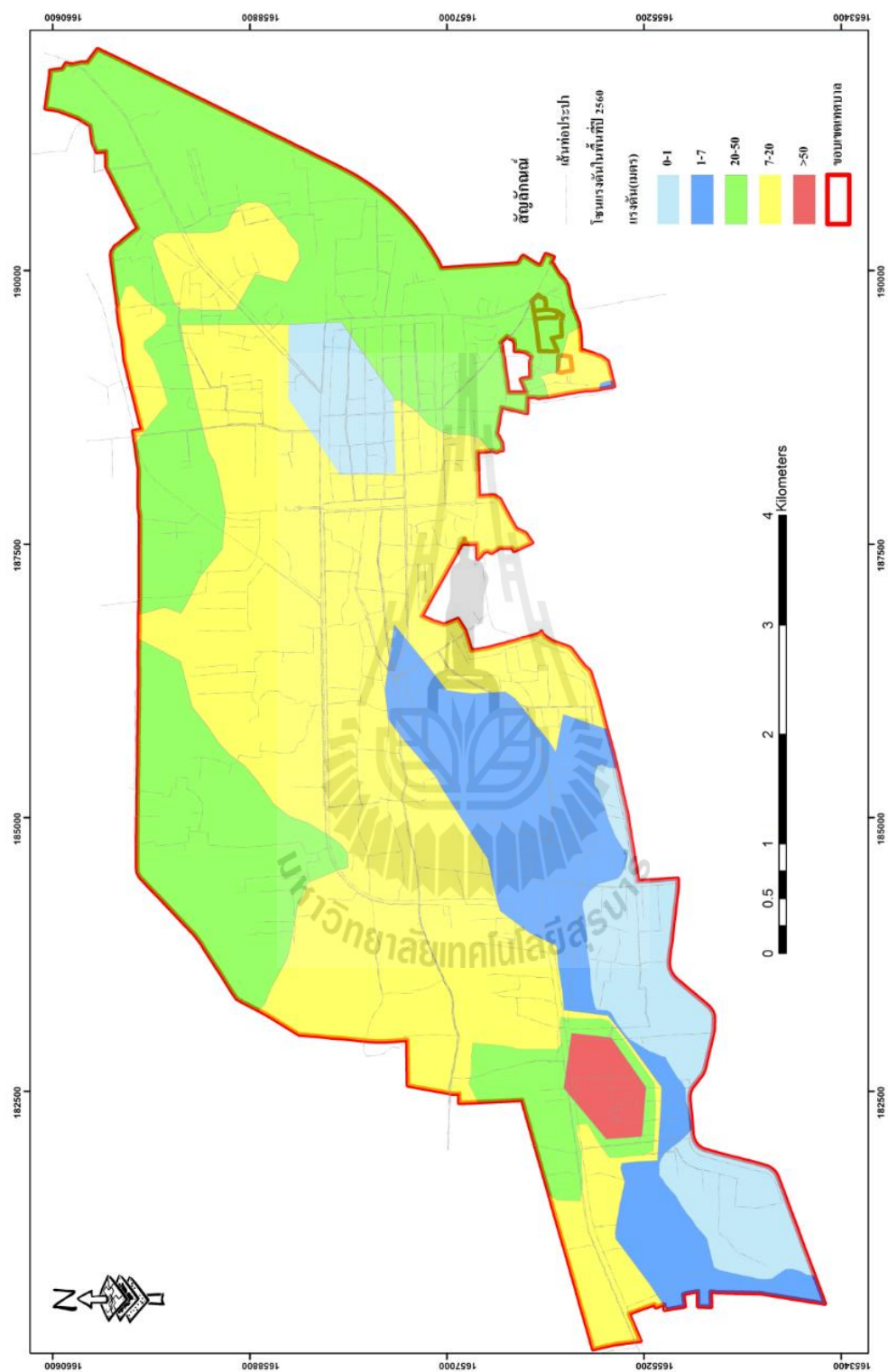
รูปที่ 4.21 ผลการประเมินเส้นชั้นแรงดันในพื้นที่จากแบบจำลองปี พ.ศ. 2555

- ผลการศึกษาจากแบบจำลอง EPANET 2.0 ในปี พ.ศ. 2560

ผลการศึกษาพบว่าบริเวณ บริเวณโรงสูบน้ำจ่ายน้ำประปาอัยยรักษ์และโรงกรองน้ำมะขามเต่า มีแรงดันน้ำอยู่ในช่วงที่กำหนดโดยมีแรงดันเฉลี่ย เท่ากับ 19.3 เมตร ซึ่งสรุปได้ว่าการออกแบบระบบท่อจ่ายน้ำประปา โดยใช้แบบจำลอง EPANET 2.0 โดยใช้ปริมาณความต้องการน้ำในปี พ.ศ. 2560 ที่มีปริมาณความต้องการน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 300 ลิตรต่อคนต่อวัน และมีอัตราการสูบน้ำรวมในแบบจำลองอยู่ที่ 100,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาจำลองพบว่าส่วนใหญ่ผ่านข้อกำหนดตามแนวทางการออกแบบของประปาสัมปทานประมาณ 44 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ดังแสดงในรูปที่ 4.22 นอกจากนี้แรงดันในพื้นที่สามารถแสดงลักษณะแรงดันเชิงโดยมีลักษณะเส้นชั้นแรงดันในรูปที่ 4.23 พบว่าบริเวณทางด้านทิศตะวันตกของพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ซอยสี่บลิรี 29 30 32 34 36 47 และ 49 ซอยปักธงชัย 1/1 และ 1/5 และซอยบุญเรือง 12 และ 14 ส่วนทางด้านทิศตะวันออกได้แก่บริเวณถนนจอมพล ถนนยมราช ถนนอัยยรักษ์และ ถนนมหาดไทย ส่วนแรงดันที่สูงนั้นพบบริเวณสามแยกปักก่อนไปทางทิศตะวันตกเรียบถนนมิตรภาพทางไปตลาดนัดเซฟวัน ซึ่งผลจากการจำลองนี้ช่วงค่าแรงดันที่เหมาะสมคือระหว่าง 7 – 20 เมตรนั้น มีพื้นที่ศึกษามาเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2555 ประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด



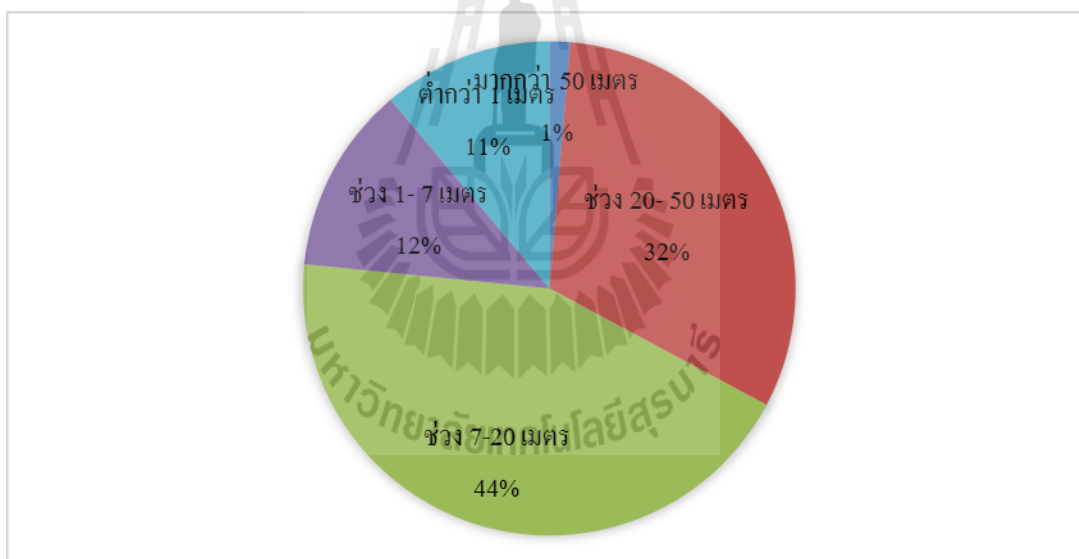
รูปที่ 4.22 ผลแรงดันจากแบบจำลอง EPANET 2.0 ในพื้นที่ศึกษาปี พ.ศ.2560



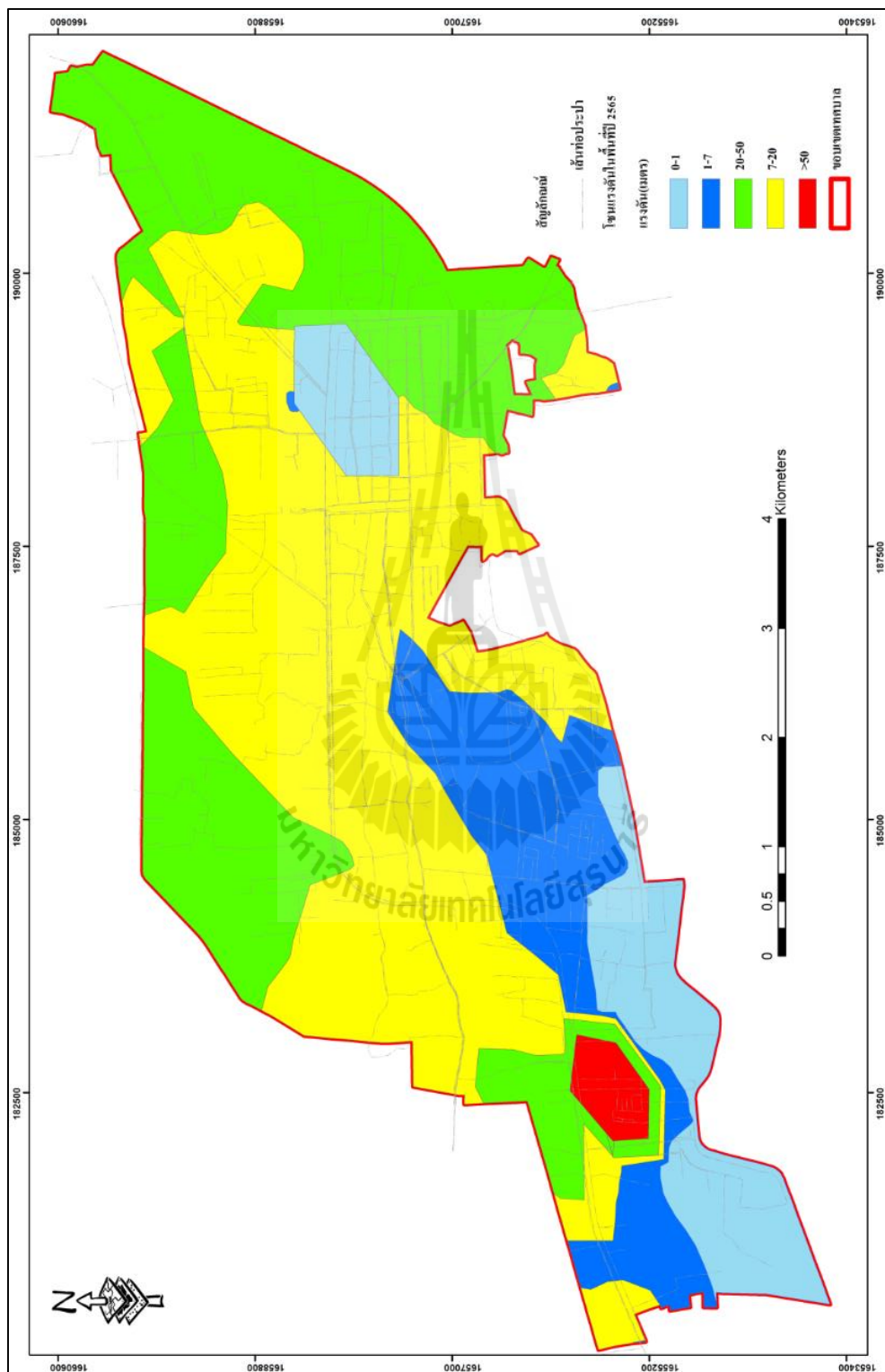
รูปที่ 4.23 ผลการประเมินเส้นแรงดันในเขตเทศบาลนครราชสีรจากแบบจำลองปี พ.ศ.2560

- ผลการศึกษาจากแบบจำลอง EPANET 2.0 ในปี พ.ศ. 2565

ผลการศึกษาพบว่าบริเวณ บริเวณโรงสูบน้ำจ่ายน้ำประปา อัญมณณ์ และโรงกรองน้ำมะขามเต่า มีแรงดันน้ำอยู่ในช่วงที่กำหนดโดยมีแรงดันเฉลี่ย เท่ากับ 19.1 เมตร ซึ่งสรุปได้ว่าการออกแบบระบบท่อจ่ายน้ำประปา โดยใช้แบบจำลอง EPANET 2.0 โดยใช้ปริมาณความต้องการน้ำในปี พ.ศ. 2565 ที่มีปริมาณความต้องการน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 300 ลิตรต่อคนต่อวัน และมีอัตราการสูบน้ำรวมในแบบจำลองอยู่ที่ 101,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาจำลองพบว่าส่วนใหญ่ผ่านข้อกำหนดตามแนวทางการออกแบบของประปาสามปทานโดยมีพื้นที่ประมาณ 74 เปอร์เซ็นต์ โดยพื้นที่ที่มีแรงดันที่สูงกว่าปกติมีพื้นที่ลดลงจากปี พ.ศ. 2560 ลดลง 0.3 เปอร์เซ็นต์ และพื้นที่แรงดันที่อยู่ในช่วงดี (7-20 เมตร) มีพื้นที่ลดลง แต่ในส่วนของพื้นที่แรงดันที่อยู่ในเกณฑ์พอใช้เพิ่มขึ้นที่ 0.17 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 4.24 และมีลักษณะเส้นชั้นแรงดันใกล้เคียงกันในปี พ.ศ. 2560 ดังแสดงในรูปที่ 4.25



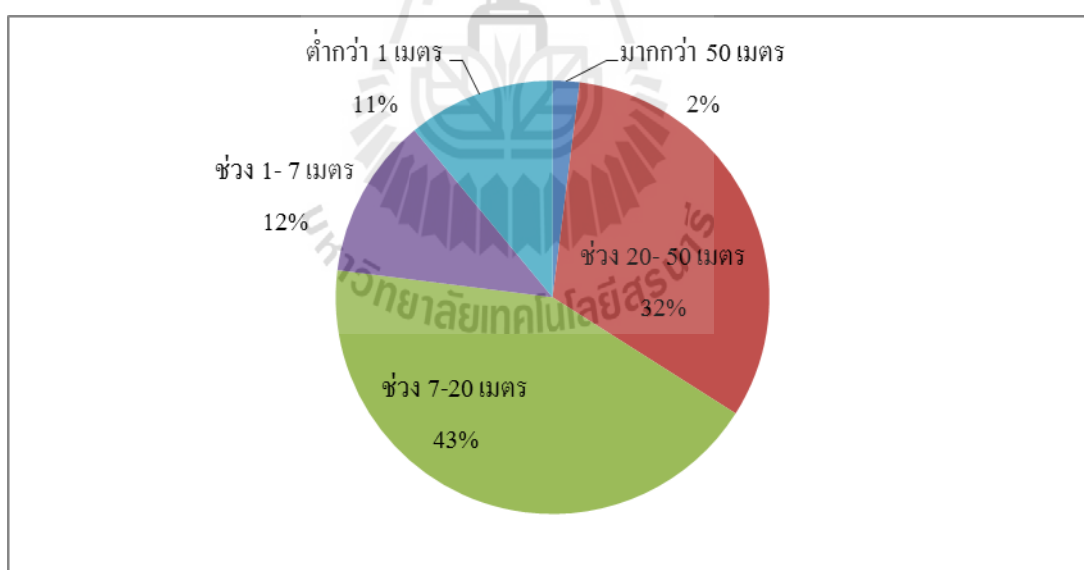
รูปที่ 4.24 ผลแรงดันจากแบบจำลอง EPANET 2.0 ในพื้นที่ศึกษาปี พ.ศ.2565



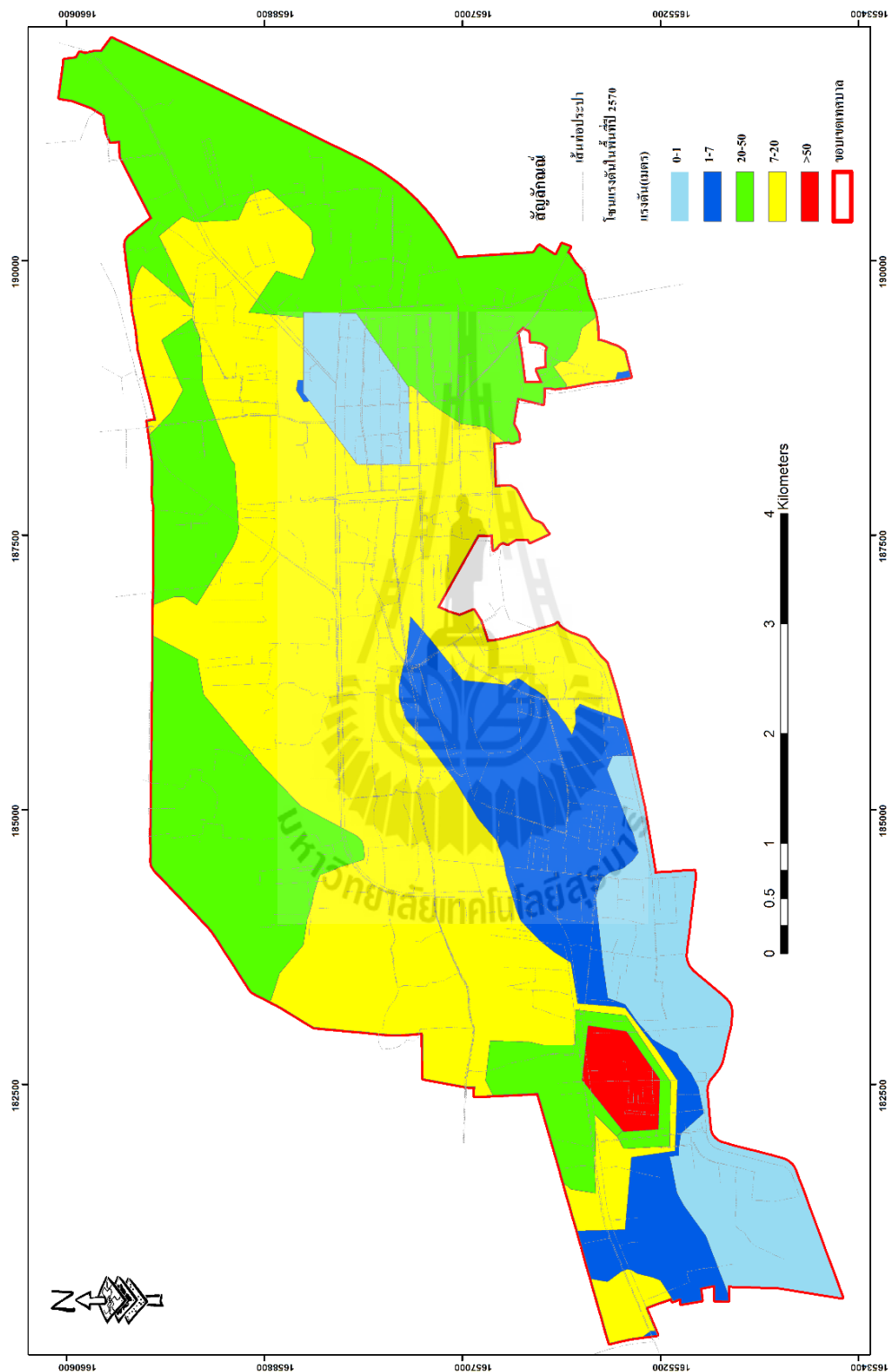
รูปที่ 4.25 ผลการประเมินเส้นฐานเริ่มต้นในเขตเทศบาลนครราชสีรจากแบบจำลองปี พ.ศ.2565

- ผลการศึกษาจากแบบจำลอง EPANET 2.0 ในปี พ.ศ. 2570

ผลการศึกษาพบว่าบริเวณ บริเวณโรงสูบน้ำจ่ายน้ำประปา อัยยู่ และโรงกรองน้ำมะขามเฒ่า มีแรงดันน้ำอยู่ในช่วงที่กำหนดโดยมีแรงดันเฉลี่ย เท่ากับ 19.15 เมตร โดยผลแรงดันที่ได้จากแบบจำลองนี้มีค่าไม่แตกต่างกันมากเมื่อเทียบกับปี พ.ศ.2565 ดังแสดงในรูปที่ 4.26 ซึ่งสรุปได้ว่าการออกแบบระบบท่อจ่ายน้ำประปา โดยใช้แบบจำลอง EPANET 2.0 โดยใช้ปริมาณความต้องการน้ำในปี พ.ศ. 2570 ที่มีปริมาณความต้องการน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 300 ลิตรต่อคนต่อวัน และมีอัตราการสูบน้ำรวมในแบบจำลองอยู่ที่ 102,100 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาจำลอง พบว่าส่วนใหญ่ผ่านข้อกำหนดตามแนวทางการออกแบบของประปาส่วนภูมิภาค โดยมีพื้นที่ประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ โดยพื้นที่ที่มีแรงดันที่สูงกว่าปกตินี้มีพื้นที่ลดลงจากปี พ.ศ. 2565 ลดลง 1 เปอร์เซ็นต์ และพื้นที่แรงดันที่อยู่ในช่วงดี (7-20 เมตร) มีพื้นที่ลดลง แต่ในส่วนของพื้นที่แรงดันที่อยู่ในเกณฑ์พอใช้นั้นไม่เปลี่ยนแปลงมาก โดยมีลักษณะเส้นชั้นแรงดันใกล้เคียงกันในปี พ.ศ.2570 ดังแสดงในรูปที่ 4.27



รูปที่ 4.26 ผลแรงดันจากแบบจำลอง EPANET 2.0 ในพื้นที่ศึกษาปี พ.ศ.2570



รูปที่ 4.27 ผลการประเมินเส้นชั้นแรงดันในเขตเทศบาลนครราชสีาจากแบบจำลองปี พ.ศ.2570

4.2.5 สรุปผลการประเมินขีดความสามารถของระบบท่อจ่ายน้ำ

ผลจากการจำลองสภาพโครงข่ายท่อส่งน้ำประปาในเขตเทศบาลนคร นครราชสีมา โดยใช้แบบจำลอง EPANET 2.0 ประกอบด้วยจุดจ่ายน้ำ(Node) ทั้งหมด 887 โหนด และจำนวนท่อทั้งหมด 1,201 ท่อ ตั้งแต่ 100 – 700 มิลลิเมตร และมีขนาดท่อส่งน้ำประปาจากบ้านใหม่หนองบอนขนาด 1,000 มิลลิเมตรมายัง โรงกรองน้ำอัญญาณ์ โดยมีแหล่งจ่ายน้ำหลัก 2 แหล่ง คือโรงกรองน้ำมะขามเฒ่า บ้านใหม่ ตำบลบ้านใหม่ อำเภอเมืองนครราชสีมา และโรงกรองน้ำอัญญาณ์ตั้งอยู่ที่ถนนประปาตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา ในการแบ่งจ่ายพื้นที่บริการของทั้งสองแหล่งนั้น จะแบ่งเป็น 2 โซนคือ โรงกรองน้ำมะขามเฒ่าและโรงกรองน้ำอัญญาณ์มีสัดส่วนการสูญจ่ายของ 2 แหล่งอยู่ที่ 25 : 75 เปอร์เซ็นต์กล่าวคือการจ่ายน้ำหลักนั้น โรงกรองน้ำมะขามเฒ่าเป็นแหล่งจ่ายน้ำหลัก รวมความยาวท่อทั้งหมด ประมาณ 30.7 กิโลเมตร นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการน้ำที่ต้องการสูญจ่ายได้แก่ ปริมาณน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นใช้ค่าดังกล่าวที่ 40 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณความต้องการน้ำดับเพลิงที่ 950 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.9 ซึ่งได้ประเมินตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 ถึงปีพ.ศ. 2570

ตารางที่ 4.9 สรุปปริมาณความต้องการน้ำรวมในอนาคตของเทศบาลนครนครราชสีมา

ปี	ความต้องการน้ำ (ลิตร/คน/วัน)*	การคาดการณ์ จำนวนประชากร (คน)	ความต้องการน้ำ พื้นฐาน (ลิตร/วัน)	ความต้องการน้ำ พื้นฐาน (ลูกบาศก์ เมตร/วัน)	ปริมาณ น้ำ สูญเสีย (40%)**	ปริมาณ ความต้องการน้ำ รวมน้ำ สูญเสีย (ลูกบาศก์ เมตร/วัน)	ความ ต้องการน้ำ สูงสุด (ลูกบาศก์ เมตร/วัน)***	ปริมาณ ความต้องการน้ำ รวม (ลูกบาศก์ เมตร/วัน)****
2560	300	176,030	52,808,850	52,809	21,124	73,932	110,899	111,849
2565	300	177,857	53,357,100	53,357	21,343	74,700	112,050	113,000
2570	300	179,685	53,905,350	53,905	21,562	75,467	113,201	114,151

หมายเหตุ : * ปริมาณความต้องการน้ำ 300 ลิตร/คน/วัน ที่ประชากรมากกว่า 50,000 คนขึ้นไป กรมทรัพยากรน้ำ พ.ศ.2549

** ปริมาณน้ำสูญเสียของระบบที่ 40 %

*** ปริมาณความต้องการน้ำสูงสุดต่อวันเท่ากับ 1.5 เท่าของปริมาณความต้องการใช้น้ำเฉลี่ยต่อวันตามข้อกำหนดประปาสัมพันธ์

**** ปริมาณความต้องการน้ำดับเพลิง ได้ไม่น้อยกว่า 950 ลบ.ม./วัน ตามข้อกำหนดประปาสัมพันธ์

สำหรับแรงดันในพื้นที่ที่สามารถสรุปได้ดังรูปที่ 4.28 โดยจะเห็นได้ว่าเมื่อเทียบกับพื้นที่แรงดันในช่วง 7- 20 เมตรนั้นเป็นเกณฑ์ที่ถือว่าอยู่ในช่วงที่ดีมีพื้นที่ลดลงแต่พื้นที่ของแรงดันที่มีแรงดันอยู่ในช่วง มากกว่า 20 เมตรขึ้นไปเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณความต้องการน้ำที่เพิ่มขึ้นจึงจำเป็นต้องมีอัตราการจ่ายน้ำที่เพิ่มตามไปด้วย โดยสรุปด้านเกณฑ์ที่ใช้ในการนำเข้าแบบจำลองในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย

- ด้านแรงดัน

ช่วงของแรงดันอยู่ที่ 1 – 50 เมตร ที่โนดต่างๆ

แรงดัน ณ จุดจ่ายน้ำอยู่ที่ไม่เกิน 20 เมตร

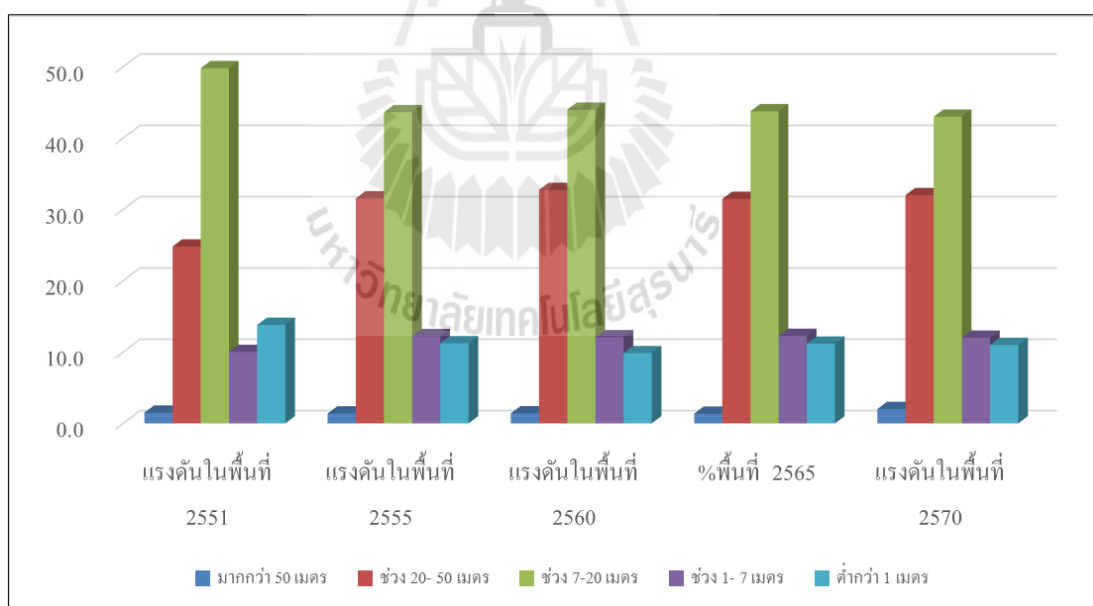
- ด้านแรงดันสูญเสียในเส้นท่อ (เมตร/กิโลเมตร)

ช่วงแรงดันสูญเสียอยู่ที่ 0.5 – 10 เมตร/กิโลเมตร

- ด้านความเร็วในเส้นท่อ

ช่วงของความเร็วในเส้นท่ออยู่ที่ 0.3 – 1.5 เมตร/วินาที

- ค่าซึ่ง C ที่มีค่าตั้งแต่ 100 ถึง 160



รูปที่ 4.28 สรุปผลจากแบบจำลอง EPANET 2.0 ในช่วงเวลา พ.ศ. 2551 – พ.ศ. 2570

โดยเมื่อเทียบกับผลการศึกษานานาชาติที่ใช้เกณฑ์ด้านความเร็ว แรงดันน้ำ และแรงดันสูญเสียในระบบท่อได้แก่

- ความเร็วการไหลของน้ำในท่ออยู่ระหว่าง 0.30 ถึง 1.50 เมตรต่อวินาที การสูญเสียพลังงานการไหลในท่อไม่เกิน 10 เมตร ต่อ กิโลเมตร และ สถานีสูบน้ำที่จุบรวม 76 จ่ายน้ำด้วยแรงดันไม่เกิน 30 เมตร (สุวัฒนา จิตตลดากร และอนุพงษ์ เปรมปรี, 2548)
- การจ่ายน้ำประปาให้ใช้โดยวิธีการแบบอัดแรงดันในเส้นท่อ หรือระบบ หอดึงสูงได้กำหนดแรงดันน้ำในท่อไม่น้อยกว่า 1.5 บาร์ หรือ 15 เมตร แต่ไม่เกิน 6 บาร์ หรือ 60 เมตร (ข้อบังคับคณะกรรมการการนิคม อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2555)
- ท่อจ่ายน้ำต้องมีขนาดความเร็วของน้ำที่ไหลในท่อต้องไม่เกิน 1.5 เมตร ต่อวินาที โดยความดันของน้ำในท่อทุกจุดการใช้ น้ำต้องไม่น้อยกว่า 10 เมตรตามเกณฑ์ของการประปานครหลวง (พระราชบัญญัติการประปานครหลวง, 2510)
- ส่วนการบริหารแรงดันน้ำในต่างประเทศที่มีการรวบรวมข้อมูลไว้เช่น เมืองเมลเบิร์นนั้นจะเน้นการติดตั้งระบบวาล์วลดแรงดันก่อนที่น้ำจะถูกจ่ายแก่ผู้บริโภค การบริหารแรงดันน้ำที่เมืองโตเกียว นั้นจะไม่เน้นการ ติดวาล์วลดแรงดันแต่มุ่งเน้นการตรวจสอบหาตำแหน่งที่ท่อน้ำมีการ ซ้ำรูด เพื่อที่จะเข้าทำการซ่อมแซมได้อย่างรวดเร็ว การบริหารแรงดัน น้ำในกรุงลอนดอนนั้นมีการใช้วาล์วลดแรงดันในบางพื้นที่ แต่ปัญหา หลักของระบบประปาในกรุงลอนดอนคือท่อน้ำมีอายุการใช้งานจึงมี แผนการเปลี่ยนท่อน้ำในกรุงลอนดอนทั้งหมด ตั้งแต่ปีค.ศ. 2010 จนถึง ปีค.ศ. 2015 นอกจากนี้กรุงลอนดอนยังศึกษาการใช้เทคโนโลยีอุโมงค์ น้ำ Ring Main เพื่อทดแทนระบบท่อประปาแบบเดิมเพื่อช่วยระบบ การส่งจ่ายน้ำแก่ผู้บริโภค (ธีระ เกียรติพิริยะกุล และคณะ, 2556)

เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากแบบจำลองนั้นในส่วนของแรงดันของน้ำในระบบท่อจ่ายน้ำในพื้นที่นั้นส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ส่วนในด้านความเร็วนั้นยังถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ต้องปรับปรุง โดยแนวทางในการปรับปรุงนั้นประกอบด้วยการเพิ่มแรงดันในพื้นที่โดยการใช้ สถานีเพิ่มแรงดันตามจุดต่างๆที่มีแรงดันในระบบจ่ายน้ำต่ำเช่น พื้นที่บริเวณห้าแยกรถไฟ บริเวณ สามแยกปทุมธานี เป็นต้นซึ่งมีสาเหตุคือลักษณะของภูมิประเทศของทางด้านทิศใต้และทิศตะวันตก

ของเขตเทศบาลนครนครราชสีมาที่มีความลาดชันหรือมีความสูงต่ำของพื้นที่มากกว่าบริเวณใจกลางเขตเทศบาลนครราชสีมา ประกอบกับระบบท่อส่วนใหญ่มีอายุการใช้งานที่ยาวนานส่งผลต่อแรงดันสูญเสียในเส้นท่อที่มากกว่าปกติ

ส่วนการนำวิธีการประเมินความหนาแน่นของประชากรเชิงพื้นที่โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาช่วยวิเคราะห์เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ประเมินการใช้น้ำในพื้นที่เพื่อกำหนดขนาดกำลังการผลิตและวางแผนของระบบประปาเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของประชาชนในพื้นที่ในอนาคต



บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการประเมินปริมาณความต้องการน้ำและตรวจสอบขีดความสามารถระบบโครงข่ายท่อส่งน้ำประปาของเทศบาลนครนครราชสีมา โดยการนำแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินมาประเมินร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในเขตพื้นที่ 37.5 ตารางกิโลเมตรของเทศบาลนครนครราชสีมา สามารถแบ่งตามประเภทความหนาแน่นของประชากรได้ 2 ประเภท คือบริเวณพื้นที่ที่มีความหนาแน่นสูงและพื้นที่ที่มีความหนาแน่นปานกลาง จากการเปรียบเทียบประชากรในปีพ.ศ. 2551 มีความแน่นของประชากรในช่วงต่ำสุด-สูงสุดอยู่ที่ 1-13 คนต่อไร่ มีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 300 ลิตรต่อคนต่อวัน และปริมาณน้ำสูญเสียในระบบท่อแจกจ่ายน้ำประปามีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ.2538 - พ.ศ.2556 เท่ากับร้อยละ 39.1 ของปริมาณน้ำที่ผลิตและส่งจ่าย

นอกจากนี้ยังได้ทำการประเมินความต้องการน้ำในอนาคต ได้แก่ปีพ.ศ.2560 พ.ศ.2565 และพ.ศ.2570 ด้วยวิธีการประเมินจำนวนประชากรโดยใช้วิธีคณิตศาสตร์ (Arithmetic) เพื่อนำมาวิเคราะห์ตามเกณฑ์การประเมินโดยการประปาส่วนภูมิภาค และนำข้อมูลจำนวนประชากรที่คาดการณ์ไว้มาประเมินปริมาณความต้องการน้ำ จากนั้นเป็นการนำเข้าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อตรวจสอบขีดความสามารถของระบบโครงข่ายท่อ รวมทั้งผลการนำเข้าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรม EPANET 2.0 ในการศึกษาใช้สมการของ Hazen-Williams เพื่อทำการวิเคราะห์ระบบท่อ ทั้งนี้สามารถสรุปผลการศึกษาที่สำคัญตามวัตถุประสงค์และขั้นตอนการศึกษาได้ดังนี้

- 1) การจำแนกประเภทความหนาแน่นในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาครอบคลุมพื้นที่ 37.5 ตารางกิโลเมตร ได้จำแนกปริมาณความหนาแน่นของประชากรต่อพื้นที่โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาทำการประเมินความหนาแน่นเชิงพื้นที่ โดยทำการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 พื้นที่หลัก คือบริเวณพื้นที่ที่มีประชากรอาศัยหนาแน่นสูงและบริเวณพื้นที่ที่มีประชากรอาศัยหนาแน่นปานกลาง ทั้งนี้ในแต่ละพื้นที่หลักจะแบ่งความหนาแน่นย่อย ๆ ได้อีก 3 ชั้น คือ ชั้นที่มีความหนาแน่นสูง ชั้นที่มีความหนาแน่นปานกลาง และชั้นที่มีความหนาแน่นต่ำ นอกจากนี้ยังได้นำภาพถ่ายทางอากาศมาเข้าร่วมประเมินความหนาแน่นของประชากรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา โดยอาศัยเกณฑ์ความหนาแน่นของกรมโยธาธิการและผังเมืองปีพ.ศ.2549 เกณฑ์และมาตรฐานผังเมืองรวมพ.ศ. 2549 ของสำนักพัฒนามาตรฐานได้กำหนดมาตรฐานการใช้ประโยชน์ที่ดินในการเปรียบเทียบจำนวน

ประชากรในพื้นที่ศึกษานั้น ณ ปีที่ทำการศึกษาเทศบาลนครนครราชสีมาพ.ศ.2551 พบว่าความหนาแน่นของประชากรที่ความหนาแน่นสูงสุดอยู่ที่ 13 คนต่อไร่ 9 คนต่อไร่ และ 7 คนต่อไร่ ในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นสูง (ย่านชุมชนเมือง) ส่วนบริเวณที่มีความหนาแน่นปานกลางที่ความหนาแน่นสูงสุดอยู่ที่ 6 คนต่อไร่ 2 คนต่อไร่ และ 1 คนต่อไร่ ในพื้นที่ย่านชานเมือง เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์และมาตรฐานผังเมืองรวมพ.ศ.2549 โดยสำนักพัฒนามาตรฐานถือว่ายังอยู่ในเกณฑ์ดังกล่าว

2) การประเมินความความต้องการน้ำในอนาคตนั้นอาศัยการพยากรณ์จำนวนประชากรผู้ใช้น้ำเป็นคาดการณ์โดยอาศัยข้อมูลสถิติของประชากรผู้ใช้น้ำย้อนหลัง ในการศึกษานี้เลือกวิธีทางคณิตศาสตร์มาวิเคราะห์ประชากรผู้ใช้น้ำตามหลักเกณฑ์ของการประปาส่วนภูมิภาค กล่าวคือการเปลี่ยนแปลงที่มีปริมาณคงที่ตลอดเวลา และการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเส้นตรงโดยใช้ อัตราการเพิ่มของประชากรที่ร้อยละ 0.28 ต่อปี จากการรวบรวมข้อมูลของฝ่ายผลิตน้ำประปาของเทศบาลนครนครราชสีมา พบว่าปริมาณความต้องการน้ำในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงนั้น การใช้น้ำในช่วงเช้ามีปริมาณความต้องการน้ำในรอบวันสูงสุด และปริมาณความต้องการน้ำในอนาคตนั้นมีการประเมินไว้ตั้งแต่ปี พ.ศ.2560 พ.ศ.2565 พ.ศ.2570 และพ.ศ.2570 อยู่ที่ 28.96 29.26 29.56 และ 29.86 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีตามลำดับ

3) ปริมาณน้ำสูญเสีย จากข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมระหว่างปีพ.ศ.2538 - พ.ศ.2556 พบว่าตั้งแต่อดีตในช่วงเวลาดังกล่าวจนถึงปัจจุบันมีปริมาณน้ำสูญเสียโดยเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 39.1 ซึ่งถือว่าสูงกว่าเกณฑ์ปกติทั่วไปของปริมาณน้ำสูญเสียเป็นปริมาณมาก โดยสาเหตุส่วนหนึ่งเกิดจากปัญหาในระบบท่อที่เก่าแก่ท่อที่มีการรั่วซึมสูงเมื่อเกิดการแตกจนได้รับความเสียหายทำให้เกิดปริมาณน้ำสูญเสียดังกล่าว

4) การตรวจสอบถึงขีดความสามารถของระบบท่อจ่ายน้ำในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาในการรองรับปริมาณความต้องการน้ำที่เพิ่มขึ้นในอนาคตนั้น ได้ทำการศึกษาโดยการนำเข้าแบบจำลอง EPANET 2.0 เพื่อประเมินขีดความสามารถของระบบท่อจ่ายน้ำในปี พ.ศ. 2560 พ.ศ. 2565 และพ.ศ. 2570 โดยใช้ปีฐาน คือปีพ.ศ.2551 ในการจำลองระบบพบว่าในส่วนของแรงดันในพื้นที่ศึกษาอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (แรงดันไม่ต่ำกว่า 7 เมตรตามมาตรฐานของการประปาส่วนภูมิภาค) ประมาณร้อยละ 75 ของพื้นที่ตามมาตรฐานของประปาส่วนภูมิภาค การประปาส่วนภูมิภาค ท่อส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษานั้นเป็นประเภทท่อซีเมนต์ ในด้านความเร็วของการไหลในระบบท่อนั้นส่วนใหญ่ร้อยละ 90 ถือว่ามีความเร็วค่อนข้างต่ำ (น้อยกว่า 0.3 เมตรต่อวินาที) ทำให้ขีดความสามารถของระบบท่อนั้นต่ำไปด้วยและเป็นผลทำให้เกิดปริมาณน้ำสูญเสียในปริมาณมากตามไปด้วย

5.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย

5.2.1 ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศที่ใช้ในการจำแนกความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่ศึกษาของกรมพัฒนาที่ดิน เป็นข้อมูลในปีพ.ศ. 2545 ซึ่งเป็นข้อมูลในอดีต ขาดความเชื่อถือ ใน การศึกษานี้เพื่อเป็นแนวทางของการประเมินความหนาแน่นของประชากรที่อยู่ในเขตเทศบาล นครนครราชสีมา เพื่อประเมินปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่ จึงได้มีการนำเอาข้อมูลภาพ ถ่ายทางอากาศของ Google Earth ในปีพ.ศ. 2555 (ข้อมูลล่าสุด) เพื่อนำมาปรับปรุงข้อมูล ดังกล่าวให้ทันสมัยมากที่สุด ทั้งนี้ได้นำเอาผังเมืองรวมของจังหวัดนครราชสีมามาช่วยใน การตัดสินใจร่วมกับการประเมินความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่เทศบาลนคร นครราชสีมาด้วย

5.2.2 แบบจำลอง EPANET 2.0 เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับกันทั่ว โลก คือสามารถจำลองสภาพการไหลที่มีจำนวนโหนดมากและซับซ้อนได้ดี และที่สำคัญเป็น โปรแกรมที่ไม่มีค่าลิขสิทธิ์ในการใช้งาน แต่เนื่องจากระบบสารสนเทศปัจจุบันนั้นมีความทันสมัย และมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดข้อจำกัดในหลายส่วนเมื่อนำไปใช้งานร่วมกับโปรแกรม ประยุกต์สารสนเทศในด้านอื่น ๆ ยกตัวอย่าง เช่น ในการนำเข้าระบบ GIS จำเป็นที่จะต้องมีการปรับ การใช้งานในลักษณะของ shape file เพื่อสะดวกในการใช้งานแต่ปัจจุบัน EPANET 2.0 นั้นยังไม่มี การส่งออกในรูปแบบดังกล่าว ถ้าหากในอนาคตมีผู้พัฒนาข้อจำกัดดังกล่าวได้ก็สามารถลด ระยะเวลาในการทำงานลงมาก

5.2.3 ข้อมูลระบบจ่ายน้ำในปัจจุบันเป็นระบบท่อที่เก่าและมีอายุการใช้งานที่มาก ในการ ปรับปรุงหรือวางแผนเพื่อปรับเปลี่ยนระบบท่อดังกล่าวนั้นค่อนข้างใช้เวลาและกระทบต่อ การจราจรของประชาชนในพื้นที่ จึงจำเป็นต้องมีการวางแผนที่ดีในการปรับเปลี่ยนระบบท่อที่มี อายุการใช้งานมากดังกล่าว

5.2.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้วัดอัตราการไหลมีส่วนสำคัญในการช่วยตรวจสอบ ข้อผิดพลาดของแบบจำลอง โดยในการศึกษานี้มีข้อจำกัดด้านอุปกรณ์ คือ ช่วงของความกว้างใน การวัดนั้นมีขนาดเล็กกว่าขนาดท่อจริงจึงไม่สามารถทำการวัดอัตราการไหลจริงในพื้นที่ได้ จึงได้ แก้ไขด้วยการปรับเทียบในส่วนองแรงดัน ณ จุดจ่ายน้ำของเทศบาลนครนครราชสีมา

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์สำหรับเทศบาลนครนครราชสีมา

เทศบาลนครนครราชสีมาสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปใช้ในการจัดการวางแผนเพื่อปรับปรุงระบบท่อที่มีอายุการใช้งานมาก ในส่วนของ GIS ได้ทำการแก้ไขโครงข่ายระบบท่อจ่ายน้ำที่ยังไม่เชื่อมต่อกันทั้งหมด เนื่องจากข้อมูลเดิมมีโครงข่ายที่มีขนาดใหญ่มีพื้นที่ทั้งหมดครอบคลุมทั้งพื้นที่ของเทศบาลนครนครราชสีมาทำให้เกิดความล่าช้าในการเชื่อมต่อระบบท่อใหม่ โดยหลังจากที่ได้มีการปรับปรุงแล้วเสร็จ เทศบาลนครนครราชสีมาสามารถนำไปใช้และปรับเปลี่ยนแก้ไขระบบท่อในอนาคตต่อไป

5.3.2 แบบจำลอง EPANET 2.0

1) แบบจำลอง EPANET 2.0 สามารถทำงานในลักษณะที่มีโครงข่ายของระบบท่อจ่ายน้ำที่ใหญ่ได้ดี แต่ต้องมีการเตรียมข้อมูลนำเข้าที่ค่อนข้างสมบูรณ์ เพื่อให้ลดระยะเวลาในการนำเข้าแบบจำลองควรมีการเตรียมข้อมูลในรูปแบบของ GIS ที่ประกอบด้วยตารางแสดงรายละเอียดของเส้นท่อ เช่น ขนาดท่อ ชนิดของท่อและความยาว เพื่อลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการวิเคราะห์โครงข่าย

2) การนำเข้าข้อมูลเส้นชั้นความสูงหรือภาพความสูงต่ำในพื้นที่นั้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้เครื่องมือ GPS (Global Position System) ในการตรวจสอบระดับความสูงต่ำของพื้นที่ ในการศึกษาได้นำเอาแผนที่แบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (DEM: Digital Elevation Model) มาใช้กำหนดความสูงต่ำของพื้นที่ที่เทศบาลนครนครราชสีมาของโครงการใช้น้ำ ณ จุดต่างๆ

3) ระบบโครงข่ายท่ออาจยังเป็นข้อมูลที่ยังขาดในส่วนจากระบบท่อที่เพิ่มเติมในปีล่าสุด จึงจำเป็นต้องมีการนำเข้าเส้นท่อที่ทำการปรับปรุงใหม่หรือการปรับเปลี่ยนให้เป็นข้อมูลที่ปัจจุบันมากที่สุด

4) ความสามารถของแบบจำลอง EPANET 2.0 นอกจากนำไปใช้ในการออกแบบรายละเอียดของระบบการบริหารจัดการและวางแผนในการจัดการระบบประปาได้อย่างเหมาะสมทั้งในปัจจัยด้านอัตราการไหล แรงดันที่ใช้เป็นปัจจัยหลักในการศึกษาครั้งนี้ แต่ยังไม่รวมถึงการศึกษาเรื่องค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการดำเนินการของระบบ

5.3.3 การประเมินความหนาแน่นของประชากร

การประเมินความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาได้มีการนำเอาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับผังเมืองรวมเมืองนครราชสีมาเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการแบ่งประเภทความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่ ซึ่งถือว่าเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการประเมินความหนาแน่น นอกจากนี้หากมีการนำเอาแผนที่ภาษีมาปรับเทียบระดับความ

หามาแน่นประชากรในพื้นที่เกิดความแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยข้อมูลที่สำคัญในการประเมินความหนาแน่นของประชากร ได้แก่

- ข้อมูลประชากรย้อนหลังอย่างน้อย 10 ปี ในพื้นที่ที่ต้องการศึกษา
- ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศในปีล่าสุด โดยมีแหล่งข้อมูลหลัก 2 แหล่ง ได้แก่ กรมพัฒนาที่ดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และกรมแผนที่ทหาร
- ผังเมืองรวมที่มีการประกาศใช้
- โปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
- แผนที่ภาษี (ถ้ามี)

5.3.4 การประเมินปริมาณความต้องการน้ำ

การประเมินปริมาณความต้องการน้ำในการศึกษานี้เป็นการประเมินปริมาณความต้องการน้ำในเขตพื้นที่ชุมชนเป็นส่วนใหญ่ แต่หากนำเอาแนวทางนี้ไปประเมินในพื้นที่เขตชุมชนที่ประกอบด้วยผู้ใช้น้ำรายใหญ่ เช่น เขตอุตสาหกรรม การประเมินความต้องการน้ำอุตสาหกรรมสามารถกำหนดอัตราการใช้น้ำตามประเภทของอุตสาหกรรมหลักตามประเภทผลิตภัณฑ์และอัตราการใช้น้ำต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์การประเมินของสำนักนโยบายสาธารณะสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติปีพ.ศ.2547 มาใช้เป็นเกณฑ์เพื่อประเมินความต้องการน้ำเชิงพื้นที่ในเขตพื้นที่ชุมชนหรือพื้นที่เขตอุตสาหกรรม

5.3.5 การประเมินประสิทธิภาพของระบบโครงข่ายท่อจ่ายน้ำ

ผลที่ได้จากแบบจำลอง EPANET 2.0 นั้นสามารถประเมินประสิทธิภาพของระบบความเร็วในระบบท่อจ่ายน้ำ แรงดันของน้ำในระบบท่อจ่ายน้ำที่โนดต่างๆ และแรงดันสูญเสียในระบบจ่ายน้ำในพื้นที่ โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ดังกล่าวกับค่ามาตรฐานของการประปาส่วนภูมิภาคสามารถสรุปข้อมูลที่ต้องการใช้เพื่อประเมินได้แก่

- แผนที่แนวท่อหรือโครงข่ายท่อส่งน้ำในรูปแบบของ Shape file
- แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (EPANET 2.0)
- ข้อมูลการสูบน้ำจ่ายน้ำประปาย้อนหลัง (5-10 ปี)
- ข้อมูลผู้ใช้น้ำ (5-10 ปี)
- ข้อมูลการประเมินความต้องการน้ำในอนาคต
- เกณฑ์การออกแบบหรือข้อเสนอแนะระบบจ่ายน้ำประปาทั้งในประเทศและต่างประเทศเพื่อใช้ประเมินระบบจ่ายน้ำ

- เครื่องมือวัดอัตราการไหลของท่อ ที่มีขนาดตั้งแต่ 100 – 700 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการเปรียบเทียบข้อมูลจากแบบจำลองและข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม

5.3.6 งานวิจัยในขั้นต่อไป

จากการศึกษานี้เทศบาลนครนครราชสีมาสามารถนำเอาข้อมูลที่ได้ไปใช้เป็นฐานข้อมูลในการช่วยตัดสินใจและประเมินปรับเปลี่ยนเส้นทางท่อ ซึ่งช่วยลดระยะเวลาในการวางแผนการจัดการระบบที่อยู่ในรูปแบบของ GIS (shape file) และรูปแบบของ Network (.int) ของโครงข่ายท่อ แต่หากให้ข้อมูลสมบูรณ์นั้นควรมีการเพิ่มของ ข้อต่อ วาล์ว ในระบบท่อจ่ายน้ำต่อไป เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น นอกจากนี้สิ่งที่น่าสนใจจะทำการวิจัยเพิ่ม คือ ในส่วนของการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์และคุณภาพน้ำ ด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของระบบจ่ายน้ำ เช่น การวิเคราะห์ต้นทุน คุณภาพน้ำ ณ จุดต่างๆที่ทำการส่งจ่ายในพื้นที่บริการต่อไป



ภาคผนวก ก

ข้อกำหนดในการออกแบบระบบประปา
เพื่อการขออนุญาตประกอบกิจการประปาสำมปทาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข้อกำหนดในการออกแบบระบบประปา
เพื่อการขออนุญาตประกอบกิจการประปาสัมปทาน

วัตถุประสงค์

ข้อกำหนดในการออกแบบระบบประปาเพื่อการขออนุญาตประกอบกิจการประปาสัมปทานนี้จัดทำขึ้นเพื่อให้การผลิตและการจ่ายน้ำประปาของบุคคล/นิติบุคคล/หรืออื่น ๆ ที่ต้องการขออนุญาตประกอบกิจการประปาสัมปทานสามารถผลิตน้ำประปาได้อย่างเพียงพอกับความต้องการน้ำของผู้ใช้น้ำ และน้ำประปาที่ผลิตได้มีคุณภาพได้ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาสัมปทานเพื่อประโยชน์แก่การให้บริการด้านสาธารณสุขปโลกโดยคำนึงถึงสุขภาพและอนามัยของผู้ใช้น้ำเป็นสำคัญ

คำจำกัดความ

“วิศวกร” หมายถึง วิศวกรผู้ออกแบบและคำนวณระบบประปาที่ได้รับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ วิศวกรรมควบคุม ตามพระราชบัญญัติวิศวกร พ.ศ. ๒๕๔๒

“ผู้ขออนุญาต” หมายถึง ผู้ขออนุญาตประกอบกิจการประปาสัมปทานตามประกาศของคณะปฏิวัติ ฉบับที่ ๕๘ ลงวันที่ ๒๖ มกราคม พ.ศ. ๒๕๑๕

“แหล่งน้ำดิบ” หมายถึง แหล่งน้ำที่นำมาใช้ในการผลิตน้ำประปาเพื่อประกอบกิจการประปาสัมปทาน โดยได้รับอนุญาตจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและอยู่ภายใต้กฎหมายที่ใช้บังคับ

“น้ำบาดาล” หมายถึง น้ำบาดาลตามกฎหมายว่าด้วยน้ำบาดาล

“รายการคำนวณออกแบบระบบประปา” ได้แก่ รายการคำนวณปริมาณความต้องการใช้น้ำระบบน้ำดิบ ระบบผลิตน้ำและระบบส่งจ่ายน้ำประปาโดยมีวิศวกรเป็นผู้รับผิดชอบ

“การคำนวณประมาณความต้องการใช้น้ำ” หมายถึง วิศวกรจะต้องคำนวณปริมาณความต้องการใช้น้ำของโครงการ ปริมาณน้ำสูญเสียในระบบประปา ปริมาณความต้องการใช้น้ำเฉลี่ยต่อวัน ปริมาณความต้องการใช้น้ำสูงสุดต่อวัน และปริมาณความต้องการใช้น้ำในชั่วโมงสูงสุด

“กำลังผลิตน้ำประปา” หมายถึง ปริมาณน้ำประปาที่ผลิตได้จากกระบวนการผลิตซึ่งได้หักปริมาณน้ำสูญเสียต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตน้ำประปา เช่น ปริมาณน้ำล้างสารกรอง ล้างตะกอน และอื่น ๆ ในระบบผลิตแล้ว

“ผังแนวท่อจ่ายน้ำประปา” หมายถึง แบบแปลนแสดงแนวท่อจ่ายน้ำประปาทุกขนาด ที่ระบุชนิด ขนาดท่อ และอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น ประตูน้ำ ประตูน้ำระบายอากาศ ประตูน้ำระบายตะกอน หัวดับเพลิง รวมทั้งแสดงความลึกการวางท่อ เป็นต้น

“ผังบริเวณการประปา” หมายถึง แบบแปลนแสดงขอบเขตของที่ดินที่เป็นที่ตั้งของอาคารผลิตน้ำประปา รวมทั้งแสดงขอบเขตของอาคารผลิตน้ำประปา และอาคารอื่น ๆ ที่ตั้งอยู่ในบริเวณ

ที่ดินดังกล่าว พร้อมทั้งแสดงขนาดและวัสดุของท่อที่ประสานระหว่างอาคารผลิตน้ำประปาต่าง ๆ ตลอดจนรายละเอียดของอุปกรณ์ประปา เครื่องยนต์ เครื่องสูบน้ำ เครื่องกวน เครื่องจ่ายสารเคมี และอื่น ๆ นอกจากนี้ให้หมายรวมถึงแผนผังแสดงที่ตั้งของแหล่งน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาพร้อมโรงสูบน้ำดิบและแนวท่อ ขนาดและวัสดุของท่อที่ใช้ในการส่งน้ำดิบไปยังอาคารผลิตน้ำประปาด้วย ถ้าหากที่ตั้งของโรงสูบน้ำน้ำดิบอยู่ภายนอกผังบริเวณการประปาให้แสดงขอบเขตของที่ดินที่เป็นที่ตั้งของอาคารโรงสูบน้ำดิบ รวมทั้งแสดงขอบเขตของโรงสูบน้ำดิบ และอาคารอื่น ๆ ที่ตั้งอยู่ในบริเวณที่ดินดังกล่าว และให้แสดงแนวท่อ ขนาด และวัสดุของท่อที่ใช้ในการส่งน้ำดิบไปยังอาคารผลิตน้ำประปาด้วย

“มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา” หมายถึง มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาสัมปทานที่กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมกำหนด

ข้อกำหนดทั่วไป

๑. การออกแบบระบบประปาเพื่อการขออนุญาตประกอบกิจการประปาสัมปทาน แบ่งตามลักษณะของพื้นที่ ดังนี้

๑.๑ กรณีพื้นที่ขออนุญาตประกอบกิจการประปาสัมปทาน มีลักษณะเป็นโครงการหมู่บ้านจัดสรรหรือนิคมอุตสาหกรรมให้ยึดถือค่าการออกแบบตามรายละเอียดฉบับนี้

๑.๒ กรณีพื้นที่ขออนุญาตประกอบกิจการประปาสัมปทานไม่เป็นไปตามข้อ ๑.๑ อนุญาตให้ใช้ค่าการออกแบบที่แตกต่างจากค่าการออกแบบฉบับนี้ได้แต่ต้องแสดงเอกสารหลักฐานเป็นข้อมูลทางวิชาการสำหรับค่าการออกแบบที่แตกต่างเพื่อใช้ประกอบการพิจารณา

๒. ผู้ขออนุญาตจะต้องยื่นรายการคำนวณออกแบบระบบประปา ซึ่งประกอบด้วย

๒.๑ ปริมาณความต้องการใช้น้ำ

๒.๒ ระบบน้ำดิบ

๒.๓ ระบบผลิตน้ำ

๒.๔ ระบบส่งจ่ายน้ำประปา

๒.๕ หนังสือรับรองและสำเนาใบประกอบวิชาชีพของวิศวกรผู้ทำรายการคำนวณ (พร้อมลงนามรับรองสำเนาทุกหน้า)

๓. การขออนุญาตประกอบกิจการประปาสัมปทานจะต้องได้รับอนุญาตจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการก่อสร้าง โดยมีวิศวกรผู้ออกแบบเป็นผู้รับผิดชอบเกี่ยวกับความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างอาคาร และความปลอดภัยของระบบต่าง ๆ ตามพระราชบัญญัติวิศวกร พ.ศ. ๒๕๔๒

๔. มาตรฐานในการจัดทำแบบแปลน

๔.๑ โครงการที่ขออนุญาตประกอบกิจการประปาสัมปทาน เป็นโครงการหมู่บ้านจัดสรรให้ใช้มาตรฐาน ดังนี้

- ผังบริเวณการประปา มาตรฐานไม่เล็กกว่า ๑: ๒๕๐
- ผังแนวท่อจ่ายน้ำประปา มาตรฐานไม่เล็กกว่า ๑: ๑,๐๐๐

๔.๒ โครงการที่ขออนุญาตประกอบกิจการประปาสัมปทานไม่เป็นไปตามข้อ ๔.๑ ให้ใช้มาตรฐาน ดังนี้

- ผังบริเวณการประปา มาตรฐานไม่เล็กกว่า ๑: ๕๐๐
- ผังแนวท่อจ่ายน้ำประปา มาตรฐานไม่เล็กกว่า ๑: ๔,๐๐๐

การคำนวณปริมาณความต้องการใช้น้ำ

๕. การคำนวณปริมาณความต้องการใช้น้ำ (water demand) ดังนี้

๕.๑ ความต้องการใช้น้ำ

๕.๑.๑ ประเภทที่อยู่อาศัย ตึกแถว อาคารพาณิชย์ ต้องไม่น้อยกว่า ๒๐๐ ลิตรต่อคนต่อวัน โดยคิดจำนวนผู้อยู่อาศัย ๕ คนต่อบ้านเพื่อประโยชน์ในการกำหนดปริมาณความต้องการใช้น้ำให้เพียงพอต่อการใช้ประโยชน์ในอนาคตให้ที่ดินเปล่าที่มีได้ระบุประเภทการใช้ที่ดินในโครงการจัดสรรที่ดิน ซึ่งมีเนื้อที่เกินกว่า ๑๐๐ ตารางวาขึ้นไป จะต้องนำมารวมเพื่อคำนวณจำนวนแปลงที่ดินใหม่ โดยใช้เกณฑ์เฉลี่ยเนื้อที่ ๑๐๐ ตารางวาต่อ ๑ แปลง จำนวนแปลงที่ดินที่คำนวณได้จากเกณฑ์เฉลี่ยนี้ให้นำไปรวมกับจำนวนที่ดินแปลงย่อย เพื่อใช้ในการกำหนดปริมาณความต้องการใช้น้ำหากลักษณะทั่วไปของการจัดสรรที่ดิน เป็นการแบ่งที่ดินแปลงย่อยเป็นประเภทบ้านแฝด บ้านแถว และอาคารพาณิชย์รวมกันเกินกว่าร้อยละ ๕๐ ของพื้นที่จัดจำหน่ายทั้งโครงการให้ใช้เกณฑ์เฉลี่ยของเนื้อที่ บ้านแฝด บ้านแถว และอาคารพาณิชย์ทุกแปลงในโครงการจัดสรรที่ดินนั้น เป็นเกณฑ์เฉลี่ยต่อ ๑ แปลง จำนวนแปลงที่ดินที่คำนวณได้จากเกณฑ์เฉลี่ยนี้ให้นำไปรวมกับจำนวนบ้านแฝด บ้านแถว หรืออาคารพาณิชย์ เพื่อใช้ในการกำหนดปริมาณความต้องการใช้น้ำ

๕.๑.๒ ประเภทสถานบริการชุมชน ในกรณีที่ต้องจ่ายน้ำให้สถานประกอบธุรกิจที่มีความต้องการใช้น้ำมากกว่าปกติ เช่น ตลาด โรงเรียน คลับเฮ้าส์ เป็นต้น ให้เพิ่มความต้องการใช้น้ำอีกร้อยละ 20 ของความต้องการใช้น้ำที่คำนวณได้ตามข้อ ๕.๑.๑

๕.๑.๓ ประเภทอุตสาหกรรม ต้องไม่น้อยกว่า ๓,๕๐๐ ลิตร ต่อเนื้อที่ดิน ๑ ไร่ กรณีที่มีบ้านพักอาศัยในบริเวณโรงงานให้เพิ่มความต้องการใช้น้ำสำหรับผู้อยู่อาศัยแต่ละหลังตามข้อ ๕.๑.๑

๕.๒ ปริมาณน้ำสูญเสียในระบบประปาเท่ากับร้อยละ ๒๕ ของปริมาณความต้องการใช้น้ำตามข้อ ๕.๑

๕.๓ ปริมาณความต้องการใช้น้ำเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Demand) เท่ากับปริมาณความต้องการใช้น้ำตามข้อ ๕.๑ รวมกับปริมาณน้ำสูญเสียตามข้อ ๕.๒

๕.๔ ปริมาณความต้องการใช้น้ำสูงสุดต่อวัน (Maximum Daily Demand) เท่ากับ ๑.๕ เท่าของปริมาณความต้องการใช้น้ำเฉลี่ยต่อวัน ตามข้อ ๕.๓

๕.๕ ปริมาณความต้องการใช้น้ำในชั่วโมงสูงสุด (Maximum Hourly Demand) เท่ากับ ๒.๒๕ เท่าของปริมาณความต้องการใช้น้ำเฉลี่ยต่อวัน ตามข้อ ๕.๓ (หน่วยลูกบาศก์เมตรต่อวัน)

ระบบน้ำดิบ

ส่วนที่ ๑

แหล่งน้ำดิบ

๖. น้ำผิวดิน ที่จะนำมาใช้ผลิตน้ำประปาต้องมีศักยภาพเพียงพอกับความต้องการใช้น้ำเฉลี่ยตลอดทั้งปี หากศักยภาพของแหล่งน้ำดิบไม่เพียงพอ ผู้ขออนุญาตจะต้องจัดให้มีสระเก็บน้ำสำรองน้ำดิบให้เพียงพอกับระยะเวลาที่ขาดแคลนน้ำดิบ

๗. น้ำบาดาล ที่นำมาใช้ผลิตน้ำประปา จะต้องได้รับอนุญาตจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล โดยปริมาณน้ำที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ต่อวันต้องไม่น้อยกว่าปริมาณความต้องการน้ำสูงสุดต่อวัน ตามข้อ ๕.๔

ส่วนที่ ๒

ระบบสูบน้ำดิบ

๘. เครื่องสูบน้ำดิบ การคำนวณระบบสูบส่งน้ำเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำประปา ให้ใช้อัตราการสูบไม่น้อยกว่ากำลังผลิตน้ำประปา ตามข้อ ๑๑ และจะต้องแสดงรายการที่ออกแบบอย่างน้อย ดังนี้

๘.๑ ชนิดของเครื่องสูบน้ำ

๘.๒ อัตราการสูบน้ำ หน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

๘.๓ ความสูงในการสูบส่ง (Total Dynamic Head) หน่วยเป็น เมตร

๘.๔ ขนาดของเครื่องสูบน้ำ หน่วยเป็น แรงม้าหรือกิโลวัตต์

๘.๕ จำนวนเครื่องสูบน้ำที่ใช้ หน่วยเป็น ชุด กรณีที่ใช้น้ำบาดาลหรือบ่อน้ำดินที่มีคุณภาพน้ำไม่ด้อยกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประปา การออกแบบเครื่องสูบน้ำให้เป็นไปตามข้อ ๑๘.๑ เครื่องสูบน้ำประปา

ส่วนที่ ๓

ท่อส่งน้ำดิบ

๕. ท่อส่งน้ำดิบ การคำนวณขนาดของท่อส่งน้ำดิบ เพื่อการผลิตน้ำประปาต้องสามารถส่งน้ำได้ไม่น้อยกว่ากำลังผลิต ตามข้อ ๑๑ การเลือกใช้ท่อให้เป็นไปตามข้อ ๒๐ และจะต้องแสดงรายการอย่างน้อย ดังนี้

๕.๑ ขนาดระบุของท่อ หน่วยเป็น มิลลิเมตรหรือนิ้ว

๕.๒ อัตราการไหลของน้ำในท่อ หน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

๕.๓ ความเร็วของน้ำในท่อ หน่วยเป็น เมตรต่อวินาที

๕.๔ ค่าสัมประสิทธิ์ความฝืด C_n

๕.๕ แรงดันน้ำสูญเสียในเส้นท่อหรือแรงดันน้ำเหลือในเส้นท่อ หน่วยเป็น เมตร

ระบบผลิตน้ำประปา

ส่วนที่ ๑

ทั่วไป

๑๐. ระบบผลิตน้ำประปาจะต้องสามารถผลิตน้ำประปาได้ไม่น้อยกว่าปริมาณความต้องการใช้น้ำสูงสุดต่อวัน ตามข้อ ๕.๔ และมีคุณภาพน้ำไม่ด้อยกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประปา

๑๑. กำลังผลิตน้ำประปาต่อชั่วโมง ต้องไม่น้อยกว่าปริมาณความต้องการใช้น้ำสูงสุดต่อวัน ตามข้อ ๕.๔ หากด้วยจำนวนชั่วโมงการผลิตน้ำต่อวัน ดังนี้

๑๑.๑ กรณีใช้น้ำผิวดิน ให้คิดจำนวนชั่วโมงการผลิตสูงสุด ๒๔ ชั่วโมงต่อวัน

๑๑.๒ กรณีใช้น้ำบาดาลหรือบ่อน้ำตื้น ให้คิดจำนวนชั่วโมงการผลิตสูงสุด ๑๖ ชั่วโมงต่อวัน

กรณีที่กำลังผลิตน้ำประปาต่อชั่วโมง มีเศษส่วนตั้งแต่ ๐.๑ ขึ้นไปให้ปัดเศษขึ้นเป็นตัวเลขจำนวนเต็ม และให้ใช้ค่านี้ในการคำนวณ เครื่องสูบน้ำดิบตามข้อ ๕ เครื่องสูบน้ำประปาตามข้อ ๑๘.๑ ขนาดของถังเก็บน้ำตามข้อ ๑๕ และขนาดของหอถังสูงตามข้อ ๑๘.๒.๑ ๑๒. หากผลทดสอบระบบผลิตน้ำประปา พบว่าไม่สามารถผลิตน้ำประปาได้ตามที่ออกแบบในข้อ ๕.๔ และ/หรือคุณภาพน้ำที่ได้ด้อยกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประปา ผู้ขออนุญาตจะต้องดำเนินการอย่างหนึ่งอย่างใดเพื่อให้การผลิตน้ำประปาสามารถผลิตน้ำประปาได้ตามที่วิศวกรได้ออกแบบไว้

ส่วนที่ ๒

กระบวนการผลิตน้ำประปาจากน้ำผิวดิน

๑๓. การออกแบบระบบผลิตน้ำประปาจากน้ำผิวดิน แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

๑๓.๑ ลักษณะทั่วไป (Conventional) ประกอบด้วยกระบวนการหลัก ได้แก่ การกวนเร็วและการกวนช้า การตกตะกอนและการกรอง ค่าที่ใช้ในการออกแบบขั้นต่ำเป็นดังนี้

๑๓.๑.๑ ระบบกวนเร็วจะใช้แบบอาศัยหลักการทางชลศาสตร์ (Hydraulic) หรือแบบอาศัยหลักเครื่องมือกล (Mechanic) มีระยะเวลาการกวนไม่เกิน ๓ วินาที

๑๓.๑.๒ ระบบกวนช้าจะใช้แบบอาศัยหลักการทางชลศาสตร์ (Hydraulic) หรือแบบอาศัยหลักเครื่องมือกล (Mechanic) มีระยะเวลาเก็บกัก (Detention Time) ไม่น้อยกว่า ๒๐ นาที

๑๓.๑.๓ ถึงตกตะกอน จะใช้แบบการไหลในแนวราบหรือแนวตั้งก็ได้ มีระยะเวลาเก็บกักไม่น้อยกว่า ๔ ชั่วโมง

๑๓.๑.๔ ถึงกรองทรายแบบการไหลโดยแรงโน้มถ่วง (Gravity) พื้นที่หน้าตัดของทรายกรองต้องเพียงพอที่จะกรองน้ำได้ไม่น้อยกว่ากำลังผลิตต่อชั่วโมง ตามข้อ ๑๑.๑ โดยกำหนดให้อัตราการกรองไม่เกิน ๕ ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง

วิศวกรจะต้องแสดงค่าการออกแบบเพื่อประกอบการพิจารณาและจะต้องตระหนักว่าค่าการออกแบบขั้นต่ำตามข้อ ๑๓.๑.๑ ถึงข้อ ๑๓.๑.๔ เป็นเพียงค่าที่คาดว่าจะทำให้สามารถกำจัดความขุ่นทำน้ำให้สะอาดได้อย่างไรก็ตามยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีความสำคัญและสามารถสร้างสภาวะที่เหมาะสมกับการผลิตน้ำประปาประกอบด้วย

๑๓.๒ ลักษณะอื่น ที่ใช้ค่าในการออกแบบและ/หรือมีกระบวนการผลิตไม่เป็นไปตามข้อ ๑๓.๑ วิศวกรจะต้องแสดงค่าที่ใช้ในการออกแบบและรายการคำนวณขนาด มิติต่าง ๆ ขององค์ประกอบต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตน้ำประปา พร้อมทั้งอธิบายกระบวนการผลิตน้ำประปาโดยละเอียดเพื่อประกอบการพิจารณามาด้วย

ส่วนที่ ๓

กระบวนการผลิตน้ำประปาจากน้ำบาดาล

๑๔. กรณีที่คุณภาพน้ำบาดาลด้อยกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประปา

๑๔.๑ กระบวนการผลิตมีถึงกรองทราย แบบการไหลโดยแรงโน้มถ่วง (Gravity) พื้นที่หน้าตัดของทรายกรองต้องเพียงพอที่จะกรองน้ำได้ไม่น้อยกว่ากำลังผลิตต่อชั่วโมง ตามข้อ ๑๑.๒ โดยกำหนดให้อัตราการกรองไม่เกิน ๕ ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง วิศวกรจะต้องแสดงค่าการออกแบบเพื่อประกอบการพิจารณามาด้วย

๑๔.๒ กระบวนการผลิตไม่เป็นไปตามข้อ ๑๔.๑ วิศวกรจะต้องแสดงค่าที่ใช้ในการออกแบบและรายการคำนวณขนาด มิติต่าง ๆ ขององค์ประกอบต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตน้ำประปา พร้อมทั้งอธิบายกระบวนการผลิตน้ำประปาโดยละเอียดเพื่อประกอบการพิจารณาด้วย

ส่วนที่ ๔

ถังเก็บน้ำ

๑๕. กรณีที่คุณภาพน้ำดิบด้อยกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประปา วิศวกรจะต้อง ออกแบบให้มีถังเก็บน้ำ ขนาดความจุไม่น้อยกว่า ๖ ชั่วโมงของกำลังผลิตต่อชั่วโมง ตามข้อ ๑๑

ส่วนที่ ๕

ระบบฆ่าเชื้อโรค

๑๖. วิศวกรจะต้องออกแบบให้มีระบบฆ่าเชื้อโรค โดยให้แสดงวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้และรายละเอียดวิธีฆ่าเชื้อโรค ชนิดและปริมาณสารหรือวัสดุอื่นใดที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคพร้อมรายการคำนวณ

ระบบจ่ายน้ำประปา

ส่วนที่ ๑

ทั่วไป

๑๗. พื้นที่จ่ายน้ำประปา

๑๗.๑ กรณีพื้นที่อยู่ในเขตความรับผิดชอบของการประปานครหลวง (เขตกรุงเทพมหานคร จังหวัดนนทบุรีและจังหวัดสมุทรปราการ) ข้อกำหนดการออกแบบท่อจ่ายน้ำ มาตรฐานท่อและการวางท่อประปา อุปกรณ์ท่อ เช่น มาตรฐานวัดน้ำ ข้องอ ข้อโค้ง ฯลฯ ความลึกในการฝังท่อ ต้องเป็นไปตามที่การประปานครหลวงกำหนดและผังแนวท่อประปาต้องได้รับการตรวจรับรองจากการประปานครหลวงด้วย

๑๗.๒ กรณีพื้นที่อยู่นอกเขตความรับผิดชอบของการประปานครหลวง ให้ใช้ข้อกำหนดในการออกแบบท่อจ่ายน้ำตามข้อ ๑๗.๒.๑ หรือตามข้อ ๑๗.๒.๒ อย่างหนึ่งอย่างใด

๑๗.๒.๑ ข้อกำหนดในการออกแบบท่อจ่ายน้ำ มาตรฐานท่อและการวางท่อประปา อุปกรณ์ท่อ เช่น มาตรฐานวัดน้ำ ข้องอ ข้อโค้ง ฯลฯ ความลึกในการฝังท่อ ต้องเป็นไปตามที่การประปาส่วนภูมิภาคกำหนดและ ผังแนวท่อประปา ต้องได้รับการตรวจรับรองจากการประปาส่วนภูมิภาค

๑๗.๒.๒ ข้อกำหนดในการออกแบบท่อจ่ายน้ำ มาตรฐานท่อและการวางท่อประปา อุปกรณ์ท่อ ความลึกในการฝังท่อ ต้องเป็นไปตามที่กำหนดไว้ในข้อ ๑๕ ถึงข้อ ๒๓

ส่วนที่ ๒

ระบบส่งจ่ายน้ำประปา

๑๘. วิศวกรจะต้องออกแบบและแสดงรายการคำนวณระบบส่งจ่ายน้ำประปา เพื่อให้ผู้ใช้น้ำได้รับการบริการน้ำประปาอย่างต่อเนื่อง ดังนี้

๑๘.๑ เครื่องสูบน้ำประปา จะต้องแสดงรายการที่ออกแบบอย่างน้อยตามข้อ ๘.๑ ถึงข้อ ๘.๕ และจะต้องออกแบบให้มีอัตราการสูบน้ำประปา ดังนี้

- กรณีใช้น้ำผิวดิน ไม่น้อยกว่า ๑.๕ เท่าของกำลังผลิต ตามข้อ ๑๑.๑
- กรณีใช้น้ำบาดาลหรือบ่อน้ำตื้น ไม่น้อยกว่ากำลังผลิต ตามข้อ ๑๑.๒

๑๘.๒ หอดักสูง

๑๘.๒.๑ กรณีออกแบบโดยใช้หอดักสูง จะต้องมีความจุไม่น้อยกว่า ๒ ชั่วโมงของกำลังผลิตต่อชั่วโมง ตามข้อ ๑๑ และมีความสูงเพียงพอที่จะส่งจ่ายน้ำด้วยอัตราการจ่ายน้ำประปาตามข้อ ๑๕ โดยยังคงมีแรงดันเหลือในเส้นท่อจ่ายน้ำ ณ จุดที่มีแรงดันต่ำสุดไม่น้อยกว่าข้อ ๒๒

๑๘.๒.๒ กรณีออกแบบโดยไม่ใช้หอดักสูง วิศวกรจะต้องออกแบบระบบส่งจ่ายน้ำให้เหมาะสมโดยคำนึงถึงการใช้น้ำในช่วงเวลากลางคืนซึ่งมีผู้ใช้น้ำจำนวนน้อยและจะต้องออกแบบให้มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือเครื่องสูบน้ำที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์สำรองไว้ เพื่อให้การส่งจ่ายน้ำประปาสามารถดำเนินการได้ตามปกติ แม้จะเกิดเหตุสุดวิสัย เช่น เกิดเพลิงไหม้หรือ ไฟฟ้าดับ เป็นต้น

ส่วนที่ ๓

ท่อจ่ายน้ำประปา

๑๙. ท่อจ่ายน้ำประปาจะต้องสามารถส่งจ่ายน้ำประปาในเส้นท่อได้ไม่น้อยกว่าปริมาณความต้องการใช้น้ำจากข้อ ๑๕.๑ หรือข้อ ๑๕.๒ โดยให้ใช้ค่าที่มากกว่า

๑๙.๑ ปริมาณความต้องการใช้น้ำในชั่วโมงสูงสุด(Maximum Hourly Demand) ให้เป็นไปตามข้อ ๕.๕

๑๙.๒ ปริมาณความต้องการใช้น้ำสูงสุดต่อวัน ตามข้อ ๕.๔ บวกด้วยความต้องการน้ำดับเพลิง (หน่วยลูกบาศก์เมตรต่อวัน) โดยกำหนดให้โครงข่ายท่อจ่ายน้ำสามารถรองรับปริมาณความต้องการน้ำดับเพลิง ได้ไม่น้อยกว่า ๕๕๐ ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (๑๑ ลิตรต่อวินาที)

๒๐. การเลือกใช้ท่อให้เป็นไปตามมาตรฐานการเลือกท่อเพื่อใช้ในระบบท่อจ่ายน้ำ ท่อส่งน้ำตามตารางแนบท้ายนี้

๒๑. การออกแบบขนาดท่อจ่ายน้ำจะต้องแสดงรายการคำนวณโดยมีรายละเอียด รายการที่จะต้องแสดงอย่างน้อยตามข้อ ๘.๑ ถึงข้อ ๘.๕

๒๒. ระบบท่อจ่ายน้ำต้องมีแรงดันน้ำต่ำสุดในเส้นท่อไม่น้อยกว่า ๗ เมตร

๒๓. วิศวกรจะต้องออกแบบอุปกรณ์ท่อโดยใช้ข้อกำหนด ดังต่อไปนี้

๒๓.๑ หัวดับเพลิงให้ติดตั้งตามจุดที่เหมาะสม เช่น ชุมชน ตลาด ร้านค้า มุมถนน ทางแยก เป็นต้น ขนาดที่ใช้ไม่น้อยกว่า ๑๐๐ มิลลิเมตร จำนวนที่ต้องติดตั้งให้คิดจากความยาวรวมของท่อเมนจ่ายน้ำขนาดตั้งแต่ ๑๐๐ มม.ขึ้นไปหารด้วย ๒๐๐ เศษส่วนที่เกิน ๐.๕ ขึ้นไปให้ปัดเพิ่มขึ้นอีก ๑ ชุด

๒๓.๒ ประตูน้ำ ให้ติดตั้งที่ท่อแยกทุกจุดและทุกระยะไม่เกิน ๕๐๐ เมตร ขนาดของประตูน้ำให้ใช้ขนาดเท่ากับท่อ

๒๓.๓ ประตูน้ำระบายอากาศ (Air Valve) ให้ติดตั้งที่ท่อนสะพานรับท่อและบริเวณที่ท่อถูกยกขึ้นสูงกว่าปกติหรือตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนแปลง Hydraulic Grade Line อย่างกะทันหัน มีขนาดไม่น้อยกว่า ๑ ใน ๖ ของขนาดท่อ

๒๓.๔ มาตรวัดน้ำหลัก (Master Meter) ให้ติดตั้งในบริเวณการประปาอย่างน้อย ๑ ชุด และต้องสามารถรองรับอัตราการไหลต่อเนื่อง (Continuous Flow) ได้ไม่น้อยกว่าปริมาณความต้องการใช้น้ำ ตามข้อ ๑๘.๑

มาตรฐานการเลือกท่อเพื่อใช้ในระบบท่อจ่ายน้ำ ท่อส่งน้ำ

ตารางที่ ๑ สภาพพื้นที่วางท่อสามารถแบ่งออกเป็น ๓ ประเภท ดังนี้

ประเภท	รายละเอียด
ประเภทที่ ๑	พื้นที่วางท่อตามไหล่ทาง ไม่ต้องรับปริมาณจากจราจรหนาแน่น
ประเภทที่ ๒	พื้นที่ที่วางในดินอ่อน หรือได้พิจารณาจากรับปริมาณการจราจรอย่างหนาแน่น
ประเภทที่ ๓	พื้นที่ที่วางในดินอ่อนมาก หรือจำเป็นต้องวางใต้ดิน หรือวางในเขตเทศบาลหรือชุมชนหนาแน่น ซึ่งการซ่อมท่อทำได้ลำบาก

ตารางที่ ๒ การเลือกชนิดท่อที่ความดันใช้งานไม่เกิน ๓ กก./ชม2.

เส้นผ่าน ศูนย์กลางท่อ (มม.)	ดัดกร่อนต่ำ หรือปานกลาง สภาพพื้นที่ ประเภท ๑	ดัดกร่อนต่ำ หรือปานกลาง สภาพพื้นที่ ประเภท ๒	ดัดกร่อนสูง สภาพพื้นที่ ประเภท ๒	ดัดกร่อนสูง สภาพพื้นที่ ประเภท ๒	สภาพพื้นที่ ประเภท ๓
น้อยกว่า ๑๐๐		PVC Class ๑๓.๕	PVC Class ๑๓.๕	PVC Class ๑๓.๕	-
๑๐๐ – ๔๐๐		HDPE PN ๖.๓ PVC Class ๘.๕ ท่อเหล็กเหนียว -	HDPE PN ๖.๓ PVC Class ๘.๕ - A/C class ๒๐ ทนซัลเฟต	HDPE PN ๖.๓ PVC Class ๘.๕ - -	HDPE PN ๖.๓ - - -
๕๐๐ หรือ มากกว่า		HDPE PN ๖.๓ ท่อเหล็กเหนียว	HDPE PN ๖.๓ -	HDPE PN ๖.๓ -	HDPE PN ๖.๓ -

ตารางที่ ๓ การเลือกชนิดท่อที่ความดันใช้งานระหว่าง ๓-๖ กก./ชม2.

เส้นผ่าน ศูนย์กลาง ท่อ (มม.)	ดัดกร่อนต่ำ หรือปานกลาง สภาพพื้นที่ ประเภท ๑	ดัดกร่อนต่ำ หรือปานกลาง สภาพพื้นที่ ประเภท ๒	ดัดกร่อนสูง สภาพพื้นที่ ประเภท ๑	ดัดกร่อนสูง สภาพพื้นที่ ประเภท ๒	สภาพพื้นที่ ประเภท ๓
น้อย กว่า ๑๐๐	PVC Class ๑๓.๕	PVC Class ๑๓.๕	PVC Class ๑๓.๕	PVC Class ๑๓.๕	-
๑๐๐ – ๔๐๐	HDPE PN ๘ หรือ PN๑๐ PVC Class ๘.๕ ท่อเหล็กเหนียว A/C class ๒๐	HDPE PN ๘ หรือ PN๑๐ PVC Class ๘.๕ ท่อเหล็กเหนียว -	HDPE PN ๘ หรือ PN๑๐ PVC Class ๘.๕ - A/C class ๒๐ ทนซัลเฟต	HDPE PN ๘ หรือ PN๑๐ PVC Class ๘.๕ - -	HDPE PN ๘ หรือ PN ๑๐ - - -
๕๐๐ หรือ มากกว่า	HDPE PN ๘ หรือ PN ๑๐ ท่อเหล็กเหนียว	HDPE PN ๘ หรือ PN ๑๐ ท่อเหล็กเหนียว	HDPE PN ๘ หรือ PN ๑๐ -	HDPE PN ๘ หรือ PN ๑๐ -	HDPE PN ๘ หรือ PN ๑๐ -

ตารางที่ ๔ แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความฝืด (Cn) ของ Hazen-Williams สำหรับท่อประเภทต่าง ๆ

ประเภท	ค่าสัมประสิทธิ์ความฝืด (Cn)
๑. ท่อซีเมนต์ใยหิน	๑๑๐
๒. ท่อ PVC	๑๕๐
๓. ท่อ HDPE	๑๕๐
๔. ท่อเหล็กเหนียวหรือท่อเหล็กอาบสังกะสี	๑๑๐

ตารางที่ ๕ มาตรฐานความลึกหลังท่อ

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความลึกหลังท่อ ต้องไม่น้อยกว่า (เมตร)
น้อยกว่า ๑๐๐	๐.๒
๑๐๐	๐.๘
๑๕๐	๐.๘
๒๐๐	๐.๘
๒๕๐	๐.๘
๓๐๐	๑.๐
๔๐๐	๑.๐
๕๐๐	๑.๐
๖๐๐	๑.๐

ภาคผนวก ข

ข้อบังคับผังเมืองรวมเมืองนครราชสีมา พ.ศ. 2547





กฎกระทรวง

บังคับผังเมืองรวมเมืองนครราชสีมา พ.ศ. 2547

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 5 แห่งพระราชบัญญัติ การผังเมือง พ.ศ. 2518 และมาตรา 26 วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติ การผังเมือง พ.ศ. 2518 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดย พระราชบัญญัติ การผังเมือง (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2535 อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา 29 ประกอบกับมาตรา 35 มาตรา 36 มาตรา 48 มาตรา 49 และมาตรา 50 ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทยออกกฎกระทรวงไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 [1] กฎกระทรวงนี้ให้ใช้บังคับได้มีกำหนดห้าปี

ข้อ 2 ให้ใช้บังคับผังเมืองรวม ในท้องที่ตำบลโคกสูง ตำบลบ้านโพธิ์ ตำบลจอหอ ตำบลตลาด ตำบลหมื่นไวย ตำบลพุดชา ตำบลบ้านเกาะ ตำบลหนองกระทุ่ม ตำบลหนองจะบก ตำบลในเมือง ตำบลปรุใหญ่ ตำบลพะเนา ตำบลหัวทะเล ตำบลมะเร็ง ตำบลสีมูม ตำบลบ้านใหม่ ตำบลหนองไผ่ล้อม ตำบลโพธิ์กลาง ตำบลหนองระเวียง ตำบลโคกกรวด ตำบลหนองบัวศาลา ตำบลสุรนารี อำเภอเมืองนครราชสีมา ตำบลขามทะเลสอ ตำบลโป่งแดง อำเภอขามทะเลสอ และตำบลกุดจิก ตำบลนากลาง อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา ภายในแนวเขตตามแผนที่ท้ายกฎกระทรวงนี้

ข้อ 3 การวางแผนและจัดทำผังเมืองรวมตามกฎกระทรวงนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนา และการดำรงรักษาเมืองและบริเวณที่เกี่ยวข้องหรือชนบท ในด้านการใช้ประโยชน์ในทรัพย์สินการคมนาคมและการขนส่ง การสาธารณูปโภค บริการสาธารณะ และสภาพแวดล้อม ในบริเวณแนวเขตตามข้อ 2 ให้สอดคล้องกับการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

ข้อ 4 ผังเมืองรวมตามกฎกระทรวงนี้ มีนโยบายและมาตรการเพื่อจัดระบบการใช้ประโยชน์ที่ดินให้มีประสิทธิภาพ สามารถรองรับและสอดคล้องกับการขยายตัวของชุมชนในอนาคต ส่งเสริมและพัฒนาเศรษฐกิจและโครงสร้างบริการสาธารณะ โดยมีสาระสำคัญดังต่อไปนี้

(1) ส่งเสริมและพัฒนาเมืองนครราชสีมาให้เป็นศูนย์กลางเศรษฐกิจ อุตสาหกรรม และการขนส่งสินค้าของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

(2) ส่งเสริมและพัฒนาชุมชนเมืองให้เป็นศูนย์กลางการบริหาร การปกครอง การศึกษา พาณิชยกรรม การบริการ และการคมนาคมและการขนส่งของจังหวัดนครราชสีมา

(3) ส่งเสริมการพัฒนาศูนย์กลางพาณิชยกรรมหลัก พาณิชยกรรมขนาดย่อย การอยู่อาศัย และอุตสาหกรรมให้สอดคล้องกับการขยายตัวทางเศรษฐกิจและสังคมของชุมชน

(4) พัฒนาการบริการทางสังคม การสาธารณสุขปโภคและสาธารณูปการให้เพียงพอ และได้มาตรฐาน

(5) อนุรักษ์ศิลปกรรมและชุมชนประวัติศาสตร์ที่สำคัญ

(6) อนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ข้อ 5 การใช้ประโยชน์ที่ดินภายในเขตผังเมืองรวม ให้เป็นไปตามแผนผังกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินตามที่ได้จำแนกประเภทและแสดงโครงการคมนาคมและขนส่ง และรายการประกอบแผนผังท้ายกฎกระทรวงนี้

ข้อ 6 การใช้ประโยชน์ที่ดินตามแผนผังกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดิน ตามที่ได้จำแนกประเภทและแสดงโครงการคมนาคมและขนส่งท้ายกฎกระทรวงนี้ ให้เป็นไปดังต่อไปนี้

(1) ที่ดินในบริเวณหมายเลข 1.1 ถึงหมายเลข 1.26 ที่กำหนดไว้เป็นสีเหลือง ให้เป็นที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย

(2) ที่ดินในบริเวณหมายเลข 2.1 ถึงหมายเลข 2.25 ที่กำหนดไว้เป็นสีส้ม ให้เป็นที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง

(3) ที่ดินในบริเวณหมายเลข 3.1 ถึงหมายเลข 3.35 ที่กำหนดไว้เป็นสีแดง ให้เป็นที่ดินประเภทพาณิชยกรรมและที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก

(4) ที่ดินในบริเวณหมายเลข 4.1 ถึงหมายเลข 4.4 ที่กำหนดไว้เป็นสีม่วง ให้เป็นที่ดินประเภทอุตสาหกรรมและคลังสินค้า

(5) ที่ดินในบริเวณหมายเลข 5.1 ถึงหมายเลข 5.3 ที่กำหนดไว้เป็นสีม่วงอ่อน ให้เป็นที่ดินประเภทอุตสาหกรรมเฉพาะกิจ

(6) ที่ดินในบริเวณหมายเลข 6.1 ถึงหมายเลข 6.15 ที่กำหนดไว้เป็นสีเขียว ให้เป็นที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม

(7) ที่ดินในบริเวณหมายเลข 7.1 ถึงหมายเลข 7.14 ที่กำหนดไว้เป็นสีเขียวอ่อน ให้เป็นที่ดินประเภทที่โล่งเพื่อนันทนาการและการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

(8) ที่ดินในบริเวณหมายเลข 8.1 ถึงหมายเลข 8.20 ที่กำหนดไว้เป็นสีเขียว มรกต ให้เป็นที่ดินประเภทสถาบันการศึกษา

(9) ที่ดินในบริเวณหมายเลข 9.1 ถึงหมายเลข 9.40 ที่กำหนดไว้เป็นสีเทาอ่อน ให้เป็นที่ดินประเภทสถาบันศาสนา

(10) ที่ดินในบริเวณหมายเลข 10.1 ถึงหมายเลข 10.41 ที่กำหนดไว้เป็นสีน้ำเงิน ให้เป็นที่ดินประเภทสถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ

(11) ที่ดินในบริเวณหมายเลข 11 ที่กำหนดไว้เป็นสีชมพู ให้เป็นที่ดินประเภทโครงการคมนาคมและขนส่ง

ข้อ 7 ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย สถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการอื่น ให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละสิบห้าของแปลงที่ดินที่ยื่นขออนุญาต

ที่ดินประเภทนี้ ห้ามใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการตามที่กำหนด ดังต่อไปนี้

(1) โรงงานทุกจำพวกตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน เว้นแต่โรงงานตามประเภทชนิดและจำพวกที่กำหนดให้ดำเนินการได้ตามบัญชีท้ายกฎกระทรวงนี้ และโรงงานบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน

(2) สถานที่บรรจุก๊าซ สถานที่เก็บก๊าซ และห้องบรรจุก๊าซตามกฎหมายว่าด้วยการบรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลว แต่ไม่หมายความรวมถึงสถานีบริการ ร้านจำหน่ายก๊าซ สถานที่ใช้ก๊าซ และสถานที่จำหน่ายอาหารที่ใช้ก๊าซ

(3) สถานที่ที่ใช้ในการเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อจำหน่ายที่ด้อยขออนุญาตตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมน้ำมันเชื้อเพลิง เว้นแต่เป็นสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

(4) เลี้ยงม้า โค กระบือ สุกร แพะ แกะ ห่าน เป็ด ไก่ ฝูง จระเข้ หรือสัตว์ป่า ตามกฎหมายว่าด้วยการสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า เพื่อการค้า

(5) สุสานและฌาปนสถานตามกฎหมายว่าด้วยสุสานและฌาปนสถาน

(6) สถานสงเคราะห์หรือรับเลี้ยงสัตว์

(7) โรงฆ่าสัตว์

(8) สนามแข่งรถ

(9) กำจัดมูลฝอย

(10) ซั้วขายเศษวัสดุ

การใช้ประโยชน์ที่ดินริมทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 สายสระบุรี - หอนงคาย (เขตแดน) ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2068 สายแยกทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (โคกกรวด) - บรรจบทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 205 (โนนไทย) ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 สายปากเกร็ด - นครราชสีมา ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 สายนครราชสีมา - บรรจบทางหลวงแผ่นดิน

หมายเลข 24 (โชคชัย) และทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 226 สายนครราชสีมา - อุบลราชธานี ให้มีที่ว่างตามแนวนานริมเขตทางไม่น้อยกว่า 6 เมตร

การใช้ประโยชน์ที่ดินริมฝั่งตามสภาพธรรมชาติของลำคลองหรือแหล่งน้ำสาธารณะ ให้มีที่ว่างตามแนวนานริมฝั่งตามสภาพธรรมชาติของลำคลองหรือแหล่งน้ำสาธารณะไม่น้อยกว่า 6 เมตร เว้นแต่เป็นการก่อสร้างเพื่อการคมนาคมทางน้ำ หรือการสาธารณูปโภค

ข้อ 8 ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย สถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการให้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการอื่นให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละสิบของแปลงที่ดินที่ยื่นขออนุญาต ที่ดินประเภทนี้ ห้ามใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการตามที่กำหนด ดังต่อไปนี้

(1) โรงงานทุกจำพวกตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน เว้นแต่โรงงานตามประเภทชนิดและจำพวกที่กำหนดให้ดำเนินการได้ตามบัญชีท้ายกฎกระทรวงนี้ และโรงงานบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน

(2) สถานที่บรรจุก๊าซ สถานที่เก็บก๊าซ และห้องบรรจุก๊าซตามกฎหมายว่าด้วยการบรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลว แต่ไม่หมายความรวมถึงสถานีบริการ ร้านจำหน่ายก๊าซ สถานที่ใช้ก๊าซ และสถานที่จำหน่ายอาหารที่ใช้ก๊าซ

(3) สถานที่ที่ใช้ในการเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อจำหน่ายที่ต้องขออนุญาตตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมน้ำมันเชื้อเพลิง เว้นแต่เป็นสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

(4) เลี้ยงม้า โค กระบือ สุกร แพะ แกะ ห่าน เป็ด ไก่ ภู จระเข้ หรือสัตว์ป่า ตามกฎหมายว่าด้วยการสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า เพื่อการค้า

(5) สุสานและฌาปนสถานตามกฎหมายว่าด้วยสุสานและฌาปนสถาน

(6) สถานสงเคราะห์หรือรับเลี้ยงสัตว์

(7) สนามแข่งรถ

(8) โรงฆ่าสัตว์

(9) กำจัดมูลฝอย

(10) ซักรีดเสื้อผ้า

การใช้ประโยชน์ที่ดินริมทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 สายสระบุรี - หนองคาย (เขตแดน) ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2068 สายแยกทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (โคกกรวด) - บรรจบทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 205 (โนนไทย) ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 สายปากเกร็ด - นครราชสีมา ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 226 สายนครราชสีมา - อุบลราชธานี และทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 สายนครราชสีมา - บรรจบทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 24 (โชคชัย) ให้มีที่ว่างตามแนวนานริมเขตทางไม่น้อยกว่า 6 เมตร

การใช้ประโยชน์ที่ดินริมฝั่งตามสภาพธรรมชาติของลำคลองหรือแหล่งน้ำสาธารณะ ให้มีที่ว่างตามแนวนานริมฝั่งตามสภาพธรรมชาติของลำคลองหรือแหล่งน้ำสาธารณะไม่น้อยกว่า 6

ข้อ 9 ที่ดินประเภทพาณิชยกรรมและที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อพาณิชยกรรม การอยู่อาศัย สถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการอื่น ให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละสิบห้าของแปลงที่ดินที่ยื่นขออนุญาต

ที่ดินประเภทนี้ ห้ามใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการตามที่กำหนด ดังต่อไปนี้

(1) โรงงานทุกจำพวกตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน เว้นแต่โรงงานตามประเภทชนิดและจำพวกที่กำหนดให้ดำเนินการได้ตามบัญชีท้ายกฎกระทรวงนี้ และโรงงานบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน

(2) สถานที่บรรจุก๊าซ สถานที่เก็บก๊าซ และห้องบรรจุก๊าซตามกฎหมายว่าด้วยการบรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลว แต่ไม่หมายความรวมถึงร้านจำหน่ายก๊าซ สถานที่ใช้ก๊าซ และสถานที่จำหน่ายอาหารที่ใช้ก๊าซ

(3) สถานที่ที่ใช้ในการเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อจำหน่ายที่ร้องขออนุญาตตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมน้ำมันเชื้อเพลิง

(4) เลี้ยงม้า โค กระบือ สุกร แพะ แกะ ห่าน เป็ด ไก่ ภู จระเข้ หรือสัตว์ป่า ตามกฎหมายว่าด้วยการสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า เพื่อการค้า

(5) สุสานและฌาปนสถานตามกฎหมายว่าด้วยสุสานและฌาปนสถาน

(6) จัดสรรที่ดินเพื่อประกอบอุตสาหกรรม

(7) โรงฆ่าสัตว์

(8) ไซโลเก็บผลิตผลทางการเกษตร

(9) กำจัดมูลฝอย

(10) ซ้ำขยายเศษวัสดุ

การใช้ประโยชน์ที่ดินริมทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2068 สายแยกทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (โคกกรวด) - บรรจบทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 205 (โนนไทย) ให้มีที่ว่างตามแนวนานริมเขตทางไม่น้อยกว่า 6 เมตร

การใช้ประโยชน์ที่ดินริมฝั่งตามสภาพธรรมชาติของลำคลองหรือแหล่งน้ำสาธารณะ ให้มีที่ว่างตามแนวนานริมฝั่งตามสภาพธรรมชาติของลำคลองหรือแหล่งน้ำสาธารณะไม่น้อยกว่า 6 เมตร เว้นแต่เป็นการก่อสร้างเพื่อการคมนาคมทางน้ำ หรือการสาธารณูปโภค

ข้อ 10 ที่ดินประเภทอุตสาหกรรมและคลังสินค้า ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่ออุตสาหกรรม
คลังสินค้า สถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการ
ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการอื่น ให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละสิบห้าของแปลงที่ดินที่ยื่นขออนุญาต

ที่ดินประเภทนี้ ห้ามใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการตามที่กำหนด ดังต่อไปนี้

- (1) สุสานและฌาปนสถานตามกฎหมายว่าด้วยสุสานและฌาปนสถาน
- (2) โรงแรมตามกฎหมายว่าด้วยโรงแรม
- (3) โรงมหรสพตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร
- (4) สถานบริการตามกฎหมายว่าด้วยสถานบริการ
- (5) จัดสรรที่ดินเพื่อการอยู่อาศัยหรือประกอบพาณิชยกรรม
- (6) การอยู่อาศัยประเภทห้องชุด อาคารชุด หรือหอพัก เว้นแต่เป็นกิจการที่เป็น
ส่วนหนึ่งของโรงงาน
- (7) สถานสงเคราะห์หรือรับเลี้ยงเด็ก
- (8) สถานสงเคราะห์หรือรับเลี้ยงคนชรา
- (9) สถานสงเคราะห์หรือรับเลี้ยงคนพิการ
- (10) สถาบันการศึกษาหรือโรงเรียน
- (11) โรงพยาบาล

การใช้ประโยชน์ที่ดินริมทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 สายสระบุรี - หนองคาย (เขตแดน)
ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2068 สายแยกทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (โคกกรวด) - บรรจบทาง
หลวงแผ่นดินหมายเลข 205 (โนนไทย) และทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 สายนครราชสีมา -
บรรจบทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 24 (โชคชัย) ให้มีที่ว่างตามแนวนานริมเขตทางไม่น้อยกว่า 6
เมตร

การใช้ประโยชน์ที่ดินริมฝั่งตามสภาพธรรมชาติของคลองหรือแหล่งน้ำสาธารณะ ให้มี
ที่ว่างตามแนวนานริมฝั่งตามสภาพธรรมชาติของลำคลองหรือแหล่งน้ำสาธารณะไม่น้อยกว่า 6
เมตร เว้นแต่เป็นการก่อสร้างเพื่อการคมนาคมทางน้ำ หรือการสาธารณูปโภค

ข้อ 11 ที่ดินประเภทอุตสาหกรรมเฉพาะกิจ ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่ออุตสาหกรรมที่
ให้บริการแก่ชุมชนอุตสาหกรรมที่ประกอบกิจการโดยไม่เป็นมลพิษต่อชุมชนหรือสิ่งแวดล้อม
คลังสินค้า สถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการ
ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการอื่น ให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละสิบห้าของแปลงที่ดินที่ยื่นขออนุญาต

ที่ดินประเภทนี้ ห้ามใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการตามที่กำหนด ดังต่อไปนี้

- (1) สุสานและฌาปนสถานตามกฎหมายว่าด้วยสุสานและฌาปนสถาน

- (2) โรงแรมตามกฎหมายว่าด้วยโรงแรม
- (3) โรงมหรสพตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร
- (4) สถานบริการตามกฎหมายว่าด้วยสถานบริการ
- (5) จัดสรรที่ดินเพื่อการอยู่อาศัยหรือประกอบพาณิชย์กรรม
- (6) การอยู่อาศัยประเภทห้องชุด อาคารชุด หรือหอพัก
- (7) สถานสงเคราะห์หรือรับเลี้ยงเด็ก
- (8) สถานสงเคราะห์หรือรับเลี้ยงคนชรา
- (9) สถานสงเคราะห์หรือรับเลี้ยงคนพิการ
- (10) สถาบันการศึกษาหรือโรงเรียน
- (11) โรงพยาบาล

การใช้ประโยชน์ที่ดินริมทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 สายสระบุรี - หอนงคาย (เขตแดน) ให้มีที่ว่างตามแนวนานริมเขตทางไม่น้อยกว่า 6 เมตร

การใช้ประโยชน์ที่ดินริมฝั่งตามสภาพธรรมชาติของลำคลองหรือแหล่งน้ำสาธารณะ ให้มีที่ว่างตามแนวนานริมฝั่งตามสภาพธรรมชาติของลำคลองหรือแหล่งน้ำสาธารณะไม่น้อยกว่า 6 เมตร เว้นแต่เป็นการก่อสร้างเพื่อการคมนาคมทางน้ำ หรือการสาธารณูปโภค

ข้อ 12 ที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเกษตรกรรมหรือเกี่ยวข้องกับเกษตรกรรม สถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการอื่น ให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละสามสิบของแปลงที่ดินที่ยื่นขออนุญาต

ที่ดินประเภทนี้ ห้ามใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการตามที่กำหนด ดังต่อไปนี้

- (1) โรงงานทุกจำพวกตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน เว้นแต่โรงงานตามประเภทชนิดและจำพวกที่กำหนดให้ดำเนินการได้ตามบัญชีท้ายกฎกระทรวงนี้ และโรงงานบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน
- (2) สถานที่บรรจุก๊าซและสถานที่เก็บก๊าซตามกฎหมาย ว่าด้วยการบรรจุก๊าซ ปิโตรเลียมเหลว แต่ไม่หมายความรวมถึงสถานบริการ ร้านจำหน่ายก๊าซ สถานที่ใช้ก๊าซ และสถานที่จำหน่ายอาหารที่ใช้ก๊าซ
- (3) สถานที่ที่ใช้ในการเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อจำหน่ายที่ต้องขออนุญาตตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมน้ำมันเชื้อเพลิง เว้นแต่เป็นสถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิง
- (4) โรงแรมตามกฎหมายว่าด้วยโรงแรม
- (5) จัดสรรที่ดินเพื่อประกอบอุตสาหกรรม

(6) จัดสรรที่ดินเพื่อประกอบพาณิชย์กรรม เว้นแต่เป็นส่วนหนึ่งของการจัดสรรที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย และมีพื้นที่ไม่เกินร้อยละห้าของพื้นที่โครงการทั้งหมด

(7) การอยู่อาศัยหรือประกอบพาณิชย์กรรมประเภทอาคารขนาดใหญ่

(8) การอยู่อาศัยหรือประกอบพาณิชย์กรรมประเภทห้องแถว ตึกแถว หรือบ้านแถว เว้นแต่เป็นการดำเนินการในโครงการจัดสรรที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย และมีพื้นที่ไม่เกินร้อยละห้าของพื้นที่โครงการทั้งหมด

(9) การอยู่อาศัยประเภทห้องชุด อาคารชุด หรือหอพัก

ถ้ามีการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการจัดสรรที่ดินเพื่อประกอบพาณิชย์กรรมตาม (6) และเพื่อการอยู่อาศัยหรือประกอบพาณิชย์กรรมประเภทห้องแถว ตึกแถว หรือบ้านแถว ตาม (8) ดำเนินการอยู่ในการจัดสรรที่ดินเพื่อการอยู่อาศัยโครงการเดียวกัน ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการดังกล่าวรวมกันไม่เกินร้อยละห้าของพื้นที่โครงการทั้งหมด

ข้อห้ามการใช้ประโยชน์ที่ดินตาม (7) และ (9) มิให้ใช้บังคับในกรณีการดำเนินการของการเคหะแห่งชาติที่ได้รับเงินอุดหนุนจากรัฐเพื่อรองรับโครงการโยกย้ายชุมชนแออัด

การใช้ประโยชน์ที่ดินริมทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 สายสระบุรี - หนองคาย (เขตแดน) ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2068 สายแยกทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (โคกกรวด) - บรรจบทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 205 (โนนไทย) ให้มีที่ว่างตามแนวนานริมเขตทางไม่น้อยกว่า 6 เมตร

การใช้ประโยชน์ที่ดินริมฝั่งตามสภาพธรรมชาติของลำคลองหรือแหล่งน้ำสาธารณะ ให้มีที่ว่างตามแนวนานริมฝั่งตามสภาพธรรมชาติของลำคลองหรือแหล่งน้ำสาธารณะไม่น้อยกว่า 6 เมตร เว้นแต่เป็นการก่อสร้างเพื่อการคมนาคมทางน้ำ หรือการสาธารณูปโภค

ข้อ 13 ที่ดินประเภทที่โล่งเพื่อนันทนาการและการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม เฉพาะที่เป็นของรัฐ ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อนันทนาการหรือเกี่ยวข้องกับนันทนาการ การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมหรือสาธารณประโยชน์เท่านั้น

ที่ดินประเภทนี้ซึ่งเอกชนเป็นเจ้าของหรือผู้ครอบครองโดยชอบด้วยกฎหมาย ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อนันทนาการหรือเกี่ยวข้องกับนันทนาการ การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม การอยู่อาศัย เกษตรกรรมหรือเกี่ยวข้องกับเกษตรกรรม การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ หรือสาธารณประโยชน์เท่านั้น และห้ามใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการตามที่กำหนด ดังต่อไปนี้

(1) เลี้ยงม้า โค กระบือ สุกร แพะ แกะ ห่าน เป็ด ไก่ จระเข้ หรือสัตว์ป่า ตามกฎหมายว่าด้วยการสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า เพื่อการค้า

(2) จัดสรรที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย

(3) การอยู่อาศัยประเภทอาคารขนาดใหญ่

(4) การอยู่อาศัยประเภทห้องแถว ตึกแถว หรือบ้านแถว

การใช้ประโยชน์ที่ดินริมทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 สายสระบุรี - หนองคาย (เขตแดน) และทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2068 สายแยกทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (โคกกรวด) - บรรจบทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 205 (โนนไทย) ให้มีที่ว่างตามแนวนานริมเขตทางไม่น้อยกว่า 6 เมตร

การใช้ประโยชน์ที่ดินริมฝั่งตามสภาพธรรมชาติของลำคลอง คูเมือง หรือแหล่งน้ำสาธารณะ ให้มีที่ว่างตามแนวนานริมฝั่งตามสภาพธรรมชาติของลำคลอง คูเมือง หรือแหล่งน้ำสาธารณะไม่น้อยกว่า 6 เมตร เว้นแต่เป็นการก่อสร้างเพื่อการคมนาคมทางน้ำ หรือการสาธารณูปโภค

ข้อ 14 ที่ดินประเภทสถาบันการศึกษา ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการศึกษาหรือเกี่ยวข้องกับการศึกษา สถาบันราชการ หรือสาธารณประโยชน์เท่านั้น

ข้อ 15 ที่ดินประเภทสถาบันศาสนา ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อศาสนาหรือเกี่ยวข้องกับการศาสนา การศึกษา สถาบันราชการ หรือสาธารณประโยชน์เท่านั้น

ข้อ 16 ที่ดินประเภทสถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการของรัฐ กิจการเกี่ยวกับการสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ หรือสาธารณประโยชน์เท่านั้น

ข้อ 17 ที่ดินประเภทโครงการคมนาคมและขนส่ง ให้ใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อก่อสร้างถนน การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการที่เกี่ยวข้อง หรือเกษตรกรรมเท่านั้น

ข้อ 18 ให้ผู้มีอำนาจหน้าที่ในการควบคุมการก่อสร้างอาคาร หรือการประกอบกิจการในเขตผังเมืองรวมปฏิบัติการให้เป็นไปตามกฎกระทรวงนี้

ให้ไว้ ณ วันที่ 24 พฤษภาคม พ.ศ. 2547

ประมวล รุจนเสรี

รัฐมนตรีช่วยว่าการฯ ปฏิบัติราชการแทน

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทย

ภาคผนวก ค

การใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลนครราชสีมา

ปี พ.ศ.2551

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

LUCODE	DES_TH	DES_EN	พื้นที่(ไร่)	พื้นที่ (ตารางเมตร)
A100	นาร้าง	Abandoned paddy field	53	84942.67
A100	นาร้าง	Abandoned paddy field	234	373780.57
A100	นาร้าง	Abandoned paddy field	4	7035.55
A100	นาร้าง	Abandoned paddy field	10	16296.28
A100	นาร้าง	Abandoned paddy field	18	28557.84
A101	นา	Rice paddy	0	259.84
A101	นา	Rice paddy	72	115342.51
A101	นา	Rice paddy	7	10656.00
A204	มันสำปะหลัง	Cassava	10	16273.70
A204	มันสำปะหลัง	Cassava	0	186.87
A317/A401	หมาก/ไม้ผลผสม	Batel palm/Mixed orchard	29	47132.89
A401	ไม้ผลผสม	Mixed orchard	26	42029.49
A401	ไม้ผลผสม	Mixed orchard	51	81419.48
A401	ไม้ผลผสม	Mixed orchard	12	18853.45
A401	ไม้ผลผสม	Mixed orchard	25	39633.97
A401	ไม้ผลผสม	Mixed orchard	22	35307.13
A405	มะพร้าว	Coconut	56	89755.50
A418	ชมพู	Rose apple	5	8515.42
A422	มะนาว	Lime	4	7053.87
A502	พืชผัก	Truck crop	86	137542.29
A502	พืชผัก	Truck crop	35	56732.95
A502	พืชผัก	Truck crop	11	16933.68
A502	พืชผัก	Truck crop	16	25969.63
A502	พืชผัก	Truck crop	9	14226.81
A502	พืชผัก	Truck crop	20	31418.80
A502	พืชผัก	Truck crop	10	15952.73
A502	พืชผัก	Truck crop	8	12234.48
A502	พืชผัก	Truck crop	735	1176055.83
A502	พืชผัก	Truck crop	536	857015.57
A502	พืชผัก	Truck crop	71	112890.81
A502	พืชผัก	Truck crop	26	41877.93
A502	พืชผัก	Truck crop	34	53861.65
A502	พืชผัก	Truck crop	21	33883.23
A502	พืชผัก	Truck crop	199	318212.70

LUCODE	DES_TH	DES_EN	พื้นที่(ไร่)	พื้นที่ (ตารางเมตร)
A503	ไม้ดอก	Floricultural	9	14115.71
A503	ธิดาออร์คิด	Floricultural	11	18204.81
A503	ไม้ดอก	Floricultural	12	19893.20
A902	สถานที่เพาะเลี้ยงปลา	Fish farm	26	41540.29
A902	สถานที่เพาะเลี้ยงปลา	Fish farm	2	3707.65
F200	ป่าผลัดใบรกร้างพื้นที่	Disturbed deciduous forest	35	56188.33
M101	ทุ่งหญ้า	Grass	17	27592.33
M101	ทุ่งหญ้า	Grass	104	166076.08
M102	ไม้ละเมาะ	Scrub	20	31321.02
M102	ไม้ละเมาะ	Scrub	28	45202.58
M102	ไม้ละเมาะ	Scrub	16	26064.21
M102	ไม้ละเมาะ	Scrub	22	35658.08
M102	ไม้ละเมาะ	Scrub	36	56865.62
M102	ไม้ละเมาะ	Scrub	72	115946.03
M102	ไม้ละเมาะ	Scrub	11	17511.57
M102	ไม้ละเมาะ	Scrub	24	38630.31
M102	ไม้ละเมาะ	Scrub	26	42179.20
M102	ไม้ละเมาะ	Scrub	8	13592.01
M102	ไม้ละเมาะ	Scrub	15	24064.33
M102	ไม้ละเมาะ	Scrub	34	54453.71
M102	ไม้ละเมาะ	Scrub	3	4304.43
M102	ไม้ละเมาะ	Scrub	18	28514.86
M102	ไม้ละเมาะ	Scrub	26	41004.98
M102	ไม้ละเมาะ	Scrub	20	31597.84
M2	พื้นที่ชุ่ม	Marsh and Swamp	24	38010.53
M2	พื้นที่ชุ่ม	Marsh and Swamp	33	53098.96
M2	พื้นที่ชุ่ม	Marsh and Swamp	24	39017.74
M2	พื้นที่ชุ่ม	Marsh and Swamp	8	12383.12
M2	พื้นที่ชุ่ม	Marsh and Swamp	2	2954.99
M2	พื้นที่ชุ่ม	Marsh and Swamp	172	275998.16
M2	พื้นที่ชุ่ม	Marsh and Swamp	69	110612.26
M405	พื้นที่ถม	Landfill	28	44211.63
M405	พื้นที่ถม	Landfill	4	5627.30
U1	อำเภอเมือง	Amphoe Mueang	14	21654.59
U1	อำเภอเมือง	Amphoe Mueang	18	28883.56
U1	อำเภอเมือง	Amphoe Mueang	1386	2217342.24

LUCODE	DES_TH	DES_EN	พื้นที่(ไร่)	พื้นที่ (ตารางเมตร)
U1	อำเภอเมือง	Amphoe Mueang	228	364993.80
U1	อำเภอเมือง	Amphoe Mueang	353	565233.76
U1	อำเภอเมือง	Amphoe Mueang	1563	2500334.37
U1	อำเภอเมือง	Amphoe Mueang	1323	2116189.36
U1	อำเภอเมือง	Amphoe Mueang	11220	17952704.20
U1	อำเภอเมือง	Amphoe Mueang	41	65507.93
U201	บ้านหนองปรือ	Ban Nong Prue	2	3323.08
U201	บ้านวิโรจน์พัฒนา,บ้าน แสนสุข	Ban Wirot Phatthana,Ban Saen Suk	164	262392.15
U201	บ้าน โนน ไม้แดง	Ban Non Mai Daeng	5	8410.99
U201	บ้านหนองหญ้างาม	Ban Nong Ya Ngam	9	15151.03
U201	บ้านหนองหญ้างาม	Ban Nong Ya Ngam	18	28141.45
U201	บ้านตะคองเก่า	Ban Takhong Kao	7	10854.60
U201	บ้านหนองหญ้างาม	Ban Nong Ya Ngam	4	6643.43
U201	บ้านหนองหญ้างาม	Ban Nong Ya Ngam	9	14056.34
U201	บ้านห้วยถนน	Ban Hua Thanon	1	1962.56
U201	บ้านศรีษะละเลิง	Ban Si Sa Laloeng	55	87259.91
U201	บ้านหนองหญ้างาม	Ban Nong Ya Ngam	40	63980.10
U201	บ้านภูเขาลาด	Ban Phukhai Lat	2	3296.61
U201	บ้านศรีษะละเลิง	Ban Si Sa Laloeng	304	486953.45
U201	บ้านหนองหญ้างาม	Ban Nong Ya Ngam	45	72136.06
U201	บ้านตะคองเก่า	Ban Takhong Kao	199	318824.14
U201	บ้านตะคองเก่า	Ban Takhong Kao	3	4478.63
U201	บ้านห้วยทะเล	Ban Hua Thale	97	155997.67
U3	โรงเรียนสุรนารีวิทยา 2	Rongrian Sura Nari Witthaya 2	22	35456.44
U3	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคล อีสาน	Rajamongkhon University of Technology Esan	291	465573.74
U3	วัดป่าละวัน	Wat Pa Salawan	49	77616.53
U3	เขื่อนระบายน้ำคนชุม	Institutional land	5	7363.54
U3	บ้านนริศวัด	Institutional land	21	32909.34
U3	โรงพยาบาลค่ายสุรนารี	Institutional land	6	9917.07
U3	ค่ายสุรนารี	Institutional land	95	152277.14
U3	โรงพยาบาลเซ็นต์แมรี่	Institutional land	40	64020.56
U3	โรงเรียนอัสสัมชัญ นครราชสีมา	Institutional land	35	55395.28

LUCODE	DES_TH	DES_EN	พื้นที่(ไร่)	พื้นที่ (ตารางเมตร)
U3	วัดสวนพริกไทย	Wat Saon Prek Thai	17	26789.35
U3	โรงเรียน โคราทพิทยาคม	Rongrain Korat Phitthayakhom	54	86036.66
U3	โรงพยาบาลจิตเวช นครราชสีมา	Institutional land	48	76893.40
U3	แขวงทางหลวง นครราชสีมาที่ 2	Institutional land	10	16275.92
U3	มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครราชสีมา	Rajabhat Nakhon Ratchasima University	206	328947.28
U3	ศูนย์ป้องกันและบรรเทา สาธารณภัยเขต 5 นครราชสีมา	Institutional land	118	188868.03
U3	สำนักงานสรรพากร เขต 9	Institutional land	5	8451.97
U3	องค์การบริหารส่วนตำบล บ้านเกาะ	Ban Ko Tambon Administration Organization	2	3826.11
U3	วัดแดนสงบอสาหาราม	Wat Dean Sa-Ngop Atsapharam	85	135861.65
U3	สถานพินิจและคุ้มครอง เด็กและเยาวชนจังหวัด นครราชสีมา	Observation and Protection Center	87	138418.57
U3	โรงเรียนนครราชสีมา ปัญญานุกูล	Rongrian Suesa Phiset Nakhon Ratchasima	85	136349.43
U3	โรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย	Rongrian Ratchasima Vittayalai	70	111832.53
U3	ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระ เกียรติ	Institutional land	259	414963.38
U3	สำนักงานพลังงานภูมิภาคที่ 5	Institutional land	3	4607.38
U3	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่ง ประเทศไทย สถานี ไฟฟ้าแรงสูง นครราชสีมา 1	Institutional land	26	41077.83
U3	โรงพยาบาลมหาราช	Institutional land	110	175694.36
U3	สำนักทางหลวงที่ 8 แขวง การทาง นครราชสีมา ที่ 1	Institutional land	20	32727.28
U403	สถานีขนส่งผู้โดยสาร จ. นครราชสีมา แห่งที่ 2	Bus station	99	158549.26
U405	ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 24	Highway No.24	499	797976.30

LUCODE	DES_TH	DES_EN	พื้นที่(ไร่)	พื้นที่ (ตารางเมตร)
U502	โรงสีไทยสวัสดิ์	Factory	31	50021.32
U502	บริษัทโอตสดภา จำกัด	Factory	34	54320.23
U502	โรงงานอุตสาหกรรม	Factory	17	27205.81
U503	ตลาดกลางสุรนคร	Agricultural product trading centers	80	127696.11
U503	เดอะ มอลล์ โคราช	The Mall Korat	57	90932.75
U503	โลตัส	Lotus	19	29624.07
U503	บิ๊กซี	Big C	11	17024.20
U503	แมคโคร	Makro	25	40708.43
U601	โรงแรมสีมธานี	Recreation area	51	82176.23
U601	โรงแรมเฮอริเมท	Hermitage Hotel	20	32507.57
U602	สนามกอล์ฟ	Golf course	20	32058.05
W102	บึงตาหลวง	Bung Ta Lua	0	104.51
W102	บึง	Natural water resource	13	20539.35
W102	บึงทะเล	Bueng Thale	98	157130.88
W201	อ่างเก็บน้ำ	Reservoir	23	36778.92
W202	บ่อน้ำในไร่นา	Farm pond	10	15294.36
W202	บ่อน้ำในไร่นา	Farm pond	0	158.26
W202	บ่อน้ำในไร่นา	Farm pond	10	15360.35
W202	บ่อน้ำในไร่นา	Farm pond	21	33276.65
W202	บ่อน้ำในไร่นา	Farm pond	3	5587.69
W202	บ่อน้ำในไร่นา	Farm pond	4	6125.95

The logo of Sakon Nakhon Rajabhat University is a circular emblem. At the top is a tall, tiered stupa. Below it is a silhouette of a person standing on a pedestal. The base of the emblem features a gear-like or sunburst pattern. The university's name in Thai is written in a circular path around the bottom of the emblem.

ภาคผนวก ง

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

เอกราช แลวฤทธิ์ และ นัตรเพชร ยศพล (2557) การทำนายความต้องการน้ำและการประเมินขีด
 ความสามารถระบบโครงข่ายท่อส่งน้ำประปาของเทศบาลนครราชสีมา การประชุม
 วิชาการ “นเรศวร วิจัย” ครั้งที่ 10 : เครือข่ายวิจัย สร้างความรู้สู่อาเซียนวันที่ 22 – 23
 กรกฎาคม 22557 มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก





บทนำ

น้ำเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการดำรงชีวิต โดยทั่วไปกิจกรรมการใช้น้ำที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันประกอบด้วย การอุปโภคบริโภค ซึ่งปัจจุบันแหล่งน้ำต่าง ๆ ที่ใช้เป็นแหล่งน้ำดิบมีปริมาณค่อนข้างจำกัด ประกอบกับจำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้น น้ำสะอาด คือ น้ำที่เหมาะสมต่อการบริโภค ดังนั้นการทำน้ำสะอาดเพื่อการบริโภคจึงมีความจำเป็นการวางแผนการใช้น้ำให้เพียงพอต่อปริมาณความต้องการความต้องการปริมาณใช้เพื่อกิจกรรมต่าง ๆ นั้นเพิ่มขึ้นตามลำดับ ในส่วนของการใช้น้ำที่สำคัญในการดำรงชีวิตคือกิจกรรมการอุปโภคบริโภค นั้นเกี่ยวข้องกับลักษณะการใช้น้ำในแต่ละเมืองที่ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยที่กำหนดปริมาณความต้องการน้ำ (Water System Design Manual, 2009) เช่น รายได้ของประชากร ลักษณะการใช้ที่ดิน ความหนาแน่นของประชากร เป็นต้น ซึ่งประเภทการใช้น้ำที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิต คือ การใช้น้ำประปาด้วยเหตุนี้เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของประชากร การขยายตัวของเศรษฐกิจ จึงต้องมีการวางแผนการใช้น้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุดเพื่อให้มีปริมาณน้ำใช้ที่เพียงพอต่อความต้องการที่เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกันในทางวิศวกรรมกรรมหน้าที่ของวิศวกร คือ การออกแบบทางด้านวิศวกรรมประปาเพื่อประมาณความต้องการน้ำ หรือค่าสัดส่วนอัตราการใช้น้ำสูงสุดที่มีอิทธิพลในการออกแบบหน่วยการผลิตหรือระบบจ่ายน้ำประปาได้แก่สัดส่วนอัตราการใช้น้ำสูงสุดในรอบวัน (Daily Peaking Factor) และสัดส่วนอัตราการใช้น้ำสูงสุดในรอบชั่วโมง (Hourly Peaking Factor) ซึ่งค่าสัดส่วนอัตราการใช้น้ำสูงสุดทั้ง 2 ค่านี้สามารถคำนวณ (AWWA, 1989) มีความสำคัญอย่างยิ่งหากมีการออกแบบที่ผิดพลาดทำให้ ขนาดของระบบผลิตน้ำประปาไม่เพียงพอต่อความต้องการ หรือสิ้นเปลืองในกรณีที่มีการออกแบบเกินค่าความต้องการน้ำจริง

โดยปกติแล้วปริมาณความต้องการน้ำใช้สำหรับชุมชนใดๆ จะถูกแบ่งโดยกิจกรรมที่มีการใช้น้ำที่แตกต่างกัน ออกไปอันได้แก่ น้ำใช้ในครัวเรือน น้ำใช้ในการพาณิชย์กรรม น้ำใช้สำหรับราชการ น้ำใช้สำหรับภาคอุตสาหกรรม (Wong, 1972; Young, 1973; Willisie and Pratt, 1974) น้ำสูญเสีย ทั้งทราบสาเหตุและไม่ทราบสาเหตุ ซึ่งสัดส่วนของความต้องการน้ำใช้ประเภทต่างๆ จะมีความแตกต่างกันแต่ละชุมชน แต่อย่างไรก็ตามปริมาณการใช้น้ำสำหรับการพาณิชย์กรรม และปริมาณความต้องการน้ำสำหรับราชการ หน่วยงาน และสถาบันนั้น มักจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำใช้สำหรับอาคารบ้านเรือนกล่าวคือ ปริมาณน้ำทั้ง 3 ส่วนนี้จะเปลี่ยนแปลงมาจากปัจจัยชุดเดียวกัน เช่น จำนวนประชากร ระดับรายได้ของประชากร พฤติกรรมการใช้น้ำของประชากร และเป็นการใช้น้ำด้วยจุดมุ่งหมายเดียวกัน คือ การใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค (ฉัตรเพชร ยศพล, 2536) ส่วนการใช้น้ำสำหรับอุตสาหกรรมและน้ำสูญเสียจะเป็นการใช้น้ำเพื่อจุดมุ่งหมายที่แตกต่างกันออกไป นอกจากนี้ยังพบว่าความแตกต่างระหว่างแหล่งน้ำและปริมาณความต้องการน้ำมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามเวลาไปด้วย (Karen asssef, 2009) สำหรับการประมาณการปริมาณความต้องการน้ำใช้ต่ำสุดอยู่ที่ 100 ลิตรต่อคนต่อวัน ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 150 ลิตรต่อคนต่อวัน ที่เป็นมาตรฐานสำหรับความต้องการน้ำสำหรับชุมชน (WIO, 2003) นอกจากนี้ยังมีการนำเอาเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจเพื่อประเมินความต้องการน้ำในอนาคตและวางแผนการประมาณความต้องการน้ำเพื่อลดความไม่แน่นอนของทำนายความต้องการน้ำใช้ในอนาคตคือ DFMS (Decision Support System) ที่ถูกประเมินในประเทศอังกฤษ (M.Luay Froukh, 2001)

ค่าปริมาณความต้องการน้ำที่ใช้ในการประกอบการพิจารณาออกแบบงานด้านวิศวกรรมประปา โดยใช้ในการออกแบบกำลังการผลิตของระบบผลิตประปา ออกแบบท่อส่งน้ำดิบและออกแบบระบบท่อประกอบแบบประปาในอนาคต

การพยากรณ์หรือการประเมินความต้องการน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการดำเนินงานของระบบน้ำประปา การคาดการณ์ที่ถูกต้องประกอบด้วยความต้องการน้ำทั้งในระยะสั้น ระยะกลางหรือระยะยาว (K.B. Khattar and K. Vairavamoorthy, 2008) ดังนั้น ในการศึกษาถึงปริมาณความต้องการน้ำและปริมาณการเกิดน้ำเสียเพื่อนำค่าที่ประเมินหรือทำนายอย่างถูกต้องแม่นยำหรือใกล้เคียงกับค่าปริมาณที่จะเกิดขึ้นจริงอนาคตไปใช้งานก็จะสามารถลดปัญหาข้างต้นลงได้



เทศบาลนครนครราชสีมาได้จัดสรรงบประมาณกว่า 1,100 ล้านบาทและได้รับเงินสนับสนุนงบประมาณจากรัฐบาลกว่า 2,600 ล้านบาท ในการก่อสร้างระบบประปาแห่งใหม่กำลังการผลิต 4,000 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และระบบสายส่งท่อน้ำดิบใหม่ในการลำเลียงน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำลำสะแกมาใช้ในการผลิตน้ำประปา โดยมีแผนที่จะเปิดใช้ระบบประปาใหม่ในปี 2554

อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าเทศบาลนครฯ จะมีระบบประปาใหม่ที่มีขนาดกำลังการผลิตที่เพิ่มมากขึ้น แต่เทศบาลนครฯ ยังไม่ได้วางแผนในการขยายหรือขีดความสามารถของระบบท่อจ่ายน้ำ ดังนั้นในส่วนของวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วยวัตถุประสงค์ 2 ข้อประกอบด้วย

- 1) เพื่อศึกษาการประมาณปริมาณความต้องการน้ำในเขตเทศบาลนครราชสีมาโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
- 2) เพื่อตรวจสอบถึงขีดความสามารถของระบบท่อจ่ายน้ำในเขตเทศบาลนครราชสีมา ในการรองรับปริมาณความต้องการน้ำที่เพิ่มขึ้นในอนาคต

ในส่วนของสมมุติฐานในการวิจัยครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์และประเมินความต้องการน้ำในเขตเทศบาลนครราชสีมา ซึ่งค่าที่ได้จากการประมาณการนี้ให้ผลเทียบเท่าเช่นเดียวกับการประเมินความต้องการน้ำในแบบทั่วไป

วัตถุประสงค์และวิธีการ

การวิจัยนี้จัดเป็นการวิจัยเชิงประยุกต์ เพื่อศึกษาการประมาณปริมาณความต้องการน้ำในเขตเทศบาลนครราชสีมา โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์พร้อมทั้งตรวจสอบถึงขีดความสามารถของระบบท่อจ่ายน้ำในเขตเทศบาลนครราชสีมา ในการรองรับปริมาณความต้องการน้ำที่เพิ่มขึ้นในอนาคต ซึ่งการรวบรวมข้อมูลจะรวบรวมแหล่งข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ โดยแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ คือ อัตราการใช้ในเขตเทศบาลนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ส่วนข้อมูลทุติยภูมิ คือ ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำและข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่อยู่ภายในเขตเทศบาลนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ประกอบการวิเคราะห์และประเมินปริมาณความต้องการน้ำในเขตเทศบาลนครราชสีมา ในการรองรับปริมาณความต้องการน้ำและอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้นในอนาคตและหาแนวทางในการปรับปรุงเพื่อให้สอดคล้องกับปริมาณความต้องการน้ำที่เพิ่มขึ้น เทศบาลนครราชสีมา มีพื้นที่ประมาณ 37.50 ตารางกิโลเมตร หรือ 23,430 ไร่ 2 งาน หรือประมาณร้อยละ 4.96 ของพื้นที่อำเภอเมืองนครราชสีมา (อำเภอเมืองนครราชสีมา มีพื้นที่ประมาณ 755.596 ตารางกิโลเมตร หรือ ประมาณร้อยละ 0.18) ประกอบด้วยข้อมูลประชากรในเขตต่างๆ ในพื้นที่บริการของสำนักงานการประปา เทศบาลเมืองนครราชสีมา จำนวนทั้งสิ้น 136,153 คน โดยแบ่งเป็นหญิง 72,134 คน เป็นชาย 64,019 คน จำนวนบ้านเรือน 64,618 หลังคาเรือน และจำนวนครอบครัว 33,344 ครอบครัว (เดือนธันวาคม 2556) ประชากรส่วนใหญ่เป็นคนในท้องถิ่นและอพยพมาจากจังหวัดใกล้เคียงการศึกษาการประเมินความต้องการน้ำและปรับปรุงระบบท่อจ่ายน้ำในงานวิจัยนี้ เลือกใช้พื้นที่เป้าหมาย คือ เขตเทศบาลเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นเขตที่อยู่ในพื้นที่ให้บริการของสำนักงานการประปาเทศบาลเมืองนครราชสีมาทั้งหมด เขตพื้นที่บริการ 20 ที่อยู่ในอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ทั้งหมดครอบคลุมทุกเขตดังแสดงในรูปที่ 1



เทศบาลนครนครราชสีมาได้จัดสรรงบประมาณกว่า 1,100 ล้านบาทและได้รับเงินสนับสนุนงบประมาณจากรัฐบาลกว่า 2,600 ล้านบาท ในการก่อสร้างระบบประปาแห่งใหม่กำลังการผลิต 4,000 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และระบบลำเลียงท่อน้ำดิบใหม่ในการลำเลียงน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำลำตะของมาใช้ในการผลิตน้ำประปา โดยมีแผนที่จะเปิดใช้ระบบประปาใหม่ในปี 2554

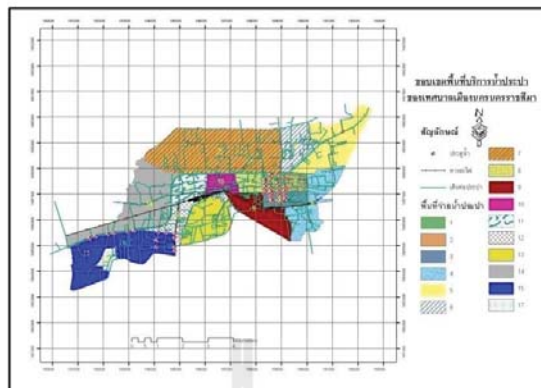
อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าเทศบาลนครฯ จะมีระบบประปาใหม่ที่มีขนาดกำลังการผลิตที่เพิ่มมากขึ้น แต่เทศบาลนครฯ ยังไม่ได้วางแผนในการขยายหรือขีดความสามารถของระบบท่อย่อยน้ำ ดังนั้นในส่วนของผู้ประกอบการวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วยวัตถุประสงค์ 2 ข้อประกอบด้วย

- 1) เพื่อศึกษาการประมาณปริมาณความต้องการน้ำในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
- 2) เพื่อตรวจสอบถึงขีดความสามารถของระบบท่อย่อยน้ำในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ในการรองรับปริมาณความต้องการน้ำที่เพิ่มขึ้นในอนาคต

ในส่วนของสมมุติฐานในการวิจัยครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์และประเมินความต้องการน้ำในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ซึ่งค่าที่ได้จากการประมาณการนี้ให้ผลเทียบเท่าเช่นเดียวกับการประเมินความต้องการน้ำในแบบทั่วไป

วัตถุประสงค์และวิธีการ

การวิจัยนี้จัดเป็นการวิจัยเชิงประยุกต์ เพื่อศึกษาการประมาณปริมาณความต้องการน้ำในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์รวมทั้งตรวจสอบถึงขีดความสามารถของระบบท่อย่อยน้ำในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ในการรองรับปริมาณความต้องการน้ำที่เพิ่มขึ้นในอนาคต ซึ่งการรวบรวมข้อมูลจะรวบรวมแหล่งข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ โดยแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ คือ อัตราการใช้น้ำในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ส่วนข้อมูลทุติยภูมิ คือ ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำและข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่อยู่ภายใต้เขตเทศบาลนครนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ประกอบการวิเคราะห์และประเมินปริมาณความต้องการน้ำในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ในการรองรับปริมาณความต้องการน้ำและอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้นในอนาคตและหาแนวทางในการปรับปรุงอย่างเพื่อให้สอดคล้องกับปริมาณความต้องการน้ำที่เพิ่มขึ้น เทศบาลนครนครราชสีมา มีพื้นที่ประมาณ 37.50 ตารางกิโลเมตร หรือ 23,430 ไร่ 2 งาน หรือประมาณร้อยละ 4.96 ของพื้นที่อำเภอเมืองนครราชสีมา (อำเภอเมืองนครราชสีมา มีพื้นที่ประมาณ 755.596 ตารางกิโลเมตร หรือ ประมาณร้อยละ 0.18) ประกอบด้วยข้อมูลประชากรในเขตต่างๆ ในพื้นที่บริการของสำนักงานการประปา เทศบาลเมืองนครราชสีมา จำนวนทั้งสิ้น 136,153 คน โดยแบ่งเป็นหญิง 72,134 คน เป็นชาย 64,019 คน จำนวนบ้านเรือน 64,618 หลังคาเรือน และจำนวนครอบครัว 33,344 ครอบครัว (เดือนธันวาคม 2556) ประชากรส่วนใหญ่เป็นคนในท้องถิ่นและอพยพมาจากจังหวัดใกล้เคียงการศึกษาการประเมินความต้องการน้ำและปรับปรุงระบบท่อย่อยน้ำในงานวิจัยนี้ เลือกใช้พื้นที่เป้าหมาย คือ เขตเทศบาลเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นเขตที่อยู่ในพื้นที่ให้บริการของสำนักงานการประปาเทศบาลเมืองนครราชสีมาทั้งหมด เขตพื้นที่บริการ 20 ที่ อยู่ในอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ทั้งหมดครอบคลุมทุกเขตดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงพื้นที่ศึกษา

จากนั้นจัดเตรียมแผนที่มาตราส่วน 1: 50,000 เพื่อใช้ในการประเมินความหนาแน่นของประชากรที่ใช้ร่วมการศึกษา ข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในส่วนของการใช้ประโยชน์ที่ดินทำการสำรวจอัตราการไหลหรือปริมาณการใช้น้ำของกิจกรรมในชุมชน ณ จุดจ่ายน้ำของโรงกรองน้ำอัมพภาค โดยการเก็บข้อมูลที่ได้จากการวัดแรงดันและอัตราการไหล ขั้นตอนการศึกษาและดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ แบ่งขั้นตอนการศึกษาดังต่อไปนี้

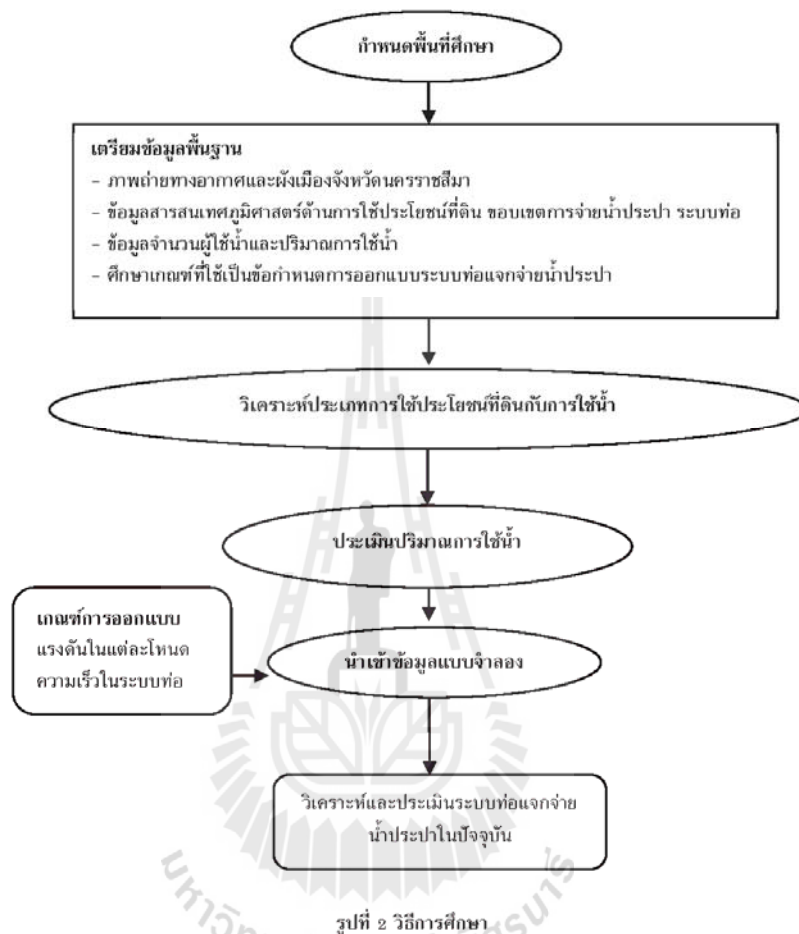
การประมาณปริมาณความต้องการน้ำ

ทำการศึกษาดังปริมาณความต้องการน้ำและปริมาณความต้องการน้ำในปัจจุบัน เพื่อนำค่าปริมาณความต้องการน้ำมาใช้ในการประเมินและวิเคราะห์ปริมาณความต้องการน้ำจากในเขตชุมชน อุตสาหกรรม และกิจกรรมอื่นๆ ในเขตพื้นที่บริการโดยทำรวบรวมข้อมูลต่างๆ ของสำนักการประปาเทศบาลนครนครราชสีมา ดังต่อไปนี้

- ข้อมูลด้านการผลิตและจำหน่ายน้ำประปา ปริมาณน้ำสูญเสีย การใช้น้ำเพื่อกิจกรรมสาธารณะประโยชน์ เช่น การรดน้ำสวนสาธารณะ การดับเพลิง เป็นต้น รวมไปถึงแผนการพัฒนาระบบผลิตน้ำประปา ทั้งในส่วนของการเพิ่มกำลังการผลิต (plant capacity) การวางโครงข่ายท่อจ่ายน้ำ
- แยกประเภทของผู้ใช้ออกเป็นประเภทต่างๆ ตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน เช่น บริเวณที่อยู่อาศัย บริเวณธุรกิจการค้า เป็นต้น และแยกปริมาณน้ำใช้ตามประเภทของผู้ใช้น้ำ แล้วนำมาหาอัตราการใช้น้ำแยกตามประเภทผู้ใช้น้ำ มีหน่วยเป็น ลิตร/คน/วัน (lpcd)
- โครงข่ายท่อจ่ายน้ำประปาในปัจจุบัน และอุปสรรคและปัญหาที่พบด้านการใช้น้ำ
- ข้อมูลการใช้น้ำของสถานประกอบการขนาดใหญ่ภายในชุมชน

นำเข้าแบบจำลองและวิเคราะห์ข้อมูล

จัดเตรียมข้อมูลด้านจำนวนประชากร โดยปรับเทียบจากข้อมูลในอดีต ประเมินการอัตราการใช้น้ำต่อหน่วยจากสถิติข้อมูลที่มีอยู่วิเคราะห์การใช้ที่ดินในเขตพื้นที่ศึกษานำเข้าข้อมูลแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์การประเมินความต้องการน้ำซึ่งขั้นตอนการศึกษาและดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้สามารถสรุปวิธีการศึกษาได้ดังรูปที่ 2

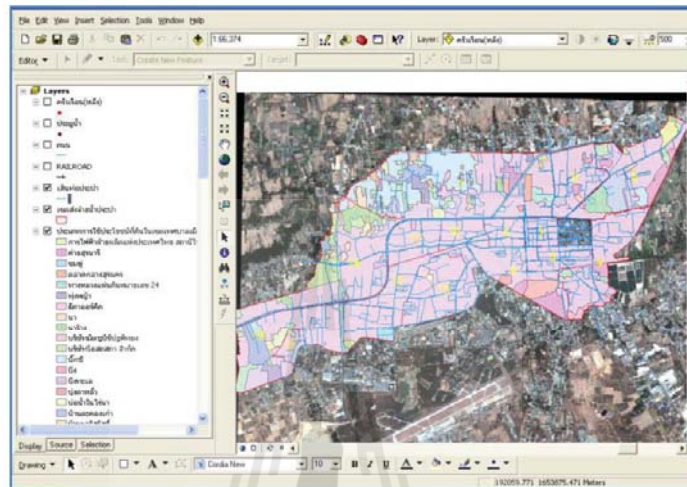


ผลการศึกษา

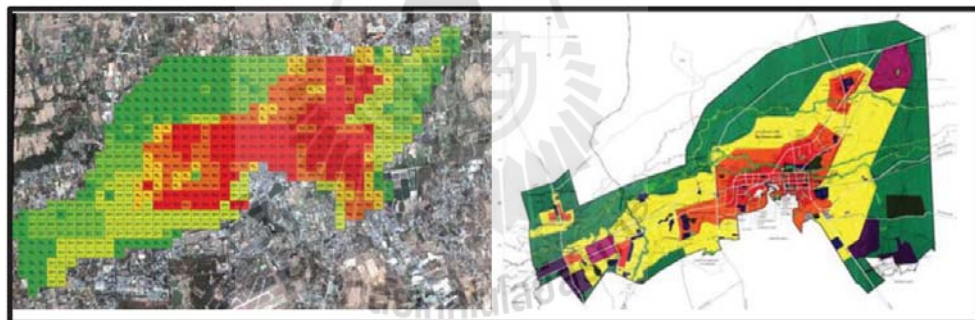
จัดทำแผนที่แสดงปริมาณความต้องการน้ำในการแบ่งเป็นพื้นที่ย่อยขนาด 0.0625 ตารางกิโลเมตร เมตรใน ทุก ๆ เขตของการจ่ายน้ำประปาในเทศบาลนครนครราชสีมา เพื่อประเมินความต้องการน้ำในพื้นที่พร้อมทั้งวิเคราะห์ ระบบท่อโครงข่ายแจกจ่ายน้ำประปาโดยการนำเข้าแบบจำลอง EPANET 2.0 เพื่อจำลองสภาพการไหลในระบบท่อ โครงข่ายเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบท่อโครงข่ายน้ำประปา

ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จะนำเอาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในงานด้านวิศวกรรมประปา โดยการนำเอา ข้อมูลด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา มาประเมินร่วมกับการใช้น้ำในพื้นที่รายย่อย เพื่อ ประเมินความต้องการน้ำ ตามลักษณะการใช้ที่ดินประเภทต่างๆ ดังรูปที่ 3 นำเข้าแบบจำลอง EPANET 2.0 เพื่อทดสอบ ระบบท่อแจกจ่ายน้ำประปาในปัจจุบันของเทศบาลนครนครราชสีมา จากการศึกษาหาปริมาณความหนาแน่นของประชากร ต่อพื้นที่โดยการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 พื้นที่หลัก คือ บริเวณพื้นที่ที่มีประชากรอาศัยหนาแน่นสูง และบริเวณพื้นที่ที่มี ประชากรอาศัยหนาแน่นปานกลาง ทั้งนี้ในแต่ละพื้นที่หลักนั้นจะแบ่งความหนาแน่นย่อยๆ ได้อีก 3 ชั้น คือ ชั้นที่มีความ

หนาแน่นสูง ชั้นที่มีความหนาแน่นปานกลาง และชั้นที่มีความหนาแน่นต่ำ ดังแสดงในรูปที่ 4 โดยทำการปรับเทียบกับผังเมืองจังหวัดนครราชสีมาในปี 2550 กับจำนวนประชากรในปี 2551 นอกจากนี้ยังใช้ภาพถ่ายทางอากาศในปีเดียวกันในการจัดชั้นพื้นที่ความหนาแน่นย่อยๆ ทั้ง 3 ชั้นดังที่กล่าวมา



รูปที่ 3 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้านการประเมินความต้องการน้ำ



รูปที่ 4 การปรับเทียบความหนาแน่นของประชากรกับผังเมืองจังหวัดนครราชสีมา

หลังจากที่มีการปรับเทียบจำนวนประชากรในปี พ.ศ.2551 กับผังเมืองจังหวัดนครราชสีมาแล้วสามารถแสดงผลในรูปแบบของความหนาแน่นของประชากรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาในรูปแบบเชิงพื้นที่ โดยพื้นที่ที่มีความหนาแน่นสูงจะแสดงในรูปของชั้นสีย่อยต่างๆ ประกอบด้วย สีแดง (พื้นที่หนาสูง 21.5 เปอร์เซ็นต์) สีแดงอ่อน (พื้นที่หนาแน่นปานกลาง 14.5 เปอร์เซ็นต์) และสีส้ม (พื้นที่หนาแน่นต่ำ 7 เปอร์เซ็นต์) และพื้นที่ที่มีความหนาแน่นปานกลางแสดงในรูปของชั้นสีย่อยต่างๆ ประกอบด้วย สีเหลือง (พื้นที่หนาสูง 19.2 เปอร์เซ็นต์) สีเขียว (พื้นที่หนาแน่นปานกลาง 17.5 เปอร์เซ็นต์) และสีเขียวอ่อน (พื้นที่หนาแน่นต่ำ 10.8 เปอร์เซ็นต์) ดังแสดงในรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่า บริเวณที่มีปริมาณความต้องการน้ำสูงสุดในพื้นที่นั้นจะอยู่บริเวณใจกลางของเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ยกตัวอย่างเช่นการ

ประเมินความต้องการน้ำประมาณ 21,100 ลูกบาศก์เมตรต่อพื้นที่ต่อวัน 9,850 ลูกบาศก์เมตรต่อพื้นที่ต่อวัน รองลงมา ความต้องการน้ำประมาณ 3,700 ลูกบาศก์เมตรต่อพื้นที่ต่อวัน ตามลำดับในบริเวณที่มีความหนาแน่นสูง



รูปที่ 5 แสดงความหนาแน่นของประชากรเชิงพื้นที่ของเทศบาลนครราชสีาในปี พ.ศ.2551

และจากข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมระหว่างปี พ.ศ.2538 - พ.ศ.2556 พบว่าตั้งแต่อดีตในช่วงเวลาดังกล่าว จนถึงปัจจุบันมีปริมาณน้ำสูญเสียโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 39.1 เปอร์เซ็นต์ โดยที่สำนักการประปาเทศบาลนครราชสีาสามารถจ่ายน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 60.9 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่ามีปริมาณน้ำสูญเสียเป็นปริมาณมากโดยสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากปัญหาในระบบท่อที่เก่า ประเภทท่อที่มีการรั่วซึมสูง เมื่อเกิดการแตกจนได้รับความเสียหายทำให้เกิดปริมาณน้ำสูญเสียดังกล่าวจึงเป็นที่มาของการศึกษาในครั้งนี้เพื่อทดสอบระบบท่อจ่ายน้ำและทดสอบประสิทธิภาพของท่อเพื่อทำการวางแผนเพื่อปรับปรุงระบบท่อเพื่อลดปัญหาข้างต้น นอกจากนี้ยังได้ทำการประเมินความต้องการน้ำในอนาคตที่ได้ทำการประเมินไว้ได้แก่ ปี พ.ศ.2560 พ.ศ.2565 พ.ศ.2570 และในปี พ.ศ.2575 ของเทศบาลนครราชสีานั้นมีความต้องการน้ำดังแสดงในตารางที่ 2

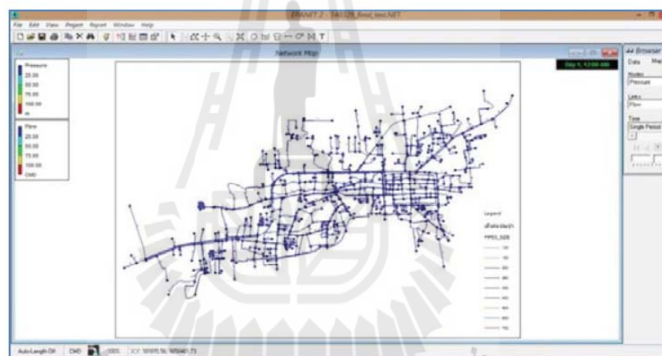
ตารางที่ 1 แสดงปริมาณน้ำในอนาคต

ปี (พ.ศ.)	ผู้ใช้น้ำ (ราย)	ปริมาณน้ำดิบ หน่วย ลบ.ม.	ปริมาณน้ำที่จ่าย (ขาย) หน่วย ลบ.ม.	ปริมาณน้ำสูญเสีย ร้อยละ	ปริมาณน้ำจ่าย (ขาย) ร้อยละ
2538	29,761	25,040,413	15,473,721	38.21	61.79
2539	33,220	26,744,188	16,581,945	38.00	62.00
2540	34,801	23,444,188	17,078,544	27.15	72.85
2541	35,901	23,684,468	16,982,772	28.30	71.70
2542	36,504	24,070,941	15,915,654	33.88	66.12
2543	37,860	23,080,545	16,300,223	29.38	70.62
2544	38,991	25,255,875	17,744,085	29.74	70.26
2545	41,446	27,033,464	14,154,962	47.64	52.36
2546	44,784	27,820,897	17,984,830	35.35	64.65
2547	45,996	27,863,369	18,063,677	35.17	64.83
2548	47,441	35,958,198	18,037,472	49.84	50.16
2549	48,415	35,141,479	18,037,472	48.67	51.33
2550	49,484	33,298,633	18,807,856	43.52	56.48
2551	50,045	34,841,293	18,786,738	46.08	53.92
2552	51,023	35,107,801	19,197,968	45.32	54.68
2553	51,502	34,429,499	19,911,607	42.17	57.83
2554	52,281	35,076,927	19,930,699	43.18	56.82
2555	59,225	35,283,996	21,145,189	40.07	59.93
2556	60,222	38,637,808	22,110,118	42.78	57.22

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณความต้องการน้ำในอนาคต

ปี	ประชากร (คน)	ความต้องการน้ำที่ต้องจ่าย (ลบ.ม.)
2560	176,030	28,964,246
2565	177,857	29,264,946
2570	179,685	29,565,647
2575	181,512	29,866,348

ในส่วนของการนำเข้าแบบจำลอง EPANET 2.0 ที่ใช้จัดเตรียมในศึกษาในครั้งนี้ มีจำนวนโนด 887 โหนด จำนวนเส้นท่อ 1,021 เส้นท่อมียาวตั้งแต่ 100 – 700 มิลลิเมตร พบว่าประเภท่อส่วนใหญ่ 61 เปอร์เซ็นต์ เป็นท่อประเภทซีเมนต์ใยหิน (A/C) และ พีวีซี (PVC) 31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับดังรูปที่ 6 ในการทดสอบของแบบจำลองนั้นมีการทดสอบแรงดัน ณ จุดจ่ายน้ำบริเวณโรงกรองน้ำอัญญาฯ โดยจุดเด่นที่ได้จากการใช้แบบจำลอง คือ สามารถประเมินสภาพการไหล เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ทดสอบน้ำแบบระบบท่อกระจาย ที่ดำเนินการจำลองระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นของน้ำและพฤติกรรมการณ์ไหลในเครือข่ายท่อแรงดันและในเครือข่ายท่อประกอบด้วยท่อโนด (ทางแยกท่อ) บั้มวาล์ว และถังเก็บหรืออ่างเก็บ ทั้งนี้สามารถแสดงผลในรูปแบบที่หลากหลายรวมถึงเป็นซอฟต์แวร์ที่ไม่มีค่าลิขสิทธิ์ ซึ่งในส่วนของการประเมินขีดความสามารถของระบบอยู่ในขั้นตอนการจัดเตรียมในการนำเข้าแบบจำลองซึ่งอยู่ในระหว่างการทำเนื้องาน



รูปที่ 6 การเตรียมข้อมูลเพื่อการประเมินขีดความสามารถของระบบท่อจ่ายน้ำในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

วิจารณ์และสรุป

ในการศึกษานี้เป็นการประเมินปริมาณความต้องการน้ำในอนาคตของเทศบาลนครนครราชสีมาซึ่งมีแนวโน้มจำนวนผู้ใช้น้ำเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะเวลาซึ่งปริมาณความต้องการน้ำที่เพิ่มขึ้นในปี พ.ศ.2575 มีความต้องการเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 8 ล้านลูกบาศก์เมตร จากการศึกษาหาปริมาณความหนาแน่นของประชากรต่อพื้นที่ในปี พ.ศ.2551 โดยใช้แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ ผังเมืองจังหวัดนครราชสีมา ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินความต้องการน้ำในอนาคต เพื่อวางแผนจัดการหาแหล่งน้ำไว้ใช้สำหรับอุปโภคบริโภคในเขตเทศบาล โดยทำการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 พื้นที่หลัก คือ บริเวณพื้นที่ที่มีประชากรอาศัยหนาแน่นสูง และบริเวณพื้นที่ที่มีประชากรอาศัยหนาแน่นปานกลาง และจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ของเทศบาลตั้งแต่ปี พ.ศ.2538 – พ.ศ.2556 อยู่ที่ 322 คนต่อลิตรต่อวัน ซึ่งถือว่ามีความเฉลี่ยที่สูงกว่าเกณฑ์ปกติทั่วไปเมื่อเทียบกับข้อมูลของการสำรวจความจำเป็นพื้นฐานในปี พ.ศ.2552 (เทศบาลนครกำหนดอัตราการใช้น้ำเท่ากับ 250 ลิตรต่อคนต่อวัน) โดยในปัจจุบันพบว่า ปริมาณน้ำดิบที่ใช้ทำการผลิตน้ำประปา กับจำนวนปริมาณน้ำที่จ่ายจริงนั้นเกิดการสูญเสียอยู่ที่ประมาณ 40% ของปริมาณน้ำที่ผลิตจริง ซึ่งสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากท่อที่มีอายุการใช้งานเกิดการชำรุดเสียหาย ดังนั้น เมื่อทำการจำลองการไหลสำหรับโครงข่ายระบบการจ่ายน้ำจะทำ



ช่วยให้เกิดประโยชน์ในส่วนของการวางแผนเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบท่อ เช่นการเปลี่ยนประเภทท่อ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (EPANET 2.0) ซึ่งสามารถทดสอบแรงดัน อัตราการไหลในระบบ เพื่อทำให้ทราบถึงปัญหาและหาแนวทางแก้ไขได้ทันเหตุการณ์ ทำให้ลดปริมาณน้ำสูญเสียดังกล่าวได้ลงได้รวมถึงใช้วางแผนขยายระบบท่อกระจายน้ำไปยังไปส่วนอื่น ๆ ของเทศบาลนครนครราชสีมาในอนาคตต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างยิ่งของ อ.ดร.ฉัตรเพชร ยศพล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการศึกษาวิจัยมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ขอขอบคุณเพื่อน นักศึกษาปริญญาโทสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และคณะทำงานหน่วยวิจัยและที่ปรึกษาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมสุรนารี และคุณนารี กลิ่นกลาง เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไปสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ที่ได้คำแนะนำและการติดต่อประสานงานจนลุล่วงไปได้ด้วยดี ตลอดจนผู้อำนวยการสำนักการประปา และเจ้าหน้าที่ทุกท่านของสำนักการประปา เทศบาลนครนครราชสีมาที่ให้การสนับสนุนในส่วน of ข้อมูลตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้เป็นกำลังใจและสนับสนุนงานวิจัยในทุกด้านให้แก่ผู้วิจัยตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการช่วยเหลือ และขอขอบคุณทุกท่านบูรพาจารย์ในสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ด้วยความรักและเมตตาจนสำเร็จได้

เอกสารอ้างอิง

- ฉัตรเพชร ยศพล. (2536). การพยากรณ์ความต้องการน้ำสำหรับการออกแบบระบบประปาขอนแก่นโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เทศบาลเมืองนครราชสีมา. (2556). สำนักทะเบียนราษฎร์. เทศบาลเมืองนครราชสีมา.
- AWWA. (1984). Design and Construction of Small Water Systems. American Water Works Association, Denver, CO.
- AWWA. (2004). Computer Modeling of Water Distribution Systems, 2nd Edition. AWWA Manual M32. American Water Works Association, Denver, CO.
- K.B. Khatri and K. Vairavamoorthy. (2009). Water Demand Forecasting for the city of the Future against the Uncertainties the Global Change Pressures: Case for Birmingham. Conference: Kansas, USA May 17-21.
- Karen Assaf. (2009). Managing palestine's water budget: Providing for Present and Future and Future needs.
- M. Luay Froukh. (2001). Decision-Support System for Domestic Water Demand Forecasting and Management Water Resources Management. 15: 363-382, 2001©2002 Kluwer Academic Publishers. Printed in Netherland.
- USEPA. (2000). EPANET 2.0: User Manual. EPA/600/R-00/57. U.S. Environmental Protection Agency.
- Water System Design Manual. (2009). Chapter 8: Transmission and Distribution Main Design.
- Yong Woon Lee, Istvan Bogarid, Ju Hwan Kim. (1999). Decision Of Water Supply Line Under Uncertainty, Wat. Res. Vol. 34, No. 13, pp. 3371+3379, Elsevier Science Ltd.