บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำต้นเรื่อง

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญยิ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตทุกชนิด มนุษย์มีความต้องการน้ำสำหรับการอุปโภคและบริโภคที่สะอาด 100-200 ลิตร/คน/วัน สำหรับชุมชนในเขตเมือง (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542) แต่เนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ได้ก่อให้เกิดการปนเปื้อนของสารพิษ เชื้อโรค สารอินทรีย์ในแหล่งน้ำธรรมชาติ จนไม่สามารถนำน้ำจากแหล่งธรรมชาติมาใช้ในการอุปโภคและบริโภคได้โดยตรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในชุมชนเมืองที่แหล่งน้ำตามธรรมชาติมักถูกใช้เป็นแหล่งรองรับของเสียมากกว่าที่จะนำมาใช้เพื่อประโยชน์อย่างอื่น น้ำจึงเป็นสื่อนำเชื้อโรคติดต่อหลายชนิดมาสู่มนุษย์เช่น อหิวาตกโรค บิด ไทฟอยด์ เป็นต้น (นิธิมา เคารพครู, 2546) และจากรายงานการเฝ้าระวังการระบาดวิทยา พบว่าโรคอุจจาระร่วงเฉียบพลัน ซึ่งเป็นโรคที่เกิดจากอาหารและน้ำเป็นสื่อ ในแต่ละปีมีอัตราการป่วยมาก โดยในปี 2542, 2543 และ 2544 มีอัตราการป่วยเกิดขึ้น 1,564, 1,544 และ 1,643 ต่อประชากรแสนคน ตามลำดับ (สุวรรณา เทพสุนทร, 2542; มยุรี เปาประดิษฐ์, 2543 และธนิศ เสริมแก้ว, 2544) ทำให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจของชาติอย่างมหาศาลทั้งทางตรง ซึ่งได้แก่ ค่ายาและค่าพาหนะของผู้ป่วย รวมทั้งญาติพี่น้องและในทางอ้อม ได้แก่ การสูญเสียผลผลิตที่ควรได้จากแรงงานของผู้ป่วย และค่าวัสดุอุปกรณ์รวมทั้งแรงงานของผู้ให้การรักษาพยาบาล

รัฐมีนโยบายสนับสนุนให้ประชาชนมีน้ำประปาที่สะอาดใช้ แต่การดำเนินงานโดยส่วนใหญ่ของระบบประปามักจะเกิดปัญหาคือ น้ำที่ผลิตได้จากระบบประปาไม่ได้คุณภาพ จึงไม่เหมาะสมต่อการนำไปอุปโภคและบริโภค จากการศึกษาของกรมอนามัย (2542) โดยเก็บตัวอย่างประปาหมู่บ้านในปี 2540-2541 จำนวน 4,390 ตัวอย่าง พบว่า คุณภาพน้ำด้านกายภาพ เคมี และแบคทีเรีย อยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำบริโภคขององค์การอนามัยโลกเพียงร้อยละ 25 ดัชนีบ่งชี้ที่แสดงให้เห็นว่าคุณภาพน้ำประปาไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภคเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ได้แก่แบคทีเรีย เหล็ก ความขุ่น ความเป็นกรด-ด่าง แคดเมียม ปริมาณสารละลายที่เหลือจากการระเหย ตะกั่ว ไนเตรท ซัลเฟต ความกระด้าง ฟลูออไรด์ คลอไรด์ ทองแดง แคดเมียม สังกะสี และคลอรีนอิสระ

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ เป็นสถาบันการศึกษาในระดับอุดมศึกษาที่สำคัญในภาคใต้ มีบุคลากรและนักศึกษาพักอาศัยอยู่ภายในมหาวิทยาลัยเป็นจำนวนมาก ทำให้ความ

ต้องการใช้น้ำประปาที่สะอาดสำหรับอุปโภคและบริโภคเพิ่มขึ้น โดยในปี 2545, 2546 และ 2547 มีปริมาณการใช้น้ำ 1,031,209, 1,019,582 และ 1,184,655 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งมหาวิทยาลัยผลิตน้ำประปาโดยใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำศรีตรังภายในมหาวิทยาลัยนำมากำจัดสิ่งเจือปนต่างๆ โดยการเติมสารส้ม และปูนขาว เพื่อทำให้สารที่แขวนลอยอยู่ในน้ำตกตะกอน จากนั้นนำน้ำผ่านเข้าสู่ระบบกรองทราย และส่งไปเก็บในถังพักน้ำแล้วเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคที่อาจจะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ก่อนที่จะถูกสูบขึ้นไปเก็บในถังน้ำใสแล้วส่งผ่านไปตามท่อจ่ายเพื่อใช้ภายในมหาวิทยาลัย จากรายงานการศึกษาคุณภาพน้ำประปาที่ผ่านมา คือจากการศึกษาของพิพัฒน์ ภูริปัญญาคุณ (2522) พบว่าคุณภาพน้ำประปาของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์มีค่า total plate count อยู่ในช่วง 76-742 colony/mL ซึ่งเกินค่ามาตรฐานของ Public Health Service Drinking Water Standard ปี 1962 ที่กำหนดให้ total plate count ไม่เกิน 100 colony/mL ส่วนการศึกษาของณรงค์ ณ เชียงใหม่ และคณะ (2528) พบปริมาณเหล็กในน้ำประปาจากบริเวณหมู่บ้านเก่าในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์มีค่าพิสัยระหว่าง 0.02-0.33 mg/Lและจากข้อมูลของกองอาคารสถานที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2547) พบว่าน้ำประปาจากบริเวณหมู่บ้านเก่ามีปริมาณเหล็ก 1.87 mg/L ซึ่งเกินค่ามาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลกที่กำหนดให้มีปริมาณเหล็กได้ไม่เกิน 0.3 mg/L จากรายงานการศึกษาที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าเป็นการศึกษาคุณภาพน้ำประปาปลายท่อเท่านั้น

ดังนั้นหากจะประเมินสภาพปัญหาคุณภาพน้ำ ระบบจ่ายน้ำและประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตน้ำประปาในมหาวิทยาลัย ควรมีการตรวจสอบคุณภาพน้ำประปาภายในมหาวิทยาลัย ตั้งแต่น้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา ระหว่างการผลิตประปาในแต่ละขั้นตอน และน้ำที่ปลายท่อ ณ อาคารบ้านพักและสถานที่ต่างๆ รวมถึงการสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้น้ำประปาในมหาวิทยาลัยด้วยซึ่งข้อมูลที่ได้รับจะนำไปสู่การจัดทำแนวทางในการปรับปรุง แก้ไข และบำรุงรักษาระบบประปาให้มีประสิทธิภาพเพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของผู้ใช้น้ำประปา ภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ต่อไป

1.2 การตรวจเอกสาร

1.2.1 การประปา หมายถึง น้ำที่จ่ายสู่ประชาชนเพื่อบริโภคอุปโภค โดยใช้ท่อจ่ายน้ำที่มีแรงดันและปริมาณน้ำเพียงพอแก่การใช้ในวัตถุประสงค์ต่างๆ

องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้ให้คำนิยามของวัตถุประสงค์ของการทำระบบประปา คือ

1. ผลิตน้ำสะอาดเพื่อใช้ในการอุปโภคและบริโภคได้อย่างปลอดภัย (safe and wholesome)
2. ผลิตน้ำให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้น้ำ (adequate quantity)

3. ใช้ต้นทุนการผลิตต่ำและพร้อมที่จะจ่ายน้ำให้แก่ผู้ต้องการใช้น้ำได้อย่างทั่วถึง (readily available to the users)

1.2.2 กระบวนการผลิตน้ำประปาภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

การผลิตน้ำประปาของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เป็นหน้าที่รับผิดชอบของกองอาคารสถานที่ ซึ่งรายละเอียดของการผลิตน้ำประปามีดังนี้ (ภาพประกอบที่ 1 และ 2)

1.2.2.1 แหล่งน้ำดิบ แหล่งน้ำที่ใช้เป็นแหล่งน้ำดิบในการผลิตน้ำประปาในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ มี 2 แหล่งคือ

1) น้ำจากอ่างเก็บน้ำศรีตรัง อ่างเก็บน้ำจะรับน้ำฝนและน้ำมาจากเขาคอหงส์ มีความจุน้ำได้ประมาณ 520,000 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งสามารถใช้ผลิตน้ำประปาได้ประมาณ 7-8 เดือน ความเป็นกรด-ด่างของน้ำในอ่างเก็บน้ำมีค่าประมาณ 6.5-7.0

2) น้ำประปาจากการประปาส่วนภูมิภาค อำเภอหาดใหญ่ มหาวิทยาลัย จะรับน้ำประปาโดยตรงจากการประปาส่วนภูมิภาคเมื่อน้ำในอ่างไม่เพียงพอในการผลิต โดยมีมาตรวัดน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ติดตั้งอยู่หน้าร้านขายยาคณะเภสัชศาสตร์ เปิดน้ำประปาจากการประปาส่วนภูมิภาคเข้าถังเก็บน้ำ 1,800 ลูกบาศก์เมตร แล้วสูบส่งขึ้นไปเก็บไว้ในถัง 5,000 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งตั้งอยู่บนเขาบริเวณสนามเทนนิส สำหรับใช้ในมหาวิทยาลัยต่อไป

1.2.2.2 ขั้นตอนการผลิตน้ำประปา การผลิตน้ำประปาของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ คือ

1) การใส่สารเคมีช่วยในการตกตะกอน สารเคมีที่ใช้ช่วยในการตกตะกอนในการผลิตน้ำประปาจะใช้สารส้มและปูนขาว จะใส่มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความขุ่นของน้ำดิบ โดยปกติจะต้องทำจาร์เทสก่อนเพื่อหาปริมาณสารส้มและปูนขาวที่ต้องการ ที่ผ่านมาในช่วงฤดูฝนน้ำดิบมีความขุ่นมากจะใส่สารส้มและปูนขาวประมาณ 20 mg/L ความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่ผลิตเป็นน้ำประปาแล้วมีค่าประมาณ 6.5-7.0

2) ระบบกรองน้ำประปาในมหาวิทยาลัยมี 2 ระบบด้วยกันคือระบบกรองแบบใช้แรงดัน (pressure filter) และระบบทรายกรองเร็ว (rapid sand filter) ดังภาพประกอบที่ 1 ซึ่งเริ่มจากการสูบน้ำจากถังน้ำดิบที่ไหลมาจากอ่างเก็บน้ำศรีตรังเข้าสู่ 2 ระบบพร้อมกัน คือ

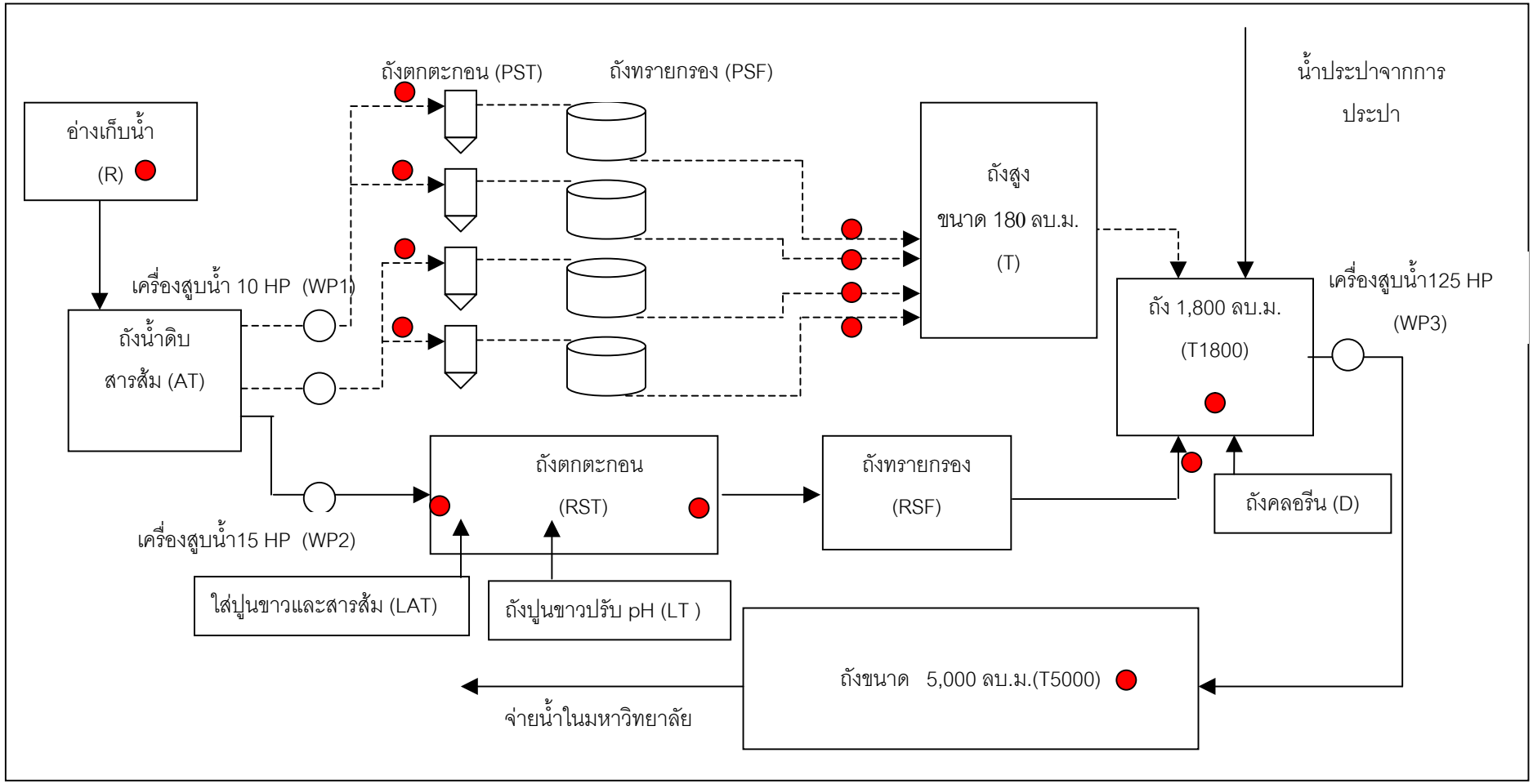
1. ระบบกรองแบบใช้แรงดัน (pressure filter)โดยการใช้แรงดันจากเครื่องสูบน้ำขนาด 10 แรงม้า จำนวน 2 เครื่อง สูบน้ำดิบจากถังน้ำดิบที่ทำการใส่สารเคมี (สารส้ม) แล้วเข้าไปในถังตกตะกอนซึ่งเป็นถังรูปกรวย ปริมาตร 18 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 4 ถัง เพื่อช่วยให้ตะกอนจับตัวกันตกลงไปที่ก้นถังส่วนน้ำที่ผ่านการตกตะกอน ก็ไหลล้นออกทางท่อส่วนบนของถังกรวย ผ่านเข้าสู่ถังทรายกรอง ซึ่งมีอยู่ 4 ถังเช่นกัน น้ำใสที่ไหลผ่านทรายกรองจะไหลขึ้นสู่ถังสูง ซึ่งเป็นถังเก็บน้ำ

ขนาด 180 ลูกบาศก์เมตร หลังจากนั้นน้ำใสจะไหลลงสู่ถังเก็บน้ำ ขนาด 1,800 ลูกบาศก์เมตรซึ่งเป็นถังรวมน้ำของทั้ง 2 ระบบเข้าด้วยกัน จะทำการเติมคลอรีน แล้วจะสูบน้ำด้วยเครื่องสูบน้ำขนาด 125 แรงม้าส่งขึ้นไปเก็บไว้ในถังขนาด 5,000 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งตั้งอยู่บนเขาบริเวณสนามเทนนิส สำหรับจ่ายในมหาวิทยาลัยต่อไป

2. ระบบทรายกรองเร็ว (rapid sand filter) โดยการใช้แรงดันจากเครื่องสูบน้ำขนาด 15 แรงม้า สูบน้ำดิบจากถังน้ำดิบที่ทำการเติมสารเคมี (สารส้ม) แล้ว เข้าถังตกตะกอนที่เป็นแบบสี่เหลี่ยมให้น้ำไหลจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง ภายในถังนี้จะมีการใส่สารส้มและปูนขาวอีกครั้ง ในช่วงนี้น้ำไหลค่อนข้างช้าเพื่อจะให้ตะกอนมีโอกาสได้รวมตัวกันเป็นกลุ่ม แล้วตกตะกอนลงสู่ก้นถัง ส่วนตะกอนที่ยังคงลอยตัวอยู่ก็จะไหลเข้าสู่ถังทรายกรองอีกครั้งหนึ่ง น้ำใสสุดท้ายจะไหลลงสู่ถังเก็บน้ำขนาด 1,800 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นถังรวมน้ำของทั้ง 2 ระบบเข้าด้วยกัน จะทำการเติมคลอรีน แล้วจะสูบน้ำด้วยเครื่องสูบน้ำขนาด 125 แรงม้าส่งขึ้นไปเก็บไว้ในถังขนาด 5,000 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งตั้งอยู่บนเขาบริเวณสนามเทนนิส สำหรับจ่ายในมหาวิทยาลัยต่อไป

3. การใส่สารเคมีเพื่อฆ่าเชื้อโรค ในการฆ่าเชื้อโรคจะใส่คลอรีน ที่อยู่ในรูปของคัลเซียมไฮโปคลอไรท์ $Ca(OCl)_2$ ซึ่งมีลักษณะเป็นผงสีขาวอมเหลือง ประกอบด้วยคลอรีน 60-70% โดยน้ำหนัก โดยใส่ในน้ำประมาณ 12 mg/L เพื่อให้ได้มีปริมาณคลอรีนตกค้างในน้ำประปาประมาณ 0.5-1.0 mg/L การใส่คลอรีนจะทำโดยการนำคลอรีนผงไปละลายน้ำแล้วหยดลงในน้ำที่ผ่านการกรองแล้ว โดยถังใส่คลอรีนจะติดตั้งอยู่บนถัง 1,800 ลูกบาศก์เมตร

1.2.2.3 การใช้น้ำประปาในมหาวิทยาลัย การใช้น้ำประปาในมหาวิทยาลัยเฉลี่ยประมาณ 65,000-85,000 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ค่าใช้จ่ายในการผลิตจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำดิบในอ่างเก็บน้ำที่นำมาผลิตหรือปริมาณการซื้อน้ำจากการประปาส่วนภูมิภาค ซึ่งน้ำที่ซื้อจากการประปาส่วนภูมิภาคมีอัตราเฉลี่ย 16 บาท/ลูกบาศก์เมตร ส่วนน้ำที่ผลิตจากอ่างเก็บน้ำมีอัตราเฉลี่ย 1.50-2.50 บาท/ลูกบาศก์เมตร



ภาพประกอบที่ 1 แสดงกระบวนการผลิตน้ำประปาของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

------ ระบบกรองแบบใช้แรงดัน ——— ระบบทรายกรองเร็ว ● จุดเก็บตัวอย่าง

อ่างเก็บน้ำศรีตรัง (R)

ถังเติมสารส้มทั้ง 2 ระบบ (AT)

เครื่องสูบน้ำทั้ง (WP1 และ WP2)

ถังตกตะกอนระบบกรองแบบใช้แรงดัน (PST)

ถังทรายกรองระบบกรองแบบใช้แรงดัน (PSF)

ถังสูงระบบกรองแบบใช้แรงดัน (T)

ภาพประกอบที่ 2 ขั้นตอนการผลิตน้ำประปาของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

ถังตกตะกอนระบบทรายกรองเร็ว (RST)

ถังเติมสารส้มและปูนขาวระบบทรายกรองเร็ว (LAT)

ถังปูนขาว (ปรับ pH) ระบบทรายกรองเร็ว (LT)

ถังทรายกรองระบบทรายกรองเร็ว (RSF)

ถัง 1,800 ลูกบาศก์เมตร (T1800)

ถังเติมคลอรีน (D)

ภาพประกอบที่ 2 (ต่อ)

เครื่องสูบน้ำ (WP3)

ถังน้ำใส (T5000)

ภาพประกอบที่ 2 (ต่อ)

1.2.3 ผลกระทบของคุณภาพน้ำต่อสุขภาพ

สำหรับผลกระทบของคุณภาพน้ำต่อสุขภาพมนุษย์แบ่งได้ตามทางกายภาพ เคมี โลหะหนัก และจุลชีววิทยา ดังแสดงในตารางที่ 1, 2, 3 และ 4

ตารางที่ 1 แสดงผลกระทบของคุณภาพน้ำทางกายภาพที่มีต่อสุขภาพ

คุณภาพน้ำทางกายภาพ	ผลกระทบทางสุขภาพ	อ้างอิง
1. ความขุ่น (turbidity)	เป็นปัจจัยเบื้องต้นในการตัดสินใจว่าผู้บริโภคต้องการใช้น้ำหรือไม่แต่ไม่มีผลต่อสุขภาพและถ้าความขุ่นเกิน 5 NTU การฆ่าเชื้อโรคโดยการเติมคลอรีนจะไม่ดีเท่าที่ควร	ศูนย์ห้องปฏิบัติการกรมอนามัย, 2547 และ WHO, 1993
2. สี (color)	ไม่สามารถบอกผลกระทบต่อสุขภาพได้โดยตรงแต่ทำให้ผู้บริโภครังเกียจ	ศูนย์ห้องปฏิบัติการกรมอนามัย, 2547
3. กลิ่น (odour) กลิ่นอับ : สารอินทรีย์ในน้ำ กลิ่นคาว : เหล็กออกไซด์ในน้ำ กลิ่นเหม็น : การย่อยสลายของแบคทีเรีย	ผู้บริโภครังเกียจ	ศูนย์ห้องปฏิบัติการกรมอนามัย, 2547

ตารางที่ 1 (ต่อ)

คุณภาพน้ำทางกายภาพ	ผลกระทบทางสุขภาพ	อ้างอิง
4. ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	มีผลต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาเคมี ทำให้เกิดการกัดกร่อนและเสื่อมสภาพของท่อจ่ายน้ำ	ศูนย์ห้องปฏิบัติการกรมอนามัย, 2547

ตารางที่ 2 แสดงผลกระทบของคุณภาพน้ำทางเคมีที่มีต่อสุขภาพ

คุณภาพน้ำทางเคมี	ผลกระทบทางสุขภาพ	อ้างอิง
1. ความกระด้าง (hardness)	ทำให้น้ำมีรสเฝื่อนและมีผลต่อการซักล้างและทำให้เกิดตะกรันในหม้อต้มน้ำ	ศูนย์ห้องปฏิบัติการกรมอนามัย, 2547
2. คลอไรด์ (chloride)	ไม่ทำอันตรายต่อผู้บริโภค แต่ถ้าความเข้มข้นที่สูงกว่า 250 mg/L ทำให้น้ำมีรสเค็ม	กรรณิการ์ สิริสิงห, 2544
3. ไนเตรท (nitrate)	เป็นสารที่เกิดขึ้นจากการปนเปื้อนของปุ๋ย สารเคมีหรือสารอินทรีย์ที่เน่าเปื่อย การดื่มน้ำที่มีไนเตรทมากๆ จะทำให้ร่างกายขาดออกซิเจนเพราะไนเตรทจะแย่งจับเม็ดเลือดแดงทำให้ร่างกายไม่สามารถนำออกซิเจนไปเลี้ยงร่างกายได้เพียงพอ จากการทดลองในสัตว์ยังพบว่าสารนี้มีส่วนทำลายตับและปอด	ศูนย์ห้องปฏิบัติการกรมอนามัย, 2547 และจตุรงค์ แวงนอก, 2546
4. ซัลเฟต (sulfate)	แต่ถ้าระบบจ่ายน้ำที่มีปลายตัน (dead end) แบคทีเรีย desulfovibrio จะเปลี่ยนซัลเฟตให้เป็นก๊าซไข่เน่า (H_2S)	ศูนย์ห้องปฏิบัติการกรมอนามัย, 2547

ตารางที่ 3 แสดงผลกระทบของคุณภาพน้ำทางโลหะหนักที่มีต่อสุขภาพ

คุณภาพน้ำทางโลหะหนัก	ผลกระทบทางสุขภาพ	อ้างอิง
1. โครเมียม (Cr)	พวกโครเมตและไดโครเมตมีอันตรายมากที่สุด สารตัวนี้ทำให้เกิดมะเร็งบนผิวหนังและมะเร็งในปอด ทำให้เกิดอาการอักเสบต่อนัยน์ตา จมูก ทำให้จมูกแหว่งได้ ในกรณีที่เป็นเรื้อรังจะมีอาการหลอดลมอักเสบและฟันผุ	ศริศักดิ์ สุนทรไชย, 2544
2. เหล็ก (Fe)	ทำให้น้ำมีกลิ่น รสชาติไม่พึงประสงค์เป็นที่รังเกียจต่อผู้บริโภคและทำให้มีปัญหาในการซักล้างทำให้เกิดคราบสนิมขึ้นกับสุขภัณฑ์และเกิดการอุดตันของท่อน้ำ นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งอาหารของแบคทีเรีย ที่เรียกว่า iron bacteria อีกด้วย การเจริญเติบโตของแบคทีเรียทำให้น้ำประปามีกลิ่นและรสเป็นที่น่ารังเกียจ	ศูนย์ห้องปฏิบัติการกรมอนามัย, 2547; มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542 และจตุรงค์ แวงนอก, 2546
3. แมงกานีส (Mn)	เกิดพิษสะสมเรื้อรังเม็ดเลือดขาวถูกทำลาย เกิดอาการทางจิตเสื่อม ถ้ามีมากกว่า 0.1 mg/L อาจทำให้เสื้อผ้ามีรอยเปื้อนและถ้าสูงกว่า 0.18 mg/L จะทำให้น้ำมีความขุ่น	ศริศักดิ์ สุนทรไชย, 2544 และมั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542
4. ทองแดง (Cu)	ทำให้รสชาติไม่ชวนดื่ม ไม่มีโทษต่อร่างกายแต่จะทำให้ท่ออะลูมิเนียมและท่อเหล็กอาบสังกะสีเป็นสนิมและผุกร่อน	ศูนย์ห้องปฏิบัติการกรมอนามัย, 2547 และ มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542
5. สังกะสี (Zn)	สังกะสีเป็นธาตุจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิต แต่ทำให้รสชาติไม่ชวนดื่ม ไม่มีโทษต่อร่างกาย	ศูนย์ห้องปฏิบัติการกรมอนามัย, 2547

ตารางที่ 3 (ต่อ)

คุณภาพน้ำทางโลหะหนัก	ผลกระทบทางสุขภาพ	อ้างอิง
6. แคดเมียม (Cd)	<u>พิษเฉียบพลัน</u> ทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง ท้องเดิน หมดสติ และทำให้เกิดการแตกตัวของเม็ดเลือดแดงเพิ่มมากขึ้นและก่อให้เกิดอาการขาดธาตุเหล็ก <u>พิษเรื้อรัง</u> ไตวาย ปวดกระดูก กระดูกพรุนและหักง่าย ทำให้เกิดมะเร็ง	ศริศักดิ์ สุนทรไชย, 2544
7. ตะกั่ว (Pb)	<u>พิษเฉียบพลัน</u> คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง มีอาการทางประสาท เช่น ความคิดสับสน ชัก หมดสติ อาการทางสมองเฉียบพลันจากพิษของตะกั่ว มักเกิดขึ้นในเด็กมากกว่าผู้ใหญ่ ระดับตะกั่วที่ทำให้เกิดพิษอยู่ในช่วงประมาณ 70-100 mg/L <u>พิษเรื้อรัง</u> มีอาการทางระบบประสาทส่วนกลาง เช่น เซื่องซึม ความคิดช้า ปวดศีรษะ ทรงตัวไม่ดี อาการทางประสาทส่วนนอก เช่นกล้ามเนื้อ กระดูกข้อมือตก ปลายประสาทอักเสบ อาจพบภาวะไตวายเรื้อรัง โรคเก๊าท์ มีเส้นสีเทาน้ำเงินที่เหงือกซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างไฮโดรเจนซัลไฟด์กับแบคทีเรีย	ศริศักดิ์ สุนทรไชย, 2544

ตารางที่ 3 (ต่อ)

คุณภาพน้ำทางโลหะหนัก	ผลกระทบทางสุขภาพ	อ้างอิง
8. ปรอท (Hg)	<u>พิษเฉียบพลัน</u> คลื่นไส้อาเจียน และอุจจาระเป็นเลือด ปวดท้อง ท้องเสีย ไตวาย <u>พิษเรื้อรัง</u> นอนไม่หลับ ความจำเสื่อม อารมณ์แปรปรวน หงุดหงิด เบื่ออาหาร เหงือกอักเสบ อาจมีอาการทางระบบทางเดินอาหาร เช่น คลื่นไส้อาเจียน ลิ้นมีรสโลหะ ปรอทอาจทำให้เกิดสภาวะภูมิไวเกินไม่ทราบสาเหตุ	ศริศักดิ์ สุนทรไชย, 2544

ตารางที่ 4 แสดงผลกระทบของคุณภาพน้ำทางจุลชีววิทยาที่มีต่อสุขภาพ

คุณภาพน้ำทางจุลชีววิทยา	ผลกระทบต่อสุขภาพ	อ้างอิง
1. แบคทีเรีย (bacterial infection)	ก่อให้เกิดโรคอหิวาตกโรค (cholera) โรคบิด (bacillary dysentery) และไข้ไทฟอยด์ (typhoid dysentery)	จตุรงค์ แวงนอก, 2546 และกรรณิการ์ สิริสิงห, 2544
2. ไวรัส (viral infection)	ก่อให้เกิดโรคตับอักเสบเนื่องจากเชื้อไวรัส (viral infection hepatitis) และโรคไขสันหลังอักเสบหรือโปลิโอ (poliomyelitis)	จตุรงค์ แวงนอก, 2546
3. ปาราสิต (parasitic infection)	ก่อให้เกิดโรคบิด (amoebic dysentery)	จตุรงค์ แวงนอก, 2546

ตารางที่ 4 (ต่อ)

คุณภาพน้ำทางจุลชีววิทยา	ผลกระทบต่อสุขภาพ	อ้างอิง
4. ฟีคัลโคลิฟอร์ม (fecal coliform bacteria)	เป็นตัวบ่งชี้โอกาสของการปนเปื้อนจากสิ่งขับถ่ายของมนุษย์ ถ้าพบในอาหารหรือน้ำก็แสดงให้เห็นถึงโอกาสการปนเปื้อนจากอุจจาระของมนุษย์ ซึ่งอาจเกิดจากการขาดการควบคุมระบบสุขลักษณะที่ดีหรือกระบวนการผลิตที่ไม่ถูกต้อง	สุพรรณี เทพอรุณรัตน์, 2547

1.2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบประปา

การศึกษาวิจัยเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบประปามีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่พอเป็นแนวทางในการศึกษา ดังนี้

1.2.4.1 ด้านแหล่งน้ำดิบ

การผลิตน้ำประปานั้นสามารถที่จะนำแหล่งน้ำดิบมาใช้ในการผลิตได้หลายประเภท เช่น น้ำบาดาล น้ำจากลำธารเป็นต้น จากการศึกษาของบุญเที่ยง อ่อนแท้ และเสน่ห์ ศรีเรือง (2538) ในอำเภอห้วยยอดพบว่าแหล่งน้ำดิบที่นำมาผลิตน้ำประปามาจากบ่อบาดาลมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 53 รองลงมาจากลำคลอง/ลำธาร ร้อยละ 30 และบ่อน้ำตื้น ร้อยละ 10 ส่วนที่เหลือใช้แหล่งน้ำจาก ขุมเหมืองร้าง โดยในการผลิตน้ำประปาอาจจะมีปัญหาเกิดขึ้นโดยเฉพาะในเรื่องของ คุณภาพน้ำดิบและปริมาณน้ำดิบ จากการศึกษาของเชษฐพันธุ์ กาฬแก้ว และคณะ (2543) พบว่าคุณภาพน้ำดิบมีปัญหาในการผลิตร้อยละ 25 และปริมาณน้ำดิบมีไม่เพียงพอในการผลิตร้อยละ 5 สำหรับปัญหาคุณภาพน้ำดิบที่มีการปนเปื้อนโลหะหนัก เช่น เหล็ก เมื่อนำเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำประปาสามารถที่จะลดปริมาณเหล็กได้ในระดับหนึ่งเท่านั้น (อรนุช ฤทธิ์จิตเพียร และคณะ, 2540) นอกจากนี้อ่างเก็บน้ำที่ใช้เป็นแหล่งน้ำดิบในการผลิตน้ำประปาจะเป็นที่สะสมของน้ำผิวดินจากแหล่งต่างๆ จึงทำให้มีโอกาสปนเปื้อนสารพิษต่างๆ จากบริเวณเกษตรกรรมและชุมชนได้ และการที่น้ำถูกขังนิ่งเป็นเวลานานจึงเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ทั้งทางด้านกายภาพ ทางด้านเคมี และชีวเคมีเกิดขึ้นได้ทั้งชั้นน้ำ (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542)

1.2.4.2 ด้านกระบวนการผลิต

1) การใส่สารส้มและปูนขาว

สารส้ม (alum) หรืออลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.14H_2O$) เป็นเกลืออลูมิเนียมซึ่งเป็นสารเคมีที่นิยมใช้มากที่สุดในการผลิตน้ำประปา เพื่อทำลายสภาพของความขุ่นที่อยู่ในน้ำดิบ สารส้มจะละลายน้ำได้ดี เมื่ออยู่ในรูปของสารละลายโดยมีฤทธิ์เป็นกรดและกัดกร่อนเหล็กหรือคอนกรีตได้ ดังนั้นถังที่ใช้ละลายสารส้มจึงควรใช้ถังพลาสติกหรือแสตนเลส สารส้มเป็นโคแอกกูแลนท์เพียงลำพังก็ได้ ถ้าน้ำมีลักษณะที่เหมาะสม ช่วง pH ที่เหมาะสมกับการสร้างตะกอนได้ดีอยู่ในช่วง 5.0-8.0 (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542) จากการศึกษาการปฏิบัติงานของผู้ดูแลระบบประปาหมู่บ้านของศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อมเขต 6 ขอนแก่น พบว่าผู้ดูแลระบบประปาผิวดินขนาดใหญ่ จะเติมสารส้มร้อยละ 92.3 และมีการเติมสารส้มทุกวันร้อยละ75.4 (เตรียมศักดิ์ ใจสนุก และคณะ, 2540 อ้างถึงในเชษฐพันธุ์ กาฬแก้ว และคณะ, 2543) และจากการศึกษาสถานการณ์การดำเนินการประปาหมู่บ้านผิวดินของกรมอนามัยและการเตรียมรับวิกฤตการณ์ภัยแล้งของประชาชนผู้ใช้น้ำในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่ามีการเติมสารส้มที่ถูกต้องตามคำแนะนำของกองประปาชนบทมีเพียงร้อยละ 25.7 (เชษฐพันธุ์ กาฬแก้ว และคณะ, 2543) ซึ่งการตกตะกอนจะช่วยกำจัดความขุ่นอันเนื่องมาจากสารอินทรีย์ แต่การเติมสารส้มในปริมาณมากจะทำให้ pH ของน้ำลดต่ำลง จนกระทั่งเกิดโคแอกกูเลชันไม่ดี จำเป็นต้องมีการเติมปูนขาวเพื่อช่วยในการปรับ pH ซึ่งผลเสียของการเติมปูนขาวคือทำให้เกิดความกระด้างถาวร ($CaSO_4$) ในน้ำปฏิกิริยาของสารส้มและปูนขาวเป็นดังนี้

$$Al_2(SO_4)_3.14.H_2O + 3Ca(OH)_2 \longrightarrow 2Al(OH)_3 + 3\ CaSO_4 + 14H_2O$$

2) ระบบทรายกรอง (Sand Filter)

การกรองน้ำที่ใช้ทรายเป็นสารกรอง แบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่

1. เครื่องกรองทรายแบบช้า (slow sand filter) เครื่องกรองสามารถกรองน้ำได้ดีก็ต่อเมื่อน้ำดิบมีความขุ่นไม่มากนัก การกรองน้ำด้วยอัตราต่ำ สามารถกำจัดความขุ่นได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมีช่วยในการรวมตะกอน เพื่อให้เป็นฟล้อค และไม่จำเป็นต้องใช้ถังตกตะกอนในการกำจัดความขุ่นและฟล้อค ถังกรองช้าอาจเรียกว่า bio filter หรือถังกรองชีวะ ซึ่งระบบการกรองช้าควรมี 3 ขั้นตอน

1) ชั้นกรองหยาบด้วยอัตรากรอง 20-30 ลบ.ม. / ตร.ม. / วัน
2) ชั้นกรอง prefilter ด้วยอัตรากรอง 10-20 ลบ.ม. / ตร.ม. / วัน
3) ชั้นกรองช้าด้วยอัตรากรอง 3-7 ลบ.ม. / ตร.ม. / วัน

2. เครื่องกรองทรายแบบกรองเร็ว (rapid sand filter) เครื่องกรองเร็วสามารถกรองน้ำได้เร็วกว่าเครื่องกรองช้าหลายสิบเท่า แต่ต้องทำความสะอาดทรายกรองบ่อยกว่า วิธีการล้างเครื่องกรองเร็วกระทำได้โดยปล่อยให้น้ำไหลย้อนทิศทางกรอง (backwash) ทำให้ชั้นกรองขยายตัว ทำให้เกิดช่องว่างเพิ่มขึ้น ความขุ่นที่จับอยู่ภายในสามารถหลุดออกไป ซึ่งวิธีกรองเร็วมี 2 ลักษณะ คือ

1) การกรองโดยตรง (direct filtration) ไม่ต้องมีการกำจัดความขุ่นออกก่อนด้วยกระบวนการ coagulation and sedimentation การกรองโดยตรงอาจมีการเติมสารเคมีให้กับน้ำก่อนเข้าเครื่องกรอง หรือไม่ก็ได้

2) การกรองน้ำที่ผ่านกระบวนการ coagulation and sedimentation มาแล้ว

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกรองน้ำมีดังนี้ (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542)

1. การเตรียมน้ำก่อนกรอง (pretreatment) เนื่องจากการกรองน้ำโดยตรงนั้นจะไม่ได้น้ำใสเท่าที่ควรแม้จะมีอัตราการกรองต่ำทั้งนี้เพราะ สารแขวนลอยและสารกรองมักมีประจุลบทั้งคู่จึงผลักกัน ดังนั้นโอกาสสัมผัสกันและเกาะกันจึงมีไม่มากจึงใช้ coagulant ทำลายประจุลบของสารแขวนลอย เพื่อให้สารแขวนลอยถูกจับโดยสารกรองได้

2. ความแปรปรวนของอัตรากรอง อัตรากรองที่แปรปรวนกระทันหันทำให้คุณภาพน้ำที่ผ่านการกรองลดต่ำลงมาก ด้วยเหตุนี้จึงนิยมรักษาระดับของอัตรากรองให้คงที่ แต่ในปัจจุบันการกรองที่อัตราลดลงอย่างสม่ำเสมอและมีแบบแผน (declining rate filtration) ก็สามารถผลิตน้ำที่มีคุณภาพสูงได้เช่นกัน อัตรากรองน้ำอาจเกี่ยวข้องกับการออกแบบขนาดพื้นที่รับน้ำที่ไหลเข้าสู่เครื่องกรองและมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของตะกอนและขนาดของสารกรองอีกด้วย ถ้าตะกอนมีความแข็งแรงไม่มากพอเมื่อระบบกรองใช้อัตรากรองที่สูงมากจะมีแนวโน้มทำให้ตะกอนนั้นๆ แตกกระจายออกเป็นชิ้นเล็กๆ ซึ่งอาจหลุดผ่านชั้นกรองออกไปได้ง่าย

3. ขนาดของทรายกรอง การใช้สารกรองขนาดเล็ก เช่น ทราย จะผลิตน้ำที่มีคุณภาพสูง แต่ต้องสูญเสียเฮด (head) มาก ทำให้อายุการกรองสั้นและถ้าใช้ทรายหยาบ เช่น แอนทราไซด์ (anthracite) จะสูญเสียเฮดต่ำ แต่กรองน้ำได้ไม่ใส

4. อัตราล้างย้อน (backwash rate) เป็นปัจจัยที่สำคัญมากในการเลือกขนาดทรายกรองและกำหนดสมรรถนะของเครื่องกรองน้ำ สารกรองขนาดใหญ่แล้วมีความถ่วงจำเพาะสูง ต้องการอัตรายอนสูง ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานมาก เครื่องกรองที่ล้างไม่พอเพียง ทำให้เกิดการสะสมของสิ่งสกปรกจนเกิด mud ball และปัญหาอื่นๆ จะไม่สามารถผลิตน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. คุณภาพของน้ำดิบ มีความสำคัญในการกำหนดว่าต้องเตรียมน้ำก่อนกรองหรือไม่ โดยปกติถ้าน้ำดิบมีความขุ่นในช่วง 20-25 NTU อาจจะกรองโดยตรง (direct filtration) ได้โดยไม่ต้องลดความขุ่นก่อนเข้าถังกรอง แต่สำหรับน้ำที่มีความขุ่นมากกว่านี้ ควรมีการทำการกำจัดความขุ่นด้วยกระบวนการ coagulation และการตกตะกอนก่อนที่จะนำน้ำเข้าสู่เครื่องกรอง

6. ความหนาของชั้นกรอง จากข้อเท็จจริงที่ว่า การสูญเสีย head ส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ระดับประมาณ 7.5 เซนติเมตร ลึกจากผิวชั้นทราย แต่จะใช้ชั้นกรองหนาเพียง 7.5 เซนติเมตรไม่ได้ เนื่องจากความหนาของชั้นกรองเป็นพารามิเตอร์ที่กำหนดโอกาสสัมผัสระหว่างสารแขวนลอยซึ่งมีความสำคัญต่อสมรรถนะของการกรองน้ำเป็นอย่างมาก จึงมีความพยายามที่จะใช้ประโยชน์จากความหนาทั้งชั้นของทรายกรอง ซึ่งอาศัยความรู้ที่ว่าถ้าเตรียมให้สารแขวนลอยมีประจุบวก การกรองจะเกิดขึ้นตลอดทั้งความลึกของชั้นสารกรอง

7. อายุของเครื่องกรอง การกรองน้ำทำให้มีสารแขวนลอยละสมอยู่ในชั้นกรองเพิ่มขึ้นตลอดเวลา ทำให้ช่องว่างระหว่างสารกรองลดน้อยลงจึงมีความฝืด และการต้านการไหลของน้ำมากขึ้น ในระหว่างการกรองน้ำจึงมักสังเกตเห็นได้ว่า ระดับน้ำในถังกรองจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทั้งนี้เพื่อให้ head เพียงพอนั่นเอง เมื่อถึงจุดหนึ่งแล้วพบว่าระดับน้ำในถังกรองถึงจุดสูงสุดหรือ น้ำที่ผ่านการกรองเริ่มขุ่นจะต้องทำการล้างเครื่องกรอง แต่ล้างบ่อยครั้งทำให้เสียน้ำมาก แต่ถ้านานเกินไปจะปฏิกิริยาชีวะและเคมีอาจเกิดขึ้นได้ในชั้นกรองหรือผิวชั้นกรอง การล้างเครื่องกรองวันละครั้งจะเป็นการป้องกันการเกิดปฏิกิริยานี้ และเครื่องกรองที่มีอายุยาวเกินไปนอกจากมีข้อเสียดังกล่าวแล้วยังไม่สามารถผลิตน้ำได้มากกว่าเครื่องกรองที่ล้างวันละครั้งอย่างมีนัยสำคัญ

3) การใส่คลอรีน

เชษฐพันธุ์ กาฬแก้ว (2542) กล่าวว่าปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำประปาที่ระบบผลิต คือ กระบวนการฆ่าเชื้อโรค ซึ่งวิธีการฆ่าเชื้อโรคนั้นมีอยู่หลายวิธี เช่น การเติมโอโซน การเติมคลอรีนหรือการใช้แสงอุลตร้าไวโอเลต เป็นต้น แต่วิธีการฆ่าเชื้อโรคที่นิยมใช้ในระบบประปาสำหรับประเทศไทย คือ การใช้คลอรีน (กองประปาชนบท, 2544) สำหรับการศึกษาการปฏิบัติงานของผู้ดูแลระบบประปาหมู่บ้านของศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อมเขต 6 ขอนแก่น พบว่ามีการเติมคลอรีนมีเฉพาะประปาผิวดินขนาดใหญ่และประปาบาดาลขนาดใหญ่ เพียงร้อยละ 50.4 (เตรียมศักดิ์ ใจสนุก และคณะ, 2540 อ้างถึงในเชษฐพันธุ์ กาฬแก้ว และคณะ, 2543) และจากการศึกษาสถานการณ์การดำเนินการประหมู่บ้านผิวดินของกรมอนามัยและการเตรียมรับวิกฤตการณ์ภัยแล้งของประชาชนผู้ใช้น้ำในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือของเชษฐพันธุ์ กาฬแก้ว และคณะ (2543) พบว่าในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ มีการเติมคลอรีนตามคำแนะนำของกองประปาชนบท ร้อยละ 88.2 และ

ไม่มีการเติมคลอรีนร้อยละ 11.8 และจากการตรวจคลอรีนตกค้างที่ปลายท่อส่งน้ำ พบว่าคลอรีนตกค้างมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน คือ มีค่าเท่ากับ 0.1 ppm จึงส่งผลให้ ไม่สามารถฆ่าเชื้อโรคได้ ส่วนการศึกษาติดตามผลการดำเนินกิจการประปาหมู่บ้านของศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อมเขต 10 ลำปาง (2541) พบว่าการจ่ายน้ำประปาไปยังบ้านผู้ใช้น้ำไม่มีการเติมสารละลายคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคร้อยละ 46.5 และมีการเติมสารละลายคลอรีนไม่ถูกวิธีร้อยละ 36.6

ปฏิกิริยาของคลอรีนในน้ำและประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรค (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542) มีรายละเอียดดังนี้คือ

1) ปฏิกริยาของคลอรีนในน้ำ

เมื่อมีการเติมคลอรีนลงไปในน้ำบริสุทธิ์ จะมีปฏิกริยาโฮโดรไลซิสเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วดังนี้

$$Cl_2 + H_2O \longrightarrow H^+ + Cl^- + HOCl$$

กรดเกลือ (HCl) สามารถแตกตัวได้อย่างสมบูรณ์กลายเป็น H^+ และ Cl^- แต่กรดไฮโปคลอรัส (HOCl) เป็นกรดอ่อนสามารถแตกตัวได้บางส่วน

$$HOCl \longrightarrow H^+ + OCl^-$$

ด้วยเหตุนี้ในน้ำจึงมีคลอรีนที่อยู่ในรูปกรดเกลือแตกตัว HOCl, OCl^- และก๊าซคลอรีนที่เหลืออยู่ในรูปอิสระเล็กน้อย กรดที่เกิดขึ้น ทำให้น้ำมี pH ลดลง แต่ไม่ทำให้ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคลดลง HOCl และOCl^- รวมเรียกว่า free available chlorine หรือคลอรีนอิสระตกค้างซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำ

2) ประสิทธิภาพของคลอรีนในการฆ่าเชื้อโรค (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542)

ในการใช้คลอรีนฆ่าเชื้อโรค (chlorination) พบว่ามีปัจจัยหลายประการที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อโรคในน้ำ ดังนี้คือ

1) ความเข้มข้นของคลอรีนตกค้าง (residual chlorine) ความเข้มข้นและปริมาณคลอรีนที่เติมลงไปในน้ำไม่ใช่สิ่งสำคัญที่สุดในการฆ่าเชื้อโรค หากแต่เป็นปริมาณคลอรีนอิสระที่เหลืออยู่ในน้ำ ซึ่งวัดได้หลังจากช่วงระยะเวลาสัมผัสอันหนึ่ง แต่การใส่คลอรีนน้อยเกินไปจะไม่ทำให้เกิดคลอรีนตกค้างขึ้น และไม่อาจทำลายเชื้อโรคที่อยู่ในน้ำได้ทั้งหมด แต่การเติมคลอรีนในปริมาณมากเกินไป จะทำให้เกิดกลิ่นฉุนของคลอรีนและรสชาติของน้ำเสียไปด้วย ทั้งเป็นการสิ้นเปลืองคลอรีนโดยใช่เหตุ นอกจากนี้คลอรีนยังมีฤทธิ์กัดกร่อนอาจทำให้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างเสียหายได้ ดังนั้น ในการเติมคลอรีนจึงต้องใช้ปริมาณที่เหมาะสม คือ ภายหลังจากที่ทำการเติมสารละลายคลอรีนไปแล้ว 30 นาทีต้องสามารถวัดปริมาณคลอรีนตกค้างได้ระหว่าง 0.2-0.5 mg/L

2) ความขุ่นของน้ำ (turbidity) อนุภาคของความขุ่นในน้ำอาจเป็นเกราะกำบังให้เชื้อโรค ทำให้คลอรีนไม่สามารถเข้าไปสัมผัสและฆ่าเชื้อโรคได้ ดังนั้นถ้าต้องการให้คลอรีนมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคได้ดี น้ำควรมีความขุ่นน้อยกว่า 5 NTU (ศูนย์ห้องปฏิบัติการกรมอนามัย, 2547)

3) อุณหภูมิ (temperature) อุณหภูมิมีผลต่อประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคของคลอรีนโดยอุณหภูมิจะแปรผกผันกับประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคของคลอรีน กล่าวคือถ้าอุณหภูมิของน้ำสูงประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโรคก็จะลดลง แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำ (ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส) ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคของคลอรีนก็จะเพิ่มขึ้น

4) สภาพความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) สภาพความเป็นกรดด่างของน้ำมีผลต่อการฆ่าเชื้อโรคของคลอรีน เนื่องจากการแตกตัวเป็นกรดไฮโปคลอรัส (hypochlorus : HOCL) ซึ่งมีอำนาจในการฆ่าเชื้อได้ดี เมื่อสภาพน้ำมีความเป็นกรดเล็กน้อย คือค่าความเป็นกรดด่างของน้ำอยู่ระหว่าง 5-7.5 ถ้าหากค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ สูงกว่า 7.5 จะทำให้เกิด OCl^- มากขึ้น ซึ่ง OCl^- มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคน้อยกว่า HOCl จะต้องสิ้นเปลืองคลอรีนมากขึ้นและถ้าหากค่าความเป็นกรดด่างของน้ำมีค่าสูงกว่า 9.5 จะทำให้เกิด OCl^- ถึง 100%

5) ระยะเวลาสัมผัสในการฆ่าเชื้อโรค (duration of contact) ระยะเวลาที่เติมคลอรีนลงไปในน้ำจนถึงเวลาที่คนใช้คนแรกเปิดใช้น้ำเป็นระยะเวลาสัมผัสในการฆ่าเชื้อโรค ซึ่งระยะเวลาสัมผัสของคลอรีนในน้ำไม่ควรน้อยกว่า 30 นาที เพื่อผลการทำปฏิกิริยาในการฆ่าเชื้อโรคของคลอรีนในน้ำ

1.2.5 ด้านการบริหารจัดการระบบประปาและด้านการบำรุงรักษา

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการบริหารกิจการประปาที่ประสบความสำเร็จคือมีบุคลากรที่มีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ใช้ในระบบประปา (สุฟ้า บัณฑุกุล, 2542) ผู้ดูแลและผู้บริหารกิจการประปาที่ได้รับการฝึกอบรมจะมีความรู้ ความเข้าใจ ในเรื่องการทำงานของระบบประปา ความสามารถในการควบคุมระบบผลิตน้ำประปา ความสามารถในการซ่อมอุปกรณ์ควบคุมระบบประปา และการบริหารจัดการระบบประปาถูกต้องดีกว่าผู้ที่ไม่ผ่านการอบรม (ปรีชา มะระยงค์และคณะ, 2540) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของอรนุช ฤทธิ์จิตเพียร และคณะ (2540) ที่พบว่าเจ้าหน้าที่สาธารณสุขที่ผ่านการอบรมส่วนใหญ่ มีการปรับปรุงการปฏิบัติงานในการสนับสนุนการดำเนินงานประปาและการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำจากระบบประปาอย่างชัดเจนและมีคุณภาพมากขึ้น และสอดคล้องกับการศึกษาของอุไรวรรณ อินทร์ม่วง และคณะ (2545) ที่พบว่าอาสาสมัครนักเรียนที่ผ่านการอบรมมีศักยภาพสามารถดำเนินการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำบริโภคทางแบคทีเรียอย่างง่ายได้ ส่วนปัญหาคุณภาพน้ำประปานั้นเกิดจากผู้ดู

แลระบบประปาหมู่บ้านปฏิบัติงานไม่ถูกวิธีไม่ถูกขั้นตอนและละเลยไม่ปฏิบัติหน้าที่ (พินิจ เกษสาคร และคณะ, 2542) บุคลากรขาดความรู้ในการแก้ปัญหา ทั้งด้านการบริหารและทางด้านเทคนิค (สุฟ้า บัณฑุกุล, 2542) และจากการศึกษาของศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อมเขต 10 ลำปาง (2541) พบว่าการปฏิบัติของผู้ดูแลระบบประปา ขาดความรู้ ความเข้าใจในการดูแลบำรุงรักษาระบบประปาและการบริหารจัดการร้อยละ 33.70 และสิ่งที่สำคัญสิ่งหนึ่งที่ผู้ดูแลจะต้องคำนึงถึง เมื่อมีการผลิตน้ำประปาไปเป็นเวลานาน คือการบำรุงรักษาระบบประปาเพื่อให้ระบบประปาสามารถผลิตน้ำประปาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะต้องมีการบำรุงรักษาส่วนประกอบต่างๆ ของระบบประปา เช่น ระบบส่งน้ำ ประตูและมาตรวัดน้ำ หอถังสูง ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ถังน้ำใส เครื่องสูบและมอเตอร์ สถานที่ตั้งระบบประปา (กองประปาหมู่บ้าน, 2544)

ในด้านการบำรุงรักษาระบบประปา พบว่าปัญหาอุปกรณ์ในการผลิตชำรุดเป็นผลมาจากการขาดการดูแลรักษาโดยไม่มีการป้องกันล่วงหน้าไว้ก่อน ซึ่งผลที่ตามมาก็คือทำให้ผลิตน้ำประปาไม่ได้มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภค (สุฟ้า บัณฑุกุล, 2542) และพบว่าระบบประปาส่วนใหญ่ร้อยละ 84.6 มีสาเหตุส่วนหนึ่งมาจากการบำรุงรักษาระบบประปาไม่ถูกวิธี (อรนุช ฤทธิ์จิตเพียร และคณะ, 2540) และจากการศึกษาของเชษฐพันธุ์ กาฬแก้ว และคณะ (2543) พบว่าความถี่ของการระบายตะกอนและการล้างหน้าทราย (ทรายกรองเร็ว) มักอยู่ระหว่างเดือนละ 1-3 ครั้ง ซึ่งถือว่าน้อยมากและพบว่ามีการใช้ทรายกรองที่หมดสภาพ คือ เมื่อมีการล้างแล้วไม่สะอาดร้อยละ 16.0

1.2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพน้ำประปา

การศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพน้ำประปาในต่างประเทศมีการศึกษาอย่างแพร่หลาย สำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงเกี่ยวกับคุณภาพน้ำที่ปนเปื้อนจากระบบการจ่ายน้ำประปา พบว่าการปนเปื้อนของคุณภาพน้ำเกิดขึ้น 5 ประการ คือ ในระบบการแจกจ่ายน้ำ การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในท่อและในถังกักเก็บน้ำ เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา การชะล้างและการกัดกร่อนของสารเคมีในระบบท่อและถัง และการซึมของอนุภาคของแข็งในระบบท่อ (Sadiq, *et al*., 2004) และจากการศึกษาของ Havelaar (2003) ซึ่งใช้ HACCP ในกระบวนการผลิตอาหารมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำประปาเพื่อเป็นการประเมินคุณภาพน้ำและการลดความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นจากการใช้น้ำเพื่อการบริโภค โดยทำการศึกษาทางด้านจุลชีววิทยา ในเรื่องการปนเปื้อนและการเจริญเติบโตของเชื้อโรคในแหล่งน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา กระบวนการผลิตน้ำ ระหว่างการเก็บกักน้ำและการส่งจ่ายน้ำ โดยในระบบประปาผิวดินสามารถที่จะระบุจุด CCPs ได้ในกระบวนการผลิต ตั้งแต่ขั้นตอนการทำให้ตะกอนรวมตัว (coagulation) การจับตัวกันเป็นก้อน (flocculation) การตกตะกอน (sedimentation) การกรอง (filtration) และการใช้สารเคมีในการฆ่าเชื้อโรค (disinfection) โดยทุกขั้นตอน

ของการผลิตมีความสำคัญกับคุณภาพน้ำประปา แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ดูแลระบบเป็นสำคัญ ซึ่งการปนเปื้อนของน้ำเกิดจากความบกพร่องของการควบคุม ส่วนในเรื่องของคุณภาพน้ำประปาที่มีการศึกษาอาทิ เช่น Awad el Karim, *et al*. (1985) ศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและจุลชีววิทยา ในบ่อน้ำตื้น ก๊อกน้ำและจากภาชนะกักเก็บน้ำในประเทศซูดาน โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับการเกิดโรคในพื้นที่ที่มีความแห้งแล้งปานกลางและพื้นที่ที่มีความแห้งแล้งสูงพบว่า ทั้งสองแหล่งมีการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรีย สำหรับพื้นที่ที่แห้งแล้งสูงจะมีการปนเปื้อนสูงกว่าและมีการเกิดโรคจากน้ำเป็นสื่อ คือ อุจจาระร่วง ผิวหนังและตาอักเสบซึ่งเกิดขึ้นกับเด็กและผู้ใหญ่ สำหรับน้ำจากก๊อกน้ำและภาชนะกักเก็บมีการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ส่วนของแข็งแขวนลอย ของแข็งที่ระเหยได้และความขุ่นอยู่ในเกณฑ์ดีเพราะมีการป้องกันที่เหมาะสมในการบำบัดก่อนที่จ่ายให้กับประชาชนและจากการศึกษาของ Guillemin, *et al*. (1991) ที่พบว่าน้ำประปาหมู่บ้านในเมือง Sahelian มีการปนเปื้อนของฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรียถึงร้อยละ 7.7 ส่วน Ho, *et al*. (2003) ศึกษาคุณภาพน้ำทางเคมีและ จุลชีววิทยาในแม่น้ำ Dongjiang ในประเทศฮ่องกง เพื่อนำมาผลิตน้ำประปาทั้งฤดูฝนและฤดูแล้งพบว่ามี แคดเมียมทั้งหมดอยู่ในช่วง <0.0001-0.007 mg/L ปริมาณทองแดงทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.09-0.14 mg/L และปริมาณเหล็กทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.012-0.017 mg/L ซึ่งมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นและมีการตรวจพบจุลินทรีย์ที่ก่อโรค คือ *Salmonella* spp., *Vibro* spp.,*Giardia lamblia* และ *Cryptosporidium parvum* แต่สามารถบำบัดได้ในโรงผลิตน้ำประปา

ส่วนการศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพน้ำประปาในประเทศไทยโดยส่วนใหญ่พบว่าไม่ได้มาตรฐานทางจุลชีววิทยา จากการศึกษาของอรนุช ฤทธิ์จิตเพียร และคณะ (2540) พบว่าน้ำประปาหมู่บ้านในอำภอเกาะคา จังหวัดลำปาง มีการปนเปื้อนทางแบคทีเรียร้อยละ 58.3-90.0 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของพินิจ เกษสาครและคณะ (2542) ที่พบว่าคุณภาพน้ำประปาหมู่บ้าน จังหวัดชัยนาท มีการปนเปื้อนแบคทีเรียมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 70.15 และการศึกษาของบุญเที่ยง อ่อนแท้ และเสน่ห์ ศรีเรือง (2538) พบว่าคุณภาพน้ำประปาหมู่บ้านอำเภอห้วยยอด จังหวัดตรังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทางด้านแบคทีเรียร้อยละ 73.33 และตรวจพบ *E. coli* ถึงร้อยละ 43.33 และจากการศึกษาของศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อมเขต 2 สระบุรี (มปป.) พบว่าคุณภาพน้ำบริโภคไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทางด้านแบคทีเรียร้อยละ 70.30 ส่วนคุณภาพน้ำทางด้านเคมีนั้นส่วนใหญ่จะเป็นปัญหาในเรื่องโลหะหนักถึงร้อยละ 33.70 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาสภาพปัญหาของกระบวนการผลิตและคุณภาพน้ำประปาหมู่บ้านจังหวัดชัยนาทของพินิจ เกษสาคร และคณะ (2542) พบปริมาณโลหะหนักเกินมาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก คือ แมงกานีส แคดเมียม และตะกั่ว ร้อยละ 35.82, 2.98 และ 2.98 ตามลำดับ และจากการศึกษาปริมาณเหล็กในน้ำประปามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ของณรงค์ ณ เชียงใหม่ (2528) พบปริมาณเหล็กมีค่าพิสัยระหว่าง 0.02-0.33 mg/L และจากข้อมูลของกองอาคาร

สถานที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2547) พบว่าปริมาณเหล็กมีค่าสูงสุด 1.87 mg/L ซึ่งเกินมาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก ในส่วนของคุณภาพน้ำด้านกายภาพของพินิจ เกษสาคร และคณะ (2543) พบว่าความเป็นกรด-ด่างและความขุ่นผ่านมาตรฐานร้อยละ 17.19 และ 14.93 ตามลำดับ

1.2.7 แนวคิดเกี่ยวกับความพึงพอใจ

Strauss and Sayless (1960) ให้ความหมายไว้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง สภาวะของความรู้สึกที่เกิดร่วมกับการได้บรรลุผลสำเร็จตามจุดมุ่งหมายใดๆ หรือคือสภาพสุดท้ายของความรู้สึกที่เกิดร่วมกับการได้บรรลุผลสำเร็จโดยแรงกระตุ้นของวัตถุประสงค์ของความรู้สึก

สุภัททา ปิณฑะแพทย์ (2532) ให้ความหมายไว้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง อารมณ์ซึ่งเป็นสภาวะของร่างกายในขณะที่มีความรู้สึกเกิดขึ้น

จันตนา คงเหมือนเพชร (2541) ให้ความหมายไว้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกของบุคคลในทางที่ดีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เช่น บุคคล กลุ่มบุคคล หรือสถานการณ์ เมื่อสิ่งเหล่านี้ตอบสนองความต้องการพื้นฐาน ทั้งร่างกายและจิตใจ ของบุคคลนั้น ความพอใจ เป็นเกณฑ์อย่างหนึ่งที่ใช้สำหรับวัดคุณภาพของการใช้บริการของบุคคล หน่วยงานหรือองค์กร

สรุปได้ว่าความพึงพอใจ หมายถึง สภาวะของความรู้สึกของบุคคลที่เกิดขึ้นจากการบรรลุวัตถุประสงค์สิ่งใดสิ่งหนึ่ง เช่น กลุ่มบุคคลเมื่อมีสถานการณ์หรือบริการต่างๆ ตอบสนองความต้องการพื้นฐานทั้งทางร่างกายและจิตใจก็ก่อให้เกิดความพึงพอใจ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุคนธ์ เจียสกุล (2543) ศึกษาความพึงพอใจของประชาชนต่อการให้บริการน้ำประปาในประเทศไทย พบว่าประชาชนมีความพึงพอใจค่อนข้างมากในเรื่องบริการจัดส่งน้ำประปาถึงร้อยละ 63.78 แต่ในเรื่องคุณภาพของน้ำประปาประชาชนพอใจค่อนข้างน้อย คิดเป็นร้อยละ 33.06

ชูศักดิ์ นาคะวงศ์ และวนิดา แจ่มจันทร์ (2539) ศึกษาความพึงพอใจของสมาชิกผู้ใช้น้ำประปาหมู่บ้าน ในเขตรับผิดชอบของศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อมเขต 5 นครราชสีมา พบว่า สมาชิกผู้ใช้น้ำมีความพึงพอใจในด้านต่างๆ ดังนี้ ความสะอาดของน้ำร้อยละ 97.10 ความพอเพียงของน้ำร้อยละ 98.60 ราคาน้ำร้อยละ 86.60 ช่วงเวลาการจ่ายน้ำร้อยละ 97.20 และการบริหารจัดการของคณะกรรมการร้อยละ 92.80-99.50

อรนุช ฤทธิ์จิตเพียร และคณะ (2540) ศึกษาความพึงพอใจของประชาชนในการใช้น้ำประปาหมู่บ้าน พบว่าประชาชนส่วนใหญ่มีความพอใจค่อนข้างมากในเรื่องคุณภาพน้ำ ปริมาณน้ำ ความสะดวก การทำงานของกรรมการ ผู้ดูแลประปา คนเก็บเงิน และระบบการบริหารงานประปาของคณะกรรมการประปาหมู่บ้าน ยกเว้นเรื่องราคาค่าน้ำ

1.3 วัตถุประสงค์

1. ประเมินประสิทธิภาพของระบบประปาในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
2. ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้น้ำประปาในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อเป็นแนวทางในการบริหารงานระบบประปาของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ให้มีประสิทธิภาพและสามารถผลิตน้ำประปาให้ได้คุณภาพ

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

ประสิทธิภาพ หมายถึง ความสามารถที่ทำให้เกิดผลในงานที่ทำ ซึ่งจะเน้นที่ input, process และ output โดย ทำการศึกษา 4 ด้าน คือ ปริมาณและคุณภาพแหล่งน้ำดิบ กระบวนผลิต การบริหารจัดการและการบำรุงรักษา และคุณภาพน้ำประปา

ระบบประปาผิวดิน หมายถึง ระบบการผลิตน้ำประปาที่นำน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินคือ อ่างเก็บน้ำมาเป็นน้ำดิบในการผลิตน้ำประปาโดยผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพต่างๆ ได้แก่การเติมสารส้มต่อปูนขาว เพื่อช่วยในการสร้างและการรวมตะกอน การตกตะกอน การกรองและการฆ่าเชื้อโรค เพื่อให้ได้น้ำประปาที่มีความสะอาดตามหลักวิชาการ

ผู้ใช้น้ำประปา หมายถึง กลุ่มผู้ใช้น้ำประปาประกอบด้วยนักศึกษา บุคลากร อาจารย์ที่อาศัยอยู่ในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ยกเว้นกลุ่มที่อาศัยอยู่ในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ คณะแพทยศาสตร์และหอพักของคณะแพทยศาสตร์

ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึก ความคิดเห็นหรือการรับรู้ของผู้ใช้น้ำประปาที่มีต่อการให้บริการของการประปาในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ หลังจากที่ได้ใช้บริการว่าเป็นไปตามที่ผู้ใช้น้ำประปาคาดหวังหรือไม่ในเรื่อง คุณภาพน้ำ ความสะอาด ปริมาณ อุปกรณ์และการบริการ

โลหะหนัก หมายถึง โลหะที่มีความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 5 ขึ้นไป มีเลขอะตอมอยู่ระหว่าง 23-92 ภายในคาบที่ 4-7 ของตารางธาตุ มีจำนวนทั้งสิ้น 68 ธาตุ มีสถานะเป็นของแข็ง (ยกเว้นปรอทเป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติ) มีคุณสมบัติทางกายภาพ คือ นำไฟฟ้าและความร้อนได้ดี เป็นมันวาว สะท้อนแสง เหนียวนำมาตีเป็นแผ่นบางๆได้ คุณสมบัติทางเคมีที่สำคัญ คือ มีค่าออกซิเดชันได้หลายค่า ความเป็นพิษของโลหะหนักหลายชนิด เป็นอันตรายร้ายแรง เมื่อมีการสะสมในร่างกายของมนุษย์ อาจมีผลทำให้พิการ หรือเสียชีวิตได้ ในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ แมงกานีส (Mn) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) เหล็ก (Fe) โครเมียม (Cr) แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) และปรอท (Hg)