รหัสโครงการ SUT6-617-55-12-12

รายงานการวิจัย

การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของการบริโภคน้ำประปาชุมชน
(Health Risk Assessment for Community Water Supply Exposure)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT6-617-55-12-12

รายงานการวิจัย

การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของการบริโภคน้ำประปาชุมชน
(Health Risk Assessment for Community Water Supply Exposure)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประพัฒน์ เป็นตามวา

สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม

สำนักวิชาแพทยศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

นายสมชาย แช่มชูกลิ่น

นางสถาพร เป็นตามวา

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2555

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

ธันวาคม 2557

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณแหล่งทุนวิจัย จาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้ หน่วยงานและคณะกรรมการประปาประจำองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ สุรินทร์ และบุรีรัมย์ ในการให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างน้ำประปาทั้งระบบประปาผิวดินและระบบประปาบาดาล ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และ การประปานครหลวง กรุงเทพมหานครในการอนุเคราะห์การวิเคราะห์คุณภาพน้ำประปา ศูนย์อนามัยที่ 5 กรมอนามัย กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลจำนวนระบบประปาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ขอขอบคุณคณะผู้ร่วมวิจัยทุกท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดจิต ครุจิต ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จรียา ยิ้มรัตนบวร อาจารย์ ดร.พัชรินทร์ ราโช จากสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปรียาพร โกษา จากสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี คุณสถาพร เป็นตามวา คุณสมชาย แช่มชูกลิ่น ศูนย์อนามัยที่ 5 กรมอนามัย คุณเบญจมาภรณ์ สุขตน และคุณธนิศา วงศ์กลม สาขาวิชามลพิษสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย สำนักวิชาแพทยศาสตร์ สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือในการดำเนินการงานที่เป็นประโยชน์ให้การดำเนินโครงการวิจัยให้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

คณะผู้วิจัย

ธันวาคม 2557

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการอุปโภคบริโภคน้ำประปาชุมชนในจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และสุรินทร์ โดยทำการประเมินเฉพาะสารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) ซึ่งประกอบด้วย Chloroform, Bromodichloromethane (BDCM), Dibromochloromathane (DBCM), Bromoform และสารกลุ่มโลหะหนักประกอบด้วย แคดเมี่ยม (Cd) ตะกั่ว (Pb) เหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) แมงกานีส (Mn) โดยการวิเคราะห์สารกลุ่ม THMs ในตัวอย่างน้ำประปาผิวดินโดยใช้เครื่อง GC-ECD with head-space technique สำหรับสาร Cd Cr Pb และ Zn ทำการวิเคราะห์โดยวิธี Flame AAS การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนที่อุปโภคบริโภคน้ำประปาชุมชนโดยแบ่งการประเมินเป็นความเสี่ยงที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Non-cancer risk) และการประเมินความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Cancer risk) ตามวิธีการของ U.S. EPA (2005) ผลการศึกษาพบว่า สารกลุ่ม THMs พบ Chloroform ในน้ำประปาผิวดินมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในจังหวัดชัยภูมิในบริเวณจุดจ่ายน้ำประปาและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง nd-28.67 และ nd-30.53 µg/L ตามลำดับ ซึ่งสารกลุ่ม THMs มีค่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำดื่มตามค่าแนะนำขององค์การอนามัยโลก ส่วนสาร Bromoform ไม่พบในน้ำประปาผิวดินในทุกจังหวัด และจากการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพทั้งเพศชายและเพศหญิงผลการศึกษาพบว่าค่าความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งมีค่าสูงที่สุดในสาร DBCM เท่ากับ 4.11×10^{-5} ผ่านเส้นทางการดื่มกินที่บ้านช่องสามหมอ จังหวัดชัยภูมิ โดยการศึกษานี้พบค่าความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งของสาร DBCM และ Chloroform เฉพาะน้ำประปาในระบบประปาช่องสามหมอ จังหวัดชัยภูมิ และบ้านดอนใหญ่ จังหวัดนครราชสีมาเท่านั้นที่เกินค่าที่ยอมรับได้ สำหรับค่าความเสี่ยงที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งรวม (Hazard indexes, HI) พบค่าความเสี่ยงสูงที่สุดพบในสาร Chloroform เท่ากับ 0.11 โดยอยู่ในเกณฑ์ที่ร่างกายได้รับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ผลการศึกษาสารกลุ่มโลหะหนักพบว่ากลุ่มโลหะหนัก (Cd Pb Fe Zn Mn) ในน้ำส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น Fe ในจุดบ้านผู้ใช้ในประปาผิวดินมีค่าเกินค่ามาตรฐานร้อยละ 6.3 และ Cd ในน้ำประปาบาดาลในแหล่งน้ำและบ้านผู้ใช้มีค่าสูงเกินค่ามาตรฐานร้อยละ 30 และในการศึกษานี้ไม่พบสาร Pb ในน้ำทุกตัวอย่าง การประเมินค่าความเสี่ยงของสารกลุ่มโลหะหนักพบว่าค่าความเสี่ยง (Hazard Quotient, HQ) ของ Cd ในน้ำประปาบาดาลมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 4.51×10^{-2} และ 4.25×10^{-2} ในแหล่งน้ำและในน้ำก๊อกตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ย HQ ของโลหะหนักแต่ละชนิดอยู่ในเกณฑ์ความเสี่ยงที่ยอมรับได้

Abstract

The objective of this study was to assess the health risks from consumption of communities water supply in Nakorn Ratchasima, Chaiyaphum, Buriram and Surin provinces by evaluating specific substances of Trihalomethanes (THMs) which including Chloroform, Bromodichloromethane (BDCM), Dibromochloromathane (DBCM), Bromoform and heavy metals compounds, including Cadmium (Cd), Lead (Pb), Iron (Fe), Zinc (Zn) and Manganese (Mn). The THMs surface water samples were analyzed by using GC-ECD with head-space technique. The Cd, Cr, Pb, and Zn compounds were quantified by Flame AAS method. The human health risk assessment for the consumer water communities was studied according to the U.S. EPA (2005) by investigating non-cacinogenicr risk and the cancer risk method. Among the THMs, Chloroform was found at the highest average levels from surface water supply system and the tap water with the range of nd - 28.67 and nd - 30.53 μg/L, respectively, while those THMs concentrations were below the maximum contaminant level specified by the WHO recommendation. The results of health risk assessment for both male and female showed that the cancer risk were found at the highest levels of DBCM which is 4.11×10^{-5} through ingestion route of exposure at Ban Sam Moe, Chaiyaphum province. In this study, the cancer risks of DBCM and Chloroform substances were only presented in the exceeding acceptable values in Ban Sam Moe water supply systems, Chaiyaphum and Ban Don Yai, Nakorn Ratchasima, respectively. For the non-cancer risks (Hazard indexes, HI), the study found the highest risk was 0.11 of Chloroform substance which is considered to be an acceptable risk. The most of heavy metals (Cd Pb Fe Zn Mn) were in water quality acceptable standard except for Fe in tap water has exceeded the standard by 6.3 percent and the thirty percent of Cd in ground water supply in both water source and home users is higher than the standard. This study showed Pb was not detected in any water samples. The hazard quotient (HQ) of Cd in ground water supply has the highest level of 4.51×10^{-2} and 4.25×10^{-2} in the water source and tab water, respectively. However, the HQ average of targeted heavy metals are in the acceptable non-carcinogenic risk.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... ก

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ฉ

สารบัญภาพ ..... ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 2

บทที่ 2 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 สถานการณ์คุณภาพน้ำสำหรับการบริโภค 4

2.2 การประเมินความเสี่ยง 5

2.3 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย 7

2.4 การทบทวนวรรณกรรม 8

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 33

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล 37

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย การรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล 41

3.5 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ 47

บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษาของสารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) 52

4.2 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการอุปโภคบริโภคน้ำประปาผิวดิน 59

4.3 ผลการศึกษาของสารกลุ่มโลหะหนัก 71

4.4 การประเมินค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพของสารกลุ่มโลหะหนักในน้ำประปา และอภิปรายผล 81

บทที่ 5 บทสรุป

5.1 สารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) ในน้ำประปา 83

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการอุปโภคบริโภคน้ำประปาผิวดิน ของสารกลุ่ม THMs 84

5.3 สารกลุ่มโลหะหนักในน้ำประปา 84

5.4 การประเมินค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพของสารกลุ่มโลหะหนักในน้ำประปา 85

5.5 ข้อเสนอแนะ 85

เอกสารอ้างอิง 87

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายละเอียดผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของสารกลุ่ม THMs 93

ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของสารกลุ่มโลหะหนัก 98

ภาคผนวก ค มาตรฐานคุณภาพน้ำ 116

ภาคผนวก ง บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ 126

ประวัติผู้วิจัย 127

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ข้อดีข้อเสียของคลอรีนชนิดต่างๆ …….. 25

ตารางที่ 2.2 ข้อดีและข้อเสียของการใช้คลอรีนในการฆ่าเชื้อโรค …….. 30

ตารางที่ 2.3 ข้อแนะนำหรือเกณฑ์มาตรฐานกำหนดของค่าสารพลอยได้จากการฆ่าเชื้อโรค(DBPs) 32

ตารางที่ 3.1 การสุ่มตัวอย่างระบบประปาหมู่บ้านในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ……. 38

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างการสุ่มตัวอย่างระบบประปาหมู่บ้านในจังหวัดนครราชสีมา …….. 38

ตารางที่ 3.3 เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัยและเกณฑ์แนะนำขององค์การ
อนามัยโลก …….. 47

ตารางที่ 3.4 มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค ……... 48

ตารางที่ 3.5 ค่ามาตรฐานและค่าแนะนำของสารกลุ่ม THMs ในน้ำ ……..... 48

ตารางที่ 3.6 ค่า Slope factor และค่า Reference dose (RfD) ของ THMs …….……..……..... 51

ตารางที่ 3.7 ค่า Reference dose (RfD) ของโลหะหนักที่ศึกษา …….……..... 51

ตารางที่ 4.1 สารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาผิวดินในจังหวัดนครราชสีมา ……..... 53

ตารางที่ 4.2 สารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาบาดาลในจังหวัดนครราชสีมา 54

ตารางที่ 4.3 สารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาผิวดินในจังหวัดชัยภูมิ 55

ตารางที่ 4.4 สารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาผิวดินในจังหวัดสุรินทร์ 55

ตารางที่ 4.5 สารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาผิวดินในจังหวัดบุรีรัมย์ 56

ตารางที่ 4.6 สารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาผิวดินที่ใช้ในการศึกษาการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ 60

ตารางที่ 4.7 ค่าความเสี่ยงของสารที่ก่อมะเร็ง (Total cancer risk) และ ค่าความเสี่ยง (HI) …… 69

ตารางที่ 4.8 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาน้ำผิวดินจังหวัดนครราชสีมา 72

ตารางที่ 4.9 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาบาดาลจังหวัดนครราชสีมา 73

ตารางที่ 4.10 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาน้ำผิวดินจังหวัดชัยภูมิ 74

ตารางที่ 4.11 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาบาดาลจังหวัดชัยภูมิ …….……..……. 75

ตารางที่ 4.12 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาผิวดินจังหวัดสุรินทร์ ……..……..…… 76

ตารางที่ 4.13 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาบาดาลจังหวัดสุรินทร์ …… 77

ตารางที่ 4.14 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาผิวดินจังหวัดบุรีรัมย์ …….. 79

ตารางที่ 4.15 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาบาดาลจังหวัดบุรีรัมย์ ……. 79

ตารางที่ 4.16 ค่าความเสี่ยงเฉลี่ยของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาในการศึกษานี้ …… 82

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 ห่วงโซ่อุปทานน้ำเพื่อการบริโภคของประเทศไทย ……. 5

รูปที่ 2.2 กรอบแนวคิดในการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ ……..…… 7

รูปที่ 2.3 สัดส่วนของน้ำในร่างกายของมนุษย์ ……..……... 10

รูปที่ 2.4 ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน ……..……... 14

รูปที่ 2.5 ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำใต้ดิน ……..……..…… 16

รูปที่ 2.6 ลักษณะของคลอรีนประเภทต่างๆ ……..…… 24

รูปที่ 2.7 คลอรีนผง $Ca(OCl)_2$ 60% ……..…… 24

รูปที่ 2.8 การเติมแก๊สคลอรีนก่อนเข้าถังเก็บน้ำใสของการประปาส่วนภูมิภาคปักธงชัย นครราชสีมา 24

รูปที่ 2.9 ผลของ pH และการเปลี่ยนแปลงชนิดของคลอรีนอิสระคงเหลือ ……. 26

รูปที่ 2.10 ปฏิกิริยาของคลอรีนในน้ำ ……..……. 27

รูปที่ 3.1 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำของระบบประปาชุมชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 39

รูปที่ 3.2 ตัวอย่างของระบบประปา (ก) ตัวอย่างแหล่งน้ำดิบเพื่อการประปา (ข) ตัวอย่างระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ (ค) ตัวอย่างอ่างเก็บน้ำใสและหอถังสูงของระบบประปาผิวดิน 41

รูปที่ 3.3 เครื่อง GC-ECD (Hitachi, model 263-50) …… 44

รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์โลหะหนัก ……..……. 45

รูปที่ 3.5 เครื่อง Atomic Absorption Spectrometric ……..……. 46

รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสาร Chloroform ในระบบประปาผิวดินของ 4 จังหวัดที่ศึกษา 58

รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสาร Bromodichloromethane (BDCM) ในระบบประปาผิวดินของ 4 จังหวัดที่ศึกษา 58

รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสาร Dibromochloromathane (DBCM) ในระบบประปาผิวดินของ 4 จังหวัดที่ศึกษา 59

รูปที่ 4.4 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและหญิงผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านการดื่มกิน ……..… 62

รูปที่ 4.5 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและหญิงผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านทางผิวหนัง..... 63

รูปที่ 4.6 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและหญิงผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านทางหายใจ 64

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.7 ค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพ (HI) ที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและหญิงผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านทางปาก 66
รูปที่ 4.8 ค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพ (HI) ที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและหญิงผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านทางผิวหนัง 67
รูปที่ 4.9 ค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพ (HI) ที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและหญิงผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านทางการหายใจ …….. 68
รูปที่ 4.10 โลหะหนักในจุดแหล่งน้ำและก๊อกน้ำของระบบประปาผิวดินและประปาบาดาลในนครราชสีมา 73
รูปที่ 4.11 โลหะหนักในจุดแหล่งน้ำและก๊อกน้ำของระบบประปาผิวดินและประปาบาดาลในชัยภูมิ …….. 75
รูปที่ 4.12 โลหะหนักในจุดแหล่งน้ำและก๊อกน้ำของระบบประปาผิวดินและประปาบาดาลในสุรินทร์ …… 78
รูปที่ 4.13โลหะหนักในจุดแหล่งน้ำและก๊อกน้ำของระบบประปาผิวดินและประปาบาดาลในบุรีรัมย์ ……..…… 80

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

น้ำมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการดำรงชีวิตเป็นหนึ่งในปัจจัยสี่ที่มีความสำคัญ การที่มีน้ำสะอาดใช้ในการอุปโภคบริโภค ย่อมส่งผลต่อสุขภาพอนามัยและคุณภาพชีวิตที่ดีของมนุษย์ คุณภาพน้ำบริโภคที่ดีต้องอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่สะอาดและปลอดภัย ปราศจากการปนเปื้อนของสารพิษและเชื้อโรค ปัจจุบันปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญซึ่งเกิดจากโรคที่เกิดจากน้ำเป็นสื่อ (Water-borne disease) ได้แก่ โรคอุจจาระร่วงเฉียบพลัน (Acute diarrhea) โรคบิด (Dysentary) โรคไทฟอยด์ และพยาธิต่างๆที่มีสาเหตุจากการดื่มน้ำที่ไม่สะอาด นอกจากนี้ยังมีการเจ็บป่วยที่เกิดจากผลกระทบของสารเคมีในน้ำ โดยรวมทั้งสารมลพิษที่ถูกปล่อยสู่แหล่งน้ำและ สารเคมีที่มีอยู่ตามธรรมชาติในแหล่งน้ำใต้ดิน เช่น ฟลูออไรด์ สารหนู ตะกั่ว แคดเมียม เป็นต้น ดังนั้นการจัดหาน้ำสะอาดเพื่อการอุปโภคบริโภค และการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำทั้งทางกายภาพ เคมี และแบคทีเรียจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง จากรายงานการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำประปาปี 2553 ในพื้นที่เขตชนบท จำนวน 65 แห่งทั่วประเทศ พบว่าร้อยละ 88.2 คุณภาพน้ำไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำบริโภค กรมอนามัย พ.ศ. 2543 โดยส่วนใหญ่ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานด้านแบคทีเรียร้อยละ 81.1 รองลงมาได้แก่ด้านกายภาพ (ร้อยละ 30.7) และด้านเคมี (ร้อยละ 26.8) ตามลำดับ (สำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ, 2553) ซึ่งการบริโภคน้ำประปาที่ไม่ได้มาตรฐานก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพ จากการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพในการบริโภคน้ำประปาที่ปนเปื้อนโลหะหนักในพื้นที่ประปาหมู่บ้านถ้ำลา ตำบลลานข่อย อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง พบว่าน้ำประปามีการปนเปื้อนของโลหะหนักได้แก่ ปรอท แมงกานีส ทองแดง สังกะสี โดยมีปริมาณเหล็กที่เกินค่ามาตรฐาน (ธนาวัฒน์ รักกมล และคณะ, 2553)

การอุปโภคบริโภคน้ำของคนไทยมีแนวโน้มเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นทุกปี จากรายงานของสำนักงานสถิติแห่งชาติ (2551) พบว่าการบริโภคน้ำในส่วนภูมิภาคเพิ่มจาก 23.8 ในปี 2545 เป็น 26 ลบ.ม.ต่อรายต่อเดือนในปี 2550 ซึ่งโดยทั่วไปแหล่งน้ำผิวดินจะมีความขุ่นสูง ดังนั้นในขั้นตอนการผลิตน้ำสะอาดจำเป็นต้องมีกระบวนการตกตะกอนสารแขวนลอยในน้ำ ซึ่งเรียกกระบวนการนี้ว่ากระบวนการสร้างตะกอนและรวมตะกอน (Coagulation) ปัจจุบันระบบผลิตปรับปรุงคุณภาพน้ำส่วนใหญ่ใช้สารเคมีเป็นสารสร้างตะกอน (โคแอกกูแลนด์) เช่น สารส้ม (Alum) เฟอริคคลอไรด์ ($FeCl_3$) โพลีอลูมินั่มซัลเฟต (Polyaluminum chloride) และใช้สารโพลีอิเลคโทรไลต์เช่นโพลิเมอร์เป็นสารช่วยตกตะกอน (โคแอกกูแลนด์เอด) และใช้คลอรีนในการฆ่าเชื้อโรคและให้คงค้างในเส้นท่อซึ่งสารเคมีสังเคราะห์เหล่านี้มีผลกระทบต่ออุปกรณ์ประปาและสุขภาพผู้บริโภค (ประพัฒน์ เป็นตามวา และคณะ, 2554) โดยเฉพาะสารในกลุ่ม Disinfection by-product (DBPs) เช่นกลุ่มสาร Trihalomethanes (THMs) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาจากการใช้คลอรีนฆ่าเชื้อโรค

และสารอินทรีย์ในธรรมชาติเช่น กรดฮิวมิก และฟัลวิก ซึ่งกลุ่มของสาร THMs เป็นสารก่อมะเร็งก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ (WHO, 1998; Ashbolt, 2004).

การจัดหาน้ำสะอาดเพื่อการอุปโภคบริโภคและการบริหารจัดการน้ำประปาของไทยเดิมมีหน่วยงานหลายหน่วยงานรับผิดชอบเช่น กรมอนามัย กรมโยธาธิการ กรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท กรมทรัพยากรธรณี ปัจจุบันได้มีการโอนภารกิจดังกล่าวให้กับหน่วยงานองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ซึ่งการดำเนินการดังกล่าว ผู้บริหารงานประปามีความจำเป็นต้องมีความรู้ ทักษะการดำเนินงาน เพื่อให้น้ำมีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค ดังนั้นการศึกษานี้จึงเป็นส่วนสำคัญในการกำหนดแนวทางปฏิบัติ การจัดการคุณภาพน้ำประปา และความเสี่ยงทางต่อสุขภาพจากการบริโภคน้ำประปาชุมชน โดยงานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของแผนงานวิจัยการเสริมสร้างศักยภาพและถ่ายทอดความรู้การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและระบบประปาชุมชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีโครงการย่อยประกอบด้วยการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำบาดาลเพื่อการผลิตประปาชุมชน การประเมินคุณภาพน้ำในระบบประปาชุมชน และการประเมินระบบประปาเชิงวิศวกรรมและการถ่ายทอดความรู้สู่ชุมชนเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมแบบบูรณาการที่มีส่วนร่วมของชุมชนทุกระดับ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) เพื่อประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการบริโภคน้ำประปาชุมชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

การศึกษานี้จะทำการศึกษาเฉพาะการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากโอกาสการได้รับสัมผัสจากการบริโภคน้ำประปาชุมชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ประกอบด้วยพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และ สุรินทร์ โดยพิจารณาจากดัชนีคุณภาพน้ำสำคัญที่มีโอกาสการได้รับสัมผัสและส่งผลต่อสุขภาพเช่น โลหะหนัก สารตกค้างที่เหลือจากการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน (Disinfection by-products, DBPs) เช่น Trihalomethenes โดยทำการเก็บตัวอย่างในช่วงฤดูแล้ง ณ จุดบริเวณต้นท่อระบบจ่ายน้ำประปาชุมชน และ บริเวณปลายท่อบ้านผู้ใช้น้ำ

1.4. ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1) ได้ข้อมูลเพื่อใช้ในการบริหารจัดการทำให้ทราบสถานการณ์คุณภาพน้ำและระดับความเสี่ยงของสารเคมีในระบบประปาชุมชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง เพื่อเป็นแนวทางการปรับปรุงระบบประปา
กลุ่มเป้าหมาย คือ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น กรมอนามัย กรมทรัพยากรน้ำ

2) สร้างองค์ความรู้ในการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาการวิจัยต่อไป
   กลุ่มเป้าหมาย คือ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น กรมอนามัย กรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยต่างๆ
3) ได้ข้อมูลในการได้เผยแพร่ตีพิมพ์ผลงานวิจัยในวารสารหรือที่ประชุมวิชาการ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ
   กลุ่มเป้าหมาย คือ นักวิชาการ นักวิจัย ผู้สนใจทั่วไป
4) บริการความรู้แก่ประชาชน และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์
   กลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้บริหารระบบประปาขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น รวมทั้งนักวิชาการและประชาชนทั่วไปที่มีความสนใจด้านสิ่งแวดล้อม

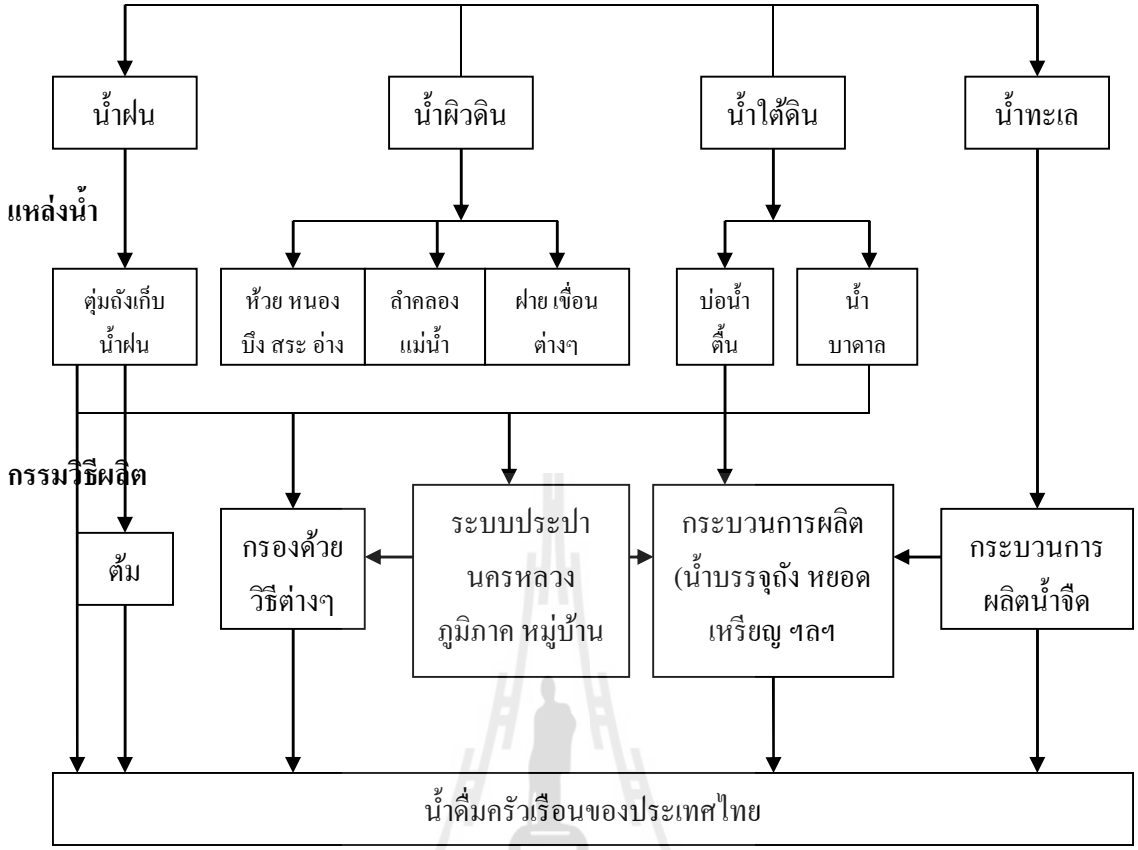
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินการวิจัยในการศึกษานี้ประกอบด้วยการทบทวนวรรณกรรม แหล่งที่มาของข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย สมมติฐาน กรอบแนวคิดของการของการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 สถานการณ์คุณภาพน้ำสำหรับการบริโภค

แหล่งน้ำสำคัญของไทยที่ใช้ในการอุปโภคบริโภค และผลิตน้ำประปา มาจากแหล่งน้ำสำคัญได้แก่ น้ำฝน น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และน้ำทะเล (รูปที่ 2.1) สำหรับแหล่งน้ำที่ใช้ในการบริโภคส่วนใหญ่เป็นน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินเป็นหลัก ประเทศไทยใช้ระบบประปา เพื่อผลิตน้ำสะอาดโดยการประปานครหลวง (กปน.) ดูแลรับผิดชอบพื้นที่กรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ ส่วนการประปาส่วนภูมิภาค (กปภ.) การประปาเทศบาล และประปาหมู่บ้าน ดูแลรับผิดชอบพื้นที่ต่างๆทั่วประเทศ จากรายงานสถานการณ์น้ำบริโภคในประเทศไทยของสำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ กรมอนามัย พบว่าครัวเรือนมีปริมาณน้ำเพื่อการบริโภคอย่างเพียงพอ แต่ปัญหาที่สำคัญได้แก่เรื่องคุณภาพของน้ำบริโภคประเภทต่างๆได้แก่ น้ำประปา น้ำฝน น้ำบ่อบาดาล และน้ำบ่อตื้น โดยพบว่ามีเพียงร้อยละ 40 ที่มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภคของกรมอนามัย สำหรับน้ำในตู้หยอดเหรียญและน้ำบรรจุอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 70 โดยปัญหาที่พบส่วนใหญ่มีสาเหตุจากการปนเปื้อนแบคทีเรีย ซึ่งอาจส่งผลกระทบให้ประชาชนที่บริโภคเกิดการเจ็บป่วยด้วยโรคที่มีน้ำเป็นสื่อ ได้แก่ โรคอุจจาระร่วง บิด ไทฟอยด์ ตับอักเสบและ พยาธิ (สำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ, 2554) โดยพฤติกรรมการการบริโภคน้ำของประชาชนไทย พบว่า ประชาชนส่วนใหญ่ร้อยละ 61.9 บริโภคน้ำบรรจุภาชนะปิดสนิท รองลงมาน้ำฝน ร้อยละ 17.4 สำหรับการปรับปรุงคุณภาพน้ำดื่มโดยการกรองมากที่สุด ร้อยละ 78.2 รองลงมาได้แก่การต้ม ร้อยละ 19.7 (นันทนา หนูเทพ, 2554)



รูปที่ 2.1 ห่วงโซ่อุปทานน้ำเพื่อการบริโภคของประเทศไทย

2.2 การประเมินความเสี่ยง (Risk assessment)

ความเสี่ยง (Risk) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งคุกคามสุขภาพ (Health hazard) และการได้รับสิ่งคุกคามนั้น (Exposure) (นันทิกา สุนทรไชยกุล และคณะ, 2552) การประเมินความเสี่ยง (Risk assessment) เป็นกระบวนการ เพื่อประมาณระดับความเสี่ยง (Risk) และตัดสินว่าความเสี่ยงอยู่ที่ระดับยอมรับได้หรือไม่ โดยนิยมใช้ในการการจัดการสารเคมีที่มีผลต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนโดยใช้ความรู้ด้านด้านพิษวิทยามารวมเข้ากับความรู้ด้านคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณค่าความปลอดภัย ความเสี่ยง (Risk) มีองค์ประกอบสำคัญคือ การที่มีอันตรายหรือสิ่งคุกคามสุขภาพ (Hazard) และการได้รับสัมผัส (Exposure) ปัจจุบันมีการนำหลักการการประเมินความเสี่ยงไปใช้ทางด้าน จุลชีววิทยา (Microbiological risk assessment) นอกจากนี้ยังได้มีการนำความรู้ไปใช้สำหรับสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การประเมินความเสี่ยงต่อระบบนิเวศ (Ecological risk assessment) (สุเทพ เรืองวิเศษ, 2551) สำหรับหลักการการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพมีลักษณะคล้ายคลึงกันเป็นการ

วิเคราะห์การดำเนินการภายใต้ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับสิ่งคุกคามนั้น (Exposure) กับสิ่งคุกคามต่อสุขภาพทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ (Hazard) และประเมินผลของความสัมพันธ์ว่าเกิดอะไร (Consequences) ด้วยระดับความรุนแรงแค่ไหน (Severity) มีโอกาสมากน้อยเพียงใด (Likelihood) และปัจจัยใดที่มีอิทธิพลต่อการก่อให้เกิดความรุนแรง (Magnitude) (นันทิกา สุนทรไชยกุล และคณะ, 2552) การประเมินความเสี่ยงเป็นขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์ความเสี่ยง (Risk analysis) ซึ่ง ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ การประเมินความเสี่ยง การจัดการความเสี่ยง (Risk management) และการสื่อสารความเสี่ยง (Risk communication) สำหรับขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ โดยเน้นไปทางสารเคมีเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกาได้กำหนดการประเมินความเสี่ยงออกเป็น 4 ขั้นตอน (สุเทพ เรืองวิเศษ, 2551; นันทิกา สุนทรไชยกุล และคณะ, 2552) ดังนี้คือ

1) การบ่งชี้อันตราย หรือการพิจารณาหาสิ่งคุกคาม (Hazard Identification) เป็นการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสรุปว่าการได้รับ สารเคมีที่กำลังสนใจอยู่นั้นมีผลเสียต่อสุขภาพอนามัยหรือไม่

2) การประเมินผลกระทบจากสิ่งคุกคามนั้น (Dose-Response Evaluation) เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารที่ได้รับและความรุนแรงของความเป็นพิษทั้งเชิงคุณภาพ (qualitative) และเชิงปริมาณ (quantitative) ข้อมูลส่วนใหญ่ได้จากการศึกษาในสัตว์ทดลอง และอาจมีบางส่วนที่ได้จาก การศึกษาในมนุษย์ การคำนวณความเสี่ยงจากการได้รับสารเคมีจะทำได้นั้น ต้องทราบ ความสัมพันธ์เชิงปริมาณระหว่างความเป็นพิษและปริมาณสารเคมีที่ได้รับ (dose-response relationship) ด้วย ในขั้นตอนนี้แบ่งสารเคมีเป็น 2 กลุ่ม คือ (2.1) สารไม่ก่อมะเร็ง (non-carcinogen) และ (2.2) สารก่อมะเร็งที่มีผลต่อยีน (genetic carcinogen)

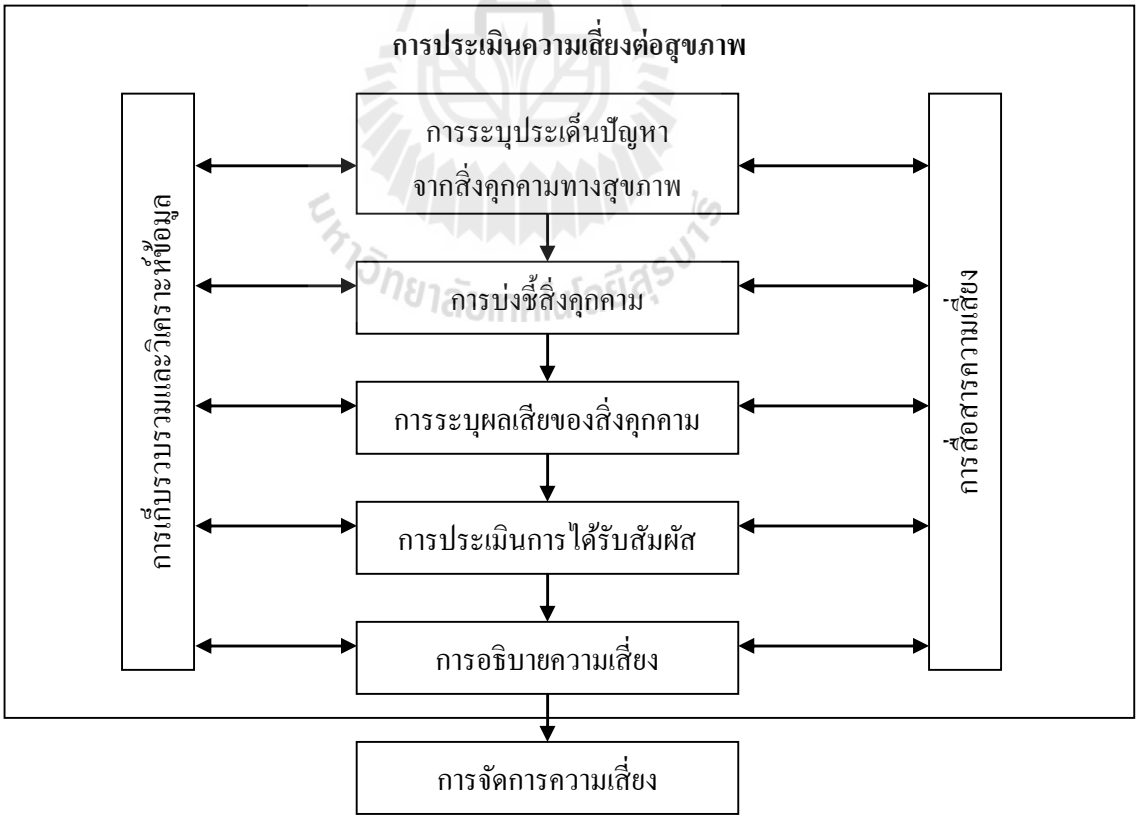
3) การประเมินการรับสัมผัส (Exposure Assessment) เป็นการประเมินปริมาณสารเคมีที่มนุษย์หนึ่งคนหรือ ประชากรหนึ่งกลุ่มได้รับจากสิ่งแวดล้อม ขั้นตอนนี้นับว่ามีความสำคัญอย่างมากของการประเมิน ความเสี่ยง ทั้งนี้เพราะความเป็นพิษของสารเคมีจะไม่เกิดขึ้นถ้าไม่ได้รับสารนั้น และความรุนแรง ของความเป็นพิษขึ้นกับปริมาณของสารที่ได้รับ ดังนั้นถ้าการประเมินปริมาณสารที่ได้รับผิดพลาด จากความเป็นจริง การคำนวณความเสี่ยงก็จะมีความคลาดเคลื่อน (uncertainty) สูง

4) การจัดระดับความเสี่ยง (Risk Characterization) เป็นการรวบรวมเอาข้อมูลและผลการวิเคราะห์ของสาม ขั้นตอน ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น มาใช้คำนวณความเสี่ยงหรือโอกาสที่จะเกิดผลเสียในมนุษย์จาก การได้รับสารเคมี

นอกจากนี้ องค์การอนามัยโลก (WHO) ร่วมกับองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้พัฒนาแนวคิดการประเมินความเสี่ยงสำหรับจุลินทรีย์ (Microbial risk assessment) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนหลักที่สำคัญได้แก่ 1) การระบุคุณลักษณะของสิ่งคุกคาม 2) การแสดงคุณสมบัติการเกิดผลอันไม่พึงประสงค์ของสิ่งคุกคาม 3) การประเมินการได้รับสัมผัส และ 4) การอธิบายลักษณะความเสี่ยง

2.3 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย (Conceptual Framework)

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพเป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และสถิติในการระบุสิ่งคุกคามต่อสุขภาพและการคาดการณ์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อสภาวะสุขภาพของมนุษย์ โดยขั้นตอนที่สำคัญในการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพประกอบด้วย การระบุปัญหาจากสิ่งคุกคามทางสุขภาพ การบ่งชี้และผลเสียของสิ่งคุกคาม การประเมินสิ่งที่ได้รับสัมผัส การอธิบายความเสี่ยง (รูปที่ 2. 2) และข้อมูลจากการประเมินทั้งหมดจะนำมาใช้เป็นแนวทางในการลดและจัดการความเสี่ยงต่อสุขภาพ (นันทิกา สุนทรไชยกุล และคณะ, 2552) กรอบแนวคิดของการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพสามารถแสดงได้ดังนี้



รูปที่ 2.2 กรอบแนวคิดในการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ

2.4 การทบทวนวรรณกรรม

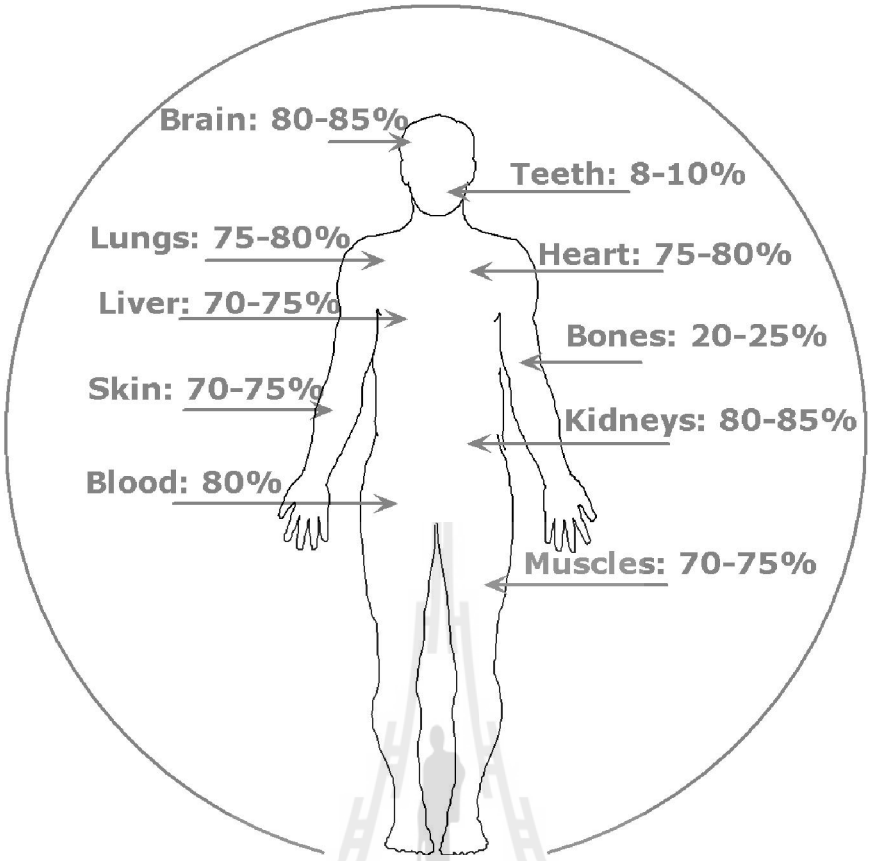
จากรายงานการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ โดยมีผลการศึกษาทั้งไทยและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องดังนี้

จากรายงานการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำประปาปี 2553 ในประปาหมู่บ้านพื้นที่เขตชนบท จำนวน 65 แห่งทั่วประเทศ พบว่าระบบประปาสามารถทำงานได้ปกติ ร้อยละ 44.1 และระบบประปาที่มีปัญหาเช่นระบบการกรอง การเติมคลอรีน ร้อยละ 63.9 จากระบบประปาในเขตชนบททั้งหมดยังพบว่า ร้อยละ 73.5 ไม่มีการเติมคลอรีน จากการสำรวจพบว่าคุณภาพน้ำไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำบริโภค กรมอนามัย พ.ศ. 2543 ร้อยละ 88.2 โดยส่วนใหญ่ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานด้านแบคทีเรียร้อยละ 81.1 รองลงมาได้แก่ ด้านกายภาพ (ร้อยละ 30.7) และด้านเคมี (ร้อยละ 26.8) ตามลำดับ (สำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ, 2553) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ กิตติยา กฤติยรังสิต และ ฉัตรเพชร ทศพล (2552) โดยทำการประเมินประสิทธิภาพระบบประปาชุมชนในเขตเมืองนครราชสีมาพบว่าคุณภาพประปาหมู่บ้านร้อยละ 34.38 ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพน้ำประปา สำหรับการประปาที่รับผิดชอบโดยการประปาส่วนภูมิภาค และการประปาเทศบาลผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด ซึงการบริโภคน้ำประปาที่ไม่ได้มาตรฐานก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพ และ จากการศึกษาของ ธนาวัฒน์ รักกมล และคณะ (2553) พบว่าจากการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพในการบริโภคน้ำประปาที่ปนเปื้อนโลหะหนักในพื้นที่ประปาหมู่บ้านถ้ำลา ตำบลลานข่อย อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุงพบว่าน้ำประปามีการปนเปื้อนของโลหะหนักได้แก่ ปรอท แมงกานีส ทองแดง สังกะสี โดยมีปริมาณเหล็กที่เกินค่ามาตรฐาน สำหรับการศึกษาของ Muhammad et al (2010) ทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพการได้รับสารหนูในน้ำดื่มจากระบบประปาในประเทศปากีสถาน พบว่า ระดับค่าความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็ง (Cancer risk) มีค่าอยู่ในระดับต่ำและสูงในบางพื้นที่ (HQ>1) สำหรับโรคที่มากับน้ำเป็นสื่อมีความสำคัญที่ก่อให้เกิดการเจ็บป่วยกับสุขภาพมนุษย์ที่บริโภคน้ำ ซึ่งจากรายงานการศึกษาของ Mahvi and Karyb (2007) ในประเทศอิหร่าน พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียในประปาชนบทถึงร้อยละ 73.1 ซึ่งมีความสอดคล้องกับอุบัติการณ์ของโรคท้องร่วงอย่างรุนแรงในพื้นที่ และจากรายงานของ Barrell et al (2000) แสดงให้เห็นว่าการศึกษาความเสี่ยงทางด้านจุลินทรีย์มีความสำคัญ เนื่องจากโรคจากระบบทางเดินอาหารหลายอย่างมีความสัมพันธ์กับพบเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียประเภท *E. coli* นอกจากนี้โรคที่เกิดขึ้นใหม่ๆ เช่น Cryptosporidiosis ยังทำให้เกิดการระบาดร่วมกับโรคที่เกิดจากน้ำเป็นสื่อ ในกระบวนการฆ่าเชื้อโรคในปัจจุบันนิยมใช้สารคลอรีนในรูปแบบต่างๆ ในการฆ่าเชื้อโรค ซึ่งหากใช้ในปริมาณที่ไม่เหมาะสม และมีการทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำ จะก่อให้เกิดการตกค้างในสารกลุ่ม Disinfection by-products (DBPs) ซึ่งสารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) เช่น Chloroform ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง (WHO, 1998) และจาก

การศึกษาของ Nazir and Khan (2006) พบว่า โอกาสเสี่ยงต่อการได้รับสัมผัสในเส้นทางการหายใจพบว่ามีความเสี่ยงมากที่สุด ซึ่ง TECHNEAU (2010) ได้เสนอกรอบแนวทางในการจัดการความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในระบบประปาในสหภาพยุโรป โดยประกอบด้วยกระบวนการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่เกิดขึ้น การประเมินค่าความเสี่ยง การลดหรือควบคุมความเสี่ยง ดังนั้นกระบวนการประเมินความเสี่ยงและบริหารจัดการความเสี่ยงมีความสำคัญในการลดปัญหาสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นจากการบริโภคน้ำประปาที่มีสารต่างๆปนเปื้อน โดยความสำคัญของการปรับปรุงคุณภาพน้ำและการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการอุปโภคบริโภคน้ำประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้

1) ความสำคัญของน้ำต่อร่างกายของมนุษย์

ร่างกายมนุษย์โดยทั่วไปประกอบด้วยน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 51.9 – 75 โดยมีน้ำเป็นองค์ประกอบของเซลล์ทุกเซลล์ และในการทำงานของเซลล์ต่างๆจำเป็นต้องใช้น้ำ ปริมาณน้ำที่ร่างกายได้รับแต่ละวันเฉลี่ยประมาณ 2,500 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในภาวะปกติ ปริมาณน้ำในร่างกายจะมีค่าคงที่ ทั้งนี้เพราะร่างกายขับน้ำออกนอกร่างกายในปริมาณที่เท่ากับปริมาณที่ได้รับในแต่ละวัน ปริมาณน้ำที่ร่างกายได้รับส่วนใหญ่มาจากระบบทางเดินอาหาร ส่วนปริมาณน้ำที่ขับออกนอกร่างกายส่วนใหญ่ถูกขับออกทางปัสสาวะ น้ำจะหมุนเวียนในร่างกาย และเข้า-ออกในเซลล์ต่างๆในรูปของเลือด โดยจะพาสารอาหาร โปรตีน ไขมัน น้ำตาล วิตามิน เกลือแร่ ฯลฯ ไปยังอวัยวะที่เป็นจุดหมายปลายทาง เลือดจะมีน้ำเป็นองค์ประกอบร้อยละ 92 มันสมองมีน้ำเป็นองค์ประกอบร้อยละ 85 ซึ่งถ้าพิจารณาในสภาวะสมดุลในร่างกายประกอบด้วยน้ำร้อยละ 70 สัดส่วนของน้ำในร่างกายของมนุษย์แสดงดังรูปที่ 2.3 ปริมาณน้ำที่ร่างกายต้องการต่อวันเพื่อช่วยสร้างความสมดุลต้องไม่น้อยกว่า 8 แก้ว (2,400 ซีซี) ทั้งนี้ปริมาณดังกล่าวยังแปรผันตามปัจจัยหลายๆอย่างได้แก่ น้ำหนักตัว ขนาดร่างกาย อุณหภูมิภายนอก ความชื้น การออกกกำลังกาย และกิจกรรมที่ทำ โดยความสมดุลคือปริมาณน้ำที่ดื่มเข้าไปจะเท่ากับน้ำที่ร่างกายขับออกต่อวัน



รูปที่ 2.3 สัดส่วนของน้ำในร่างกายของมนุษย์ (ที่มา: http://bert-firebert.blogspot.com)

ในสภาวะปกติน้ำที่ขับถ่ายออกจากร่างกายประมาณวันละ 2,500 ซีซี ซึ่งออกมาในรูปของ

- ปัสสาวะ 1,500 ซีซี/วัน
- อุจจาระ 200 ซีซี/วัน
- เหงื่อ 500 ซีซี/วัน
- ละอองน้ำในลมหายใจออก 300 ซีซี/วัน

น้ำที่ร่างกายต้องการประมาณ วันละ 2,500 ซีซี ได้มาจาก

- น้ำดื่ม 1,500 ซีซี/วัน
- อาหารที่บริโภค เช่น ผัก ผลไม้ฯลฯ 800 ซีซี/วัน

ปฏิกิริยาเคมีในร่างกายเกิดจากเมตาบอลิซึ่ม 200 ซีซี/วัน ดังนั้น น้ำจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของมนุษย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2) ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ หรือระบบประปา โดยทั่วไปเป็นระบบการนำน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติอันได้แก่ แหล่งน้ำใต้ดิน หรือ แหล่งน้ำผิวดิน นำมาผ่านขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพ เพื่อผลิตให้เป็นน้ำสะอาด ตามหลักวิชาการ และวิธีการอันเหมาะสม แล้วจ่ายน้ำที่ผลิตได้นี้ให้แก่ประชาชนในหมู่บ้าน ชุมชน หรืออุตสาหกรรม เพื่อใช้ในการอุปโภคบริโภค โดยการจ่ายน้ำตามท่อผ่านระบบแจกจ่ายน้ำ

โดยองค์การอนามัยโลก (World Health Organization, WHO) ได้ให้นิยามของวัตถุประสงค์ของการทำระบบประปาไว้ 3 ประการ คือ

1) ผลิตน้ำสะอาดเพื่อใช้ในการอุปโภคได้โดยปลอดภัย
2) ผลิตน้ำให้พอกับความต้องการของผู้ใช้
3) ใช้ต้นทุนการผลิตต่ำและพร้อมจะจ่ายน้ำให้แก่ผู้ต้องการใช้น้ำได้อย่างทั่วถึง

นอกจากนั้น ในการสำรวจและออกแบบก่อสร้างระบบประปา โดยเฉพาะประปาชุมชนหรือประปาหมู่บ้าน ควรมีข้อพิจารณาดังต่อไปนี้

1) ความแข็งแรงและอายุการใช้งาน เนื่องจากน้ำประปาเป็นสาธารณูปโภคที่สำคัญ การซ่อมแซมใหญ่ที่ทำให้ต้องหยุดการผลิตหรือลดการผลิตลง อาจก่อให้เกิดความเดือดร้อนและยุ่งยาก ดังนั้น โครงสร้างที่สำคัญจะมีอายุการใช้งานนาน
2) กำลังการผลิต โดยจะต้องคำนวณปริมาณการใช้น้ำทั้งในปัจจุบันและอนาคตเพื่อนำมาคำนวณกำลังผลิตของระบบประปา
3) ประสิทธิภาพการทำงาน ขึ้นอยู่กับมาตรฐานน้ำประปาและวิธีการออกแบบองค์ประกอบแต่ละส่วน โดยจะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมในด้านอื่นด้วย เช่น เงินลงทุน สถานที่ ค่าใช้จ่ายในการควบคุมและทำงาน
4) ความประหยัดโดยพยายามลดค่าการลงทุนและค่าดำเนินการ แต่จะต้องไม่กระทบกระเทือนต่อประสิทธิภาพและความแข็งแรงของระบบ เช่น การใช้ผนังร่วม การจัดวางรูปของหน่วยต่างๆ การเดินเส้นท่อ และการเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสม เป็นต้น
5) วิธีการควบคุมการทำงาน ต้องออกแบบให้มีความคล่องตัวในการควบคุมและจัดรวมสวิตช์ไฟ เครื่องวัดให้เป็นหมวดหมู่ ง่ายต่อการซ่อมบำรุง พร้อมทั้งจัดหาอุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่จำเป็นต่างๆ
6) ความสวยงาม ระบบผลิตทั้งหมดจะต้องมีดุลยภาพและเข้ากับสภาพแวดล้อมโดยรอบได้เป็นอย่างดี ซึ่งขึ้นอยู่กับสถานที่ตั้งและวิธีการออกแบบ

ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ หรือกระบวนการทั้งหมดในขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นการนำหรือเลือกใช้กระบวนการในแต่ละหน่วยมาจัดเรียงเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ได้ตามมาตรฐานตามที่ต้องการ โดยแต่ละหน่วยของการผลิตมีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน

ปัจจัยในการเลือกระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ซึ่งต้องมีปัจจัยที่ต้องพิจารณาดังต่อไปนี้

1) คุณภาพน้ำของแหล่งน้ำดิบ

สิ่งที่ต้องพิจารณาในการเลือกแหล่งน้ำดิบต้องพิจารณาปริมาณน้ำต้องเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำ โดยการพิจารณาคุณภาพของน้ำมีความจำเป็น ซึ่งการเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำดิบไปตรวจวิเคราะห์คุณภาพก่อน เพื่อตัดสินใจในการเลือกระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยคุณภาพน้ำดิบควรมีคุณภาพดีหรือสะอาดมากที่สุดซึ่งจะส่งผลให้กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำน้อยที่สุด ทำให้การลงทุนก่อสร้างและการดำเนินการมีความประหยัด

2) คุณภาพน้ำที่ต้องการ

คุณภาพน้ำที่ต้องการมากที่สุดต้องมีความสะอาด ปลอดภัย และต้องมีความน่าดื่มน่าใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคของประชาชน เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดในการผลิตน้ำสะอาด

องค์ประกอบของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

องค์ประกอบสำคัญในการจัดทำระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ประกอบด้วย

1) แหล่งน้ำดิบ สามารถนำมาจากแหล่งน้ำธรรมชาติทั้งจากแหล่งน้ำใต้ดิน หรือแหล่งน้ำผิวดินได้ โดยระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแต่ละแหล่งจะมีความเฉพาะอันเนื่องมากจากคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำดิบนั้นๆ
2) น้ำที่ผลิตได้ต้องเป็นน้ำที่สะอาดตามหลักวิชาการ ด้วยวิธีการที่เหมาะสม
3) ระบบการจ่ายน้ำต้องผ่านระบบท่อและระบบแจกจ่ายน้ำ

ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายสามารถแบ่งได้ตามการปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน และการปรับปรุงคุณภาพน้ำใต้ดิน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3) ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน

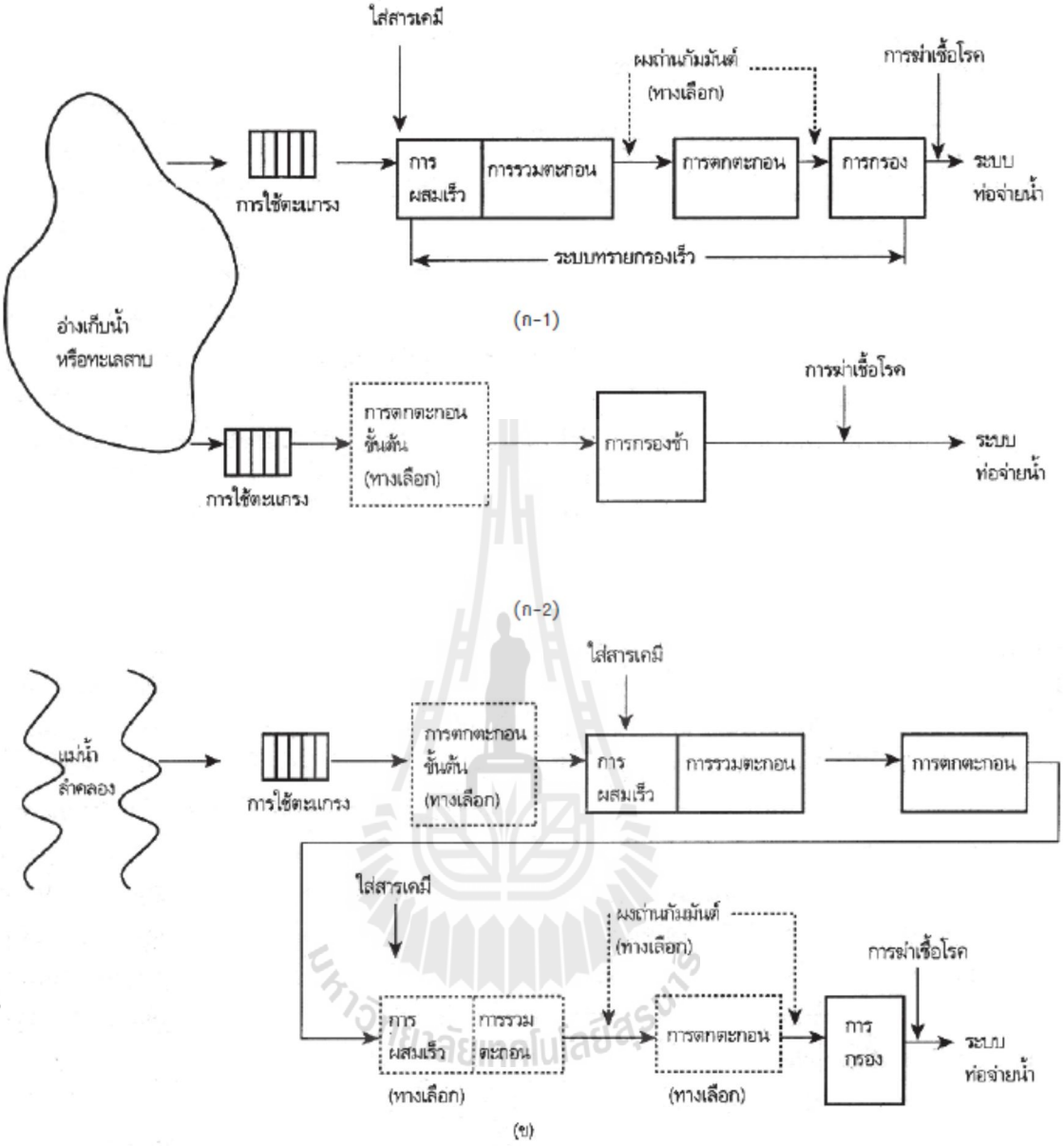
แหล่งน้ำผิวดินที่นิยมใช้เป็นแหล่งน้ำดิบได้แก่ แม่น้ำ ลำคลอง ทะเลสาบ และอ่างเก็บน้ำ โดยลักษณะคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินขึ้นอยู่กับลักษณะของดินและหินที่น้ำไหลผ่าน ถ้ามีลักษณะทางกายภาพไม่ดีจะมีความขุ่น มีรส กลิ่นและสีไม่ค่อยดี เนื่องจากน้ำผิวดินจะพาเอาอนุภาคสิ่งต่างๆ บนพื้นดินทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ละลายเจือปนมาด้วย โดยธรรมชาติแหล่งน้ำผิวดินมักมีแบคทีเรียปนเปื้อนค่อนข้างสูง และคุณภาพน้ำมักมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพไปตามฤดูกาล เช่น ในฤดูฝนปริมาณน้ำมาก อัตราการไหลสูง มีการพัดเอาอนุภาคและเศษสิ่งต่างๆ ลงมาปนเปื้อนกับน้ำผิวดินมาก ทำให้มีความขุ่นมากกว่าฤดูร้อน ดังนั้นกระบวนการ หรือระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน มักมีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดความขุ่น สารแขวนลอย สี กลิ่น และจุลินทรีย์เป็นสำคัญ ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำดังแสดงในรูปที่ 2.4

ในกรณีแหล่งน้ำดิบที่เป็นทะเลสาบหรืออ่างเก็บน้ำ ซึ่งคุณภาพน้ำโดยทั่งไปมักมีความขุ่นไม่สูงมากนัก เมื่อเทียบกับแม่น้ำลำคลอง กระบวนการประกอบด้วยการใช้ตะแกรง (Screening) การสร้างตะกอน (Coagulation) หรือการผสมเร็ว (Rapid mixing) การรวมตะกอน (Flocculation) หรือการผสมช้า (Slow mixing) การตกตะกอน (Sedimentation) การกรอง (Filtration) และการฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) ตามลำดับ โดยในบางกรณีที่คุณภาพน้ำดิบมีสี กลิ่น รส อาจจำเป็นต้องเพิ่มกระบวนการดูดซับ (Adsorption) โดยใช้ถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) ชนิดผงเติมก่อนการตกตะกอนหรือการกรอง ดังรูปที่ 2.4 ก-1

ในกรณีที่มีพื้นที่เพียงพอต่อการก่อสร้างอาจใช้ระบบทรายกรองช้า โดยเพิ่มกระบวนการตกตะกอนขั้นต้นเพื่อลดความขุ่นให้น้อยลงก่อนเข้าระบบทรายกรองช้า (Slow sand filter) ดังรูปที่ 2.4 (ก-2) สำหรับการเลือกใช้น้ำดิบจากแม่น้ำลำคลอง ซึ่งมักมีความขุ่นสูงและมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำตามฤดูกาลมากกว่าทะเลสาบ หรืออ่างเก็บน้ำ นิยมให้มีการตกตะกอนเบื้องต้นก่อน (Pre-sedimentation) เพื่อลดอนุภาคดินและสารอินทรีย์ให้ตกตะกอนได้ง่ายก่อนเข้ากระบวนการต่อไป ดังรูปที่ 2.4 (ข)

4) ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำใต้ดิน

แหล่งน้ำใต้ดินที่นิยมใช้ในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำได้แก่ น้ำบาดาล (Groundwater) โดยทั่วไปคุณภาพน้ำทางกายภาพดี ความขุ่นน้อยมาก คุณภาพทางชีววิทยาดีมากไม่พบเชื้อโรค หากไม่มีการปนเปื้อนจากภายนอก แต่คุณภาพทางเคมีมักมีความกระด้าง เหล็ก และแมงกานีส สูงมาก คุณลักษณะน้ำค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลมากนัก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพทางธรณีวิทยาของชั้นน้ำนั้นๆ



หมายเหตุ (ทางเลือก) หมายถึงกระบวนการที่อาจมีการเพิ่มเติมเพื่อให้ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำดิบเป็นสำคัญ (ที่มา: สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม, 2551)

รูปที่ 2.4 ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน

ในกรณีที่แหล่งน้ำใต้ดินมีปริมาณเพียงพอและมีคุณภาพดีเทียบเท่าคุณภาพน้ำดื่ม การปรับปรุงคุณภาพน้ำทำได้ง่าย เพียงแต่ฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน (Chlorination) ถึงแม้น้ำบาดาลจะไม่มีเชื้อโรคแต่ยังคงต้องการคลอรีนตกค้าง (Residual chlorine) เพื่อฆ่าเชื้อโรคในระบบท่อจ่ายน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 2.5

แหล่งน้ำใต้ดินส่วนใหญ่มีเหล็กและแมงกานีส คาร์บอนไดออกไซด์หรือไฮโดรเจนซัลไฟด์ละลายปนอยู่ในน้ำเนื่องจากอยู่ในสภาพไร้ออกซิเจน (Anaerobic) กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยการนำน้ำมาเติมอากาศ เพื่อให้ก๊าซที่ละลายมากับน้ำใต้ดินระเหยออกไป เหล็กและแมงกานีสจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดการเปลี่ยนรูปจากสารละลายเป็นตะกอนของแข็ง ถ้ามีแมงกานีสสูงต้องเติมคลอรีนหรือโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตเพื่อทำปฏิกิริยากับแมงกานีสมากขึ้น แล้วเข้าสู่การตกตะกอน และเข้าสู่การกรองและฆ่าเชื้อโรคต่อไปดังแสดงในรูปที่ 2.5 (ข)

น้ำที่มีความกระด้างสูงสามารถแก้ได้โดยกระบวนการเติมปูนขาวและโซดาแอซ (Lime-soda ash process) โดยการเติมอากาศในน้ำดิบก่อนเพื่อไล่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อลดปริมาณปูนขาว แล้วเติมปูนขาวและโซดาแอซในถังกวนเร็ว และรวมตะกอนแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) ก่อนปล่อยให้ตกตะกอน ซึ่งน้ำจะมีค่า pH สูงต้องมีการเติมคาร์บอนไดออกไซด์ซ้ำ (Recarbonation) เพื่อปรับ pH ของน้ำ ก่อนทำการฆ่าเชื้อโรคต่อไป แสดงดังรูปที่ 2.5 (ค)

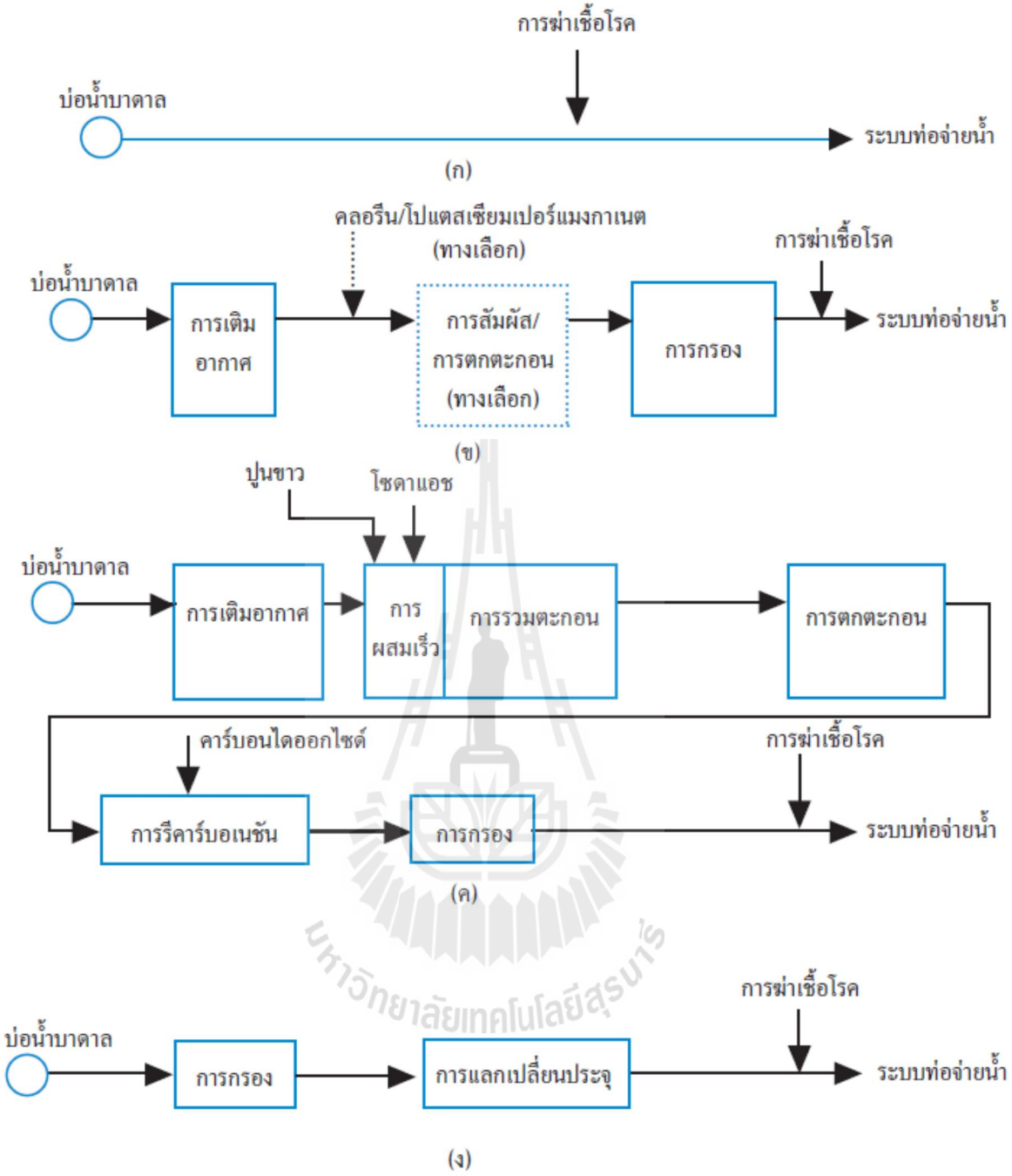
นอกจากนี้น้ำที่มีความกระด้างสูงอาจใช้กระบวนการแลกเปลี่ยนประจุ (Ion exchange) แทนกระบวนการปูนขาว โซดาแอซ โดยกระบวนการดังกล่าวประกอบด้วยการกรอง การแลกเปลี่ยนประจุ และการฆ่าเชื้อโรคตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2.5 (ง)

กระบวนการแลกเปลี่ยนประจุ เป็นกระบวนการที่สามารถกำจัดของแข็งละลายประจุ หรือไอออน ออกจากน้ำโดยใช้สารเรซินแลกเปลี่ยนประจุ (Resinous ion exchange) เป็นตัวแลกเปลี่ยนประจุ ซึ่งสารเรซินดังกล่าวจะบรรจุในถังปิด สำหรับการทำน้ำอ่อนหรือการแก้น้ำกระด้าง (Softening) นิยมใช้เรซินประจุบวกและกรดแก่ (Strong acid cationic resin, SAC) แบบโซเดียม (Na)

5) ระบบการแจกจ่ายน้ำ (Water distribution systems)

การจัดหาน้ำสะอาดเพื่อให้ชุมชนเมืองและชนบทได้มีน้ำดื่มน้ำใช้จำเป็นต้องมีการจัดน้ำเข้าสู่ชุมชนให้ได้ทั่วถึงและรวดเร็ว โดยผ่านกระบวนการระบบการจ่ายน้ำ (Water distribution systems) ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลัก คือ

1) ต้องสามารถจ่ายหรือให้ปริมาณและแรงดันน้ำพอเพียงแก่ความต้องการของผู้ใช้
2) ต้องสามารถคงสภาพหรือรักษาคุณภาพน้ำสะอาดให้เหมือนกับที่ผลิตได้จากระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยรายละเอียดของระบบแจกจ่ายน้ำประกอบด้วย



ที่มา: สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม (2551)

รูปที่ 2.5 ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำใต้ดิน

6) ประเภทของการจ่ายน้ำ (Types of water distribution systems)

ระบบการแจกจ่ายน้ำหรือการแจกจ่ายน้ำให้ชุมชนสามารถแบ่งได้ดังต่อไปนี้

1) การจ่ายน้ำตามแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity supply)

การจ่ายน้ำประเภทนี้จะใช้ได้สำหรับชุมชนที่มีแหล่งจ่ายน้ำอยู่สูงกว่าจุดจ่ายน้ำ โดยอาศัยความต่างระดับระหว่างทั้งสองจุดดังกล่าว ทำให้สามารถจ่ายน้ำสู่ผู้ใช้น้ำอาศัยการไหลของน้ำตามแรงโน้มถ่วงของโลก ตัวอย่างเช่นกรณีพื้นที่ภูเขาสูง ข้อดีของระบบนี้คือลดค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องสูบน้ำ และการซ่อมบำรุงเครื่องสูบน้ำแต่ต้องเลือกใช้ท่อที่เหมาะสมกับแรงดันของน้ำ

2) การจ่ายน้ำโดยใช้เครื่องสูบน้ำเพียงอย่างเดียว (Pumped supply)

การจ่ายน้ำระบบนี้โดยการสูบน้ำจากถังน้ำใสบนดินแล้วอัดหรือสูบส่งเข้าท่อจ่ายน้ำโดยตรง ระบบการจ่ายน้ำนี้เหมาะกับระบบประปาขนาดใหญ่ ซึ่งมีระบบท่อจ่ายน้ำยาว ตัวอย่างเช่น การจ่ายน้ำของการประปานครหลวง และการประปาส่วนภูมิภาค ข้อจำกัดของระบบนี้คือหากเครื่องสูบน้ำเสียหรือไฟฟ้าดับจะทำให้ชุมชนไม่มีน้ำใช้ การดำเนินการต้องมีการติดตั้งเครื่องสูบน้ำหลายตัว เนื่องจากการใช้น้ำของชุมชนมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ข้อดีของระบบคือสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้ทันทีในกรณีที่ต้องการน้ำเพื่อการดับเพลิง

3) ประเภทการใช้เครื่องสูบน้ำโดยมีถังช่วยเก็บน้ำ (Pumped storage supply)

ระบบนี้นิยมใช้หอถังสูง (Elevated tanks) ร่วมกับการสูบน้ำเข้าเส้นท่อ ซึ่งในช่วงเวลามีการใช้น้ำน้อยกว่าปกติ ส่วนที่เหลือจะเก็บไว้ที่หอถังสูง ในขณะเดียวกันในช่วงเวลาที่มีการใช้น้ำสูงสุดน้ำในหอถังสูงจะเป็นตัวจ่ายน้ำให้กับชุมชนควบคู่กับการใช้เครื่องสูบน้ำ ข้อดีของระบบนี้คือสามารถจ่ายน้ำในอัตราที่คงที่ และไม่เกิดปัญหากรณีไฟดับ หรือเครื่องสูบน้ำขัดข้อง

4) ส่วนประกอบหลักของระบบจ่ายน้ำ (Major components of distribution systems)

ส่วนประกอบหลักโดยทั่วไปของระบบจ่ายน้ำประกอบด้วย 5 ส่วน คือ ท่อ (Pipe) ซึ่งแบ่งออกเป็นระบบแยกแขนง (Branching or dead end system) ระบบวงข่าย (Grid system) หรือเป็นแบบ

ผสม (Combination system) วาล์วต่างๆ (Valve) เช่น วาล์วประตู วาล์วไหลทางเดียว วาล์วคลายอากาศ เป็นต้น หัวต่อท่อดับเพลิง (Fire hydrant) เครื่องสูบน้ำ (Pump) และถังเก็บต่างๆ (Storage facilities)

7) อันตรายจากการบริโภคน้ำไม่สะอาด

การอุปโภคบริโภคน้ำที่มีสิ่งเจือปนทั้งทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ อันเนื่องมาจากคุณภาพของแหล่งน้ำดิบ ระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ไม่มีประสิทธิภาพ กระบวนการฆ่าเชื้อโรคที่ไม่สมบูรณ์ล้วนแล้วแต่ก่อให้เกิดปัญหาการเจ็บป่วยเนื่องจากการบริโภคน้ำที่ไม่สะอาด โดยเฉพาะการปนเปื้อนเชื้อโรคและก่อให้เกิดโรคจากน้ำเป็นสื่อ (Water-borne diseases) เช่น โรคอุจจาระร่วง โรคบิด โรคไทฟอยด์ โรคพยาธิต่างๆ ตลอดจนสารเคมี โลหะหนัก โดยมีการเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

7.1 การเจ็บป่วยจากการปนเปื้อนแบคทีเรีย

1) โรคอุจจาระร่วงเฉียบพลัน (Acute diarrhea) มีอัตราการป่วยต่อประชากรแสนคนเป็นอันดับ 1 มาตลอด เช่นเดียวกับปี พ.ศ. 2548 มีรายงานผู้ป่วยจำนวน 1,142,581 ราย อัตราป่วย 1,837.00 ต่อประชากรแสนคน มีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2547 แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปี พ.ศ.2549 คือมีรายงานผู้ป่วยจำนวน 1,245,022 ราย อัตราป่วย 1,988.11 ต่อประชากรแสนคน องค์การอนามัยโลก คาดการณ์ว่าร้อยละ 88 ของการป่วยด้วยโรคอุจจาระร่วงทั้งหมดมีสาเหตุจากน้ำ การสุขาภิบาล และสุขอนามัย โดยมีปัจจัยเสี่ยง คือ น้ำบริโภค การสุขาภิบาล พฤติกรรมด้านอนามัย เช่น การปนเปื้อนในอาหารจากน้ำไม่สะอาด หรือการขาดสุขอนามัยในบ้านเรือน เป็นต้น

2) โรคบิด (Dysentery) มีแนวโน้มลดลงตั้งแต่ พ.ศ. 2531 เป็นต้นมา โดยมีจำนวนผู้ป่วย 132,979 คน หรือคิดเป็นอัตราป่วย 248 ต่อประชากรแสนคน ใน พ.ศ. 2547 ลดลงเหลือ 25,768 ราย คิดเป็นอัตราป่วย 41.21 ต่อประชากรแสนคน และลดลงเหลือ 20,955 ราย คิดเป็นอัตราป่วย 33.69 ต่อประชากรแสนคน ใน พ.ศ. 2548

3) โรคไข้แอนเทอริค (Enteric fever) ไทฟอยด์หรือพาราไทฟอยด์ ในช่วง 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539- 2548 อัตราป่วยมีแนวโน้มลดลงโดยมีอัตราป่วยสูงสุด ในปี พ.ศ. 2540 เท่ากับ 27.40 ต่อประชากรแสนคน แล้วลดลงต่ำสุดในปีพ.ศ. 2548 มีรายงานผู้ป่วยจำนวน 7,204 ราย อัตราป่วย 11.85 ต่อประชากรแสนคน

4) พยาธิต่างๆที่มีสาเหตุจากการดื่มน้ำไม่สะอาด และสุขอนามัยไม่ถูกต้องจากการสำรวจความชุกของโรคหนอนพยาธิ เมื่อสิ้นสุดแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 ในปีพ.ศ.

2539 พบว่าความชุกของโรคหนอนพยาธิในประเทศไทยเริ่มมีแนวโน้มลดลง ในปี พ.ศ. 2548 มีรายงานผู้ป่วยโรคพยาธิใบไม้ในตับจำนวน 396 ราย คิดเป็นอัตราป่วย 0.64 ต่อประชากรแสนคน แต่ก็ยังเป็นปัญหาสาธารณสุขอยู่ (สำนักระบาดวิทยา, 2554)

7.2 การเจ็บป่วยจากการปนเปื้อนสารเคมีในน้ำ

ผลกระทบของการปนเปื้อนสารเคมีในน้ำ ซึ่งมิได้หมายถึงเพียงการปล่อยมลพิษสู่แหล่งน้ำเท่านั้น แต่ยังหมายรวมถึงสารเคมีที่มีอยู่ตามธรรมชาติในแหล่งน้ำใต้ดินอีกด้วย ดังนี้

1) ฟลูออไรด์ น้ำที่มีฟลูออไรด์สูงจะพบในจังหวัดในภาคเหนือ กลางและต่อเนื่องไปภาคใต้ เนื่องจากแหล่งน้ำใต้ดินไหลผ่านพื้นที่มีแร่ฟลูออไรด์ การดื่มน้ำที่มีปริมาณที่เหมาะสมจะช่วยป้องกันฟันผุ แต่ถ้าดื่มน้ำที่มีฟลูออไรด์ในปริมาณสูงจะทำให้เกิดแร่ฟลูออไรด์เป็นพิษ จากการสำรวจทันตสุขภาพ พ.ศ. 2543-2544 ใน 31 จังหวัด พบฟันตกตระ 2-65% และการศึกษาเฉพาะ โดยพบว่าประชาชนมีความชุกของฟันตกกระทุกกลุ่มอายุ

2) สารหนู การปนเปื้อนสารหนูในน้ำใต้ดินในอำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช คาดว่ามีการปนเปื้อนมานานนับสิบปี แต่พึ่งพบผู้ป่วยในปี พ.ศ 2530 ซึ่งป่วยจาการได้รับพิษสารหนูเนื่องจากดื่มน้ำในบ่อน้ำตื้นและอาหารที่ประกอบด้วยน้ำที่มีสารหนูปนเปื้อนละมีการปนเปื้อนสารหนูในห่วงโซอาหาร ทำให้ประชาชนเป็นมะเร็งผิวหนัง และมีปริมานสารหนูสะสมในเส้นผมสูงกว่าปกติทั่วไป โดยกลุ่มเด็กอายุ 6-9 ปี จะมีพัฒนาการช้า นอกจากนี้อาจจะมีพื้นที่อื่นๆจากแหล่งน้ำธรรมชาติที่อยู่ในสายแร่เดียวกันมีโอกาสเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยจากสารหนูปนเปื้อนเพิ่มขึ้น

3) ตะกั่ว การปนเปื้อนตะกั่วในแหล่งน้ำผิวดิน กรณีห้วยคลิตี้ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ส่งผลกระทบต่อประชาชนที่อยู่อาศัยบริเวณใกล้เคียง พบว่ามีประชาชนในพื้นที่และบริเวณใกล้เคียงเจ็บป่วยเป็นจำนวนมาก ขณะเดียวกันการนำตะกั่วมาใช้ในอุตสาหกรรมพื้นที่ต่างๆ ที่ยังขาดการควบคุมที่ดี โอกาสเสี่ยงที่จะได้รับตะกั่วปนเปื้อนน้ำดื่มก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย

4) แคดเมียม การปนเปื้อนแคดเมียมในอาหาร พืชผักในตำบลแม่ตาว ตำบลพระธาตุผาแดง ตำบลแม่กุ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ซึ่งเป็นตำบลที่อยู่ใกล้แหล่งแร่สังกะสีและแคดเมียมส่งผลให้ประชาชนที่อยู่อาศัยในบริเวณดังกล่าวได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายสูง ในปี พ.ศ. 2547 พบว่ามีประชาชนเสี่ยงต่อการเกิดพิษแคดเมียม โดยมีแคดเมียมสะสมในร่างกายสูงจนอยู่ในสภาวะเสี่ยงจนเกิดภาวะผิดปกติเกี่ยวกับไต จำนวน 80 คน สะสมปานกลาง จำนวน 140 คน และสะสมน้อยจำนวน 780 คน ขณะเดียวกันในพื้นที่ดังกล่าวมีผลผลิตข้าวปีละ 7,590 ตัน ซึ่งข้าวจะถูกจำหน่ายไปยังอำเภออื่นๆ ด้วยโอกาสแคดเมียมจะกระจายสู้ประชาชนกลุ่มอื่นก็จะกว้างขึ้น

ในปัจจุบันอัตราครอบคลุมน้ำสะอาดได้เพิ่มขึ้นเป็นลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์โรคที่เกิดจากอาหารและน้ำเป็นสื่อ โดยเฉพาะโรคอุจจาระร่วงเฉียบพลันในรอบ 10 ปี แต่กลับไม่มีแนวโน้มลดลง และกลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แม้จะมีอัตราความครอบคลุมของน้ำสะอาดเพิ่มขึ้น จึงควรพิจารณาให้ความสำคัญเรื่องคุณภาพน้ำที่ไม่สะอาด ปลอดภัย แหล่งน้ำต่างๆ ยังมีโอกาสปนเปื้อนจากสาเหตุต่างๆตั้งแต่ระบบโครงสร้าง การดูแลบำรุงรักษาไม่ดี เช่น ท่อแตก รั่ว ทำให้น้ำประปาปนเปื้อน และสุขอนามัยที่ไม่ถูกต้อง เช่น การไม่ล้างภาชนะเก็บน้ำและภาชนะตักน้ำตลอดทั้งการไม่ล้างมือขณะเก็บน้ำและนำน้ำออกมาใช้ การไม่ล้างมือหลังถ่ายอุจจาระและก่อนรับประทานอาหาร (สำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ กรมอนามัย, 2553)

กล่าวได้ว่า ประชาชนยังมีสุขอนามัยที่ไม่ถูกต้องทั้งการดูแลแหล่งน้ำบริโภค การเก็บน้ำและการนำน้ำมาใช้ การใช้มาตรการดำเนินงานเรื่องน้ำ การสุขาภิบาล สุขอนามัยและสุขศึกษา จึงควรดำเนินการไปพร้อมกัน

นอกจากนี้องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้จัดกลุ่มโรคติดต่อหลายชนิดที่เกิดจากน้ำที่ปนเปื้อนด้วยของเสียจากมนุษย์ ของเสียประเภทสารเคมีหรือของเสียอุตสาหกรรม ทั้งจากการกินการสัมผัสของร่างกาย ดังนี้

1) โรคหรือความเจ็บป่วยที่มีน้ำเป็นสื่อในการแพร่กระจาย (Water-borne disease) เกิดจากการบริโภคน้ำที่ปนเปื้อนอุจจาระของคนหรือสัตว์ที่มีเชื้อโรคแบคทีเรีย ไวรัส เช่น เชื้ออหิวาตกโรค บิด ไทฟอยด์ และโรคอุจจาระร่วง อื่นๆ

2) โรคหรือความเจ็บป่วยที่เนื่องมาจากความขาดแคลนน้ำสะอาดในการชำระล้าง ทำความสะอาดร่างกายและเสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่ม (Water-washed disease) มักจะเป็นโรคติดเชื้อตามภายนอกร่างกาย ผิวหนัง เยื่อบุตา เช่น ริดสีดวงตา (ตาแดง) แผลตามผิวหนัง หิด เหา ซึ่งส่วนหนึ่งเกิดจากอนามัยส่วนบุคลไม่ดี

3) โรคหรือความเจ็บป่วยเนื่องจากเชื้อโรค หรือสัตว์นำโรคที่มีวงจรชีวิตอาศัยอยู่ในน้ำ (Water-based disease) เกิดจากปาราสิตพวกพวกที่มีระยะการเจริญเติบโตอยู่ในน้ำ เช่น โรคพยาธิต่างๆ ที่พบบ่อยเช่น โรคพยาธิใบไม้ชนิดต่างๆ

4) โรคหรือความเจ็บป่วยเนื่องมาจากเป็นพาหะนำเชื้อโรคต้องอาศัยน้ำในการแพร่พันธุ์ (Water-related disease) เกิดจากแมลงพาหะนำโรคที่แพร่พันธุ์ในน้ำเช่น ยุงชนิดต่างๆ ที่เป็นสาเหตุของโรคไข้เลือดออก มาลาเรีย ไข้เหลือง โรคเท้าช้าง ไข้สมองอักเสบ เป็นต้น

8) การฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปา

การฆ่าเชื้อโรคเป็นการทำลายจุลินทรีย์ทั้งก่อให้เกิดโรค (Pathogenic bacteria) และ ประเภทไม่ก่อให้เกิดโรค (Non-pathogenic bacteria) ซึ่งในกระบวนการสร้างตะกอนและรวมตะกอน (Coagulation and flocculation) การตกตะกอน (Sedimentation) และการกรอง (Filtration) ได้มีส่วนช่วยในการกำจัดจุลินทรีย์ได้ถึงร้อยละ 90 (อุดร จารุรัตน์ และ จารุรัตน์ วรนิสรากุล, 2537) อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์แต่ละประเภทมีความต้านทานต่อกระบวนการฆ่าเชื้อโรคและกระบวนการทำให้ไร้เชื้อ (Sterilization) แตกต่างกัน เช่น จุลชีพกลุ่ม Prions และ สปอร์ของแบคทีเรีย มีความต้านทานสูง ในขณะที่กลุ่มแบคทีเรียแกรมบวกและ Enveloped virus มีความต้านทานต่ำต่อสารฆ่าเชื้อ โดยกระบวนการฆ่าเชื้อโรคในน้ำเป็นกระบวนการสุดท้ายในขั้นตอนการผลิตน้ำประปา โดยวิธีการฆ่าเชื้อโรคมีด้วยกันหลายวิธีเช่น การใช้ความร้อน การใช้คลอรีน โอโซน แสงอัลตราไวโอเลต การใช้คลื่นเสียงความถี่สูง การกรองผ่านเยื่อ การฉายรังสี เป็นต้น ซึ่งในแต่ละวิธีมีข้อดี ข้อเสีย และข้อจำกัดในการใช้งานและประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อโรค ในระบบประปานิยมใช้คลอรีนในรูปแบบต่างๆ ในการฆ่าเชื้อโรค เพราะมีความคงตัวสูงในระบบการแจกจ่ายน้ำของระบบประปา สำหรับสารเคมีที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคในการผลิตประปาเรียกว่า Disinfectant (ทวีศักดิ์ วังไพศาล, 2554) ซึ่งต้องมีคุณสมบัติสำคัญดังนี้

1) มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคได้ในสภาพแวดล้อมปกติทั่วไป
2) เป็นพิษต่อจุลินทรีย์แต่ไม่เป็นพิษต่อคนหรือสัตว์ ในปริมาณที่เติมลงไปเพื่อฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปา
3) มีความคงตัวอยู่ในน้ำ (Residual disinfecting capacity) และมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคในระหว่างที่อยู่ในระบบท่อจ่ายน้ำได้
4) ไม่ทำให้เกิดสารพลอยได้ (Disinfecting By-Products, DBPs) ในน้ำประปา
5) มีความปลอดภัยและไม่ยุ่งยากในการเก็บรักษา การขนย้าย และการใช้งาน ราคาไม่แพง และมีความคุ้มค่า

โดยวิธีการฆ่าเชื้อโรคที่นิยมใช้ในระบบประปาชุมชนของประเทศไทยประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้

9) การใช้คลอรีน (Chlorination)

ในปัจจุบันทั่วโลกนิยมใช้ “คลอรีน” (Chlorine) เป็นสารฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปา การผลิตน้ำประปาในประเทศไทยก็เช่นเดียวกันการประปาทุกแห่งใช้คลอรีนเนื่องจากมีราคาไม่แพง ใช้ง่าย

ทั้งยังไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ และสัตว์เลี้ยงอย่างรุนแรง สามารถฆ่าเชื้อโรคได้ดี ตรวจสอบประสิทธิภาพได้ และที่สำคัญคือ คลอรีนมีปริมาณคงเหลือเพื่อฆ่าเชื้อโรคที่อาจหลงเข้าสู่ระบบเส้นท่อตั้งแต่โรงผลิตน้ำจนถึงบ้านผู้ใช้น้ำ ซึ่งองค์การอนามัยโลก ได้กำหนดให้มีคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำประปาไว้ไม่ต่ำกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ปริมาณสูงสุดไม่ควรเกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างไรก็ตามการใช้คลอรีน ฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาอาจมีข้อด้อยอยู่บ้าง กล่าวคือ จะทำให้เกิดกลิ่น และการรวมตัวของคลอรีนกับสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำธรรมชาติ ทำให้เกิดสารชนิดหนึ่งชื่อ “Trihalomethane, THM” ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง โดยองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. EPA) กำหนดความเข้มข้นสูงสุดของ “Trihalomethane” ในน้ำดื่มไว้ไม่เกิน 0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร

- **วัตถุประสงค์ของการเติมคลอรีน**

การเติมคลอรีนในระบบประปามีวัตถุประสงค์เพื่อฆ่าเชื้อโรคในถังเก็บน้ำใสและในระบบท่อจ่ายน้ำเพื่อให้มั่นใจได้ว่า ไม่มีเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อคนปนเปื้อนไปกับน้ำประปา และนอกจากนั้นคลอรีนยังสามารถกำจัดสี กลิ่น และรสชาติของน้ำประปา และ กำจัดพวกแอมโมเนีย เหล็ก แมงกานีส และซัลไฟด์ได้ การเติมคลอรีนลงในน้ำประปาจะเติมคลอรีนลงในขั้นตอนใดนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการเติม การเติมคลอรีนก่อนบำบัด (Pre-chlorination) จะเป็นการเติมคลอรีนลงในน้ำดิบตั้งแต่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการผลิตน้ำประปาเพื่อช่วยให้เกิดปฏิกิริยาเคมีของ Coagulation ดีขึ้น สามารถลดกลิ่นและรสเนื่องจากตะกอนอินทรีย์ในถังตกตะกอน และป้องกันการเกิดสาหร่ายขึ้นในชั้นกรอง การเติมคลอรีนภายหลัง (Post-chlorination) การเติมคลอรีนที่ตำแหน่งหลังจากกระบวนการผลิตน้ำประปาแล้ว โดยทั่วไปจะเติมคลอรีนลงไปในถังเก็บกักน้ำประปาก่อนจะจ่ายไปตามชุมชนและต้องให้แน่ใจว่าจะมีระยะเวลาที่ให้คลอรีนทำปฏิกิริยากับน้ำประปาอย่างน้อย 30 นาที ก่อนที่จะจ่ายถึงผู้ใช้ประปา โดยทั่วไปจะเติมคลอรีนประมาณ 0.25 ถึง 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร เพื่อให้ได้ค่าคลอรีนเหลือค้างอยู่ประมาณ 0.1 ถึง 0.2 มิลลิกรัม/ลิตรในน้ำประปา ที่ไหลออกจากโรงผลิตน้ำประปา

- **ชนิดของคลอรีน**

คลอรีนมีสูตรทางเคมีคือ Cl_2 คลอรีนที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำประปานอกจากอยู่ในรูปก๊าซแล้วยังมีจำหน่ายในรูปของ คลอรีนน้ำ และคลอรีนผง (รูปที่ 2.6 2.7 และ 2.8) คลอรีนสามารถดำรงอยู่ในสภาพของเหลวและแก๊ส โดยทั่วไปจะทำปฏิกิริยาเคมีกับโลหะแทบทุกชนิดเมื่อมีความชื้นอยู่ด้วย คลอรีนเป็นสารที่ไม่ก่อการระเบิดและติดไฟด้วยตนเอง คลอรีนที่อุณหภูมิและความดันปกติจะมีสภาพเป็นแก๊สสีเขียวตองอ่อน กลิ่นฉุน ถ้าปะปนอยู่ในอากาศจะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ก๊าซคลอรีนจะหนักกว่าอากาศ 2.5 เท่า ฉะนั้นเมื่อเกิดการรั่วคลอรีนจะแผ่คลุมบริเวณพื้นผิวดินหรือบนพื้นน้ำ และบริเวณที่ต่ำๆ ก๊าซคลอรีนจะละลายน้ำได้เพียงเล็กน้อย คลอรีนเหลวมีสีอำพัน หนักกว่า

น้ำประมาณ 1.5 เท่า ที่ความดันปกติ จะมีจุดเดือด -34 °C เมื่อกลายสภาพเป็นแก๊สจะขยายตัวถึงประมาณ 460 เท่า คลอรีนแต่ละประเภทมีรายละเอียดดังนี้

- **ก๊าซคลอรีน (Cl_2)**

ก๊าซคลอรีน มีสีเหลืองแกมเขียว มีความหนาแน่นประมาณ 2.5 เท่าของอากาศ และเมื่อเป็นของเหลว (คลอรีนเหลว 99%) จะมีสีเหลืองอำพัน คลอรีนมีความหนาแน่นเป็น 1.44 เท่าของน้ำซึ่งเป็นอันตรายต่อปอดและเนื้อเยื่อต่างๆ โดยจะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบหายใจ เยื่อบุจมูก และผิวหนัง ซึ่งผลกระทบที่เป็นอันตรายจากการสัมผัสกับก๊าซคลอรีนที่จะเริ่มเห็นได้ชัดเจน คือที่ความเข้มข้นประมาณ 5 ppm ขึ้นไป และที่ความเข้มข้น 5-10 ppm จะทำให้การหายใจติดขัด น้ำตาไหล ระคายเคืองผิวหนัง ระคายเคืองปอด และเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น เช่น หากได้รับก๊าซคลอรีนในปริมาณ 1,000 ppm จะทำให้เสียชีวิตได้ หลักการผลิตก๊าซคลอรีนก็คือใช้กระบวนการทางไฟฟ้าเคมีแยกน้ำเกลือซึ่งท้ายสุดแล้วจะได้ผลิตภัณฑ์หลัก คือ โซดาไฟ (Caustic Soda) ก๊าซคลอรีน (Cl_2) และมีก๊าซไฮโดรเจนเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้ (by product)

- **คลอรีนน้ำ (โซเดียมไฮโปคลอไรต์, Sodium hypochlorite)**

โซเดียมไฮโปคลอไรต์ เป็นสารละลายใสมีสีเหลืองอมเขียวมีสูตรทางเคมี คือ NaOCl ความเข้มข้นประมาณ 16% โดยน้ำหนัก มีความเสถียรน้อยกว่าแคลเซียมไฮโปรคลอไรต์ ทำให้เสื่อมสภาพได้อย่างรวดเร็ว จึงควรเก็บไว้ในที่มืดและอุณหภูมิไม่สูงกว่า 30 °C เพื่อชะลออัตราการเสื่อมคุณภาพ และอายุในการเก็บไม่ควรเกิน 60-90 วัน สำหรับสารละลายโซเดียมไฮโปรคลอไรต์ เมื่ออยู่ในสภาวะ pH ต่ำ จะระเหยเป็นหมอกคลอรีนสามารถระเบิดได้

- **ชนิดคลอรีนผง (ผงปูนคลอรีน)**

แคลเซียมไฮโปคลอไรต์ (Calcium hypochlorite) เป็นผงสีขาว ละลายน้ำได้ดีมีสูตรทางเคมี คือ $Ca(OCl)_2$ มักจะผลิตให้มีความเข้มข้นระหว่าง 60-70% โดยน้ำหนัก คลอรีนผงชนิดนี้หาได้ง่าย ราคาไม่แพง ไม่เป็นอันตรายต่อคนและสัตว์เลี้ยงอย่างรุนแรง ไม่ทำให้เสียรสชาติ ฆ่าเชื้อโรคในเวลาไม่นานเกินไป และยังคงมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคต่อไปได้อีก สะดวกต่อการใช้งาน และสามารถตรวจสอบประสิทธิภาพได้ง่าย ดังนั้น จึงเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุด สำหรับข้อดี ข้อเสียของคลอรีนแต่ละประเภทแสดงดังตารางที่ 2.1 และ 2.2

รูปที่ 2.6 ลักษณะของคลอรีนประเภทต่างๆ

รูปที่ 2.7 คลอรีนผง $Ca(OCl)_2$ 60% (ที่มา: http://www.siamenergysaving.com/)

รูปที่ 2.8 การเติมแก๊สคลอรีนก่อนเข้าถังเก็บน้ำใสของการประปาส่วนภูมิภาคปักธงชัย นครราชสีมา

ตารางที่ 2.1 ข้อดีข้อเสียของคลอรีนชนิดต่างๆ

ชนิด	ข้อดี	ข้อเสีย
ก๊าซคลอรีน (Cl_2)	ให้ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อสูง	- ต้องใช้ถังบรรจุโดยเฉพาะ ทำให้ยุ่งยากในการเก็บรักษา และค่อนข้างอันตราย หากมีการรั่วของถังเก็บ - ต้องมีอุปกรณ์การจ่ายคลอรีนลงน้ำโดยเฉพาะ และต้องมีการบำรุงรักษา เป็นประจำเพื่อป้องกันการรั่วไหลของก๊าซคลอรีน การหาซื้อค่อนข้างยาก
โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl)	เป็นคลอรีนชนิดน้ำ ทำให้เตรียมสารละลายคลอรีนได้ง่ายและสะดวก	- มีความคงตัวที่ต่ำมาก ต้องใช้ให้หมดภายใน 2 วัน - เนื่องจากเป็นคลอรีนน้ำ ทำให้ต้องมีการจัดหาภาชนะ บรรจุ โดยเฉพาะ - เนื่องจากเป็นคลอรีนที่มี pH มากกว่า 9 ดังนั้นเพื่อให้ ได้ผลดี ต้องปรับ pH ของน้ำให้เป็นกรดเล็กน้อยก่อนใช้
แคลเซียมไฮโปคลอไรต์ $Ca(OCl)_2$	เป็นคลอรีนชนิดผง และเกล็ด ทำให้สะดวกในการเก็บรักษา และมีความคงตัวดีทำให้จัดการง่าย และสะดวกต่อการใช้	- ละลายน้ำพอใช้ได้ แต่จะมีบางส่วนเป็นตะกอนแคลเซียม ทำให้ต้องพักทิ้งไว้ให้ตกตะกอนก่อนเพราะจะทำให้เครื่องจ่ายคลอรีนอุดตัน - มีหลากหลายความเข้มข้น ทำให้ต้องมีการคำนวณการใช้ให้เหมาะสม - มี pH มากกว่า 9 ทำให้จำเป็นต้องมีการปรับ pH ของน้ำ และมีฤทธิ์กัดกร่อนสูง

- **กระบวนการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน (Chlorination)**

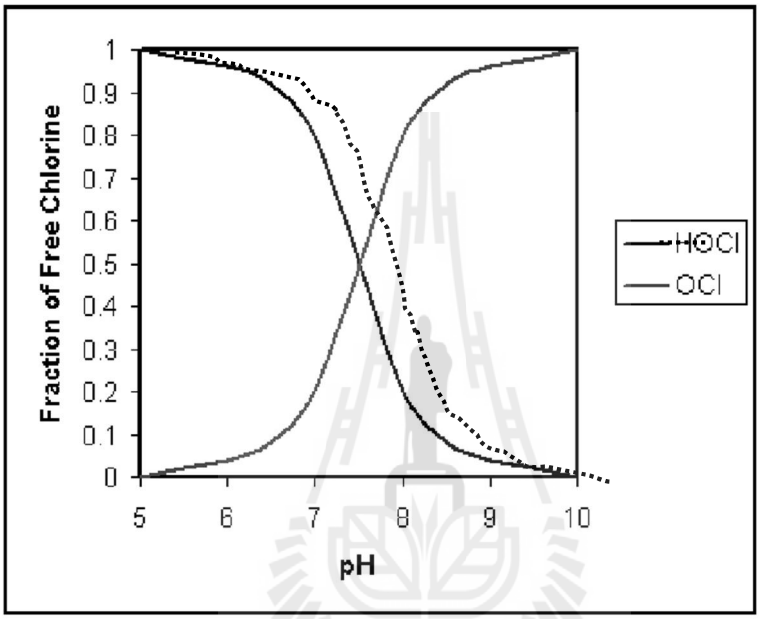
ปฏิกิริยาของคลอรีนก๊าซ (Cl_2) ก๊าซคลอรีนเมื่ออยู่ในน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสให้กรดไฮโปคลอรัส (HOCl) และ กรดไฮโดรคลอริก (HCl) ดังสมการ

$$Cl_2 + H_2O \longrightarrow HOCl\ (hypochlorous) + HCl \qquad (2.1)$$

กรด HOCl แตกตัวในน้ำจะให้ hydrogen ion และ hypochlorite ion ดัง สมการ

$$HOCl \longrightarrow H^+ + OCl^- \qquad (2.2)$$

Cl_2 HOCl และ OCl^- เรียกว่า “คลอรีนอิสระคงเหลือ” (Free residual Chlorine) ปริมาณคลอรีนอิสระคงเหลือชนิดใดจะมากหรือน้อยกว่ากันอยู่ที่ สภาพ pH ของน้ำ ที่ pH ของน้ำต่ำกว่า 1 คลอรีนอิสระคงเหลือ จะอยู่ในรูปของคลอรีนก๊าซ (Cl_2) ทั้งหมด และจะระเหยสู่บรรยากาศ ที่ pH 1-3.5 คลอรีนอิสระจะอยู่ในรูปของก๊าซ และ HOCl ที่ pH ในช่วง 3.5 – 5.5 คลอรีนอิสระจะอยู่ในรูป HOCl ทั้งหมด ที่ pH ในช่วง 5.5- 9 จะอยู่ในรูปของ HOCl และ OCl^- และที่ pH ตั้งแต่ 9 ขึ้นไป จะอยู่ในรูป OCl^- ดังรูปที่ 2.9



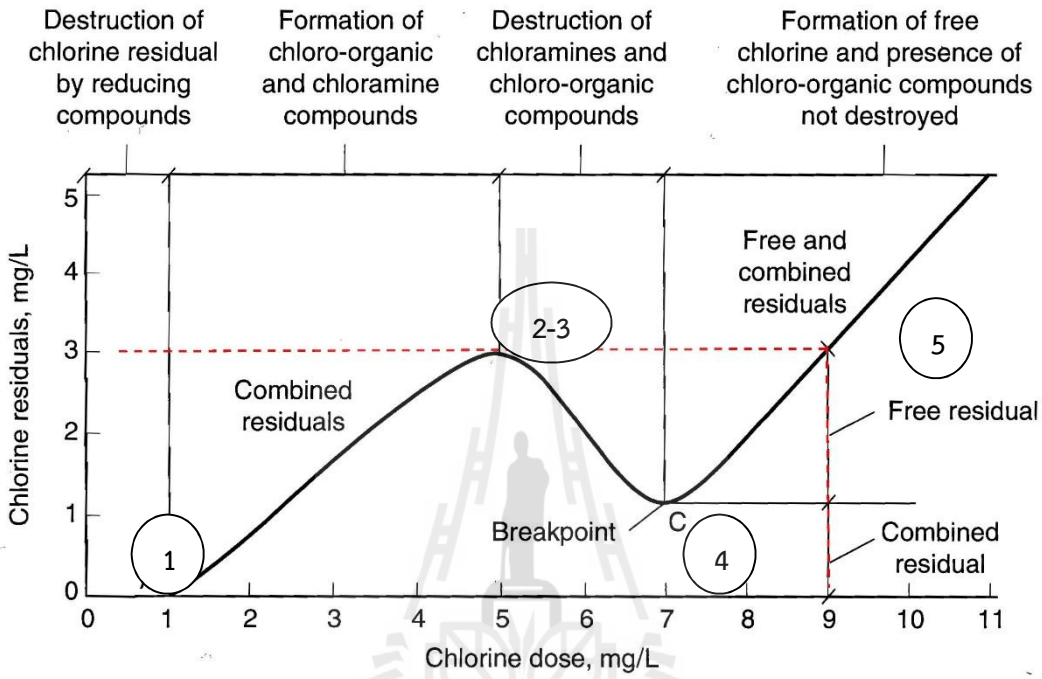
ที่มา: http://www.cee.vt.edu/ewr/

รูปที่ 2.9 ผลของ pH และการเปลี่ยนแปลงชนิดของคลอรีนอิสระคงเหลือ

คลอรีนอิสระในรูป HOCl มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคมากกว่าคลอรีนในรูป OCl^- ถึง 100 เท่า ดังนั้นเพื่อให้ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคสูง ควรจะมีคลอรีนในรูปของ HOCl เหลืออยู่ในน้ำ สำหรับการฆ่าเชื้อโรคในน้ำทั้งแบคทีเรียและไวรัส โดยทั่วไป ปริมาณคลอรีนอิสระที่เหลืออยู่ในน้ำเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที ต้องไม่น้อยกว่า 0.5 มก./ล. โดยที่ pH ของน้ำต้องไม่สูงกว่า 8 และความขุ่นต้องไม่เกิน 1 NTU

ปริมาณความต้องการคลอรีน (Chlorine demand) คือค่าที่ได้จากความแตกต่างของปริมาณคลอรีนทั้งหมด (Chlorine dosage) กับ คลอรีนคงค้าง (Chlorine residual) ซึ่งอธิบายได้จากปฏิกิริยา Super Chlorination หรือ Break-point chlorination โดยในน้ำประปาซึ่งผลิตจากน้ำผิวดิน ส่วนมากจะ

มีแอมโมเนียเหลืออยู่ในน้ำเมื่อทำปฏิกิริยากับคลอรีน (HOCl) จะได้คลอรีนอิสระคงเหลืออีกชนิดหนึ่ง เรียกว่า “คลอรามีน” หรือ combined residual chlorine ได้แก่ โมโนคลอรามีน (NH_2Cl) ไดคลอรามีน ($NHCl_2$) และไตรคลอรามีน (NCl_3) ปฏิกิริยา Break-point chlorination แสดงดังรูปที่ 2.10



ที่มา: http://controlsystem-design.com

รูปที่ 2.10 ปฏิกิริยาของคลอรีนในน้ำ

ในช่วงที่ 1 คลอรีนจะทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์และสิ่งเจือปนต่างๆ ในน้ำจนหมดไม่มี Residual chlorine เหลืออยู่ จึงไม่มีการฆ่าเชื้อโรคในช่วงนี้

ในช่วงที่ 2 คลอรีนทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำเกิดมีสารประกอบ Chloro organic มีการฆ่าเชื้อโรคเล็กน้อย

ในช่วงที่ 3 เป็นระยะเวลาการทำปฏิกิริยาระหว่างคลอรีนกับแอมโมเนียดังสมการ

$$HOCl + NH_3 \longrightarrow NH_2Cl + H_2O \qquad (2.3)$$

คลอรีนคงค้างที่มีเหลืออยู่ในน้ำเกือบทั้งหมดเป็นโมโนคลอรามีน ทดสอบหาโดยวิธีออร์โธโทลิดิน ซึ่งจะพบคลอรีนคงค้าง

ในช่วงที่ 4 เป็นระยะเวลาปฏิกิริยา Oxidize ของ NH_3 กับ Cl_2 ดำเนินต่อไปจนสมบูรณ์ โดนคลอรีนที่เพิ่มลงไปจะออกซิไดซ์ หรือเปลี่ยนรูปคลอรามีน และสารประกอบคลอรีนอินทรีย์ (Chloro-organic compound) ดังปฏิกิริยา

$$NH_2Cl + HOCl \longrightarrow NHCl_2 + H_2O \quad (2.4)$$

$$NHCl_2 + HOCl \longrightarrow NCl_3 + H_2O \quad (2.5)$$

ในช่วงที่ 5 คลอรีนที่เพิ่มลงไปจะเป็นคลอรีนอิสระคงค้างกับสารประกอบคลอรีนอินทรีย์ เชื้อโรคที่ยังหลงเหลืออยู่ในน้ำจะถูกทำลายโดย Free residual chlorine

ดังนั้น จากช่วงที่ 1-4 (Break point) ปริมาณคลอรีนเรียกว่าความต้องการคลอรีน (Chlorine demand) จากช่วงที่ 1-5 ปริมาณคลอรีนเรียกว่า ปริมาณป้อนคลอรีน (Chlorine dosage) อัตราเร็วของปฏิกิริยา Break point ขึ้นอยู่กับ pH ของน้ำ อัตราสูงสุดอยู่ระหว่าง 6.5 – 8.5 การเติมคลอรีนจึงต้องใช้เวลาสัมผัส (Contact time) ไม่น้อยกว่า 30 นาที เพื่อให้เกิด Free residual chlorine ขึ้นก่อนจ่ายน้ำเข้าสู่ระบบประปา

Combined residual chlorine มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคต่ำ แต่คงทนอยู่ในน้ำได้ยาวนานกว่าคลอรีนอิสระ ทั้ง Free Residual Chlorine (HOCl และ OCl^-) และ Combined Residual Chlorine รวมกันเรียกว่าคลอรีนคงเหลือทั้งหมด (Total Residual Chlorine) สำหรับคลอรีนน้ำและคลอรีนผง ปฏิกิริยาในน้ำเป็นไปตามสมการ

$$NaOCl + H_2O \longrightarrow HOCl + NaOH \quad (2.6)$$

$$Ca(OCl)_2 + 2H_2O \longrightarrow 2HOCl + Ca(OH)_2 \quad (2.7)$$

การใช้คลอรีนน้ำและผง เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้คลอรีนก๊าซ จะเห็นว่าการใช้คลอรีนน้ำและผงจะทำให้แนวโน้มของค่า pH เป็นไปในทางที่สูงขึ้น เนื่องจากตามสมการเคมีจะมีด่างเกิดขึ้น แต่การใช้คลอรีนก๊าซจะทำให้แนวโน้มของค่า pH ในน้ำต่ำลงเนื่องจากมีกรดเกิดขึ้น ดังนั้น การใช้คลอรีนก๊าซฆ่าเชื้อโรคตามทฤษฎีแล้วจะมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้คลอรีนรูปอื่น แต่ในทางปฏิบัตินั้นผลไม่แตกต่างกันมากนัก เพราะปริมาณคลอรีนที่ใช้น้อยมาก ผลกระทบต่อ pH ของน้ำจึงค่อนข้างน้อย

องค์การอนามัยโลก (WHO) กำหนดไว้ว่าปริมาณสารละลายคลอรีนที่เติมในน้ำประปา (ณ จุดเริ่มต้น) ต้องมีความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของคลอรีนที่ตกค้างอยู่ในน้ำ (Chlorine Residual) ซึ่งวัดได้หลังจากคลอรีนสัมผัสกับน้ำแล้ว 30 นาที จะต้องมีความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข กำหนดไว้ว่าปริมาณสารละลายคลอรีนที่เติมในน้ำประปา (ณ จุดเริ่มต้น) ต้องมีความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของคลอรีนที่ตกค้างอยู่ในน้ำ (Chlorine

Residual) ซึ่งวัดได้ที่ปลายท่อเมนจ่ายน้ำในจุดที่ไกลจากระบบผลิตมากที่สุด จะต้องมีความเข้มข้นประมาณ 0.2 - 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

- **ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของคลอรีนในน้ำ**

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของคลอรีนในน้ำได้แก่

1. pH ของน้ำ ถ้า pH สูง คลอรีนอิสระจะอยู่รูป OCl^- ทำให้ประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อโรคต่ำลงมากยิ่งในกรณีน้ำจากระบบหล่อเย็นซึ่งส่วนใหญ่ pH เกือบถึง 9 ประสิทธิภาพการทำลายเชื้อโรคเกือบจะหมดไป ดังนั้น การเติมคลอรีนในน้ำหล่อเย็นประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจะต่ำมาก

2. อุณหภูมิ อุณหภูมิมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของคลอรีนในน้ำด้วยเหตุผลหลัก 2 ประการได้แก่ ปริมาณชนิดของคลอรีนอิสระคงเหลือ กรณีที่อุณหภูมิของน้ำต่ำคลอรีนอิสระคงเหลือจะอยู่ในรูปของ HOCl มาก ซึ่งมีประสิทธิภาพสูง ในทางกลับกัน ถ้าอุณหภูมิของน้ำสูง คลอรีนอิสระคงเหลือจะอยู่ในรูปของ HOCl น้อย อีกประการหนึ่งก็คือ อุณหภูมิสูงจะทำให้คลอรีนสลายตัวได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำเป็นเหตุให้ประสิทธิภาพของคลอรีนต่ำลงด้วย

3. เวลา ถ้าเวลาที่สัมผัสน้ำ (Contact time, **T**) นานขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคของคลอรีนสูงขึ้น ในทางกลับกันถ้าเวลาที่สัมผัสน้ำน้อยลงประสิทธิภาพจะต่ำลง

4. ความเข้มข้น (Concentration, C) เช่นเดียวกับเวลาถ้าความเข้มข้นของคลอรีนสูงประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโรคจะสูง โดยทั่วไปเมื่อต้องการจะเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อโรคในน้ำ

ปัจจัยที่ควรพิจารณาคือ ค่า $C \times T$ (มก. × นาที ลิตร$^{-1}$) โดยกำหนดให้ C = ความเข้มข้นของคลอรีนที่เหลือ (มก. /ลิตร) T = เวลาสัมผัส (นาที)

5. สารอินทรีย์ในน้ำ ในกรณีที่น้ำมีสารอินทรีย์สูงจะทำให้คลอรีนมีประสิทธิภาพด้อยลง เนื่องจากคลอรีนที่เติมลงไปจะไปทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ก่อนทำให้เหลือคลอรีนที่จะไปฆ่าเชื้อโรคน้อย นอกจากนี้ปฏิกิริยาระหว่างคลอรีนกับสารอินทรีย์ในน้ำยังทำให้เกิดสารจำพวก THMs (Trihalomethane) ซึ่งเป็นพิษต่อร่างกาย ดังนั้น ในกรณีที่น้ำมีสารอินทรีย์สูง (วัดได้ในรูปของ Total Organic Carbon, TOC) (TOC หมายถึงปริมาณคาร์บอนทั้งหมดที่ประกอบอยู่ในสารอินทรีย์ เราสามารถหาปริมาณคาร์บอนนี้ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะต้องกำจัดสารอินทรีย์ให้เหลือน้อยก่อนที่จะมีการเติมคลอรีนเพื่อที่จะไม่สิ้นเปลืองคลอรีน และไม่ก่อให้เกิดสารพิษ ในกรณีที่ไม่ต้องการกำจัดสารอินทรีย์ก่อนเนื่องจากความยุ่งยากในการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต อาจเปลี่ยนสารฆ่าเชื้อโรคจากคลอรีนเป็นชนิดอื่นซึ่งไม่ทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์เช่น คลอรีนไดออกไซด์ ก็สามารถทำได้เช่นเดียวกัน

การกำจัดคลอรีนออกจากน้ำ (Dechlorination) ในกรณีที่มีคลอรีนมากเกินไปสามารถกำจัดออกโดยวิธี 1) การใช้ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดในการดูดซับ 2) การเติมอากาศ (Aeration) และ 3) การใช้สารเคมี และสารเคมีที่นิยมใช้ในการกำจัดคลอรีนได้แก่ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) โซเดียมไบซัลไฟต์ ($NaHSO_3$) และโซเดียมซัลไฟต์ (Na_2SO_3) เป็นต้น

ตารางที่ 2.2 ข้อดีและข้อเสียของการใช้คลอรีนในการฆ่าเชื้อโรค

ข้อดี	ข้อเสีย
1. ราคาถูกเมื่อเทียบกับสารที่ใช้ฆ่าเชื้อโรคชนิดอื่นๆ เช่น โอโซน คลอรีนไดออกไซด์และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นต้น 2. หาซื้อง่ายมีจำหน่ายทั่วไป 3. มีให้เลือกใช้หลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นคลอรีนก๊าซ คลอรีนน้ำและคลอรีนผงซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำผลิต 4. การเติมคลอรีนลงในน้ำค่อนข้างง่ายและไม่ยุ่งยาก 5. ละลายน้ำได้ดีที่อุณหภูมิปกติ 6. ไม่ทำให้น้ำดื่มเสียรสชาติ 7. ไม่เป็นอันตรายต่อคนและสัตว์เลี้ยงอย่างรุนแรง 8. ฆ่าเชื้อโรคในเวลาไม่นานเกินไปและมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคในน้ำต่อไปได้อีก	1. กรณีที่น้ำมีปริมาณสารอินทรีย์สูง จะทำให้สิ้นเปลืองคลอรีนมาก เพราะว่าคลอรีนส่วนหนึ่งจะไปทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ นอกจากนี้คลอรีนที่ทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์จะให้ผลิตภัณฑ์พลอยได้พวก THMs (Trihalomethane) ซึ่งเป็นสารพิษ 2. ในกรณีที่น้ำมีค่า pH สูงเกิน 8 ขึ้นไป ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโรคจะลดลง เนื่องจากคลอรีนอิสระจะอยู่ในรูปของ OCl^- ดังนั้น การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีนต้องปรับ pH ไม่ให้สูงเกินไป 3. คลอรีนไม่มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ Protozoa จำพวก *Giardia sp.* และ *Cryptosporidium sp.*

10) สารพลอยได้จากการฆ่าเชื้อโรค (Disinfection by-product, DBPs)

การใช้คลอรีนในการฆ่าเชื้อโรคทำให้เกิดสารประกอบที่เป็นพิษได้ ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาของสารที่ใช้ฆ่าเชื้อโรคกับสารอื่นๆ ที่ไม่ใช่วัตถุประสงค์หลักในการใช้งานเรียกว่า “สารพลอยได้จากการฆ่าเชื้อโรค” Disinfection By-Products (DBPs) ซึ่งในน้ำมีสารอินทรีย์ละลายน้ำ เช่น ฮิวมิกในน้ำผิวดินที่ได้จากการเน่าเปื่อยของพืชผัก ใบไม้ธรรมชาติ จะทำปฏิกิริยากับคลอรีนเกิดเป็นสารพิษได้ คือ ไตรฮาโลมีเทน (Trihalomethanes, THMs) และ กรดฮาโลอะซิติก (Haloacetic acid, HAAs) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง โดยมีหลายหน่วยงานที่ศึกษาความเป็นพิษและพบว่าเกิดมะเร็งในสัตว์ทดลอง ซึ่งองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา องค์การอนามัยโลก และ สหภาพยุโรปได้มีข้อแนะนำหรือเกณฑ์มาตรฐานกำหนดของค่าสารพลอยได้จากการฆ่าเชื้อโรค (DBPs) ของแต่ละหน่วยงานแสดงดังตารางที่ 2.3 การหลีกเลี่ยงการเกิดปัญหาสารพลอยได้จากการใช้คลอรีน โดยการเติมคลอรีนหลังจากกระบวนการกำจัดความขุ่น หรือการใช้กระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์หรือสารประกอบที่เกิดขึ้นในน้ำ หรือการเปลี่ยนใช้สารฆ่าเชื้อโรคเป็น โอโซน คลอรีนไดออกไซด์ คลอรามีน (Richadson, 2003) และการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำโดยการตรวจวัดค่าสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำ (TOCs) Bromide pH คลอรีนเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นการคงตัวจะลดลง ดังนั้น ประเทศในเขตร้อนจำเป็นต้องเติมคลอรีนมากขึ้นจึงเป็นโอกาสที่ทำให้เกิดสารพลอยได้จากการฆ่าเชื้อโรคมากขึ้นตามไป (ทวีศักดิ์ วังไพศาล, 2554)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.3 ข้อแนะนำหรือเกณฑ์มาตรฐานกำหนดของค่าสารพลอยได้จากการฆ่าเชื้อโรค (DBPs)

ค่าสารพลอยได้จากการฆ่าเชื้อโรค (DBPs)[a]	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด, MCL (mg/L)
U.S. EPA Regulations	DBP MCL (mg/L)
Total THMs	0.080
5 Haloacetic acids	0.060
Bromate	0.010
Chlorite	1.0
World Health Organization (WHO) Guidelines	DBP Guideline value (mg/L)
Chloroform	200
Bromodichloromethane	60
Dibromochloromethane	100
Bromoform	100
Dichloroacetic acid	50[b]
Trichloroacetic acid	100[b]
Bromate	25[b]
Chlorite	200[b]
Chloral hydrate (trichloroacetaldehyde)	10[b]
Dichloroacetonitrile	90[b]
Dibromoacetonitrile	100[b]
Trichloroacetonitrile	1[b]
Cyanogen chloride (as CN)	70
2,4,6-Trichlorophenol	200
Formaldehyde	900
European Union (EU) Standards	Standard value (mg/L)
Total THMs	100
Bromate	10[c]

[a]The total THMs represent the sum of the concentrations of four THMs-chloroform, bromoform, bromodichloromethane, and dibromochloromethane. The five haloacetic acids represent the sum of monochloro-, dichloro-, trichloro-, monobromo-, and dibromoacetic acid. [b]Provisional guideline value.

[c]Where possible, without compromising disinfection, EU member states should strive for a lower value.

ที่มา: Richadson (2003)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธนาวัฒน์ และคณะ (2553) ทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพในการบริโภคน้ำประปาที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักจากการผลิตน้ำประปา หมู่บ้านถ้ำลา ตำบลลานข่อย อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง โดยทำการเก็บตัวอย่างตามระยะทางของเส้นท่อส่งน้ำ ได้แก่ ต้นท่อ กลางท่อ และปลายท่อ ซึ่งแยกเก็บตัวอย่างตามฤดูกาล คือฤดูฝนและฤดูแล้ง และศึกษาปริมาณโลหะหนัก 9 พารามิเตอร์ ได้แก่ เหล็ก แมงกานิส ทองแดง สังกะสี แคดเมี่ยม โครเมี่ยม ตะกั่ว ปรอท และสารหนู จากการศึกษาพบว่าน้ำประปาหมู่บ้านมีการปนเปื้อนโลหะหนักทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง ซึ่งได้แก่ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี และพบว่าปริมาณเหล็กเท่านั้นที่เกินมาตรฐานคิดเป็นร้อยละ 8.33 ในบริเวณต้นท่อ และกลางท่อของฤดูฝน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.732 และ0.700 มก./ล. ตามลำดับ ส่วนการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพในการบริโภคน้ำประปาภาพรวมทุกแห่งเท่ากับ 8.17×10^{-3} ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความเสี่ยงที่ยอมรับได้

มาสสุภา และอุไรวรรณ (2556) ศึกษาการดูแลระบบประปา คุณภาพน้ำประปา และความพึงพอใจของประชาชนผู้ใช้น้ำของระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาลในเขตตำบลวังทอง อำเภอนาวัง จังหวัดหนองบัวลำภู จำนวน 12 แห่ง พบว่าผู้ดูแลระบบประปาทุกแห่งมีการปฏิบัติตามตารางเวลาของการดูแลบำรุงรักษาเป็นบางกิจกรรม แต่การปฏิบัติยังดำเนินการไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ สำหรับคุณภาพน้ำประปาผ่านเกณฑ์มาตรฐานเพียง 4 แห่ง (ร้อยละ 33.33) เมื่อพิจารณาตามพารามิเตอร์ด้านคุณภาพน้ำ พบว่า คุณภาพน้ำทางกายภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกแห่ง คุณภาพน้ำด้านเคมีพบว่า มีปริมาณเหล็กและของแข็งละลายน้ำไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานในระบบประปา 4 แห่ง (ร้อยละ 33.33) คุณภาพน้ำด้านสารพิษพบว่า มีค่าตะกั่วไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานในระบบประปา 3 แห่ง (ร้อยละ 25) และคุณภาพน้ำด้านแบคทีเรียพบว่ามีการปนเปื้อนแบคทีเรียและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในระบบประปา 3 แห่ง (ร้อยละ 25) ส่วนระดับความพึงพอใจของประชาชนผู้ใช้น้ำ พบว่าประชาชนมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลางทุกด้าน

Nazir and Khan (2006) ทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของมนุษย์จากการได้รับ Trihalomethanes (THMs) ในการผลิตน้ำประปา ใน3 ชุมชน ได้แก่ เมือง St. John's, Clarenville และ Shoal Harbour ประเทศแคนาดา โดยใช้แบบจำลองทางสถิติ และเปรียบเทียบผลจากการวิเคราะห์สมดุลมวลของการได้รับทางการหายใจ การดื่มกิน และการดูดซับทางผิวหนัง (เปรียบเทียบ 3 วิธี ได้แก่ Traditional steady state วิธีการดูดซึมทางผิวหนัง และ แบบจำลองทางสถิติ)ในระหว่างการอาบน้ำ ซึ่งมีสารคลอโรฟอร์มปนเปื้อนอยู่ในน้ำประปา จากการศึกษาพบว่า ปริมาณคลอโรฟอร์มมีความเข้มข้นสูงสุดที่ได้รับจากการหายใจ จะอยู่ในพื้นที่ของเมือง Clarenville และจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติแบบถดถอย (Regression model) พบว่าปริมาณคลอโรฟอร์มมีความเข้มข้นสูงสุด

ในช่วงเวลา 10 นาทีของการอาบน้ำ หรือประมาณ 59.7% ของปริมาณคลอโรฟอร์มทั้งหมด ในเมือง St. John's จะมีปริมาณคลอโรฟอร์มประมาณ 25.5% ส่วนการได้รับคลอโรฟอร์มผ่านผิวหนังพบว่า การคำนวณการดูดซึมนั้นจะมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณแบบ Traditional steady state model และการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์พบว่า มีค่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งน้อยกว่าค่ามาตรฐานของ IRIS (Integrated Risk Information System, U.S. EPA) ซึ่งความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งนั้นเป็นผลอันเนื่องมาการได้รับสัมผัสทางการหายใจในการอาบน้ำมากกว่าการดื่มกิน ดังนั้นการระบายอากาศภายในห้องน้ำระหว่างการอาบน้ำนั้นจะช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งอย่างมีนัยสำคัญ

Xu et al. (2006) ทำการประเมินการได้รับ ทองแดง สังกะสี และสารหนู จากน้ำดื่มของเมืองเซี่ยงไฮ้ ประเทศจีน โดยทำการพิจารณาร่วมกับข้อมูลของอายุ เพศ และสถานที่ทำงานของกลุ่มตัวอย่างที่ส่งผลต่อการได้รับโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำดื่มแต่ละวัน จากการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณทองแดง สังกะสี และสารหนูที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำดื่มเท่ากับ 10.8 ug/L 0.29 mg/l และ 0.91 ug/L ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่ามาตรฐานของ U.S. EPA's Drinking Water Equivalent Level (DWEL) และ WHO ที่กำหนดไว้ และค่าเฉลี่ยการได้รับทองแดง สังกะสี และสารหนูที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำดื่มต่อวัน เท่ากับ 21.12 ug/d 0.6 ug/d และ 1.83 ug/d ตามลำดับ และคิดเป็นร้อยละ 0.01 (Cu) 1.1 (Zn) และ1.5 (As) ของปริมาณสูงสุดที่มนุษย์ได้รับในแต่ละวันที่ยอมรับได้ (Provisional Tolerable Daily Intake, PTDI) และการได้รับสังกะสีที่ปนเปื้อนในน้ำดื่มมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสถานที่ทำงานที่แตกต่างเช่นกัน

Kavcar et al. (2009) ทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำดื่ม ของเมืองอิซเมียร์ ประเทศตุรกี โดยทำการศึกษาปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำดื่มทั้งหมด 11 พารามิเตอร์ และจัดทำแบบสำรวจเกี่ยวกับระดับการบริโภคน้ำดื่ม และสถิติจำนวนประชากรในพื้นที่ จากการศึกษาพบว่าในน้ำดื่มมีปริมาณความเข้มข้อนของ สารหนู โครเมียม ทองแดง แมงกานีส นิเกิล และสังกะสี มากกว่า 50% ของตัวอย่าง และความเข้มข้นของสารหนู และนิเกิล ที่ปนเปื้อนในน้ำดื่มมีค่าสูงกว่ามาตรฐานคิดเป็น 20% และ 50% ของตัวอย่างตามลำดับ ส่วนค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard quotient, HQ)จากการบริโภคดื่มที่ปนเปื้อนสารหนู พบว่ามีค่า HQ มากกว่า 1 หรือคิดเป็น 19% ของประชาชนในพื้นที่ ในขณะที่ค่าครึ่งชีวิตของสารหนูที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งมีค่าน้อยกว่า 10^{-4} ซึ่งในระดับนี้จะมีประชากรในพื้นที่เสี่ยงเพิ่มขึ้นเป็น 46% และสัดส่วนของประชากรที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งมีค่ามากกว่า 10^{-6} คิดเป็นร้อยละ 90

Chakrabarty and Sarma (2011). ทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการปนเปื้อนโลหะหนักของน้ำดื่ม ในจังหวัดกามรูป รัฐอัสสัม ประเทศอินเดีย โดยทำการศึกษาปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำดื่มทั้งหมด 6 พารามิเตอร์ ได้แก่ สังกะสี ทองแดง แคดเมียม แมงกานีส ตะกั่ว และสาร

หนู โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินจากบริเวณท่อสูบน้ำ เครื่องสูบน้ำบ่อลึก และ Ring well จากนั้นทำการประเมินรูปแบบการกระจายตัวของของโลหะหนักแต่ละชนิดในน้ำใต้ดินจากการศึกษาพบว่าปริมาณของสังกะสี ทองแดง แคดเมียม แมงกานีส และตะกั่ว มีค่าสูงกว่ามาตรฐานของ WHO ที่กำหนดไว้และความสัมพันธ์ของการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณสารหนูนั้นพบเพียงเล็กน้อย หรืออยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ WHO ที่กำหนดไว้ และนอกจากนี้ยังพัฒนาฐานข้อมูลเกี่ยวกับเงื่อนไขทางสิ่งแวดล้อมเพื่อใช้ในอนาคตอีกด้วย

Khan et al. (2013) ศึกษาระดับการปนเปื้อนของน้ำดื่มและประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของประชาชนในเขตชาร์ซัดดา ประเทศปากีสถาน โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลจากบ่อบาดาลแบบรอกหมุน แบบท่อสูบ และแบบเครื่องสูบมือโยก และวิเคราะห์การปนเปื้อนในพารามิเตอร์ต่างๆได้แก่ พารามิเตอร์ทางกายภาพ สารที่มีประจุลบ โลหะหนัก และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ซึ่งพิจารณาร่วมกับการทำแบบสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับการเก็บกักน้ำ การใช้น้ำ และโรคที่เกิดจากน้ำในพื้นที่ศึกษา จากการศึกษาพบว่า 13 เมืองที่ตั้งอยู่ในเขตชาร์ซัดดา มีค่าไนเตรตอยู่ในช่วง 10.3 ถึง 14.84 mg/l ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานของ US-EPA (10 mg/l) มีค่าปริมาณความเข้มข้นซัลเฟตใน 9 เมือง อยู่ในช่วง 505 ถึง 555 mg/l ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานของ WHO (500 mg/l) มีปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักซึ่งได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม นิเกิล และ เหล็ก มีค่าสูงกว่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ ส่วนการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียอยู่ในช่วง 2-5 MPN ต่อ 100 ml ซึ่งจะพบในบางพื้นที่เท่านั้น

Xie et al. (2013) ทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำแร่ธรรมชาติ ของอุทยานแห่งชาติอู่ต้าเหลียนฉือ ทางตอนเหนือของจีน โดยทำการศึกษาปริมาณโลหะหนักในน้ำแร่ธรรมชาติ 7 พารามิเตอร์ ได้แก่ นิเกิล เหล็ก แมงกานิส แบเรียม ทองแดง ปรอท และสังกะสี และทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพโดยใช้ค่าดัชนีความเสี่ยง (Risk index, RI) และค่าสัดส่วนความเสี่ยง (hazard quotient, HQ) จากการศึกษาพบว่า ค่าความเสี่ยงเฉลี่ยในทางตอนใต้ของอุทยานมีค่าของ Ni>Fe>Mn>Ba>Cu>Hg>Zn และในทางตอนเหนือของอุทยานมีค่าของ Ni>Fe>Mn>Hg>Ba>Cu>Zn ซึ่งค่าความเสี่ยงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (International Commission on Radiological Protection, ICRP) หรือต่ำกว่า $5.0x10^{-5}$ ส่วนค่าสัดส่วนความเสี่ยงจากการบริโภคน้ำแร่ธรรมชาติ (Hazard quotient, HQ) พบว่า สัดส่วนความเสี่ยงของแบเรียม ทองแดง ปรอท และสังกะสีที่มีอยู่ในน้ำแร่มีค่าน้อยกว่า 1 แต่สัดส่วนความเสี่ยงของ นิเกิล แมงกานิส และเหล็กมีค่ามากกว่า 1 ซึ่งมีความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ที่ดื่มน้ำจากน้ำแร่ธรรมชาติแห่งนี้

Navoni et al. (2014) ทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการได้รับสารหนูที่ปนเปื้อนในน้ำดื่มจากประเทศอาร์เจนตินา โดยทำการศึกษาเชิงพื้นที่และเก็บตัวอย่างปัสสาวะจากประชาชนที่อาศัยอยู่ในเมืองชาโก เมืองซานติเอโก้ และเมืองเอสเตโร เพื่อคำนวณปริมาณการได้รับสารหนูต่อวัน และดำเนินการสร้างแผนที่แหล่งน้ำเพื่อแบ่งเขตพื้นที่ศึกษาในการประเมินระดับการปนเปื้อนในพื้นที่

โดยพิจารณาร่วมกับข้อมูลทางธรณีและสถิติจำนวนประชากร จากการศึกษาพบว่า สารหนูที่ปนเปื้อนในน้ำดื่มมีค่าอยู่ในช่วงกว้างตั้งแต่ค่าที่ไม่สามารถตรวจพบได้ (Non-Detectable, ND) จนถึง 2000 ug/L ในแต่ละพื้นที่ ส่วนการวิเคราะห์ปัสสาวะพบว่า มีระดับของการปนเปื้อนมากกว่า 100 ug/L creatinine และยังพบว่าประชากรกว่า 68% มีค่าสัดส่วนความเสี่ยง (hazard quotient, HQ) มากกว่า 1 มีค่าเฉลี่ยการได้รับต่อวัน (Average daily dose, ADD) อยู่ในช่วงระหว่าง $0.3x10^{-4}$ ถึง $138.0x10^{-4}$ mg/kg/day และมีค่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง (Carcinogenic risk, CR) อยู่ในช่วงระหว่าง $5x10^{-5}$ ถึง $2.1x10^{-2}$ ซึ่งคิดเป็น 74% ของประชากรที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งปอดและมะเร็งกระเพาะปัสสาวะเพิ่มขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยในการศึกษานี้ประกอบด้วย วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1.1 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

การศึกษาวิจัยนี้ เป็นการวิจัยแบบภาคตัดขวาง (Cross sectional study) เป็นการสำรวจและศึกษาดัชนีคุณภาพน้ำประปาชุมชน และศึกษาระดับของความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนในการบริโภคน้ำประปา โดยการเปรียบเทียบกับเกณฑ์หรือค่ามาตรฐานที่กำหนด โครงการวิจัยนี้เป็นชุดโครงการย่อย โดยมีการบูรณาการกับโครงการย่อยอื่นในแผนงานวิจัยเดียวกัน การศึกษานี้มีขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

1) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ระบบประปาชุมชนที่ดำเนินการโดยคณะกรรมการประปาหมู่บ้านหรือองค์การบริหารส่วนท้องถิ่นในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง โดยข้อมูลจากกรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ในปี พ.ศ. 2555 พบว่า มีจำนวนระบบประปาชุมชนดำเนินงานโดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จำนวน 5,553 แห่ง ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงเห็นควรทำการสุ่มเลือกตัวอย่างจำนวนระบบประปาชุมชนแบบเฉพาะเจาะจง จำนวน 24 แห่ง โดยพิจารณาจากงบประมาณที่ได้รับจัดสรร และเพื่อให้การดำเนินงานสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพภายในระยะเวลาศึกษาที่กำหนด 1 ปี โดยมีขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างดังนี้

ทั้งนี้ การสุ่มตัวอย่างจะทำแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage sampling) โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) การกำหนดจำนวนตัวอย่างในแต่ละจังหวัด ประกอบด้วยจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และ สุรินทร์ โดยพิจารณาตามสัดส่วนประชากรระบบประปาของแต่ละจังหวัด สัดส่วนประชากร

2) การสุ่มตัวอย่างระบบประปาชุมชนในแต่ละจังหวัด ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) โดยพิจารณาจากประเภทของระบบประปาแต่ละประเภท เช่น ประปาผิวดินขนาดใหญ่มาก ขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และประปาผิวดินทั่วไป และประปาบาดาลขนาดใหญ่และกลาง ตัวอย่างจำนวนตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 3.1 และ 3.2

ตารางที่ 3.1 การสุ่มตัวอย่างระบบประปาหมู่บ้านในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

จังหวัด	จำนวนประปา	สัดส่วน (%)	จำนวนตัวอย่าง (แห่ง)
นครราชสีมา	1,466	26.40	6
ชัยภูมิ	973	17.52	5
บุรีรัมย์	1,648	29.68	7
สุรินทร์	1,466	26.40	6
รวม	5,553	100	24

ที่มา: ข้อมูลจากกรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติสิ่งแวดล้อม

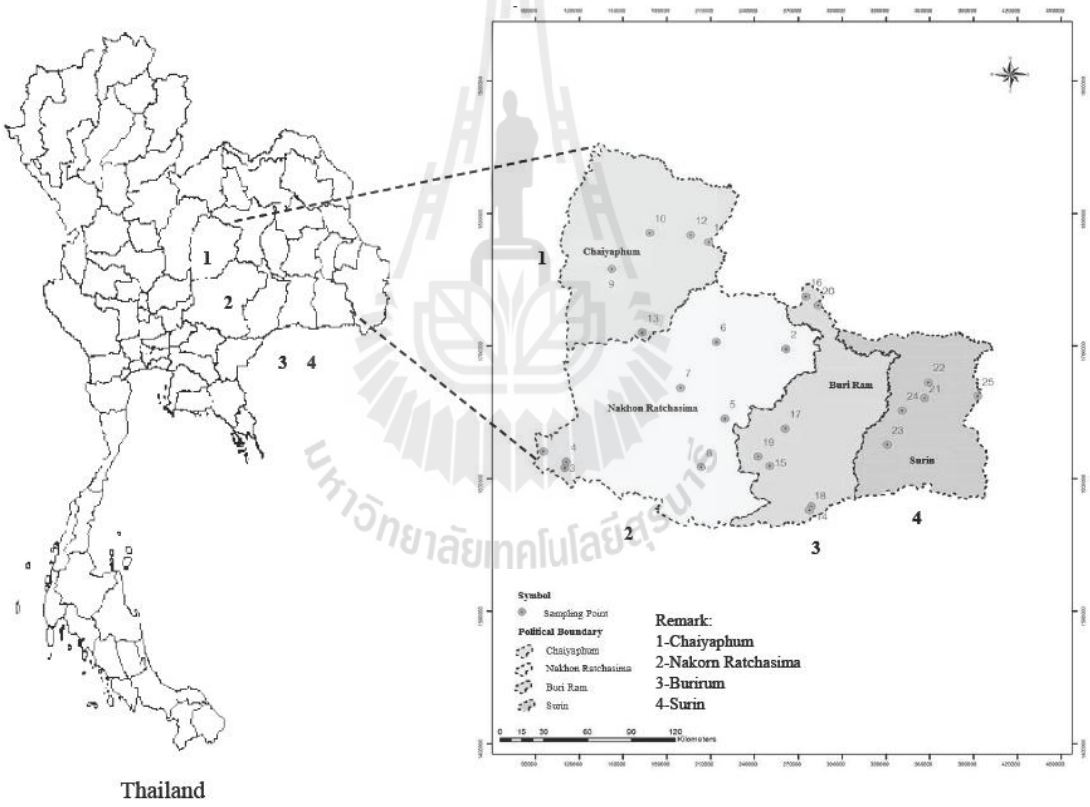
ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างการสุ่มตัวอย่างระบบประปาหมู่บ้านในจังหวัดนครราชสีมา

ประเภทประปา	จำนวน (แห่ง)	สัดส่วน	ตัวอย่าง (แห่ง)
ประปาผิวดิน			
ขนาดใหญ่มาก			1
ใหญ่			1
กลาง			1
ผิวดินทั่วไป			1
รวม	992	67.6	4
ประปาบาดาล			
ใหญ่			1
กลาง			1
รวม	474	32.3	2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2) สถานที่ทำการเก็บข้อมูลและทดลอง

สถานที่ทำการเก็บตัวอย่างและข้อมูล คือระบบประปาชุมชนในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และ สุรินทร์ (รูปที่ 3.1) ตัวอย่างสภาพแวดล้อมของระบบประปาชุมชนดังรูปที่ 3.2 สถานที่ทำการทดลองประกอบด้วย การวิเคราะห์ตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อมในห้องปฏิบัติการ ณ ห้องปฏิบัติการอนามัยสิ่งแวดล้อม (F9) อาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี หรือห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของการประปานครหลวง บางเขน กรุงเทพมหานคร และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเอกสาร ณ สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อาคารเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าบรมราชินีนาถ ครบรอบ 72 พรรษา



รูปที่ 3.1 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำของระบบประปาชุมชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

(ก) ตัวอย่างแหล่งน้ำดิบเพื่อการประปา

(ข) ตัวอย่างระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำของระบบประปาผิวดิน

(ค) ตัวอย่างอ่างเก็บน้ำใสและหอถังสูงของระบบประปาผิวดิน

รูปที่ 3.2 ตัวอย่างของระบบประปา (ก) ตัวอย่างแหล่งน้ำดิบเพื่อการประปา (ข) ตัวอย่างระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ (ค) ตัวอย่างอ่างเก็บน้ำใสและหอถังสูงของระบบประปาผิวดิน

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย การรวบรวมข้อมูล และ การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การติดต่อประสานงานกับศูนย์อนามัยที่ 5 กรมทรัพยากรน้ำ สำนักงานส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น และหน่วยงานที่ดูแลการประปาชุมชนที่เกี่ยวข้อง จัดประชุมชี้แจงเพื่อแจ้งรายละเอียดโครงการวิจัย และขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2) การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสำรวจข้อมูลพื้นฐานทางกายภาพ และสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการปนเปื้อนในระบบประปาของระบบปาชุมชนและเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำในช่วงเดือนมีนาคม – มิถุนายน 2555 โดยการเก็บข้อมูล มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- การสำรวจและประเมินความเสี่ยงด้านกายภาพของระบบประปาทั้งบริเวณจุดปล่อยน้ำและ ปลายท่อบ้านผู้ใช้น้ำ โดยการสังเกต โดยใช้แบบตรวจเช็คราย การ (Check list) และการสัมภาษณ์ผู้บริหารและดูแลระบบประปา โดยดำเนินการร่วมกับชุดโครงการย่อย
- การสุ่มเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำในการศึกษานี้สำหรับดัชนีคุณภาพน้ำกลุ่มโลหะหนักทำทำการเก็บตัวอย่างน้ำทั้งระบบประปาผิวดินและระบบประปาใต้ดิน สำหรับดัชนีคุณภาพน้ำกลุ่ม THMs ทำการเก็บตัวอย่างเฉพาะประปาผิวดินเท่านั้นเนื่องเป็นระบบประปาบาดาลจากการสำรวจระบบประปาพบว่าระบบประปาบาดาลไม่มีการเติมคลอรีนในการฆ่าเชื้อโรค และทำการเก็บตัวอย่างน้ำเฉพาะพื้นที่บริการของประปา เช่น ก๊อกน้ำบ้านผู้ใช้น้ำ ซึ่งเป็นจุดเสี่ยงต่อผู้อุปโภคบริโภค การเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำ เพื่อวิเคราะห์สารกลุ่ม Trihalomethanes จำนวน 38 ตัวอย่าง และ สำหรับการวิเคราะห์โลหะหนักจำนวน 52 ตัวอย่าง สรุปการเก็บตัวอย่างในแต่ละระบบประปาทั้งหมดดังนี้

  จุดที่ 1 บริเวณแหล่งน้ำดิบ (สำหรับการวิเคราะห์โลหะหนัก)

  จุดที่ 2 บริเวณจุดจ่ายน้ำประปา (สำหรับการวิเคราะห์ Trihalomethanes)

  จุดที่ 3 ปลายท่อบ้านผู้ใช้น้ำ หรือก๊อกน้ำ (สำหรับการวิเคราะห์ Trihalomethanes และโลหะหนัก)
- ตัวอย่างน้ำจะทำการรักษาสภาพตัวอย่างน้ำที่อุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส และนำส่งตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3) การเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำ

การเก็บตัวอย่างน้ำตามดัชนีคุณภาพน้ำที่สำคัญทางกายภาพ เช่น ความเป็นกรด ด่าง สี ความขุ่น คุณภาพน้ำทางเคมี ได้แก่ ความกระด้าง คลอไรด์ และคุณภาพน้ำทางแบคทีเรีย โดยการดำเนินการในส่วนนี้จะดำเนินการโดยชุดโครงการย่อย

สำหรับการศึกษานี้จะทำการเก็บตัวอย่างในกลุ่มดัชนีคุณภาพน้ำที่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพ เช่น กลุ่มโลหะหนัก ประกอบด้วย As Hg Cd Fe Pb Zn Mn และสารตกค้างในการฆ่าเชื้อโรค (THMs) เช่น สาร Chloroform (TCM) Bromodichloromethane (BDCM) Dibromochloromathane (DBCM) Bromoform (TBM) และ Trihalomethanes (Sum of ratio) ด้วยวิธีการตรวจเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานของ APHA, AWWA, WEF (2012) สำหรับภาชนะเก็บตัวอย่างน้ำ วิธีการการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำ และการเก็บรักษาสภาพ

ตัวอย่างน้ำ ปฏิบัติตามข้อกำหนดการรับรองการตรวจสอบคุณภาพน้ำประปาดื่มได้ (APHA, AWWA, WEF, 2012; กรมอนามัย, 2552) อุปกรณ์เครื่องแก้วที่ใช้ในการทดลองทำการล้างด้วยน้ำยาล้างเครื่องแก้ว น้ำสะอาด และทำการกลั้วด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง และทำการอบที่อุณหภูมิ 120 ^{o}C เวลา 2-3 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้องก่อนนำไปใช้ทุกครั้ง

- **การเก็บตัวอย่างน้ำสารกลุ่มไตรฮาโลมีเทน (THMs)**

1) อุปกรณ์และสารเคมี
   1. ขวดแก้ว BOD ขนาด 300 ml
   2. สารละลาย Na_2SO_3
   3. สารละลาย H_3PO_4
   4. กระดาษ Foil

2) ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างน้ำ
   1. เปิดก๊อกน้ำให้น้ำไหลแรงๆ ทิ้งไปประมาณ 1-2 นาที
   2. หรี่ก๊อกน้ำให้ไหลเอื่อยๆ แล้วนำขวดเก็บตัวอย่าง ซึ่งเป็นขวดแก้ว BOD ที่หุ้ม Foil มาเก็บตัวอย่างน้ำ โดยให้น้ำค่อยๆ ไหลผ่านอย่างช้าๆ (เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดฟองอากาศในขวดโดยให้เกิดฟองอากาศน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้) จนล้นเต็มขวด
   3. ใช้ฝาขวดค่อยๆ ไล่จากก้นขวดไปถึงคอขวด เพื่อไล่ฟองอากาศจากขวด
   4. ปิดจุกขวด แล้วจึงคว่ำ ให้น้ำที่ขังอยู่ตรงฝาขวดออกไปให้หมด
   5. ปิเปตสารละลาย Na_2SO_3 มา 1.5 ml ใส่ลงไปในขวดแก้ว BOD
   6. ปิเปตสารละลาย H_3PO_4 มา 1.5 ml ใส่ลงไปในขวดแก้ว BOD
   7. ปิดจุกขวด แล้วเขย่าจนสารละลายข้างในขวดผสมกันดี แล้วจึงปิดด้วย cap (ฝาพลาสติกที่มากับขวด BOD) ที่มีน้ำขังอยู่ให้แน่น
   8. บันทึกวัน และเวลาที่ทำการเก็บน้ำตัวอย่าง แล้วเก็บไว้ในที่เย็น อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส

- **การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของสารกลุ่มไตรฮาโลมีเทน**

ตัวอย่างน้ำเมื่อทำการเก็บจากระบบประปาแล้วทำการส่งวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการการประปานครหลวง บางเขน กรุงเทพมหานคร โดยทำการวิเคราะห์สารกลุ่ม

THMs ทั้ง 4 ชนิด โดยใช้เครื่อง Gas Chromatography with ECD (GC-ECD) detector of head-space technique (Hitachi model 263-50, ดังรูปที่ 3.3) โดยใช้ก๊าซ N_2 เป็น carrier gas อุณหภูมิของ Injection และ detector อยู่ที่ 180 ^{o}C. ค่าต่ำสุดของการวิเคราะห์ (Detection limit) ของสาร Chloroform, $CHCl_2Br$, $CHClBr_2$, และ bromoform มีค่าเท่ากับ 0.17, 0.05, 0.15 and 1.50 µg/L ตามลำดับ

รูปที่ 3.3 เครื่อง GC-ECD (Hitachi, model 263-50)

- **การวิเคราะห์ตัวอย่างสารกลุ่มโลหะหนัก**

การวิเคราะห์แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ทองแดง (Cu), ตะกั่ว (Pb) และ สังกะสี (Zn) โดยวิธี Direct Air-Acetylene Flame Method (3111) (APHA, AWWA, WEF, 2012) สำหรับการวิเคราะห์อาเซนิค (As) และ เมอคิวรี่ (Hg) ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างโดยวิธี ICP-MS method (3125) โดยดัชนีคุณภาพน้ำของสารกลุ่มโลหะทำการวิเคราะห์โดยศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1) เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Atomic Absorption Spectrometer (AAS)
2. ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask)

3. บิกเกอร์

4. ขวดพลาสติกชนิด PP หรือ PE

2) สารเคมี

1. กรดไนตริกเข้มข้น (HNO_3)

2. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (HCl)

3. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 30%

4. สารละลายโลหะมาตรฐาน แคดเมียม โครเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี

- การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์โลหะหนัก (รูปที่ 3.4) โดยมีขั้นตอนการเก็บตัวอย่างดังต่อไปนี้

รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์โลหะหนัก

- **การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ** โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1) การเตรียมตัวอย่าง : ตวงน้ำตัวอย่างมา 100 มิลลิลิตร เติมกรดไนตริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร ใส่เม็ดแก้วแล้วนำไปตั้งบนเตาให้ความร้อน โดยทำให้สารละลายค่อยๆ เดือด และระเหยไปอย่างช้าๆ จนได้สารละลายใส ไม่มีสี ปริมาตร 10-20 มิลลิลิตร (อาจเติมกรดไนตริกเข้มข้นได้อีก) จากนั้นให้กรองสารละลาย แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ถ้าจะหาปริมาณของโครเมียม ให้เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30% 1 มิลลิลิตร ลงในสารละลายตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์

2) สร้างกราฟมาตรฐาน : เลือกสารละลายโลหะมาตรฐานที่มีความเข้มข้นต่างๆ แล้ววัดค่าดูดกลืนแสง โดยให้สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าดูดกลืนแสงกับความเข้มข้น

3) วิเคราะห์ตัวอย่าง : ให้นำตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 1 มาทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrometric โดยวิธี Direct Air-Acetylene Flame Method (3111) (รูปที่ 3.5) สำหรับการคำนวณผลโดยนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน

รูปที่ 3.5 เครื่อง Atomic Absorption Spectrometric

- **การวิเคราะห์ข้อมูล** จากการเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพนำมาการวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel for Windows สถิติที่ใช้ คือสถิติเชิงพรรณนา ด้วยอัตราส่วนร้อย (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

3.3 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ

3.3.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำ

การประเมินความเสี่ยงทางด้านสุขภาพ ทำการศึกษาเปรียบเทียบกับการศึกษาที่ผ่านมาทั้งของไทยและต่างประเทศ และเทียบกับค่ามาตรฐานหรือข้อแนะนำทั้งในและต่างประเทศ เช่น ดัชนีคุณภาพน้ำประเภทโลหะหนักในการศึกษานี้ทำการวิเคราะห์เฉพาะ แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) ตะกั่ว (Pb) สังกะสี (Zn) อาเซนิค (As) และ เมอคิวรี่ (Hg) จากเกณฑ์มาตรฐานน้ำบริโภค กรมอนามัย พ.ศ. 2543 และเกณฑ์เสนอแนะคุณภาพน้ำบริโภคขององค์การอนามัยโลก (WHO, 2006) ดังตารางที่ 3.3 สำหรับมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภคแสดงดังตารางที่ 3.4 โดยสารกลุ่ม THMs ประกอบด้วย Chloroform ($CHCl_3$), Dichlorobromomethane ($CHCl_2Br$), Chlorodibromomethane ($CHClBr_2$) และ Bromoform ($CHBr_3$). โดยสารกลุ่มนี้ถือว่าเป็นสารก่อมะเร็งกลุ่ม Possible carcinogenic compounds (B2 class) โดยพิจารณาเทียบกับค่ามาตรฐานและค่าแนะนำของสารกลุ่ม THMs ทั้งของหน่ายงานไทยและต่างประเทศแสดงดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.3 เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัยและเกณฑ์แนะนำขององค์การอนามัยโลก

คุณลักษณะของน้ำ	กรมอนามัย พ.ศ. 2553[a]	WHO, 2551[b]	หน่วยวัด
- เหล็ก (Fe)	ไม่เกิน 0.5	0.3	มิลลิกรัมต่อลิตร
- แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 0.3	0.1	มิลลิกรัมต่อลิตร
- ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 1.0	1	มิลลิกรัมต่อลิตร
- สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 3.0	4	มิลลิกรัมต่อลิตร
- ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.03	0.01	มิลลิกรัมต่อลิตร
- โครเมียม (Cr)	ไม่เกิน 0.05	0.05	มิลลิกรัมต่อลิตร
- แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.003	0.003	มิลลิกรัมต่อลิตร
- สารหนู (As)	ไม่เกิน 0.01	0.01	มิลลิกรัมต่อลิตร
- ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.001	0.001	มิลลิกรัมต่อลิตร

หมายเหตุ: [a]เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของ กรมอนามัย พ.ศ. 2553, [b]เกณฑ์เสนอแนะคุณภาพน้ำบริโภคขององค์การอนามัยโลก พ .ศ. 2551

ตารางที่ 3.4 มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด
เหล็ก (Fe)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 0.5	1.0
แมงกานีส (Mn)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 0.3	0.5
ทองแดง (cu)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 1.0	1.5
สังกะสี (Zn)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 5.0	15.0
สารหนู (As)	มก./ล.	ต้องไม่มีเลย	0.05
ตะกั่ว (Pb)	มก./ล.	ต้องไม่มีเลย	0.05
ปรอท (Hg)	มก./ล.	ต้องไม่มีเลย	0.001
แคดเมียม (Cd)	มก./ล.	ต้องไม่มีเลย	0.01

แหล่งที่มา : ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการป้องกัน ด้านสาธารณสุขและการป้องกันในเรื่องสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ พ.ศ. 2551 ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 125 ตอนพิเศษ 85 ง ลงวันที่ 21 พฤษภาคม 2552

ตารางที่ 3.5 ค่ามาตรฐานและค่าแนะนำของสารกลุ่ม THMs ในน้ำ

THMs Species	Cancer group	WHO Guidelines (µg/L)	EU 2007	Japan Standards (µg/L)	USEPA Phase I (µg/L)
$CHCl_3$	B2	300	-	60	-
$CHCl_2Br$	B2	60	-	30	-
$CHClBr_2$	B2	100	-	10	-
$CHBr_3$	B2	100	-	90	-
Total THMs	-	Ratio of 1*	100	100	80

Remark: B2 Probable human carcinogen, *The sum of the ratio of each of the four levels to their individual guideline value should not exceed 1

3.3.2 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของสารกลุ่ม THMs และ โลหะหนัก

การศึกษานี้ดำเนินการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนที่อุปโภคบริโภคน้ำประปาชุมชนตามวิธีการของ U.S. EPA (2005) และจากการศึกษาของ Lee et al (2004), Wang et al (2007) และ Basu and Gupta (2011) โดยสารกลุ่ม THMs พิจารณาเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านการดื่มกิน (Oral ingestion) ผ่านผิวหนัง (Dermal absorption) และผ่านการหายใจเข้าไป (Inhalation exposure route) โดยผลรวมสะสมของความเสี่ยงต่อสุขภาพที่เกิดขึ้นทำการประเมินโดยใช้ค่าความเข้มข้นของสารที่อ้างอิงต่อความเข้มข้นของสารในตัวอย่างน้ำ (RfD/C) หรือค่า slope factor (USEPA 2005a) โดยผลรวมของการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของสารกลุ่ม THMs ในการศึกษานี้ทำการประเมินโดยพิจารณาทั้งสามเส้นทางการได้รับสัมผัสได้แก่ผ่านการดื่ม ผิวหนัง และการหายใจ สำหรับสารกลุ่มโลหะหนักทำการศึกษาเฉพาะเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านจากการบริโภคเท่านั้น การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพแสดงดังสมการ (1) และ (2)

$$R_T = \sum_m (SF_i * d_i)$$

$$= \sum_{m=1}^{n} \left\{ \frac{C_m * EF * ED}{BW * AT} \left[\begin{array}{l} (SF_{oral} * IR_w) + (SF_{dermal} * SA * K_p \\ * ET) + (SF_{inhalation} * K * IR_a * ET) \end{array} \right] \right\} \quad (1)$$

เมื่อ; RT, Total lifetime cancer risk (unitless);

d_i,The dose of stressor from the specified exposure route *i* (mg/kg*day);

m, the number of different chemical (unitless);

SF_i,, Slope factor from the specified exposure route *i* $(mg/kg*day)^{-1}$;

i = oral, dermal and inhalation expressed as the exposure route is oral, dermal and inhalation exposure, respectively;

C_m, The concentration of chemical *m* in water (mg/L);

EF, Exposure frequency (days/year);

ED, Exposure duration (year);

ET, the exposure time (h/day);

IR_a, Daily indoor inhalation rate (m^3/day);

IR_w, Daily water ingestion rate (L/day);

K, Volatilization factor (unitless);

SA, Skin-surface area available for contact (cm^2);

K_p The chemical-specific dermal permeability constant (cm/h);

BW, Body weight (kg);

AT, The average time (days).

$$Total\ cancer\ risk\ =\ Risk_{\ oral\ ingestion} + Risk_{\ inhalation} + Risk_{\ dermal\ absorption} \quad (2)$$

ผลรวมของค่าดัชนีความเสี่ยงตลอดช่วงชีวิตของสาร THMs ของทั้งสามเส้นทางการได้รับสัมผัส (สารกลุ่มโลหะหนักทำการศึกษาเฉพาะเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านจากการบริโภคเท่านั้น) ผลรวมของค่าดัชนีความเสี่ยงตลอดช่วงชีวิตแสดงดังสมการ (3) และ (4)

$$HI_T = \sum_m (d_i / RfD_i) = \sum_{m=1}^{n} \left\{ \frac{C_m * EF * ED}{BW * AT} * \left[\left(\frac{IR_w}{RfD_{oral}} \right) + \left(\frac{SA * K_p * ET}{RfD_{dermal}} \right) + \left(\frac{K * IR_a * ET}{RfD_{inhalation}} \right) \right] \right\} \quad (3)$$

เมื่อ; HI_T, Total lifetime hazard index (unitless);

RfD_i, Chronic reference dose from the specified exposure route *i* (mg/kg*day);

I = oral, dermal and inhalation expressed as the exposure route is oral, dermal and inhalation exposure, respectively.

$$Total\ hazard\ index\ (HI) = HI_{\ oral\ ingestion} + HI_{\ inhalation} + HI_{\ dermal\ absorption} \quad (4)$$

การศึกษานี้ใช้ค่าน้ำหนักตัวเฉลี่ยของคนไทยที่ 68.83 kg สำหรับผู้ชาย และ 57.40 kg สำหรับผู้หญิง (Well et al., 2011) ค่าเฉลี่ยของการมีชีวิตตลอดช่วงอายุของคนไทย (Average life time expectancy) สำหรับผู้ชายมีค่าเท่ากับ 66 ปี และผู้หญิงมีค่าเท่ากับ 74 ปี การบริโภคน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 2.0 L/day (U.S. EPA 2005) อัตราการหายใจต่อวันมีค่าเท่ากับ 20 m^3/day (Lee, 2004) ค่าความเข้มข้นของสาร THMs ในอากาศผ่านการหายใจเข้าโดยใช้การประมาณค่าจากค่า volatilization factor ของ 0.0005×1000 L/m^3 (USEPA, 1991) สำหรับค่าความเข้มข้นอ้างอิง (Reference dose, RfD) ใช้ในการคำนวณค่า Hazard index (HI) หรือ ค่า Hazard quotient (HQ) สำหรับสารที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ (Non-carcinogenic) โดยถ้าค่า HI > 1 แสดงว่ามีความเสี่ยงต่อสุขภาพ สำหรับค่า Slope factor ใช้ในการคำนวณสารในกลุ่มที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์โดยค่าที่ slope factor สูงแสดงถึงศักยภาพในการ

เกิดมะเร็งได้สูงเช่นกัน โดยค่า slope factor และค่า reference dose (RfD) ของ THMs แสดงดังตาราง ที่ 3.6 และค่า RfD ของสารกลุ่มโลหะหนักแสดงดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.6 ค่า slope factor และค่า reference dose (RfD) ของ THMs

Species	SF oral $(mg/kg/day)^{-1}$	SF dermal $(mg/kg/day)^{-1}$	SF inhalation $(mg/kg/day)^{-1}$	RfD $(mg/kg/day)^{-1}$
$CHCl_3$	6.10×10^{-3}	3.05×10^{-2}	8.05×10^{-2}	1.00×10^{-2}
$CHCl_2Br$	6.20×10^{-2}	6.33×10^{-2}	6.20×10^{-2}	2.00×10^{-2}
$CHClBr_2$	8.40×10^{-2}	1.40×10^{-1}	8.40×10^{-2}	2.00×10^{-2}
$CHBr_3$	7.90×10^{-2}	1.32×10^{-2}	3.85×10^{-3}	2.00×10^{-2}

ที่มา: IRIS (2005); (RAIS, 2005); (Wang et al, 2007)

ตารางที่ 3.7 ค่า Reference dose (RfD) ของโลหะหนักที่ศึกษา

Species	RfD $(mg/kg/day)^{-1}$
Cd	0.004
Pb	0.036
Zn	0.3
Fe	0.3
Mn	0.14

ที่มา: (U.S. EPA, 2005); (Shah et al, 2012)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการศึกษาและอภิปรายผล

การศึกษานี้ทำการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนที่อุปโภคบริโภคน้ำประปาจากระบบประปา ทั้ง 4 จังหวัด แบ่งเป็นระบบประปาของจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และสุรินทร์ โดยทำการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากการได้รับสารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) และโลหะหนัก จากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของสาร THMs จำนวน 38 ตัวอย่าง และโลหะหนักจำนวน 52 ตัวอย่าง จากการเก็บตัวอย่างน้ำประปาทั้งหมด 3 จุด ได้แก่ บริเวณแหล่งน้ำดิบ (สำหรับการวิเคราะห์โลหะหนัก) บริเวณจุดจ่ายน้ำประปา (สำหรับการวิเคราะห์ Trihalomethanes) และปลายท่อบ้านผู้ใช้น้ำ หรือก๊อกน้ำ (สำหรับการวิเคราะห์ Trihalomethanes และโลหะหนัก) โดยมีผลการศึกษาและการอภิปรายผลดังต่อไปนี้

4.1 ผลการศึกษาของสารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs)

การวิเคราะห์สาร Trihalomethanes (THMs) ซึ่งประกอบด้วย Chloroform, Bromodichloromethane (BDCM), Dibromochloromathane (DBCM), Bromoform และ Total Trihalomethanes จากจำนวนตัวอย่างน้ำรวมทั้งสิ้น 38 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นตัวอย่างน้ำของจังหวัดนครราชราชสีมาจำนวน 16 ตัวอย่าง จังหวัดชัยภูมิจำนวน 6 ตัวอย่าง จังหวัดบุรีรัมย์จำนวน 9 ตัวอย่าง และจังหวัดสุรินทร์จำนวน 7 ตัวอย่าง จากบริเวณจุดจ่ายน้ำประปา และบ้านผู้ใช้น้ำ หรือก๊อกน้ำ และทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 5 พารามิเตอร์ตามมาตรฐานน้ำดื่มตามค่าแนะนำขององค์การอนามัยโลก ปี 2006 รายละเอียดผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของสารกลุ่ม THMs แสดงดัง**ภาคผนวก ก**

4.1.1 สารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) ในน้ำประปาของจังหวัดนครราชสีมา

ผลการวิเคราะห์ Trihalomethanes (THMs) ในน้ำประปาในจังหวัดนครราชสีมาพบสาร Chloroform มีค่าสูงที่สุด บริเวณจุดจ่ายน้ำระบบประปาผิวดินหมู่ที่ 5 บ้านไทรโยง ต.ดอนใหญ่ อ.คง มีค่า 14.75 µg/L รองลงมาได้แก่จุดบริเวณบ้านผู้ใช้ในบริเวณประปาสถานที่เดียวกันโดยมีค่าเท่ากับ 14.75 µg/L โดยสาร Chloroform ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.09 และ 4.26 µg/L ตามลำดับ สำหรับสาร Bromodichloromethane (BDCM) ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.07 และ 0.90 µg/L ตามลำดับ สาร Dibromochloromathane (DBCM) ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ

1.84 และ 0.74 µg/L ตามลำดับ ส่วนสาร Bromoform ไม่พบในน้ำตัวอย่าง สำหรับค่า Trihalomethanes (sum of ratio)ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 0-0.27 และ 0-0.14 ตามลำดับ โดยสารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาผิวดินทั้งบริเวณจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้ทุกตัวอย่างในจังหวัดนครราชสีมามีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานน้ำดื่มตามค่าแนะนำขององค์การอนามัยโลก ปี 2006 ผลการศึกษาค่า THMs ในน้ำประปาผิวดินจากระบบประปาในจังหวัดนครราชสีมาแสดงดังตารางที่ 4.1

สำหรับกลุ่มสาร Trihalomethanes (THMs) ในน้ำประปาบาดาลในจังหวัดนครราชสีมาพบเฉพาะสาร Dibromochloromathane (DBCM) ในน้ำประปาบริเวณหมู่ที่ 4 ชุมชนมิตรภาพ ต.กลางดง อ.ปากช่อง เท่านั้นโดยมีค่าเท่ากับ 0.21 และ 0.18 µg/L ในบริเวณบริเวณในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้ตามลำดับ โดยสาร DBCM ที่ตรวจพบมีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานน้ำดื่มตามค่าแนะนำขององค์การอนามัยโลก ปี 2006 ผลการศึกษาค่า THMs ในน้ำประปาบาดาลจากระบบประปาในจังหวัดนครราชสีมาแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 สารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาผิวดินในจังหวัดนครราชสีมา

THMs	จุดจ่ายน้ำ				จุดบ้านผู้ใช้				
	Min	Max	Mean	SD	Min	Max	Mean	SD	ข้อแนะนำ WHO (µg/L)
Chloroform (µg/L)	ND	14.75	4.09	6.32	ND	11.64	4.26	5.34	< 300
Bromodichloromethane (BDCM) (µg/L)	ND	8.60	2.07	3.71	ND	4.30	0.90	1.90	< 60
Dibromochloromathane (DBCM) (µg/L)	ND	7.97	1.84	3.44	ND	3.11	0.74	1.32	< 100
Bromoform (µg/L)	ND	ND	ND	0.00	ND	ND	ND	0.00	< 100
Trihalomethanes (sum of ratio)	0.00	0.27	0.06	0.12	0.00	0.14	0.03	0.06	≤ 1

ตารางที่ 4.2 สารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาบาดาลในจังหวัดนครราชสีมา

THMs	จุดจ่ายน้ำ				จุดบ้านผู้ใช้				
	Min	Max	Mean	SD	Min	Max	Mean	SD	ข้อแนะนำ WHO (µg/L)
Chloroform (µg/L)	ND	ND	ND	0.00	ND	ND	ND	0.00	< 300
Bromodichloromethane (BDCM) (µg/L)	ND	ND	ND	0.00	ND	ND	ND	0.00	< 60
Dibromochloromathane (DBCM) (µg/L)	ND	0.21	0.17	0.03	ND	0.18	0.16	0.02	< 100
Bromoform (µg/L)	ND	ND	ND	0.00	ND	ND	ND	0.00	< 100
Trihalomethanes (sum of ratio)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	≤ 1

4.1.2 สารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) ในน้ำประปาของจังหวัดชัยภูมิ

ผลการวิเคราะห์ Trihalomethanes (THMs) ในน้ำประปาผิวดินในจังหวัดชัยภูมิพบสาร Chloroform มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่าอยู่ในช่วง nd-28.67 และ nd-30.53 µg/L ในบริเวณจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้ ตามลำดับ โดยพบค่า Chloroform มีค่าสูงที่สุดบริเวณบ้านผู้ใช้น้ำหมู่ที่ 5 บ้านชนแดน ต.ช่องสามหมอ อ.คอนสวรรค์มีค่าเท่ากับ 30.53 µg/L รองลงมาบริเวณเดียวกัน ณ จุดจ่ายน้ำประปามีค่าเท่ากับ 28.67 µg/L โดยสาร Chloroform ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.77 และ 10.43 µg/L ตามลำดับ สำหรับสาร Bromodichloromethane (BDCM) ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.05 และ 4.29 µg/L ตามลำดับ สาร Dibromochloromathane (DBCM) ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.30 และ 1.32 µg/L ตามลำดับ ส่วนสาร Bromoform ไม่พบในน้ำตัวอย่าง สำหรับค่า Trihalomethanes (sum of ratio)ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 0-0.33 และ 0-0.35 ตามลำดับ โดยสารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาผิวดินทั้งบริเวณจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้ทุกตัวอย่างในจังหวัดชัยภูมิมีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานน้ำดื่มตามค่าแนะนำขององค์การอนามัยโลก ปี 2006 ผลการศึกษาค่า THMs ในน้ำประปาผิวดินจากระบบประปาในจังหวัดชัยภูมิแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาผิวดินในจังหวัดชัยภูมิ

THMs	จุดจ่ายน้ำ				จุดบ้านผู้ใช้				
	Min	Max	Mean	SD	Min	Max	Mean	SD	ข้อแนะนำ WHO (µg/L)
Chloroform (µg/L)	ND	28.67	9.77	16.37	ND	30.53	10.43	17.41	< 300
Bromodichloromethane (BDCM) (µg/L)	ND	12.06	4.05	6.93	ND	12.77	4.29	7.34	< 60
Dibromochloromathane (DBCM) (µg/L)	ND	3.60	1.30	1.99	ND	3.66	1.32	2.03	< 100
Bromoform (µg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	< 100
Trihalomethanes (sum of ratio)	0.00	0.33	0.11	0.19	0.00	0.35	0.12	0.20	≤ 1

4.1.3 สารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) ในน้ำประปาของจังหวัดสุรินทร์

ผลการวิเคราะห์ Trihalomethanes (THMs) ในน้ำประปาผิวดินในจังหวัดสุรินทร์พบว่ามีสาร Chloroform เพียงแห่งเดียวบริเวณจุดบ้านผู้ใช้น้ำใน หมู่ที่ 8 บ้านอำปึล ต.ตากูก อ.เขวาสินรินทร์มีค่าเท่ากับ 0.33 µg/L ส่วนสาร Bromodichloromethane (BDCM), Dibromochloromathane (DBCM) และ Trihalomethanes (sum of ratio) และBromoform ไม่พบในน้ำตัวอย่าง โดยสารChloroformที่พบมีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานน้ำดื่มตามค่าแนะนำขององค์การอนามัยโลก ปี 2006 ผลการศึกษาค่า THMs ในน้ำประปาผิวดินจากระบบประปาในจังหวัดสุรินทร์แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 สารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาผิวดินในจังหวัดสุรินทร์

THMs	จุดจ่ายน้ำ				จุดบ้านผู้ใช้				
	Min	Max	Mean	SD	Min	Max	Mean	SD	ข้อแนะนำ WHO (µg/L)
Chloroform (µg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	0.33	0.33	0	< 300
Bromodichloromethane (BDCM) (µg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	< 60
Dibromochloromathane (DBCM) (µg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	< 100
Bromoform (µg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	< 100
Trihalomethanes (sum of ratio)	0	0	0	0	0	0	0	0	≤ 1

4.1.4 สารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) ในน้ำประปาของจังหวัดบุรีรัมย์

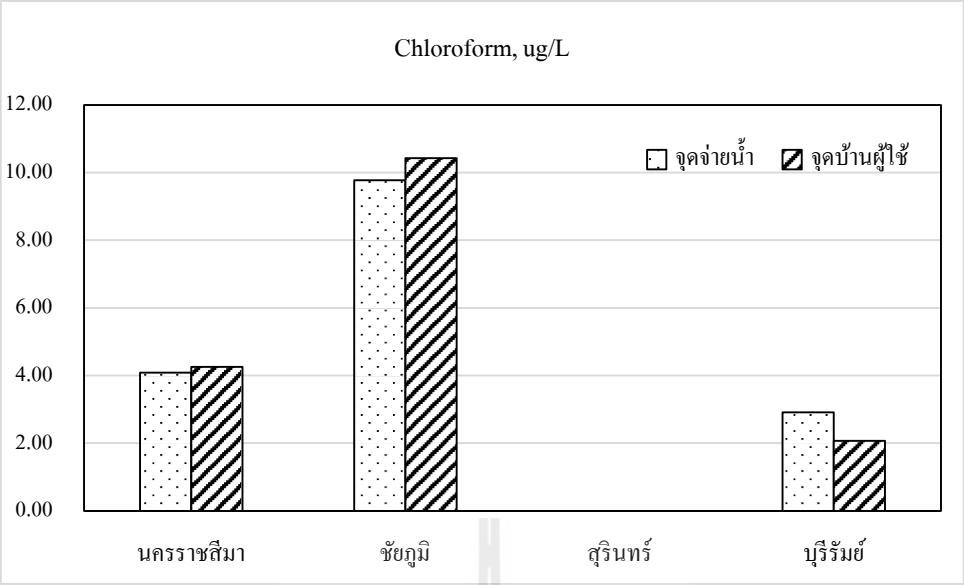
ผลการวิเคราะห์ Trihalomethanes (THMs) ในน้ำประปาผิวดินในจังหวัดบุรีรัมย์พบสาร Chloroform มีค่าสูงที่สุด บริเวณบ้านผู้ใช้น้ำ หมู่ที่ 2 บ้านทุ่งโพธิ์ต.ชุมแสง อ.นางรอง โดยมีค่าเท่ากับ 9.66 µg/L รองลงมาบริเวณเดียวกัน ณ จุดจ่ายน้ำประปามีค่าเท่ากับ 8.25 µg/L ตามลำดับ สำหรับสาร Bromodichloromethane (BDCM) ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.57 และ 1.16 µg/L ตามลำดับ สาร Dibromochloromathane (DBCM) ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.60 และ 0.85 µg/L ตามลำดับ ส่วนสาร Bromoform ไม่พบในน้ำตัวอย่าง สำหรับค่า Trihalomethanes (sum of ratio)ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในช่วง 0-0.15 และ 0-0.13 ตามลำดับ โดยสารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาผิวดินทั้งบริเวณจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้ทุกตัวอย่างในจังหวัดบุรีรัมย์มีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานน้ำดื่มตามค่าแนะนำขององค์การอนามัยโลก ปี 2006 ผลการศึกษาค่า THMs ในน้ำประปาผิวดินจากระบบประปาในจังหวัดบุรีรัมย์แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 สารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาผิวดินในจังหวัดบุรีรัมย์

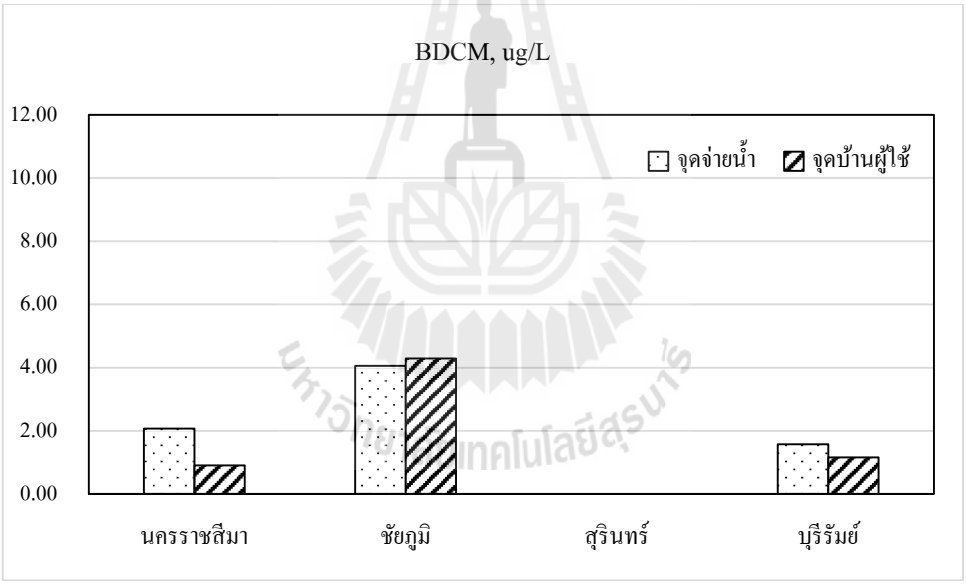
THMs	จุดจ่ายน้ำ				จุดบ้านผู้ใช้				
	Min	Max	Mean	SD	Min	Max	Mean	SD	ข้อแนะนำ WHO (µg/L)
Chloroform (µg/L)	ND	9.66	2.91	4.55	ND	8.25	2.07	3.51	< 300
Bromodichloromethane (BDCM) (µg/L)	ND	5.26	1.57	2.47	ND	4.64	1.16	1.95	< 60
Dibromochloromathane (DBCM) (µg/L)	ND	2.96	1.06	1.28	ND	2.85	0.85	1.15	< 100
Bromoform (µg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	< 100
Trihalomethanes (sum of ratio)	0.00	0.15	0.05	0.07	0.00	0.13	0.03	0.06	≤ 1

4.1.5 สารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) ในน้ำประปาผิวดินและอภิปรายผล

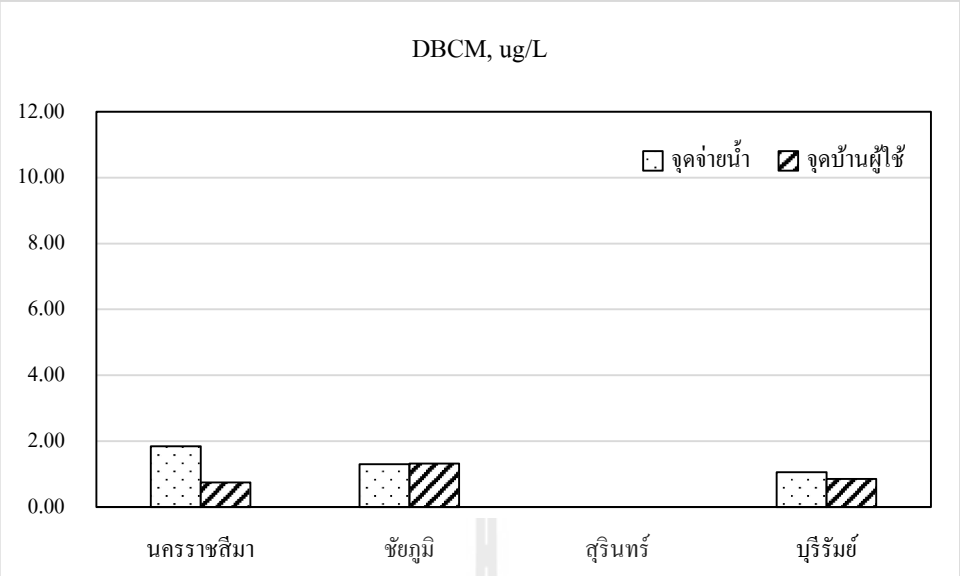
จากผลการวิเคราะห์สารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) ในน้ำประปาผิวดินโดยพิจารณาจากสาร THMs แต่ละชนิดในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้ของระบบประปาผิวดินทั้ง 4 จังหวัดพบว่า สาร Chloroform มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในจังหวัดชัยภูมิโดยค่าเฉลี่ยในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าใกล้เคียงกัน รองลงมาได้แก่ระบบประปาในจังหวัดนครราชสีมา ตามลำดับ รายละเอียดดังรูปที่ 4.1 สำหรับสาร Bromodichloromethane (BDCM) พบในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในระบบประปาของจังหวัดชัยภูมิรองลงมาได้แก่น้ำในระบบประปาจังหวัดนครราชสีมา รายละเอียดดังรูปที่ 4.2 สาร Dibromochloromathane (DBCM) พบในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำในจังหวัดนครราชสีมามากที่สุด รองลงมาเป็นน้ำประปาในจังหวัดชัยภูมิ รายละเอียดดังรูปที่ 4.3 มีส่วนสาร Bromoform ไม่พบในน้ำประปาผิวดินในทุกจังหวัด สำหรับค่า Trihalomethanes (sum of ratio)ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำดื่มตามค่าแนะนำขององค์การอนามัยโลก ปี 2006 สำหรับสาร Chloroform ในการศึกษานี้มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในจังหวัดชัยภูมิโดยมีค่าอยู่ในช่วง nd-28.67 และ nd-30.53µg/L ในบริเวณจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในประเทศต่างๆ ที่พบสารChloroform ในน้ำประปามากที่สุดโดยการศึกษาของ Wang et al (2007) ที่ได้ทำการศึกษาสาร Chloroformในน้ำดื่มจากระบบประปาในประเทศแคนาดาและกรุงปักกิ่ง ประเทศจีน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 33.87 และ 3.01 µg/Lตามลำดับ และการศึกษาของ Lee et al (2001) ทำการศึกษาค่า THMs ในน้ำประปาของประเทศเกาหลี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.22 µg/L โดยในการศึกษาของ Legacy et al (2011) พบสารChloroform ในน้ำประปาประเทศแคนาดามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 14.1-155.9 µg/Lและพบสาร DBCM มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.21-3.34 µg/Lทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของสาร THMs ในน้ำประปาประกอบด้วยวิธีการในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำโดยเฉพาะการใช้สารคลอรีน คลอรีนคงค้าง ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำที่หลงเหลืออยู่ (Natural Organic Matters, NOMs) ค่า Total Organic Carbon (TOC) โดยจากการศึกษาของ Ye et al. (2009) ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสาร THMs ในน้ำประปา ผลการศึกษาพบว่าค่าคลอรีนคงค้างในน้ำและค่า TOC มีผลต่อการเกิดของสารพลอยได้จากการฆ่าเชื้อโรคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = 0.26$, $p < 0.01$)



รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสาร Chloroform ในระบบประปาผิวดินของ 4 จังหวัดที่ศึกษา



รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสาร Bromodichloromethane (BDCM) ในระบบประปาผิวดินของ 4 จังหวัดที่ศึกษา



รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสาร Dibromochloromathane (DBCM) ในระบบประปาผิวดินของ 4 จังหวัดที่ศึกษา

4.2 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการอุปโภคบริโภคน้ำประปาผิวดิน

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนที่อุปโภคบริโภคน้ำประปาชุมชน เป็นการประเมินเชิงปริมาณแบบจุด (Deterministic risk assessment) โดยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาปริมาณหรือหาค่าการได้รับสัมผัสสารเคมี (Dose of exposure) และประเมินผลกระทบต่อสุขภาพตามระยะเวลาของการได้รับโดยแบ่งการประเมินเป็นความเสี่ยงที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Non cancer risk, acute high exposure with high dose) และการประเมินความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Cancer risk, chronic exposure with low dose) โดยสารเคมีกลุ่ม THMs ในน้ำประปาจะทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพทั้งสองประเภทโดยพิจารณาเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านการดื่มกิน (Oral ingestion) ผ่านผิวหนัง (Dermal absorption) และผ่านการหายใจเข้าไป (Inhalation exposure route) โดยผลรวมสะสมของความเสี่ยงต่อสุขภาพที่เกิดขึ้นทำการประเมินโดยใช้ค่าความเข้มข้นของสารที่อ้างอิงต่อความเข้มข้นของสารในตัวอย่างน้ำ (RfD/C) หรือค่า slope factor โดยผลรวมของการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของสารกลุ่ม THMs จะพิจารณาทั้งสามเส้นทางการได้รับสัมผัส สำหรับสารกลุ่มโลหะหนักทำการประเมินความเสี่ยงที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Non cancer risk, acute high exposure with high dose) และศึกษาเฉพาะเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านจากการบริโภคเท่านั้น ในการศึกษานี้สารกลุ่ม THMs ทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพเฉพาะระบบประปาผิวดินเท่านั้น เนื่องจากมีการใช้สารคลอรีนในการฆ่าเชื้อโรค โดยจากการสำรวจระบบประปาบาดาลในการศึกษานี้

ไม่มีการใช้สารเคมีในการฆ่าเชื้อโรค ดังนั้นผลการวิเคราะห์ของสาร THMs ในแต่ละชนิดจำนวน 17 แห่ง ใช้ในการศึกษาการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพแสดงดังตารางที่ 4.6

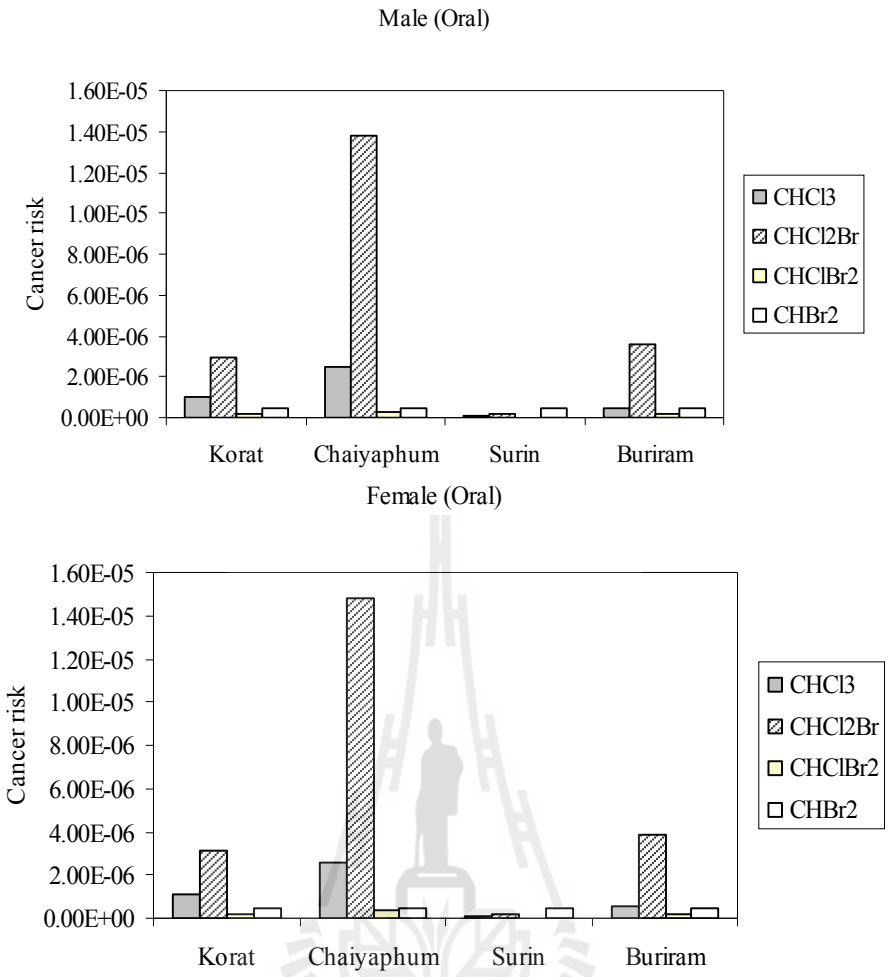
ตารางที่ 4.6 สารกลุ่ม THMs ในน้ำประปาผิวดินที่ใช้ในการศึกษาการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

No.	จังหวัด	ตำบล	Chloroform ($CHCl_3$) (µg/L)	BDCM ($CHCl_2Br$) (µg/L)	DBCM, $CHBr_2Cl$ (µg/L)	Bromoform, $CHBr_3$ (µg/L)	Total THMs (µg/L)	THMs (sum of ratio)
1	นครราชสีมา	สีสุก อ.จักราช	0.84	0.06	<0.15	<1.50	2.55	0
2		ดอนใหญ่ อ.คง	11.64	4.30	3.11	<1.50	20.55	0.14
3		โคกสูง อ.เมือง	8.26	<0.05	<0.15	<1.50	9.96	0.03
4		มาบเอื้อง อ.เมือง	0.39	<0.05	<0.15	<1.50	2.09	0
5		แชะ อ.ครบุรี	<0.17	<0.05	<0.15	<1.50	1.87	0
6	ชัยภูมิ	ห้วยแย้ อ.หนองบัวระเหว	0.58	<0.05	<0.15	<1.50	2.28	0
7		ช่องสามหมอ อ.คอนสวรรค์	30.53	12.77	3.66	<1.50	48.46	0.35
8		หนองบัวโคก อ.จตุรัส	<0.17	<0.05	<0.15	<1.50	1.87	0
9	สุรินทร์	ตากูก อ.เขวสินรินทร์	0.33	<0.05	<0.15	<1.50	2.03	0
10		บ้านผือ อ.จอมพระ	<0.17	<0.05	<0.15	<1.50	1.87	0
11		แกใหญ่ อ.เมือง	<0.17	<0.05	<0.15	<1.50	1.87	0
12		หมื่นสี อ.สำโรงทาบ	<0.17	<0.05	<0.15	<1.50	1.87	0
13	บุรีรัมย์	ชุมแสง อ.นางรอง	8.25	4.64	2.85	<1.50	17.24	0.13
14		หนองแวง อ.ละหานทราย	<0.17	0.36	0.76	<1.50	2.79	0.01
15		ช่อผกา อ.ชำนิ	<0.17	<0.05	<0.15	<1.50	1.87	0
16		หนองแวง อ.ละหานทราย	1.6	0.51	0.33	<1.50	3.94	0.02
17		โกรกแก้ว อ.โนนสุวรรณ	<0.17	<0.05	<0.15	<1.50	1.87	0

4.2.1 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งตลอดช่วงชีวิตผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสแต่ละเส้นทาง (Life Time Cancer Risk for THMs in Multi-Pathway Exposure Route)

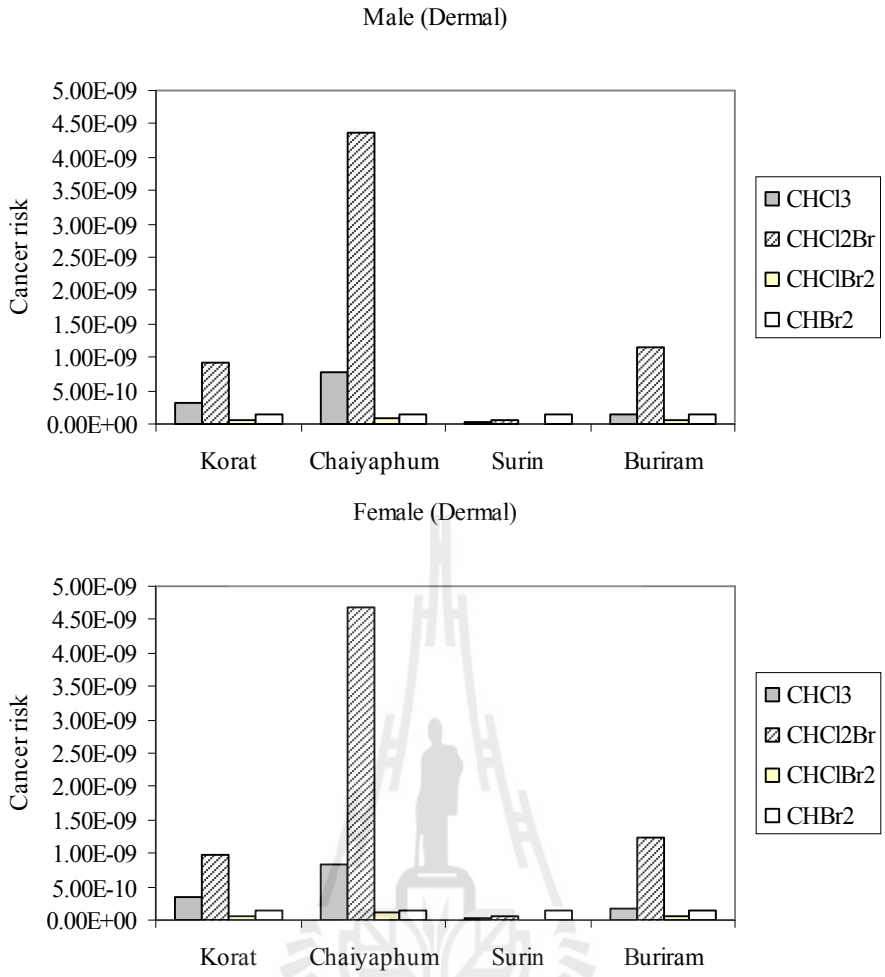
ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและเพศหญิงผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านการดื่มกิน ผ่านผิวหนัง และหายใจ (Multi-pathway cancer risk assessment) ในน้ำประปาในจุดบ้านของผู้ใช้น้ำของสารกลุ่ม THMs ในจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ สุรินทร์ และบุรีรัมย์ แสดงดังรูปที่ 4.4, 4.5 และ 4.6 ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและเพศหญิงพบมากที่สุดผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านการดื่มกิน รองลงมาได้แก่ผ่านทางผิวหนังและผ่านทางหายใจ ตามลำดับ โดยพบว่าเพศหญิงมีความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งจากการบริโภคน้ำที่มีสารกลุ่ม THMs มากกว่าเพศชายซึ่งพิจารณาจากผลรวมการประเมินทั้งสามเส้นทางการได้รับสัมผัส จากผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพสารกลุ่ม THMs ทั้งหมดพบว่าค่าการประเมินของสาร Dichlorobromomethane ($CHCl_2Br$) พบค่าสูงที่สุดเท่ากับ 4.11×10^{-5} ผ่านเส้นทางการดื่มกิน ที่บ้านช่องสามหมอ จังหวัดชัยภูมิ

สำหรับสาร Chloroform ($CHCl_3$) พบว่าค่าการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งสูงที่สุดเท่ากับ 7.13×10^{-6} ผ่านเส้นทางการดื่มกิน ที่บ้านช่องสามหมอ จังหวัดชัยภูมิ รองลงมาได้แก่ที่บ้านดอนใหญ่ จังหวัดนครราชสีมาโดยมีค่าความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งเท่ากับ 2.72×10^{-6} สาร Dichlorobromomethane ($CHCl_2Br$) พบค่าความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งสูงที่สุดเท่ากับ 4.11×10^{-5} ผ่านเส้นทางการดื่มกิน ที่บ้านช่องสามหมอ จังหวัดชัยภูมิ รองลงมาได้แก่ที่บ้านดอนใหญ่ จังหวัดนครราชสีมาโดยมีค่าความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งเท่ากับ 1.38×10^{-5} ในการศึกษานี้พบค่าความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งของสาร Dichlorobromomethane และ Chloroform เฉพาะน้ำประปาในระบบประปาช่องสามหมอ จังหวัดชัยภูมิ และบ้านดอนใหญ่ จังหวัดนครราชสีมาเท่านั้นที่เกินค่าที่ยอมรับได้ขององค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา ที่กำหนดระดับความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งมีค่าไม่เกิน 1×10^{-6} ในทุกเส้นทางการได้รับสัมผัส สำหรับเส้นทางการได้รับสัมผัสสารกลุ่ม THMs ทางผิวหนังในทุกตัวอย่างมีค่าไม่เกินค่าที่ยอมรับได้ขององค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา เมื่อพิจารณาจากสารกลุ่ม THMs ทั้งหมดพบว่าค่าเฉลี่ยของการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งมีค่าสูงที่สุดในสาร Dichlorobromomethane ($CHCl_2Br$) รองลงมาได้แก่สาร Chloroform ($CHCl_3$), Chlorodibromomethane ($CHClBr_2$) และ Bromoform ($CHBr_3$) ตามลำดับ

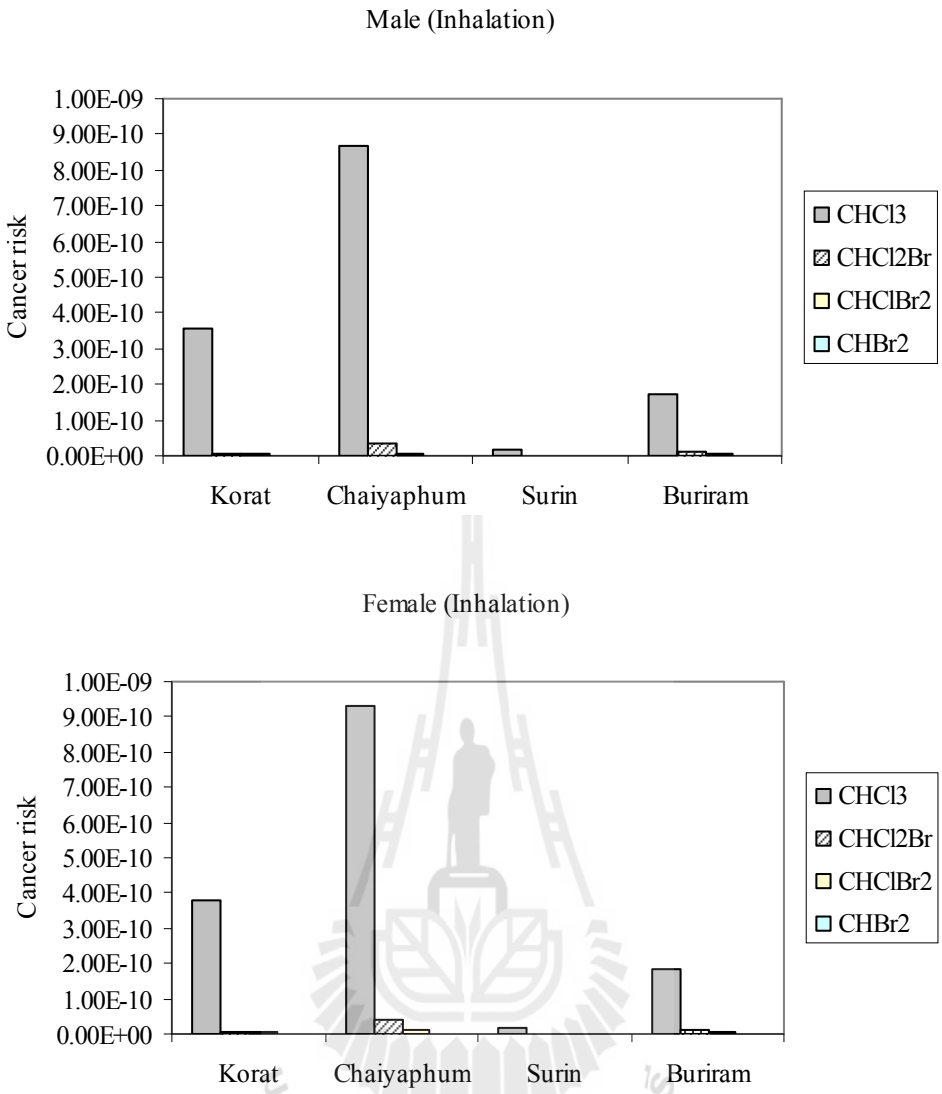


รูปที่ 4.4 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและหญิงผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านการดื่มกิน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.5 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและหญิงผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านทางผิวหนัง



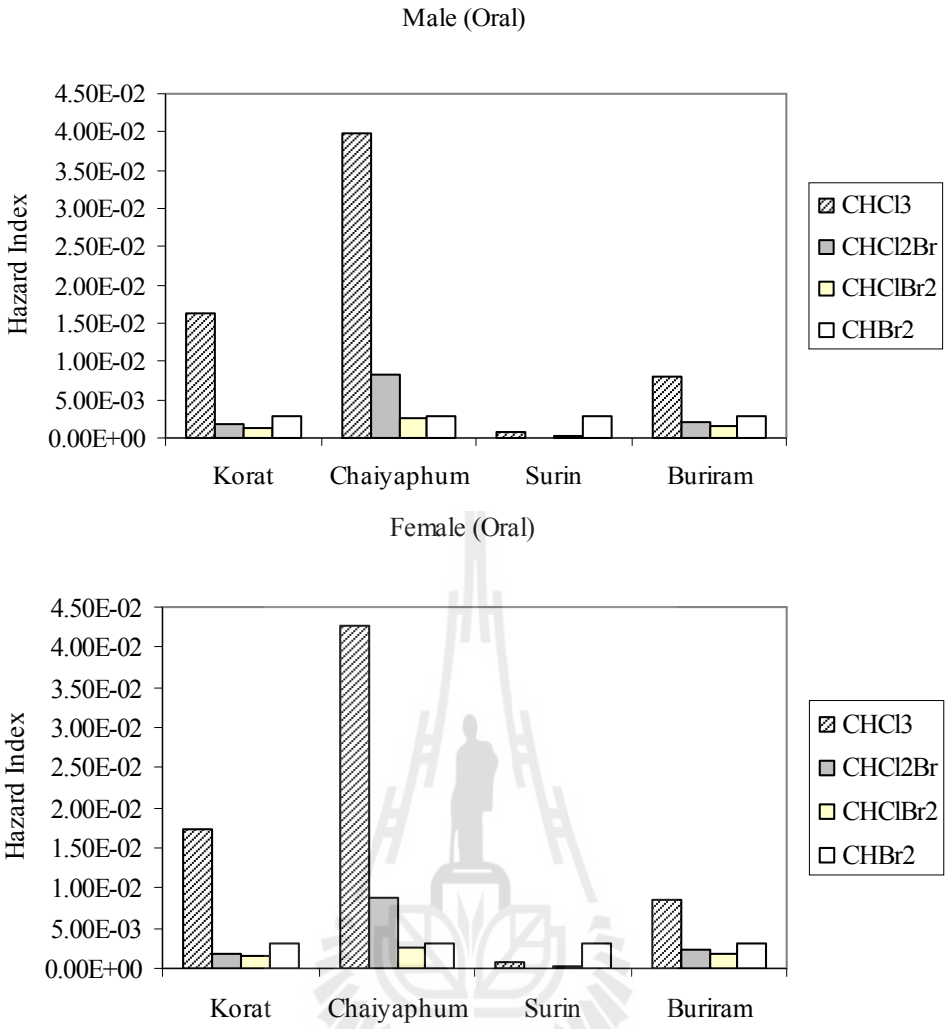
รูปที่ 4.6 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและหญิงผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านทางหายใจ

4.2.2 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งเส้นทางการได้รับสัมผัสแต่ละเส้นทาง (Non Carcinogenic risk for THMs in Multi-Pathway Exposure Route)

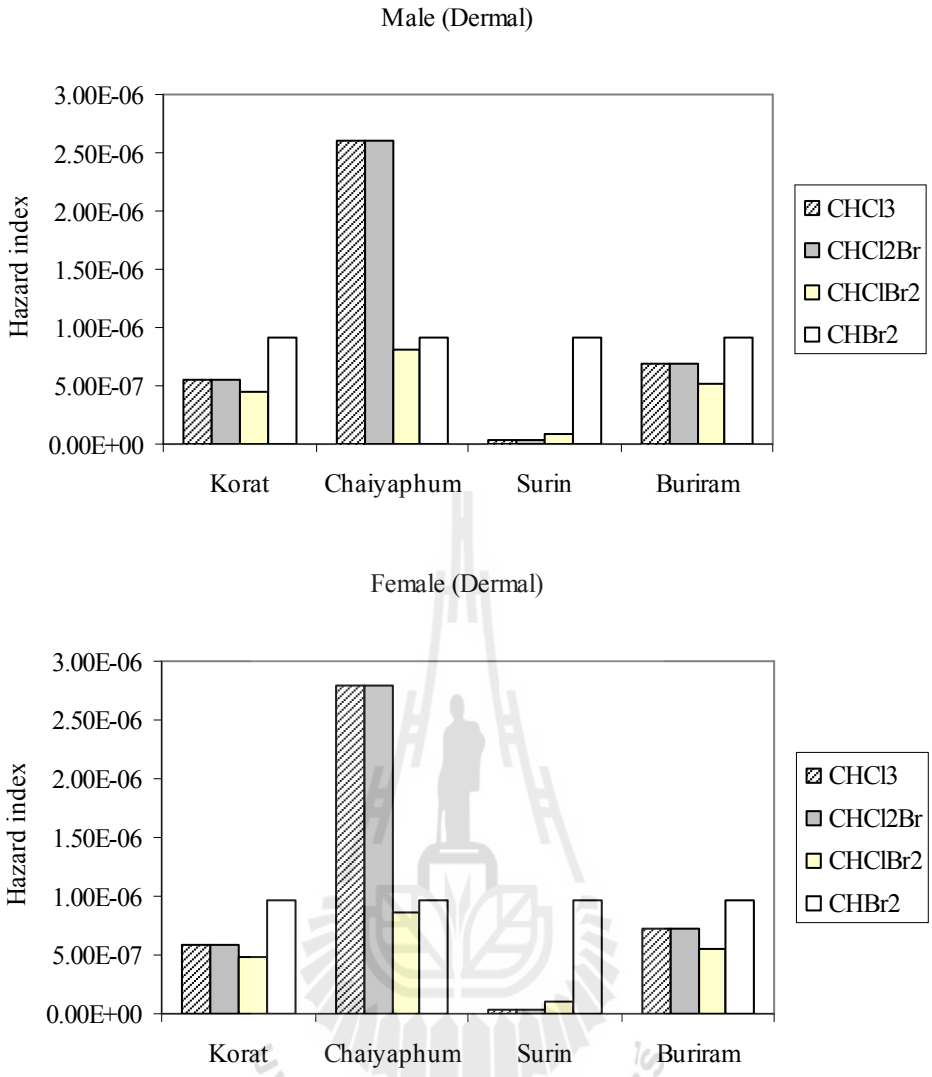
การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งทำการประเมินค่าความเสี่ยงรวม (Hazard indexes, HI) ทั้งสามเส้นทางการได้รับสัมผัสสารกลุ่ม THMs โดยทำการประเมินทั้งเพศหญิงและเพศชาย ผลการประเมินแสดงดังรูปที่ 4.7 4.8 และ 4.9

ผลการศึกษาพบว่าค่าความเสี่ยงสูงที่สุดในเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านทางปาก โดยค่าความเสี่ยงสูงที่สุดพบในสาร $CHCl_3$ มีค่า HI เท่ากับ 0.11 รองลงมาได้แก่ สาร $CHClBr_2$ มีค่า HI เท่ากับ 0.007 ในพื้นที่บ้านช่อสามหมอ จังหวัดชัยภูมิ โดยค่าความเสี่ยงของสาร $CHCl_3$ ในเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านทางปาก มีค่าอยู่ในช่วง 0.0006 to 0.11 โดยการศึกษานี้พบว่าเพศหญิงมีค่าค่าความเสี่ยงรวมได้รับสัมผัสสารกลุ่ม THMs มากกว่าเพศชาย อย่างไรก็ตามค่าความเสี่ยงจากการได้รับสัมผัสสารกลุ่ม THMsในการศึกษานี้มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงให้เห็นถึงปริมาณ THMs โดยเฉลี่ยที่ร่างกายได้รับอยู่ในเกณฑ์ความเสี่ยงที่ยอมรับได้และยังปลอดภัยต่อผู้บริโภค

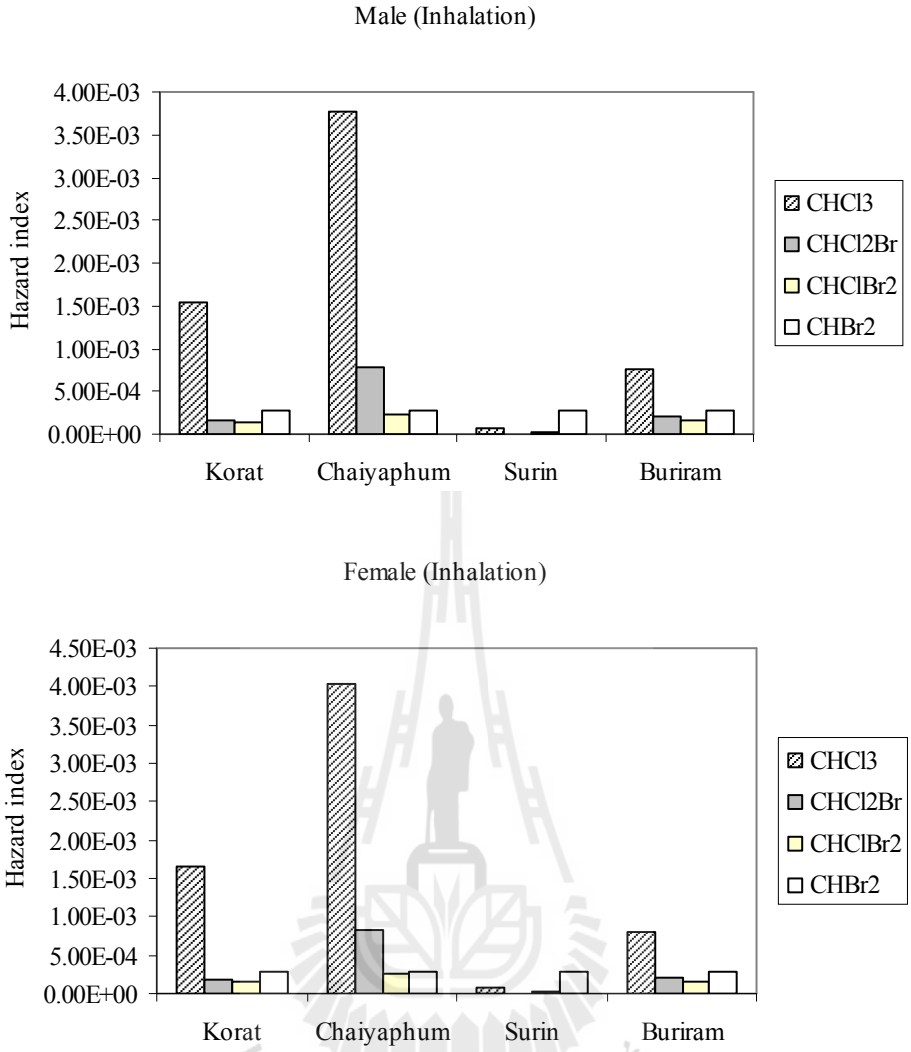
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.7 ค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพ (HI) ที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและหญิงผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านทางปาก



รูปที่ 4.8 ค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพ (HI) ที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและหญิงผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านทางผิวหนัง



รูปที่ 4.9 ค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพ (HI) ที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและหญิงผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านทางการหายใจ

4.2.3 ผลรวมของความเสี่ยงต่อสุขภาพของสารที่ก่อมะเร็งและค่าความเสี่ยงทั้งหมดของสาร THMs ที่ก่อให้เกิดมะเร็งเส้นทางการได้รับสัมผัสแต่ละเส้นทาง (Total Cancer Risk and Hazard Index for THMs in Multi-Pathway Exposure Route)

ผลรวมของความเสี่ยงต่อสุขภาพของสารที่ก่อมะเร็งและค่าความเสี่ยงทั้งหมดของสาร THMs ที่ก่อให้เกิดมะเร็งเส้นทางการได้รับสัมผัสแต่ละเส้นทางแสดงดังตารางที่ 4.7 ผลการศึกษาพบว่าเส้นทางการได้รับสัมผัสสารกลุ่ม THMs ผ่านทางปากเป็นเส้นทางหลักที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อ

สุขภาพของประชาชน โดยเพศชายที่มีค่าความเสี่ยงเฉลี่ยรวมสารที่ก่อมะเร็งสูงกว่าค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้พบในพื้นที่บ้านช่องสามหมอ จังหวัดชัยภูมิ บ้านดอนใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา (2 ใน 17 แห่ง) และเพศหญิงที่มีค่าความเสี่ยงเฉลี่ยรวมสารที่ก่อมะเร็งสูงกว่าค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้พบในพื้นที่บ้านช่องสามหมอ จังหวัดชัยภูมิ บ้านดอนใหญ่ โคกสูง จังหวัดนครราชสีมา บ้าน ชุมแสง อ.ปากช่อง (4 ใน 17 แห่ง) สำหรับค่าความเสี่ยงของสารไม่ก่อมะเร็ง (HI) ในการศึกษานี้มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงให้เห็นถึงปริมาณ THMs โดยเฉลี่ยที่ร่างกายได้รับอยู่ในเกณฑ์ความเสี่ยงที่ยอมรับได้

ตารางที่ 4.7 ค่าความเสี่ยงของสารที่ก่อมะเร็ง (Total cancer risk) และ ค่าความเสี่ยง (HI)

หมายเลข	จังหวัด	ตำบล	Total Cancer risk		Total HI	
			เพศชาย	เพศหญิง	เพศชาย	เพศหญิง
1	นครราชสีมา	สีสุก อ.จักราช	8.80E-07	3.14E-06	7.11E-03	7.60E-03
2		ดอนใหญ่ อ.คง	**1.78E-05**	**3.99E-05**	6.75E-02	7.22E-02
3		โคกสูง อ.เมือง	2.58E-06	**1.46E-05**	3.82E-02	4.09E-02
4		มาบเอื้อง อ.เมือง	7.42E-07	2.40E-06	5.20E-03	5.56E-03
5		แชะ อ.ครบุรี	6.91E-07	2.06E-06	4.28E-03	4.57E-03
6	ชัยภูมิ	ห้วยแย้ อ.หนองบัวระเหว	7.87E-07	2.70E-06	6.00E-03	6.41E-03
7		ช่องสามหมอ อ.คอนสวรรค์	**4.96E-05**	**1.04E-04**	1.66E-01	1.77E-01
8		หนองบัวโคก อ.จตุรัส	6.91E-07	2.06E-06	4.28E-03	4.57E-03
9	สุรินทร์	ตากูก อ.เขวสินรินทร์	7.28E-07	2.31E-06	4.95E-03	5.29E-03
10		บ้านผือ อ.จอมพระ	6.91E-07	2.06E-06	4.28E-03	4.57E-03
11		แกใหญ่ อ.เมือง	6.91E-07	2.06E-06	4.28E-03	4.57E-03
12		หมื่นสี อ.สำโรงทาบ	6.91E-07	2.06E-06	4.28E-03	4.57E-03
13	บุรีรัมย์	ชุมแสง อ.นางรอง	1.80E-05	**3.58E-05**	5.35E-02	5.72E-02
14		หนองแวง อ.ละหานทราย	1.83E-06	3.88E-06	6.21E-03	6.64E-03
15		ช่อผกา อ.ชำนิ	6.91E-07	2.06E-06	4.28E-03	4.57E-03
16		หนองแวง อ.ละหานทราย	2.55E-06	6.32E-06	1.16E-02	1.24E-02
17		โกรกแก้ว อ.โนนสุวรรณ	6.91E-07	2.06E-06	4.28E-03	4.57E-03

4.2.4 อภิปรายผลการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากการอุปโภคบริโภคน้ำที่มีสารกลุ่ม THMs

ในการศึกษานี้การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งของสารกลุ่ม THMs พบมากที่สุดผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านการดื่มกิน รองลงมาได้แก่ผ่านทางผิวหนังและผ่านทางหายใจตามลำดับสอดคล้องกับการศึกษาของ Wang et al (2007) ที่การได้รับสัมผัสสาร THMs ในประปาประเทศแคนาดาและจีน ผ่านการดื่มกินมากกว่าอีก 2 เส้นทางทั้งทางการหายใจและผิวหนัง และยังพบเพศหญิงมีความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งจากการบริโภคน้ำที่มีสารกลุ่ม THMs มากกว่าเพศชายเช่นเดียวกัน และการศึกษาของ Karim et al (2011) พบการได้รับสัมผัสสาร THMs ในน้ำประปาประเทศปากีสถานผ่านทางการดื่มกินมากที่สุดเช่นกัน อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Nazir and Khan (2006) พบว่าเส้นทางการได้รับสัมผัสของสาร THMs พบมากที่สุดจากการหายใจรองลงมาจากผิวหนัง โดยจากการอาบน้ำฝักบัวทำให้สาร THMs มีการระเหยและผู้สัมผัสหายใจเข้าไปรวมถึงสัมผัสผ่านผิวหนังขณะอาบน้ำเช่นกัน โดยการดื่มน้ำจะมีอากาศสัมผัสสาร THMs ผ่านการกินมากที่สุด

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพสารกลุ่ม THMs ทั้งหมดพบว่าค่าการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งของสาร Dichlorobromomethane พบค่าสูงที่สุดเท่ากับ 4.11×10^{-5} และ Chloroform ($CHCl_3$) มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 7.13×10^{-6} ผ่านเส้นทางการดื่มกิน ที่บ้านช่องสามหมอ จังหวัดชัยภูมิ โดยการศึกษานี้พบค่าความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งของสาร Dichlorobromomethane และ Chloroform เฉพาะน้ำประปาในระบบประปาช่องสามหมอ จังหวัดชัยภูมิ และบ้านดอนใหญ่ จังหวัดนครราชสีมาเท่านั้นที่เกินค่าที่ยอมรับได้ขององค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกาที่กำหนดระดับความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งมีค่าไม่เกิน 1×10^{-6} ซึ่งในการศึกษาของ Wang et al (2007) พบค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งของสาร THMs มีค่าเท่ากับ 2.76×10^{-5} (เพศชาย) และ 3.05×10^{-5} (เพศหญิง) ในประเทศจีน ในขณะที่พบสาร THMs มีค่าเท่ากับ 4.33×10^{-5} (เพศชาย) และ 4.78×10^{-5} (เพศหญิง) ในประเทศแคนาดา โดยการศึกษาของ Legay et al (2011) พบว่าในบางพื้นที่ของน้ำประปาในประเทศแคนาดามีค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งมากกว่า $\times 10^{-4}$ สำหรับการศึกษาของ Karim et al (2011) พบค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งเท่ากับ 8.84×10^{-2} จากการได้รับสัมผัสสาร THMs ในน้ำประปาผ่านการดื่มกินในประเทศปากีสถาน อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งทำการประเมินค่าความเสี่ยงรวม (Hazard indexes, HI) ทั้งสามเส้นทางการได้รับสัมผัสสารกลุ่ม THMs พบว่าค่าความเสี่ยงมีค่าน้อยกว่า 1 ซึ่งแสดงว่าปริมาณ THMs โดยเฉลี่ยที่ร่างกายได้รับต่อวันอยู่ในเกณฑ์ความเสี่ยงที่ยอมรับได้

4.3 ผลการศึกษาของสารกลุ่มโลหะหนัก

การวิเคราะห์สารกลุ่มโลหะหนักในการศึกษาประกอบด้วยสาร แคดเมี่ยม (Cd) ตะกั่ว (Pb) เหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) แมงกานีส (Mn) สารปรอท (Hg) และสารหนู (As) โดยทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ รวมทั้งหมด 52 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นตัวอย่างน้ำของจังหวัดนครราชสีมา 18 ตัวอย่าง จังหวัดชัยภูมิ 10 ตัวอย่าง จังหวัดบุรีรัมย์ 14 ตัวอย่าง และจังหวัดสุรินทร์ 10 ตัวอย่าง โดยทำการเก็บตัวอย่างในแต่ละระบบประปาทั้งหมด 2 จุด ได้แก่ แหล่งน้ำดิบ และปลายท่อบ้านผู้ใช้น้ำ หรือก๊อกน้ำ โดยในการศึกษานี้ไม่พบสารตะกั่ว (Pb) สารปรอท (Hg) และสารหนู (As) ในทุกน้ำตัวอย่าง รายละเอียดผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของสารกลุ่มโลหะหนัก แสดงดัง**ภาคผนวก ข** ซึ่งผลการศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.3.1 สารกลุ่มโลหะหนักในน้ำประปาในจังหวัดนครราชสีมา

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาผิวดินจังหวัดนครราชสีมาพบว่า สารแคดเมี่ยมในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ย 0.05 และ 0.02 mg/L โดยมีไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของแคดเมี่ยมในแหล่งน้ำและน้ำประปาดื่มได้ไม่เกิน 0.05 และ 0.003 mg/L) สารตะกั่ว ไม่พบในตัวอย่างน้ำทั้งหมด สารเหล็ก (Fe) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.77 และ 1.66 mg/L โดยที่บริเวณบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยของเหล็กสูงกว่ามาตรฐาน 3.3 เท่า (ค่ามาตรฐานของเหล็กในประปาดื่มได้ไม่เกิน 0.5 mg/L) สังกะสี (Zn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.2 และ 0.28 mg/L โดยมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของสังกะสีในแหล่งน้ำและน้ำประปาดื่มได้ไม่เกิน 1 และ 3 mg/L) และแมงกานีส (Mn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.087 และ 0.212 mg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของแมงกานีสในแหล่งน้ำและน้ำประปาดื่มได้ไม่เกิน 1 และ 0.3 mg/L) และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของโลหะหนักในจุดเก็บตัวอย่างในแหล่งน้ำและจุดที่บ้านผู้ใช้พบว่าส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยในจุดเก็บตัวอย่างมีค่าลดลง ยกเว้นสังกะสีและแมงกานีสมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำพิจารณาจากมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภท 2-4 ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) และมาตรฐานคุณภาพน้ำที่บ้านผู้ใช้พิจารณาจากเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ กรมอนามัย พ.ศ. 2553 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาน้ำผิวดินจังหวัดนครราชสีมาแสดงดังตารางที่ 4.8

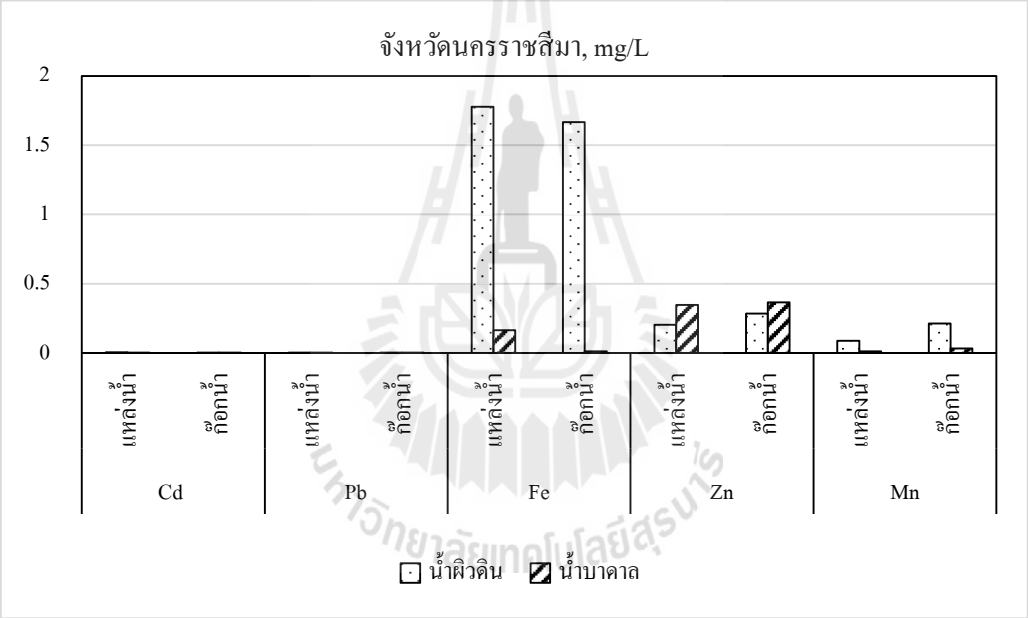
ตารางที่ 4.8 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาน้ำผิวดินจังหวัดนครราชสีมา

ดัชนี	จุดแหล่งน้ำ (mg/L)					จุดบ้านผู้ใช้ (mg/L)				
	Cd	Pb	Fe	Zn	Mn	Cd	Pb	Fe	Zn	Mn
Min	0.002	0.000	0.000	0.000	0.030	0.000	0.000	0.043	0.000	0.060
Max	0.007	0.000	6.167	0.811	0.173	0.008	0.000	6.231	0.725	0.506
Mean	**0.005**	**0.000**	**1.777**	**0.203**	**0.087**	**0.002**	**0.000**	**1.668**	**0.285**	**0.212**
SD	0.002	0.000	2.937	0.406	0.062	0.004	0.000	3.044	0.317	0.204
ค่ามาตรฐาน	**0.050**	**0.050**	**-**	**1.000**	**1.000**	**0.003**	**0.030**	**0.500**	**3.000**	**0.300**

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาบาดาลจังหวัดนครราชสีมาพบว่า สารแคดเมี่ยมในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ย 0.003 และ 0.003 mg/L โดยมีไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของแคดเมี่ยมในแหล่งน้ำและน้ำประปาดื่มได้ไม่เกิน 0.003 mg/L) สารตะกั่วไม่พบในตัวอย่างน้ำทั้งหมด สารเหล็ก (Fe) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.164 และ 0.012 mg/L (ค่ามาตรฐานของเหล็กในประปาดื่มได้ไม่เกิน 0.5 mg/L) สังกะสี (Zn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.346 และ 0.366 mg/L โดยมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของสังกะสีในแหล่งน้ำและน้ำประปาดื่มได้ไม่เกิน 3 และ 5 mg/L) และแมงกานีส (Mn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.012 และ 0.033 mg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของแมงกานีสในแหล่งน้ำและน้ำประปาดื่มได้ไม่เกิน 0.5 และ 0.3 mg/L) และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของโลหะหนักในจุดเก็บตัวอย่างในแหล่งน้ำและจุดที่บ้านผู้ใช้พบว่าส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยในจุดเก็บตัวอย่างมีค่าลดลง ยกเว้นสังกะสีและแมงกานีสมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำพิจารณาจากมาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 20 (พ.ศ.2543) และมาตรฐานคุณภาพน้ำที่บ้านผู้ใช้พิจารณาจากเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ กรมอนามัย พ.ศ. 2553 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาบาดาลจังหวัดนครราชสีมาแสดงดังตารางที่ 4.9 และสารกลุ่มโลหะหนักในจุดแหล่งน้ำและก๊อกน้ำของระบบประปาผิวดินและประปาบาดาลในจังหวัดนครราชสีมาแสดงดังรูปที่ 4.10

ตารางที่ 4.9 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาบาดาลจังหวัดนครราชสีมา

ดัชนี	จุดแหล่งน้ำ (mg/L)					จุดบ้านผู้ใช้ (mg/L)				
	Cd	Pb	Fe	Zn	Mn	Cd	Pb	Fe	Zn	Mn
Min	0.000	0.000	0.000	0.265	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004
Max	0.008	0.000	0.636	0.424	0.019	0.005	0.000	0.026	0.651	0.095
Mean	**0.003**	**0.000**	**0.164**	**0.346**	**0.012**	**0.003**	**0.000**	**0.012**	**0.366**	**0.033**
SD	0.004	0.000	0.315	0.065	0.006	0.002	0.000	0.014	0.270	0.042
ค่ามาตรฐาน	**0.003**	**0.010**	**-**	**5.000**	**0.500**	**0.003**	**0.030**	**0.500**	**3.000**	**0.300**



รูปที่ 4.10 โลหะหนักในจุดแหล่งน้ำและก๊อกน้ำของระบบประปาผิวดินและประปาบาดาลในนครราชสีมา

4.3.2 สารกลุ่มโลหะหนักในน้ำประปาในจังหวัดชัยภูมิ

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาผิวดินจังหวัดชัยภูมิพบว่าสารแคดเมี่ยมในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ย 0.007 และ 0.005 mg/L โดยมีไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของแคดเมี่ยมในแหล่งน้ำและน้ำประปาดื่มได้ไม่เกิน 0.05 และ 0.003 mg/L) สารตะกั่วไม่พบในตัวอย่างน้ำทั้งหมด สารเหล็ก (Fe) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.17 และ

0.446 mg/L (ค่ามาตรฐานของเหล็กในประปาดื่มได้ไม่เกิน 0.5 mg/L) สังกะสี (Zn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.049 และ 0.836 mg/L โดยมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของสังกะสีในแหล่งน้ำและน้ำประปาดื่มได้ไม่เกิน 1 และ 3 mg/L) และแมงกานีส (Mn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.084 และ 0.111 mg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของแมงกานีสในแหล่งน้ำและน้ำประปาดื่มได้ไม่เกิน 1 และ 0.3 mg/L) และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของโลหะหนักในจุดเก็บตัวอย่างในแหล่งน้ำและจุดที่บ้านผู้ใช้พบว่าส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยในจุดเก็บตัวอย่างมีค่าลดลง ยกเว้นสังกะสีและแมงกานีสมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำพิจารณาจากมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภท 2-4 ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) และมาตรฐานคุณภาพน้ำที่บ้านผู้ใช้พิจารณาจากเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ กรมอนามัย พ.ศ. 2553 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาน้ำผิวดินจังหวัดชัยภูมิแสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาน้ำผิวดินจังหวัดชัยภูมิ

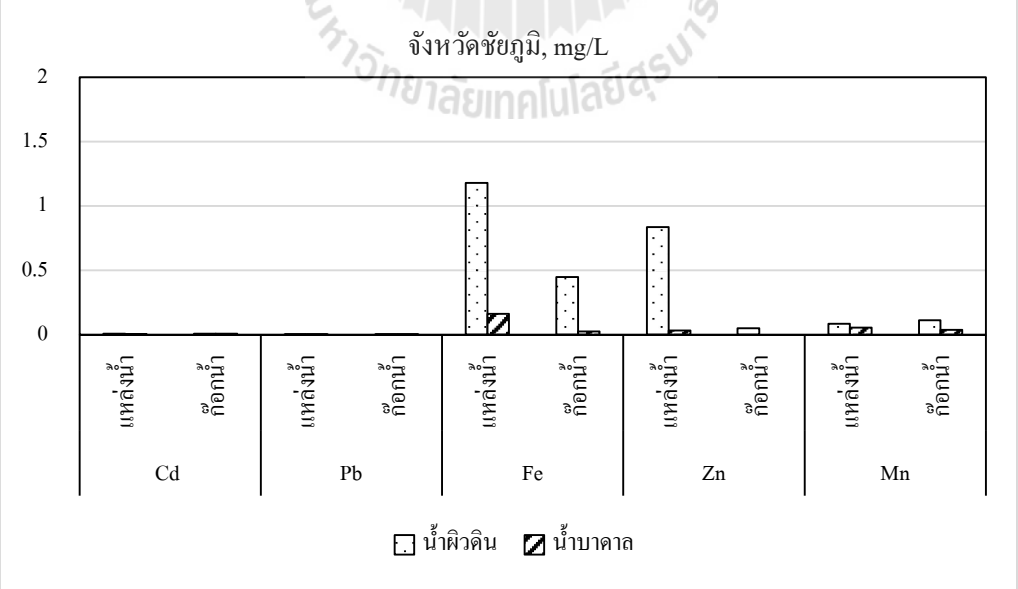
น้ำผิวดิน	แหล่งน้ำ (mg/L)					บ้านผู้ใช้ (mg/L)				
	Cd	Pb	Fe	Zn	Mn	Cd	Pb	Fe	Zn	Mn
Min	0.007	0.000	0.249	0.000	0.006	0.005	0.000	0.059	0.000	0.052
Max	0.008	0.000	2.832	0.147	0.162	0.006	0.000	1.036	1.632	0.207
Mean	**0.007**	**0.000**	**1.177**	**0.049**	**0.084**	**0.005**	**0.000**	**0.446**	**0.836**	**0.111**
SD	0.001	0.000	1.437	0.085	0.078	0.001	0.000	0.519	0.817	0.084
ค่ามาตรฐาน	**0.050**	**0.050**	**-**	**1.000**	**1.000**	**0.003**	**0.030**	**0.500**	**3.000**	**0.300**

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาบาดาลจังหวัดชัยภูมิ จำนวนตัวอย่างจากแหล่งน้ำในการศึกษานี้มีเพียงค่าเดียว โดยสารแคดเมี่ยมในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ย 0.006 และ 0.004 mg/L โดยมีเกินค่ามาตรฐาน 2 และ 1.33 เท่า (ค่ามาตรฐานของแคดเมี่ยมในแหล่งน้ำและน้ำประปาดื่มได้ไม่เกิน 0.003 mg/L) สารตะกั่วไม่พบในตัวอย่างน้ำทั้งหมด สารเหล็ก (Fe) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.25 และ 0.16 mg/L (ค่ามาตรฐานของเหล็กในประปาดื่มได้ไม่เกิน 0.5 mg/L) สังกะสี (Zn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.033 และ ไม่พบสังกะสีในจุดบ้านผู้ใช้ โดยสังกะสีมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของสังกะสีในแหล่งน้ำและน้ำประปาดื่มได้ไม่เกิน 3 และ 5 mg/L) และแมงกานีส (Mn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้าน

ผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.037 และ 0.053 mg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของแมงกานีสในแหล่งน้ำและน้ำประปาดื่มได้ไม่เกิน 0.5 และ 0.3 mg/L) โดยมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำพิจารณาจากมาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 20 (พ.ศ. 2543) และมาตรฐานคุณภาพน้ำที่บ้านผู้ใช้พิจารณาจากเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ กรมอนามัย พ.ศ. 2553 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาบาดาลจังหวัดชัยภูมิแสดงดังตารางที่ 4.11 และสารกลุ่มโลหะหนักในจุดแหล่งน้ำและก๊อกน้ำของระบบประปาผิวดินและประปาบาดาลในจังหวัดชัยภูมิแสดงดังรูปที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาบาดาลจังหวัดชัยภูมิ

น้ำใต้ดิน	บ้านผู้ใช้ (mg/L)				
	Cd	Pb	Fe	Zn	Mn
Min	0.006	0.000	0.003	0.000	0.000
Max	0.006	0.000	0.047	0.065	0.073
Mean	**0.006**	**0.000**	**0.025**	**0.033**	**0.037**
SD	0.000	0.000	0.031	0.046	0.052
ค่ามาตรฐาน	**0.010**	**0.050**	**0.500**	**5.000**	**0.300**



รูปที่ 4.11 โลหะหนักในจุดแหล่งน้ำและก๊อกน้ำของระบบประปาผิวดินและประปาบาดาลในชัยภูมิ

4.3.3 สารกลุ่มโลหะหนักในน้ำประปาในจังหวัดสุรินทร์

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาผิวดินจังหวัดนครราชสีมาพบว่า สารแคดเมี่ยมในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ย 0.005 และ 0.004 mg/L โดยมีไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของแคดเมี่ยมในแหล่งน้ำและน้ำประปาดื่มได้ไม่เกิน 0.05 และ 0.003 mg/L) สารตะกั่ว ไม่พบในตัวอย่างน้ำทั้งหมด สารเหล็ก (Fe) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.472 และ 0.359 mg/L โดยมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของเหล็กในประปาดื่มได้ไม่เกิน 0.5 mg/L) สังกะสี (Zn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.371 และ 0.060 mg/L โดยมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของสังกะสีในแหล่งน้ำและน้ำประปาดื่มได้ไม่เกิน 1 และ 3 mg/L) และแมงกานีส (Mn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.084 และ 0.076 mg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของแมงกานีสในแหล่งน้ำและน้ำประปาดื่มได้ไม่เกิน 1 และ 0.3 mg/L) และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของโลหะหนักในจุดเก็บตัวอย่างในแหล่งน้ำและจุดที่บ้านผู้ใช้พบว่าส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยในจุดเก็บตัวอย่างมีค่าลดลง โดยมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำพิจารณาจากมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภท 2-4 ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) และมาตรฐานคุณภาพน้ำที่บ้านผู้ใช้พิจารณาจากเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ กรมอนามัย พ.ศ. 2553 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาน้ำผิวดินจังหวัดสุรินทร์แสดงดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาผิวดินจังหวัดสุรินทร์

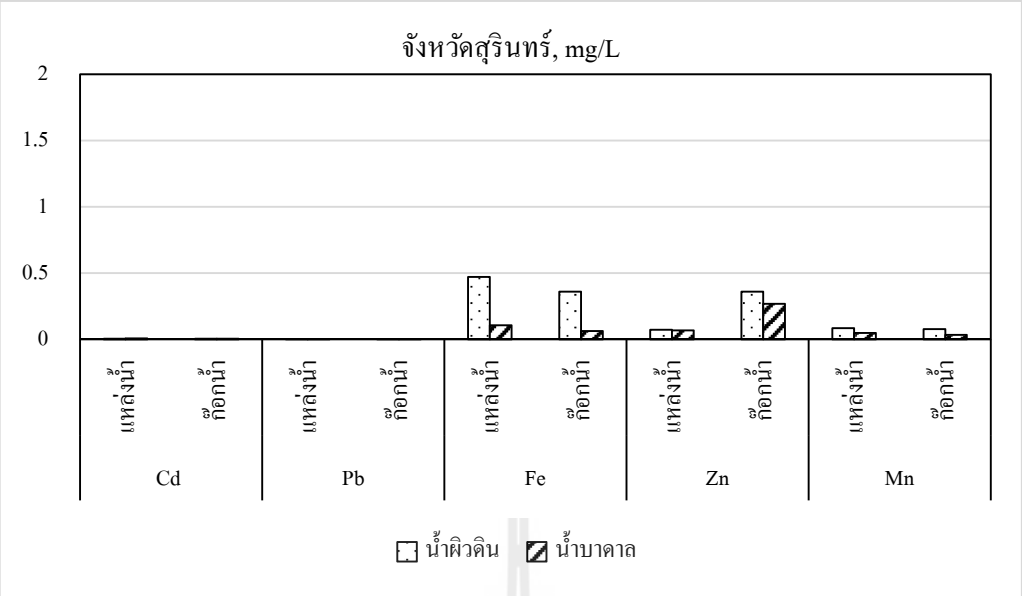
น้ำผิวดิน	แหล่งน้ำ (mg/L)					บ้านผู้ใช้ (mg/L)				
	Cd	Pb	Fe	Zn	Mn	Cd	Pb	Fe	Zn	Mn
Min	0.003	0.000	0.069	0.000	0.013	0.001	0.000	0.229	0.000	0.042
Max	0.008	0.000	0.891	0.286	0.113	0.007	0.000	0.553	1.060	0.111
Mean	**0.005**	**0.000**	**0.472**	**0.071**	**0.084**	**0.004**	**0.000**	**0.359**	**0.360**	**0.076**
SD	0.002	0.000	0.336	0.143	0.048	0.003	0.000	0.145	0.485	0.035
ค่ามาตรฐาน	**0.050**	**0.050**	**-**	**1.000**	**1.000**	**0.003**	**0.030**	**0.500**	**3.000**	**0.300**

สำหรับผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาบาดาลจังหวัดสุรินทร์พบว่า สารแคดเมี่ยมในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ย 0.007 และ 0.005 mg/L โดยมีค่าเกินค่ามาตรฐานจำนวน 2.3 และ 1.6 เท่าในจุดแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้ ตามลำดับ (ค่ามาตรฐานของ

แคดเมี่ยมในแหล่งน้ำและน้ำประปาดื่มได้ไม่เกิน 0.003 mg/L) สารตะกั่วไม่พบในตัวอย่างน้ำทั้งหมด สารเหล็ก (Fe) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.106 และ 0.062 mg/L (ค่ามาตรฐานของเหล็กในประปาดื่มได้ไม่เกิน 0.5 mg/L) สังกะสี (Zn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.067 และ 0.248 mg/L โดยมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของสังกะสีในแหล่งน้ำและน้ำประปาดื่มได้ไม่เกิน 3 และ 5 mg/L) และแมงกานีส (Mn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.047 และ 0.034 mg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของแมงกานีสในแหล่งน้ำและน้ำประปาดื่มได้ไม่เกิน 0.5 และ 0.3 mg/L) และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของโลหะหนักในจุดเก็บตัวอย่างในแหล่งน้ำและจุดที่บ้านผู้ใช้พบว่าส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยในจุดเก็บตัวอย่างมีค่าลดลง ยกเว้นสังกะสีมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำพิจารณาจากมาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 20 (พ.ศ.2543) และมาตรฐานคุณภาพน้ำที่บ้านผู้ใช้พิจารณาจากเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ กรมอนามัย พ.ศ. 2553 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาบาดาลจังหวัดสุรินทร์แสดงดังตารางที่ 4.13 และสารกลุ่มโลหะหนักในจุดแหล่งน้ำและก๊อกน้ำของระบบประปาผิวดินและประปาบาดาลในจังหวัดสุรินทร์แสดงดังรูปที่ 4.12

ตารางที่ 4.13 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาบาดาลจังหวัดสุรินทร์

น้ำใต้ดิน	แหล่งน้ำ (mg/L)					บ้านผู้ใช้ (mg/L)				
	Cd	Pb	Fe	Zn	Mn	Cd	Pb	Fe	Zn	Mn
Min	0.007	0.000	0.000	0.000	0.014	0.003	0.000	0.000	0.000	0.016
Max	0.007	0.000	0.260	0.201	0.098	0.006	0.000	0.120	0.642	0.048
Mean	**0.007**	**0.000**	**0.106**	**0.067**	**0.047**	**0.005**	**0.000**	**0.062**	**0.268**	**0.034**
SD	0.000	0.000	0.137	0.116	0.045	0.002	0.000	0.060	0.334	0.016503
ค่ามาตรฐาน	**0.003**	**0.010**	**-**	**5.000**	**0.500**	**0.010**	**0.050**	**0.500**	**5.000**	**0.300**



รูปที่ 4.12 โลหะหนักในจุดแหล่งน้ำและก๊อกน้ำของระบบประปาผิวดินและประปาบาดาลในสุรินทร์

4.3.4 สารกลุ่มโลหะหนักในน้ำประปาในจังหวัดบุรีรัมย์

การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาผิวดินจังหวัดบุรีรัมย์ ผลการศึกษาของพบว่า สารแคดเมี่ยมในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ย 0.008 และ 0.004 mg/L โดยมีไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของแคดเมี่ยมในแหล่งน้ำและน้ำประปาดื่มได้ไม่เกิน 0.05 และ 0.003 mg/L) สารตะกั่ว ไม่พบในตัวอย่างน้ำทั้งหมด สารเหล็ก (Fe) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.856 และ 0.119 mg/L (ค่ามาตรฐานของเหล็กในประปาดื่มได้ไม่เกิน 0.5 mg/L) สังกะสี (Zn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.565 และ 0.409 mg/L โดยมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของสังกะสีในแหล่งน้ำและน้ำประปาดื่มได้ไม่เกิน 1 และ 3 mg/L) และแมงกานีส (Mn) ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.068 และ 0.037 mg/L ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของแมงกานีสในแหล่งน้ำและน้ำประปาดื่มได้ไม่เกิน 1 และ 0.3 mg/L) และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของโลหะหนักในจุดเก็บตัวอย่างในแหล่งน้ำและจุดที่บ้านผู้ใช้พบว่าส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยในจุดเก็บตัวอย่างมีค่าลดลง ยกเว้นค่าเหล็ก โดยมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำพิจารณาจากมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภท 2-4 ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) และมาตรฐานคุณภาพน้ำที่บ้านผู้ใช้พิจารณาจากเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ กรมอนามัย พ.ศ. 2553 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาน้ำผิวดินจังหวัดบุรีรัมย์แสดงดังตารางที่ 4.14

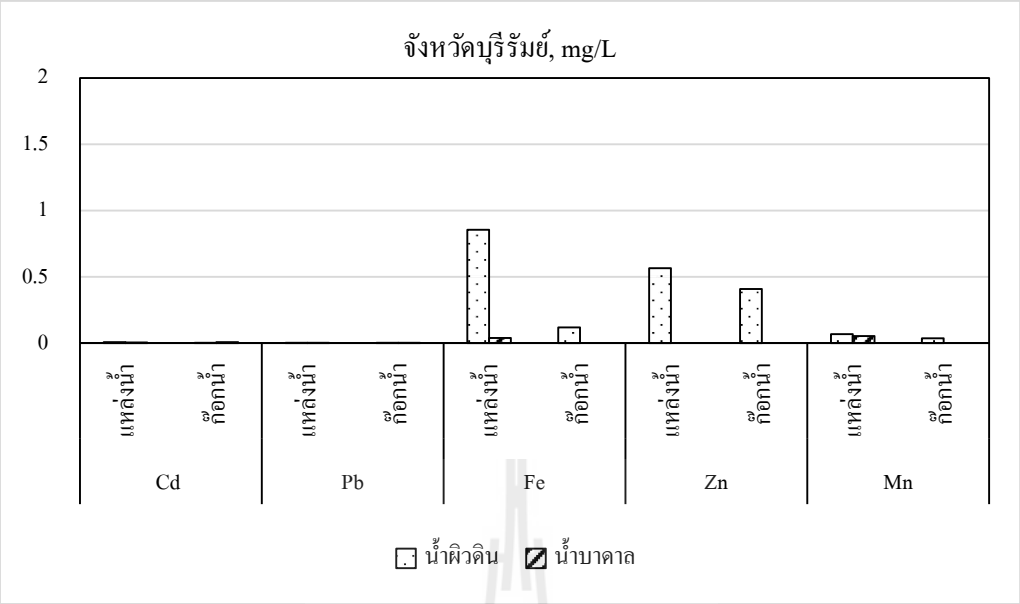
ตารางที่ 4.14 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาผิวดินจังหวัดบุรีรัมย์

น้ำผิวดิน	แหล่งน้ำ (mg/L)					บ้านผู้ใช้ (mg/L)				
	Cd	Pb	Fe	Zn	Mn	Cd	Pb	Fe	Zn	Mn
Min	0.005	0.000	0.396	0.000	0.024	0.003	0.000	0.030	0.064	0.023
Max	0.011	0.000	2.020	1.469	0.125	0.006	0.000	0.300	0.882	0.056
Mean	**0.008**	**0.000**	**0.856**	**0.565**	**0.068**	**0.004**	**0.000**	**0.119**	**0.409**	**0.037**
SD	0.003	0.000	0.778	0.709	0.042	0.001	0.000	0.126	0.371	0.015478
ค่ามาตรฐาน	**0.050**	**0.050**	**-**	**1.000**	**1.000**	**0.003**	**0.030**	**0.500**	**3.000**	**0.300**

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาบาดาลจังหวัดบุรีรัมย์มีเพียงตัวอย่างเดียว โดยผลการศึกษาพบว่า สารแคดเมี่ยมในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเท่ากับ 0.006 และ 0.008 mg/L โดยมีค่าเกินค่ามาตรฐาน 2 และ 2.6 เท่าในจุดแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้ ตามลำดับ (ค่ามาตรฐานของแคดเมี่ยมในแหล่งน้ำและน้ำประปาดื่มได้ไม่เกิน 0.003 mg/L) สารตะกั่วในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเท่ากับ 0.003 และ 0.005 mg/L โดยมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน สารเหล็ก (Fe) ในแหล่งน้ำค่าเท่ากับ 0.039 mg/L และ ไม่พบในจุดบ้านผู้ใช้ (ค่ามาตรฐานของเหล็กในประปาดื่มได้ไม่เกิน 0.5 mg/L) สังกะสี (Zn) ตรวจไม่พบในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้ และแมงกานีส (Mn) ในแหล่งน้ำมีค่าเท่ากับ 0.055 mg/L และไม่พบในจุดบ้านผู้ใช้น้ำ ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของแมงกานีสในแหล่งน้ำและน้ำประปาดื่มได้ไม่เกิน 0.5 และ 0.3 mg/L) โดยมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำพิจารณาจากมาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 20 (พ.ศ.2543) และมาตรฐานคุณภาพน้ำที่บ้านผู้ใช้พิจารณาจากเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ กรมอนามัย พ.ศ. 2553 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาบาดาลจังหวัดนครราชสีมาแสดงดังตารางที่ 4.15 และสารกลุ่มโลหะหนักในจุดแหล่งน้ำและก๊อกน้ำของระบบประปาผิวดินและประปาบาดาลในจังหวัดบุรีรัมย์แสดงดังรูปที่ 4.13

ตารางที่ 4.15 สารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาบาดาลจังหวัดบุรีรัมย์

น้ำบาดาล	แหล่งน้ำ (mg/L)					บ้านผู้ใช้ (mg/L)				
	Cd	Pb	Fe	Zn	Mn	Cd	Pb	Fe	Zn	Mn
ค่าที่วัดได้	0.006	0.0003	0.039	0	0.055	0.008	0.0005	0	0	0
ค่ามาตรฐาน	0.003	0.010	-	5.000	0.500	0.010	0.050	0.500	5.000	0.300



รูปที่ 4.13 โลหะหนักในจุดแหล่งน้ำและก๊อกน้ำของระบบประปาผิวดินและประปาบาดาลในบุรีรัมย์

4.3.5 อภิปรายผลของสารกลุ่มโลหะหนักในน้ำประปา

การศึกษานี้สารกลุ่มโลหะหนักในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้ในระบบประปาผิวดินและประปาบาดาลพบว่าโลหะหนักส่วนใหญ่ประกอบด้วย Cd Pb Fe Zn Mn มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินฯ มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาดื่มได้ฯ และมาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดินฯ ยกเว้นสารเหล็ก (Fe) ในจุดบ้านผู้ใช้ในประปาผิวดินจังหวัดนครราชสีมามีสูงกว่ามาตรฐาน 3.3 เท่า สอดคล้องกับการศึกษาของ ธนาวัฒน์ รักกมล และคณะ (2553) พบปริมาณเหล็กเท่านั้นที่เกินค่ามาตรฐานในน้ำประปาที่จังหวัดพัทลุง และการศึกษาของ Kruawala et al (2005) ได้ทำการศึกษาแหล่งเพื่อการผลิตประปาในแม่น้ำเจ้าพระยาพบค่าเหล็กในน้ำมีค่าเท่ากับ 2.11±0.6 mg/L ซึ่งเกินค่ามาตรฐานที่ 0.5 mg/L สำหรับสารแคดเมี่ยมในการศึกษานี้พบมีค่าเกินค่ามาตรฐานในระบบประปาบาดาลจังหวัดชัยภูมิในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าสูงเกินค่ามาตรฐาน 2 และ 1.33 เท่า สารแคดเมี่ยมในระบบประปาบาดาลจังหวัดบุรีรัมย์ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเกินค่ามาตรฐาน 2 และ 2.6 เท่า ตามลำดับ สารแคดเมี่ยมในระบบประปาบาดาลจังหวัดสุรินทร์พบว่าในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีเกินค่ามาตรฐานจำนวน 2.3 และ 1.6 เท่า ตามลำดับซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Chakrabarty and Sarma (2011) พบการปนเปื้อนของ Cd Mn Pb ในน้ำบาดาลรัฐอัสสัม ประเทศอินเดีย อย่างไรก็ตามการศึกษานี้แตกต่างจากการวิจัยของ Kruawala et al (2005) พบสารแคดเมี่ยมในแหล่งเพื่อการ

ผลิตประปาในแม่น้ำเจ้าพระยาและน้ำประปามีค่าน้อยมาก <0.0001 mg/L โดยในการศึกษานี้ไม่พบสารตะกั่ว (Pb) สารปรอท (Hg) และสารหนู (As) ในทุกน้ำทุกตัวอย่าง

4.4 การประเมินค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพของสารกลุ่มโลหะหนักในน้ำประปาและอภิปรายผล

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของสารกลุ่มโลหะหนักในการศึกษานี้ทำการประเมินเฉพาะค่าความเสี่ยงทั้งหมดที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Hazard Quotient, HQ) ผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสทางการดื่มกิน โดยทำการศึกษาปริมาณผู้บริโภคได้รับปริมาณโลหะหนักต่อวัน (Average Daily Dose, ADD) ในกรณีที่ประชาชนมีการบริโภคน้ำในแหล่งน้ำเพื่อการผลิตประปาและน้ำที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพจากระบบประปาทั้งประปาประเภทผิวดินและประปาบาดาล โดยผลการประเมินค่าความเสี่ยงเฉลี่ยของเพศชาย และเพศหญิง ของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาในจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ สุรินทร์ และบุรีรัมย์แสดงดังตารางที่ 4.16

จากการประเมินค่าความเสี่ยงของสารกลุ่มโละหนักในน้ำประปาผิวดินและประปาบาดาล ได้แก่ แคดเมี่ยม ตะกั่ว เหล็ก สังกะสี และแมงกานีส ในบริเวณแหล่งน้ำและน้ำก๊อกที่บริเวณบ้านผู้ใช้น้ำ ผลการศึกษาพบว่าค่าความเสี่ยง (HQ) ของสารแคดเมี่ยมจากการบริโภคน้ำประปาบาดาลมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 4.51×10^{-2} และ 4.25×10^{-2} ในเพศหญิงในแหล่งน้ำและในน้ำก๊อกตามลำดับ รองลงมาได้แก่สารสังกะสีในน้ำก๊อกและแหล่งน้ำของเพศหญิง เท่ากับ 2.87×10^{-2} และ 2.16×10^{-2} ในน้ำก๊อกและแหล่งน้ำ ตามลำดับ สำหรับค่าความเสี่ยง (HQ) จากการบริโภคน้ำประปาผิวดินพบว่า ค่า HQ ของสารเหล็กในแหล่งน้ำในเพศหญิงมีค่าสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 1.26×10^{-1} รองลงมาได้แก่สารเหล็กในเพศหญิงในจุดน้ำก๊อกของผู้ใช้บริการ โดยมีค่าเท่ากับ 8.36×10^{-2} การศึกษานี้พบว่าค่าความเสี่ยงเฉลี่ย (HQ) ของโลหะหนักแต่ละชนิดทั้งหมดมีค่าน้อยกว่า 1 ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าปริมาณโลหะหนักโดยเฉลี่ยที่ร่างกายได้รับอยู่ในเกณฑ์ความเสี่ยงที่ยอมรับได้และปลอดภัยต่อผู้บริโภค สอดคล้องกับการศึกษาของ ธนาวัฒน์ รักกมล และคณะ (2553) ที่ทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพในการบริโภคน้ำประปาที่ปนเปื้อนโละหนักที่จังหวัดพัทลุงโดยพบว่าค่าความเสี่ยงของโลหะหนักรวมมีค่า 8.17×10^{-3} ซึ่งในเกณฑ์ความเสี่ยงที่ยอมรับได้ และจากการศึกษาของ Muhammad et al (2011) พบว่าค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพของสารกลุ่มโลหะหนักในน้ำดื่มในประเทศปากีสถาน โดยพบว่าค่า HQ <1 โดยมีค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพของโลหะหนักเรียงลำดับดังนี้ Zn >Cu>Mn>Pb>Ni>Cd>Co ส่วนการศึกษาของ Navoni et al (2014) ได้ทำการประเมินค่าความเสี่ยงต่อการได้รับสัมผัส As ในน้ำดื่มประเทศอาเจนติน่าพบว่าในน้ำประปาร้อยละ 68 มีค่า HQ>1 โดยมีค่าความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งอยู่ในช่วง 5×10^{-5} – 2.1×10^{-2} ซึ่งการประเมินค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสารกลุ่มโลหะหนักในแต่ละพื้นที่มีค่าที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.16 ค่าความเสี่ยงเฉลี่ยของสารกลุ่มโลหะหนักในระบบประปาในการศึกษานี้

โลหะหนัก	เพศ	ADD, mg/kgBW				HQ			
		ประปาบาดาล		ประปาผิวดิน		ประปาบาดาล		ประปาผิวดิน	
		แหล่งน้ำ	น้ำก๊อก	แหล่งน้ำ	น้ำก๊อก	แหล่งน้ำ	น้ำก๊อก	แหล่งน้ำ	น้ำก๊อก
Cd	ชาย	1.34E-04	1.27E-04	1.59E-04	1.15E-04	**3.36E-02**	**3.16E-02**	3.98E-02	2.87E-02
	หญิง	1.80E-04	1.70E-04	2.14E-04	1.54E-04	**4.51E-02**	**4.25E-02**	5.35E-02	3.86E-02
Pb	ชาย	9.55E-06	1.02E-05	8.35E-06	9.67E-06	2.65E-04	2.84E-04	2.32E-04	2.68E-04
	หญิง	1.28E-05	1.38E-05	1.12E-05	1.30E-05	3.57E-04	3.82E-04	3.12E-04	3.61E-04
Fe	ชาย	3.56E-03	7.78E-04	**2.81E-02**	**1.87E-02**	1.19E-02	2.59E-03	9.35E-02	6.22E-02
	หญิง	4.79E-03	1.05E-03	**3.77E-02**	**2.51E-02**	1.60E-02	3.49E-03	**1.26E-01**	**8.36E-02**
Zn	ชาย	**4.82E-03**	**6.40E-03**	6.00E-03	1.36E-02	**1.61E-02**	**2.13E-02**	2.00E-02	4.53E-02
	หญิง	**6.48E-03**	**8.60E-03**	8.07E-03	1.83E-02	**2.16E-02**	**2.87E-02**	2.69E-02	6.09E-02
Mn	ชาย	9.01E-04	8.47E-04	2.12E-03	3.60E-03	6.44E-03	6.05E-03	1.52E-02	2.57E-02
	หญิง	1.21E-03	1.14E-03	2.85E-03	4.84E-03	8.65E-03	8.13E-03	2.04E-02	3.46E-02

หมายเหตุ: Average Daily Dose, ADD= ปริมาณผู้บริโภคได้รับปริมาณโลหะหนักต่อวัน, Hazard Quotient, HQ = ค่าความเสี่ยง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
บทสรุป

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการอุปโภคบริโภคน้ำประปาชุมชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างโดยพิจารณาจากความเสี่ยงจากการอุปโภคบริโภคน้ำที่มีการปนเปื้อนสารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) และสารกลุ่มโลหะหนักประกอบด้วย แคดเมี่ยม (Cd) ตะกั่ว (Pb) เหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) แมงกานีส (Mn) สารหนู (As) และสารปรอท (Hg) โดยการวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากระบบประปาผิวดินและประปาบาดาลทั้ง 4 จังหวัด โดยแบ่งเป็นระบบประปาของจังหวัดนครราชสีมา 8 แห่ง จังหวัดชัยภูมิ 5 แห่ง จังหวัดบุรีรัมย์ 7 แห่ง และจังหวัดสุรินทร์ 5 แห่ง รวม 25 แห่งโดยทำการการวิเคราะห์ Trihalomethanes 38 ตัวอย่าง และการวิเคราะห์โลหะหนัก 52 ตัวอย่าง ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างในแต่ละระบบประปาทั้งหมด 3 จุด ได้แก่ บริเวณแหล่งน้ำดิบ (สำหรับการวิเคราะห์โลหะหนัก) บริเวณจุดจ่ายน้ำประปา (สำหรับการวิเคราะห์ THMs) และปลายท่อบ้านผู้ใช้น้ำ หรือก๊อกน้ำ (สำหรับการวิเคราะห์ THMs และโลหะหนัก) โดยสรุปผลการศึกษาดังนี้

5.1 สารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) ในน้ำประปา

จากการวิเคราะห์สารกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) ซึ่งประกอบด้วย Chloroform, Bromodichloromethane (BDCM), Dibromochloromathane (DBCM), Bromoform และ Total Trihalomethanes (Sum of ratio)ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้ของระบบประปาทั้ง 4 จังหวัดพบว่า สาร Chloroform มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในจังหวัดชัยภูมิโดยมีค่าอยู่ในช่วง nd-28.67 และ nd-30.53 µg/L ในบริเวณจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้ ตามลำดับ โดยพบค่าสูงที่สุดบริเวณบ้านผู้ใช้น้ำหมู่ที่ 5 บ้านชนแดน ต.ช่องสามหมอ อ.คอนสวรรค์มีค่าเท่ากับ 30.53 µg/L รองลงมาบริเวณเดียวกัน ณ จุดจ่ายน้ำประปามีค่าเท่ากับ 28.67 µg/L สำหรับสาร BDCM พบในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในระบบประปาของจังหวัดชัยภูมิรองลงมาได้แก่น้ำในระบบประปาจังหวัดนครราชสีมา สาร DBCM พบในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำในจังหวัดนครราชสีมามากที่สุด รองลงมาเป็นน้ำประปาในจังหวัดชัยภูมิ ส่วนสาร Bromoform ไม่พบในน้ำประปาผิวดินในทุกจังหวัด โดยสารกลุ่ม THMs ค่า Trihalomethanes (sum of ratio) ในน้ำประปาผิวดินในจุดจ่ายน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำดื่มตามค่าแนะนำขององค์การอนามัยโลก ปี 2006

5.2 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการอุปโภคบริโภคน้ำประปาผิวดินของสารกลุ่ม THMs

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งเพศชายและเพศหญิงผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านการดื่มกิน ผ่านผิวหนัง และหายใจ ในน้ำประปาในจุดบ้านของผู้ใช้น้ำของสารกลุ่ม THMs ในจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ สุรินทร์ และบุรีรัมย์ พบมากที่สุดผ่านเส้นทางการได้รับสัมผัสผ่านการดื่มกิน รองลงมาได้แก่ผ่านทางผิวหนังและผ่านทางหายใจตามลำดับ เพศหญิงมีความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งจากการบริโภคน้ำที่มีสารกลุ่ม THMs มากกว่าเพศชาย การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพสารกลุ่ม THMs ทั้งหมดพบว่าค่าการประเมินของสาร Dichlorobromomethane ($CHCl_2Br$) พบค่าสูงที่สุดเท่ากับ 4.11×10^{-5} ผ่านเส้นทางการดื่มกิน ที่บ้านช่องสามหมอ จังหวัดชัยภูมิ สำหรับสาร Chloroform ($CHCl_3$) พบว่าค่าการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งสูงที่สุดเท่ากับ 7.13×10^{-6} ผ่านเส้นทางการดื่มกิน ที่บ้านช่องสามหมอ จังหวัดชัยภูมิ ในการศึกษานี้พบค่าความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งของสาร Dichlorobromomethane และ Chloroform เฉพาะน้ำประปาในระบบประปาช่องสามหมอ จังหวัดชัยภูมิ และบ้านดอนใหญ่ จังหวัดนครราชสีมาเท่านั้นที่เกินค่าที่ยอมรับได้ขององค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกาที่กำหนดระดับความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งมีค่าไม่เกิน 1×10^{-6} สำหรับการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งทำการประเมินค่าความเสี่ยงรวม (Hazard indexes, HI) ทั้งสามเส้นทางการได้รับสัมผัสสารกลุ่ม THMs พบค่าความเสี่ยงสูงที่สุดพบในสาร $CHCl_3$ มีค่า HI เท่ากับ 0.11 รองลงมาได้แก่ สาร $CHClBr_2$ มีค่า HI เท่ากับ 0.007 โดยค่า HI มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงให้เห็นถึงปริมาณ THMs โดยเฉลี่ยที่ร่างกายได้รับอยู่ในเกณฑ์ความเสี่ยงที่ยอมรับได้

5.3 สารกลุ่มโลหะหนักในน้ำประปา

จากการวิเคราะห์สารกลุ่มโลหะหนักในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้ในระบบประปาผิวดินและประปาบาดาลพบว่าโลหะหนัก (Cd Pb Fe Zn Mn) ในน้ำส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินฯ มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาดื่มได้ฯ และมาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดินฯ ยกเว้นสารเหล็ก (Fe) ในจุดบ้านผู้ใช้ในประปาผิวดินจังหวัดนครราชสีมามีสูงกว่ามาตรฐาน 3.3 เท่า สารแคดเมี่ยมระบบประปาบาดาลจังหวัดชัยภูมิในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าสูงเกินค่ามาตรฐาน 2 และ 1.33 เท่า สารแคดเมี่ยมในระบบประปาบาดาลจังหวัดบุรีรัมย์ในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีค่าเกินค่ามาตรฐาน 2 และ 2.6 เท่า ตามลำดับ สารแคดเมี่ยมในระบบประปาบาดาลจังหวัดสุรินทร์พบว่าในแหล่งน้ำและจุดบ้านผู้ใช้มีเกินค่ามาตรฐานจำนวน 2.3 และ 1.6 เท่า ตามลำดับ และในการศึกษานี้ไม่

พบสารตะกั่ว (Pb) สารปรอท (Hg) และสารหนู (As) ในทุกน้ำทุกตัวอย่างด้วยวิธีการวิเคราะห์ ICP-MS method

5.4 การประเมินค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพของสารกลุ่มโลหะหนักในน้ำประปา

การประเมินค่าความเสี่ยงของสารกลุ่มโลหะหนักในน้ำประปาผิวดินและประปาบาดาล ในบริเวณแหล่งน้ำและน้ำก๊อกที่บริเวณบ้านผู้ใช้พบว่าค่าความเสี่ยง (HQ) ของสารแคดเมี่ยมจากการบริโภคน้ำประปาบาดาลมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 4.51×10^{-2} และ 4.25×10^{-2} ในเพศหญิงในแหล่งน้ำและในน้ำก๊อกตามลำดับ สำหรับค่าความเสี่ยง (HQ) จากการบริโภคน้ำประปาผิวดินพบว่า ค่า HQ ของสารเหล็กในแหล่งน้ำในเพศหญิงมีค่าสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 1.26×10^{-1} การศึกษานี้พบว่าค่าความเสี่ยงเฉลี่ย (HQ) ของโลหะหนักแต่ละชนิดทั้งหมดมีค่าน้อยกว่า 1 ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าปริมาณโลหะหนักโดยเฉลี่ยที่ร่างกายได้รับอยู่ในเกณฑ์ความเสี่ยงที่ยอมรับได้

5.5 ข้อเสนอแนะ

5.5.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัยนี้

1) ผู้ดูแลระบบประปาหมู่บ้านในระบบประปาผิวดินที่มีการเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคควรเติมปริมาณคลอรีนที่เหมาะสมเพื่อลดโอกาสที่จะก่อให้เกิดสารพลอยได้จากการฆ่าเชื้อโรค
2) ผู้ดูแลระบบประปาผิวดินประจำหมู่บ้านควรมีการเติมสารเคมีเพื่อสร้างตะกอนและรวมตะกอนที่เหมาะสมเพื่อลดปริมาณสารอินทรีย์ที่หลงเหลืออยู่และลดการเกิดสารกลุ่ม THMs
3) ในกรณีที่มีความจำเป็นต้องบริโภคน้ำโดยตรงจากระบบประปาชุมชน ประชาชนควรทำการปรับปรุงคุณภาพน้ำเบื้องต้นก่อน เช่น การกรอง การต้ม เพื่อลดความเสี่ยงต่อสุขภาพจากเชื้อโรค และ สารกลุ่ม THMs
4) หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานของระบบประปาหมู่บ้านสังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ควรมีการอบรมให้ความรู้ทั้งในด้านการดูแลระบบ การเติมสารเคมี การฆ่าเชื้อโรค แก่ผู้ดูแลระบบประปาเพื่อลดความเสี่ยงต่อสุขภาพและก่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ใช้บริการ

5.5.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

1) ควรมีการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสารพลอยได้จากการฆ่าเชื้อโรคในระบบประปาชุมชน เช่นค่าสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำ ค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณสารฆ่าเชื้อโรค
2) ควรมีการศึกษาความสัมพันธ์ของดัชนีคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำที่ใช้ในการผลิตประปาและคุณภาพน้ำที่จุดบ้านผู้ใช้บริการ

5.5.3 ข้อดีและข้อจำกัดในการศึกษานี้

1) การศึกษานี้มีข้อดีคือเป็นการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณแบบจุด (Deterministic risk assessment) โดยการใช้ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลในพื้นที่การศึกษาจริงและวิเคราะห์ผลในห้องปฏิบัติการและประเมินความเสี่ยงโดยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถนำผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่ได้ในการทราบระดับความเสี่ยงของพื้นที่ อย่างไรก็ตามอาจมีข้อจำกัดในเรื่องการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของสาร THMs ซึ่งต้องดำเนินการในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์และมีงบประมาณในการดำเนินการ
2) สำหรับการวิเคราะห์ปรอทและสารหนู ตาม Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater มีข้อแนะนำให้ใช้วิธี Hydride/Cold vapor atomic absorption spectrometry (3112) และ วิธี Hydride generation – atomic absorption (3114) ตามลำดับเป็นวิธีการวิเคราะห์ลำดับแรกที่จะทำการวิเคราะห์ แต่ด้วยข้อจำกัดในการศึกษาในห้องปฏิบัติการและงบประมาณ จึงได้ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างโดยใช้เครื่องมือ ICP-MS (3125) ซึ่งเป็นอีกหนึ่งวิธีการที่ Standard methods ให้ใช้ ดังนั้นเพื่อให้การวิเคราะห์ผลการศึกษาได้ชัดเจนและเหมาะสมในการศึกษาครั้งต่อไปควรเลือกวิธีวิเคราะห์ตามวิธีการมาตรฐานแนะนำในลำดับแรก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

กิตติยา กฤติยรังสิต และ ฉัตรเพชร ทศพล. (2552). การประเมินประสิทธิภาพระบบประปาชุมชนในเขตเมืองนครราชสีมา. ใน **เอกสารการประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 7.** วันที่ 21-22 พฤษภาคม 2552. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2551). ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการป้องกัน ด้านสาธารณสุขและการป้องกันในเรื่องสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ พ.ศ. 2551 ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 125 ตอนพิเศษ 85 ง.

กรมอนามัย กองสุขาภิบาลอาหารและน้ำ. (2552). **ข้อกำหนดการรับรอง การตรวจสอบคุณภาพน้ำประปาดื่มได้ และเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภค**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.

กรมอนามัย (2553) ประกาศกรมอนามัย เรื่อง เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ พ.ศ. 2553. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.

กรมอนามัย สำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ. (2553). **รายงานการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำประปา ปี 2553**. สำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ กรมอนามัย.

กรมอนามัย สำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ. (2554). เรื่องจากปก. **วารสารสุขาภิบาลอาหารและน้ำ** 2(2) 2-3.

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. (2537). ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ฉบับที่ 8. ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 111 ตอนที่ 16 ง.

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. (2543). ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน ฉบับที่ 20. ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 117 ตอนพิเศษ 95 ง.

ทวีศักดิ์ วังไพศาล. (2554). **วิศวกรรมการประปา**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนาวัฒน์ รักกมล ปุญญพัฒน์ ไชยเมล์ สมเกียรติศ วรเดช และ ชีระวิทย์ รัตรพันธ์. (2553). การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในการบริโภคน้ำประปาที่ปนเปื้อนโลหะหนัก กรณีศึกษาระบบผลิตน้ำประปาหมู่บ้านถ้ำลา ตำบลลานข่อย อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง. **วารสารสาธารณสุขและการพัฒนา** 8(2),159-170.

นันทิกา สุนทรไชยกุล เพ็ญศรี วัจฉละญาณ และ สิริมา มงคลสัมฤทธิ์. (2552). **การวิเคราะห์ความเสี่ยงทางสุขภาพ สำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุข.** กรุงเทพฯ: กรมควบคุมโรค.

นันทนา หนูเทพ. (2554). พฤติกรรมการการบริโภคอาหารและน้ำของประชาชนไทย ปี 2553. **วารสารสุขาภิบาลอาหารและน้ำ** 2(2), 7-11.

ประพัฒน์ เป็นตามวา วันวิสา ทานท่า และ พรวรินทร์ มิลามัย. (2554). การปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยการใช้สารสร้างตะกอนจากเมล็ดลิ้นจี่ เมล็ดเงาะ และเมล็ดขนุน. ใน **เอกสารการประชุมสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 10** วันที่ 23-25 มีนาคม 2554. โรงแรมบีพี สมิหลา บีช แอนด์ รีสอร์ท สงขลา.

มาสสุภา เฉวียงวาส และอุไรวรรณ อินทร์ม่วง. (2556). การดูแลระบบประปาและคุณภาพน้ำประปาหมู่บ้านแบบบาดาลในเขตตำบลวังทอง อำเภอนาวัง จังหวัดหนองบัวลำภู. **วารสารวิจัยสาธารสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น**. 6(1), 47-60.

สุเทพ เรืองวิเศษ. (2551). บทความนำเสนอ ในการเวทีสาธารณะครั้งที่ 3 “Risk assessment เพื่อการจัดการสารเคมีในประเทศ” วันที่ 24 พฤศจิกายน 2551 ณ ห้องประชุม 1 สำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2551). **สถิติสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย ปี 2551**. กรุงเทพฯ: สำนักงานสถิติแห่งชาติ.

สำนักระบาดวิทยา. (2554). **สถานการณ์โรคอหิวาตกโรค**. [ออนไลน์] ได้จาก: http://www.boe.moph.go.th/ เมื่อวันที่ 23 ธันวาคม 2554.

สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม. (2551). **คู่มือวิชาการอนามัยสิ่งแวดล้อมพื้นฐาน สำหรับเจ้าพนักงานสาธารณสุข**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.

อุดร จารุรัตน์ และ จารุรัตน์ วรนิสรากุล. (2537). **วิศวกรรมการประปา**. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์.

Ashbolt, N. J. (2004). Risk analysis of drinking water microbial contamination versus disinfection by-products (DBPs). **Toxicology**. 198, 255–262.

APHA, AWWA, WEF. (2012). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 22nd Ed. American Public Health Association. Washington, DC.

Barrell, R., Hunter., P.R., Nicole, G. (2000). Microbial standards for water and their relationship to health risk. **Communicable disease and public health**. 3, 8-13.

Basu, S., and Gupta, S. (2011). “Muti-route risk assessment from trihalomethanes in drinking water supplies. **Environmental Monitoring Assessment**. 178, 121-134.

Chakrabarty, S and Sarma, H. (2011). Heavy metal concentration of drinking water in Kamrup district, Assam, India. **Environmental Monitoring Assessment**. 179, 479-486.

IRIS (Integrated risk information system). (2005). **Integrated risk information system** [Online]. Available: http://www.epa.gov/iris/subst/.

Karim, Z., Mumtaz, M., and Kamal, T. (2011). Health risk assessment of THMs from tap water in Karachi, Pakistan. **Journal of the Chemical Society of Pakistan**. 33(2), 215-219.

Kavcar, P., Sofuoglu, A., and Sofuoglu, S. (2009). A health risk assessment for exposure to trace metals via drinking water ingestion pathway. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**. 212, 216–227.

Khan, S., Shahnaz, M., Jehan, N., Rehman, S., Shah, T and Din, I. (2013). Drinking water quality and human health risk in Charsadda district, Pakistan. **Journal of Cleaner Production**. 60, 93-101

Kruawala, K., Sacherb, F., Wernerc, A., Mqllerc, J., and Knepperc, T. (2005). Chemical water quality in Thailand and its impacts on the drinking water production in Thailand. **Science of the Total Environment**. 340, 57– 70.

Lee, H., Guo, S., Lam, M. J., and Lau, S.L.A. (2004). Multi pathway risk assessment on disinfection by-products of drinking water in Hong Kong. **Environmental Research**. 94, 47–56.

Legay, C., Rodriguez, M., Sadiq, R., Sérodes, J., Levallois, P., and Proulx, F. (2011). Spatial variation of human risk associated with exposure to chlorination by products occurring in drinking water. **Journal of Environmental Management**. 92, 892-901.

Mahvi, A and Karyb, H. (2007). Risk assessment for microbial pollution in Drinking water in small community and relation to Diarrhea diseases. **America Eurasian Journal Agricultural and Environment Science**. 2(4), 404-406.

Muhammad, S., Shah, T., Khan, S. (2010). Arsenic health risk assessment in drinking water and source apportionment using multivariate statistical techniques in Kohistan region, northern Pakistan. **Food and Chemical Toxicology**. 48, 2855–2864

Nazir, M and Khan, F. (2006). Human health risk modeling for various exposure routes of trihalomethanes (THMs) in potable water supply. **Environmental Modelling & Software**. 21, 1416 - 1429

Navoni, J.A., Pietri, D. De., Olmos, V., Gimenez, C., Bovi Mitre, G., Titto, E. de., and Villaamil Lepori, E.C. (2014). Human health risk with spatial analysis: study of a population chronically exposed to arsenic through drinking water from Argentina. **Science of the total Environment**. 499, 166-174.

RAIS (Risk assessment information system), (2005). **Risk assessment information system** [Online]. Available: http://rais.ornl.gov/homepage/rap_docs.shtml**.**

Richardson, S. (2003). Disinfection by-products and other emerging contaminants in drinking water. **Trends in Analytical Chemistry**. 22(10), 666-684.

Shah, M.T., Ara, J., Muhammad, S., Khan, S., and Tariq, S. (2012). Health risk assessment via surface water and sub-surface water consumption in the mafic and ultramafic terrain, Mohmand agency, northern Pakistan. **Journal of Geochemical Exploration**. 118, 60–67.

TECHNEAU. (2010). Decision support for risk management in drinking water supply overview and framework. The European Commission.

U.S. EPA. (1991). **Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS), Volume I: Human Health Evaluation Manual (HHEM), Supplemental Guidance, Standard Default Exposure Factors, Interim Guidance**. Office of Emergency and Remedial Response, Washington, DC.

U.S. EPA (2005). **Guidelines for Exposure Assessment**. U.S. Environment Protection Agency. Federal Register. Washington, DC.

Wang, W., Ye, B., Yang, L., Li, Y., Wang, Y. (2007). Risk assessment on disinfection by products of drinking water of different water sources and disinfection processes. **Environmental International**. 33, 219-225.

Well, J., Charoensiriwath, S., Treleaven, P. (2011). Reproduction, Aging, and Body Shape by Three-Dimensional Photonic Scanning in Thai Men and Women. **American Journal of Human Biology**. 23, 291–298.

WHO. (1998). **WHO Guidelines for Drinking Water Quality and Health Risk Assessment of Disinfectants and Disinfection By-products.** World Health Organization.

WHO. (2006). **Guideline for drinking water quality Volume 1 Recommendations: addendeum** 3rd Edition. World Health Organization.

WHO. (2008). **Guideline for drinking water quality Volume 1 Recommendations: addendeum** 3rd Edition. World Health Organization.

U.S. EPA (US Environmental Protection Agency). (2005). **Guidelines for carcinogen risk assessment**. Risk Assessment Forum. EPA/630/P-03/001F. Washington, DC.

Xie, J.H., Wang, Y.L., and Yang, C. (2013). Health Risk Assessment for Heavy Metals in Natural Cold-Bicarbonated Mineral Water, Wudalianchi. **International Journal of Chemical Engineering and Applications**. 4(2), 50-53.

Xu, P., Huang, S., Wang, Z., and Lagos, G. (2006). Daily intakes of copper, zinc and arsenic in drinking water by population of Shanghai, China. **Science of the Total Environment**. 362, 50– 55.

Ye, B., Wang, W., Yang, L., Wei, J., and Xueli, E. (2009). Factor influencing disinfection by-products formation in drinking water of six cities in China. **Journal of Hazardous Materials**. 171, 147-152.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายละเอียดผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของสารกลุ่ม THMs

ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของสารกลุ่มโลหะหนัก

ภาคผนวก ค มาตรฐานคุณภาพน้ำ

ภาคผนวก ง บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก รายละเอียดผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของสารกลุ่ม THMs

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก-1 ผลการวิเคราะห์สาร THM_s ในระบบประปาจังหวัดนครราชสีมา

No.	ที่ตั้ง	แหล่งน้ำ	จุดเก็บน้ำ	Chloroform (µg/L)	Bromodichloromethane (BDCM) (µg/L)	Dibromochloromathane (DBCM) (µg/L)	Bromoform (µg/L)	Trihalomethanes (sum of ratio)
1	หมู่ที่5 วังวารี,บุวังหว้า ต.สีสุก อ.จักราช	ผิวดิน	จุดจ่ายน้ำ	0.28	ND	ND	ND	0
2	หมู่ที่5 วังวารี,บุวังหว้า ต.สีสุก อ.จักราช	ผิวดิน	ก๊อกน้ำ	0.84	0.06	ND	ND	0
3	หมู่ที่ 5 บ้านไทรโยง ต.ดอนใหญ่ อ.คง	ผิวดิน	จุดจ่ายน้ำ	14.75	8.6	7.97	ND	0.27
4	หมู่ที่ 5 บ้านไทรโยง ต.ดอนใหญ่ อ.คง	ผิวดิน	ก๊อกน้ำ	11.64	4.3	3.11	ND	0.14
5	หมู่ที่ 4 ชุมชนมิตรภาพ ต.กลางดง อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	จุดจ่ายน้ำ	ND	ND	0.21	ND	0
6	หมู่ที่ 4 ชุมชนมิตรภาพ ต.กลางดง อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	ก๊อกน้ำ	ND	ND	0.18	ND	0
7	บ้านใหม่สามัคคี ต.หมูสี อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	จุดจ่ายน้ำ	ND	ND	ND	ND	0
8	บ้านใหม่สามัคคี ต.หมูสี อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	ก๊อกน้ำ	ND	ND	ND	ND	0
9	บ้านท่ามะปรางค์ ต.หมูสี อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	จุดจ่ายน้ำ	ND	ND	ND	ND	0
10	บ้านท่ามะปรางค์ ต.หมูสี อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	ก๊อกน้ำ	ND	ND	ND	ND	0
11	หมู่ที่ 4 บ้านระงม ต.โคกสูง อ.เมือง	ผิวดิน	จุดจ่ายน้ำ	5.07	1.61	0.79	ND	0.05
12	หมู่ที่ 4 บ้านระงม ต.โคกสูง อ.เมือง	ผิวดิน	ก๊อกน้ำ	8.26	ND	ND	ND	0.03
13	หมู่ที่ 4 บ้านแชะ ต.แชะ อ.ครบุรี	ผิวดิน	จุดจ่ายน้ำ	ND	ND	ND	ND	0
14	บ้านมาบเอื้องต.สุรนารี อ.เมือง	ผิวดิน	จุดจ่ายน้ำ	ND	ND	ND	ND	0
15	บ้านมาบเอื้องต.สุรนารี อ.เมือง	ผิวดิน	ก๊อก	0.39	ND	ND	ND	0
16	หมู่ที่ 4 บ้านแชะ ต.แชะ อ.ครบุรี	ผิวดิน	ก๊อกน้ำ	ND	ND	ND	ND	0

หมายเหตุ ND คือ Non Detectable

ตารางที่ ก-2 ผลทดสอบคุณภาพน้ำ THMs จ.ชัยภูมิ

No.	ที่ตั้ง	แหล่งน้ำ	จุดเก็บน้ำ	Chloroform (µg/L)	Bromodichloromethane (BDCM) (µg/L)	Dibromochloromathane (DBCM) (µg/L)	Bromoform (µg/L)	Trihalomethanes (sum of ratio)
1	หมู่ที่ 9 บ้านห้วยแย้ ต.ห้วยแย้ อ.หนองบัวระเหว	ผิวดิน	จุดจ่ายน้ำ	0.48	ND	ND	ND	0
2	หมู่ที่ 9 บ้านห้วยแย้ ต.ห้วยแย้ อ.หนองบัวระเหว	ผิวดิน	ก๊อกน้ำ	0.58	ND	ND	ND	0
3	หมู่ที่ 5 บ้านชนแดน ต.ช่องสามหมอ อ.คอนสวรรค์	ผิวดิน	จุดจ่ายน้ำ	28.67	12.06	3.6	ND	0.33
4	หมู่ที่ 5 บ้านชนแดน ต.ช่องสามหมอ อ.คอนสวรรค์	ผิวดิน	ก๊อกน้ำ	30.53	12.77	3.66	ND	0.35
5	หมู่ที่ 7 บ้านโสกรวก ต.หนองบัวโคก อ.จัตุรัส	ผิวดิน	จุดจ่ายน้ำ	ND	ND	ND	ND	0
6	หมู่ที่ 7 บ้านโสกรวก ต.หนองบัวโคก อ.จัตุรัส	ผิวดิน	ก๊อกน้ำ	ND	ND	ND	ND	0

หมายเหตุ ND คือ Non Detectable

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก-3 ผลทดสอบคุณภาพน้ำ THMs จ.สุรินทร์

No.	ที่ตั้ง	แหล่งน้ำ	จุดเก็บน้ำ	Chloroform (µg/L)	Bromodichlo romethane (BDCM) (µg/L)	Dibromochl oromathane (DBCM) (µg/L)	Bromoform (µg/L)	Trihalomet hanes (sum of ratio)
1	หมู่ที่ 8 บ้านอำปึล ต.ตากูก อ.เขวาสินริ นทร์	ผิวดิน	จุดจ่ายน้ำ	ND	ND	ND	ND	0
2	หมู่ที่ 8 บ้านอำปึล ต.ตากูก อ.เขวาสินริ นทร์	ผิวดิน	ก๊อกน้ำ	0.33	ND	ND	ND	0
3	หมู่ที่ 2 บ้านผือ ต.บ้านผือ อ.จอมพระ	ผิวดิน	ก๊อกน้ำ	ND	ND	ND	ND	0
4	หมู่ที่ 4 บ้านตะคร้อ ต.แกใหญ่ อ.เมือง สุรินทร์	ผิวดิน	จุดจ่ายน้ำ	ND	ND	ND	ND	0
5	หมู่ที่ 4 บ้านตะคร้อ ต.แกใหญ่ อ.เมือง สุรินทร์	ผิวดิน	ก๊อกน้ำ	ND	ND	ND	ND	0
6	หมู่ที่ 7 บ้านกะเลา ต.หมื่นสี อ.สำโรง ทาบ	ผิวดิน	จุดจ่ายน้ำ	ND	ND	ND	ND	0
7	หมู่ที่ 7 บ้านกะเลา ต.หมื่นสี อ.สำโรง ทาบ	ผิวดิน	ก๊อกน้ำ	ND	ND	ND	ND	0

หมายเหตุ ND คือ Non Detectable

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก-4 ผลทดสอบคุณภาพน้ำ THMs จ.บุรีรัมย์

No.	ที่ตั้ง	แหล่งน้ำ	จุดเก็บน้ำ	Chloroform (µg/L)	Bromodichloro methane (BDCM) (µg/L)	Dibromochloro mathane (DBCM) (µg/L)	Bromoform (µg/L)	Trihalom ethanes (sum of ratio)
1	หมู่ที่ 2 บ้านทุ่งโพธิ์ ต.ชุมแสง อ.นางรอง	ผิวดิน	จุดจ่ายน้ำ	9.66	5.26	2.96	ND	0.15
2	หมู่ที่ 2 บ้านทุ่งโพธิ์ ต.ชุมแสง อ.นางรอง	ผิวดิน	ก๊อกน้ำ	8.25	4.64	2.85	ND	0.13
3	หมู่ที่ 8 บ้านศรีทายาท ต.หนองแวง อ.ละหานทราย	ผิวดิน	จุดจ่ายน้ำ	ND	0.29	0.64	ND	0.01
4	หมู่ที่ 8 บ้านศรีทายาท ต.หนองแวง อ.ละหานทราย	ผิวดิน	ก๊อก	ND	0.36	0.76	ND	0.01
5	หมู่ที่ 2 บ้านโคกสำโรง ต.ช่อผกา อ.ชำนิ	ผิวดิน	จุดจ่ายน้ำ	ND	ND	ND	ND	0
6	หมู่ที่ 2 บ้านโคกสำโรง ต.ช่อผกา อ.ชำนิ	ผิวดิน	ก๊อกน้ำ	ND	ND	ND	ND	0
7	หมู่ที่ 9 บ้านราษฎร์รักแดน ต.หนองแวง อ.ละหานทราย	ผิวดิน	จุดจ่ายน้ำ	1.64	0.69	0.49	ND	0.02
8	หมู่ที่ 9 บ้านราษฎร์รักแดน ต.หนองแวง อ.ละหานทราย	ผิวดิน	ก๊อกน้ำ	1.6	0.51	0.33	ND	0.02
9	หมู่ที่ 4 บ้านโกรกแก้ว ต.โกรกแก้ว อ.โนนสุวรรณ	ไม่ระบุ	ก๊อกน้ำ	ND	ND	ND	ND	0

หมายเหตุ ND คือ Non Detectable

ตารางที่ ก-5 มาตรฐานอ้างอิง : มาตรฐานน้ำดื่มตามค่าแนะนำขององค์การอนามัยโลก ปี 2006

รายการที่ทดสอบ	ค่าแนะนำคุณภาพน้ำดื่มองค์การอนามัยโลก ปี 2006
Chloroform (µg/L)	< 300
Bromodichloromethane (BDCM) (µg/L)	< 60
Dibromochloromathane (DBCM) (µg/L)	< 100
Bromoform (µg/L)	< 100
Trihalomethanes (sum of ratio)	≤ 1

ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของสารกลุ่มโลหะหนัก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข-1 ผลการวิเคราะห์แคดเมี่ยม (Cd) ในน้ำตัวอย่าง จ.นครราชสีมา

No.	ที่ตั้ง	แหล่งน้ำ	จุดเก็บน้ำ	ความเข้มข้นของCd (mg/l)
1	หมู่ที่ 4 ชุมชนมิตรภาพ ต.กลางดง อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
2	หมู่ที่ 4 ชุมชนมิตรภาพ ต.กลางดง อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.0030
3	หมู่ที่ 4 บ้านหนองสะแก ต.ขุย อ.ลำทะเมนชัย	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.0010
4	หมู่ที่ 4 บ้านหนองสะแก ต.ขุย อ.ลำทะเมนชัย	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	ND
5	บ้านใหม่สามัคคี ต.หมูสี อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.0080
6	บ้านใหม่สามัคคี ต.หมูสี อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.0050
7	บ้านท่ามะปรางค์ ต.หมูสี อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.0040
8	บ้านท่ามะปรางค์ ต.หมูสี อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.0030
9	หมู่ที่5 วังวารี,บุวังหว้า ต.สีสุก อ.จักราช	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.0010
10	หมู่ที่5 วังวารี,บุวังหว้า ต.สีสุก อ.จักราช	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.0080
11	หมู่ที่ 5 บ้านไทรโยง ต.ดอนใหญ่ อ.คง	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.0020
12	หมู่ที่ 5 บ้านไทรโยง ต.ดอนใหญ่ อ.คง	ผิวดิน	น้ำก๊อก	ND
13	หมู่ที่ 4 บ้านระงม ต.โคกสูง อ.เมือง	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.0070
14	หมู่ที่ 4 บ้านระงม ต.โคกสูง อ.เมือง	ผิวดิน	น้ำก๊อก	ND
15	หมู่ที่ 4 บ้านแชะ ต.แชะ อ.ครบุรี	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.0040
16	หมู่ที่ 4 บ้านแชะ ต.แชะ อ.ครบุรี	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.0080
17	บ้านมาบเอื้อง ต.สุรนารี อ.เมือง	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.0070
18	บ้านมาบเอื้อง ต.สุรนารี อ.เมือง	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.0010

หมายเหตุ ND คือ Non Detectable

ตารางที่ ข-2 ผลการวิเคราะห์แคดเมี่ยม (Cd) ในน้ำตัวอย่าง จ.ชัยภูมิ

No.	ที่ตั้ง	แหล่งน้ำ	จุดเก็บน้ำ	ความเข้มข้นของCd (mg/l)
1	หมู่ที่ 1 บ้านห้วยแย้ ต.ห้วยแย้ อ.หนองบัวระเหว	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.0070
2	หมู่ที่ 1 บ้านห้วยแย้ ต.ห้วยแย้ อ.หนองบัวระเหว	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.0050
3	หมู่ที่ 1 บ้านเดื่อ ต.บ้านเดื่อ อ.เกษตรสมบูรณ์	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	ไม่ได้ทำการตรวจวัด
4	หมู่ที่ 1 บ้านเดื่อ ต.บ้านเดื่อ อ.เกษตรสมบูรณ์	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.0060
5	หมู่ที่ 5 บ้านชนแดน ต.ช่องสามหมอ อ.คอนสวรรค์	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.0070
6	หมู่ที่ 5 บ้านชนแดน ต.ช่องสามหมอ อ.คอนสวรรค์	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.0060
7	หมู่ที่ 6 บ้านโปร่งสังข์ ต.โคกกุง อ.แก้งคร้อ	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.0040
8	หมู่ที่ 6 บ้านโปร่งสังข์ ต.โคกกุง อ.แก้งคร้อ	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.0060
9	หมู่ที่ 7 บ้านโสกรวก ต.หนองบัวโคก อ.จัตุรัส	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.0080
10	หมู่ที่ 7 บ้านโสกรวก ต.หนองบัวโคก อ.จัตุรัส	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.0050

ตารางที่ ข-3 ผลการวิเคราะห์แคดเมี่ยม (Cd) ในน้ำตัวอย่าง จ.บุรีรัมย์

No.	ที่ตั้ง	แหล่งน้ำ	จุดเก็บน้ำ	ความเข้มข้นของCd (mg/l)
1	หมู่ที่ 8 บ้านศรีทายาท ต.หนองแวง อ.ละหานทราย	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.0040
2	หมู่ที่ 8 บ้านศรีทายาท ต.หนองแวง อ.ละหานทราย	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.0030
3	หมู่ที่ 2 บ้านทุ่งโพธิ์ ต.ชุมแสง อ.นางรอง	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.0080
4	หมู่ที่ 2 บ้านทุ่งโพธิ์ ต.ชุมแสง อ.นางรอง	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.0070
5	หมู่ที่ 12 โนนตะคร้อ,บง ต.บ้านคู อ.นาโพธิ์	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.0071
6	หมู่ที่ 12 โนนตะคร้อ,บง ต.บ้านคู อ.นาโพธิ์	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.0060
7	หมู่ที่ 2 บ้านโคกสำโรง ต.ช่อผกา อ.ชำนิ	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.0030
8	หมู่ที่ 2 บ้านโคกสำโรง ต.ช่อผกา อ.ชำนิ	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.0010
9	หมู่ที่ 9 บ้านราษฎร์รักแดน ต.หนองแวง อ.ละหานทราย	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.0050
10	หมู่ที่ 9 บ้านราษฎร์รักแดน ต.หนองแวง อ.ละหานทราย	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.0060
11	หมู่ที่ 4 บ้านโกรกแก้ว ต.โกรกแก้ว อ.โนนสุวรรณ	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.0070
12	หมู่ที่ 4 บ้านโกรกแก้ว ต.โกรกแก้ว อ.โนนสุวรรณ	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.0062
13	หมู่ที่ 6 บ้านหัวขัว ต.ศรีสว่าง อ.นาโพธิ์	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.0070
14	หมู่ที่ 6 บ้านหัวขัว ต.ศรีสว่าง อ.นาโพธิ์	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.0030

ตารางที่ ข-4 ผลการวิเคราะห์แคดเมี่ยม (Cd) ในน้ำตัวอย่าง จ.สุรินทร์

No.	ที่ตั้ง	แหล่งน้ำ	จุดเก็บน้ำ	ความเข้มข้นของCd (mg/l)
1	หมู่ที่ 8 บ้านอำปึล ต.ตากูก อ.เขวาสินรินทร์	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.0060
2	หมู่ที่ 8 บ้านอำปึล ต.ตากูก อ.เขวาสินรินทร์	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.0040
3	หมู่ที่ 2 บ้านผือ ต.บ้านผือ อ.จอมพระ	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.0110
4	หมู่ที่ 2 บ้านผือ ต.บ้านผือ อ.จอมพระ	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.0030
5	หมู่ที่ 2 บ้านรำเบอะ ต.เชื้อเพลิง อ.ปราสาท	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.0060
6	หมู่ที่ 2 บ้านรำเบอะ ต.เชื้อเพลิง อ.ปราสาท	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.0080
7	หมู่ที่ 4 บ้านตะคร้อ ต.แกใหญ่ อ.เมืองสุรินทร์	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.0080
8	หมู่ที่ 4 บ้านตะคร้อ ต.แกใหญ่ อ.เมืองสุรินทร์	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.0040
9	หมู่ที่ 7 บ้านกะเลา ต.หมื่นสี อ.สำโรงทาบ	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.0050
10	หมู่ที่ 7 บ้านกะเลา ต.หมื่นสี อ.สำโรงทาบ	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.0060

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข-5 ผลการวิเคราะห์เหล็ก (Fe) ในน้ำตังอย่าง จ.นครราชสีมา

No.	ที่ตั้ง	แหล่งน้ำ	จุดเก็บน้ำ	ความเข้มข้นของFe (mg/l)
1	หมู่ที่ 4 ชุมชนมิตรภาพ ต.กลางดง อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.009
2	หมู่ที่ 4 ชุมชนมิตรภาพ ต.กลางดง อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.026
3	หมู่ที่ 4 บ้านหนองสะแก ต.ขุย อ.ลำทะเมนชัย	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.636
4	หมู่ที่ 4 บ้านหนองสะแก ต.ขุย อ.ลำทะเมนชัย	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	ND
5	บ้านใหม่สามัคคี ต.หมูสี อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
6	บ้านใหม่สามัคคี ต.หมูสี อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.022
7	บ้านท่ามะปรางค์ ต.หมูสี อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.01
8	บ้านท่ามะปรางค์ ต.หมูสี อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	ND
9	หมู่ที่5 วังวารี,บุวังหว้า ต.สีสุก อ.จักราช	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.439
10	หมู่ที่5 วังวารี,บุวังหว้า ต.สีสุก อ.จักราช	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.98
11	หมู่ที่ 5 บ้านไทรโยง ต.ดอนใหญ่ อ.คง	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
12	หมู่ที่ 5 บ้านไทรโยง ต.ดอนใหญ่ อ.คง	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.097
13	หมู่ที่ 4 บ้านระงม ต.โคกสูง อ.เมือง	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.342
14	หมู่ที่ 4 บ้านระงม ต.โคกสูง อ.เมือง	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.043
15	หมู่ที่ 4 บ้านแชะ ต.แชะ อ.ครบุรี	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	6.167
16	หมู่ที่ 4 บ้านแชะ ต.แชะ อ.ครบุรี	ผิวดิน	น้ำก๊อก	6.231
17	บ้านมาบเอื้อง ต.สุรนารี อ.เมือง	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.598
18	บ้านมาบเอื้อง ต.สุรนารี อ.เมือง	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.299

หมายเหตุ ND คือ Non Detectable

ตารางที่ ข-6 ผลการวิเคราะห์เหล็ก (Fe) ในน้ำตัวอย่าง จ.ชัยภูมิ

No.	ที่ตั้ง	แหล่งน้ำ	จุดเก็บน้ำ	ความเข้มข้นของFe (mg/l)
1	หมู่ที่ 1 บ้านห้วยแย้ ต.ห้วยแย้ อ.หนองบัวระเหว	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.451
2	หมู่ที่ 1 บ้านห้วยแย้ ต.ห้วยแย้ อ.หนองบัวระเหว	ผิวดิน	น้ำก๊อก	1.036
3	หมู่ที่ 1 บ้านเดื่อ ต.บ้านเดื่อ อ.เกษตรสมบูรณ์	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	ไม่ได้ทำการตรวจวัด
4	หมู่ที่ 1 บ้านเดื่อ ต.บ้านเดื่อ อ.เกษตรสมบูรณ์	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.003
5	หมู่ที่ 5 บ้านชนแดน ต.ช่องสามหมอ อ.คอนสวรรค์	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	2.832
6	หมู่ที่ 5 บ้านชนแดน ต.ช่องสามหมอ อ.คอนสวรรค์	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.059
7	หมู่ที่ 6 บ้านโปร่งสังข์ ต.โคกกุง อ.แก้งคร้อ	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.16
8	หมู่ที่ 6 บ้านโปร่งสังข์ ต.โคกกุง อ.แก้งคร้อ	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.047
9	หมู่ที่ 7 บ้านโสกรวก ต.หนองบัวโคก อ.จัตุรัส	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.249
10	หมู่ที่ 7 บ้านโสกรวก ต.หนองบัวโคก อ.จัตุรัส	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.242

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข-7 ผลการวิเคราะห์เหล็ก (Fe) ในน้ำตัวอย่าง จ.บุรีรัมย์

No.	ที่ตั้ง	แหล่งน้ำ	จุดเก็บน้ำ	ความเข้มข้นของFe (mg/l)
1	หมู่ที่ 8 บ้านศรีทายาท ต.หนองแวง อ.ละหานทราย	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.069
2	หมู่ที่ 8 บ้านศรีทายาท ต.หนองแวง อ.ละหานทราย	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.229
3	หมู่ที่ 2 บ้านทุ่งโพธิ์ ต.ชุมแสง อ.นางรอง	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.891
4	หมู่ที่ 2 บ้านทุ่งโพธิ์ ต.ชุมแสง อ.นางรอง	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.268
5	หมู่ที่ 12 โนนตะคร้อ,บง ต.บ้านคู อ.นาโพธิ์	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.26
6	หมู่ที่ 12 โนนตะคร้อ,บง ต.บ้านคู อ.นาโพธิ์	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.066
7	หมู่ที่ 2 บ้านโคกสำโรง ต.ช่อผกา อ.ชำนิ	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.447
8	หมู่ที่ 2 บ้านโคกสำโรง ต.ช่อผกา อ.ชำนิ	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.553
9	หมู่ที่ 9 บ้านราษฎร์รักแดน ต.หนองแวง อ.ละหานทราย	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.48
10	หมู่ที่ 9 บ้านราษฎร์รักแดน ต.หนองแวง อ.ละหานทราย	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.385
11	หมู่ที่ 4 บ้านโกรกแก้ว ต.โกรกแก้ว อ.โนนสุวรรณ	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.057
12	หมู่ที่ 4 บ้านโกรกแก้ว ต.โกรกแก้ว อ.โนนสุวรรณ	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.12
13	หมู่ที่ 6 บ้านหัวขัว ต.ศรีสว่าง อ.นาโพธิ์	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
14	หมู่ที่ 6 บ้านหัวขัว ต.ศรีสว่าง อ.นาโพธิ์	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	ND

หมายเหตุ ND คือ Non Detectable

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข-8 ผลการวิเคราะห์เหล็ก (Fe) ในน้ำตัวอย่าง จ.สุรินทร์

No.	ที่ตั้ง	แหล่งน้ำ	จุดเก็บน้ำ	ความเข้มข้นของFe (mg/l)
1	หมู่ที่ 8 บ้านอำปึล ต.ตากูก อ.เขวาสินรินทร์	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.396
2	หมู่ที่ 8 บ้านอำปึล ต.ตากูก อ.เขวาสินรินทร์	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.3
3	หมู่ที่ 2 บ้านผือ ต.บ้านผือ อ.จอมพระ	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.506
4	หมู่ที่ 2 บ้านผือ ต.บ้านผือ อ.จอมพระ	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.03
5	หมู่ที่ 2 บ้านรำเบอะ ต.เชื้อเพลิง อ.ปราสาท	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.039
6	หมู่ที่ 2 บ้านรำเบอะ ต.เชื้อเพลิง อ.ปราสาท	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	ND
7	หมู่ที่ 4 บ้านตะคร้อ ต.แกใหญ่ อ.เมืองสุรินทร์	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	2.02
8	หมู่ที่ 4 บ้านตะคร้อ ต.แกใหญ่ อ.เมืองสุรินทร์	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.038
9	หมู่ที่ 7 บ้านกะเลา ต.หมื่นสี อ.สำโรงทาบ	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.501
10	หมู่ที่ 7 บ้านกะเลา ต.หมื่นสี อ.สำโรงทาบ	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.108

หมายเหตุ ND คือ Non Detectable

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข-9 ผลการวิเคราะห์สังกะสี (Zn) ในน้ำตัวอย่าง จ.นครราชสีมา

No.	ที่ตั้ง	แหล่งน้ำ	จุดเก็บน้ำ	ความเข้มข้นของZn (mg/l)
1	หมู่ที่ 4 ชุมชนมิตรภาพ ต.กลางดง อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.3562
2	หมู่ที่ 4 ชุมชนมิตรภาพ ต.กลางดง อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.4311
3	หมู่ที่ 4 บ้านหนองสะแก ต.ขุย อ.ลำทะเมนชัย	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.4237
4	หมู่ที่ 4 บ้านหนองสะแก ต.ขุย อ.ลำทะเมนชัย	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.6506
5	บ้านใหม่สามัคคี ต.หมูสี อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.2645
6	บ้านใหม่สามัคคี ต.หมูสี อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	ND
7	บ้านท่ามะปรางค์ ต.หมูสี อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.3393
8	บ้านท่ามะปรางค์ ต.หมูสี อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.3824
9	หมู่ที่5 วังวารี,บุวังหว้า ต.สีสุก อ.จักราช	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
10	หมู่ที่5 วังวารี,บุวังหว้า ต.สีสุก อ.จักราช	ผิวดิน	น้ำก๊อก	1.2119
11	หมู่ที่ 5 บ้านไทรโยง ต.ดอนใหญ่ อ.คง	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
12	หมู่ที่ 5 บ้านไทรโยง ต.ดอนใหญ่ อ.คง	ผิวดิน	น้ำก๊อก	ND
13	หมู่ที่ 4 บ้านระงม ต.โคกสูง อ.เมือง	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
14	หมู่ที่ 4 บ้านระงม ต.โคกสูง อ.เมือง	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.7245
15	หมู่ที่ 4 บ้านแชะ ต.แชะ อ.ครบุรี	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
16	หมู่ที่ 4 บ้านแชะ ต.แชะ อ.ครบุรี	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.1183
17	บ้านมาบเอื้อง ต.สุรนารี อ.เมือง	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.8114
18	บ้านมาบเอื้อง ต.สุรนารี อ.เมือง	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.2961

หมายเหตุ ND คือ Non Detectable

ตารางที่ ข-10 ผลการวิเคราะห์สังกะสี (Zn) ในน้ำตัวอย่าง จ.ชัยภูมิ

No.	ที่ตั้ง	แหล่งน้ำ	จุดเก็บน้ำ	ความเข้มข้นของZn (mg/l)
1	หมู่ที่ 1 บ้านห้วยแย้ ต.ห้วยแย้ อ.หนองบัวระเหว	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.1474
2	หมู่ที่ 1 บ้านห้วยแย้ ต.ห้วยแย้ อ.หนองบัวระเหว	ผิวดิน	น้ำก๊อก	1.6323
3	หมู่ที่ 1 บ้านเดื่อ ต.บ้านเดื่อ อ.เกษตรสมบูรณ์	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	ไม่ได้ทำการตรวจวัด
4	หมู่ที่ 1 บ้านเดื่อ ต.บ้านเดื่อ อ.เกษตรสมบูรณ์	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.065
5	หมู่ที่ 5 บ้านชนแดน ต.ช่องสามหมอ อ.คอนสวรรค์	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
6	หมู่ที่ 5 บ้านชนแดน ต.ช่องสามหมอ อ.คอนสวรรค์	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.8747
7	หมู่ที่ 6 บ้านโปร่งสังข์ ต.โคกกุง อ.แก้งคร้อ	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
8	หมู่ที่ 6 บ้านโปร่งสังข์ ต.โคกกุง อ.แก้งคร้อ	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	ND
9	หมู่ที่ 7 บ้านโสกรวก ต.หนองบัวโคก อ.จัตุรัส	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
10	หมู่ที่ 7 บ้านโสกรวก ต.หนองบัวโคก อ.จัตุรัส	ผิวดิน	น้ำก๊อก	ND

หมายเหตุ ND คือ Non Detectable

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข-11 ผลการวิเคราะห์สังกะสี (Zn) ในน้ำตัวอย่าง จ.บุรีรัมย์

No.	ที่ตั้ง	แหล่งน้ำ	จุดเก็บน้ำ	ความเข้มข้นของZn (mg/l)
1	หมู่ที่ 8 บ้านศรีทายาท ต.หนองแวง อ.ละหานทราย	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
2	หมู่ที่ 8 บ้านศรีทายาท ต.หนองแวง อ.ละหานทราย	ผิวดิน	น้ำก๊อก	1.0603
3	หมู่ที่ 2 บ้านทุ่งโพธิ์ ต.ชุมแสง อ.นางรอง	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
4	หมู่ที่ 2 บ้านทุ่งโพธิ์ ต.ชุมแสง อ.นางรอง	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.0688
5	หมู่ที่ 12 โนนตะคร้อ,บง ต.บ้านคู อ.นาโพธิ์	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
6	หมู่ที่ 12 โนนตะคร้อ,บง ต.บ้านคู อ.นาโพธิ์	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	ND
7	หมู่ที่ 2 บ้านโคกสำโรง ต.ช่อผกา อ.ชำนิ	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
8	หมู่ที่ 2 บ้านโคกสำโรง ต.ช่อผกา อ.ชำนิ	ผิวดิน	น้ำก๊อก	ND
9	หมู่ที่ 9 บ้านราษฎร์รักแดน ต.หนองแวง อ.ละหานทราย	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.2856
10	หมู่ที่ 9 บ้านราษฎร์รักแดน ต.หนองแวง อ.ละหานทราย	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.3123
11	หมู่ที่ 4 บ้านโกรกแก้ว ต.โกรกแก้ว อ.โนนสุวรรณ	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.2008
12	หมู่ที่ 4 บ้านโกรกแก้ว ต.โกรกแก้ว อ.โนนสุวรรณ	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.1632
13	หมู่ที่ 6 บ้านหัวขัว ต.ศรีสว่าง อ.นาโพธิ์	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
14	หมู่ที่ 6 บ้านหัวขัว ต.ศรีสว่าง อ.นาโพธิ์	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.6422

หมายเหตุ ND คือ Non Detectable

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข-12 ผลการวิเคราะห์สังกะสี (Zn) ในน้ำตัวอย่าง จ.สุรินทร์

No.	ที่ตั้ง	แหล่งน้ำ	จุดเก็บน้ำ	ความเข้มข้นของZn (mg/l)
1	หมู่ที่ 8 บ้านอำปึล ต.ตากูก อ.เขวาสินรินทร์	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
2	หมู่ที่ 8 บ้านอำปึล ต.ตากูก อ.เขวาสินรินทร์	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.5225
3	หมู่ที่ 2 บ้านผือ ต.บ้านผือ อ.จอมพระ	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	1.4693
4	หมู่ที่ 2 บ้านผือ ต.บ้านผือ อ.จอมพระ	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.882
5	หมู่ที่ 2 บ้านรำเบอะ ต.เชื้อเพลิง อ.ปราสาท	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
6	หมู่ที่ 2 บ้านรำเบอะ ต.เชื้อเพลิง อ.ปราสาท	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	ND
7	หมู่ที่ 4 บ้านตะคร้อ ต.แกใหญ่ อ.เมืองสุรินทร์	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.7898
8	หมู่ที่ 4 บ้านตะคร้อ ต.แกใหญ่ อ.เมืองสุรินทร์	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.0638
9	หมู่ที่ 7 บ้านกะเลา ต.หมื่นสี อ.สำโรงทาบ	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
10	หมู่ที่ 7 บ้านกะเลา ต.หมื่นสี อ.สำโรงทาบ	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.1683

หมายเหตุ ND คือ Non Detectable

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข-13 ผลการวิเคราะห์แมงกานีส (Mn) ในน้ำตังอย่าง จ.นครราชสีมา

No.	ที่ตั้ง	แหล่งน้ำ	จุดเก็บน้ำ	ความเข้มข้นของMn (mg/l)
1	หมู่ที่ 4 ชุมชนมิตรภาพ ต.กลางดง อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.007
2	หมู่ที่ 4 ชุมชนมิตรภาพ ต.กลางดง อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.004
3	หมู่ที่ 4 บ้านหนองสะแก ต.ขุย อ.ลำทะเมนชัย	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.019
4	หมู่ที่ 4 บ้านหนองสะแก ต.ขุย อ.ลำทะเมนชัย	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.019
5	บ้านใหม่สามัคคี ต.หมูสี อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.014
6	บ้านใหม่สามัคคี ต.หมูสี อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.015
7	บ้านท่ามะปรางค์ ต.หมูสี อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.006
8	บ้านท่ามะปรางค์ ต.หมูสี อ.ปากช่อง	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.095
9	หมู่ที่5 วังวารี,บุวังหว้า ต.สีสุก อ.จักราช	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.027
10	หมู่ที่5 วังวารี,บุวังหว้า ต.สีสุก อ.จักราช	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.468
11	หมู่ที่ 5 บ้านไทรโยง ต.ดอนใหญ่ อ.คง	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.173
12	หมู่ที่ 5 บ้านไทรโยง ต.ดอนใหญ่ อ.คง	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.195
13	หมู่ที่ 4 บ้านระงม ต.โคกสูง อ.เมือง	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.058
14	หมู่ที่ 4 บ้านระงม ต.โคกสูง อ.เมือง	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.087
15	หมู่ที่ 4 บ้านแชะ ต.แชะ อ.ครบุรี	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.088
16	หมู่ที่ 4 บ้านแชะ ต.แชะ อ.ครบุรี	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.06
17	บ้านมาบเอื้อง ต.สุรนารี อ.เมือง	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.03
18	บ้านมาบเอื้อง ต.สุรนารี อ.เมือง	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.506

หมายเหตุ ND คือ Non Detectable

ตารางที่ ข-14 ผลการวิเคราะห์แมงกานีส (Mn) ในน้ำตังอย่าง จ.ชัยภูมิ

No.	ที่ตั้ง	แหล่งน้ำ	จุดเก็บน้ำ	ความเข้มข้นของMn (mg/l)
1	หมู่ที่ 1 บ้านห้วยแย้ ต.ห้วยแย้ อ.หนองบัวระเหว	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.162
2	หมู่ที่ 1 บ้านห้วยแย้ ต.ห้วยแย้ อ.หนองบัวระเหว	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.073
3	หมู่ที่ 1 บ้านเดื่อ ต.บ้านเดื่อ อ.เกษตรสมบูรณ์	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	ไม่ได้ทำการตรวจวัด
4	หมู่ที่ 1 บ้านเดื่อ ต.บ้านเดื่อ อ.เกษตรสมบูรณ์	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.073
5	หมู่ที่ 5 บ้านชนแดน ต.ช่องสามหมอ อ.คอนสวรรค์	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.006
6	หมู่ที่ 5 บ้านชนแดน ต.ช่องสามหมอ อ.คอนสวรรค์	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.052
7	หมู่ที่ 6 บ้านโปร่งสังข์ ต.โคกกุง อ.แก้งคร้อ	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.053
8	หมู่ที่ 6 บ้านโปร่งสังข์ ต.โคกกุง อ.แก้งคร้อ	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	ND
9	หมู่ที่ 7 บ้านโสกรวก ต.หนองบัวโคก อ.จัตุรัส	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.085
10	หมู่ที่ 7 บ้านโสกรวก ต.หนองบัวโคก อ.จัตุรัส	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.207

หมายเหตุ ND คือ Non Detectable

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข-15 ผลการวิเคราะห์แมงกานีส (Mn) ในน้ำตังอย่าง จ.บุรีรัมย์

No.	ที่ตั้ง	แหล่งน้ำ	จุดเก็บน้ำ	ความเข้มข้นของMn (mg/l)
1	หมู่ที่ 8 บ้านศรีทายาท ต.หนองแวง อ.ละหานทราย	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.013
2	หมู่ที่ 8 บ้านศรีทายาท ต.หนองแวง อ.ละหานทราย	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.042
3	หมู่ที่ 2 บ้านทุ่งโพธิ์ ต.ชุมแสง อ.นางรอง	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.113
4	หมู่ที่ 2 บ้านทุ่งโพธิ์ ต.ชุมแสง อ.นางรอง	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.101
5	หมู่ที่ 12 โนนตะคร้อ,บง ต.บ้านคู อ.นาโพธิ์	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.098
6	หมู่ที่ 12 โนนตะคร้อ,บง ต.บ้านคู อ.นาโพธิ์	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.039
7	หมู่ที่ 2 บ้านโคกสำโรง ต.ช่อผกา อ.ชำนิ	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.098
8	หมู่ที่ 2 บ้านโคกสำโรง ต.ช่อผกา อ.ชำนิ	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.111
9	หมู่ที่ 9 บ้านราษฎร์รักแดน ต.หนองแวง อ.ละหานทราย	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.113
10	หมู่ที่ 9 บ้านราษฎร์รักแดน ต.หนองแวง อ.ละหานทราย	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.05
11	หมู่ที่ 4 บ้านโกรกแก้ว ต.โกรกแก้ว อ.โนนสุวรรณ	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.014
12	หมู่ที่ 4 บ้านโกรกแก้ว ต.โกรกแก้ว อ.โนนสุวรรณ	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.016
13	หมู่ที่ 6 บ้านหัวขัว ต.ศรีสว่าง อ.นาโพธิ์	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.03
14	หมู่ที่ 6 บ้านหัวขัว ต.ศรีสว่าง อ.นาโพธิ์	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	0.048

หมายเหตุ ND คือ Non Detectable

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข-16 ผลการวิเคราะห์แมงกานีส (Mn) ในน้ำตังอย่าง จ.สุรินทร์

No.	ที่ตั้ง	แหล่งน้ำ	จุดเก็บน้ำ	ความเข้มข้นของMn (mg/l)
1	หมู่ที่ 8 บ้านอำปึล ต.ตากูก อ.เขวาสินรินทร์	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.061
2	หมู่ที่ 8 บ้านอำปึล ต.ตากูก อ.เขวาสินรินทร์	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.056
3	หมู่ที่ 2 บ้านผือ ต.บ้านผือ อ.จอมพระ	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.024
4	หมู่ที่ 2 บ้านผือ ต.บ้านผือ อ.จอมพระ	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.027
5	หมู่ที่ 2 บ้านรำเบอะ ต.เชื้อเพลิง อ.ปราสาท	ใต้ดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.055
6	หมู่ที่ 2 บ้านรำเบอะ ต.เชื้อเพลิง อ.ปราสาท	ใต้ดิน	น้ำก๊อก	ND
7	หมู่ที่ 4 บ้านตะคร้อ ต.แกใหญ่ อ.เมืองสุรินทร์	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.063
8	หมู่ที่ 4 บ้านตะคร้อ ต.แกใหญ่ อ.เมืองสุรินทร์	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.045
9	หมู่ที่ 7 บ้านกะเลา ต.หมื่นสี อ.สำโรงทาบ	ผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	0.125
10	หมู่ที่ 7 บ้านกะเลา ต.หมื่นสี อ.สำโรงทาบ	ผิวดิน	น้ำก๊อก	0.023

หมายเหตุ ND คือ Non Detectable

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข-17 ผลการวิเคราะห์สารหนู (As) ในน้ำตัวอย่างของจังหวัดนครราชสีมา สุรินทร์ บุรีรัมย์ และชัยภูมิ

No.	จังหวัด	ที่ตั้ง	แหล่งน้ำ	จุดเก็บน้ำ	ความเข้มข้นของAs (mg/l)
1	นครราชสีมา	หมู่ที่5 วังวารี,บุวังหว้า ต.สีสุก อ.จักราช	น้ำผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
2	นครราชสีมา	หมู่ที่ 5 บ้านไทรโยง ต.ดอนใหญ่ อ.คง	น้ำผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
3	นครราชสีมา	หมู่ที่ 4 บ้านแชะ ต.แชะ อ.ครบุรี	น้ำผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
4	สุรินทร์	หมู่ที่ 8 บ้านอำปึล ต.ตากูก อ.เขวาสินรินทร์	น้ำผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
5	สุรินทร์	หมู่ที่ 7 บ้านกะเลา ต.หมื่นสี อ.สำโรงทาบ	น้ำผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
6	บุรีรัมย์	หมู่ที่ 2 บ้านทุ่งโพธิ์ ต.ชุมแสง อ.นางรอง	น้ำผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
7	บุรีรัมย์	หมู่ที่ 2 บ้านโคกสำโรง ต.ช่อผกา อ.ชำนิ	น้ำผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
8	บุรีรัมย์	หมู่ที่ 8 บ้านศรีทายาท ต.หนองแวง อ.ละหานทราย	น้ำผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
9	ชัยภูมิ	หมู่ที่ 5 บ้านชนแดน ต.ช่องสามหมอ อ.คอนสวรรค์	น้ำผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
10	ชัยภูมิ	หมู่ที่ 7 บ้านโสกรวก ต.หนองบัวโคก อ.จัตุรัส	น้ำผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND

หมายเหตุ ND คือ Non Detectable

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข-18 ผลการวิเคราะห์สารปรอท (Hg) ในน้ำตัวอย่างของจังหวัดนครราชสีมา สุรินทร์ บุรีรัมย์ และชัยภูมิ

No.	จังหวัด	ที่ตั้ง	แหล่งน้ำ	จุดเก็บน้ำ	ความเข้มข้นของ Hg (mg/l)
1	นครราชสีมา	หมู่ที่5 วังวารี,บุวังหว้า ต.สีสุก อ.จักราช	น้ำผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
2	นครราชสีมา	หมู่ที่ 5 บ้านไทรโยง ต.ดอนใหญ่ อ.คง	น้ำผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
3	นครราชสีมา	หมู่ที่ 4 บ้านแชะ ต.แชะ อ.ครบุรี	น้ำผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
4	สุรินทร์	หมู่ที่ 8 บ้านอำปึล ต.ตากูก อ.เขวาสินรินทร์	น้ำผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
5	สุรินทร์	หมู่ที่ 7 บ้านกะเลา ต.หมื่นสี อ.สำโรงทาบ	น้ำผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
6	บุรีรัมย์	หมู่ที่ 2 บ้านทุ่งโพธิ์ ต.ชุมแสง อ.นางรอง	น้ำผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
7	บุรีรัมย์	หมู่ที่ 2 บ้านโคกสำโรง ต.ช่อผกา อ.ชำนิ	น้ำผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
8	บุรีรัมย์	หมู่ที่ 8 บ้านศรีทายาท ต.หนองแวง อ.ละหานทราย	น้ำผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
9	ชัยภูมิ	หมู่ที่ 5 บ้านชนแดน ต.ช่องสามหมอ อ.คอนสวรรค์	น้ำผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND
10	ชัยภูมิ	หมู่ที่ 7 บ้านโสกรวก ต.หนองบัวโคก อ.จัตุรัส	น้ำผิวดิน	แหล่งน้ำดิบ	ND

หมายเหตุ ND คือ Non Detectable

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ค มาตรฐานคุณภาพน้ำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ค-1 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ลำดับ	คุณภาพน้ำ[2/]	ค่าทางสถิติ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด[3/] ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์ [1/]				
				ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท5
1.	สี กลิ่น และรส (Coloir Odour and Taste)		-	ธ	ธ /	ธ /	ธ /	-
2.	อุณหภูมิ (Temperature)		O ซ	ธ	ธ /	ธ /	ธ /	-
3.	ความเป็นกรดและด่าง (pH)		-	ธ	5.0 - 9.0	5.0 - 9.0	5.0 - 9.0	-
4.	ออกซิเจนละลาย (DO)[3/]	P20	มก./ล.(mg/l)	ธ	6.0	4.0	2.0	-
5.	บีโอดี (BOD)	P80	มก./ล.(mg/l)	ธ	1.5	2.0	4.0	-
6.	แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	P80	เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล. (MPN/100 ml)	ธ	5,000	20,000	-	-
7.	แบคทีเรียกลุ่มฟีโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)	P80	เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล. (MPN/100 ml)	ธ	1,000	4,000	-	-
8.	ไนเตรต (NO_3) ในหน่วยไนโตรเจน		มก./ล. (mg/l)	ธ	5.0	5.0	5.0	-
9.	แอมโมเนีย (NH_3) ในหน่วยไนโตรเจน		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.5	0.5	0.5	-
10.	ฟีนอล (Phenols)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.005	0.005	0.005	-
11.	ทองแดง (Cu)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.1	0.1	0.1	-
12.	นิคเกิล (Ni)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.1	0.1	0.1	-
13.	แมงกานีส (Mn)		มก./ล. (mg/l)	ธ	1.0	1.0	1.0	-
14.	สังกะสี (Zn)		มก./ล. (mg/l)	ธ	1.0	1.0	1.0	-
15.	แคดเมียม (Cd)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.005* 0.05*	0.005 * 0.05*	0.005* 0.05*	- -
16.	โคเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Cr Hexavalent)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.05	0.05	0.05	-
17.	ตะกั่ว (Pb)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.05	0.05	0.05	-
18.	ปรอททั้งหมด (Total Hg)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.002	0.002	0.002	-
19.	สารหนู (As)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.01	0.01	0.01	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ค-1 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ต่อ)

ลำดับ	คุณภาพน้ำ[2/]	ค่าทางสถิติ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด[3/] ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์ [1/]				
				ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท5
20.	ไซยาไนด์ (Cyanide)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.005	0.005	0.005	-
21.	กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) - ค่ารังสีแอลฟา (Alpha) - ค่ารังสีเบตา (Beta)		เบเคอเรล/ล. ธ ธ	ธ ธ ธ	0.1 1.0 1.0	0.1 1.0 1.0	0.1 1.0 1.0	- - -
22.	สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดมีคลอรีนทั้งหมด (Total Organochlorine Pesticides)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.05	0.05	0.05	-
23.	ดีดีที (DDT)		ไมโครกรัม/ล.	ธ	1.0	1.0	1.0	-
24.	บีเอชซีชนิดแอลฟา (Alpha-BHC)		ไมโครกรัม/ล.	ธ	0.02	0.02	0.02	-
25.	ดีลดริน (Dieldrin)		ไมโครกรัม/ล.	ธ	0.2	0.2	0.2	-
26.	อัลดริน (Aldrin)		ไมโครกรัม/ล.	ธ	0.1	0.1	0.1	-
27.	เฮปตาคลอร์และเฮปตาคลอร์อิปอกไซด์ (Heptachlor & Heptachlor epoxide)		ไมโครกรัม/ล.	ธ	0.2	0.2	0.2	-
28.	เอนดริน (Endrin)		ไมโครกรัม/ล.	ธ	ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด			-

ที่มา : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 111 ตอนที่ 16 ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537 (ภาคผนวก ฐ)

หมายเหตุ

1/ การแบ่งประเภทแหล่งน้ำผิวดิน

ประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน

(2) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน

(3) การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ

ประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการ ปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(2) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ

(3) การประมง

(4) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

ประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(2) การเกษตร

ประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(2) การอุตสาหกรรม

ประเภทที่ 5 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ การคมนาคม

2/ กำหนดค่ามาตรฐานเฉพาะในแหล่งน้ำประเภทที่ 2-4 สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามธรรมชาติ และแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่า

3/ ค่า DO เป็นเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุด

ธ	เป็นไปตามธรรมชาติ
ธ/	อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติ เกิน 3 องศาเซลเซียส
*	น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร
**	น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร
^{o}ซ	องศาเซลเซียส
P20	ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง
P80	ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง
มก./ล.	มิลลิกรัมต่อลิตร
มล.	มิลลิลิตร
MPN	เอ็ม.พี.เอ็น หรือ Most Probable Number

ตารางที่ ค-2 มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	วิธีการตรวจวัด
1.สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compound)			
1) เบนซีน (Benzene)	ไมโครกรัม /ลิตร	ต้องไม่เกิน 5	วิธี Purge and Trap Gas Chromatography หรือวิธี Purge and Trap Gas Chromatography /Mass Spectrometry หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
2) คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbon Tetrachloride)	"	ต้องไม่เกิน 5	"
3) 1,2 - คลอโรอีเทน (1,2-Dichloroethane)	"	ต้องไม่เกิน 5	"
4) 1,1-ไดคลอโรเอทธิลีน (1,1-Dichloroethylene)	"	ต้องไม่เกิน 7	"
5) ซิส -1,2 - ไดคลอโรเอทธิลีน (cis-1,2-Dichloroethylene)	"	ต้องไม่เกิน 70	"
6) ทรานส์ -1,2-ไดคลอโรเอทธิลีน (trans-1,2-Dichloroethylene)	"	ต้องไม่เกิน 100	"
7) ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane)	"	ต้องไม่เกิน 5	"
8) เอทธิลเบนซีน (Ethylbenzene)	"	ต้องไม่เกิน 700	"
9) สไตรีน (Styrene)	"	ต้องไม่เกิน 100	"
10) เตตระคลอโรเอทธิลีน (Tetrachoroethylene)	"	ต้องไม่เกิน 5	"
11) โทลูอีน (Toluene)	"	ต้องไม่เกิน 1,000	"
12) ไตรคลอโรเอทธิลีน (Trichloroethylene)	"	ต้องไม่เกิน 5	"
13) 1,1,1-ไตรคลอโรอีเทน (1,1,1-Trichloroethane)	"	ต้องไม่เกิน 200	"
14) 1,1,2-ไตรคลอโรอีเทน (1,1,2-Trichloroethane)	"	ต้องไม่เกิน 5	"
15) ไซลีนทั้งหมด (Total Xylenes)	"	ต้องไม่เกิน 10,000	"

ตารางที่ ค-2 มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	วิธีการตรวจวัด
2. โลหะหนัก (Heavy metals)			
1) แคดเมียม (Cadmium)	มิลลิกรัม /ลิตร	ต้องไม่เกิน 0.003	วิธี Direct Aspiration/Atomic Absorption Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma/Plasma Emission Spectroscopy หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
2) โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเลนท์ (Hexavalent Chromium)	"	ต้องไม่เกิน 0.05	"
3) ทองแดง (Copper)	"	ต้องไม่เกิน 1.0	"
4) ตะกั่ว (Lead)	"	ต้องไม่เกิน 0.01	"
5) แมงกานีส (Manganese)	"	ต้องไม่เกิน 0.5	"
6) นิกเกิล (Nickel)	"	ต้องไม่เกิน 0.02	"
7) สังกะสี (Zinc)	"	ต้องไม่เกิน 5.0	"
8) สารหนู (Arsenic)	"	ต้องไม่เกิน 0.01	วิธี Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma/Plasma Emission Spectroscopy หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
9) ซีลีเนียม (Selenium)	"	ต้องไม่เกิน 0.01	"
10) ปรอท (Mercury)	"	ต้องไม่เกิน 0.001	วิธี Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometry/Plasma Emission Spectroscopy หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
3. สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ (Pesticides)			
1) คลอเดน (Chlordane)	ไมโครกรัม /ลิตร	ต้องไม่เกิน 0.2	วิธี Liquid - Liquid Extraction Gas Chromtography/Mass Spectrometry หรือวิธี Liquid - Liquid Extraction Gas Chromatography (Method I) หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
2) ดิลดริน (Dieldrin)	"	ต้องไม่เกิน 0.03	"
3) เฮปตาคลอร์ (Heptachlor)	"	ต้องไม่เกิน 0.4	"
4) เฮปตาคลอร์ อีพอกไซด์ (Heptachlor Epoxide)	"	ต้องไม่เกิน 0.2	"
5) ดีดีที (DDT)	"	ต้องไม่เกิน 2	"

ตารางที่ ค-2 มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	วิธีการตรวจวัด
6) 2,4-ดี (2,4-D)	มิลลิกรัม /ลิตร	ต้องไม่เกิน 30	วิธี Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
7) อะทราซีน (Atrazine)	"	ต้องไม่เกิน 3	"
8) ลินเดน (Lindane)	"	ต้องไม่เกิน 0.2	วิธี Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography (Method I) หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
9) เพนตะคลอโรฟีนอล (Pentachlorophenol)	"	ต้องไม่เกิน 1	วิธี Liquid - Liquid Extraction Chromatography หรือวิธี Liquid - Liquid Extraction Gas Chromatography/Mass Spectrometry หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
4. สารพิษอื่น ๆ			
1) เบนโซ (เอ) ไพรีน (Benzo (a) pyrene)	ไมโครกรัม /ลิตร	ต้องไม่เกิน 0.2	วิธี Liquid - Liquid Extraction Chromatography หรือวิธี Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography/Mass Spectrometry หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
2) ไซยาไนด์ (Cyanide)	"	ต้องไม่เกิน 200	วิธี Pyridine Barbituric Acid หรือวิธี Colorimetry หรือวิธี Ion Chromatography หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
3) พีซีบี (PCBs)	"	ต้องไม่เกิน 0.5	วิธี Liquid - Liquid Extraction Gas Chromatography (Method II) หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
4) ไวนิลคลอไรด์ (Vinyl Chloride)	"	ต้องไม่เกิน 2	วิธี Purge and Trap Gas Chromatography หรือ วิธี Purge and Trap Gas Chromatography Mass Spectrometry หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

หมายเหตุ : 1 การตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดินใช้วิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater) ซึ่ง American Public Health Association, American Water Works Association และ Water Environment Federation ของสหรัฐอเมริการ่วมกันกำหนด หรือตามคู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียของสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

2 วิธีการเก็บและรักษาตัวอย่างน้ำใต้ดินให้เป็นไปตามที่กรมควบคุมมลพิษประกาศในราชกิจจานุเบกษา

แหล่งที่มา : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 20 (พ.ศ. 2543) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 117 ตอนพิเศษ 95 ง ลงวันที่ 15 กันยายน 2543

ตารางที่ ค-3 เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ กรมอนามัย พ.ศ. 2553

คุณลักษณะของน้ำ	ค่ามาตรฐานที่กำหนด	หน่วยวัด
1. คุณภาพน้ำทางกายภาพ		
- ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.5 – 8.5	
- ความขุ่น (Turbidity)	ไม่เกิน 5	เอ็นทียู
- สี (Color)	ไม่เกิน 15	แพลตตินัมโคบอลท์
2. คุณภาพน้ำทางเคมีทั่วไป		
- สารละลายทั้งหมดที่เหลือจากการระเหย (TDS)	ไม่เกิน 1,000	มิลลิกรัมต่อลิตร
- ความกระด้าง (Hardness)	ไม่เกิน 500	มิลลิกรัมต่อลิตร
- ซัลเฟต ($SO_4^{=}$)	ไม่เกิน 250	มิลลิกรัมต่อลิตร
- คลอไรด์ (Cl^-)	ไม่เกิน 250	มิลลิกรัมต่อลิตร
- ไนเตรท (NO_3^- as NO_3^-)	ไม่เกิน 50	มิลลิกรัมต่อลิตร
- ฟลูออไรด์ (F^-)	ไม่เกิน 0.7	มิลลิกรัมต่อลิตร
3. คุณภาพน้ำทางโลหะหนักทั่วไป		
- เหล็ก (Fe)	ไม่เกิน 0.5	มิลลิกรัมต่อลิตร
- แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 0.3	มิลลิกรัมต่อลิตร
- ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 1.0	มิลลิกรัมต่อลิตร
- สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 3.0	มิลลิกรัมต่อลิตร
4. คุณภาพน้ำทางโลหะหนัก สารเป็นพิษ		
- ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.03	มิลลิกรัมต่อลิตร
- โครเมียม (Cr)	ไม่เกิน 0.05	มิลลิกรัมต่อลิตร
- แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.003	มิลลิกรัมต่อลิตร
- สารหนู (As)	ไม่เกิน 0.01	มิลลิกรัมต่อลิตร
- ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.001	มิลลิกรัมต่อลิตร
5. คุณภาพน้ำทางแบคทีเรีย		
- โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform bacteria)	0	เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม
- ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Faecal coliform bacteria)	0	เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ค-4 เกณฑ์เสนอแนะคุณภาพน้ำบริโภคขององค์การอนามัยโลก

ข้อมูล	หน่วยวัด	ค่าที่กำหนด
ความเป็นกรด - ด่าง	-	6.5 - 9
สี	True color Unit	16
ความขุ่น	เอ็นทียู	5
สารละลายทั้งหมดที่เหลือจากการระเหย	มิลลิกรัม / ลิตร	1,000
ความกระด้าง	มิลลิกรัม / ลิตร	500
เหล็ก	มิลลิกรัม / ลิตร	0.3
แมงกานีส	มิลลิกรัม / ลิตร	0.1
ทองแดง	มิลลิกรัม / ลิตร	1
สังกะสี	มิลลิกรัม / ลิตร	4
ตะกั่ว	มิลลิกรัม / ลิตร	0.01
โครเมียม	มิลลิกรัม / ลิตร	0.05
แคดเมียม	มิลลิกรัม / ลิตร	0.003
สารหนู	มิลลิกรัม / ลิตร	0.01
ปรอท	มิลลิกรัม / ลิตร	0.001
ซัลเฟต (Na_2SO_4)	มิลลิกรัม / ลิตร	250
ซัลเฟต ($CaSO_4$)	มิลลิกรัม / ลิตร	1,000
คลอไรด์	มิลลิกรัม / ลิตร	250
ไนเตรท (NO_3^- as NO_3^-)	มิลลิกรัม / ลิตร	50
ฟลูออไรด์	มิลลิกรัม / ลิตร	1.5
คลอรีนอิสระคงเหลือ	มิลลิกรัม / ลิตร	0.6 - 1.1
แบคทีเรียประเภทโคลิฟอร์ม	เอ็มพีเอ็น / 100 มิลลิลิตร	ตรวจไม่พบ
อี.โคไลหรือเทอร์โมโธเลอแรนท์โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	เอ็มพีเอ็น / 100 มิลลิลิตร	ตรวจไม่พบ
แบเรียม	มิลลิกรัม / ลิตร	1.7
ฟีนอล	มิลลิกรัม / ลิตร	-
ซิลิเนียม	มิลลิกรัม / ลิตร	0.01
เงิน	มิลลิกรัม / ลิตร	0.005

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ค-4 เกณฑ์เสนอแนะคุณภาพน้ำบริโภคขององค์การอนามัยโลก (ต่อ)

ข้อมูล	หน่วยวัด	ค่าที่กำหนด
อลูมิเนียม	มิลลิกรัม / ลิตร	0.2
เอ บี เอส (Alkylbenzene Sulfonate)	มิลลิกรัม / ลิตร	-
ไซยาไนด์	มิลลิกรัม / ลิตร	0.07
นิเกิล	มิลลิกรัม / ลิตร	0.02

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ง บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

งานวิจัยนี้ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิชาการต่างประเทศคือ

Pentamwa, P., Benchamaporn Sukton, Tanisa Wongklom, and Sathaporn Pentamwa. (2013). Cancer Risk Assessment from Trihalomethanes in Community Water supply at Northeastern Thailand. *International Journal of Environmental Science and Development*. 4(5), 538-544

และ ได้รับรางวัล Excellent Paper Award (2013) from The 2013 3rd International Conference on Environmental and Agriculture Engineering (ICEAE 2013), July 6-7, 2013 Hong Kong with the article entitled "Cancer Risk Assessment from Trihalomethanes in Community Water supply at Northeastern Thailand"

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ – นามสกุล (ภาษาไทย) **นาย ประพัฒน์ เป็นตามวา**

(ภาษาอังกฤษ) **Mr. PRAPAT PENTAMWA**

2. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม

3. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้

สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถนนมหาวิทยาลัย ต. สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
หมายเลขโทรศัพท์ 044-223941 โทรสาร 044-223920
E-mail: prapat@sut.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี วทบ. (สาธารณสุขศาสตร์) สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สุขาภิบาล (เกียรตินิยมอันดับสอง) สถาบัน มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีที่สำเร็จ 2539

ปริญญาโท MSc. สาขาวิชา Environmental Technology and Management สถาบัน Asian Institute of Technology ปีที่สำเร็จ 2544

ปริญญาเอก PhD. สาขาวิชา Environmental Engineering and Management สถาบัน Asian Institute of Technology ปีที่สำเร็จ 2551

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

มลพิษทางอากาศ สุขาภิบาลอาหาร การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

6.1 หัวหน้าโครงการวิจัย :

6.1.1 โครงการวิจัยเรื่อง Potential exposure to airborne pesticides in homes: a case study in Bangkok Metropolitan Region.

6.1.2 โครงการวิจัยเรื่อง Air Quality in Southern Thailand during the 2005 haze episode

6.1.3 โครงการวิจัยเรื่อง Levels and phase distribution of airborne polychlorinated biphenyls (PCBs) in the Bangkok Metropolitan Region

6.1.4 โครงการวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบวิเคราะห์อันตรายในจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (HACCP) ในโรงอาหาร

6.1.5 โครงการวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในบรรยากาศเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

6.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว:

6.2.1 โครงการวิจัยเรื่อง Potential exposure to airborne pesticides in homes: a case study in Bangkok Metropolitan Region. (หัวหน้าโครงการวิจัย)

6.2.2 โครงการวิจัยเรื่อง Air Quality in Southern Thailand during the 2005 haze episode (หัวหน้าโครงการ)

6.2.3 โครงการวิจัยเรื่อง Levels and phase distribution of airborne polychlorinated biphenyls (PCBs) in the Bangkok Metropolitan Region (หัวหน้าโครงการ)

6.2.4 โครงการวิจัยเรื่อง Effect of PM (10) pollution in Bangkok on children with and without asthma. (ผู้ร่วมวิจัย)

6.2.5 งานวิจัยเรื่อง การสร้างเสริมสุขภาพที่ดีด้วยอาหารและการออกกำลังกาย แหล่งทุน สอส. ระยะที่ 2 ระยะเวลาที่ใช้ 1 ปี (ผู้ร่วมโครงการ)

6.2.6 งานวิจัยเรื่อง Health Life Style ด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของนักศึกษาด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพชั้นปีที่ 1 แหล่งทุน ทุน สอส. ระยะที่ 2) ระยะเวลาที่ใช้ 1 ปี (ผู้ร่วมโครงการ)

6.3 ผลงานทางวิชาการ / ผลงานวิจัย:

6.3.1 งานตีพิมพ์เผยแพร่:

1) ชุติมา เรืองวิทยานนท์ จิตตานันท์ ติกุล อรอุมา สืบค้า พิรุณ กล้าหาญ และ **ประพัฒน์ เป็นตามวา** (2557). การประเมินตนเองตามระบบคุณภาพ ISO 9001:2008 ของศูนย์บริการการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี **วารสารวิจัยสถาบัน มหาวิทยาลัยขอนแก่น** ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 ประจำเดือนพฤษภาคม – สิงหาคม 2557
2) ปวีณา น้อยสาแดง จินดาวัลย์ วิบูลย์อุทัย **ประพัฒน์ เป็นตามวา** (2557) ประสิทธิภาพการบาบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมผลิตขนมจีนระดับครัวเรือน โดยใช้ธูปฤาษีในพื้นที่บึงประดิษฐ์ *วารสารวิจัยและพัฒนาระบบสุขภาพ* ปีที่ 6 ฉบับที่ 3 เดือนพฤศจิกายน 2556 – กุมภาพันธ์ 2557
3) K. Soticha, K., Jareeya, Y., Sudjit, K and **Prapat, P**. (2014). Assessing Water Quality of Rural Water Supply in Thailand. *Journal of Clean Energy Technologies, 2(3)*, 226-228
4) **Pentamwa**, P., Benchamaporn Sukton, Tanisa Wongklom, and Sathaporn Pentamwa. (2013). Cancer Risk Assessment from Trihalomethanes in

Community Water supply at Northeastern Thailand. *International Journal of Environmental Science and Development*. 4(5), 538-544

5) **ประพัฒน์ เป็นตามวา** ทักษิน จงประสม นิสสา ชื่นชม และเบญจวรรณ พรมผล (2012). การประเมินสภาวะอนามัยสิ่งแวดล้อมในหอพักนักศึกษามหาวิทยาลัย. *วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.* 5(1), 35-44.
6) **Pentamwa, P**., Thipthara, W., Nuangon, S. (2011). Removal of Hardness from Groundwater by Synthetic Resin from Waste Plastics. *International Journal of Environmental Science and Development,* 2, (6): 479-4
7) **Pentamwa, P.,** Kanaratanadilok, N., Kim Oanh, N.T. (2011) Indoor Pesticide Application Practices and Levels in Homes of Bangkok Metropolitan Region. *Environmental Monitoring and Assessment* .181, 363-372.
8) สถาพร เป็นตามวา จำลอง โพธิ์บุญ **ประพัฒน์ เป็นตามวา** (2009). พฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดแมลงภายในบ้านเรือน: กรณีศึกษาเขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร *อนามัยสิ่งแวดล้อม*, 11(2), 14-26
9) **Pentamwa, P**. and Kim Oanh, N.T. (2008). Levels of Pesticides and PCBs in Selected Homes in Bangkok Metropolitan Region, Thailand. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1140, Environmental Challenges in the Pacific Basin, 91-112.
10) **Pentamwa, P.** and Kim Oanh, N.T. (2008). Air Quality in Southern Thailand during Haze Episode in relation to Air Mass Trajectory*, Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 30(4), 539-546.
11) Preutthipan, A., Udomsubpayakul, U., Chaisupamongkollarp, T., **Pentamwa, P.** (2004). *Effect of PM (10) pollution in Bangkok on children with and without asthma.* Pediatric pulmonology, vol. 37(3), 187-192.
12) Sirinuntavid, A., **Pentamwa, P.** (1999). *The Elemental Composition of Airborne Particle in the Bangkok Area.* Nippon Genshiryoku Kenkyujo JAERI, Conf, pp. 178-192

6.3.2 การนำเสนอผลงานวิชาการ :

1. **Pentamwa, P**. and Kim Oanh, N.T. (2006). *Air Quality in Southern Thailand during the 2005 haze episode.* In the Proceedings of the Better Air Quality (BAQ) 2006 Workshop 13-15 December 2006 Yogyakarta, Indonesia (oral presentation).
2. **Pentamwa, P**. and Kim Oanh, N.T. (2007). *Levels of persistent organic pollutants (POPs) in homes in Bangkok metropolitan region, Thailand*. In the

Proceedings of 12th International Pacific Basin Consortium for Environment and Health Sciences (PBC) Conference October 26-29, 2007 in Beijing, China (oral presentation).

3. **Pentamwa, P**. and Kim Oanh, N.T. (2007). *Indoor Persistent Organic Pollutants in Homes in Bangkok Metropolitan Region, Thailand*, In the Proceedings of the International Conference on Air Quality Management in Southeast Asia., 21-23 November 2007, Ho Chi Minh city, Vietnam (oral and poster presentation).
4. **Pentamwa, P**. (2009). *Concentrations of Polychlorinated biphenyls (PCBs) in the Ambient air of the Bangkok Metropolitan Region (BMR), Thailand* In the Proceedings of the 8th Thailand National Environmental Conference, 25-27 March 2009, Nakornratchasima, Thailand (oral presentation).
5. **Pentamwa, P**. and Kim Oanh, N.T. (2009). Dissipation of household pyrethroid pesticides in topical home, In the 13th international conference of the Pacific Basin Consortium for Environmental and Health, 19th-24th November 2009, Perth, Australia (oral presentation).
6. **Pentamwa, P**. and Kim Oanh, N.T. (2010). Implication of climate change on human exposure to household pesticides: In the international conference workshop of Livelihood and health impact of the climate change Community adaptation strategies, 24th-25th August 2010, Khon Kaen, Thailand (oral presentation).
7. **ประพัฒน์ เป็นตามวา** วันวิสา ทานท่า พรวรินทร์ มิลามัย (2011) การปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยการใช้สารสร้างตะกอนจากเมล็ดลิ้นจี่ เมล็ดเงาะ และเมล็ดขนุน การประชุมสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 10 วันที่ 23-25 มีนาคม 2554 โรงแรมบีพี สมิหลา บีช แอนด์ รีสอร์ท สงขลา
8. **ประพัฒน์ เป็นตามวา** ทักษิน จงประสม นิสสา ชื่นชม และ เบญจวรรณ พรมผล (2011) แนวทางในการประเมินอนามัยสิ่งแวดล้อมหอพัก การประชุมวิชาการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 4 วันที่ 17-19 สิงหาคม 2554 ณ ฮอลล์ 9 ศูนย์การประชุมและแสดงสินค้า อิมแพค เมืองทองธานี จ.นนทบุรี
9. ประพัฒน์ เป็นตามวา **จุฑารัตน์ นาคปิ่น** (2555) การประเมินสภาวะสุขาภิบาลอาหารทางกายภาพ เคมี และชีวภาพในโรงอาหารมหาวิทยาลัย เอกสารการประชุม

วิชาการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 5 ระหว่างวันที่ 16-17 สิงหาคม 2555 ณ ฮอลล์ 9 อิมแพค เมืองทองธานี จังหวัดนนทบุรี

10. **Prapat Pentamwa**, Siraporn Potivichayanon, Nares Chuersuwan. (2012). *Health Risk Assessment of Airborne Metals in PM10 and PM2.5 during the Dry season in Nakorn Ratchasima city, Thailand*. In Conference Proceedings 4th International Conference on Public Health among Greater Mekong sub-regional countries, 15th – 16th September 2012, pp 245-247, Kunming, China
11. ธนิศา วงศ์กลม วายุวรรณ พิเมย อุมาภรณ์ มุสิกวุฒิ สัณหจุฑา สัญพึ่ง ประพัฒน์ เป็นตามวา (2556) การกำจัดสีในน้ำเสียสีย้อมผ้าจากอุตสาหกรรมครัวเรือนด้วยวิธีตกตะกอนไฟฟ้าเคมี เอกสารการประชุมวิชาการอนามัยสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 8 ระหว่างวันที่ 14-15 มกราคม 2556 ณ ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา กรุงเทพมหานคร หน้าที่ 62-70
12. **Prapat Pentamwa**, Benchamaporn Sukton, Tanisa Wongklom, and Sathaporn Pentamwa. (2013). Cancer Risk Assessment from Trihalomethanes in Community Water supply at Northeastern Thailand. In Conference Proceedings 2013 3rd International Conference on Environmental and Agriculture Engineering (ICEAE 2013) Hong Kong, July 6-7, 2013

6.4 งานวิจัยที่กำลังทำ:

1. งานวิจัยเรื่อง การประเมินความเสี่ยงจากโลหะหนักในเห็ดบริโภคแหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ พ.ศ. 2556 ระยะเวลาที่ใช้ 1 ปี (หัวหน้าโครงการ)
2. งานวิจัยเรื่อง การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของการบริโภคน้ำประปาชุมชน แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ พ.ศ. 2555 ระยะเวลาที่ใช้ 1 ปี (หัวหน้าโครงการ)
3. งานวิจัยเรื่อง การประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมของสารตะกั่วในศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ พ.ศ. 2555 ระยะเวลาที่ใช้ 2 ปี (หัวหน้าโครงการ)

4. งานวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศเขตเทศบาลนครนครราชสีมา แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ พ.ศ. 2554 ระยะเวลาที่ใช้ 1 ปี (หัวหน้าโครงการ)
5. งานวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบวิเคราะห์อันตรายในจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (HACCP) ในโรงอาหาร แหล่งทุน ทุนสนับสนุนการสร้างและพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ พ.ศ. 2553 มทส. ระยะเวลาที่ใช้ 1 ปี (หัวหน้าโครงการ)
6. งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถระบบฟิกซ์ฟิล์มไบโอสครับเบอร์ แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ พ.ศ. 2554 ระยะเวลาที่ใช้ 1 ปี (ผู้ร่วมโครงการ)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. **ชื่อ-สกุล** นายสมชาย แช่มชูกลิ่น

   Mr. SOMCHAI CHAMCHUKLIN

2. **ตำแหน่งปัจจุบัน** นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการพิเศษ

3. **หน่วยงาน** ศูนย์อนามัยที่ 5 นครราชสีมา 177 หมู่ 6 ต.โคกกรวด อ.เมือง
   จ.นครราชสีมา 30280 โทร 044 305131, 305139 ต่อ 102
   โทรสาร 044 291506 มือถือ 081-6000-650
   E-mail: chamchuklin@gmail.com

4. **ประวัติการศึกษา** วิทยาศาสตร์บัณฑิต (สาธารณสุขศาสตร์) มหาวิทยาลัยมหิดล

5. **สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ** การจัดการสุขาภิบาลอาหารและน้ำ, การจัดการขยะ

6. **ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยภายในประเทศ**

7.1 สถานภาพการทำการวิจัย : ผู้ร่วมวิจัย

7.2 งานวิจัยที่ทำสำเร็จแล้ว

7.2.1 การศึกษาความแตกต่างของสภาวะการสุขภิบาลอาหารและน้ำบริโภคในโรงเรียน เขต 13 ปี 2548 เผยแพร่ในการนำเสนอแบบวาจาเวทีประชุมวิชาการส่งเสริมสุขภาพแห่งชาติ ครั้งที่ 2 วันที่ 13-15 มิถุนายน 2550 ณ โรงแรมมิราเคิลแกรนด์ กรุงเทพฯ แหล่งงบประมาณ ศูนย์อนามัยที่ 5 นครราชสีมา

7.2.2 การพัฒนารูปแบบแหล่งท่องเที่ยวปลอดโรค ผู้บริโภคปลอดภัยกรณีศึกษาแหล่งท่องเที่ยวบ้านปราสาท อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา ปี 2550 เผยแพร่ในการนำเสนอแบบวาจา เวทีประชุมวิชาการส่งเสริมสุขภาพแห่งชาติ ครั้งที่ 3 วันที่ 23-25 กรกฎาคม 2551 ณ เมืองทองธานี กรุงเทพฯ และตีพิมพ์ลงวารสาร HEALTH กรมอนามัย ปีที่ 32 ฉบับที่ 1 มกราคม-มีนาคม 2552 แหล่งงบประมาณ ศูนย์อนามัยที่ 5 นครราชสีมา

7.2.3 การศึกษารูปแบบการดำเนินงานเมืองน่าอยู่ด้านสุขภาพด้วยกระบวนการจัดการความรู้ ปี 2554 เผยแพร่ในการนำเสนอแบบวาจา เวทีประชุมวิชาการกระทรวงสาธารณสุข ปี 2552 วันที่ 20-23 มีนาคม 2552 ณ เมืองทองธานี กรุงเทพฯ แหล่งงบประมาณกรมอนามัย

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. ชื่อ – นามสกุล (ภาษาไทย) **นาง สถาพร เป็นตามวา**

(ภาษาอังกฤษ) **MRS. SATHAPORN PENTAMWA**

2. ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการ

3. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้

กลุ่มพัฒนาอนามัยสิ่งแวดล้อม

ศูนย์อนามัยที่ 5 นครราชสีมา

177 หมู่ที่ 6 ต.โคกกรวด อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30280

หมายเลขโทรศัพท์ 044 305 131 ต่อ 102 โทรสาร 044 291 506

E-mail: sathapornounchit@hotmail.com

4. ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี วทบ. (สาธารณสุขศาสตร์) สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สุขาภิบาล สถาบัน มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีที่สำเร็จ 2539

ปริญญาโท สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม สถาบัน สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ ปีที่สำเร็จ 2550

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ อนามัยสิ่งแวดล้อม การจัดการขยะมูลฝอย

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

6.1 หัวหน้าโครงการวิจัย :

1) โครงการวิจัยเรื่อง พฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดแมลงภายในบ้าน กรณีศึกษาเขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร (หัวหน้าโครงการ)

ผลงานตีพิมพ์

1) Pentamwa, S., Poboon, C., Pentamwa, P. (2009). Households' Insecticides Use Behaviors in Chatuchak District**.** *Journal of Environmental Health*, 11(2), 14-26. (In Thai).
2) Pentamwa, P., Benchamaporn Sukton, Tanisa Wongklom, and **Sathaporn Pentamwa.** (2013). Cancer Risk Assessment from Trihalomethanes in Community Water supply at Northeastern Thailand. *International Journal of Environmental Science and Development*. 4(5), 538-544