SUT7-715-58-12-04

รายงานการวิจัย

การประเมินคุณภาพน้ำในระบบประปาในเขตเมือง

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

(Evaluation of Water Quality in Urban Water Supply System in North-Eastern Region)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

ผลการวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

SUT7-715-58-12-04

รายงานการวิจัย

การประเมินคุณภาพน้ำในระบบประปาในเขตเมือง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

(Evaluation of Water Quality in Urban Water Supply System in North-Eastern Region)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จรียา ยิ้มรัตนบวร

ผู้ร่วมวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุดจิต ครุจิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

ผลการวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

บทคัดย่อ

การจัดหาน้ำสะอาดผ่านระบบการประปาชุมชนเพื่อใช้ในการอุปโภค – บริโภคอย่างเพียงพอและมีความปลอดภัยเป็นสิ่งจำเป็น ดังนั้น หากแหล่งน้ำดิบมีคุณภาพไม่ดีพอ และระบบการผลิตน้ำสะอาดไม่มีประสิทธิภาพในการผลิตน้ำสะอาด ย่อมส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำประปา และส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชากร ทำให้เกิดโรคเนื่องจากน้ำเป็นสื่อ การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการสำรวจคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของแหล่งน้ำดิบ คุณภาพน้ำประปาจากระบบประปาเมือง และคุณภาพน้ำประปา ณ จุดใช้งาน โดยการสุ่มตัวอย่างระบบประปาเมือง จำนวน 13 แห่ง จาก 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ นำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบประปาชุมชนเมือง และเปรียบเทียบระหว่างระบบประปาที่ดำเนินการโดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) และการประปาส่วนภูมิภาค (กปภ.) ผลการศึกษาพบว่าน้ำประปาที่ผลิตได้ผ่านมาตรฐาน ความขุ่น ของแข็งแขวนลอย ของแข็งละลายน้ำ ไนเตรท และ ค่าโคลิฟอร์มทั้งหมด ยกเว้น ค่าสี และ เหล็ก เนื่องมาจาก ระยะเวลาที่อยู่ในถังตกตะกอนไม่เพียงพอ และพบว่ามีปัญหาเกี่ยวกับปริมาณคลอรีนตกค้างมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานทั้งในจุดสถานีสูบจ่ายก่อนออกจากระบบผลิตน้ำประปา และที่จุดใช้งานในครัวเรือน อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนที่ใช้น้ำ ผลการเปรียบเทียบระบบประปาที่ดำเนินการโดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และการประปาส่วนภูมิภาค พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สรุปผลการศึกษาที่ได้จากงานวิจัยในครั้งนี้ สามารถใช้ในการปรับปรุงการทำงานของระบบประปาชุมชนเมือง และหน่วยงานที่ดูแล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Abstract

Providing safe water supply is one of important public health priorities. The water quality of water supply is closely associated with human health. The aim of this study was to assess the quality of water in the urban water supply systems and their authority organization to assess the existing performance of water supply system and their organization. The sampling locations were covered of 4 cities namely, Nakhon Ratchasima (Korat), Chaiyaphum, Buriram and Surin provinces. The total of 13 samples site locations of urban water supply system which owned by provincial and municipal waterworks authority. Water samples of each sampling site locations were collected from water resource, storage tank and household taps water and analyzed for various parameters. The results showed he water quality of urban water supply system had met water quality standards in parameter turbidity, TSS, TDS, Nitrate and total coliform except colour, iron due to the retention time of sedimentation process is not the proper. And there was problem with residual chlorine at storage tank and household tap water which were lower than standard limit and might affect with population health. There was no difference between the performance of provincial and municipal waterworks authority. The outcome of this study can support improvement of urban water supply system and their authority organization

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2558 คณะผู้ศึกษาวิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย สถานที่ในการทำวิจัย และเครื่องมือ-อุปกรณ์ในการตรวจวิเคราะห์ คณะผู้ศึกษาวิจัยขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ บุคลากร และประชากรของระบบประปาเมือง จำนวน 13 แห่ง ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาระบบประปาครั้งนี้ ซึ่งตั้งอยู่ภายในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ ที่ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลเกี่ยวกับระบบประปา และความสะดวกในการเก็บตัวอย่าง และข้อมูลต่าง ๆ สุดท้ายนี้ผู้เขียนขอขอบคุณ นางสาวเพ็ญสุภา วิริขิตกุล ผู้ช่วยในการวิจัย ที่ทำให้การศึกษาวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

จรียา ยิ้มรัตนบวร
(หัวหน้าโครงการวิจัย)
28 กรกฎาคม 2560

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ข
กิตติกรรมประกาศ ค
สารบัญ ง
สารบัญตาราง ช
สารบัญรูป ฌ

บทที่

1 **บทนำ** 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 4
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

2 **ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** 6
2.1 แหล่งน้ำดิบ 6
2.1.1 แหล่งน้ำผิวดิน 6
2.1.2 แหล่งน้ำใต้ดิน 6
2.2 คุณภาพน้ำ 6
2.2.1 ลักษณะทางกายภาพ 6
2.2.2 คุณสมบัติทางเคมี 7
2.2.2 คุณสมบัติทางด้านแบคทีเรีย 7
2.3 มาตรฐานคุณภาพน้ำ 7
2.3.1 มาตรฐานน้ำดิบของแหล่งน้ำผิวดิน 7
2.3.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ผิวดิน 8
2.3.3 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา 8
2.4 ขั้นตอนการผลิตน้ำประปา 8
2.4.1 การสูบน้ำ 8
2.4.2 การปรับปรุงคุณภาพน้ำ 8
2.4.3 การตกตะกอน 8
2.4.4 การกรอง 8
2.4.5 การฆ่าเชื้อโรค 9
2.4.6 การควบคุมคุณภาพน้ำประปา 9

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.6 การสูบจ่าย 9
2.5 ระบบประปาในเมืองไทย 9
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10
3 วิธีการดำเนินการวิจัย 12
3.1 พื้นที่การศึกษา 12
3.2 ระยะเวลาศึกษา 13
3.3 การสุ่มตัวอย่างระบบประปา 13
3.4 การเก็บตัวอย่าง 13
3.4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำดิบ 13
3.4.2 น้ำประปาที่สถานีสูบจ่ายก่อนออกจากโรงประปา 13
3.4.3 น้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือนภายในเขตรับผิดชอบของระบบประปา 15
3.5 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลภาคสนาม 15
3.5.1 รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ 15
3.5.2 กำหนดจุดเก็บตัวอย่างในแต่ละระบบประปา 16
3.5.3 ความถี่ของการเก็บตัวอย่าง 16
3.5.4 จำนวนตัวอย่างที่ทำการเก็บ 16
3.5.5 วิธีการเก็บตัวอย่าง 16
3.6 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ 17
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล 17
3.7.1 นำข้อมูลผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ 18
3.7.2 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ 19
3.8 การประมวลข้อมูลผลการศึกษา 19
4 ผลการศึกษา 21
4.1 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพแหล่งน้ำดิบ 21
4.1.1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพ 21
4.1.2 ผลการศึกษาลักษณะน้ำทางเคมี 21
4.1.3 ผลการศึกษาลักษณะน้ำทางชีวภาพ 22
4.1.4 การวิเคราะห์ทางสถิติของน้ำดิบที่ใช้ผลิตน้ำประปา 28
4.1.5 สรุปผลการศึกษาคุณภาพแหล่งน้ำดิบ 35
4.2 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำประปาจากสถานีสูบจ่าย 35
4.2.1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพ 36
4.2.2 ผลการศึกษาลักษณะน้ำทางเคมี 36
4.2.3 ผลการศึกษาลักษณะน้ำทางชีวภาพ 36

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.4 การวิเคราะห์ทางสถิติของที่ใช้ผลิตน้ำประปา 40
4.2.5 สรุปผลการศึกษาคุณภาพน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา 44
4.3 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน 45
4.3.1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพ 46
4.3.2 ผลการศึกษาลักษณะน้ำทางเคมี 46
4.3.3 ผลการศึกษาลักษณะน้ำทางชีวภาพ 47
4.3.4 การวิเคราะห์ทางสถิติของน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน 51
4.3.5 สรุปผลการศึกษาคุณภาพน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน 56
4.4 การเปรียบเทียบทางสถิติของคุณภาพน้ำที่เก็บจาก 3 จุดเก็บ 57
4.5 การประเมินประสิทธิภาพระบบการผลิตน้ำประปาของชุมชนเมือง 60
4.5.1 ประสิทธิภาพการผลิตน้ำทางด้านกายภาพของระบบประปา 60
4.5.2 ประสิทธิภาพการผลิตน้ำทางด้านเคมีของระบบประปา 60
4.5.3 ประสิทธิภาพการผลิตน้ำทางด้านชีวภาพของระบบประปา 61
4.6 การประเมินประสิทธิภาพระบบการจ่ายน้ำ (Distribution system) 62
5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 66
5.1 สรุปผลการศึกษาคุณภาพแหล่งน้ำดิบ 66
5.2 สรุปผลการศึกษาคุณภาพน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา 66
5.3 สรุปผลการศึกษาคุณภาพน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน 67
5.4 การประเมินประสิทธิภาพระบบการผลิตน้ำประปาของชุมชนเมือง 67
5.5 ข้อเสนอแนะงานวิจัย 67
รายการอ้างอิง 68
ผลงานวิจัยนำเสนอในการประชุมนานาชาติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 ผลวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพเทียบกับค่ามาตรฐาน 3

2.1 แบบมาตรฐานของระบบประปาขนาดต่าง ๆ 10

3.1 จำนวนตัวอย่างระบบประปาที่ทำการสุ่มตัวอย่างในแต่ละจังหวัด 13

3.2 รายชื่อระบบประปาที่ถูกคัดเลือกภายในพื้นที่ศึกษา 4 จังหวัด 14

3.3 จำนวนตัวอย่างแหล่งน้ำดิบและการกระจายตัวอย่างน้ำดิบที่ทำการศึกษา 15

3.4 จำนวนตัวอย่างระบบประปาและการกระจายตัวอย่างที่ทำการศึกษา 15

3.5 จำนวนตัวอย่างน้ำประปาที่จุดใช้ในครัวเรือนและการกระจายตัวอย่างที่ทำการศึกษา 15

3.6 พารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวัด 18

3.7 วิธีการตรวจวิเคราะห์ 19

3.8 ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำที่นำไปใช้ในการประเมินผลคุณภาพน้ำ 20

4.1 สรุปจำนวนตัวอย่างที่ผ่านมาตรฐานแหล่งน้ำดิบสำหรับการผลิตน้ำประปา 22

4.2 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำดิบของจังหวัดนครราชสีมา 23

4.3 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำดิบในบ่อพักน้ำของระบบประปาบ้านใหม่หนองบอนจังหวัดนครราชสีมา 24

4.4 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำดิบของจังหวัดชัยภูมิ 25

4.5 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำดิบจังหวัดบุรีรัมย์ 26

4.6 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำดิบของจังหวัดสุรินทร์ 27

4.7 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำดิบ ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝน 32

4.8 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำดิบ ระหว่างระบบประปา อปท. กับ กปภ. 34

4.9 สรุปจำนวนตัวอย่างที่ผ่านมาตรฐานน้ำประปาจากสถานีสูบจ่าย 35

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.10 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำประปาจากสถานีสูบจ่ายของจังหวัดนครราชสีมา 37
4.11 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำประปาจากสถานีสูบจ่ายของจังหวัดชัยภูมิ 38
4.12 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำประปาจากสถานีสูบจ่ายของจังหวัดสุรินทร์ 39
4.13 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำประปาจากสถานีสูบจ่ายของจังหวัดบุรีรัมย์ 40
4.14 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝน 44
4.15 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา ระหว่างระบบประปา อปท. กับ กปภ. 45
4.16 สรุปจำนวนตัวอย่างที่ผ่านมาตรฐานน้ำประปาจากจุดใช้น้ำที่ครัวเรือน 46
4.17 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำประปาจากจุดใช้น้ำที่ครัวเรือนของจังหวัดนครราชสีมา 48
4.18 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำประปาจากจุดใช้น้ำที่ครัวเรือนของจังหวัดชัยภูมิ 49
4.19 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำประปาจากจุดใช้น้ำที่ครัวเรือนของจังหวัดสุรินทร์ 50
4.20 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำประปาจากจุดใช้น้ำที่ครัวเรือนของจังหวัดบุรีรัมย์ 51
4.21 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝน 55
4.22 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน ระหว่างระบบประปา อปท. กับ กปภ. 56
4.23 ประสิทธิภาพการกำจัดมลพิษของระบบประปา 60
4.24 เปรียบเทียบกับคุณภาพระหว่างน้ำประปาที่สถานีสูบจ่ายที่ระบบผลิตน้ำประปา กับน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน 63

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1.1 ผลวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพเทียบกับค่ามาตรฐาน 3

1.2 ผลวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีเทียบกับค่ามาตรฐาน 4

1.3 ผลวิเคราะห์ลักษณะทางชีวภาพเทียบกับค่ามาตรฐาน 4

3.1 ขั้นตอนการศึกษา 12

3.2 จุดเก็บตัวอย่างระบบประปาชุมชนเมือง 14

4.1 แผนภูมิแบบจุดแสดงการแจกแจงของข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ 29

4.2 แผนภูมิแบบจุดแสดงการแจกแจงของข้อมูลคุณภาพน้ำประปา ที่ออกจากโรงประปา 41

4.3 แผนภูมิแบบจุดแสดงการแจกแจงของข้อมูลคุณภาพน้ำประปา ที่จุดใช้งานในครัวเรือน 52

4.4 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าประมาณแบบช่วงของคุณภาพน้ำ ที่เก็บจาก 3 จุดเก็บ 58

4.5 ประสิทธิภาพการกำจัดสีและความขุ่น ของระบบผลิตน้ำประปา ในแต่ละจังหวัด 61

4.6 ประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กและแมงกานีส ของระบบผลิตน้ำประปาในแต่ละจังหวัด 61

4.7 ประสิทธิภาพการกำจัดค่าโคลิฟอร์ม ของระบบผลิตน้ำประปา ในแต่ละจังหวัด 61

4.8 เปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของสี ณ ก่อนออกจากโรงผลิตน้ำประปา และ ณ จุดใช้งานที่ครัวเรือน 64

4.9 เปรียบเทียบค่าความขุ่น ณ ก่อนออกจากโรงผลิตน้ำประปา และ ณ จุดใช้งานที่ครัวเรือน 64

4.10 เปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของเหล็ก ณ ก่อนออกจากโรงผลิตน้ำประปา และ ณ จุดใช้งานที่ครัวเรือน 64

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.11 เปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของแมงกานีส ณ ก่อนออกจากโรงผลิตน้ำประปา
และ ณ จุดใช้งานที่ครัวเรือน 65
4.12 เปรียบเทียบค่าคลอรีนตกค้าง ณ ก่อนออกจากโรงผลิตน้ำประปา
และ ณ จุดใช้งานที่ครัวเรือน 65

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

น้ำเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญยิ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตทุกชนิด เพื่อนำไปใช้ในการดำรงชีวิต การจัดหาน้ำสะอาดเพื่อใช้ในการอุปโภค-บริโภคเป็นสิทธิขั้นพื้นฐานที่ประชาชนควรได้รับอย่างมีคุณภาพและทั่วถึง ดังนั้น รัฐจึงมีหน้าที่ในการจัดสรรให้ประชาชนมีน้ำสะอาดสำหรับเป็นน้ำดื่ม-น้ำใช้อย่างเพียงพอ เมื่อประชาชนมีนำสะอาดสำหรับดื่มและใช้อย่างเพียงพอก็จะส่งผลให้ประชาชนมีสุขอนามัยที่ดี รัฐบาลได้มีการกำหนดนโยบายเกี่ยวกับเรื่องนี้ โดยมีเป้าหมายให้ทุกหมู่บ้านมีแหล่งน้ำเพื่ออุปโภคบริโภคอย่างทั่วถึงและพอเพียงภายในปี 2550 รวมทั้งมีระบบประปาครบทุกหมู่บ้านภายในปี 2551 มีหลายหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบการให้บริการน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคแก่ประชาชน ดำเนินงานอย่างบูรณาการตั้งแต่หน่วยงานระดับนโยบายที่กำหนดนโยบายและแนวทางการบริหารงานต่าง ๆ จนถึงหน่วยงานระดับปฏิบัติการที่รับผิดชอบการผลิต จำหน่าย และการให้บริการแก่ประชาชน ระบบประปาในเขตเมืองมีหน่วยงานรัฐวิสาหกิจที่รับผิดชอบ ได้แก่ ในพื้นที่ชนบทมีกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบก่อสร้างระบบประปาหมู่บ้านและส่งมอบการดูแลให้กับการปกครองส่วนท้องถิ่น การประปานครหลวง รับผิดชอบการผลิตน้ำประปาเพื่อจ่ายในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล การประปาส่วนภูมิภาครับผิดชอบการผลิตน้ำประปาเพื่อจ่ายในจังหวัดต่างๆ และการประปาโดยการบริหารงานของเทศบาลเมืองให้บริการกับชุมชนในเขตเทศบาลเมือง ดังนั้น หากแหล่งน้ำดิบทั้งน้ำผิวดิน หรือน้ำใต้ดินที่นำไปใช้ในการผลิตน้ำประปาถูกปนเปื้อนจากน้ำเสียของบ้านเรือน สารเคมีต่างๆที่ใช้ในการเกษตรกรรม หรือน้ำเสียจากอุตสาหกรรมต่างๆ ย่อมส่งผลเสียต่อคุณภาพน้ำประปาจะนำมาผลิต และหากระบบการผลิตน้ำสะอาดไม่มีประสิทธิภาพในการผลิตน้ำ ทำให้น้ำประปาที่ได้มีสารปนเปื้อนอยู่ ย่อมส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชากร ทำให้เกิดโรคเนื่องจากน้ำเป็นสื่อ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคนจำนวนมาก ดังเช่นเหตุการณ์ในอดีตที่เคยเกิดขึ้นในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีการปนเปื้อนสารปรอทลงในน้ำทะเล และทำให้ประชากร หมู่บ้านมินามาตะที่อาศัยแหล่งน้ำได้รับสารปรอทเกินมาตรฐาน ส่งผลก่อให้เกิดโรคมินามาตะ หรือในกรณีที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมในแหล่งน้ำส่งผลทำให้เกิดโรคอิไต-อิไต จากผลการศึกษาของกิตติญา และ ฉัตรเพชร (2553) ทำการสำรวจข้อมูลระบบประปาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพและคุณภาพน้ำประปา โดยทำการสุ่มตัวอย่างระบบประปาทั้งสิ้น 34 แห่ง ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา พบว่าคุณภาพน้ำประปาหมู่บ้านร้อยละ 34 ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา ตามประกาศของกรมอนามัย นฤมล และวรางคณา (2549) ทำการศึกษาระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดิน ภายในจังหวัดขอนแก่นจำนวน 11 แห่ง พบว่าคุณภาพน้ำไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำบริโภคถึงร้อยละ 90.91 จะเห็นได้ว่าคุณภาพน้ำจากระบบประปาหมู่บ้าน มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานและมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ ซึ่งอาจก่อให้เกิดโรคซึ่งเกิดจากน้ำเป็นสื่อ (water borne diseases) เช่น โรคอุจาระร่วง โรคทางเดินอาหาร โรคพยาธิ และโรคไวรัสลงตับ มีโอกาสระบาดไปสู่ประชากรในชุมชนได้ โรคอุจจาระร่วงในเด็ก เป็นปัญหาทางด้านสาธารณสุขที่สำคัญในประเทศกำลังพัฒนา โดยมีเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 1.5 ล้านคนจากเด็ก 10 ล้านคนตายเพราะโรคอุจจาระร่วง (UNICEF/WHO, 2009) WHO คาดการณ์ว่าการมีน้ำดื่มที่สะอาดและปลอดภัย จะสามารถป้องกันการ

เกิดโรคอุจาระร่วงได้ร้อยละ 94 (Bartram and Gorgon, 2008) และจากผลการศึกษาของ Majuru et al (2011) พบว่าหมู่บ้านที่มีการปรับปรุงระบบการผลิตน้ำประปา เช่น ในตัวระบบประปา และการเลือกใช้แหล่งน้ำดิบที่มีความน่าเชื่อถือในเรื่องคุณภาพน้ำ จะมีอัตราการเกิดโรคอุจาระร่วงลดลงร้อยละ 57

ในปีงบประมาณ 2555 คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาในโครงการ “การประเมินคุณภาพน้ำในระบบประปาชุมชน” ภายใต้การสนับสนุนจากสภาวิจัย ทำการสุ่มตัวอย่างระบบประปาชุมชนภายในพื้นที่ศึกษา 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ จำนวน 25 แห่ง โดยเลือกเก็บระบบประปาชุมชน ทั้งแบบน้ำผิวดิน และน้ำบาดาล ดังแสดงในตารางที่ 1 ในแต่ละระบบประปาชุมชม ความถี่การเก็บตัวอย่าง เก็บ 2 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงฤดูร้อน (เดือนเมษายน) และช่วงฤดูฝน (เดือนสิงหาคม) จุดในการเก็บตัวอย่างของระบบประปาแต่ละแห่ง ได้แก่ แหล่งน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา ถังพักน้ำประปาก่อนจ่าย และน้ำประปาที่บ้านผู้ใช้น้ำ ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ และนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำดิบเพื่อใช้ในการผลิตน้ำประปา และมาตรฐานคุณภาพน้ำประปา ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ของระบบประปาผิวดินและระบบน้ำบาดาล (ตารางที่ 1.1 และรูปที่ 1-3) นำผลที่ได้เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณน้ำแหล่งน้ำและน้ำประปา รายละเอียดผลการศึกษา มีดังต่อไปนี้

1. ลักษณะน้ำทางกายภาพ ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 1.1 และรูปที่ 1.1 จะเห็นได้ว่าค่าคุณภาพน้ำทางกายภาพของทั้ง 2 ระบบ พบว่า ระบบประปาน้ำผิวดินมีจำนวนตัวอย่างที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานมากกว่าร้อยละ 50 โดยค่าที่ไม่ผ่านมาตรฐาน ได้แก่ สี และ ความขุ่น โดยจุดเก็บตัวอย่างที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานลักษณะกายภาพมีค่าสูงมากกว่าจุดอื่นๆ คือ จุดถังพักเก็บน้ำก่อนจ่าย ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 85.71

2. ลักษณะน้ำทางเคมี ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 1.1 และรูปที่ 1.2 จะเห็นได้ว่าค่าคุณภาพน้ำทางเคมีทั้ง 2 ระบบ พบว่า ร้อยละจำนวนตัวอย่างที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานมีค่าต่ำกว่าลักษณะทางกายภาพ โดยระบบประปาน้ำผิวดินมีจำนวนตัวอย่างที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานมากกว่าระบบประปาน้ำบาดาล และจุดที่มีจำนวนตัวอย่างไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานสูงสุด คือ ที่จุดถังพักเก็บน้ำก่อนจ่ายของระบบน้ำผิวดิน ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 21.43 โดยพารามิเตอร์ที่ไม่ผ่านมาตรฐาน ได้แก่ ของแข็ง เหล็ก และแมงกานีส

3. ลักษณะน้ำทางแบคทีเรีย ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 1.1 และรูปที่ 1.3 จะเห็นได้ว่าระบบประปาทั้ง 2 ระบบ มีปัญหาร้อยละของตัวอย่างน้ำที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทางแบคทีเรียสูงมาก โดยเฉพาะระบบประปาน้ำบาดาล พบการปนเปื้อนน้ำทางแบคทีเรีย ในทุกจุดเก็บตัวอย่าง โดยเฉพาะที่จุดแหล่งน้ำดิบ และจุดพักน้ำ พบว่าไม่มีตัวอย่างใดผ่านเกณฑ์มาตรฐานทางแบคทีเรีย (ตรวจพบทั้ง *Total coliform* และ *fecal coliform*)

จากผลการศึกษาของชุดโครงการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 สามารถสรุปผลการศึกษา ได้ว่า ระบบประปาชุมชนน้ำผิวดิน มีปัญหาคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ได้แก่ สี ความขุ่น ของแข็ง เหล็ก และแมงกานีส มากกว่าระบบประปาชุมชนน้ำบาดาล และทั้ง 2 ระบบ มีปัญหาการปนเปื้อนน้ำทางแบคทีเรีย โดยเฉพาะระบบประปาน้ำบาดาล ดังนั้น กระบวนกาผลิตน้ำประปาควรมีการปรับปรุง โดยเพิ่มหน่วยการผลิตน้ำ เพื่อสามารถแก้ปัญหาคุณภาพน้ำตามผลการศึกษาวิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

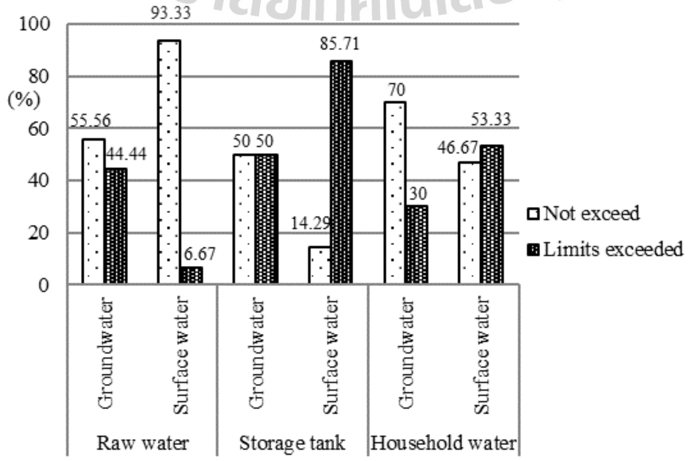
ดังนั้น เพื่อให้ผลการศึกษาครอบคลุมระบบประปาในทุกขนาดของประเทศไทย เพื่อความสมบูรณ์ และประโยชน์ในการไปใช้ ในการแก้ปัญหาการผลิตน้ำสะอาด คณะผู้วิจัยจึงเห็นควรดำเนินโครงการวิจัยเพิ่มเติมในระยะที่สอง โดยขยายขอบเขตการศึกษาให้ครอบคลุมระบบประปาขนาดกลางและขนาดใหญ่ ได้แก่ ระบบประปาในเขตเมืองระดับเทศบาลนคร เทศบาลเมือง เทศบาลตำบล และระบบประปาเขตเมืองอื่น ๆ ที่ดูแลโดยการประปาส่วนภูมิภาค การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการสำรวจคุณภาพน้ำผิวดิน และคุณภาพน้ำประปาจากระบบประปาดังกล่าว ซึ่งให้บริการกับชุมชนในเมืองที่มีประชากรหนาแน่น โดยจะสุ่มตัวอย่างน้ำดิบและน้ำประปาจากโรงประปาทั้ง 4 จังหวัด ได้แก่จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา วิเคราะห์จัดกลุ่มข้อมูลคุณลักษณะน้ำประปาและจัดกลุ่มระบบประปาด้วยเทคนิคทางสถิติเพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาในกรณีที่มีที่มาของปัญหาร่วมกัน เพื่อปรับปรุงการผลิตน้ำประปาในเขตเมืองให้มีประสิทธิภาพต่อไป

ตารางที่ 1.1 ผลวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพเทียบกับค่ามาตรฐาน

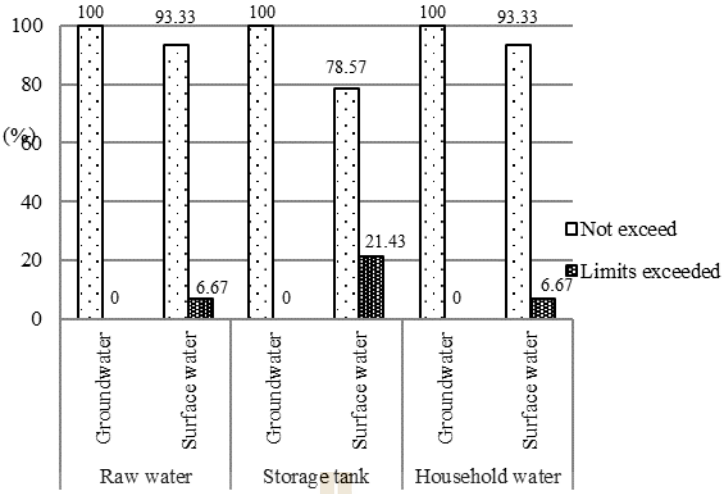
จุดเก็บน้ำตัวอย่าง		*n*	ลักษณะทางกายภาพ (%)		ลักษณะทางเคมี (%)		ลักษณะทางชีวภาพ (%)	
			ไม่เกินมาตรฐาน	เกินมาตรฐาน	ไม่เกินมาตรฐาน	เกินมาตรฐาน	ไม่เกินมาตรฐาน	เกินมาตรฐาน
น้ำดิบ	น้ำบาดาล	9	55.56	44.44	100	0	0	100
	น้ำผิวดิน	15	93.33	6.67	93.33	6.67	100*	0*
สถานีสูบจ่าย	น้ำบาดาล	2	50	50	100	0	0	100
	น้ำผิวดิน	14	14.29	85.71	78.57	21.43	57.14	42.86
น้ำประปา	น้ำบาดาล	10	70	30	100	0	20	80
	น้ำผิวดิน	15	46.67	53.33	93.33	6.67	53.33	46.67

* อ้างอิงจากประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 111 ตอนที่ 16 ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537

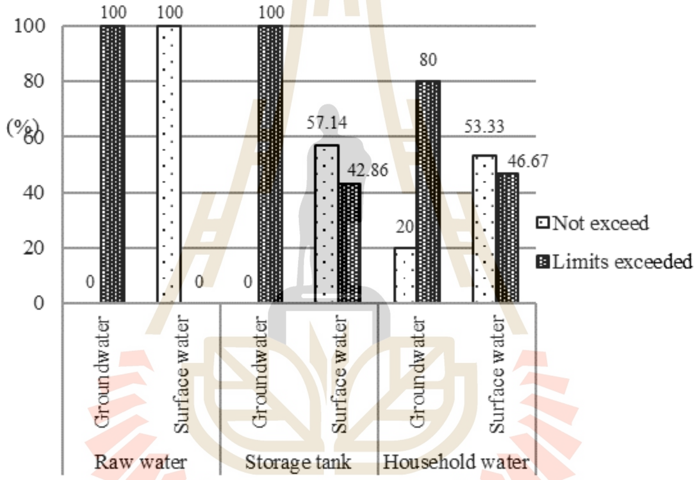
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 1.1 ผลวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพเทียบกับค่ามาตรฐาน



รูปที่ 1.2 ผลวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีเทียบกับค่ามาตรฐาน



รูปที่ 1.3 ผลวิเคราะห์ลักษณะทางชีวภาพเทียบกับค่ามาตรฐาน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของน้ำประปาในเขตเมืองภายในพื้นที่ศึกษา 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ สุรินทร์ และบุรีรัมย์

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์และจัดกลุ่มข้อมูลคุณลักษณะน้ำประปาและระบบประปาด้วยเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) และการวิเคราะห์กลุ่มตัวแปร (Cluster Analysis)

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1) พื้นที่ศึกษาอยู่ภายในพื้นที่ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ โดยจะสุ่มตัวอย่างระบบประปาที่บริหารงานโดยเทศบาลเมืองและโดยการประปาส่วนภูมิภาคจากทั้ง 4 จังหวัดดังกล่าว จำนวน 35 แห่ง

2) เก็บรวบรวมข้อมูลทั่วไปของระบบประปา ได้แก่ กำลังผลิต ที่ตั้ง แหล่งน้ำดิบ ปริมาณน้ำที่ผลิตได้ กระบวนการผลิตน้ำประปา

3) การสำรวจภาคสนาม โดยการเก็บตัวอย่างน้ำประปา ช่วงฤดูร้อน (เดือนเมษายน) และช่วงฤดูฝน (เดือนสิงหาคม) จุดในการเก็บตัวอย่างของระบบประปาแต่ละแห่ง ได้แก่ แหล่งน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา น้ำประปาจากระบบการผลิต และน้ำประปาในระบบจ่ายน้ำ

4) ตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ และนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำดิบเพื่อใช้ในการผลิตน้ำประปา และมาตรฐานคุณภาพน้ำประปา

5) วิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะน้ำประปาและจัดกลุ่มระบบประปาเทศบาลเมือง ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) และการวิเคราะห์กลุ่มตัวแปร (Cluster Analysis) โดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

6) นำข้อมูลที่ได้ไปประเมินประสิทธิภาพระบบการผลิตน้ำประปา ร่วมกับข้อมูลทางด้านวิศวกรรมการผลิตน้ำประปา และข้อมูลผลกระทบทางด้านสุขภาพอนามัย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) การสร้างความตระหนักในเรื่องคุณภาพน้ำและความเสี่ยงการบริโภคน้ำที่ปนเปื้อน กลุ่มเป้าหมาย คือ ชุมชน และหน่วยงานท้องถิ่นในพื้นที่ศึกษา

2) ได้ข้อมูลเพื่อใช้ในการบริหารจัดการทำให้ทราบสถานการณ์คุณภาพน้ำและระดับความเสี่ยงของสารเคมีในระบบประปาชุมชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง เพื่อเป็นแนวทางการปรับปรุงระบบประปา กลุ่มเป้าหมาย คือ ระบบประปาที่บริหารโดยเทศบาลเมือง

3) สร้างองค์ความรู้ในการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาการวิจัยต่อไป

4)ได้ข้อมูลในการได้เผยแพร่ตีพิมพ์ผลงานวิจัยในวารสารหรือที่ประชุมวิชาการ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ กลุ่มเป้าหมาย คือ นักวิชาการ นักวิจัย ผู้สนใจทั่วไป

5)บริการความรู้แก่ประชาชน และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ กลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้บริหารระบบประปาเทศบาลเมืองต่างๆ รวมทั้งนักวิชาการและประชาชนทั่วไปที่มีความสนใจด้านสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

การจัดหาน้ำสะอาดเพื่อใช้ในการอุปโภค – บริโภคเป็นสิทธิขั้นพื้นฐานที่ประชาชนควรได้รับอย่างมีคุณภาพและทั่วถึง เนื่องจากน้ำเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด มนุษย์จึงต้องการแหล่งน้ำที่สะอาดไม่มีการปนเปื้อนของมลทินหรือสารพิษ จึงทำให้เกิดการปรับปรุงคุณภาพน้ำหรือระบบประปาขึ้นเพื่อสามารถนำใช้ในการอุปโภค – บริโภคได้โดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ ดังนั้น การศึกษาวิจัยคุณภาพน้ำประปาให้มีความสะอาดและความปลอดภัยต่อผู้บริโภค จึงมีความสำคัญ ผู้วิจัยได้ทำการทบทวนงานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 แหล่งน้ำดิบ

แหล่งน้ำดิบที่นำไปใช้ในการผลิตน้ำประปา ก่อนที่จะทำการผลิตน้ำประปา จำเป็นจะต้องมีการศึกษาและสำรวจถึงแหล่งน้ำที่จะนำมาผลิตน้ำประปาว่ามีปริมาณเพียงพอและมีคุณสมบัติที่เหมาะสมหรือไม่ เพื่อที่จะได้น้ำประปาที่มีคุณภาพสูงเหมาะแก่การอุปโภค-บริโภค แหล่งน้ำดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำประปามี 2 ประเภท คือ น้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน (สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, 2550)

2.1.1 แหล่งน้ำผิวดิน คือ น้ำฝนส่วนที่ตกลงมาสู่พื้นดินแล้วไหลลงสู่ที่ต่ำตามลำธาร คลอง หนอง ลำธาร แม่น้ำ ทะเล รวมถึงน้ำที่ไหลล้นจากใต้ดินเข้ามาสมทบในช่วงที่ไม่มีฝนตกสำหรับแหล่งน้ำบางแหล่ง ปริมาณน้ำผิวดินจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา และขนาดและระดับความสูงต่ำของพื้นที่ ลักษณะดิน สิ่งปกคลุมพื้นที่นั้น เช่น ป่าไม้ หรือถนน

2.1.2 แหล่งน้ำใต้ดิน น้ำฝนส่วนที่ตกลงมาและถูกดูดซึมลงไปในดิน และไหลผ่านชั้นดินต่างๆตามรอยแตกของหิน หรือช่องว่างของเม็ดทราย หินปูน ลึกลงไปจนถึงชั้นหินหรือดินที่น้ำซึมต่อไปไม่ได้ ระดับน้ำใต้ดินจะสูงต่ำตามระดับของพื้นดิน (profile) ที่อยู่เหนือน้ำใต้ดินนั้น และระดับน้ำไม่คงที่ ขึ้นลงตามฤดูกาล คือ ในฤดูฝนระดับน้ำใต้ดินจะสูงขึ้น และในฤดูแล้งระดับน้ำจะลดลง มุมเทเอียงของระดับน้ำใต้ดินจะลาดหรือชันขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนที่ซึมลงดิน และความฝืดของชั้นดินที่น้ำไหลผ่าน

2.2 คุณภาพน้ำ

2.2.1 ลักษณะสมบัติของน้ำดิบและน้ำประปา แบ่งออกเป็น คุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางด้านแบคทีเรีย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ความขุ่น เกิดจากสารแขวนลอยในน้ำ เช่น ดิน ทราย สิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก และสาหร่ายเซลเดียว แพลงตอน สามารถทำให้เกิดแสงหักเหในน้ำ เป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินว่า ผู้บริโภคต้องการใช้น้ำหรือไม่ และเนื่องจากความขุ่นเป็นพารามิเตอร์ที่วัดได้ง่าย จึงนิยมใช้ความขุ่นเป็นเครื่องวัดประสิทธิภาพของกระบวนการหลายประเภท เช่น กระบวนการตกตะกอน กระบวนการกรอง เป็นต้น

2) สี เกิดจากพืชและใบไม้ที่เน่าเสีย และมักมีสีชา การที่น้ำมีสีผิดปกติ ทำให้น้ำไม่น่าใช้

3) กลิ่นและรส เกิดจากสาเหตุ จุลินทรีย์ต่างๆ สาหร่าย ก๊าซต่างๆที่ละลายในน้ำ การเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ในน้ำซึ่งขาดออกซิเจน เป็นต้น มาตรฐานกำหนดว่าต้องไม่เป็นที่น่ารังเกียจ

4) อุณหภูมิ น้ำธรรมชาติมักมีอุณหภูมิปกติ อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงได้ และยังมีอิทธิพลต่อกรรมวิธีในการผลิตน้ำประปาอีกด้วย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.2.2 คุณสมบัติทางเคมี

1) พีเอช น้ำในธรรมชาติส่วนใหญ่จะมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 6-8.5 น้ำบาดาลจะมีค่าพีเอชสูงหรือต่ำเกินไปมักเป็นอุปสรรคในกระบวนการโคแอกกูเลชัน (Coagulation) ด้วยสารส้ม

2) ความเป็นด่าง (Alkalinity) น้ำที่มีความเป็นด่างสูงเป็นน้ำที่มีความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชได้ดี มีประโยชน์ช่วยให้ปฏิกิริยาในกระบวนการโคแอกกูเลชันเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ

3) ความกระด้าง (Hardness) สาเหตุของความกระด้างในน้ำธรรมชาติเกิดแคลเซียมและแมกนีเซียมมากกว่าเหล็กและโลหะอื่น

4) คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ น้ำผิวดินมีคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่น้อยเนื่องจากในอากาศมีก๊าซชนิดนี้น้อยมาก

5) คลอไรด์ (Chloride) คลอไรด์มีอยู่ทั่วไปในน้ำธรรมชาติ โดยเฉพาะน้ำผิวดินบริเวณใกล้ปากแม่น้ำ หรือบริเวณที่มีน้ำทะเลหนุนขึ้นมาถึงได้ คลอไรด์ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ ถ้ามีคลอไรด์ในน้ำมากจะทำให้น้ำมีรสเค็ม

6) เหล็ก (Fe) น้ำธรรมชาติส่วนใหญ่ โดยเฉพาะในน้ำใต้ดิน จะพบสารเหล็กอยู่ด้วยเสมอ เหล็กก่อให้เกิดปัญหาให้กับผู้ใช้น้ำประปา เช่น ทำให้น้ำมีสีแดงและมีกลิ่น ทำให้เกิดคราบสนิมกับเครื่องสุขภัณฑ์ ทำให้ผ้าเปื้อน ทำให้น้ำประปามีกลิ่นและรสเป็นที่น่ารังเกียจ

7) แมงกานีส (manganese) มักถูกพบในน้ำพร้อมเหล็ก แต่ในปริมาณที่น้อยกว่า แมงกานีสมีอยู่ในน้ำบาดาลมากกว่าน้ำผิวดิน และยังอาจพบแมงกานีสที่ก้นอ่างเก็บน้ำ มีผลทำให้น้ำขุ่น เสื้อผ้ามีรอยเปื้อน เป็นต้น

8) ออกซิเจน โดยปกติออกซิเจนน้ำผิวดินเป็นดัชนีที่แสดงถึงระดับสารอินทรีย์ที่เป็นมลพิษ ออกซิเจนในน้ำยังทำให้เหล็กและแมงกานีสตกผลึก ออกซิเจนในน้ำผิวดินควรมีปริมาณใกล้ระดับอิ่มตัวให้มากที่สุดเท่าที่จะกระทำได้

2.2.3 คุณสมบัติทางด้านแบคทีเรีย

1) พวกที่สามารถทำให้เกิดโรคในคน เป็นแบคทีเรียชนิดที่เป็นอันตรายและมีอยู่ลำไส้คนเรียกว่า enteric pathogen การตรวจวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรียพวกนี้มีกรรมวิธีที่ละเอียดและยุ่งยาก

2) แบคทีเรียพวกที่อยู่ในลำไส้และสัตว์มากที่สุด มีชื่อเรียกว่า โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (coliform bacteria) อยู่ในลำไส้สัตว์เลือดอุ่น มักนิยมใช้เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำทางแบคทีเรีย

2.3 มาตรฐานคุณภาพน้ำ

2.3.1 มาตรฐานน้ำดิบของแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน แบ่งตามการใช้ประโยชน์ออกเป็น 5 ประเภท ดังต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน

(2) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐานการอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ

ประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(2) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ

(3) การประมง

(4) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

ประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(2) การเกษตร

ประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(2) การอุตสาหกรรม

ประเภทที่ 5 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

2.3.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน อ้างอิงตามประกาศกระทรวงทรัพยากรสิ่งแวดล้อมและธรรมชาติ ฉบับที่ 20 (พ.ศ. 2543) ออกตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน

2.3.3 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา อ้างอิงตามประกาศของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข เรื่อง เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ พ.ศ. 2553

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.4 ขั้นตอนการผลิตน้ำประปา

2.4.1 การสูบน้ำ การผลิตน้ำประปา เริ่มจาก "โรงสูบน้ำแรงต่ำ" ทำการสูบน้ำจากแหล่งน้ำบาดาล หรือแหล่งน้ำผิวดินธรรมชาติ เพื่อลำเลียงเข้าสู่ระบบการผลิตน้ำ ซึ่งน้ำดิบที่สามารถนำมาผลิตน้ำประปาได้นั้นจะต้องมีปริมาณมากเพียงพอที่จะนำมาผลิตน้ำประปาได้อย่างต่อเนื่อง

2.4.2 การปรับปรุงคุณภาพน้ำ น้ำดิบที่สูบเข้ามาแล้ว จะถูกผสมด้วยสารเคมี เช่น สารส้มและปูนขาว เพื่อทำการปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบ สารละลายสารส้มจะช่วยให้มีการตกตะกอนได้ดียิ่งขึ้น และสารละลายปูนขาวจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของตะใคร่น้ำหรือสาหร่ายในน้ำ หรือบางครั้งจะมีการเติมคลอรีน เพื่อทำการฆ่าเชื้อโรคที่อาจปะปนมากับน้ำในขั้นต้นนี้ก่อน

2.4.3 การตกตะกอน ขั้นตอนนี้จะปล่อยน้ำที่ผสมสารส้มและปูนขาวแล้ว ที่ทำให้เกิดหมุนวนเวียนเพื่อให้น้ำกับสารเคมีรวมตัวกันจะช่วยให้มีการจับตัวของตะกอนได้ดียิ่งขึ้น และจะนำน้ำเหล่านั้นให้เข้าสู่ถัง

ตะกอนที่มีขนาดใหญ่ เพื่อทำให้เกิดน้ำนิ่ง ตะกอนที่มีขนาดใหญ่น้ำหนักมากจะตกลงสู่ก้นถัง และถูกดูดทิ้ง น้ำใสส่วนบนจะไหลตามรางรับน้ำเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

2.4.4 การกรอง ในการกรองจะใช้ทรายหยาบและทรายละเอียด เพื่อการกรองตะกอนขนาดเล็กมากในน้ำ และให้มีความใสสะอาดมากขึ้น ซึ่งในขั้นตอนนี้น้ำที่ผ่านการกรองจะมีความใสมาก แต่จะมีความขุ่นหลงเหลืออยู่ประมาณ 0.2-2.0 หน่วยความขุ่น และทรายกรองจะมีการล้างทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้การกรองมีประสิทธิภาพ

2.4.5 การฆ่าเชื้อโรค น้ำที่ผ่านการกรองมาแล้วจะมีความใส แต่อาจจะมีเชื้อโรคปนมากับน้ำ ฉะนั้นจะต้องทำการฆ่าเชื้อโรค โดยใช้ คลอรีน ซึ่งคลอรีนนี้สามารถฆ่าเชื้อโรคได้เป็นอย่างดี น้ำที่ได้รับการผสมคลอรีนแล้ว เรียกกันว่า “น้ำประปา” สามารถนำมาใช้เพื่อการอุปโภค-บริโภค

2.4.6 การควบคุณภาพน้ำประปา ขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนที่สำคัญ เพราะน้ำประปาที่ทำการผลิตมาแล้วนั้น จะต้องวิเคราะห์ตรวจสอบอีกครั้ง โดยการตรวจคุณภาพน้ำ เพื่อให้ได้น้ำประปาที่สะอาด ปลอดภัยสำหรับการอุปโภค-บริโภค

2.4.7 การสูบจ่าย น้ำประปาที่ผลิตมาแล้ว จะต้องให้บริการถึงบ้านเรือนของผู้ใช้น้ำโดยส่งผ่านไปตามเส้นท่อ ดังนั้นการสูบจ่ายจึงมีความจำเป็นด้วยการส่งจากหอถังสูงที่สามารถบริการได้ในพื้นที่ใกล้เคียง และในพื้นที่ที่ไกลออกไปหรือมีความสูงมากจำเป็นต้องใช้เครื่องอัดแรงดันน้ำ เพื่อให้น้ำประปาสามารถบริการได้อย่างทั่วถึง

2.5 ระบบประปาในประเทศไทย

เมื่อ พ.ศ. 2545 การจัดสร้างระบบประปาหมู่บ้าน เพื่อถ่ายโอนให้แก่ท้องถิ่นเป็นหน้าที่ของกรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะมีหน้าที่ในการสำรวจพื้นที่หมู่บ้านที่ยังไม่มีระบบประปา ดำเนินการก่อสร้าง อบรมคณะกรรมการบริหารและผู้ดูแล รวมทั้งถ่ายโอนให้หน่วยงานท้องถิ่นดำเนินการต่อไป ระบบประปาหมู่บ้านตามรูปแบบกรมทรัพยากรน้ำ แบ่งประเภทตามจำนวนผู้ใช้น้ำ ชนิดของแหล่งน้ำ ปริมาณน้ำ และคุณภาพน้ำดีพอที่จะนำมาผลิตน้ำประปาได้ โดยสามารถเจาะจงเลือกรูปแบบประปาที่เหมาะสมกับความต้องการชุมชนได้ โดยพิจารณาความเพียงพอของชุมขนเป็นประเด็นหลัก ระบบประปากรมทรัพยากรน้ำมีแบบมาตรฐานหลายรูปแบบ ทั้งนี้กรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้เข้ามาร่วมดูแลการขุดเจาะและเก็บข้อมูลในบ่อบาดาลที่ประปาหมู่บ้านได้นำมาใช้ โดยมีรายละเอียดรูปแบบต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 เช่น มาตรฐานระบบประปาบาดาลขนาดเล็ก มีบ่อบาดาลที่สามารถสูบน้ำขึ้นมาใช้ได้อย่างต่อเนื่องและปลอดภัย ตั้งแต่ 2.5 ลบ.ม./ชม. โดยต้องมีการทดสอบปริมาณน้ำ เพื่อประเมินศักยภาพและวิเคราะห์คุณภาพน้ำมีบริเวณพื้นที่ที่จะก่อสร้างระบบผลิตประปาขนาด 15x15 เมตร มีจำนวนผู้ใช้น้ำ ตั้งแต่ 30-50 ครัวเรือน อบต. และคณะกรรมการหมู่บ้านจะต้องรับผิดชอบในการบริหารจัดการตามคำแนะนำของกรมทรัพยากรน้ำ มีกองทุนเป็นเงินไม่น้อยกว่า 3,000 บาท ประชาชนพร้อมที่จะจ่ายค่าน้ำประปา

ตารางที่ 2.1 แบบมาตรฐานของระบบประปาขนาดต่าง ๆ

แบบมาตรฐาน	สำหรับผู้ใช้น้ำ (หลังคาเรือน)	กำลังการผลิต (ลบ.ม./ชั่วโมง)
ระบบประปาบาดาลขนาดเล็ก	30 - 50	2.5
ระบบประปาบาดาลขนาดกลาง	51 - 120	7.0
ระบบประปาบาดาลขนาดใหญ่	121 - 300	10
ระบบประปาบาดาลขนาดใหญ่มาก	301 - 700	20
ระบบประปาผิวดินขนาดใหญ่	121 - 300	10
ระบบประปาผิวดินขนาดใหญ่มาก	301 - 700	20
ระบบประปาผิวดินขนาดใหญ่พิเศษ	701 - 1300	50

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากผลการศึกษาของ นฎเกล้า และ สมชาย (2550) ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำประปาหมู่บ้าน โดยการเก็บตัวยอย่างน้ำจากน้ำประปาหมู่บ้าน จำนวน 19 ตัวอย่าง ในอำเภอสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย พบว่าทั้ง 19 ตัวอย่าง มีการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรีย มีความขุ่นเกินมาตรฐาน และมีปริมาณคลอรีนตกค้างต่ำกว่าค่ามาตรฐาน วัลยา และคณะ(2551) ทำการศึกษาวิเคราะห์คุณภาพน้ำประปาหมู่บ้านที่ใช้น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำดิบจำนวน 4 หมู่บ้าน ตำบปุ่งไหม อำเภอวารินชำราบ ในจังหวัดอุบลราชธานี พบว่ามีการตรวจพบสารโลหะหนักบางชนิดปนเปื้อนในตัวอย่างน้ำประปา ได้แก่ สารหนูและเซเลเนียม ถึงแม้จะพบว่าค่าที่ได้ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ควรจะมีการเฝ้าระวังการปนเปื้อนในแหล่งน้ำดิบ และน้ำประปา วรางคณา และคณะ(2545) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำดิบสำหรับการผลิตประปาและน้ำประปาหมู่บ้าน รวม 10 แห่ง ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545 ผลการวิเคราะห์พบว่า คุณภาพน้ำดิบที่นำมาใช้ในการอุปโภค-บริโภค อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย ตามมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 และในน้ำประปามีการตรวจพบว่ามีค่าเหล็ก แมงกานีส ตะกั่ว และอลูมิเนียมสูงเกินกว่าค่ามาตรฐาน และตรวจพบแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มและ ฟีคอลโคลิฟอร์ม นฤมล และวรางคณา (2549) ทำการศึกษาระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดินภายในจังหวัดขอนแก่น จำนวน 11 แห่ง พบว่าคุณภาพน้ำไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำบริโภคถึงร้อยละ 90.91Majuru et al (2011) ทำการศึกษาพบว่าหมู่บ้านที่มีการปรับปรุงระบบการผลิตน้ำประปา เช่น ในตัวระบบประปา และการเลือกใช้แหล่งน้ำดิบที่มีความน่าเชื่อถือในเรื่องคุณภาพน้ำ จะมีอัตราการเกิดโรคอุจาระร่วงลดลงร้อยละ 57 Richardson et al (2009) ทำการสุ่มตัวอย่าจำนวน 34,904 ตัวอย่าง จากระบบผลิตน้ำดื่มจำนวน 11,2333 แห่ง ภายในประเทศอังกฤษ เพื่อทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางแบคทีเรีย พบเชื้อ *Escherichia coli* ร้อยละ 18.87 และพบว่าระบบผลิตน้ำจำนวน 3,638 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 32.29 ตรวจพบเชื้อ จากผลการศึกษาพบว่าระบบการผลิตน้ำดื่มในประเทศอังกฤษอยู่ในระดับที่ไม่น่าพอใจ มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรค Yokota et al (2001) ศึกษาพบการปนเปื้อน โลหะหนักอาร์เซนิก (Arsenic) ในน้ำใต้ดิน ในหมู่บ้าน Samta ประเทศบังกลาเทศ มีความเข้มข้นสูงกว่า 0.05 mg/L ในบ่อน้ำบาดาลถึงร้อยละ 90 มีผลทำให้ประชาชนมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเนื่องจากสารอาร์เซนิก โดยส่วนใหญ่น้ำดื่มของประเทศบังกลาเทศ จะมาจากน้ำใต้ดิน และพบว่า 59 หมู่บ้านจาก 64 หมู่บ้านมีการปนเปื้อนสารอาร์เซนิกในน้ำใต้ดิน

สรุปจากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จะเห็นได้ว่าหากมีการปนเปื้อนมลพิษลงสู่แหล่งน้ำจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของประชากรในชุมชน และมีผลต่อการผลิตน้ำประปา และจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าระบบประปาในประเทศไทยในปัจจุบันมีปัญหาในเรื่องคุณภาพน้ำ ทั้งในด้านคุณภาพน้ำทางแบคทีเรียและคุณภาพน้ำทางเคมี และควรมีการเฝ้าระวังการตรวจคุณภาพน้ำประปา และแหล่งน้ำดิบ

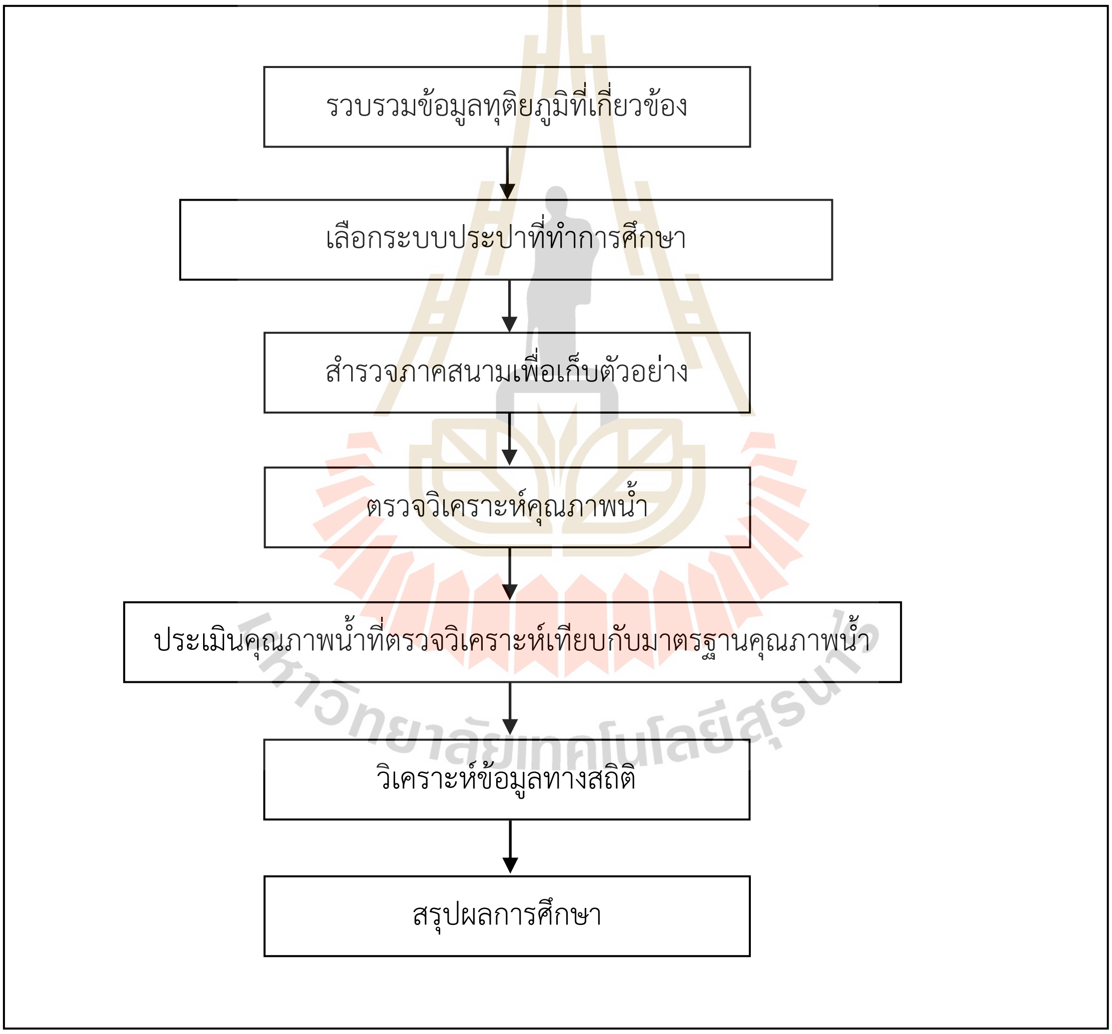
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) เพื่อประเมินคุณภาพน้ำประปาชุมชนในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ขั้นตอนในการศึกษาวิจัย ดังแสดงในรูปที่ 3.1 โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 พื้นที่การศึกษา

พื้นที่ในการศึกษาวิจัยอยู่ภายในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ มีชื่อเรียกโดยรวมว่า “นครชัยบุรินทร์” รายละเอียดข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ที่ทำการศึกษาดังแสดงในหัวข้อบทที่ 2



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษา

3.2 ระยะเวลาศึกษา

ทำการศึกษาใน 2 ช่วงฤดูกาล คือ ช่วงฤดูฝนระหว่างเดือนกรกฎาคม – ตุลาคม พ.ศ.2559 และช่วงฤดูแล้งระหว่างเดือนมกราคม – เมษายน พ.ศ.2559

3.3 การสุ่มตัวอย่างระบบประปา

จากข้อมูลระบบประปาชุมชนภายในพื้นที่ 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิจังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ ในการศึกษาครั้งนี้ ทีมวิจัยเลือกระบบประปาชุมชนเมืองซึ่งบริหางานโดยหน่วยงานการประปาส่วนภูมิภาค และหน่วยงานท้องถิ่นในพื้นที่ และจำนวนตัวอย่างให้กระจายในแต่ละจังหวัดตามจำนวนประชากร ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกจำนวนระบบประปาทั้งหมด 13 แห่ง รายละเอียดจำนวนการสุ่มตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และการกระจายตัวอย่างในพื้นที่การศึกษาทั้ง 4 จังหวัด ดังแสดงในแผนที่รูปที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 จำนวนตัวอย่างระบบประปาที่ทำการสุ่มตัวอย่างในแต่ละจังหวัด

พื้นที่ศึกษา	**การบริหารจัดการ**		
	ส่วนภูมิภาค	**เทศบาล**	**ทั้งหมด**
1. นครราชสีมา	2	4	6
2. ชัยภูมิ	2	1	3
3. บุรีรัมย์	1	1	2
4. สุรินทร์	1	1	2
ทั้งหมด	**6**	**7**	**13**

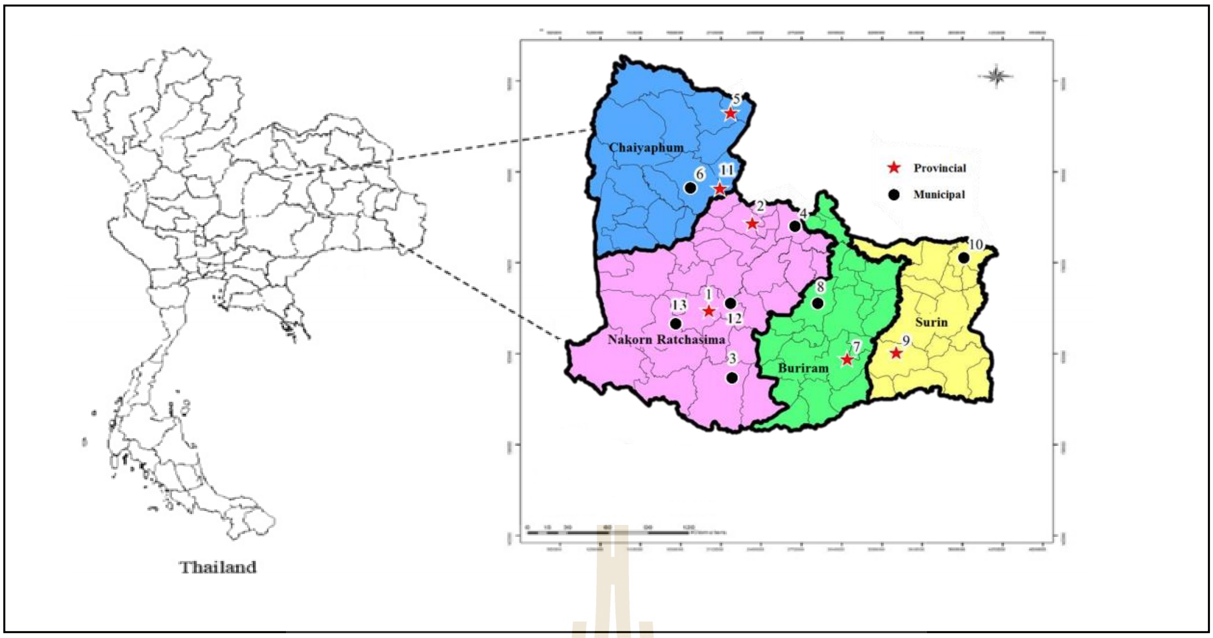
3.4 การเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำไปตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ในแต่ละระบบประปา โดยเก็บที่ 3 จุดเก็บตัวอย่าง โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วงฤดูกาล คือ ช่วงฤดูฝน (เดือนกรกฎาคม – ตุลาคม 2559) และฤดูแล้ง (เดือนมกราคม – เมษายน 2559) รายละเอียดของระบบประปาที่ถูกคัดเลือกใช้ในการศึกษาครั้งนี้ มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.2 รายละเอียดในการเก็บตัวอย่างของแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง มีดังต่อไปนี้

3.4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำดิบ ทำการเก็บตัวอย่างแหล่งน้ำผิวดินที่ใช้เป็นแหล่งน้ำดิบในการผลิตน้ำประปา ของระบบประปาในแต่ละแห่ง และเก็บตัวอย่างน้ำในบ่อพักน้ำก่อนเข้าระบบผลิตประปา ของระบบประปาอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา จำนวนตัวอย่างในการเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน แสดงในตารางที่ 3.3

3.4.2 น้ำประปาที่สถานีสูบจ่ายก่อนออกจากโรงประปา จำนวนตัวอย่างในการเก็บตัวอย่างน้ำประปาที่จุดเก็บนี้ แสดงในตารางที่ 3.4

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.2 จุดเก็บตัวอย่างระบบประปาชุมชนเมือง

ตารางที่ 3.2 รายชื่อระบบประปาที่ถูกคัดเลือกภายในพื้นที่ศึกษา 4 จังหวัด

ลำดับ	ที่ตั้งระบบประปา	รหัส	เก็บตัวอย่าง	
			ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
จังหวัดนครราชสีมา				
1	ระบบผลิตน้ำประปาอัษฎางค์ อำเภอเมือง	KL1	✓	✓
2	ระบบผลิตน้ำประปามะขามเฒ่า อำเภอเมือง	KL1	✓	✓
3	ระบบผลิตประปาบ้านใหม่หนองบอน อำเภอเมือง	KL1	✓	✓
4	ระบบผลิตประปาเทศบาลเมืองบัวใหญ่ อำเภอบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา	KL2	✓	✓
5	ระบบผลิตประปาภูมิภาคตำบลแชะ อำเภอครบุรี	KP3	✓	✓
6	ระบบผลิตประปาส่วนภูมิภาค สาขาพิมาย	KP4	✓	✓
จังหวัดชัยภูมิ				
7	ระบบผลิตประปาเทศบาลตำบลลาดใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ	CL5	✓	✓
8	ระบบผลิตน้ำประปาหนองสังข์	CP6	✓	✓
9	ระบบผลิตน้ำประปานิเวศรัตน์	CP6	✓	✓
จังหวัดบุรีรัมย์				
10	ระบบผลิตประปาเทศบาลตำบลประโคนชัย อ.ประโคนชัย จ.บุรีรัมย์	BL7	✓	✓
11	ระบบผลิตประปาการประปาภูมิภาคสาขาบุรีรัมย์	BP8	✓	✓
จังหวัดสุรินทร์				
12	ระบบผลิตประปาเทศบาลตำบลกังแอน อ.ปราสาท จ.สุรินทร์	SL9	✓	✓
13	ระบบผลิตประปาภูมิภาคสาขาสุรินทร์	SP10	✓	✓

หมายเหตุ: ✓ คือ จุดเก็บตัวอย่าง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.4.3 น้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือนภายในเขตรับผิดชอบของระบบประปา โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำประปาในครัวเรือน แห่งละ 3 ตัวอย่างต่อระบบประปา จำนวนตัวอย่างและการกระจายตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.3 จำนวนตัวอย่างแหล่งน้ำดิบและการกระจายตัวอย่างน้ำดิบที่ทำการศึกษา

จังหวัด	ชนิดแหล่งน้ำ	จำนวนตัวอย่างแหล่งน้ำ		รวมตัวอย่าง
		ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	
นครราชสีมา	น้ำดิบ	6	6	12
	บ่อพักน้ำ	1	1	2
ชัยภูมิ	น้ำดิบ	2	2	4
บุรีรัมย์	น้ำดิบ	2	2	4
สุรินทร์	น้ำดิบ	2	2	4
จำนวนตัวอย่างน้ำดิบทั้งหมดที่เก็บ				26

ตารางที่ 3.4 จำนวนตัวอย่างระบบประปาและการกระจายตัวอย่างที่ทำการศึกษา

จังหวัด	จำนวนตัวอย่างระบบประปา				รวมตัวอย่าง
	อปท.*		กปภ.*		
	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	
นครราชสีมา	4	4	2	2	12
ชัยภูมิ	1	1	2	2	6
บุรีรัมย์	1	1	1	1	4
สุรินทร์	1	1	1	1	4
จำนวนตัวอย่างทั้งหมดที่เก็บ					26

*หมายเหตุ อปท. คือ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น กปภ. คือ การประปาส่วนภูมิภาค

ตารางที่ 3.5 จำนวนตัวอย่างน้ำประปาที่จุดใช้ในครัวเรือนและการกระจายตัวอย่างที่ทำการศึกษา

จังหวัด	ชนิดแหล่งน้ำ	จำนวนตัวอย่างแหล่งน้ำ		รวมตัวอย่าง
		ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	
นครราชสีมา	น้ำดิบ	15	15	30
ชัยภูมิ	น้ำดิบ	6	6	12
บุรีรัมย์	น้ำดิบ	6	6	12
สุรินทร์	น้ำดิบ	6	6	12
จำนวนตัวอย่างน้ำใช้ในครัวเรือนทั้งหมดที่เก็บ				66

3.5 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลภาคสนาม

ขั้นตอนการเก็บข้อมูลของระบบประปาชุมชน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.5.1 รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ

ทำเก็บรวบรวมข้อมูลทั่วไปของระบบประปาชุมชน ได้แก่ กำลังผลิต ที่ตั้ง แหล่งน้ำดิบ ปริมาณน้ำที่ผลิตได้ กระบวนการผลิตน้ำประปา เพื่อนำมาวางแผนในการเก็บตัวอย่างภาคสนามต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.5.2 กำหนดจุดเก็บตัวอย่างในแต่ละระบบประปา

กำหนดจุดเก็บน้ำตัวอย่าง โดยในแต่ละตัวอย่างประชากร (ระบบประปาชุมชน) จะทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 4 จุดเก็บตัวอย่าง ได้แก่

1) ตัวอย่างแหล่งน้ำดิบ ทั้งน้ำผิวดิน ที่นำไปใช้ในการผลิตน้ำประปา

2) ตัวอย่างน้ำจากบ่อพักน้ำก่อนเข้าระบบผลิตประปา (มีเฉพาะระบบประปา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

3) น้ำประปาที่ผ่านกระบวนการผลิตน้ำสะอาดของระบบประปา (สถานีสูบจ่าย) เก็บที่โรงประปา หลังจากผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโรคเรียบร้อย และเตรียมส่งให้กับชุมชน

4) น้ำประปา จากท่อน้ำ หรือก๊อกน้ำ ณ จุดผู้ใช้ เช่น บ้านเรือน วัด หรือโรงเรียน เพื่อใช้ในการตรวจประเมินระบบท่อจ่ายน้ำของระบบประปา

3.5.3 ความถี่ของการเก็บตัวอย่าง

ความถี่ของการเก็บตัวอย่าง จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำแห่งละ 2 ครั้ง ฤดูแล้ง (ช่วงเดือน มค.-เม.ย. และฤดูฝน ช่วงเดือน กค.-ตค.

3.5.4 จำนวนตัวอย่างที่ทำการเก็บ

จากจำนวนตัวอย่างระบบประปาหมู่บ้านของทั้ง 4 จังหวัด เลือกจำนวนตัวอย่างอย่างน้อย 10 แห่งจากจำนวนประปาที่ดำเนินการโดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) และการประปาส่วนภูมิภาค (กปภ.) และใช้หลักการในการเก็บน้ำประปา กำหนดดังนี้ (Guidelines for drinking water quality, 2ed: volume 1, 1993)

3.5.5 วิธีการเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างน้ำใช้วิธีแบบจ้วง (Grab sampling) โดยจะทำการเก็บตัวอย่างแยกเพื่อการตรวจวิเคราะห์พารามิเตอร์ ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน และคุณภาพน้ำประปาขององค์การอนามัยโลกและการประปานครหลวง โดยจะมีรายละเอียดในการเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปตรวจพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.6 มีดังต่อไปนี้

1) การเก็บตัวอย่างน้ำ พร้อมทั้งตรวจวิเคราะห์ ณ.จุดเก็บตัวอย่าง ได้แก่ การเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีบางพารามิเตอร์ เช่น อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) เป็นต้น จะทำการตรวจวัด ณ.จุดเก็บตัวอย่าง

2) เก็บตัวอย่างเพื่อนำไปตรวจวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา มีรายละเอียดการเก็บตัวอย่าง ดังต่อไปนี้

2.1) เก็บตัวอย่าง เพื่อตรวจวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมี โดยใช้ขวดเก็บตัวอย่างเป็นขวดพลาสติก โดยการล้างขวดด้วยน้ำตัวอย่างที่จะเก็บ 2-3 ครั้ง ก่อนทำการเก็บตัวอย่าง เพื่อทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้ ความขุ่น สี ค่าบีโอดี (BOD) ไนเตรท ไนไตรท์ เหล็ก แมงกานีส ความกระด้าง ปริมาณซัลเฟต คลอไรด์ และค่าคลอรีนตกค้าง เป็นต้น

2.2) เก็บตัวอย่าง เพื่อทำตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางชีวภาพ โดยขวดเก็บตัวอย่างจะเป็นขวดแก้วที่ผ่านการฆ่าเชื้อก่อนนำมาเก็บตัวอย่าง และขณะเก็บตัวอย่างต้องทำความสะอาดบริเวณก๊อกน้ำ (ในกรณีเก็บตัวอย่างน้ำประปา) ด้วยแอลกอฮอล์ และคนเก็บตัวอย่างต้องทำความสะอาดมือ ด้วยการเช็คด้วย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แอลกอฮอล์ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากการเก็บตัวอย่าง โดยพารามิเตอร์ที่ทำการเก็บตัวอย่าง คือ ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total coliform)

3.6 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำดิบ บ่อพักน้ำ น้ำจากสถานีสูบจ่าย และน้ำประปา โดยใช้วิธีการตรวจวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 3.7

1) คุณภาพน้ำดิบ โดยพารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวัด อ้างอิงตามพารามิเตอร์และวิธีการตรวจตามมาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน และ มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำดิบในการนำไปใช้ผลิตน้ำประปา

2) คุณภาพน้ำประปา อ้างอิงมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวง โดยวิธีการตรวจวิเคราะห์ พารามิเตอร์ต่าง ๆ อ้างอิง APHA, AWWA, and WEF. (2005).

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.7.1 นำข้อมูลผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ณ จุดเก็บแหล่งน้ำดิบ น้ำประปาที่สถานีสูบจ่าย และน้ำประปา ณ จุดใช้ที่ครัวเรือน ไปเทียบกับค่ามาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 3.8 และนำไปคำนวณหา ร้อยละของตัวอย่างที่ผ่านมาตรฐาน โดยใช้สูตรที่ 3.1

$$\text{ร้อยละตัวอย่างที่ผ่านมาตรฐาน} = \left(\frac{\text{จำนวนตัวอย่างที่ผ่านมาตรฐาน}}{\text{จำนวนตัวอย่างทั้งหมด}}\right) \times 100 \qquad 3.1$$

ตารางที่ 3.6 พารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวัด

ลำดับ	พารามิเตอร์	จุดเก็บน้ำ			
		แหล่งน้ำดิบ	บ่อพักน้ำ	น้ำประปา	น้ำก๊อก
ทางกายภาพ-เคมี					
1	ความขุ่น	✓	✓	✓	✓
2	สี	✓	✓	✓	✓
3	บีโอดี	✓	✓	X	X
4	ไนเตรท	✓	✓	✓	X
5	เหล็ก	✓	✓	✓	✓
6	แมงกานีส	✓	✓	✓	✓
7	ความกระด้าง	✓	✓	X	X
8	ซัลเฟต	✓	✓	X	X
9	คลอไรด์	✓	✓	✓	✓
10	แอมโมเนีย-ไนโตเจน	✓	✓	✓	X
11	ทีเคเอ็น	✓	✓	✓	X
12	ของแข็งแขวนลอย (TSS)	✓	✓	✓	✓
13	ของแข็งละลายได้ (TDS)	✓	✓	✓	✓
ทางชีวภาพ					
14	total Coliform	✓	✓	✓	✓
พารามิเตอร์ที่ทำการเก็บ ณ จุดเก็บน้ำตัวอย่าง					
15	คลอรีนตกค้าง	X	X	✓	✓
16	DO	✓	✓	✓	✓
17	pH	✓	✓	✓	✓
18	อุณหภูมิ	✓	✓	✓	✓
19	Conductivity	✓	✓	✓	✓

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.7 วิธีการตรวจวิเคราะห์

ลำดับ	พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์	อ้างอิง
ทางกายภาพ-เคมี			
1	ความขุ่น	Nephelometric Method	APHA et al. (2005)
2	สี	Spectrophotometric Method	
3	บีโอดี	5-day BOD Test Method	
4	ไนไตรท์	Spectrophotometric Method	APHA et al. (2005)
5	ไนเตรท	Spectrophotometric Method	
6	เหล็ก	Phenanthroline Method	
7	แมงกานีส	Persulfate Method	
8	ความกระด้าง	EDTA Titrimetric Method	
9	ซัลเฟต	Turbidimetric Method	
10	คลอไรด์	Argentometric Method	
11	ฟลูออไรด์	SPADNS Method	
12	แอมโมเนีย-ไนโตเจน	Titrimetric Method	
13	ทีเคเอ็น	Kjeldahl Method	
14	ของแข็งแขวนลอย (TSS)	Gravimetric Method	
15	ของแข็งละลายได้ (TDS)	Gravimetric Method	
ทางชีวภาพ			
16	Total Coliform	MPN method	APHA et al. (2005)

3.7.2 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยมีรายละเอียดในการวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

- นำไปวิเคราะห์ลักษณะการแจกแจงของข้อมูล และนำมาแสดงแผนภูมิแบบจุด (Dot Plot)
- ทำการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำระหว่างช่วงฤดูแล้งกับฤดูฝน โดยใช้การทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของ 2 ประชากร แบบจับคู่ (Paired t-Test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
- ทำการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำระหว่างระบบประปาที่ดำเนินการโดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น(อปท.) และการประปาส่วนภูมิภาค (กปภ.)

3.8 การประมวลข้อมูลผลการศึกษา

นำผลการศึกษาที่ได้ไปประเมินรวมกับข้อมูลศักยภาพแหล่งน้ำ ข้อมูลด้านวิศวกรรมการประปา การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ และข้อมูลการถ่ายทอดสู่ชุมชน เพื่อนำปรับปรุงระบบประปาชุมชนเมือง เพื่อใช้เป็นต้นแบบของระบบชุมชนเมืองที่อื่นๆ ต่อไป

ตารางที่ 3.8 ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำที่นำไปใช้ในการประเมินผลคุณภาพน้ำ

พารามิเตอร์	หน่วย	คุณภาพแหล่งน้ำ			
		น้ำผิวดิน*	น้ำผิวดิน**	น้ำประปา***	น้ำประปา****
คุณลักษณะทางกายภาพและเคมี					
สี (Co lour)	Pt-Co	$\leq$ 300	-	$\leq$ 15	15
กลิ่น (Odour)	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ	-	-	-	-
ความขุ่น (Turbidity)	NTU	-	-	$\leq$ 4	20
ความเป็นกรด ด่าง (pH)	-	-	5-9	-	$\leq$ 9.2
ออกซิเจนละลาย (DO)	มก./ล.	$\geq$ 4	2-6	-	-
บีโอดี (BOD)	มก./ล.	$\leq$ 2	1.5-4	-	-
เหล็ก (Fe)	มก./ล.	$\leq$ 50	-	$\leq$ 0.3	1
แมงกานีส (Mn)	มก./ล.	$\leq$ 5	1	$\leq$ 0.3	0.5
ความกระด้าง	มก./ล.	$\leq$ 500	-	-	-
ซัลเฟต (SO_4)	มก./ล.	-	-	-	250
คลอไรด์ (Cl)	มก./ล.	-	-	$\leq$ 250	600
ของแข็งแขวนลอย (TSS)	มก./ล.	-	-	-	-
ของแข็งละลายได้ (TDS)	มก./ล.	-	-	-	-
ไนเตรท (NO_3)	มก./ล.	$\leq$ 5	5	$\leq$ 50	45
แอมโมเนีย-ไนโตเจน	มก./ล.	$\leq$ 0.5	0.5	-	-
ทีเคเอ็น	มก./ล.	-	-	-	-
คลอรีนตกค้าง	มก./ล.	-	-	$\geq$ 2	-
คุณลักษณะทางจุลชีววิทยา					
แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด	MPN/100 ml	$\leq$ 20,000	5,000-20,000	-	500

หมายเหตุ * : The guideline of World Health Organization (WHO).
** : มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินตามการใช้ประโยชน์
*** : Standard of metropolitan waterworks authority.
**** : มาตรฐานน้ำประปาตามมาตรฐานการประปานครหลวง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการศึกษา

ผลการศึกษาวิจัยการประเมินคุณภาพน้ำของระบบประปาชุมชนเมืองภายในพื้นที่ 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ โดยแบ่งการเก็บตัวอย่างออกเป็น 2 ช่วงฤดู ได้แก่ ฤดูฝน (ก.ค. - ต.ค.) และฤดูแล้ง (ม.ค. – เม.ษ.) โดยแบ่งตามลักษณะการบริหารงาน ได้แก่ ระบบประปาภูมิภาค และระบบประปาเทศบาล มีจุดในการเก็บตัวอย่างน้ำ คือ แหล่งน้ำผิวดินที่เป็นแหล่งน้ำดิบในการผลิตน้ำผลการศึกษาวิจัย การวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงสถิติและการอภิปรายผลการศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพแหล่งน้ำดิบ

ทีมวิจัยได้ทำการเก็บตัวอย่างที่แหล่งน้ำดิบ 12 แห่ง สำหรับนำไปใช้ในการผลิตน้ำประปา และเก็บน้ำตัวอย่างที่บ่อพักน้ำก่อนเข้าสู่ระบบการผลิตน้ำประปาบ้านใหม่หนองบอนของจังหวัดนครราชสีมา 1 แห่ง เนื่องจากมีเพียงระบบประปาของจังหวัดนครราชสีมาเท่านั้นที่มีบ่อพักน้ำ ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพของแหล่งน้ำดิบจาก 12 แห่ง ทั้งในช่วงฤดูฝน และฤดูแล้งนำไปเทียบกับค่ามาตรฐานในตารางที่ 3.6 ร้อยละจำนวนตัวอย่างที่ผ่านมาตรฐาน สรุปในตารางที่ 4.1 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำดิบของจังหวัดนครราชสีมา แสดงในตารางที่ 4.2 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อพักน้ำของระบบประปา จังหวัดนครราชสีมา แสดงในตารางที่ 4.3 และผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำดิบของจังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ แสดงในตารางที่ 4.4, 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

4.1.1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพ

จากผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของแหล่งน้ำดิบ พบว่าน้ำดิบของระบบประปาของทั้ง 4 จังหวัด มีลักษณะทางกายภาพผ่านมาตรฐานพารามิเตอร์ความขุ่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ ยกเว้น ค่าสี เนื่องจากมีจำนวนตัวอย่างที่ไม่มาตรฐานในเรื่องสีในจังหวัด นครราชสีมา และชัยภูมิ เท่ากับ ร้อยละ 91.7 และ 75.0 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) โดยพบที่แหล่งน้ำดิบของระบบประปามะขามเฒ่า จังหวัดนครราชสีมา (ตารางที่ 4.2) และที่แหล่งน้ำดิบของระบบประปานิเวศรัตน์ จังหวัดชัยภูมิ (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ที่บ่อพักน้ำ ของระบบประปาบ้านใหม่หนองบอน จังหวัดนครราชสีมา เป็นเพียงระบบประปาแห่งเดียวเท่านั้นในจำนวนระบบประปาที่คัดเลือกเป็นระบบประปาที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ผลการศึกษาพบว่า ลักษณะคุณภาพน้ำของบ่อพักน้ำผ่านเกณฑ์มาตรฐานในสำหรับแหล่งน้ำดิบที่นำไปใช้ในการผลิตน้ำประปา ทั้งทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ

4.1.2 ผลการศึกษาลักษณะทางเคมี

จากผลการศึกษาลักษณะทางเคมีของแหล่งน้ำดิบ นำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า มีจำนวนตัวอย่างที่ผ่านมาตรฐานร้อยละ 100 ได้แก่ ค่าเหล็ก ความกระด้าง ซัลเฟต คลอไรด์ แอมโมเนียไนโตรเจน และค่าทีเคเอ็น ในขณะที่ค่าออกซิเจนละลายน้ำ และค่าบีโอดี มีตัวอย่างน้ำดิบที่ผ่านมาตราฐานอยู่ในช่วงร้อยละ 50-100 และร้อยละ 50-58.3 ตามลำดับ และเมื่อดูผลการวิเคราะห์น้ำในรายจังหวัด พบว่า จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ และจังหวัดบุรีรัมย์ (ตารางที่ 4.2, 4-4 และ 4.5) มีจำนวนตัวอย่างไม่ผ่านมาตรฐานค่อนข้างสูง โดยเฉพาะจากระบบประปาลาดใหญ่ แสดงว่าแหล่งน้ำผิวดินที่นำไปผลิต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

น้ำประปามีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ ซึ่งส่งผลทำให้ปริมาณค่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน และระบบประปาของจังหวัดนครราชสีมา พบว่า มีตัวอย่างที่ไม่ผ่านมาตรฐานในค่าพารามิเตอร์แมงกานีส และไนเตรท ในระบบประปาเมืองบัวใหญ่ และระบบประปามะขามเฒ่า (ตารางที่ 4.2) ตามลำดับ

4.1.3 ผลการศึกษาลักษณะทางชีวภาพ

จากผลการศึกษาลักษณะแหล่งน้ำดิบมีจำนวนตัวอย่างที่ผ่านมาตรฐานทางชีวภาพร้อยละ 100 ยกเว้น จังหวัดนครราชสีมา พบว่า มีจำนวนตัวอย่างที่ผ่านมาตรฐานทางชีวภาพร้อยละ 83.3 โดยพบที่แหล่งน้ำดิบสำหรับระบบประปามะขามเฒ่า และระบบประปาพิมาย (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.1 สรุปจำนวนตัวอย่างที่ผ่านมาตรฐานแหล่งน้ำดิบสำหรับการผลิตน้ำประปา

พื้นที่ศึกษา	กายภาพ			เคมี										ชีวภาพ
	สี (Pt-Co)	ความขุ่น (NTU)	กรด-ด่าง	ออกซิเจน (mg/l)	เหล็ก (mg/l)	แมงกานีส (mg/l)	ความกระด้าง (mg/l)	ซัลเฟต (mg/l)	คลอไรด์ (mg/l)	บีโอดี (mg/l)	ไนเตรท (mg/l)	แอมโมเนียไนโตรเจน (mg/l)	ทีเคเอ็น (mg/l)	โคลิฟอร์มทั้งหมด (MPN/100 ml)
1. นครราชสีมา	91.7	100.0	100.0	83.3	100.0	91.7	100.0	100.0	100.0	58.3	91.7	100.0	100.0	83.3
2. ชัยภูมิ	75.0	100.0	100.0	50.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	50.0	100.0	100.0	100.0	100.0
3. บุรีรัมย์	100.0	100.0	100.0	75.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	50.0	100.0	100.0	100.0	100.0
4. สุรินทร์	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	50.0	100.0	100.0	100.0	100.0

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.2 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำดิบของจังหวัดนครราชสีมา

พารามิเตอร์ (Parameter)	หน่วย (Unit)	ค่ามาตรฐาน	ประปาอัษฎางค์		ประปามะขามเฒ่า		ประปาบ้านใหม่หนองบอน*		ประปาพิมาย		ประปาเมืองบัวใหญ่		ประปาภูมิภาคตำบลแชะ**	
			ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
กายภาพ														
1. สี	Pt-Co	≤300	91	19.33	337	20.67	174.33	213	209.33	142	125.33	99	174.33	114.33
2. ความขุ่น	NTU	-	9.43	11.43	40.97	3.1	15.3	19.2	18.07	5.42	12	7.32	15.3	12.23
3. pH	-	5.0-9.0	7.53	7.44	7.2	7.79	7.02	7.07	7.29	7.01	7.03	6.91	7.02	5.63
4. อุณหภูมิ	°C	เป็นไปตามธรรมชาติ*	30.2	27	29.7	26.2	28.5	32.1	30	28	31	28.8	28.5	25
เคมี														
5. DO	มก./ล.	≥ 4.0	4.9	8.03	2.61	5.17	4.27	4.17	4.15	4.09	3.42	4.52	4.27	6.44
6. เหล็ก	มก./ล.	≤ 50	0.303	0.448	0.903	0.285	0.921	1.387	0.817	1.61	1.706	0.453	0.921	4.73
7. แมงกานีส	มก./ล.	≤ 5	0.25	0.342	1.55	0.058	0.3	0.517	0.4	1.242	9.425	0.075	0.3	1.75
8. ความกระด้าง	มก./ล.	≤ 500	99.33	67	91.33	67	82	61.33	60	47.67	118	71.33	82	113.33
9. ซัลเฟต	มก./ล.	-	0.061	0.045	0.006	0.055	0.0127	0.0327	0.005	0	0.0191	0.014	0.0127	0.015
10. คลอไรด์	มก./ล.	-	24.44	15.31	22.62	14.46	22.88	8.51	54.59	81.96	211.35	137.83	22.88	260.37
11. ของแข็งแขวนลอย (TSS)	มก./ล.	-	52	13.3	85.33	4	41.33	25.2	78.67	16.7	84	14.5	41.33	15
12. องแข็งละลายได้ (TDS)	มก./ล.	≤1,500	213.33	202.67	270.67	177.33	169.33	342.67	217.33	360	588	913.33	169.33	1260.67
13. บีโอดี	มก./ล.	≤ 2	1.32	3.296	1.77	1.364	1.73	3.498	1.53	4.07	1.32	2.882	1.73	3.59
14.ไนเตรท	มก./ล.	≤ 5	1.198	0.507	6.043	0.175	0.971	0.041	0.609	0.024	1.246	0.034	0.966	0.74
15. แอมโมเนีย-ไนโตเจน	มก./ล.	≤ 0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16. ทีเคเอ็น	มก./ล.	-	0.014	0.37	0.014	0.037	0.028	0.75	0.033	0.98	0.023	0.89	0.028	0.33
ชีวภาพ														
17. total Coliform	MPN/100 มล.	≤ 20,000	14	23	≥2400	0	170	5	≥2400	540	94	2	170	0

ตารางที่ 4.3 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำดิบในบ่อพักน้ำ ของระบบประปาบ้านใหม่หนองบอน จังหวัดนครราชสีมา

พารามิเตอร์ (Parameter)	หน่วย (Unit)	ค่ามาตรฐาน	ประปาบ้านใหม่หนองบอน*	
			ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
กายภาพ				
1. สี	Pt-CO	≤300	206.67	68.67
2. ความขุ่น	NTU	-	28.3	10.07
3. pH	-	5.0-9.0	8.88	7.95
4. อุณหภูมิ	°C	เป็นไปตามธรรมชาติ*	31	32.4
เคมี				
5. DO	มก./ล.	≥4.0	5.87	5.71
6. เหล็ก	มก./ล.	≤50	1.461	0.257
7. แมงกานีส	มก./ล.	≤5	0.783	0.175
8. ความกระด้าง	มก./ล.	≤500	52.67	22.33
9. ซัลเฟต	มก./ล.	-	0.034	0.004
10. คลอไรด์	มก./ล.	-	24.18	14.46
11. ของแข็งแขวนลอย (TSS)	มก./ล.	-	26.7	9.2
12. ของแข็งละลายได้ (TDS)	มก./ล.	≤1,500	78.6	169.33
13. บีโอดี	มก./ล.	≤2	1.73	3.168
14. ไนเตรท	มก./ล.	≤5	1.188	0.871
15. แอมโมเนีย-ไนโตเจน	มก./ล.	≤0.5	0	0
16. ทีเคเอ็น	มก./ล.	-	0.028	0.33
ชีวภาพ				
17. total Coliform	MPN/100 มล.	≤20,000	130	33

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.4 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำดิบของจังหวัดชัยภูมิ

พารามิเตอร์ (Parameter)	หน่วย (Unit)	ค่ามาตรฐาน	ระบบประปานิเวศรัตน์*		ระบบประปาลาดใหญ่	
			ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
กายภาพ						
1. สี	Pt-CO	≤300	382.33	46.33	87	50.33
2. ความขุ่น	NTU	-	48.97	7.36	3.94	4.15
3. pH	-	5.0-9.0	6.66	6.5	6.72	6.58
4. อุณหภูมิ	℃	เป็นไปตามธรรมชาติ*	30.3	24.5	30.9	24.7
เคมี						
5. DO	มก./ล.	≥4.0	4.02	4.33	0.46	3.79
6. เหล็ก	มก./ล.	≤50	0.324	0.357	0.879	0.657
7. แมงกานีส	มก./ล.	≤5	1.817	0.633	0.305	0.5962
8. ความกระด้าง	มก./ล.	≤500	8	13	45.67	30
9. ซัลเฟต	มก./ล.	-	0.0095	0.0023	0.0029	0.0294
10. คลอไรด์	มก./ล.	-	6.24	38.18	34.19	83.66
11. ของแข็งแขวนลอย (TSS)	มก./ล.	-	60	10.5	30.67	1.5
12. ของแข็งละลายได้ (TDS)	มก./ล.	≤1,500	121.33	242.67	110.67	109.33
13. บีโอดี	มก./ล.	≤2	1.7	4.987	1.51	3.579
14. ไนเตรท	มก./ล.	≤5	1.824	0.263	0.405	0.02
15. แอมโมเนีย-ไนโตเจน	มก./ล.	≤0.5	0	0	0	0
16. ทีเคเอ็น	มก./ล.	-	0.033	0.37	0.019	0.33
ชีวภาพ						
17. total Coliform	MPN/100 มล.	≤20,000	540	0	33	49

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.5 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำดิบจังหวัดบุรีรัมย์

พารามิเตอร์ (Parameter)	หน่วย (Unit)	ค่ามาตรฐาน	ระบบประปาภูมิภาคเมืองบุรีรัมย์		ระบบประปาเทศบาลประโคนชัย	
			ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
กายภาพ						
1. สี	Pt-CO	≤300	46.67	49	76.33	59
2. ความขุ่น	NTU	-	2.2	3.96	2.4	2.32
3. pH	-	5.0-9.0	7.69	6.64	7.3	6.63
4. อุณหภูมิ	°C	เป็นไปตามธรรมชาติ*	30.8	29.7	31.9	26
เคมี						
5. DO	มก./ล.	≥4.0	4.53	4.67	3.53	4.57
6. เหล็ก	มก./ล.	≤50	1.549	0.487	1.824	0.544
7. แมงกานีส	มก./ล.	≤5	0.033	0.275	0.017	0.125
8. ความกระด้าง	มก./ล.	≤500	34	20.67	14.67	16
9. ซัลเฟต	มก./ล.	-	0.0038	0.0001	0.0066	0.0018
10. คลอไรด์	มก./ล.	-	10.92	12.48	8.06	11.63
11. ของแข็งแขวนลอย (TSS)	มก./ล.	-	38.67	10.7	18.67	35.7
12. ของแข็งละลายได้ (TDS)	มก./ล.	≤1,500	93.33	201.33	30.67	208
13. บีโอดี	มก./ล.	≤2	1.67	5.353	1.95	5.045
14. ไนเตรท	มก./ล.	≤5	0.329	0.048	0.035	0.005
15. แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	มก./ล.	≤0.5	0	0	0	0
16. ทีเคเอ็น	มก./ล.	-	0.075	0.33	0.056	0.14
ชีวภาพ						
17. total Coliform	MPN/100 มล.	≤20,000	49	33	79	0

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.6 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำดิบของจังหวัดสุรินทร์

พารามิเตอร์ (Parameter)	หน่วย (Unit)	ค่ามาตรฐาน	ระบบประปาภูมิภาคสุรินทร์		ระบบประปาเทศบาลตำบลกังแอน	
			ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
กายภาพ						
1. สี	Pt-CO	≤300	132	73	87	131.33
2. ความขุ่น	NTU	-	5.47	3.48	5.44	0.33
3. pH	-	5.0-9.0	7.36	6.7	6.95	6.99
4. อุณหภูมิ	°C	เป็นไปตามธรรมชาติ*	33	30.2	32.5	29.8
เคมี						
5. DO	มก./ล.	≥4.0	5.02	8.02	4.44	6.6
6. เหล็ก	มก./ล.	≤50	0.083	0.522	0.045	0.511
7. แมงกานีส	มก./ล.	≤5	0.217	0.242	0.15	0.625
8. ความกระด้าง	มก./ล.	≤500	10	11.67	12	5.33
9. ซัลเฟต	มก./ล.	-	0.0029	0.0052	0.0063	0.004
10. คลอไรด์	มก./ล.	-	7.8	5.96	15.34	12.48
11. ของแข็งแขวนลอย (TSS)	มก./ล.	-	18.67	6	13.33	16.7
12. ของแข็งละลายได้ (TDS)	มก./ล.	≤1,500	54.67	162.67	116	218.67
13. บีโอดี	มก./ล.	≤2	1.7	4.752	1.83	3.498
14. ไนเตรท	มก./ล.	≤5	0.29	0.895	0.42	0.891
15. แอมโมเนีย-ไนโตเจน	มก./ล.	≤0.5	0	0	0	0
16. ทีเคเอ็น	มก./ล.	-	0.014	0.61	0.056	0.42
ชีวภาพ						
17. total Coliform	MPN/100 มล.	≤20,000	33	5	49	33

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

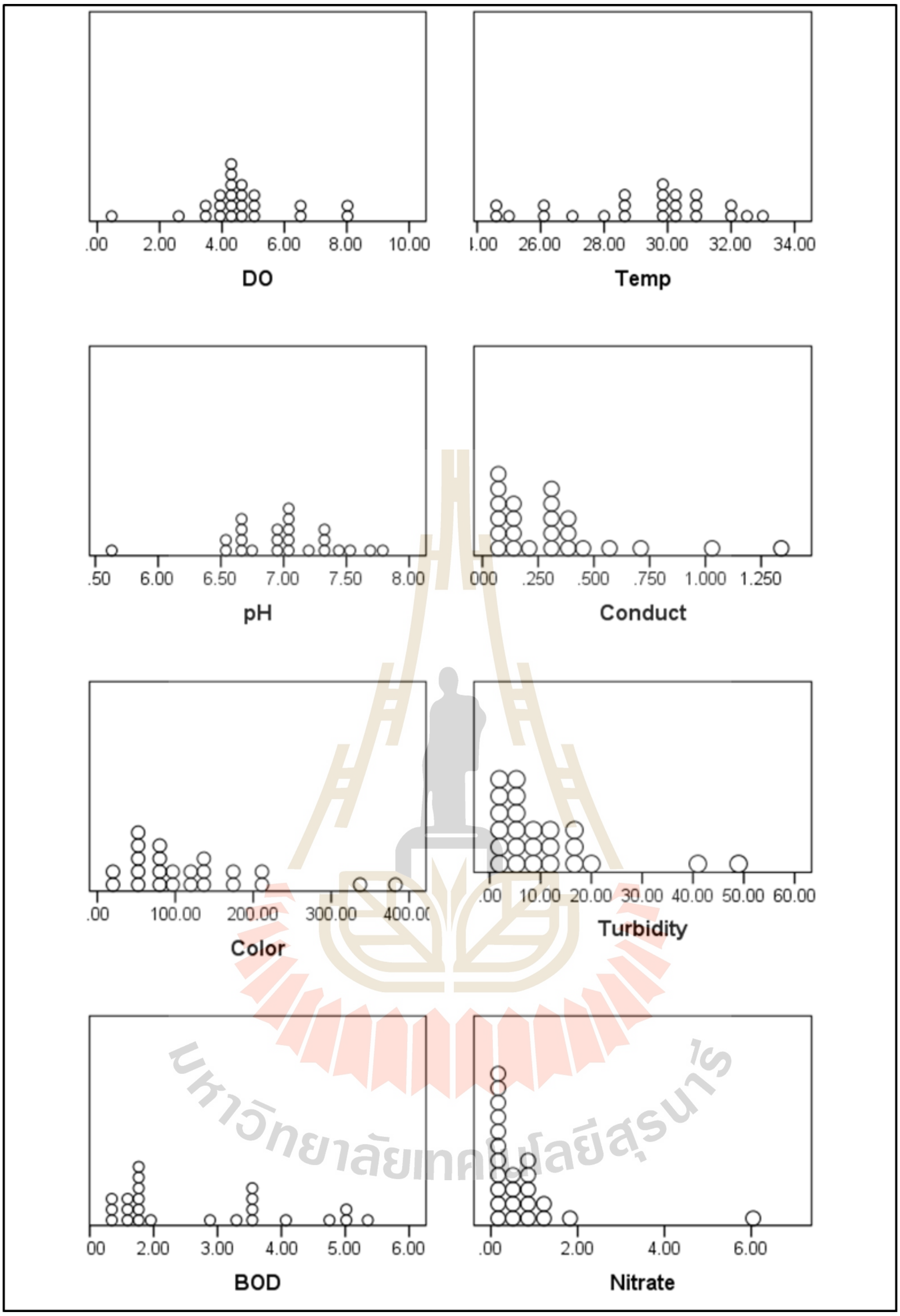
4.1.4 การวิเคราะห์ทางสถิติของน้ำดิบที่ใช้ผลิตน้ำประปา

4.1.4.1 ลักษณะการแจกแจงของข้อมูล

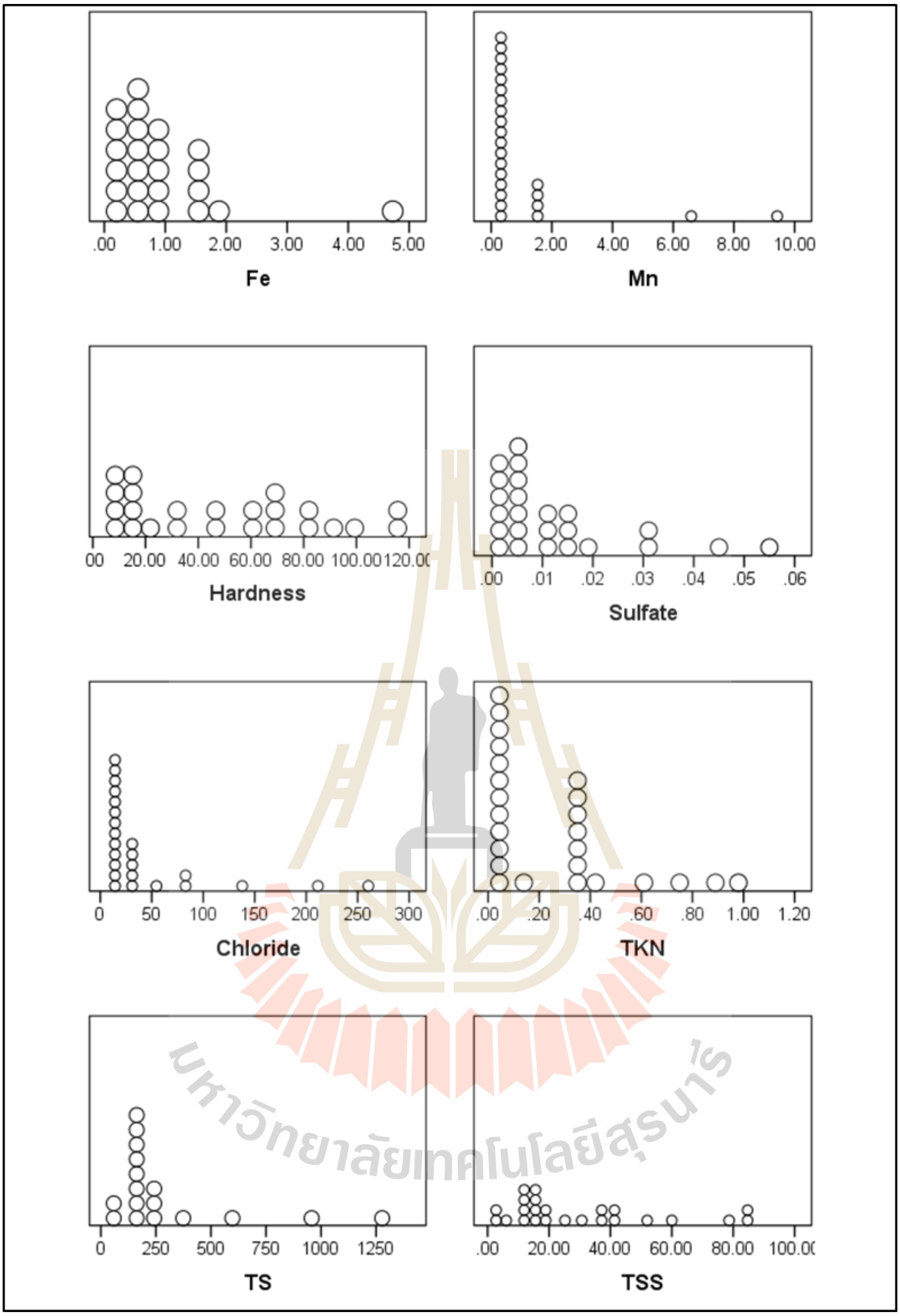
ลักษณะการแจกแจงของข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ แสดงโดยแผนภูมิแบบจุด (Dot Plot) ดังรูปที่ 4.1 โดยอุณหภูมิมีหน่วยเป็นเซลเซียส ความนำไฟฟ้ามีหน่วยเป็นมิลลิซีเมนซ์/ซม. สีมีหน่วยเป็น หน่วย Pt-Co ความขุ่นมีหน่วยเป็น NTU และโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดมีหน่วยเป็นโคโลนี/100 มล. ส่วนพารามิเตอร์ที่เหลือมีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร ผลการวิเคราะห์สรุปลักษณะการแจกแจงได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1) ข้อมูลคุณภาพน้ำที่มีการแจกแจงใกล้เคียงแบบ Log-normal หรือเบ้ขวา คือมีความถี่ข้อมูลสูงในช่วงค่าต่ำ และมีค่าที่สูงเกิดขึ้นบ้างแต่ไม่มากนัก พารามิเตอร์กลุ่มนี้ได้แก่ ความนำไฟฟ้า สี ความขุ่น ไนเตรท เหล็ก แมงกานีส ซัลเฟต คลอไรด์ ทีเคเอ็น ของแข็งทั้งหมด ของแข็งละลายทั้งหมด ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด
2) ข้อมูลคุณภาพน้ำที่มีการแจกแจงใกล้เคียงแบบ Normal หรือแบบปกติ คือมีความถี่ข้อมูลสูงในช่วงค่ากลาง และมีรูปทรงคล้ายระฆังคว่ำ พารามิเตอร์กลุ่มนี้ได้แก่ ออกซิเจนละลาย อุณหภูมิ และพีเอช
3) ข้อมูลคุณภาพน้ำที่มีการแจกแจงใกล้เคียงแบบ Uniform คือมีความถี่ข้อมูลใกล้เคียงกันตลอดช่วง พารามิเตอร์ที่พบลักษณะนี้ได้แก่ ความกระด้าง

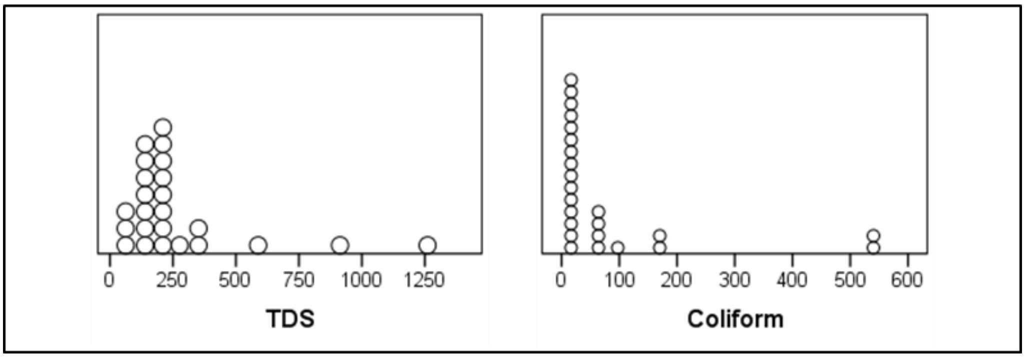
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.1 แผนภูมิแบบจุดแสดงการแจกแจงของข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ (Temp (°C), Conduct (mS/cm), Color Pt-Co, Turbidity (NTU) และโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดมีหน่วยเป็นโคโลนี/100 มล. ส่วนพารามิเตอร์ที่เหลือมีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร)



รูปที่ 4.1 แผนภูมิแบบจุดแสดงการแจกแจงของข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ (ต่อ) (Temp (°C), Conduct (mS/cm), Color Pt-Co, Turbidity (NTU) และโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดมีหน่วยเป็นโคโลนี/100 มล. ส่วนพารามิเตอร์ที่เหลือมีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร)



รูปที่ 4.1 แผนภูมิแบบจุดแสดงการแจกแจงของข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ (ต่อ) (Temp (°C), Conduct (mS/cm), Color Pt-Co, Turbidity (NTU) และโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดมีหน่วยเป็นโคโลนี/100 มล. ส่วนพารามิเตอร์ที่เหลือมีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร)

4.1.4.2 การเปรียบเทียบระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝน

การเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำดิบ ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝน ทำการวิเคราะห์โดยใช้การทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของ 2 ประชากร แบบจับคู่ (Paired t-Test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมุติฐานการทดสอบของแต่ละพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

สมมุติฐานว่าง, H_0 : $\mu_d = 0$

สมมุติฐานแย้ง, H_A : $\mu_d \neq 0$

โดย μ_d คือค่าเฉลี่ยของผลต่างของพารามิเตอร์ที่ได้จากน้ำดิบในฤดูแล้งและฤดูฝนของแต่ละระบบประปา (ผลต่างดังกล่าวได้จากการใช้ค่าในฤดูแล้งตั้งแล้วลบด้วยค่าในฤดูฝน) โดยพิจารณาระบบประปาทุกระบบ

ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตารางที่ 4.7 โดยมีข้อสรุปจากการเปรียบเทียบดังนี้

1) ข้อมูลคุณภาพน้ำที่มีค่าเฉลี่ยทั้งสองฤดูไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ พีเอช สี ความขุ่น ไนเตรท เหล็ก แมงกานีส ความกระด้างทั้งหมด ซัลเฟต คลอไรด์ ของแข็งทั้งหมด ของแข็งละลายทั้งหมด และโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด
2) ข้อมูลคุณภาพน้ำที่มีค่าเฉลี่ยฤดูแล้งสูงกว่าฤดูฝน ได้แก่ ออกซิเจนละลาย ความนำไฟฟ้า บีโอดี และทีเคเอ็น
3) ข้อมูลคุณภาพน้ำที่มีค่าเฉลี่ยฤดูแล้งต่ำกว่าฤดูฝน ได้แก่ อุณหภูมิ และของแข็งแขวนลอยทั้งหมด

ตารางที่ 4.7 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำดิบ ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝน

ลำดับที่	พารามิเตอร์	หน่วย	ฤดู	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างค่าเฉลี่ย	P-Value	ข้อสรุป
1	ออกซิเจนละลาย	มก./ล.	แล้ง	12	5.37	1.57	0.002	แตกต่างกัน (ฤดูแล้งสูงกว่า)
			ฝน	12	3.80			
2	อุณหภูมิ	เซลเซียส	แล้ง	12	27.67	-2.94	0.003	แตกต่างกัน (ฤดูแล้งต่ำกว่า)
			ฝน	12	30.61			
3	พีเอช	-	แล้ง	12	6.82	-0.32	0.061	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	12	7.15			
4	ความนำไฟฟ้า	มิลลิซีเมนซ์/ซม.	แล้ง	12	0.40	0.12	0.012	แตกต่างกัน (ฤดูแล้งสูงกว่า)
			ฝน	12	0.27			
5	สี	หน่วย Pt-Co	แล้ง	12	84.78	-75.36	0.058	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	12	160.14			
6	ความขุ่น	NTU	แล้ง	12	6.69	-8.27	0.089	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	12	14.96			
7	บีโอดี	มก./ล.	แล้ง	12	3.83	2.17	0.000	แตกต่างกัน (ฤดูแล้งสูงกว่า)
			ฝน	12	1.65			
8	ไนเตรท	มก./ล.	แล้ง	12	0.30	-0.91	0.086	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	12	1.22			
9	เหล็ก	มก./ล.	แล้ง	12	1.00	0.14	0.722	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	12	0.86			
10	แมงกานีส	มก./ล.	แล้ง	12	1.04	-0.19	0.850	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	12	1.23			
11	ความกระด้างทั้งหมด	มก./ล. ในรูป $CaCO_3$	แล้ง	12	43.69	-11.06	0.082	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	12	54.75			
12	ซัลเฟต	มก./ล.	แล้ง	12	0.02	0.01	0.138	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	12	0.01			
13	คลอไรด์	มก./ล.	แล้ง	12	56.49	19.71	0.381	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	12	36.77			
14	ทีเคเอ็น	มก./ล.	แล้ง	12	0.49	0.46	0.000	แตกต่างกัน (ฤดูแล้งสูงกว่า)
			ฝน	12	0.03			
15	ของแข็งทั้งหมด	มก./ล.	แล้ง	5	604.13	311.33	0.217	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	5	292.80			
16	ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	มก./ล.	แล้ง	12	14.15	-32.74	0.003	แตกต่างกัน (ฤดูแล้งต่ำกว่า)
			ฝน	12	46.89			
17	ของแข็งละลายทั้งหมด	มก./ล.	แล้ง	12	366.61	187.06	0.056	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	12	179.56			
18	โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด	โคโลนี/100 มล.	แล้ง	12	57.50	-45.08	0.528	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	12	102.58			

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.1.4.3 การเปรียบเทียบระหว่างหน่วยงานที่รับผิดชอบ

การเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำดิบ ระหว่างระบบประปาที่ดำเนินการโดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) และการประปาส่วนภูมิภาค (กปภ.) ทำการวิเคราะห์โดยใช้การทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของ 2 ประชากร แบบ Independent t-Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมุติฐานการทดสอบของแต่ละพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

สมมุติฐานว่าง, H_0 : $\mu_i = \mu_j$

สมมุติฐานแย้ง, H_A : $\mu_i \neq \mu_j$

โดย μ_i และ μ_j คือค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ที่ได้จากน้ำดิบของระบบประปา อปท. และ กปภ. ตามลำดับ ในการเก็บตัวอย่างทั้งสองฤดูกาล โดยระบบประปา อปท. มี 7 แห่ง ได้แก่ 1) ทน.นครราชสีมา ที่อัษฎางค์ 2) ทน.นครราชสีมา ที่มะขามเฒ่า 3) ทน.นครราชสีมา ที่หนองบอน 4) ทม.บัวใหญ่ 5) ทต.ลาดใหญ่ 6) ทต.กังแอน และ 7) ทต.ประโคนชัย ส่วนระบบประปา กปภ. มี 5 แห่ง ได้แก่ 1) กปภ.พิมาย 2) กปภ.ครบุรี 3) กปภ.เมืองชัยภูมิ 4) กปภ.เมืองสุรินทร์ และ 5) กปภ.เมืองบุรีรัมย์

ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตารางที่ 4.8 โดยผลการวิเคราะห์พบว่าคุณภาพน้ำดิบส่วนใหญ่ในระบบประปาที่ดำเนินการโดยทั้งสองหน่วยงานไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นกรณีค่าเฉลี่ยซัลเฟตที่พบว่าน้ำดิบของระบบประปา อปท. มีค่าสูงกว่าระบบประปา กปภ.

ตารางที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำดิบ ระหว่างระบบประปา อปท. กับ กปภ.

ลำดับที่	พารามิเตอร์	หน่วย	หน่วยงาน	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	P-Value	ข้อสรุป
1	ออกซิเจนละลาย	มก./ล.	อปท.	14	4.32	1.75	0.342	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	10	4.95	1.29		
2	อุณหภูมิ	เซลเซียส	อปท.	14	29.24	2.47	0.824	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	10	29.00	2.61		
3	พีเอช	-	อปท.	14	7.08	0.34	0.225	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	10	6.85	0.57		
4	ความนำไฟฟ้า	มิลลิซีเมนซ์/ซม.	อปท.	14	0.39	0.37	0.319	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	10	0.25	0.23		
5	สี	หน่วย Pt-Co	อปท.	14	112.19	84.09	0.526	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	10	136.83	103.16		
6	ความขุ่น	NTU	อปท.	14	9.81	10.50	0.630	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	10	12.25	13.96		
7	บีโอดี	มก./ล.	อปท.	14	2.47	1.15	0.292	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	10	3.11	1.59		
8	ไนเตรท	มก./ล.	อปท.	14	0.88	1.55	0.595	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	10	0.60	0.54		
9	เหล็ก	มก./ล.	อปท.	14	0.78	0.54	0.371	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	10	1.14	1.36		
10	แมงกานีส	มก./ล.	อปท.	14	1.46	2.86	0.418	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	10	0.69	0.66		
11	ความกระด้างทั้งหมด	มก./ล. ในรูป $CaCO_3$	อปท.	14	55.79	35.89	0.300	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	10	40.03	35.69		
12	ซัลเฟต	มก./ล.	อปท.	14	0.02	0.02	0.019	แตกต่างกัน (อปท.สูงกว่า)
			กปภ.	10	0.01	0.01		
13	คลอไรด์	มก./ล.	อปท.	14	44.48	60.05	0.856	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	10	49.64	78.09		
14	ทีเคเอ็น	มก./ล.	อปท.	14	0.25	0.29	0.740	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	11	0.29	0.30		
15	ของแข็งทั้งหมด	มก./ล.	อปท.	10	292.27	275.12	0.732	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	7	350.76	419.68		
16	ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	มก./ล.	อปท.	14	31.16	26.63	0.887	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	10	29.62	24.33		
17	ของแข็งละลายทั้งหมด	มก./ล.	อปท.	14	262.19	229.48	0.827	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	10	288.33	352.09		
18	โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด	โคโลนี/100 มล.	อปท.	14	39.36	48.06	0.196	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	10	137.00	218.33		

4.1.5 สรุปผลการศึกษาคุณภาพแหล่งน้ำดิบ

สรุปผลการศึกษาลักษณะแหล่งน้ำผิวดิน จะเห็นได้ว่า มีจำนวนตัวอย่างที่ไม่ผ่านมาตรฐานในพารามิเตอร์ค่าสี ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ค่าบีโอดี แมงกานีส ไนเตรท และ ค่าโคลิฟอร์มทั้งหมด โดยจำนวนตัวอย่างที่ไม่ผ่านมาตรฐานพบจากแหล่งน้ำผิวดินของจังหวัดนครราชสีมา อาจเนื่องมาจากเป็นแหล่งน้ำที่ไหลผ่านชุมชนเมือง ทำให้มีโอกาสในการปนเปื้อนสารอินทรีย์ค่อนข้างมาก และเมื่อนำผลไปวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ พบว่า ลักษณะข้อมูลของค่าพารามิเตอร์ที่มีจำนวนตัวอย่างไม่ผ่านมาตรฐาน เช่น ค่าสี แมงกานีส ไนเตรท และค่าโคลิฟอร์ม ลักษณะข้อมูลมีความถี่ของข้อมูลสูงในช่วงค่าต่ำ แสดงให้เห็นว่า จำนวนตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในช่วงค่าต่ำ ส่วนค่าออกซิเจนละลายน้ำและค่าบีโอดี ซึ่งพบตัวอย่างที่ไม่ผ่านมาตรฐานประมาณร้อยละ 50 พบว่ามีความถี่ข้อมูลสูงในค่ากลาง ดังนั้น แสดงว่า ค่าบีโอดีที่พบในแต่ละตัวอย่างมีค่าค่อนข้างสูง และเมื่อนำข้อมูลคุณภาพน้ำมาเปรียบเทียบความแตกต่างของฤดูกาล พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบผลคุณภาพน้ำดิบระหว่างหน่วยงานที่รับผิดชอบ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้น ค่าเฉลี่ยซัลเฟตที่พบว่าน้ำดิบของระบบประปา อปท.จะมีค่าสูงกว่าระบบประปา กปภ.

4.2 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำประปา จากสถานีสูบจ่ายที่โรงผลิตน้ำประปา

ทีมวิจัยได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำประปาจากสถานีสูบจ่ายก่อนออกจากโรงประปา 13 แห่ง นำไปตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำประปา เพื่อนำประเมินคุณภาพน้ำประปาโดยนำไปเทียบกับมาตรฐานน้ำประปาในตารางที่ 3.6 ร้อยละจำนวนตัวอย่างน้ำที่ผ่านมาตรฐาน สรุปในตารางที่ 4.9 และผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำโดยละเอียดของระบบผลิตน้ำประปาในจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และสุรินทร์ แสดงในตารางที่ 4.10-4.13 ตามลำดับ ผลการศึกษาคุณภาพน้ำประปา ณ สถานีสูบจ่ายที่โรงผลิตน้ำประปามีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.9 สรุปจำนวนตัวอย่างที่ผ่านมาตรฐานน้ำประปาจากสถานีสูบจ่าย

พื้นที่ศึกษา	กายภาพ			เคมี							ชีวภาพ
	สี (Pt-Co)	ความขุ่น (NTU)	กรด-ด่าง	คลอไรด์ (mg/l)	เหล็ก (mg/l)	แมงกานีส (mg/l)	TSS (mg/l)	TDS (mg/l)	ไนเตรท (mg/l)	คลอรีนตกค้าง (mg/l)	โคลิฟอร์มทั้งหมด (MPN/100 ml)
1. นครราชสีมา	53.3	91.7	100.0	100.0	50.0	66.7	100.0	100.0	100.0	8.3	100.0
2. ชัยภูมิ	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	83.3	100.0	100.0	100.0	0.0	100.0
3. บุรีรัมย์	50.0	100.0	100.0	100.0	75.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	100.0
4. สุรินทร์	25.0	100.0	100.0	100.0	100.0	75.0	100.0	100.0	100.0	0.0	100.0

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.2.1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพ

จากผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของน้ำประปาจากสถานีสูบจ่ายที่โรงประปา นำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตราฐานน้ำประปา (ตารางที่ 4.9) พบว่าจำนวนตัวอย่างที่มีลักษณะทางกายภาพผ่านมาตรฐานร้อยละ 100 ในพารามิเตอร์ความเป็นกรด-ด่าง และค่าความขุ่น มีร้อยละจำนวนตัวอย่างที่ผ่านมาตรฐานร้อยละ 100 ยกเว้นจังหวัดนครราชสีมา มีจำนวนตัวอย่างที่ผ่านมาตรฐานร้อยละ 91.7 ลักษณะน้ำทางกายภายในเรื่อง สี พบว่าจำนวนตัวอย่างที่ผ่านมาตรฐานอยู่ในช่วงร้อยละ 25-100 มีจำนวนตัวอย่างที่ไม่ผ่านมาตรฐานสี เกือบทุกจังหวัด ยกเว้น จังหวัดชัยภูมิ ระบบประปาที่ตรวจพบมีปัญหาในเรื่องสี ได้แก่ ระบบประปาอัษฎางค์ ระบบประปา อ.พิมาย ระบบประปาเมืองบัวใหญ่ และ ระบบประปาตำบลเมืองแชะ จังหวัดนครราชสีมา (ตารางที่ 4.10) ส่วนในจังหวัดสุรินทร์ พบทั้งที่ระบบประปาเมืองสุรินทร์ และระบบประปาตำบลกังแอน (ตารางที่ 4.13) และจังหวัดบุรีรัมย์พบที่ระบบประปาเมืองจังหวัดบุรีรัมย์ (ตารางที่ 4.12)

4.2.2 ผลการศึกษาลักษณะทางเคมี

จากผลการศึกษาลักษณะทางเคมีของน้ำประปา จากสถานีสูบจ่ายที่โรงผลิตน้ำประปา นำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตราฐานน้ำประปา จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าน้ำประปาจากสถานีสูบจ่ายที่โรงผลิตน้ำประปา มีร้อยละจำนวนตัวอย่างที่ผ่านมาตรฐานร้อยละ 100 (ตารางที่ 4.9) ได้แก่ ค่าคลอไรด์ ของแข็งแขวนลอย(TSS) ของแข็งละลายน้ำ (TDS) และไนเตรท ในขณะที่ค่าความเข้มข้นเหล็ก แมงกานีส และคลอรีนตกค้าง อยู่ในช่วงร้อยละ 50-100, 66.7-100 และ 0-8.3 ตามลำดับ และเมื่อดูผลการวิเคราะห์น้ำในรายจังหวัด พบว่า ค่าคุณภาพน้ำที่ไม่ผ่านมาตรฐานในทุกๆจังหวัด คือ ค่าคลอรีนตกค้าง โดยเฉพาะในจังหวัดสุรินทร์(ตารางที่ 4.13) พบว่า ไม่มีตัวอย่างใดเลยผ่านมาตรฐาน ส่วนค่าความเข้มข้นเหล็กในน้ำ พบว่ามีตัวอย่างน้ำประปาที่ไม่ผ่านมาตรฐานในจังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดบุรีรัมย์ (ตารางที่ 4.10 และตารางที่ 4.12) และมีตัวอย่างน้ำที่ไม่ผ่านมาตรฐานค่าความเข้มข้นแมงกานีสพบในจังหวัดนครราชสีมาและสุรินทร์ ซึ่งเมื่อพิจารณาผลคุณภาพน้ำดิบไม่พบว่ามีปริมาณเหล็กและแมงกานีสเกินมาตรฐาน ยกเว้นที่จังหวัดนครราชสีมา มีจำนวนตัวอย่างที่ไม่ผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำของแมงกานีส ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ว่าปัญหาการเพิ่มขึ้นของเหล็กและแมงกานีส อาจจะมาจากระบวนการผลิตน้ำ และเมื่อดูคุณภาพน้ำโดยละเอียดแล้ว พบว่า ตัวอย่างน้ำที่ไม่ผ่านมาตรฐานเหล็กและแมงกานีสเป็นตัวอย่างน้ำที่มาจากการผลิตน้ำของระบบประปาเมืองบัวใหญ่ ประปาตำบลแชะ และประปาพิมาย (ตารางที่ 4.10) สอดคล้องกับรายงานการประเมินระบบประปาทางด้านวิศวกรรม พบว่า ระบบผลิตประปาที่ออกแบบระยะเวลาการกักเก็บของถังตกตะกอนที่ไม่เหมาะสมมีร้อยละ 40 และ 20 สำหรับระบบผลิตประปาเทศบาลและการประปาภูมิภาค ตามลำดับ (พัชรินทร์ และคณะ, 2560)

4.2.3 ผลการศึกษาลักษณะทางชีวภาพ

จากผลการศึกษาลักษณะทางชีวภาพของ นำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำประปา สรุปจำนวนตัวอย่างที่ผ่านมาตรฐานน้ำประปาในตารางที่ 4.9 จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่า มีจำนวนตัวอย่างน้ำประปาที่ผ่านมาตรฐานทางชีวภาพร้อยละ 100 ถึงแม้ผลการศึกษาในเรื่องค่าคลอรีนตกค้าง ของน้ำประปา ณ จุดเดียวกันนี้จะมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานก็ตาม

ตารางที่ 4.10 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำประปาจากสถานีสูบจ่ายของจังหวัดนครราชสีมา

พารามิเตอร์ (Parameter)	หน่วย (Unit)	ค่ามาตรฐาน	ประปาอัษฎางค์		ประปามะขามเฒ่า		ประปาบ้านใหม่หนองบอน*		ประปาพิมาย		ประปาเมืองบัวใหญ่		ประปาภูมิภาคตำบลแชะ**	
			ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
กายภาพ														
1. สี	Pt-Co	≤15	17	19.33	3.67	6	24	7	19.67	31.33	37.33	11.33	5	60.33
2. ความขุ่น	NTU	≤4	2.03	1.42	1.19	1.31	4.24	0.72	1.82	2.02	1.77	0.93	0.52	1.78
3. pH	-	-	7.25	7.44	7.82	7.58	8.88	7.02	7.09	7.21	7.12	7.22	7.65	7.03
4. อุณหภูมิ	°C	-	30.1	27	29.6	26.1	31	30.5	30.6	26.8	29.9	27.4	28.4	25.1
เคมี														
5. DO	มก./ล.	-	4.96	8.03	5.06	7.4	5.87	5.79	3.87	5.23	4.42	4.55	5.98	6.84
6. เหล็ก	มก./ล.	≤0.3	1.822	0.172	0.086	0.198	1.309	0.126	0.186	0.393	1.354	0.317	1.309	0.387
7. แมงกานีส	มก./ล.	≤0.3	0.025	0.058	0.025	0	0.033	0.1	0.033	0.783	9.225	1.583	0.025	0.708
8. คลอไรด์	มก./ล.	≤250	31.98	53.06	21.58	15.13	14.04	15.13	58.23	87	225.65	138.68	28.86	15.03
9. ของแข็งแขวนลอย (TSS)	มก./ล.	-	53.33	1.7	52	7.7	41.33	7.3	40	4.2	84	6.5	41.33	2.7
10. ของแข็งละลายได้ (TDS)	มก./ล.	≤1,500	197.33	175	184	104.33	41.33	142.67	169.33	180	604	917.33	41.33	215.33
11. ไนเตรท	มก./ล.	≤50	1.285	0.772	6.792	0.761	0.357	1.001	0.899	0.07	3.109	0.08	0.899	0.787
12. คลอรีน	มก./ล.	≥2	4.33	0.003	1.1	0.008	1.45	0.004	1.525	0.008	0.6	0.018	1.22	0.008
ชีวภาพ														
13. total Coliform	MPN/100 มล.	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.11 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำประปาจากสถานีสูบจ่ายของจังหวัดชัยภูมิ

พารามิเตอร์ (Parameter)	หน่วย (Unit)	ค่ามาตรฐาน	ระบบประปานิเวศรัตน์		ระบบประปาลาดใหญ่		ระบบประปาหนองสังข์	
			ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูฝน
กายภาพ								
1. สี	Pt-Co	≤15	10.33	2.33	3.67	6	11	2
2. ความขุ่น	NTU	≤4	1.48	2	0.49	0.6	1.73	0.5
3. pH	-	-	7.36	6.5	7.11	6.58	6.98	3.53
4. อุณหภูมิ	°C	-	28.4	24.5	30.8	24.7	28.3	24.3
เคมี								
5. DO	มก./ล.	-	6.62	4.33	5.02	3.79	6.01	5.94
6. เหล็ก	มก./ล.	≤0.3	0.031	0.15	0.078	0.122	0.03	0.156
7. แมงกานีส	มก./ล.	≤0.3	0.025	0	0.15	0.167	1.075	0.167
8. คลอไรด์	มก./ล.	≤250	6.24	35.45	34.32	83.38	7.28	42.54
9. ของแข็งแขวนลอย (TSS)	มก./ล.	-	65.33	1.8	20	1.7	110.67	1.8
10. ของแข็งละลายได้ (TDS)	มก./ล.	≤1,500	81.33	205.33	110.67	136	98.67	70.67
11. ไนเตรท	มก./ล.	≤50	1.838	0.039	0.343	0.023	1.738	0.05
12. คลอรีน	มก./ล.	≥2	0.35	0.004	0.25	0.001	0.75	0.012
ชีวภาพ								
13. total Coliform	MPN/100 มล.	-	0	0	0	0	0	0

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.12 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำประปาจากสถานีสูบจ่ายของจังหวัดสุรินทร์

พารามิเตอร์ (Parameter)	หน่วย (Unit)	ค่ามาตรฐาน	ระบบประปาภูมิภาคสุรินทร์		ระบบประปาเทศบาลตำบลกังแอน	
			ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
กายภาพ						
1. สี	Pt-Co	≤15	36.33	12	34.67	16
2. ความขุ่น	NTU	≤4	2.76	1.11	1.83	1.62
3. pH	-	-	7.62	6.5	7.19	7.3
4. อุณหภูมิ	°C	-	29.8	29.4	31.1	28.1
เคมี						
5. DO	มก./ล.	-	5.28	7.69	4.59	8.67
6. เหล็ก	มก./ล.	≤0.3	0.029	0.222	0.111	0.167
7. แมงกานีส	มก./ล.	≤0.3	0.025	0.208	0.15	0.625
8. คลอไรด์	มก./ล.	≤250	13.78	11.06	20.02	16.45
9. ของแข็งแขวนลอย (TSS)	มก./ล.	-	9.33	4.6	6.67	2.8
10. ของแข็งละลายได้ (TDS)	มก./ล.	≤1,500	50.67	72	54.67	117.33
11. ไนเตรท	มก./ล.	≤50	0.405	0.906	0.285	0.869
12. คลอรีน	มก./ล.	≥2	0.975	0.012	1.185	0.003
ชีวภาพ						
13. total Coliform	MPN/100 มล.	-	0	0	0	0

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.13 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำประปาจากสถานีสูบจ่ายของจังหวัดบุรีรัมย์

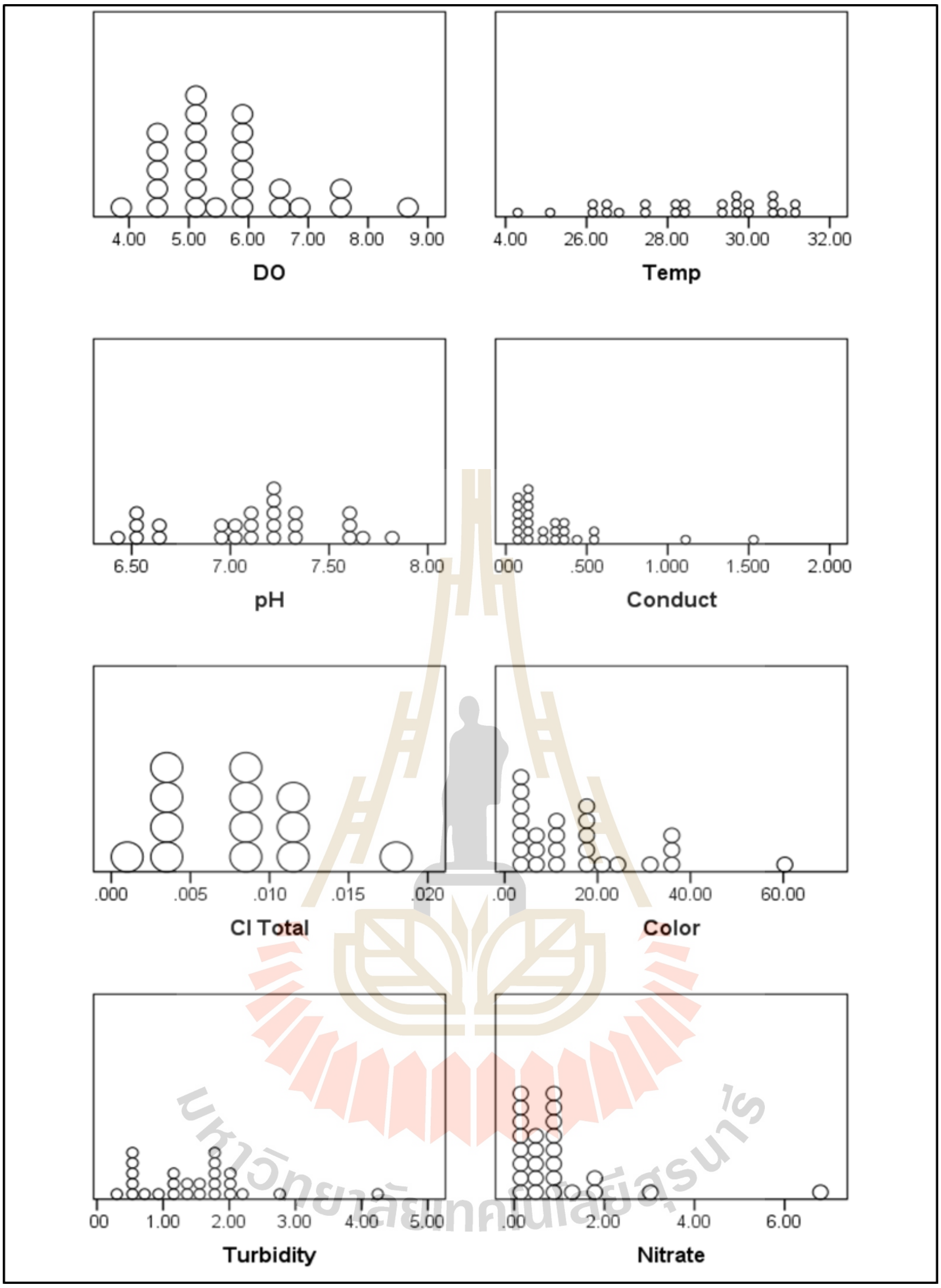
พารามิเตอร์ (Parameter)	หน่วย (Unit)	ค่ามาตรฐาน	ระบบประปาภูมิภาคเมืองบุรีรัมย์		ระบบประปาเทศบาลประโคนชัย	
			ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
กายภาพ						
1. สี	Pt-Co	≤15	17.33	17.67	4	3.33
2. ความขุ่น	NTU	≤4	2.2	1.21	0.47	0.3
3. pH	-	-	7.63	6.43	7.3	6.55
4. อุณหภูมิ	°C	-	30.7	29.8	31.2	27.5
เคมี						
5. DO	มก./ล.	-	5.03	6.43	4.36	5.84
6. เหล็ก	มก./ล.	≤0.3	1.269	0.206	0.079	0.165
7. แมงกานีส	มก./ล.	≤0.3	0.05	0.25	0.025	0.2
8. คลอไรด์	มก./ล.	≤250	15.34	17.3	19.24	23.26
9. ของแข็งแขวนลอย (TSS)	มก./ล.	-	42.67	7	22.67	5.3
10. ของแข็งละลายได้ (TDS)	มก./ล.	≤1,500	109.33	208	53.33	204
11. ไนเตรท	มก./ล.	≤50	0.49	0.014	0.367	0.005
12. คลอรีน	มก./ล.	≥2	1.05	0.009	0.85	0.011
ชีวภาพ						
13. total Coliform	MPN/100 มล.	-	0	0	0	0

4.2.4 การวิเคราะห์ทางสถิติของน้ำประปาจากสถานีสูบจ่ายของจังหวัดนครราชสีมา

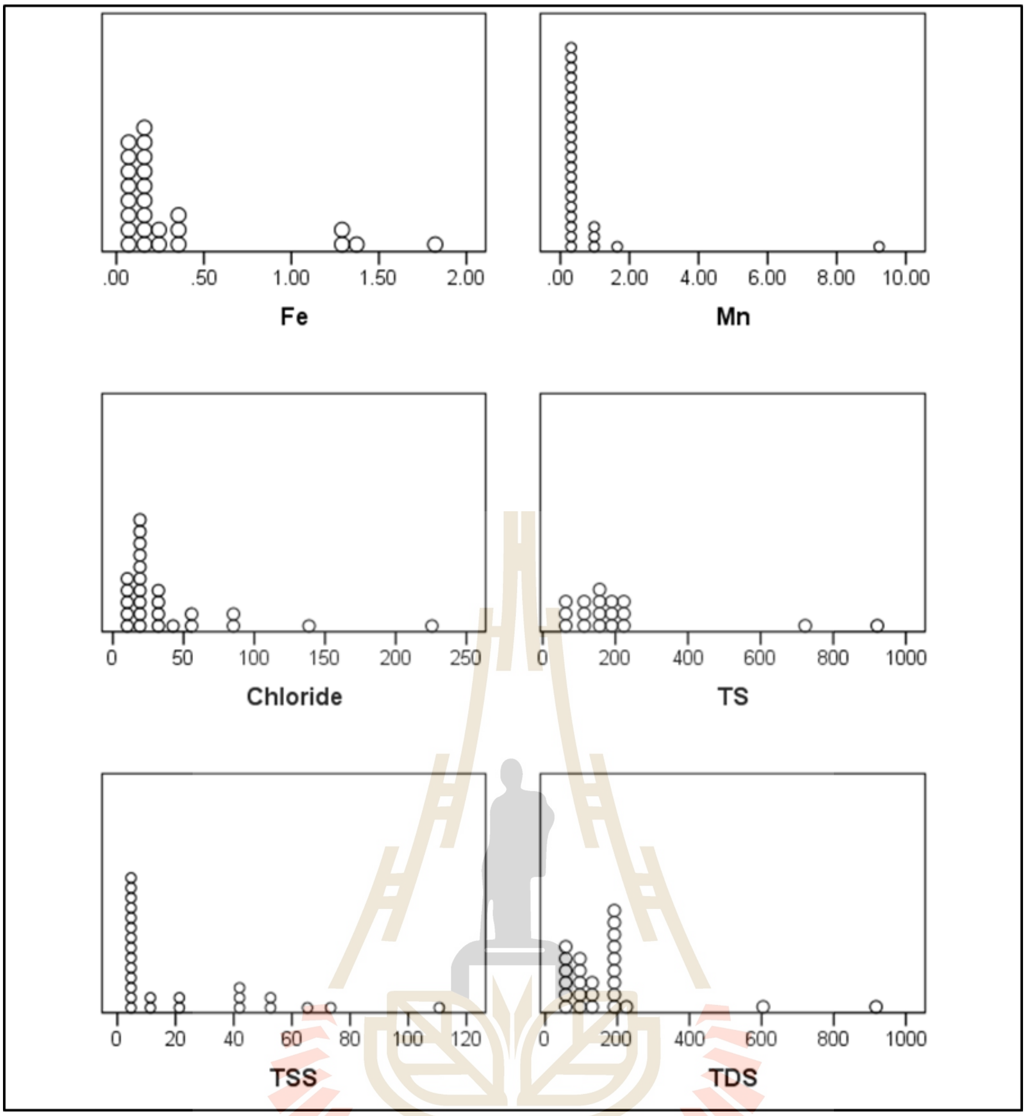
4.2.4.1 ลักษณะการแจกแจงของข้อมูล

ลักษณะการแจกแจงของข้อมูลคุณภาพน้ำประปาจากสถานีสูบจ่ายของจังหวัดนครราชสีมา แสดงโดยแผนภูมิแบบจุด (Dot Plot) ดังรูปที่ 4.2 โดยอุณหภูมิมีหน่วยเป็นเซลเซียส ความนำไฟฟ้ามีหน่วยเป็นมิลลิซีเมนซ์/ซม. สีมีหน่วยเป็น หน่วย Pt-Co และความขุ่นมีหน่วยเป็น NTU ส่วนพารามิเตอร์ที่เหลือมีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร ผลการวิเคราะห์สรุปลักษณะการแจกแจงได้เป็น 3 กลุ่มหลัก ดังนี้

1) ข้อมูลคุณภาพน้ำที่มีการแจกแจงใกล้เคียงแบบ Log-normal หรือเบ้ขวา คือมีความถี่ข้อมูลสูงในช่วงค่าต่ำ และมีค่าที่สูงเกิดขึ้นบ้างแต่ไม่มากนัก พารามิเตอร์กลุ่มนี้ได้แก่ ความนำไฟฟ้า สี ความขุ่น ไนเตรท เหล็ก แมงกานีส คลอไรด์ ของแข็งทั้งหมด ของแข็งละลายทั้งหมด และของแข็งแขวนลอยทั้งหมด



รูปที่ 4.2 แผนภูมิแบบจุดแสดงการแจกแจงของข้อมูลคุณภาพน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา (Temp (°C), Conduct (mS/cm), Color Pt-Co, Turbidity (NTU) และโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดมีหน่วยเป็นโคโลนี/100 มล. ส่วนพารามิเตอร์ที่เหลือมีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร)



รูปที่ 4.2 แผนภูมิแบบจุดแสดงการแจกแจงของข้อมูลคุณภาพน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา (ต่อ) (Temp (°C), Conduct (mS/cm), Color Pt-Co, Turbidity (NTU) และโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดมีหน่วยเป็นโคโลนี/100 มล. ส่วนพารามิเตอร์ที่เหลือมีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร)

1) ข้อมูลคุณภาพน้ำที่มีการแจกแจงใกล้เคียงแบบ Normal หรือแบบปกติ คือมีความถี่ข้อมูลสูงในช่วงค่ากลาง และมีรูปทรงคล้ายระฆังคว่ำ พารามิเตอร์กลุ่มนี้ได้แก่ ออกซิเจนละลาย พีเอช และคลอรีนทั้งหมด
2) ข้อมูลคุณภาพน้ำที่มีการแจกแจงใกล้เคียงแบบ Uniform คือมีความถี่ข้อมูลใกล้เคียงกันตลอดช่วงพารามิเตอร์ที่พบลักษณะนี้ได้แก่ อุณหภูมิ

พารามิเตอร์ที่ไม่ได้อยู่ใน 3 กลุ่มข้างต้น ได้แก่ โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด ซึ่งมีค่าเท่ากับศูนย์ในทุกตัวอย่างที่ทดสอบจึงไม่มีการแจกแจงของข้อมูล

4.2.4.2 การเปรียบเทียบระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝน

การเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝน ทำการวิเคราะห์โดยใช้การทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของ 2 ประชากร แบบจับคู่ (Paired t-Test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมุติฐานการทดสอบของแต่ละพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

สมมุติฐานว่าง, $H_0 : \mu_d = 0$

สมมุติฐานแย้ง, $H_A : \mu_d \neq 0$

โดย μ_d คือค่าเฉลี่ยของผลต่างของพารามิเตอร์ที่ได้จากน้ำประปาที่ออกจากโรงประปาในฤดูแล้งและฤดูฝนของแต่ละระบบประปา (ผลต่างดังกล่าวได้จากการใช้ค่าในฤดูแล้งตั้งแล้วลบด้วยค่าในฤดูฝน) โดยพิจารณาระบบประปาทุกระบบ

ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตารางที่ 4.14 โดยมีข้อสรุปจากการเปรียบเทียบดังนี้

1) ข้อมูลคุณภาพน้ำที่มีค่าเฉลี่ยทั้งสองฤดูไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ สี ความขุ่น ไนเตรท เหล็ก แมงกานีส คลอไรด์ ของแข็งทั้งหมด และของแข็งละลายทั้งหมด
2) ข้อมูลคุณภาพน้ำที่มีค่าเฉลี่ยฤดูแล้งสูงกว่าฤดูฝน ได้แก่ ออกซิเจนละลาย และความนำไฟฟ้า
3) ข้อมูลคุณภาพน้ำที่มีค่าเฉลี่ยฤดูแล้งต่ำกว่าฤดูฝน ได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช และของแข็งแขวนลอยทั้งหมด

4.2.4.3 การเปรียบเทียบระหว่างหน่วยงานที่รับผิดชอบ

การเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา ระหว่างระบบประปาที่ดำเนินการโดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) และการประปาส่วนภูมิภาค (กปภ.) ทำการวิเคราะห์โดยใช้การทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของ 2 ประชากร แบบ Independent t-Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมุติฐานการทดสอบของแต่ละพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

สมมุติฐานว่าง, $H_0 : \mu_i = \mu_j$

สมมุติฐานแย้ง, $H_A : \mu_i \neq \mu_j$

โดย μ_i และ μ_j คือค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ที่ได้จากน้ำประปาที่ออกจากโรงประปาของระบบประปา อปท. และ กปภ. ตามลำดับ ในการเก็บตัวอย่างทั้งสองฤดูกาล โดยระบบประปา อปท. มี 7 แห่ง ได้แก่ 1) ทน.นครราชสีมา ที่อัษฎางค์ 2) ทน.นครราชสีมา ที่มะขามเฒ่า 3) ทน.นครราชสีมา ที่หนองบอน 4) ทม.บัวใหญ่ 5) ทต.ลาดใหญ่ 6) ทต.กังแอน และ 7) ทต.ประโคนชัย ส่วนระบบประปา กปภ. มี 5 แห่ง ได้แก่ 1) กปภ.พิมาย 2) กปภ.ครบุรี 3) กปภ.เมืองชัยภูมิ 4) กปภ.เมืองสุรินทร์ และ 5) กปภ.เมืองบุรีรัมย์

ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตารางที่ 4.15 โดยผลการวิเคราะห์พบว่าคุณภาพน้ำประปาที่ออกจากโรงประปาที่ดำเนินการโดยทั้งสองหน่วยงานไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.14 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝน

ลำดับที่	พารามิเตอร์	หน่วย	ฤดู	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างค่าเฉลี่ย	P-Value	ข้อสรุป (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)
1	ออกซิเจนละลาย	มก./ล.	แล้ง	13	6.20	1.15	0.009	แตกต่างกัน (ฤดูแล้งสูงกว่า)
			ฝน	13	5.06			
2	อุณหภูมิ	เซลเซียส	แล้ง	13	27.25	-2.62	0.000	แตกต่างกัน (ฤดูแล้งต่ำกว่า)
			ฝน	13	29.86			
3	พีเอช	-	แล้ง	13	6.91	-0.40	0.009	แตกต่างกัน (ฤดูแล้งต่ำกว่า)
			ฝน	13	7.31			
4	ความนำไฟฟ้า	มิลลิซีเมนซ์/ซม.	แล้ง	13	0.36	0.11	0.008	แตกต่างกัน (ฤดูแล้งสูงกว่า)
			ฝน	13	0.25			
5	สี	หน่วย Pt-Co	แล้ง	13	14.97	-2.26	0.703	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	13	17.23			
6	ความขุ่น	NTU	แล้ง	13	1.19	-0.54	0.127	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	13	1.73			
7	ไนเตรท	มก./ล.	แล้ง	13	0.41	-1.03	0.065	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	13	1.44			
8	เหล็ก	มก./ล.	แล้ง	13	0.21	-0.28	0.160	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	13	0.50			
9	แมงกานีส	มก./ล.	แล้ง	13	0.37	-0.46	0.462	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	13	0.84			
10	คลอไรด์	มก./ล.	แล้ง	13	42.59	4.39	0.644	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	13	38.20			
11	ของแข็งทั้งหมด	มก./ล.	แล้ง	5	325.87	25.33	0.628	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	5	300.53			
12	ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	มก./ล.	แล้ง	13	4.24	-38.33	0.001	แตกต่างกัน (ฤดูแล้งต่ำกว่า)
			ฝน	13	42.56			
13	ของแข็งละลายทั้งหมด	มก./ล.	แล้ง	13	211.38	58.46	0.061	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	13	152.92			

4.2.5 สรุปผลการศึกษาคุณภาพน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา

สรุปผลการศึกษาลักษณะน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา จะเห็นได้ว่า มีจำนวนตัวอย่างที่ไม่ผ่านมาตรฐาน ได้แก่ ค่าสี ค่าเหล็ก แมงกานีส และ ค่าคลอรีนตกค้าง โดยพารามิเตอร์ที่พบไม่ผ่านมาตรฐานในทุกๆจังหวัด คือ ค่าคลอรีนตกค้าง แต่อย่างไรก็ตามค่าคุณภาพน้ำทางชีวภาพของน้ำประปาทุกตัวอย่างยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และเมื่อนำผลไปวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ พบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่มีจำนวนตัวอย่างไม่ผ่านมาตรฐาน เช่น ค่าสี ค่าเหล็ก และแมงกานีส มีลักษณะข้อมูลมีความถี่ข้อมูลสูงในช่วงค่าต่ำ แสดงให้เห็นว่า จำนวนตัวอย่างส่วนใหญ่ยังอยู่ในช่วงค่าต่ำ แต่อย่างไรก็ตามอาจก่อให้เกิดปัญหาสำหรับการจ่ายน้ำไปที่จุดใช้งานที่อยู่ห่างไกลจากระบบผลิตน้ำประปา และเมื่อนำข้อมูลคุณภาพน้ำมาเปรียบเทียบความแตกต่างของฤดูกาล พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบผลคุณภาพน้ำดิบระหว่างหน่วยงานที่รับผิดชอบ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.15 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา ระหว่างระบบประปา อปท. กับ กปภ.

ลำดับที่	พารามิเตอร์	หน่วย	หน่วยงาน	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	P-Value	ข้อสรุป (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)
1	ออกซิเจนละลาย	มก./ล.	อปท.	14	5.44	1.24	0.362	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	12	5.85	1.00		
2	อุณหภูมิ	เซลเซียส	อปท.	14	28.89	1.85	0.363	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	12	28.17	2.10		
3	พีเอช	-	อปท.	14	7.16	0.33	0.511	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	12	7.06	0.45		
4	ความนำไฟฟ้า	มิลลิซีเมนซ์/ซม.	อปท.	14	0.39	0.42	0.149	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	12	0.20	0.16		
5	คลอรีนทั้งหมด	มก./ล.	อปท.	7	0.01	0.01	0.480	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	6	0.01	0.00		
6	สี	หน่วย Pt-Co	อปท.	14	13.81	11.52	0.383	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	12	18.78	16.83		
7	ความขุ่น	NTU	อปท.	14	1.35	1.00	0.482	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	12	1.60	0.67		
8	ไนเตรท	มก./ล.	อปท.	14	1.14	1.80	0.407	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	12	0.68	0.63		
9	เหล็ก	มก./ล.	อปท.	14	0.44	0.59	0.371	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	12	0.26	0.34		
10	แมงกานีส	มก./ล.	อปท.	14	0.88	2.44	0.405	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	12	0.28	0.37		
11	คลอไรด์	มก./ล.	อปท.	14	50.86	61.15	0.241	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	12	28.18	24.32		
12	ของแข็งทั้งหมด	มก./ล.	อปท.	10	271.60	298.03	0.295	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	8	165.33	52.89		
13	ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	มก./ล.	อปท.	14	19.60	23.01	0.471	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	12	27.84	34.06		
14	ของแข็งละลายทั้งหมด	มก./ล.	อปท.	14	217.29	243.95	0.306	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	12	141.17	65.49		

4.3 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำประปา ณ จุดใช้ที่ครัวเรือน

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำประปาจากบ้านเรือนผู้ใช้น้ำประปา นำไปตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำประปา เพื่อนำประเมินและเทียบกับมาตรฐานน้ำประปา และนำไปใช้ในการประเมินประสิทธิภาพระบบจ่ายน้ำประปาของแต่ละจังหวัด (Distribution system) จำนวนตัวอย่างน้ำที่ผ่านมาตรฐานสรุปในตารางที่ 4.16 และผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำประปา ณ จุดใช้ที่ครัวเรือน โดยละเอียดของจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และสุรินทร์ แสดงในตารางที่ 4.17-4.20 ตามลำดับ ผลการศึกษาคุณภาพน้ำประปา ณ จุดใช้ที่ครัวเรือนมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.16 สรุปจำนวนตัวอย่างที่ผ่านมาตรฐานน้ำประปาจากจุดใช้น้ำที่ครัวเรือน

พื้นที่ศึกษา	กายภาพ			เคมี							ชีวภาพ
	สี (Pt-Co)	ความขุ่น (NTU)	กรด-ด่าง	คลอไรด์ (mg/l)	เหล็ก (mg/l)	แมงกานีส (mg/l)	TSS (mg/l)	TDS (mg/l)	ไนเตรท (mg/l)	คลอรีนตกค้าง (mg/l)	โคลิฟอร์มทั้งหมด (MPN/100 ml)
1. นครราชสีมา (N)	60.0	100.0	100.0	100.0	50.0	80.0	100.0	100.0	100.0	10.0	100.0
2. ชัยภูมิ (C)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	100.0
3. บุรีรัมย์(B)	100.0	100.0	100.0	100.0	75.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	100.0
4. สุรินทร์ (S)	50.0	100.0	100.0	100.0	100.0	75.0	100.0	100.0	100.0	0.0	100.0

4.3.1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพ

จากผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของน้ำประปาจากจุดใช้ที่ครัวเรือน นำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตราฐานน้ำประปา (ตารางที่ 4.16) พบว่า จำนวนตัวอย่างที่มีลักษณะทางกายภาพผ่านมาตรฐานร้อยละ 100 ในพารามิเตอร์ความขุ่น และมีตัวอย่างน้ำประปาที่จุดใช้งานที่ครัวเรือนผ่านมาตรฐานสี เพียงร้อยละ 50-100 โดยพบว่าคุณภาพน้ำประปาที่จุดใช้งานที่ครัวเรือนจากจังหวัดนครราชสีมาและสุรินทร์ไม่ผ่านมาตรฐานในเรื่องสี โดยพบในพื้นที่ของระบบประปาอัษฎางค์ ระบบประปาอำเภอพิมาย ระบบประปาเมืองบัวใหญ่ และระบบประปาตำบลเมืองแชะ จังหวัดนครราชสีมา (ตารางที่ 4.17) ส่วนในจังหวัดสุรินทร์ พบในพื้นที่ของระบบประปาตำบลกังแอน (ตารางที่ 4.20)

4.3.2 ผลการศึกษาลักษณะทางเคมี

จากผลการศึกษาลักษณะทางเคมีของน้ำประปา จากจุดใช้น้ำที่ครัวเรือน นำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตราฐานน้ำประปา จะเห็นได้ว่าน้ำประปา ณ จุดใช้งานที่ครัวเรือน มีจำนวนตัวอย่างที่ผ่านมาตรฐานทุกๆตัวอย่าง (ตารางที่ 4.16) ได้แก่ พารามิเตอร์ ของแข็งแขวนลอย(TSS) ของแข็งละลายน้ำ (TDS) และไนเตรท ร้อยละ 100 ในขณะที่ค่าความเข้มข้นเหล็ก แมงกานีส และคลอรีนตกค้าง อยู่ในช่วงร้อยละ 50-100, 75-100 และ 0-10 ตามลำดับ และเมื่อดูผลการวิเคราะห์น้ำในรายจังหวัด พบว่า ค่าคุณภาพน้ำที่ไม่ผ่านมาตรฐานในทุกๆจังหวัด คือ ค่าคลอรีนตกค้าง โดยมีค่าคลอรีนตกค้างน้อยกว่า 2 โดยเฉพาะในจังหวัดชัยภูมิ บุรีรัมย์ และสุรินทร์ (ตารางที่ 4.18-20) พบว่า ไม่มีตัวอย่างใดเลยผ่านมาตรฐาน ส่วนค่าความเข้มข้นเหล็กและแมงกานีสในน้ำ พบว่ามีตัวอย่างน้ำประปาที่ไม่ผ่านมาตรฐานในจังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดสุรินทร์ ซึ่งสอดคล้องกับผลคุณภาพน้ำประปาจากสถานีสูบจ่ายของจังหวัดนครราชสีมา และสุรินทร์ ก็พบว่ามีปริมาณเหล็กและแมงกานีเกินมาตรฐาน จึงมีความเป็นไปได้ว่า อาจมีปัญหาในระบบการจ่ายน้ำของระบบประปา สอดคล้องกับรายงานการประเมินระบบประปาทางด้านวิศวกรรม ที่พบว่า ระบบผลิตประปาในเขตเมืองส่วนใหญ่ มีปริมาณน้ำสูญเสีย ร้อยละ 10 ถึง 53 ของปริมาณน้ำทั้งหมด และระบบจ่ายของแต่ละจังหวัดมีอายุการใช้นานมากกว่า 10 ปี ทำให้มีปัญหาเกิดการรั่วไหล และการดูแล (พัชรินทร์ และ คณะ, 2560) และ

เช่นเดียวกับการสรุปผลการศึกษาของ Baig *et al* (2012) และ Khan *et al* (2010) พบว่า สาเหตุการปนเปื้อนของน้ำประปาของเมืองในประเทศปากีสถาน มาจากระบบท่อที่ใช้เป็นเวลานาน และการบริหารจัดการที่ไม่ดี

4.3.3 ผลการศึกษาลักษณะทางชีวภาพ

จากผลการศึกษาลักษณะทางชีวภาพของน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือนในตารางที่ 4.16 พบว่าตัวอย่างน้ำผ่านมาตรฐานทางชีวภาพร้อยละ 100 ถึงแม้ผลการศึกษาในเรื่องค่าคลอรีนตกค้าง ของน้ำประปา ณ จุดเดียวกันนี้จะมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานก็ตาม แสดงให้เห็นถึงแม้ปริมาณคลอรีนตกค้างในน้ำประปาจะมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ไม่ส่งผลกระทบทำให้มีการปนเปื้อนน้ำทางชีวภาพ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.17 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำประปาจากจุดใช้น้ำที่ครัวเรือนของจังหวัดนครราชสีมา

พารามิเตอร์ (Parameter)	หน่วย (Unit)	ค่ามาตรฐาน	ประปาอัษฎางค์		ประปามะขามเฒ่า		ประปาพิมาย		ประปาเมืองบัวใหญ่		ประปาภูมิภาคตำบลแชะ	
			ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน
กายภาพ												
1. สี	Pt-Co	≤ 15	17.33	18	9	4.33	12	25	32	12	6.67	33.33
2. ความขุ่น	NTU	≤4	1.81	2.22	0.85	1.52	1.27	1.53	1.44	0.49	0.8	0.35
3. pH	-	-	6.99	7.19	7.62	7.77	7.14	7.07	7.38	7.14	7.18	7.43
4. อุณหภูมิ	°C	-	30.7	27.2	31.1	27.2	25	27.5	31.5	28.6	28.7	28.5
เคมี												
5. DO	มก./ล.	-	5.06	5.75	4.95	7.7	5.1	5.35	4.66	4.53	4.84	6.43
6. เหล็ก	มก./ล.	≤0.3	1.822	0.33	0.086	0.172	0.186	0.23	1.354	0.225	1.309	0.502
7. แมงกานีส	มก./ล.	≤0.3	0.025	0.2	0.025	0.042	0.05	0.1	9.042	0.125	0.108	0.567
8. คลอไรด์	มก./ล.	≤250	19.24	50.92	22.36	16.03	58.23	87.63	234.75	142.93	28.34	16.03
9. ของแข็งแขวนลอย (TSS)	มก./ล.	-	45.33	4	42.67	4	33.33	8.8	56	4.3	34.67	3.7
10. ของแข็งละลายได้ (TDS)	มก./ล.	≤1,500	82.67	284.33	169.33	184.33	200	345.33	644	993.33	41.33	184
11. ไนเตรท	มก./ล.	≤50	1.101	0.403	7.101	0.615	0.918	0.08	4.082	0.113	0.787	0.104
12. คลอรีน	มก./ล.	≥2	3.55	0.001	0.275	0.001	0.75	0	0.55	0.002	0.3	0
ชีวภาพ												
13. total Coliform	MPN/100 มล.	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.18 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำประปาจากจุดใช้น้ำที่ครัวเรือนของจังหวัดชัยภูมิ

พารามิเตอร์ (Parameter)	หน่วย (Unit)	ค่ามาตรฐาน	ระบบประปานิเวศรัตน์		ระบบประปาลาดใหญ่	
			ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
กายภาพ						
1. สี	Pt-Co	≤15	9.67	5.67	2	8.33
2. ความขุ่น	NTU	≤4	1.22	0.46	0.47	0.96
3. pH	-	-	7.54	6.57	7.31	6.58
4. อุณหภูมิ	°C	-	34	35.6	31.2	28.8
เคมี						
5. DO	มก./ล.	-	5.46	4.54	5.33	4.49
6. เหล็ก	มก./ล.	≤0.3	0.032	0.156	0.085	0.191
7. แมงกานีส	มก./ล.	≤0.3	0.033	0.05	0.125	0.292
8. คลอไรด์	มก./ล.	≤250	7.8	35.73	34.06	81.96
9. ของแข็งแขวนลอย (TSS)	มก./ล.	-	37.33	1.3	41.33	1
10. ของแข็งละลายได้ (TDS)	มก./ล.	≤1,500	141.33	242.67	61.33	132
11. ไนเตรท	มก./ล.	≤50	0.184	0.037	0.319	0.006
13. คลอรีน	มก./ล.	≥2	0.25	0	0.1	0
ชีวภาพ						
14. total Coliform	MPN/100 มล.	-	0	0	0	0

ตารางที่ 4.19 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำประปาจากจุดใช้น้ำที่ครัวเรือนของจังหวัดสุรินทร์

พารามิเตอร์ (Parameter)	หน่วย (Unit)	ค่ามาตรฐาน	ระบบประปาภูมิภาคสุรินทร์		ระบบประปาเทศบาลตำบลกังแอน	
			ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
กายภาพ						
1. สี	Pt-Co	≤15	2.33	11.67	22.33	22
2. ความขุ่น	NTU	≤4	0.49	0.71	1.92	2.28
3. pH	-	-	7.96	6.59	7.19	6.92
4. อุณหภูมิ	$^{\circ}C$	-	29.8	29.3	31.4	31.8
เคมี						
5. DO	มก./ล.	-	4.82	7.48	4.59	5.81
6. เหล็ก	มก./ล.	≤0.3	0.052	0.222	0.176	0.163
7. แมงกานีส	มก./ล.	≤0.3	0.025	0.2	0.142	0.433
8. คลอไรด์	มก./ล.	≤250	14.17	9.36	19.76	17.02
9. ของแข็งแขวนลอย (TSS)	มก./ล.	-	1.33	5.7	21.33	4.3
10. ของแข็งละลายได้ (TDS)	มก./ล.	≤1,500	56	81.33	9.33	153.33
11. ไนเตรท	มก./ล.	≤50	0.419	0.869	0.483	0.832
12. คลอรีน	มก./ล.	≥2	0.1	0.003	0.01	0
ชีวภาพ						
13. total Coliform	MPN/100 มล.	-	0	0	0	0

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.20 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำประปาจากจุดใช้น้ำที่ครัวเรือนของจังหวัดบุรีรัมย์

พารามิเตอร์ (Parameter)	หน่วย (Unit)	ค่ามาตรฐาน	ระบบประปาภูมิภาคเมืองบุรีรัมย์		ระบบประปาเทศบาลประโคนชัย	
			ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
กายภาพ						
1. สี	Pt-Co	≤15	3.33	14	2	10
2. ความขุ่น	NTU	≤4	0.91	1.46	0.34	0.59
3. pH	-	-	7.64	6.44	7.32	6.65
4. อุณหภูมิ	°C	-	30	30.4	30.7	25.7
เคมี						
5. DO	มก./ล.	-	5.67	5.15	5.42	6.31
6. เหล็ก	มก./ล.	≤0.3	1.293	0.2	0.093	0.193
7. แมงกานีส	มก./ล.	≤0.3	0.05	0.275	0.025	0.125
8. คลอไรด์	มก./ล.	≤250	14.82	18.72	19.5	22.12
9. ของแข็งแขวนลอย (TSS)	มก./ล.	-	45.33	5	12	4.7
10. ของแข็งละลายได้ (TDS)	มก./ล.	≤1,500	80	157.33	50.67	182.67
11. ไนเตรท	มก./ล.	≤50	0.505	0.014	0.824	0.146
12. คลอรีน	มก./ล.	≥2	0.65	0.004	0.15	0.001
ชีวภาพ						
13. total Coliform	MPN/100 มล.	-	0	0	0	0

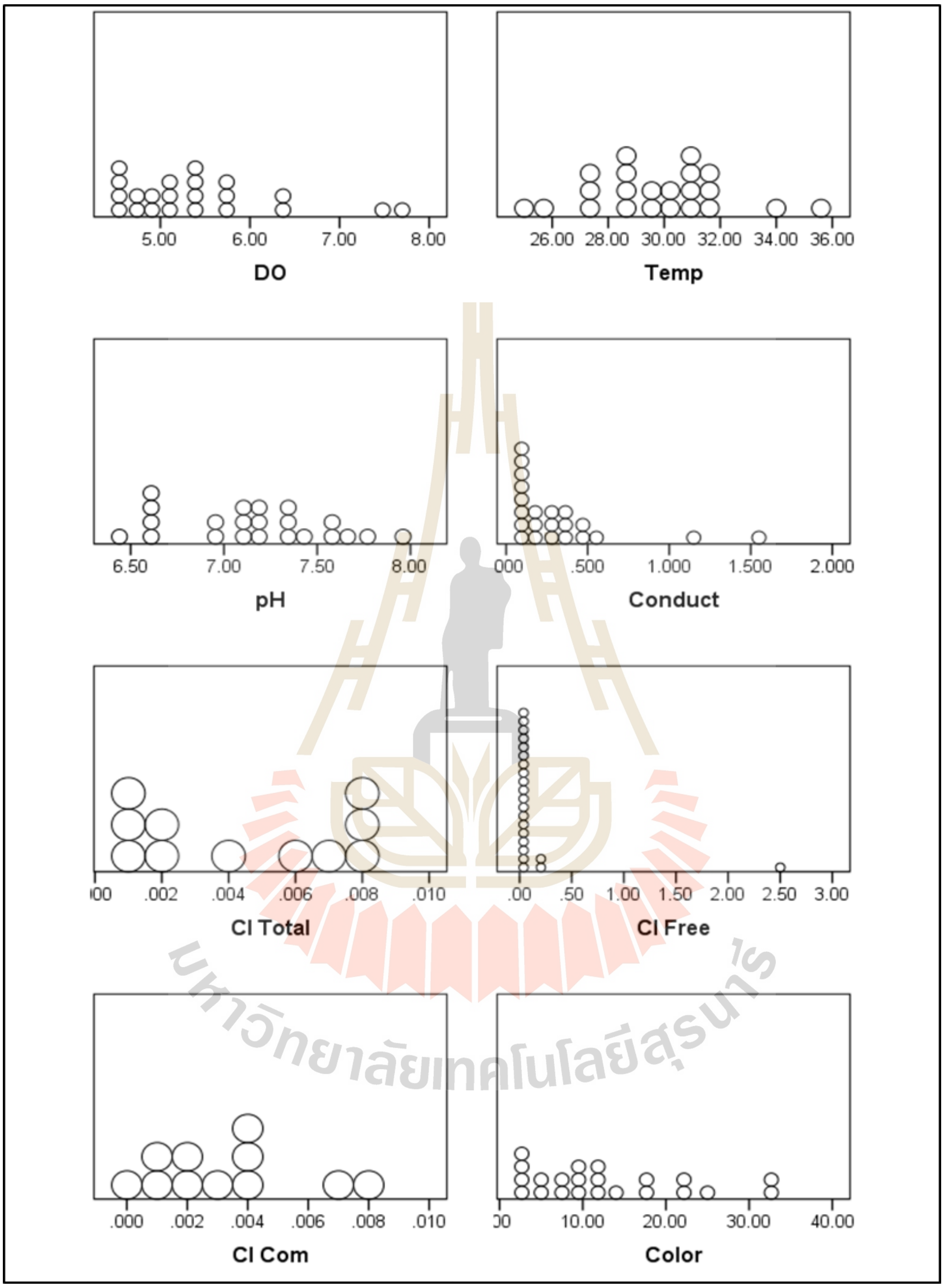
4.3.4 การวิเคราะห์ทางสถิติของน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน

4.3.4.1 ลักษณะการแจกแจงของข้อมูล

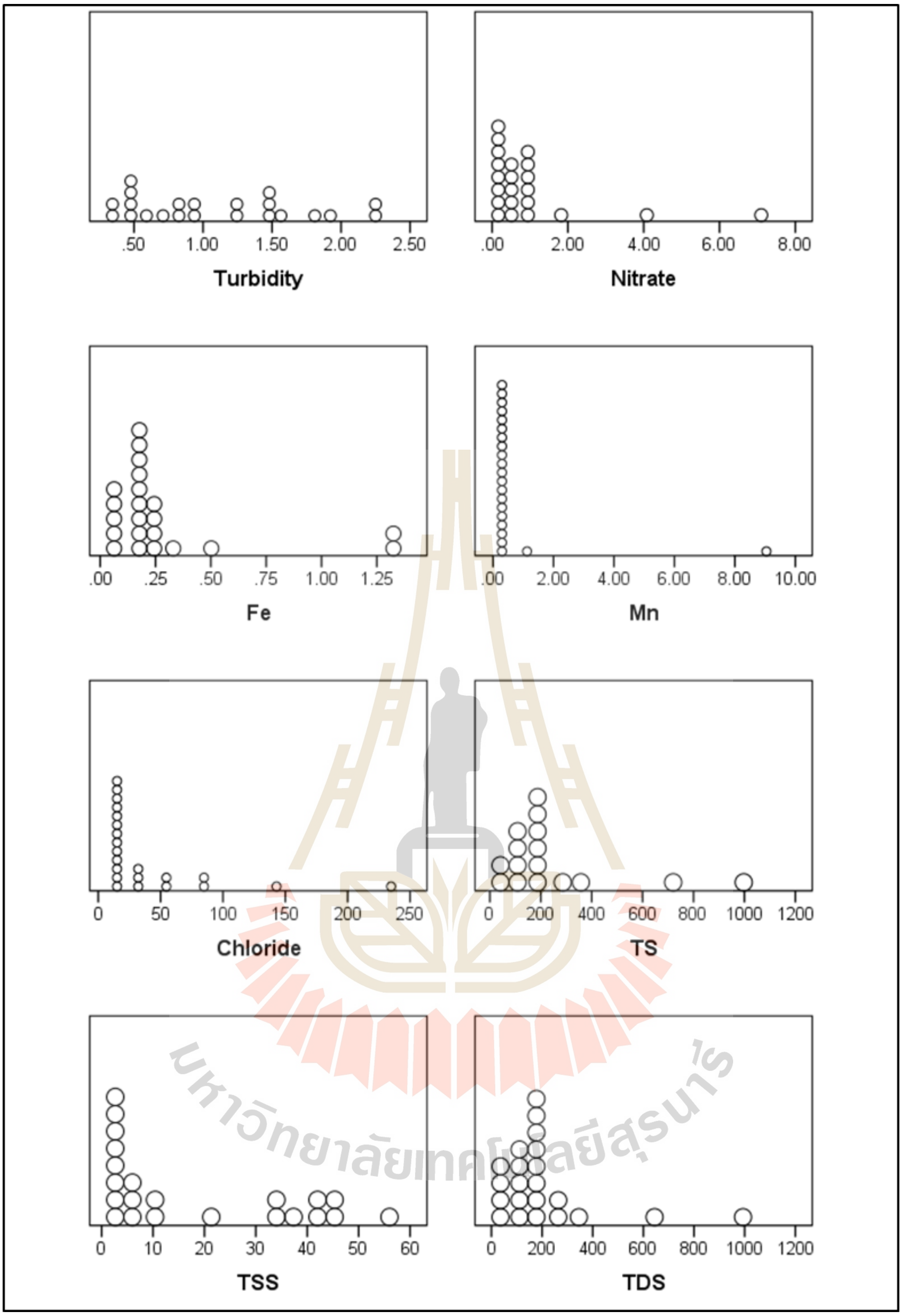
ลักษณะการแจกแจงของข้อมูลคุณภาพน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน แสดงโดยแผนภูมิแบบจุด (Dot Plot) ดังรูปที่ 4.3 โดยอุณหภูมิมีหน่วยเป็นเซลเซียส ความนำไฟฟ้ามีหน่วยเป็นมิลลิซีเมนซ์/ซม. สีมีหน่วยเป็น หน่วย Pt-Co และความขุ่นมีหน่วยเป็น NTU ส่วนพารามิเตอร์ที่เหลือมีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร ผลการวิเคราะห์สรุปลักษณะการแจกแจงได้เป็น 3 กลุ่มหลัก ดังนี้

1) ข้อมูลคุณภาพน้ำที่มีการแจกแจงใกล้เคียงแบบ Log-normal หรือเบ้ขวา คือมีความถี่ข้อมูลสูงในช่วงค่าต่ำ และมีค่าที่สูงเกิดขึ้นบ้างแต่ไม่มากนัก พารามิเตอร์กลุ่มนี้ได้แก่ ออกซิเจนละลาย ความนำไฟฟ้า คลอรีนอิสระ สี ไนเตรท เหล็ก แมงกานีส คลอไรด์ ของแข็งทั้งหมด ของแข็งละลายทั้งหมด และของแข็งแขวนลอยทั้งหมด
2) ข้อมูลคุณภาพน้ำที่มีการแจกแจงใกล้เคียงแบบ Normal หรือแบบปกติ คือมีความถี่ข้อมูลสูงในช่วงค่ากลาง และมีรูปทรงคล้ายระฆังคว่ำ พารามิเตอร์กลุ่มนี้ได้แก่ อุณหภูมิ และพีเอช
3) ข้อมูลคุณภาพน้ำที่มีการแจกแจงใกล้เคียงแบบ Uniform คือมีความถี่ข้อมูลใกล้เคียงกันตลอดช่วง พารามิเตอร์ที่พบลักษณะนี้ได้แก่ และความขุ่น

พารามิเตอร์ที่ไม่ได้อยู่ใน 3 กลุ่มข้างต้น ได้แก่ คลอรีนรวม ซึ่งมีรูปแบบการแจกแจงคล้ายแบบ Bimodal หรือแบบ 2 ยอด คือมีความถี่สูงที่ค่าสูงจุดหนึ่งและค่าต่ำอีกจุดหนึ่ง และโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด ซึ่งมีค่าเท่ากับศูนย์ในทุกตัวอย่างที่ทดสอบจึงไม่มีการแจกแจงของข้อมูล



รูปที่ 4.3 แผนภูมิแบบจุดแสดงการแจกแจงของข้อมูลคุณภาพน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน (Temp (°C), Conduct (mS/cm), Color Pt-Co, Turbidity (NTU) และโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดมีหน่วยเป็นโคโลนี/100 มล. ส่วนพารามิเตอร์ที่เหลือมีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร)



รูปที่ 4.3 แผนภูมิแบบจุดแสดงการแจกแจงของข้อมูลคุณภาพน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน (ต่อ) (Temp (°C), Conduct (mS/cm), Color Pt-Co, Turbidity (NTU) และโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดมีหน่วยเป็นโคโลนี/100 มล. ส่วนพารามิเตอร์ที่เหลือมีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร)

4.3.4.2 การเปรียบเทียบระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝน

การเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝน ทำการวิเคราะห์โดยใช้การทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของ 2 ประชากร แบบจับคู่ (Paired t-Test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมุติฐานการทดสอบของแต่ละพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

สมมุติฐานว่าง, H_0 : $\mu_d = 0$

สมมุติฐานแย้ง, H_A : $\mu_d \neq 0$

โดย μ_d คือค่าเฉลี่ยของผลต่างของพารามิเตอร์ที่ได้จากน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือนในฤดูแล้งและฤดูฝนของแต่ละระบบประปา (ผลต่างดังกล่าวได้จากการใช้ค่าในฤดูแล้งตั้งแล้วลบด้วยค่าในฤดูฝน) โดยพิจารณาระบบประปาทุกระบบ

ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตารางที่ 4.21 โดยมีข้อสรุปจากการเปรียบเทียบดังนี้

1) ข้อมูลคุณภาพน้ำที่มีค่าเฉลี่ยทั้งสองฤดูไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ออกซิเจนละลาย อุณหภูมิ คลอรีนอิสระ สี ความขุ่น ไนเตรท เหล็ก แมงกานีส คลอไรด์ และของแข็งทั้งหมด
2) ข้อมูลคุณภาพน้ำที่มีค่าเฉลี่ยฤดูแล้งสูงกว่าฤดูฝน ได้แก่ ความนำไฟฟ้า และของแข็งละลายทั้งหมด
3) ข้อมูลคุณภาพน้ำที่มีค่าเฉลี่ยฤดูแล้งต่ำกว่าฤดูฝน ได้แก่ พีเอช และของแข็งแขวนลอยทั้งหมด

4.3.4.3 การเปรียบเทียบระหว่างหน่วยงานที่รับผิดชอบ

การเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน ระหว่างระบบประปาที่ดำเนินการโดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) และการประปาส่วนภูมิภาค (กปภ.) ทำการวิเคราะห์โดยใช้การทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของ 2 ประชากร แบบ Independent t-Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมุติฐานการทดสอบของแต่ละพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

สมมุติฐานว่าง, H_0 : $\mu_i = \mu_j$

สมมุติฐานแย้ง, H_A : $\mu_i \neq \mu_j$

โดย μ_i และ μ_j คือค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ที่ได้จากน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือนของระบบประปา อปท. และ กปภ. ตามลำดับ ในการเก็บตัวอย่างทั้งสองฤดูกาล โดยระบบประปา อปท. มี 7 แห่ง ได้แก่ 1) ทน.นครราชสีมา ที่อัษฎางค์ 2) ทน.นครราชสีมา ที่มะขามเฒ่า 3) ทน.นครราชสีมา ที่หนองบอน 4) ทม.บัวใหญ่ 5) ทต.ลาดใหญ่ 6) ทต.กังแอน และ 7) ทต.ประโคนชัย ส่วนระบบประปา กปภ. มี 5 แห่ง ได้แก่ 1) กปภ.พิมาย 2) กปภ.ครบุรี 3) กปภ.เมืองชัยภูมิ 4) กปภ.เมืองสุรินทร์ และ 5) กปภ.เมืองบุรีรัมย์

ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตารางที่ 4.22 โดยผลการวิเคราะห์พบว่าคุณภาพน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือนของระบบประปาที่ดำเนินการโดยทั้งสองหน่วยงานไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากผลการศึกษารายงานการประเมินระบบประปาทางด้านวิศวกรรม พบว่าพนักงานที่ทำหน้าที่ในการดูแลระบบการผลิตมีความรู้ความสามารถในการดูแลระบบบำบัด (พัชรินทร์ และคณะ, 2560)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.21 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน ระหว่างฤดูแล้งกับฤดูฝน

ลำดับที่	พารามิเตอร์	หน่วย	ฤดู	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างค่าเฉลี่ย	P-Value	ข้อสรุป (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)
1	ออกซิเจนละลาย	มก./ล.	แล้ง	11	5.77	0.69	0.105	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	11	5.08			
2	อุณหภูมิ	เซลเซียส	แล้ง	11	29.15	-1.23	0.126	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	11	30.37			
3	พีเอช	-	แล้ง	11	6.94	-0.45	0.027	แตกต่างกัน (ฤดูแล้งต่ำกว่า)
			ฝน	11	7.39			
4	ความนำไฟฟ้า	มิลลิซีเมนซ์/ซม.	แล้ง	11	0.39	0.12	0.025	แตกต่างกัน (ฤดูแล้งสูงกว่า)
			ฝน	11	0.28			
5	คลอรีนอิสระ	มก./ล.	แล้ง	11	0.00	-0.28	0.236	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	11	0.28			
6	สี	หน่วย Pt-Co	แล้ง	11	14.94	4.15	0.277	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	11	10.79			
7	ความขุ่น	NTU	แล้ง	11	1.14	0.09	0.581	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	11	1.05			
8	ไนเตรท	มก./ล.	แล้ง	11	0.29	-1.38	0.052	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	11	1.67			
9	เหล็ก	มก./ล.	แล้ง	11	0.23	-0.10	0.520	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	11	0.34			
10	แมงกานีส	มก./ล.	แล้ง	11	0.31	-0.57	0.459	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	11	0.88			
11	คลอไรด์	มก./ล.	แล้ง	11	45.31	2.31	0.839	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	11	43.00			
12	ของแข็งทั้งหมด	มก./ล.	แล้ง	5	404.13	130.53	0.061	ไม่แตกต่างกัน
			ฝน	5	273.60			
13	ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	มก./ล.	แล้ง	11	4.25	-29.44	0.000	แตกต่างกัน (ฤดูแล้งต่ำกว่า)
			ฝน	11	33.70			
14	ของแข็งละลายทั้งหมด	มก./ล.	แล้ง	11	267.33	114.36	0.004	แตกต่างกัน (ฤดูแล้งสูงกว่า)
			ฝน	11	152.97			

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.22 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน ระหว่างระบบประปา อปท. กับ กปภ.

ลำดับที่	พารามิเตอร์	หน่วย	หน่วยงาน	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	P-Value	ข้อสรุป (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)
1	ออกซิเจนละลาย	มก./ล.	อปท.	12	5.38	0.93	0.804	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	10	5.48	0.88		
2	อุณหภูมิ	เซลเซียส	อปท.	12	29.66	2.07	0.841	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	10	29.88	3.04		
3	พีเอช	-	อปท.	12	7.17	0.35	0.933	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	10	7.16	0.50		
4	ความนำไฟฟ้า	มิลลิซีเมนซ์/ซม.	อปท.	12	0.43	0.46	0.185	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	10	0.22	0.16		
5	คลอรีนทั้งหมด	มก./ล.	อปท.	6	0.004	0.003	0.333	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	5	0.005	0.003		
6	คลอรีนอิสระ	มก./ล.	อปท.	12	0.228	0.717	0.417	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	10	0.038	0.063		
7	คลอรีนรวม	มก./ล.	อปท.	6	0.003	0.003	0.406	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	5	0.004	0.002		
8	สี	หน่วย Pt-Co	อปท.	12	13.28	9.23	0.825	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	10	12.37	9.83		
9	ความขุ่น	NTU	อปท.	12	1.24	0.71	0.209	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	10	0.92	0.43		
10	ไนเตรท	มก./ล.	อปท.	12	1.34	2.11	0.272	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	10	0.56	0.57		
11	เหล็ก	มก./ล.	อปท.	12	0.28	0.34	0.959	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	10	0.29	0.38		
12	แมงกานีส	มก./ล.	อปท.	12	0.97	2.56	0.326	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	10	0.15	0.17		
13	คลอไรด์	มก./ล.	อปท.	12	56.72	67.47	0.237	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	10	29.08	25.53		
14	ของแข็งทั้งหมด	มก./ล.	อปท.	9	300.07	331.95	0.337	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	7	182.67	94.30		
15	ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	มก./ล.	อปท.	12	20.08	20.39	0.771	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	10	17.65	17.63		
16	ของแข็งละลายทั้งหมด	มก./ล.	อปท.	12	245.61	287.40	0.419	ไม่แตกต่างกัน
			กปภ.	10	167.60	86.49		

4.3.5 สรุปผลการศึกษาคุณภาพน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน

สรุปผลการศึกษาลักษณะน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา จะเห็นได้ว่า มีจำนวนตัวอย่างที่ไม่ผ่านมาตรฐาน ได้แก่ ค่าสี ค่าเหล็ก แมงกานีส และ ค่าคลอรีนตกค้าง โดยพารามิเตอร์ที่พบไม่ผ่านมาตรฐานในทุกๆจังหวัด คือ ค่าคลอรีนตกค้าง แต่อย่างไรก็ตามค่าคุณภาพน้ำทางชีวภาพของน้ำประปาทุกตัวอย่างยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และเมื่อนำผลไปวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ พบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่มีจำนวนตัวอย่างไม่ผ่านมาตรฐาน เช่น ค่าสี ค่าเหล็ก และแมงกานีส มีลักษณะการแจกแจงข้อมูลมีความถี่ข้อมูลสูงในช่วงค่าต่ำ แสดงให้เห็นว่า จำนวนตัวอย่างส่วนใหญ่ยังอยู่ในช่วงค่าต่ำ ส่วนการแจกแจงของข้อมูลค่าคลอรีนตกค้าง มีค่าความถี่ของข้อมูลสูงอยู่ในช่วงกลาง ซึ่งแสดงว่า ตัวอย่างน้ำส่วนใหญ่ยังคงมีปริมาณคลอรีนตกค้างอยู่แต่ยังไม่ถึงค่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 0.2 mg/L และเมื่อนำข้อมูลคุณภาพน้ำมาเปรียบเทียบความแตกต่างของฤดูกาล

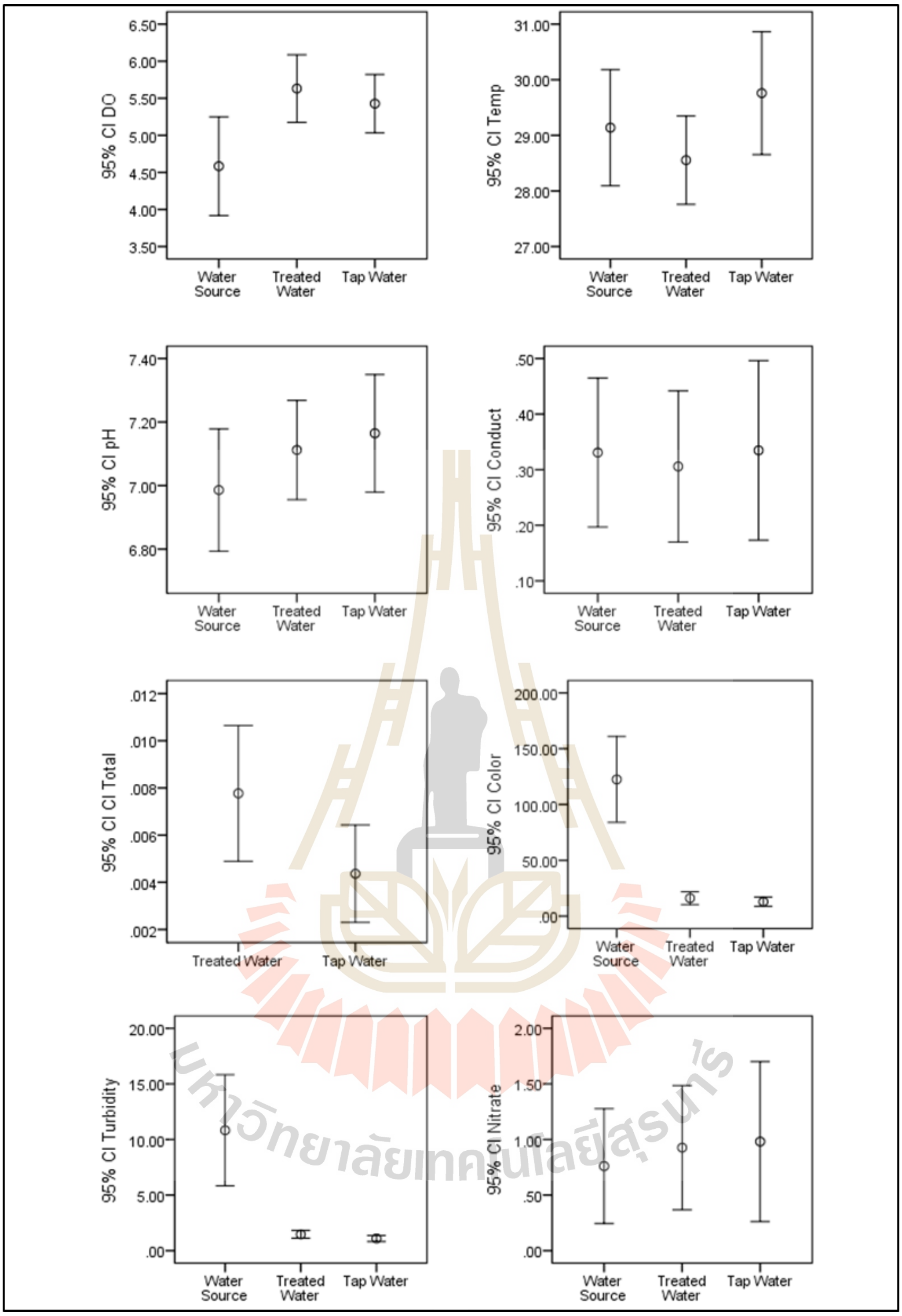
พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบผลคุณภาพน้ำดิบระหว่างหน่วยงานที่รับผิดชอบ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.4 การเปรียบเทียบทางสถิติของคุณภาพน้ำที่เก็บจาก 3 จุดเก็บ

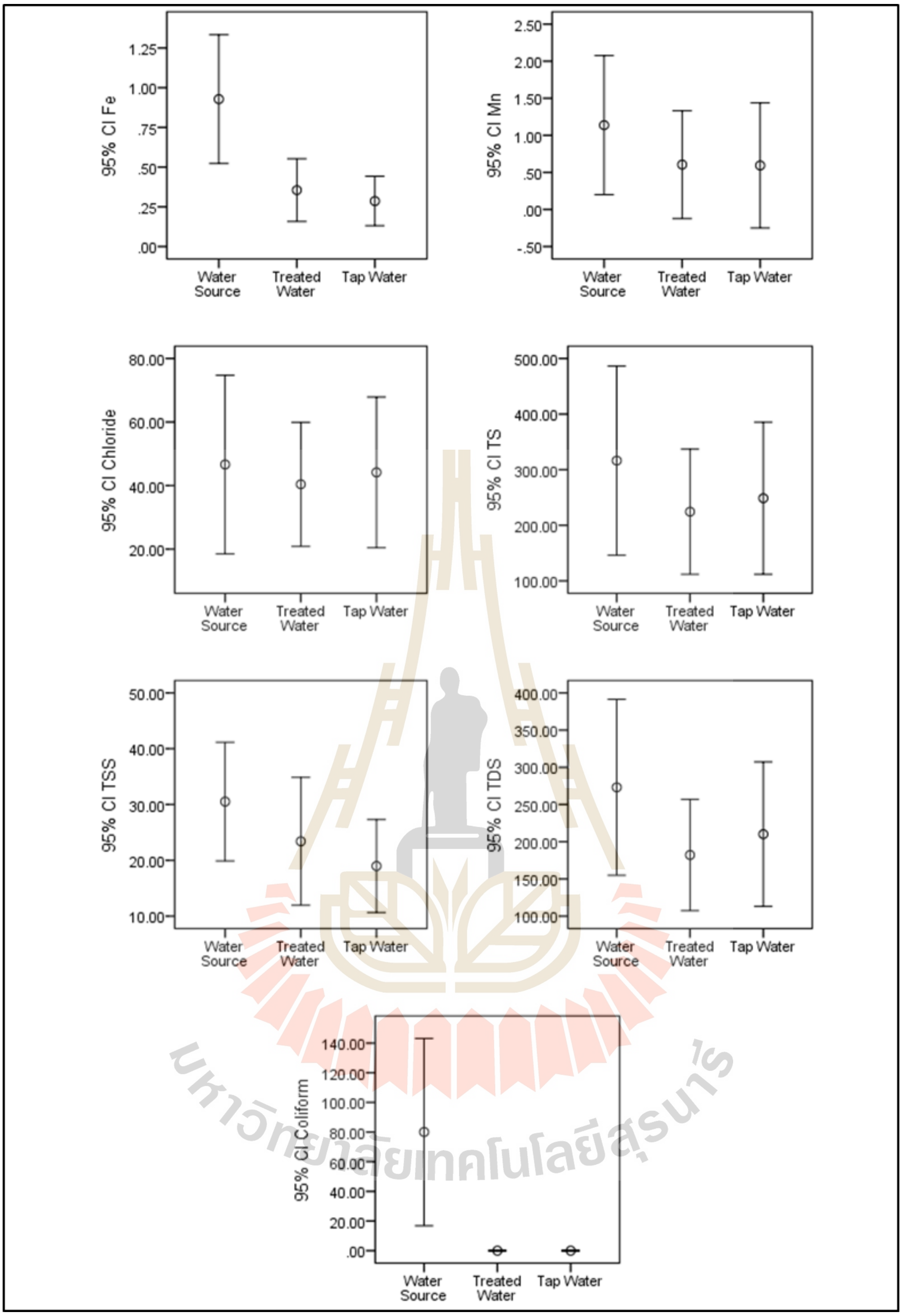
การเปรียบเทียบทางสถิติของคุณภาพน้ำที่เก็บจาก 3 จุดเก็บ ได้แก่ น้ำดิบ น้ำประปาที่ออกจากโรงประปา และน้ำประปาที่จุดผู้ใช้งานในครัวเรือน ทำโดยการประมาณค่าเฉลี่ยแบบช่วงที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (95% Confidence Interval) ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จุดเก็บทั้ง 3 จุด และนำมาสร้างแผนภูมิเปรียบเทียบดังแสดงในรูปที่ 4.4 โดยอุณหภูมิมีหน่วยเป็นเซลเซียส ความนำไฟฟ้ามีหน่วยเป็นมิลลิซีเมนซ์/ซม. สีมีหน่วยเป็น หน่วย Pt-Co ความขุ่นมีหน่วยเป็น NTU และโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดมีหน่วยเป็นโคโลนี/100 มล. ส่วนพารามิเตอร์ที่เหลือมีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร

ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าพารามิเตอร์สำคัญด้านคุณภาพน้ำประปา ได้แก่ สี ความขุ่น โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด และเหล็ก มีค่าเฉลี่ยลดลงหลังจากผ่านการปรับปรุงคุณภาพจากระบบประปา โดยเฉพาะ 3 พารามิเตอร์แรกมีช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แคบ หรือมีความแปรปรวนต่ำ แสดงถึงประสิทธิภาพที่ดีของระบบประปาที่ศึกษาต่อพารามิเตอร์ดังกล่าว ส่วนค่าพารามิเตอร์ที่ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างจุดเก็บ ได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช ความนำไฟฟ้า ไนเตรท แมงกานีส คลอไรด์ และค่าของแข็งทั้ง 3 ชนิด นอกจากนี้สังเกตว่าค่าคลอรีนรวม ณ จุดผู้ใช้งานในครัวเรือนมีค่าต่ำกว่าจุดที่ออกจากโรงประปาซึ่งเป็นไปตามที่คาดไว้เนื่องจากมีการสลายตัวของคลอรีนระหว่างการส่งจ่ายจากระบบผลิตน้ำประปาไปยังผู้ใช้งานในครัวเรือน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.4 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าประมาณแบบช่วงของคุณภาพน้ำที่เก็บจาก 3 จุดเก็บ



รูปที่ 4.4 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าประมาณแบบช่วงของคุณภาพน้ำที่เก็บจาก 3 จุดเก็บ (ต่อ)

4.5 การประเมินประสิทธิภาพระบบการผลิตน้ำประปาของชุมชนเมือง

ผลการตรวจวิเคราะห์น้ำดิบและน้ำประปาที่สถานีสูบจ่ายของแต่ละระบบประปานำมาคำนวณประสิทธิภาพการผลิตน้ำประปาของแต่ละระบบประปา แสดงในตารางที่ 4.23 มีรายละเอียด ดังนี้

4.5.1 ประสิทธิภาพการผลิตน้ำทางด้านกายภาพของระบบประปา

จากตารางที่ 4.23 จะเห็นได้ว่าระบบผลิตน้ำประปาของจังหวัดนครราชสีมา มีประสิทธิภาพในการกำจัดสี และความขุ่น ค่อนข้างต่ำอยู่ในช่วงร้อยละ 0-44.2 และร้อยละ 5.6-43.0 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับระบบการผลิตน้ำประปาของจังหวัดอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.5 การกำจัดสีและการกำจัดความขุ่น จะเห็นได้ว่ามีค่าต่ำกว่าจังหวัดอื่นๆค่อนข้างมาก

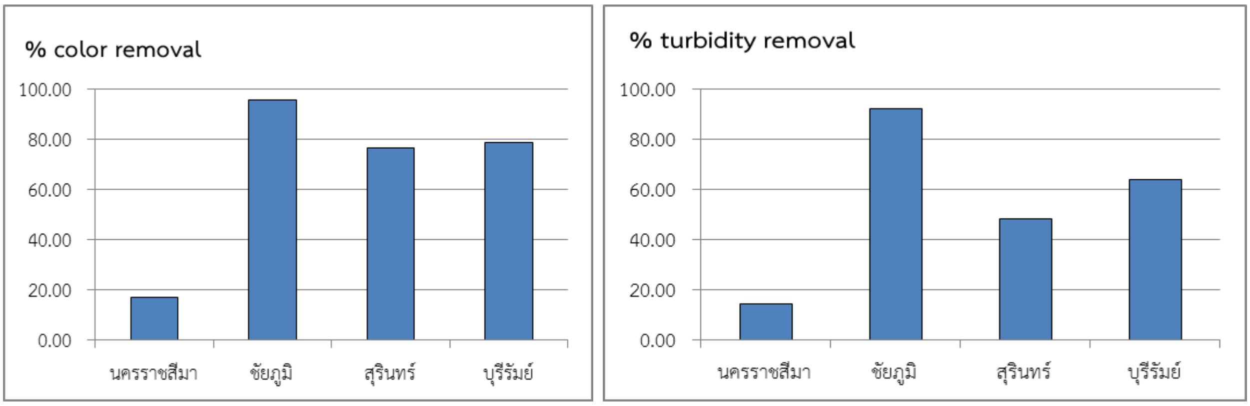
ตารางที่ 4-23 ประสิทธิภาพการกำจัดมลพิษของระบบประปา

จังหวัด	ระบบประปา	ร้อยละการกำจัด (%)								
		กายภาพ		เคมี						ชีวภาพ
		สี	ความขุ่น	เหล็ก	แมงกานีส	Cl^-	TSS	TDS	NO_3^-	Total Coliform
นครราชสีมา	อัษฎางค์	32.5	-	-	-	11.5	29.6	1.3	20.3	-
	มะขามเฒ่า	44.2	43.0	26.0	46.4	11.0	45.5	10.4	47.2	50.0
	หนองบอน	-	-	-	-	22.9	12.1	-	45.9	47.1
	พิมาย	9.6	26.9	-	-	-	32.5	-	46.2	31.6
	บัวใหญ่	5.9	12.1	29.0	49.2	10.5	35.3	-	47.3	47.9
	ต.แชะ	10.4	5.6	-	-	-	23.4	-	6.6	50.0
ชัยภูมิ	นิเวศรัตน์	97.0	94.9	73.1	74.1	-	-	37.4	12.2	100.0
	หนองสังข์	97.0	96.0	72.7	49.3	-	-	53.5	14.3	100.0
	ลาดใหญ่	93.0	86.5	87.0	64.8	0.1	32.5	-	13.9	100.0
สุรินทร์	สุรินทร์	76.4	56.8	58.5	49.2	-	43.5	43.6	-	100.0
	ต.กังแอน	76.8	40.2	50.0	0.0	-	68.5	48.6	12.0	100.0
บุรีรัมย์	บุรีรัมย์	63.4	44.6	27.6	2.6	-	-	-	-	100.0
	ประโคนชัย	94.6	83.7	89.7	-	-	48.6	-	-	100.0

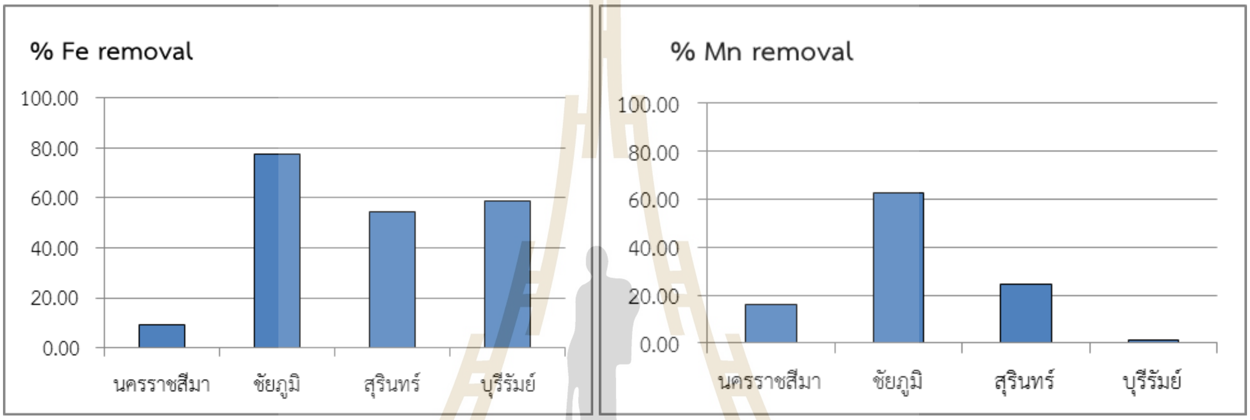
หมายเหตุ “-“ ไม่สามารถคำนวณหาประสิทธิภาพการบำบัดได้ เนื่องจากค่าคุณภาพน้ำ ณ จุดก่อนจ่ายน้ำของโรงผลิตน้ำประปา มีค่าสูงกว่าที่พบในแหล่งน้ำดิบ

4.5.2 ประสิทธิภาพการผลิตน้ำทางด้านเคมีของระบบประปา

จากตารางที่ 4.23 จะเห็นได้ว่าระบบผลิตน้ำประปาของจังหวัดนครราชสีมา มีประสิทธิภาพในการบำบัดพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น เหล็ก คลอไรค์ ของแข็ง และไนเตรท น้อยกว่าร้อยละ 50 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาคุณภาพน้ำที่พบว่ามีจำนวนตัวอย่างน้ำประปาที่ผลิตได้จากระบบประปานครราชสีมาไม่ผ่านมาตรฐาน ค่าเหล็ก และ แมงกานีส และเมื่อเปรียบเทียบกับระบบการผลิตน้ำประปาของจังหวัดอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.6 การกำจัดเหล็กและแมงกานีส จะเห็นได้ว่ามีค่าต่ำกว่าจังหวัดอื่นๆค่อนข้างมาก สอดคล้องกับรายงานการประเมินระบบประปาทางด้านวิศวกรรม พบว่า ระบบผลิตประปาที่ออกแบบระยะเวลาการกักเก็บของถังตกตะกอนที่ไม่เหมาะสมมีร้อยละ 40 และ 20 สำหรับระบบผลิตประปาเทศบาลและการประปาภูมิภาค ตามลำดับ (พัชรินทร์ และคณะ, 2560)



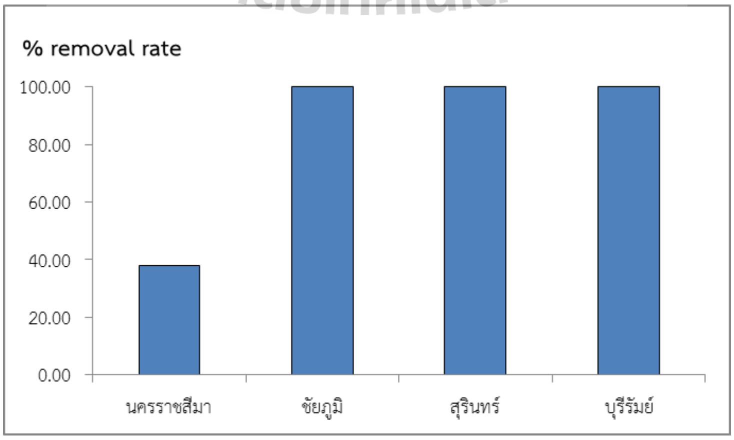
รูปที่ 4.5 ประสิทธิภาพการกำจัดสี (ก.) และความขุ่น (ข.) ของระบบผลิตน้ำประปาในแต่ละจังหวัด



รูปที่ 4.6 ประสิทธิภาพการกำจัดเหล็ก(ก.) และแมงกานีส (ข.) ของระบบผลิตน้ำประปาในแต่ละจังหวัด

4.5.3 ประสิทธิภาพการผลิตน้ำทางด้านชีวภาพของระบบประปา

จากตารางที่ 4.23 จะเห็นได้ว่าระบบผลิตน้ำประปา มีประสิทธิภาพในการบำบัดปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดทุกจังหวัด ร้อยละ 100 ยกเว้นระบบประปาของจังหวัดนครราชสีมาที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดค่าโคลิฟอร์มทั้งหมด อยู่ในช่วงร้อยละ 31.6-50.0 จะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการกำจัดค่าโคลิฟอร์มทั้งหมดของจังหวัดอื่น ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ประสิทธิภาพการกำจัดค่าโคลิฟอร์ม ของระบบผลิตน้ำประปาในแต่ละจังหวัด

4.6 การประเมินประสิทธิภาพระบบการจ่ายน้ำ (Distribution system)

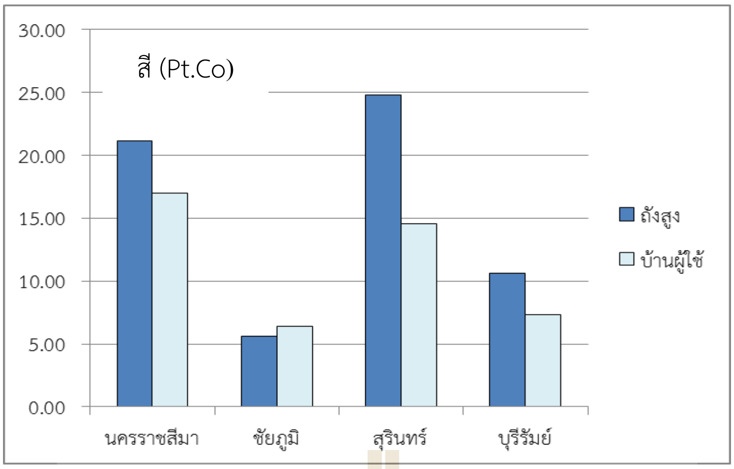
ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำประปาที่สถานีสูบจ่ายของแต่ละระบบประปา เปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน เพื่อนำมาประเมินประสิทธิภาพการจ่ายน้ำของระบบประปา ผลการเปรียบเทียบ แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.24 และเมื่อพิจารณาในพารามิเตอร์ที่มีจำนวนตัวอย่างไม่ผ่านมาตรฐาน ได้แก่ สี ความขุ่น เหล็ก แมงกานีส และค่าคลอรีนตกค้าง ดังแสดงในรูปที่ 4.8 -4.12 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ค่าความเข้มข้นของเหล็กที่จุดใช้งานในครัวเรือนมีปริมาณสูงกว่าที่พบ ณ สถานีสูบจ่ายของระบบประปา ดังนั้น มีความเป็นไปได้ว่าอาจจะมีปัญหาในระบบส่งจ่าย เช่น ระบบท่อที่เก่าเกินทำให้น้ำประปา ณ จุดที่ใช้ในครัวเรือนมีความเข้มข้นของเหล็กเกินมาตรฐาน สอดคล้องกับรายงานการประเมินระบบประปาทางด้านวิศวกรรม ที่พบว่า ระบบผลิตประปาในเขตเมืองส่วนใหญ่ มีปริมาณน้ำสูญเสีย ร้อยละ 10 ถึง 53 ของปริมาณน้ำทั้งหมด และระบบจ่ายของแต่ละจังหวัดมีอายุการใช้นานมากกว่า 10 ปี ทำให้มีปัญหาเกิดการรั่วไหล และการดูแล ทำให้มีผลต่อคุณภาพน้ำโดยเฉพาะปริมาณคลอรีนตกค้าง ที่ไม่ผ่านมาตรฐาน (พัชรินทร์ และ คณะ, 2560) และเช่นเดียวกับการสรุปผลการศึกษาของ Baig *et al* (2012) และ Khan *et al* (2010) พบว่า สาเหตุการปนเปื้อนของน้ำประปาของเมืองในประเทศปากีสถาน มาจากระบบท่อที่ใช้เป็นเวลานาน และการบริหารจัดการที่ไม่ดี ส่วนค่าคลอรีนตกค้างมีปริมาณความเข้มข้นลดต่ำลง ณ จุดใช้งานที่ครัวเรือน แต่ไม่พบปัญหาการปนเปื้อนปริมาณโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่าง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

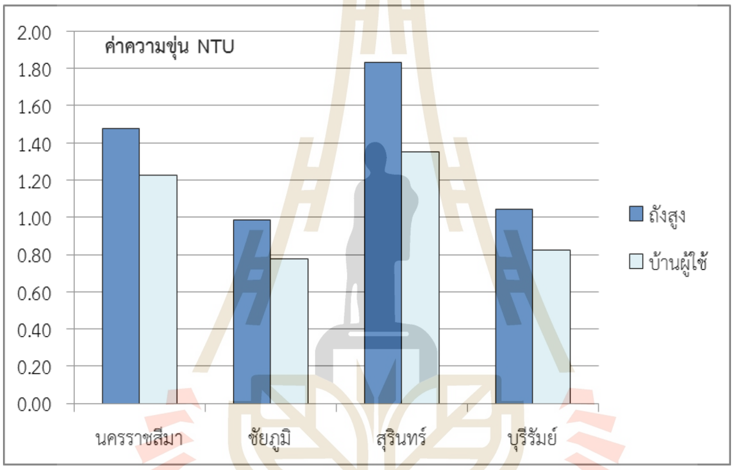
ตารางที่ 4.24 เปรียบเทียบกับคุณภาพระหว่างน้ำประปาที่สถานีสูบจ่ายที่ระบบผลิตน้ำประปากับน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน

ระบบประปา	การประเมินประสิทธิภาพระบบการจ่ายน้ำ																			
	กายภาพ				เคมี														ชีวภาพ	
	ค่าเฉลี่ยสี (Pt-Co)		ค่าเฉลี่ยความขุ่น (NTU)		ค่าเฉลี่ยเหล็ก (mg/l)		ค่าเฉลี่ยแมงกานีส (mg/l)		ค่าเฉลี่ยคลอไรด์ (mg/l)		ค่าเฉลี่ย TSS (mg/l)		ค่าเฉลี่ย TDS (mg/l)		ค่าเฉลี่ยไนเตรท (mg/l)		ค่าเฉลี่ยคลอรีนตกค้าง (mg/l)		ค่าเฉลี่ย Total Coliform (MPN/100 ml)	
	ถังสูง	บ้านผู้ใช้	ถังสูง	บ้านผู้ใช้	ถังสูง	บ้านผู้ใช้	ถังสูง	บ้านผู้ใช้	ถังสูง	บ้านผู้ใช้	ถังสูง	บ้านผู้ใช้	ถังสูง	บ้านผู้ใช้	ถังสูง	บ้านผู้ใช้	ถังสูง	บ้านผู้ใช้	ถังสูง	บ้านผู้ใช้
อัษฎางค์	18.17	17.67	1.73	2.02	1.00	1.08	0.04	0.11	42.52	35.08	27.52	24.67	186.17	183.50	1.03	1.78	2.17	1.77	0.00	0.00
มะขามเฒ่า	4.84	6.67	1.25	1.19	0.14	0.13	0.01	0.03	18.36	19.20	29.85	23.34	144.17	176.83	3.78	0.14	0.55	0.14	0.00	0.00
พิมาย	25.50	18.50	1.92	1.40	0.29	0.21	0.41	0.08	72.62	72.93	22.10	21.07	174.67	272.67	0.48	0.38	0.77	0.75	0.00	0.00
บัวใหญ่	24.33	22.00	1.35	0.97	0.84	0.79	5.40	4.58	182.17	188.84	45.25	30.15	760.67	818.67	1.59	0.28	0.30	0.28	0.00	0.00
ตำบลแชะ	32.67	20.00	1.15	0.58	0.85	0.91	0.37	0.34	21.95	22.19	22.02	19.19	128.33	112.67	0.84	0.15	0.61	0.30	0.00	0.00
นิเวศรัตน์	6.42	7.67	1.43	0.84	0.09	0.09	0.32	0.04	22.88	21.77	44.91	19.32	114.00	192.00	0.92	0.13	0.18	0.13	0.00	0.00
ลาดใหญ่	4.84	5.17	0.55	0.72	0.10	0.14	0.16	0.21	58.85	58.01	10.85	21.17	123.34	96.67	0.18	0.05	0.38	0.10	0.00	0.00
สุรินทร์	24.17	7.00	1.94	0.60	0.13	0.14	0.12	0.11	12.42	11.77	6.97	3.52	61.34	68.67	0.66	0.05	0.49	0.05	0.00	0.00
ตำบลกังแอน	25.34	22.17	1.73	2.10	0.14	0.17	0.39	0.29	18.24	18.39	4.74	12.82	86.00	81.33	0.58	0.01	0.59	0.33	0.00	0.00
บุรีรัมย์	17.50	8.67	1.71	1.19	0.74	0.75	0.15	0.16	16.32	16.77	24.84	25.17	158.67	118.67	0.25	0.33	0.53	0.33	0.00	0.00
ประโคนชัย	3.67	6.00	0.39	0.47	0.12	0.14	0.11	0.08	21.25	20.81	13.99	8.35	128.67	116.67	0.19	0.08	0.43	0.08	0.00	0.00

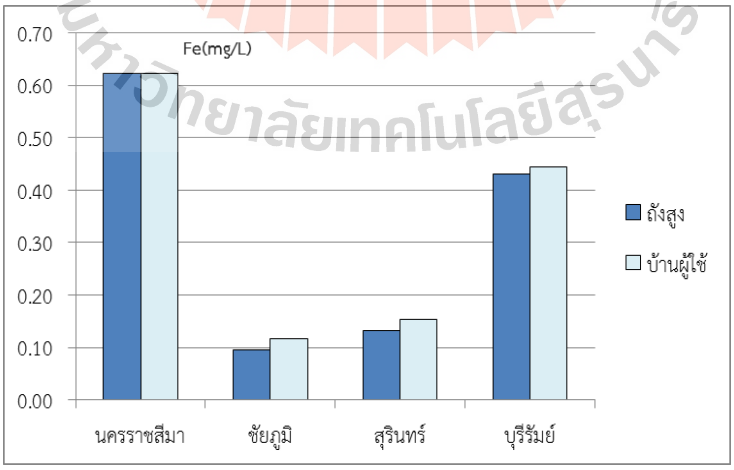
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



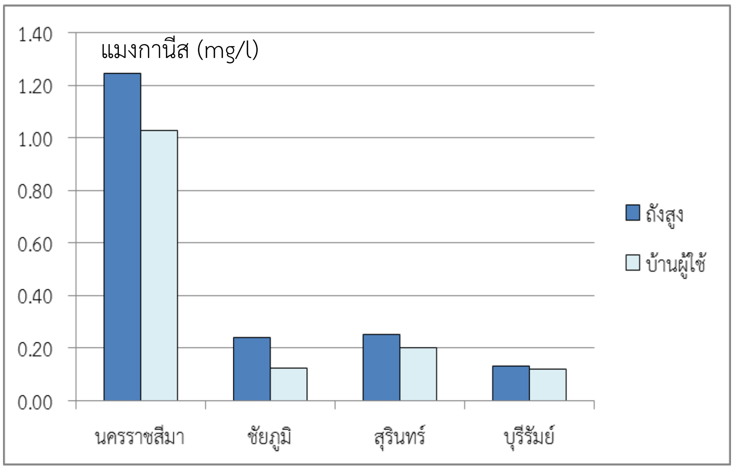
รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของสี ณ ก่อนออกจากโรงผลิตน้ำประปา และ ณ จุดใช้งานที่ครัวเรือน



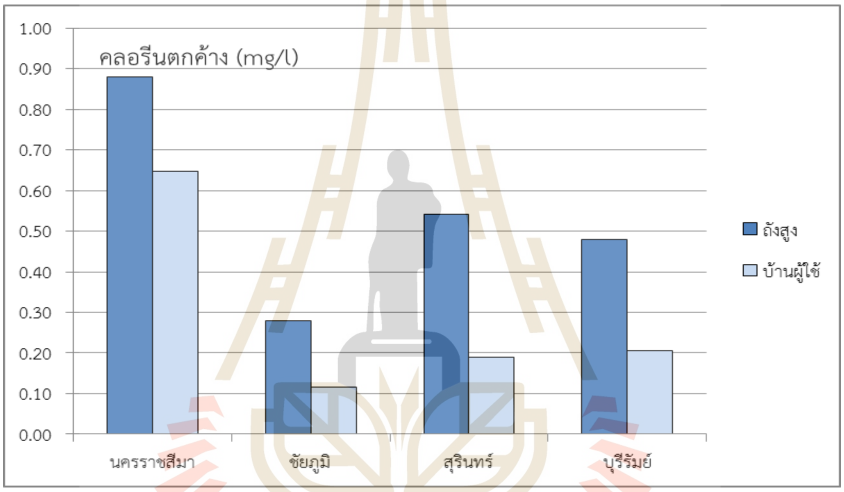
รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบค่าความขุ่น ณ ก่อนออกจากโรงผลิตน้ำประปา และ ณ จุดใช้งานที่ครัวเรือน



รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของเหล็ก ณ ก่อนออกจากโรงผลิตน้ำประปา และ ณ จุดใช้งานที่ครัวเรือน



รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของแมงกานีส ณ ก่อนออกจากโรงผลิตน้ำประปา และ ณ จุดใช้งานที่ครัวเรือน



รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบค่าคลอรีนตกค้าง ณ ก่อนออกจากโรงผลิตน้ำประปา และ ณ จุดใช้งานที่ครัวเรือน

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ คุณภาพน้ำประปาจากระบบประปาชุมชนเมือง และน้ำประปา ณ จุดใช้งานภายในครัวเรือนภายในพื้นที่ศึกษา 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ เพื่อนำมาประเมินโดยการเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา นำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบประปาชุมชนเมือง และเปรียบเทียบระหว่างระบบประปาที่ดำเนินการโดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) และการประปาส่วนภูมิภาค (กปภ.) เพื่อสามารถเป็นข้อมูลให้กับระบบประปาชุมชน นำไปใช้ในการปรับปรุงระบบการผลิตและการดำเนินการให้มีประสิทธิภาพต่อไป มีผลสรุปการศึกษาและข้อเสนอแนะ ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการศึกษาคุณภาพแหล่งน้ำดิบ

สรุปผลการศึกษาลักษณะแหล่งน้ำผิวดิน จะเห็นได้ว่า มีจำนวนตัวอย่างที่ไม่ผ่านมาตรฐานในพารามิเตอร์ค่าสี ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ค่าบีโอดี แมงกานีส ไนเตรท และ ค่าโคลิฟอร์มทั้งหมด โดยจำนวนตัวอย่างที่ไม่ผ่านมาตรฐานพบจากแหล่งน้ำผิวดินของจังหวัดนครราชสีมา อาจเนื่องมาจากเป็นแหล่งน้ำที่ไหลผ่านชุมชนเมือง ทำให้มีโอกาสในการปนเปื้อนสารอินทรีย์ค่อนข้างมาก และเมื่อนำผลไปวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ พบว่า ลักษณะข้อมูลของค่าพารามิเตอร์ที่มีจำนวนตัวอย่างไม่ผ่านมาตรฐาน เช่น ค่าสี แมงกานีส ไนเตรท และค่าโคลิฟอร์ม ลักษณะข้อมูลมีความถี่ของข้อมูลสูงในช่วงค่าต่ำ แสดงให้เห็นว่า จำนวนตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในช่วงค่าต่ำ ส่วนค่าออกซิเจนละลายน้ำและค่าบีโอดี ซึ่งพบตัวอย่างที่ไม่ผ่านมาตรฐานประมาณร้อยละ 50 พบว่ามีความถี่ข้อมูลสูงในค่ากลาง ดังนั้น แสดงว่า ค่าบีโอดีที่พบในแต่ละตัวอย่างมีค่าค่อนข้างสูง และเมื่อนำข้อมูลคุณภาพน้ำมาเปรียบเทียบความแตกต่างของฤดูกาล พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบผลคุณภาพน้ำดิบระหว่างหน่วยงานที่รับผิดชอบ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้น ค่าเฉลี่ยซัลเฟตที่พบว่าน้ำดิบของระบบประปา อปท.จะมีค่าสูงกว่าระบบประปา กปภ.

5.2 สรุปผลการศึกษาคุณภาพน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา

สรุปผลการศึกษาลักษณะน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา จะเห็นได้ว่า มีจำนวนตัวอย่างที่ไม่ผ่านมาตรฐาน ได้แก่ ค่าสี ค่าเหล็ก แมงกานีส และ ค่าคลอรีนตกค้าง โดยพารามิเตอร์ที่พบไม่ผ่านมาตรฐานในทุกๆจังหวัด คือ ค่าคลอรีนตกค้าง แต่อย่างไรก็ตามค่าคุณภาพน้ำทางชีวภาพของน้ำประปาทุกตัวอย่างยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน สอดคล้องกับผลการศึกษากับรายงานการประเมินระบบประปาทางด้านวิศวกรรม พบว่า ระบบผลิตประปาที่ออกแบบระยะเวลาการกักเก็บของถังตกตะกอนที่ไม่เหมาะสม และระบบผลิตประปาที่มีการสูญเสียน้ำในระบบจ่ายน้ำ (พัชรินทร์ และคณะ, 2560) และเมื่อนำผลไปวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ พบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่มีจำนวนตัวอย่างไม่ผ่านมาตรฐาน เช่น ค่าสี ค่าเหล็ก และแมงกานีส มีลักษณะข้อมูลมีความถี่ข้อมูลสูงในช่วงค่าต่ำ แสดงให้เห็นว่า จำนวนตัวอย่างส่วนใหญ่ยังอยู่ในช่วงค่าต่ำ แต่อย่างไรก็ตามอาจก่อให้เกิดปัญหาสำหรับการจ่ายน้ำไปที่จุดใช้งานที่อยู่ห่างไกลจากระบบผลิตน้ำประปา และเมื่อนำข้อมูลคุณภาพน้ำมาเปรียบเทียบความแตกต่างของฤดูกาล พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบผลคุณภาพน้ำดิบระหว่างหน่วยงานที่รับผิดชอบ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.3 สรุปผลการศึกษาคุณภาพน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน

สรุปผลการศึกษาลักษณะน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา จะเห็นได้ว่า มีจำนวนตัวอย่างที่ไม่ผ่านมาตรฐาน ได้แก่ ค่าสี ค่าเหล็ก แมงกานีส และ ค่าคลอรีนตกค้าง โดยพารามิเตอร์ที่พบไม่ผ่านมาตรฐานในทุกๆจังหวัด คือ ค่าคลอรีนตกค้าง แต่อย่างไรก็ตามค่าคุณภาพน้ำทางชีวภาพของน้ำประปาทุกตัวอย่างยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และเมื่อนำผลไปวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ พบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่มีจำนวนตัวอย่างไม่ผ่านมาตรฐาน เช่น ค่าสี ค่าเหล็ก และแมงกานีส มีลักษณะการแจกแจงข้อมูลมีความถี่ข้อมูลสูงในช่วงค่าต่ำ แสดงให้เห็นว่า จำนวนตัวอย่างส่วนใหญ่ยังอยู่ในช่วงค่าต่ำ ส่วนการแจกแจงของข้อมูลค่าคลอรีนตกค้าง มีค่าความถี่ของข้อมูลสูงอยู่ในช่วงกลาง ซึ่งแสดงว่า ตัวอย่างน้ำส่วนใหญ่ยังคงมีปริมาณคลอรีนตกค้างอยู่แต่ยังไม่ถึงค่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 0.2 mg/L และเมื่อนำข้อมูลคุณภาพน้ำมาเปรียบเทียบความแตกต่างของฤดูกาลพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบผลคุณภาพน้ำดิบระหว่างหน่วยงานที่รับผิดชอบ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.4 การประเมินประสิทธิภาพระบบการผลิตน้ำประปาของชุมชนเมือง

ระบบผลิตน้ำประปาชุมชนเมืองมีประสิทธิภาพในการกำจัดสี และความขุ่น อยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 40-90 ยกเว้น ระบบประปาของจังหวัดนครราชสีมา มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีและความขุ่นค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับระบบประปาในพื้นที่อีก 3 จังหวัด ขณะที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก ประมาณร้อยละ 50 แมงกานีส ประมาณร้อยละ 30 และปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมด ประมาณร้อยละ 70 และพบว่าระบบประปาของจังหวัดนครราชสีมามีประสิทธิภาพในการกำจัดค่าต่างๆต่ำกว่าระบบประปาของจังหวัดอื่นๆ

5.5 การประเมินประสิทธิภาพการจ่ายน้ำของระบบประปา

จากการตรวจพบค่าความเข้มข้นของเหล็กที่จุดใช้งานในครัวเรือนมีปริมาณสูงกว่าที่พบ ณ สถานีสูบจ่ายของระบบประปา ดังนั้น มีความเป็นไปได้ว่าอาจจะมีปัญหาในระบบส่งจ่าย เช่น ระบบท่อที่เก่าเกินทำให้น้ำประปา ณ จุดที่ใช้ในครัวเรือนมีความเข้มข้นของเหล็กเกินมาตรฐาน สอดคล้องกับรายงานการประเมินระบบประปาทางด้านวิศวกรรม ที่พบว่า ระบบจ่ายของแต่ละจังหวัดมีอายุการใช้นานมากกว่า 10 ปี ทำให้มีปัญหาเกิดการรั่วไหล และการดูแล

5.5 ข้อเสนอแนะงานวิจัย

เนื่องจากในการทำวิจัยครั้งนี้ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากระบบการผลิตน้ำประปาได้เพียง 13 ระบบ และเก็บในช่วงฤดูกาล เนื่องจากปัจจัยจำกัดในเรื่องของงบประมาณ ทำให้จำนวนข้อมูลมีปริมาณไม่มากเพียงพอ เมื่อนำไปทดสอบค่าสถิติของคุณภาพน้ำในแต่ละพารามิเตอร์ ทำให้มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานค่อนข้างสูง ดังนั้น ในการประเมินปัญหาเพื่อให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ควรจะเพิ่มความถี่ในการเก็บตัวอย่าง ทำให้การประเมินประสิทธิภาพและปัญหาที่เกิดขึ้นได้ใกล้ความเป็นจริงมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมการพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย (2546). <http://www.thaienvimonitor.net/Database/water.htm> [Accessed 20 July, 2011].

กิตติญา กฤติยรังสิต และ ฉัตรเพชร ยศพล(2553) การประเมินประสิทธิภาพระบบประปาชุมชนในเขตเมืองนครราชสีมา. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 10, จังหวัดสงขลานครินทร์, วันที่ 21-22 พฤษภาคม 2553,

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ (2541). วิศวกรรมประปา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มิตรนราการพิมพ์.

มั่นสิน ตันฑุลเวศม์. (2542). วิศวกรรมการประปา เล่มที่ 1. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นฎเกล้า ขีตตะสังคะ และ สมชาย สอนไคร้. (2550). การพัฒนาคุณภาพน้ำประปาหมู่บ้านเพื่อการบริโภค กรณีศึกษา บ้านหนองเรียงเหนือ หมู่ที่ 8 ตำบลในเมือง อำเภอสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย. การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ส.ม.สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

นฤมล ประภาสมุทร และวรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์ (2549). การดูแลระบบผลิตและคุณภาพน้ำประปาของระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดินในจังหวัดขอนแก่น. วารสารวิจัย มข.(บศ.), 6(2), 121-134

วัลยา วิริยเสนกุล, รสสุคนธ์ เหล่าไพบูลย์, ศันสนีย์ ชวนะกุล และ ชิดหทัย เพชรชัย.(2551). การปรับปรุงและฟื้นฟูระบบประปาหมู่บ้าน: บ้านคำกลาง จังหวัดอุบลราชธานี. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์, วิทัศน์ จันทรโพธิ์ศรี, สมศักดิ์ พิทักษานุรัตน์,ชัชวาลย์ ยุทธชัยยางกุล, เฉลิมศักดิ์ ท่านเจริญ และ ศิริลักษณ์ พาชนิด. (2545). สำรวจคุณภาพแหล่งน้ำดิบและน้ำประปาในระบบประปาหมู่บ้าน. รายงานการวิจัยในชุดโครงการการมีส่วนร่วมของชุมชนในการพัฒนาคุณภาพประปาหมู่บ้าน, ทุนอุดหนุนทั่วไป มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พัชรินทร์ ราโช. บุญชัย วิจิตรเสถียร และ ฉัตรเพชร ยศพล. (2560). รายงานการวิจัย การประเมินดานวิศวกรรมของระบบประปาในเขตเมืองภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปงบประมาณ. จำนวน 116 หน้า

สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. (2550). ความรู้พื้นฐานวิชาชีพวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร. 452 หน้า.

APHA, AWWA, and WEF. (2012). Standard methods for the examination of the water and wastewater (22ndedition). Washington D.C.: American Public Health Association.

Bartram, J. and Gordon, B. (2008). The global challenge of water quality and health. Water Pract. Technol, 3(4), doi:10.266/WPT.2200890.

Baig SA, Xu X, and Khan R. (2012).“Microbial water quality risks to public health: potable water assessment for a flood-affected town in northern Pakistan”, J. of Rural and Remote Health, Vol. 12(3).

Khan K, Lu Y, Khan H, Zakir S, Ihsanullah, Khan S, Khan AA, Wei L, and Wang T.(2013) “Health risks associated with heavy metals in the drinking water of Swat, northern Pakistan”, J. of Environmental Sciences, Vol. 25(10). 2003-2013.

Krejcie, R.V. and Morgan, D.W. (1970). Determining Sample size for research Activities. Educational and Psychological Measurement, 3,607-610.

Majuru, Batsirai., Mokoena, Michael M., Jagals, Paul and Hunter, Paul R. (2011). Health impact of small –community water supply reliability. Journal of Hygiene and Environmental Health, 214, 162-166.

Racho P, Namgool S and Namseethan K. (2017). “Evaluation of the design and operation for water supply system in the Northeast”, in Proc. 16th Conf. on National Environmental Engineering Conference, 2017.

Richard, Hopi Yip., Nichols, Gordon., Lane, Chris., Lake, Iain and Hunter, Paul. R. (2009). Microbiologicall surveillance of private water supplies in England-The impact of environmental and climate factors on water quality. Water Research, 43, 2159-2168.

UNICEF/WHO. 2009. Diarrhea; why children are still dying and what can be done. Available at <http:whqlibdoc.who.intpublications/2009/9789241598415_eng.pdf> [Accessed 20 July, 2011].

WHO. (2011). Guidelines for Drinking Water Quality, 4th ed.

Yokota, H., Tannabe, K., Sezaki, M., Akiyoshi, Y., Miyata, T., Kawahara, K., Tsushima, H., Hiroshinaka, H., Takafuji, H., Rahman, M., Ahmad, Sk. A., Sayed, M.H.S.U., and Faruquee, M.H. 92001). Arsenic contamination of ground and pond water and water purification system using pond water in Bangladesh. Engineering Geology, 60, 323-331.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Seventh International Conference on Geotechnique, Construction Materials and Environment, Mie, Japan, Nov. 21-24, 2017, ISBN: 978-4-9905958-8-3 C3051

ASSESSING URBAN WATER SUPPLY SYSTEM IN NORTHEASTERN IN THAILAND: WATER QUALITY AND AUTHORITY ORGANIZATION

Oranee Roongrueang[1], Pensupa Wirikitkhul[2], Jareeya Yimrattanabavorn[3] and Sudjit Karuchit[4]
[1,2]Master student, [3,4]Assistant Professor, School of Environmental Engineering, Institute of Engineering, Suranaree Univ. of Technology, 111 University Ave., Muang District, Nakhon Ratchasima, Thailand 30000.

ABSTRACT

Providing safe water supply is one of important public health priorities. The water quality of water supply is closely associated with human health. The aim of this study was to assess the quality of water in the urban water supply systems and their authority organization to assess the existing performance of water supply system and their organization. The sampling locations were covered of 4 cities namely, Nakhon Ratchasima (Korat), Chaiyaphum, Buriram and Surin provinces. The total of 13 samples site locations of urban water supply system which owned by provincial and municipal waterworks authority. Water samples of each sampling site locations were collected from water resource, storage tank and household taps water and analyzed for various parameters. The results showed he water quality of urban water supply system had met water quality standards in parameter turbidity, TSS, TDS, Nitrate and total coliform except colour, iron due to the retention time of sedimentation process is not the proper. And there were problem with residual chlorine at storage tank and household tap water which were lower than standard limit and might affect with population health. There were no difference between the performance of provincial and municipal waterworks authority. The outcome of this study can support improvement of urban water supply system and their authority organization

.

Keywords: Urban water supply system, Water quality, Authority organization, Thailand

INTRODUCTION

Access to safe water supply is a basic concern for human health and health protection. According to the World Health Organization (WHO), a concentration of microorganisms, parasites or substances posing a possible risk to human health has to be prevented [1]. The water quality of water supply is closely associated with human health. If the water supply was contaminated by pollutants and microorganisms, it would affect with water qualities and affect the health of the population. Thus, water supply system and authority organization are obliged to monitor water quality for human consumption. The water qualities need to meet standard, which is why quality of water resource and tap water of water supply system should be assess to state their aspect of problems. Water supply in urban area is challenged by increasing population. In this study, the sampling locations were covered of 4 cities namely, Nakhon Ratchasima (Korat), Chaiyaphum, Buriram and Surin provinces. This region is covers more than one-third of the country which is called "Khorat plateau". The water supply consumption in this area has been seriously concerned because of the low level of rainfall intensity and long dry period in this area. This study is one of four sub-projects in research project "Study of Management Efficiency of Water Resources and Urban Water Supply Systems in North-Eastern Region in Thailand". The main goal was thoroughly evaluating the existing urban water supply system in northeastern region of Thailand in term of the water resources, water quality, associated health risk and engineering aspect. The aim of this study was to assess the quality of water in the urban water supply systems and their authority organization to assess the existing performance of water supply system and their organization. The outcome of this study can support improvement of urban water supply system and their authority organization.

METHODS

Study Sites and Sampling

This study was carried out to collect water from urban water supply system in the lower northeastern of Thailand. The area covers of 4 provinces namely Nakorn Ratchasima (N), Chaiyaphum (C), Buriram (B) and Surin (S) provinces as shown in Fig 1. The urban water supply system was typically consisted of the coagulation-flocculation, sedimentation, filtration and disinfection systems. The water source of water treatment system was commonly taken from surface water. The water supply systems in northeastern Thailand are organized by two organizations: the provincial waterworks authority

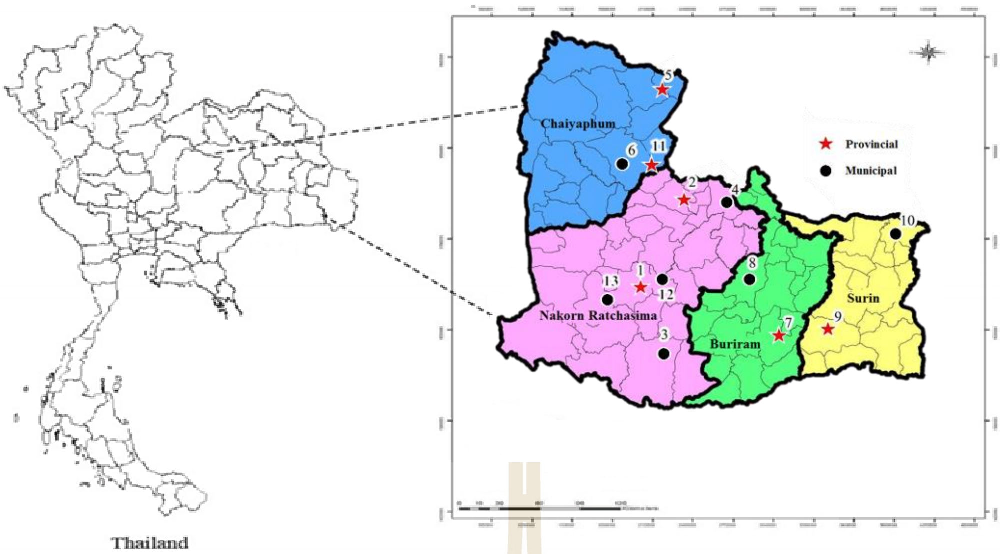


Fig. 1 Map of the study area and the sampling locations.

and the local authority. Thus, this study was focused on urban water supply system owned by provincial and municipal waterworks authority. The total of 13 samples site locations of urban water supply system were collected during dry period (January-April, 2016) and rainy period (July-October, 2016). The distribution of 13 sampling site locations was shown in Table 1.

Table 1 Sampling site locations of urban water supply system.

Study area	Authority organization		
	Provincial	Municipal	Total
Nakorn Ratchasima (N)	2	4	6
Chaiyaphum (C)	2	1	3
Buriram (B)	1	1	2
Surin (S)	1	1	2
Total	6	7	13

Analytical Methods

Water samples of each sampling site locations were collected from water resource, storage tank and household taps water. Water samples were analyzed for various parameters and analytical methods as shown in Table 2.

Table 2 Parameters and analytical methods.

Parameters	Analytical methods [2]	Parameters	Analytical methods [2]
Physical and Chemical quality		**Physical and Chemical quality**	
Turbidity	2130 B. Nephelometric Method	Nitrite, Nitrate	4500-NO_2^-, NO_3^- B. Spectrophotometric
Colour	2120 D. Spectrophotometric Method	Fluoride	4500-F^- D. SPADNS Method
BOD	5210 B. 5-day BOD Test Method	Ammonia-N	4500-NH_3 C. Titrimetric Method
Iron	3500-Fe B. Phenanthroline Method	TKN	4500-Norg Kjeldahl Method
Manganese	3500-Mn B. Persulfate Method	TDS, TSS	2540 C., D. Gravimetric Method
Hardness	2340 C. EDTA Titrimetric Method	Residual chlorine	4500-Cl B. Iodometric Method
Sulfate	4500-SO_4^{2-} E. Turbidimetric Method	**Biological quality**	
Chloride	4500-Cl^- B. Argentometric Method	Total Coliform	9222 B. Membrane Filter Method

Data Analysis

Water quality assessment

The results of water quality were checked with the guideline of World Health Organization (WHO) for water resources quality and standard of metropolitan waterworks authority for storage tank water quality and household tap water quality as shown in Table 3. The percentages of not exceed standard water sample were calculated by using the Eq. (1)

$$\%Not\ exceed\ standard = \frac{Number\ of\ samples\ that\ were\ not\ exceed\ standard}{Total\ sample} \times 100 \quad (1)$$

Statically analysis

The results of water quality of provincial and municipal waterworks authorities were analyzed, mean and standard deviation (SD) and analyzed variance with Independent Sample Test (2-tailed). SPSS Statistics Version 22.0

Table 3 Water quality standard.

Parameters	Units	Water quality standards	
		Surface water*	Tap water**
Physical and Chemical quality			
Turbidity	NTU	-	≤ 4
Colour	Pt-Co	≤ 300	≤ 15
DO	mg/L	≥ 4	-
BOD	mg/L	≤ 2	-
Nitrate	mg/L	≤ 5	≤ 50
Iron	mg/L	≤ 50	≤ 0.3
Manganese	mg/L	≤ 5	≤ 0.3
Hardness	mg/L	≤ 500	-
Chloride	mg/L	-	≤ 250
Ammonia nitrogen	mg/L	≤ 0.5	-
TDS	mg/L	≤ 1500	≤ 1500
Residual chlorine	mg/L	-	≥ 2
Biological quality			
Total Coliform	MPN/100 mL	≤ 20000	Not found

* : The guideline of World Health Organization (WHO).
** : Standard of metropolitan waterworks authority.

RESULTS AND DISCUSSION

Water Quality Assessment

Surface water resource quality

The results of surface water resource qualities were presented in Table 4. The results showed the parameters; turbidity, Iron, hardness, sulfate, chloride, TKN and ammonia-N met the guideline of WHO and not exceed standard value in 100% of samples. However, the parameters; colour, DO, manganese, nitrate, total coliform and BOD had number of samples that were limit exceed standard in range of 8-50% of samples. And all sampling site locations had surface water resource quality that were limit exceed standard of BOD about 50% of samples. These indicated that water resources of urban water supply were polluted due to wastewater, urban area and dense population. And Nakhon Ratchasima is the second largest cities in Thailand and had the poorest water resources among the other sampling cities.

Table 4 The percentage of water samples that were not exceed standard for water source.

Study area	Water quality of water source												
	Physical		Chemical										Biological
	Colour	Turbidity	DO	Iron	Manganese	Hardness	Sulfate	Chloride	BOD_5	Nitrate	Ammonia-N	TKN	Total Coliform
N	91.7	100.0	83.3	100.0	91.7	100.0	100.0	100.0	58.3	91.7	100.0	100.0	83.3
C	75.0	100.0	50.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	50.0	100.0	100.0	100.0	100.0
B	100.0	100.0	75.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	50.0	100.0	100.0	100.0	100.0
S	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	50.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Water quality of storage tank

As shown in Table 5, the water quality at storage tank had values of parameters TSS, TDS, nitrate and total coliform that met the standard of metropolitan waterworks authority in 100% of water samples. And the water quality of storage tank in Nakhon-Ratchasima also had limit exceed in parameters colour, turbidity, iron, manganese and residual chlorine. These results indicated that they might have the problem with the process of water treatment. These findings were supported by conclusion of the sub-research project that the retention time of sedimentation process is not the proper range [3].

Water quality of household taps water

As shown in Table 6, the water quality of household tab water had value of parameter turbidity, TSS, TDS, nitrate and total coliform that met the standard of metropolitan waterworks authority in 100 % of samples. However they found more than 50% of water samples that had residual chlorine less than standard limit and had lower concentrations than at storage tank. These results indicated that the distribution system might have problems about leakage of piping. It was supported by conclusion of the sub-research project that found the amount of water loss from distribution system of water supply system were in range of 31-47% of water production [3]. These might affect with population health.

Table 5 The percentage of water samples that were not exceed standard for storage tank.

Study area	Water quality of storage tank								
	Physical		Chemical						Biological
	Colour	Turbidity	Iron	Manganese	TSS	TDS	Nitrate	Residual chlorine	Total Coliform
N	50.0	91.7	41.7	66.7	100.0	100.0	100.0	58.3	100.0
C	100.0	100.0	100.0	88.3	100.0	100.0	100.0	50.0	100.0
B	100.0	100.0	75.0	100.0	100.0	100.0	100.0	50.0	100.0
S	25.0	100.0	100.0	75.0	100.0	100.0	100.0	50.0	100.0

Table 6 The percentage of water samples that were not exceed standard for household tap water.

Study area	Water quality of household tap water								
	Physical		Chemical						Biological
	Colour	Turbidity	Iron	Manganese	TSS	TDS	Nitrate	Residual chlorine	Total Coliform
N	50.0	100.0	50.0	80.0	100.0	100.0	100.0	50.0	100.0
C	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	25.0	100.0
B	100.0	100.0	75.0	100.0	100.0	100.0	100.0	50.0	100.0
S	50.0	100.0	100.0	75.0	100.0	100.0	100.0	0.0	100.0

Efficiency of Water Supply System Plants

The efficiencies of water supply system were calculated by the reduction concentration of water qualities from water resource to storage tank. In Fig. 2, 3 and 4 shown the efficiency of urban water supply system in range of 76.6-95.8% for colour, 47.1-82.9% for iron and 0-68.5% for manganese. These results indicated that only Chaiyaphum urban water supply system had manganese removal efficiency higher than 50%, the others were lower than 25%. To assess the distribution system by comparison water qualities between storage tank and household tap water. In Fig. 5 shown increasing of

iron concentration from storage tank to household tap water. These result indicated that the distribution system of water supply system had problem. It was supported by conclusion of the sub-research project that they had a potential problems of leakage in water supply system and the maintenance of equipment [3]. The distribution system in many cities in Thailand are decade old. And numerous water contaminants has been reported in many cities in Pakistan, which could be the results of decade old cast iron pipes and mixing of sewerage water with portable water in poorly managed the water distribution system [4,5].

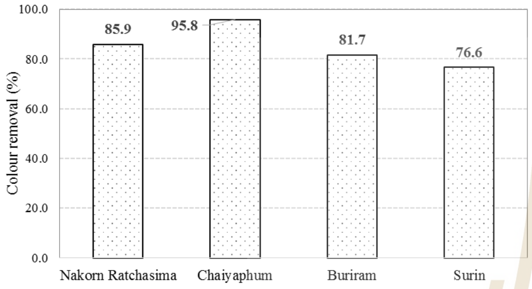


Fig. 2 Remove efficiency of urban water supply system for colour.

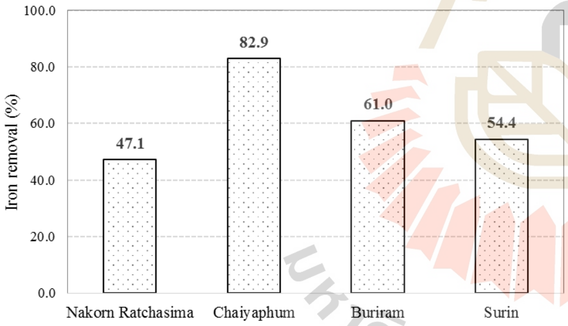


Fig. 3 Remove efficiency of urban water supply system for iron.

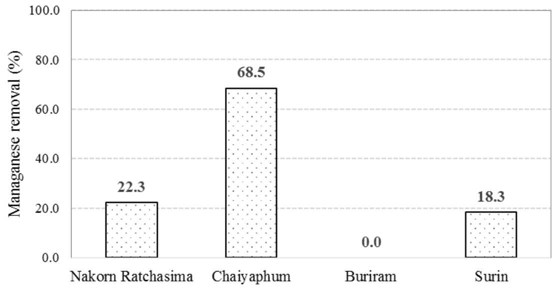


Fig. 4 Remove efficiency of urban water supply system for manganese.

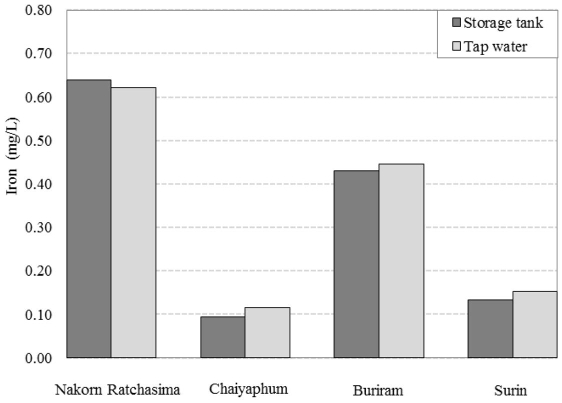


Fig. 5 The comparison of iron concentration between storage tank and household tap water.

The Authority Organization Comparison

To assess performance of the authority organization by comparison the water qualities of provincial and municipal waterworks authority by compared percentages of water samples that were not exceed standard level as show in Table 7 for water source, Table 8 for storage tank and Table 9 for household tap water. The data of water resource qualities were analyzed with Independent Sample Test (2-tailed) and presented the p-value, mean and SD of water qualities in Table 10. The results of p-values shown they had no significant in all parameters between the water resource qualities of provincial and municipal waterworks authority except sulfate parameter. However, they shown that many parameters had high SD values; these indicated that the data were fluctuating. And when considered of mean values, they shown that municipal authority waterworks had better water qualities than of provincial authority waterworks.

Table 7 The percentage of water samples that were not exceed standard for water source compared between Province and Municipal waterworks authority.

Authority organization	Water source												
	Physical		Chemical										Biological
	Colour	Turbidity	DO	Iron	Manganese	Hardness	Sulfate	Chloride	BOD5	Nitrate	Ammonia-N	TKN	Total Coliform
Provincial	90.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	50.0	100.0	100.0	100.0	90.0
Municipal	92.9	100.0	64.3	100.0	92.9	100.0	100.0	100.0	57.1	92.9	100.0	100.0	92.9

Table 8 The percentage of water samples that were not exceed standard for storage tank compared between Province and Municipal waterworks authority.

Authority organization	Storage tank: Physical		Chemical						Biological
	Colour	Turbidity	Iron	Manganese	TSS	TDS	Nitrate	Residual chlorine	Total Coliform
Provincial	66.7	100.0	75.0	75.0	100.0	100.0	100.0	50.0	100.0
Municipal	57.1	92.9	71.4	78.6	100.0	100.0	100.0	50.0	100.0

Table 9 The percentage of water samples that were not exceed standard for household tap water compared between Province and Municipal waterworks authority.

Authority organization	Household tap water: Physical		Chemical						Biological
	Colour	Turbidity	Iron	Manganese	TSS	TDS	Nitrate	Residual chlorine	Total Coliform
Provincial	80.0	100.0	70.0	90.0	100.0	100.0	100.0	40.0	100.0
Municipal	58.3	100.0	75.0	83.3	100.0	100.0	100.0	25.0	100.0

Table 10 The conclusion of data analysis with Independent Sample Test (2-tailed) of water source.

Parameter	Units	Water source: Provincial		Municipal		p-value	Result
		Mean	SD	Mean	SD		
Colour	Pt-Co	136.9	103.1	112.2	84.1	0.524	Non-sig.
Turbidity	NTU	12.2	14.0	9.8	10.5	0.629	Non-sig.
pH	-	6.9	0.6	7.1	0.3	0.225	Non-sig.
DO	mg/L	4.9	1.3	4.3	1.7	0.347	Non-sig.
Iron	mg/L	1.1	1.4	0.8	0.5	0.371	Non-sig.
Manganese	mg/L	0.7	0.7	1.0	2.4	0.681	Non-sig.
Hardness	mg/L	40.0	35.7	55.8	35.9	0.300	Non-sig.
Sulfate	mg/L	0.01	0.01	0.02	0.02	0.019	sig.
Chloride	mg/L	50.1	78.0	44.5	60.0	0.843	Non-sig.
TSS	mg/L	29.6	24.3	31.2	26.6	0.886	Non-sig.
TDS	mg/L	288.3	352.1	262.2	229.5	0.827	Non-sig.
BOD	mg/L	3.1	1.6	2.5	1.2	0.292	Non-sig.
Nitrate	mg/L	0.6	0.5	0.9	1.6	0.623	Non-sig.
TKN	mg/L	0.3	0.3	0.2	0.3	0.801	Non-sig.

Table 11 The conclusion of data analysis with Independent Sample Test (2-tailed) of storage tank.

Parameter	Units	Storage tank: Provincial		Municipal		p-value	Result
		Mean	SD	Mean	SD		
Colour	Pt-Co	18.8	16.8	13.8	11.5	0.383	Non-sig.
Turbidity	NTU	1.6	0.7	1.4	1.0	0.483	Non-sig.
pH	-	6.8	1.1	7.3	0.6	0.140	Non-sig.
DO	mg/L	5.8	1.1	5.6	1.5	0.737	Non-sig.
Iron	mg/L	0.4	0.4	0.4	0.6	0.732	Non-sig.
Manganese	mg/L	0.3	0.4	0.9	2.4	0.405	Non-sig.
Chloride	mg/L	28.2	24.3	50.9	61.2	0.241	Non-sig.
TSS	mg/L	27.6	34.0	22.4	25.5	0.656	Non-sig.
TDS	mg/L	125.2	65.8	217.3	244.0	0.218	Non-sig.
Nitrate	mg/L	0.7	0.6	1.1	1.8	0.402	Non-sig.
Residual chlorine	mg/L	0.5	0.6	0.7	1.2	0.582	Non-sig.

Table 12 The conclusion of data analysis with Independent Sample Test (2-tailed) of household tap water.

Parameter	Units	Household tap water: Provincial		Municipal		p-value	Result
		Mean	SD	Mean	SD		
Colour	Pt-Co	12.4	9.8	13.3	9.2	0.825	Non-sig.
Turbidity	NTU	0.9	0.4	1.2	0.7	0.208	Non-sig.
pH	-	7.2	0.5	7.2	0.4	0.933	Non-sig.
DO	mg/L	5.5	0.9	5.4	0.9	0.798	Non-sig.
Iron	mg/L	0.4	0.5	0.4	0.6	0.963	Non-sig.
Manganese	mg/L	0.1	0.2	0.9	2.6	0.378	Non-sig.
Chloride	mg/L	29.1	25.5	56.7	67.5	0.236	Non-sig.
TSS	mg/L	17.6	17.6	20.1	20.4	0.770	Non-sig.
TDS	mg/L	152.9	94.7	245.6	287.4	0.342	Non-sig.
Nitrate	mg/L	0.4	0.4	1.3	2.1	0.155	Non-sig.
Residual chlorine	mg/L	0.2	0.3	0.4	1.0	0.590	Non-sig.

The p-value, mean and SD of water qualities of storage tank and household tap water were analyzed by Independent Sample Test (2-tailed) and concluded in Table 11 and 12 respectively. The results of p-values shown they were no difference in all parameters of the water qualities at storage tank and household tap water between provincial and municipal waterworks authority. However, they had high SD values similar with water resources qualities and indicated that the data were fluctuating. On the other hand, when considered of mean values, they shown that provincial authority waterworks had better values than of municipal authority waterworks. These results indicated that the urban water supply system which authorized by municipal authority waterworks produced water qualities better than urban water supply system of provincial authority waterworks. However, the conclusion of the sub-research project was survey people satisfaction by using questionnaires; it was found that 83.43% of people were satisfied with the quality of water and the service of water supply authority organization [6].

CONCLUSION

In conclusion, the water quality of urban water supply system had met water quality standards in parameter turbidity, TSS, TDS, Nitrate and total coliform except colour, iron due to the retention time of sedimentation process is not the proper. And there were problem with residual chlorine at storage tank and household tap water which were lower than standard limit and might affect with population health. There were no difference between the performance of provincial and municipal waterworks authority. The outcome of this study can support improvement of urban water supply system and their authority organization.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was supported by Suranaree University of Technology.

REFERENCES

[1] WHO, Guidelines for Drinking Water Quality, 4th ed. 2011.
[2] APHA, AWWA, and WEF, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd ed. American Public Health Association, 2012.
[3] Racho P, Namgool S and Namseethan K, "Evaluation of the design and operation for water supply system in the Northeast", in Proc. 16th Conf. on National Environmental Engineering Conference, 2017.
[4] Baig SA, Xu X, and Khan R, "Microbial water quality risks to public health: potable water assessment for a flood-affected town in northern Pakistan", J. of Rural and Remote Health, Vol. 12(3), Sep. 2012.
[5] Khan K, Lu Y, Khan H, Zakir S, Ihsanullah, Khan S, Khan AA, Wei L, and Wang T, "Health risks associated with heavy metals in the drinking water of Swat, northern Pakistan", J. of Environmental Sciences, Vol. 25(10), Oct. 2013, pp. 2003-2013.
[6] Racho P, Namseethan K and Namgool S, "Serviving-Oriented Evaluate of Urban Water Supply System in North-Eastern Region", in Proc. 16th Conf. on National Environmental Engineering Conference, 2017.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล นางสาวจรียา ยิ้มรัตนบวร
ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์
ที่อยู่ปัจจุบัน 79/2 ถนนนคร ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์
สถานที่ทำงาน สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 044-224-4551

ประวัติการศึกษา

2003 Ph.D.(Environmental Technology) Ehime University, Japan

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี