คู่มือ
การสำรวจออกแบบระบบประปาหมู่บ้าน

ของ

นายไตรสิทธิ์ วิทูรชวลิตวงษ์

วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ ตำแหน่งเลขที่ ๔๖๔

สังกัดส่วนเทคโนโลยีและมาตรฐาน

สำนักบริหารจัดการน้ำ

คำนำ

โดยทั่วไปกระบวนการผลิตน้ำประปา ประกอบด้วยระบบ 3 ระบบ ทำงานต่อเนื่องกัน คือ ระบบน้ำดิบ ระบบผลิต และระบบจ่ายน้ำ แต่เนื่องจากแบบมาตรฐานระบบประปา เป็นแบบแสดงรายละเอียดเฉพาะระบบผลิตน้ำประปา ประกอบด้วย แบบระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ (ระบบกวนเร็ว กวนช้า ถังตกตะกอน ถังกรองทราย รวมทั้งโรงสูบน้ำดีอยู่ในอาคารเดียวกัน) ถังน้ำใส หอถังสูง แบบการประสานท่อและอุปกรณ์ประปา การประสานท่อระหว่างระบบ การประสานท่อภายในโรงสูบน้ำ การติดตั้งเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งและตู้ควบคุม แบบป้าย รั้ว ประตู ป้ายบอกระดับน้ำในถังน้ำใส กรณีที่ใช้แหล่งน้ำใต้ดินเป็นประปาบาดาลจะมีแบบการประสานท่อที่ปากบ่อบาดาล และการติดตั้งเครื่องสูบน้ำแบบซับเมิสซิเบิ้ล เพิ่มเติม แบบมาตรฐานนี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของระบบประปา ที่ยังไม่สามารถนำไปใช้ในการจ้างเหมาก่อสร้างได้โดยสมบูรณ์ เนื่องจากยังขาดแบบเฉพาะแห่งที่อยู่นอกบริเวณการประปาซึ่งเป็นส่วนต้น คือ ระบบน้ำดิบ และส่วนปลาย คือ ระบบจ่ายน้ำ

ดังนั้นในการการจัดสร้างระบบประปา จะสามารถดำเนินการได้อย่างสมบูรณ์ก็ต่อเมื่อท้องถิ่นต้องดำเนินการสำรวจออกแบบในส่วนที่เป็นระบบน้ำดิบและระบบจ่ายน้ำเพิ่มเติม ให้สอดคล้องกับลักษณะภูมิประเทศ จำนวนผู้ใช้น้ำของแต่ละหมู่บ้าน ซึ่งเป็นแบบเฉพาะแห่ง ดังนี้

1) จัดทำแบบระบบน้ำดิบ เช่น แบบผังบริเวณโรงสูบน้ำแรงต่ำ ประกอบด้วย ขอบเขตบริเวณโรงสูบน้ำดิบ แสดงการติดตั้งเครื่องสูบน้ำและการประสานท่อดูดและท่อส่งน้ำ ระบบไฟฟ้าและระบบควบคุม รูปตัด profile ของแหล่งน้ำบริเวณแหล่งน้ำที่เป็นจุดสูบน้ำ ระดับน้ำต่ำสุด-สูงสุด รูปตัด profile ตามแนวท่อส่งน้ำพร้อมทั้งระบุชนิด ขนาด และความยาวของท่อส่งน้ำดิบ จนถึงบริเวณการประปาซึ่งเป็นที่ตั้งระบบผลิตน้ำประปา

การสำรวจข้อมูลเพื่อใช้ในการออกแบบระบบน้ำดิบ และระบบจ่ายน้ำ ให้เหมาะสมกับขนาดของชุมชน และขนาดกำลังผลิต ตามแบบมาตรฐานที่เลือกใช้ เป็นเรื่องสำคัญที่จะทำให้กระบวนการผลิตน้ำประปา ตั้งแต่การเลือกแหล่งน้ำดิบ ตำแหน่งสูบ การกำหนดโรงสูบน้ำดิบ กำหนดชนิดและขนาดของเครื่องสูบน้ำดิบ การกำหนดชนิดและขนาดของท่อส่งน้ำดิบ การติดตั้งอุปกรณ์ท่อที่จำเป็นและส่งน้ำดิบเข้าสู่ระบบผลิตให้ได้ตามขนาดกำลังผลิตน้ำประปาที่กำหนด สามารถจ่ายน้ำประปาให้กับผู้รับบริการได้อย่างเพียงพอและทั่วถึงตลอด 24 ชั่วโมง มีวิธีการออกแบบตามหลักวิชาการที่ถูกต้อง นอกจากบทนำแล้วในบทที่ 2 ได้กล่าวถึงการปรับปรุงคุณภาพน้ำ เพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับระบบประปา ทำให้เข้าใจถึงกระบวนการผลิตน้ำประปา บทที่ 3 การสำรวจเพื่อออกแบบระบบประปา บทที่ 4 เกณฑ์ในการออกแบบระบบประปา บทที่ 5 การออกแบบระบบประปาบาดาลและบทที่ 6 การออกแบบระบบประปาผิวดิน รวมทั้งบทที่ 7 ความเป็นมาของแบบมาตรฐานระบบ

ประปาหมู่บ้าน ทั้งนี้เพื่อให้ผู้อ่านมีแนวทางในการสำรวจและการออกแบบถูกต้อง ซึ่งจะนำไปสู่การจัดสร้างระบบประปาให้ได้ปริมาณและคุณภาพที่เหมาะสม เป็นไปตามวัตถุประสงค์ มีต้นทุนการผลิต และค่าดูแลบำรุงรักษาระบบประปาต่ำ หากมีการสำรวจออกแบบอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการตั้งแต่เริ่มแรก แต่เนื่องจากการออกแบบตามหลักวิชาการต้องใช้ความรู้ ประสบการณ์ มีสูตรการคำนวณที่ยุ่งยากจึงเป็นปัญหาอุปสรรคสำหรับผู้ออกแบบมือใหม่ที่ยังขาดความรู้ประสบการณ์ ซึ่งผู้เขียนเข้าใจสภาพปัญหาเหล่านี้เป็นอย่างดี เพื่อให้ได้ใช้ความรู้ ประสบการณ์การออกแบบที่สะสมมาตลอดสามสิบกว่าปีเกิดประโยชน์ต่อผู้สนใจ การถ่ายทอดความรู้ (Knowledge) ที่เกิดจากประสบการณ์ เป็นคู่มือการสำรวจออกแบบระบบประปาหมู่บ้าน สำหรับการออกแบบระบบประปา ได้ใช้โปรแกรม Excel มาช่วยในการออกแบบ ทำให้สามารถออกแบบได้โดยง่ายเป็นไปตามหลักวิชาการ โดยแปลงสูตรการคำนวณที่ซับซ้อนและยุ่งยากให้ง่ายต่อการใช้งานเพียงผู้ใช้งานมีความรู้พื้นฐานในการใช้โปรแกรม Excel ใส่เพียงข้อมูลที่กำหนดโปรแกรมจะคำนวณออกแบบให้ในทันที ดังนั้นผู้อ่านจะสามารถออกแบบระบบประปาหมู่บ้านหรือระบบประปาขนาดที่ใหญ่ขึ้นได้ด้วยตนเอง

ผู้เขียนจึงหวังว่าคู่มือการสำรวจออกแบบระบบประปาหมู่บ้านเล่มนี้ จะมีประโยชน์กับผู้อ่านหรือเจ้าหน้าที่ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นหรือผู้สนใจ ได้ใช้เป็นคู่มือในการเพิ่มพูนความรู้ฝึกฝนการออกแบบจนเกิดความเชี่ยวชาญ มีความเข้าใจถึงกลไกกระบวนการผลิตน้ำประปา ซึ่งจะส่งผลให้ภาพรวมการแก้ไขปัญหาการผลิตน้ำประปาที่ไม่ได้มาตรฐานหรือปริมาณน้ำไม่เพียงพอหรือการผลิตน้ำประปาโดยมีต้นทุนการผลิตน้ำประปาสูงเกินความจำเป็น อันเนื่องมาจากการออกแบบไม่ถูกต้อง และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือ เล่มนี้จะช่วยให้บุคลากรที่เกี่ยวข้องมีความรู้ความเข้าใจสามารถออกแบบได้อย่างเหมาะสม ซึ่งจะเป็นส่วนหนึ่งในการสนับสนุนการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำอุปโภคบริโภค แผนแม่บท ด้านที่ 1 การจัดการน้ำอุปโภคบริโภค ให้เป็นไปตามเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs 6.1) ประชาชนสามารถเข้าถึงน้ำสะอาด ในราคาที่เหมาะสม ภายในปี พ.ศ. 2573

ไตรสิทธิ์ วิทูรชวลิตวงษ์
วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ

สำนักบริหารจัดการน้ำ
กรมทรัพยากรน้ำ
เมษายน 2561

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ..... 1

บทที่ 2 การปรับปรุงคุณภาพน้ำ..... 3

2.1 ระบบทำความสะอาดน้ำประปา (Water Treatment Plant)..... 3

2.2 กระบวนการผลิตน้ำประปา..... 4

2.2.1 กระบวนการผลิตน้ำประปาที่ใช้แหล่งน้ำผิวดิน..... 5

2.2.1.1 องค์ประกอบของระบบประปาที่ใช้แหล่งน้ำผิวดิน..... 6

2.2.1.1.1 แหล่งน้ำผิวดินและคุณภาพน้ำ..... 6

2.2.1.1.2 โรงสูบน้ำแรงต่ำและเครื่องสูบน้ำดิบ..... 9

2.2.1.1.3 ท่อส่งน้ำดิบ..... 11

2.2.1.1.4 ระบบกวนเร็วและกวนช้า..... 11

2.2.1.1.5 ถังตกตะกอน..... 13

2.2.1.1.6 ถังกรองทราย..... 13

2.2.1.1.7 ถังน้ำใส..... 14

2.2.1.1.8 การฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปา..... 15

2.2.1.1.9 หอถังสูง..... 16

2.2.1.1.10 ระบบท่อจ่ายน้ำประปา..... 16

2.2.1.2 ความสำคัญของโคแอกกูเลชัน (ระบบกวนเร็วและระบบกวนช้า) 16

2.2.1.3 สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการโคแอกกูเลชัน..... 17

2.2.1.3.1 การใช้สารส้มรวมกับปูนขาว..... 17

2.2.1.3.2 การใช้สารส้มรวมกับโซดาแอช (โซดาซักผ้า)..... 17

2.2.1.3.3 การใช้เฟอร์รัสซัลเฟตและปูนขาว..... 17

2.2.1.3.4 การใช้เฟอร์ริคคลอไรด์ ($FeCl_3$)..... 18

2.2.1.3.5 การใช้เฟอร์รัสซัลเฟตรวมกับคลอรีน..... 18

2.2.1.3.6 การใช้แมกนีเซียมคาร์บอเนต ($MgCO_3$) และปูนขาว.. 18

2.2.1.4 การเลือกสารโคแอกกูแลนท์..... 18

2.2.1.4.1 สารเคมีสำหรับกำจัดความขุ่น..... 18

2.2.1.4.2 สารเคมีสำหรับน้ำที่มีความขุ่นมากและมีความเป็นด่างสูง..... 19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.1.4.3 สารเคมีสำหรับน้ำที่มีความขุ่นสูงแต่มีความเป็นด่างต่ำ..... 19

2.2.1.4.4 สารเคมีสำหรับน้ำที่มีความขุ่นน้อยแต่มีความเป็นด่างสูง..... 19

2.2.1.4.5 สารเคมีสำหรับน้ำที่มีความขุ่นน้อยและมีความเป็นด่างน้อย..... 19

2.2.1.4.6 สารเคมีสำหรับกำจัดสีในน้ำดิบ..... 19

2.2.1.4.7 โคแอกกูเลชันสำหรับกำจัดความขุ่นและสีพร้อมกัน.. 20

2.2.1.5 การควบคุมกระบวนการโคแอกกูเลชัน..... 20

2.2.1.5.1 การควบคุมด้วยวิธีจาร์เทสต์..... 20

2.2.1.5.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองจาร์เทสต์... 21

2.2.1.5.3 ขั้นตอนการทดลองจาร์เทสต์..... 21

2.2.2 กระบวนการผลิตน้ำประปาที่ใช้แหล่งน้ำบาดาล..... 23

2.2.2.1 องค์ประกอบของระบบประปาแหล่งน้ำบาดาบาล..... 26

2.2.2.1.1 บ่อน้ำบาดาล..... 26

2.2.2.1.2 เครื่องสูบน้ำ..... 27

2.2.2.1.3 ระบบเติมอากาศ..... 28

2.2.2.2 วิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาล..... 29

2.2.2.2.1 การกำจัดเหล็กและแมงกานีส..... 30

2.2.2.2.1.1 การทำแอเรชั่น (Aeration)..... 30

2.2.2.2.1.2 การใช้สารเคมี 31

2.2.2.2.1.3 การกรองด้วยแมงกานีสซีโอไลต์ 31

2.2.2.2.2 การกำจัดความกระด้าง 32

2.2.2.2.2.1 วิธีการต้ม..... 33

2.2.2.2.2.2 วิธี Lime-Soda ร่วมกับกระบวนการตกตะกอน..... 33

2.2.2.2.2.3 วิธีการแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange)..... 35

2.2.2.2.2.4 วิธีออสโมซิสย้อนกลับ (RO)..... 35

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การสำรวจเพื่อออกแบบระบบประปา..... 39

3.1 จุดมุ่งหมายของการสำรวจเพื่อออกแบบระบบประปา..... 39

3.2 การสำรวจเบื้องต้นข้อมูลทั่วไปของพื้นที่..... 39

3.3 ข้อมูลจำนวนประชากรและการเจริญเติบโตของประชากร..... 40

3.4 ข้อมูลสัดส่วนจำนวนผู้ใช้น้ำ (Service Ratio) หรือการเข้าถึงน้ำ..... 40

3.5 ข้อมูลอัตราการใช้น้ำ (Consumption Rate)..... 41

3.6 การสำรวจแหล่งน้ำดิบ..... 42

3.6.1 การสำรวจแหล่งน้ำบาดาล..... 43

3.6.2 การสำรวจแหล่งน้ำผิวดิน..... 45

3.7 การสำรวจแนววางท่อส่งน้ำดิบ..... 46

3.8 การสำรวจเพื่อจัดทำผังบริเวณการประปา..... 47

3.9 การสำรวจเพื่อจัดทำผังแนวท่อจ่ายน้ำ..... 48

3.10 การสำรวจระบบไฟฟ้า..... 49

บทที่ 4 เกณฑ์การออกแบบระบบประปาผิวดินและบาดาล..... 50

4.1 อายุการใช้งานโครงการ (Design Period)..... 51

4.1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการพิจารณาอายุการใช้งาน 51

4.2 จำนวนประชากร (Population)..... 52

4.3 สัดส่วนการให้บริการ (Service Ratio)..... 52

4.4 ความต้องการใช้น้ำเฉลี่ยของชุมชน (Average Consumption Use)..... 52

4.5 ความต้องการใช้น้ำเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Demand)..... 54

4.6 ปริมาณน้ำสูญเสีย..... 54

4.7 ความต้องการใช้น้ำในวันใช้น้ำสูงสุด (Maximum Daily Demand)..... 55

4.8 ชั่วโมงการทำงานของระบบประปาในหนึ่งวัน..... 56

4.9 ความต้องการใช้น้ำในชั่วโมงใช้น้ำสูงสุด (Maximum Hourly Demand)..... 56

4.10 ความต้องการน้ำเพื่อการดับเพลิง (Fire Fighting Demand)..... 57

4.11 ระบบชักน้ำดิบ..... 60

4.12 การออกแบบโรงสูบน้ำแรงต่ำและเครื่องสูบน้ำแรงต่ำ..... 61

4.12.1 Cavitation หรือปรากฏการณ์การเกิดโพรงไอ..... 66

4.13 ระบบส่งน้ำดิบ..... 66

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.13.1 ข้อควรพิจารณาในการออกแบบท่อส่งน้ำดิบ..... 67
4.13.2 ข้อควรพิจารณาในการออกแบบใช้คลองเปิดหรือรางเปิด (Open channel)..... 68
4.14 คุณภาพน้ำประปา..... 68
4.15 ระบบผลิตน้ำประปา..... 70
4.15.1 ระบบสร้างตะกอน (Coagulation and Flocculation)..... 70
4.16 สารเคมีที่ใช้..... 70
4.17 ระบบตกตะกอน..... 71
4.18 ระบบกรองเร็วโดยใช้ทรายเป็นตัวกลาง (Rapid Sand Filtration)..... 71
4.18.1 เกณฑ์การพิจารณาอัตรากรองและการล้างกรองกรณีเป็น Gravity Filter..... 72
4.19 ระบบกรองช้าโดยใช้ทรายเป็นตัวกลาง (Slow Sand Filter)..... 73
4.20 การเติมอากาศ..... 74
4.20.1 Spray Nozzle Type..... 74
4.20.2 Multiple Tray Type 74
4.21 ระบบจ่ายน้ำประปา..... 75

บทที่ 5 การออกแบบระบบประปาบาดาล..... 77

5.1 การใช้งานแฟ้มข้อมูล “คำนวณประปาหมู่บ้านบาดาล (ป้องกัน)”..... 77
5.2 การกำหนดเงื่อนไขการออกแบบ (Design Period)..... 79
5.3 การคำนวณขนาดกำลังผลิตน้ำประปา..... 79
5.3.1 การกรอกข้อมูลเพื่อคำนวณกำลังผลิตน้ำประปา..... 79
5.3.2 ผลการคำนวณกำลังผลิตน้ำประปา..... 80
5.4 การออกแบบท่อน้ำดิบและเครื่องสูบน้ำดิบ..... 80
5.4.1 การกรอกข้อมูลเพื่อคำนวณออกแบบท่อน้ำดิบ..... 80
5.4.2 ผลการคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อ..... 81
5.4.3 การกรอกข้อมูลเพื่อคำนวณออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบ (Submersible Pump)..... 81
5.4.4 ผลการคำนวณขนาดของเครื่องสูบน้ำดิบ (Submersible Pump)..... 84
5.4.5 สรุปผลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบ (Submersible Pump)..... 86

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.5 การออกแบบท่อส่งน้ำประปาและเครื่องสูบน้ำดี (high lift pump)..... 86

5.5.1 ตารางกรอกข้อมูลการออกแบบทางดูด ทางส่งของเครื่องสูบน้ำดี และท่อส่งน้ำขึ้นหอถังสูง..... 86

5.5.2 ผลการคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อ..... 88

5.5.3 ตารางกรอกข้อมูลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดี (High Lift Pump)..... 88

5.5.4 ผลการคำนวณออกแบบเครื่องสูบน้ำดี (High Lift Pump)..... 89

5.5.5 สรุปผลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดี (Volute Pump)..... 89

5.6 การพิมพ์รายการคำนวณออกแบบระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาล..... 90

บทที่ 6 การออกแบบระบบประปาผิวดิน..... 94

6.1 การใช้งานแฟ้มข้อมูล “คำนวณประปาหมู่บ้านผิวดิน (ป้องกัน)”..... 94

6.2 การกำหนดเงื่อนไขการออกแบบ (Design Period)..... 95

6.3 การคำนวณขนาดกำลังผลิตน้ำประปา..... 96

6.3.1 การกรอกข้อมูลเพื่อคำนวณกำลังผลิตน้ำประปา..... 96

6.3.2 ผลการคำนวณกำลังผลิตน้ำประปา..... 96

6.4 การออกแบบท่อน้ำดิบและเครื่องสูบน้ำดิบ..... 97

6.4.1 การกรอกข้อมูลเพื่อคำนวณออกแบบท่อน้ำดิบ..... 97

6.4.2 ผลการคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อ..... 97

6.4.3 การกรอกข้อมูลเพื่อคำนวณออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบ..... 98

6.4.4 ผลการคำนวณขนาดของเครื่องสูบน้ำดิบ..... 99

6.4.5 สรุปผลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบ 99

6.4.6 การตรวจสอบระยะดูดยก NPSH (Net Positive Suction Head)..... 100

6.5 การออกแบบท่อส่งน้ำประปาและเครื่องสูบน้ำดี (high lift pump)..... 102

6.5.1 ตารางกรอกข้อมูลการออกแบบทางดูด ทางส่งของเครื่องสูบน้ำดี และท่อส่งน้ำขึ้นหอถังสูง..... 102

6.5.2 ผลการคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อ..... 103

6.5.3 ตารางกรอกข้อมูลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดี (High Lift Pump)..... 103

6.5.4 ผลการคำนวณออกแบบเครื่องสูบน้ำดี (High Lift Pump)..... 104

6.5.5 สรุปผลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดี (Volute Pump)..... 104

6.6 การพิมพ์รายการคำนวณออกแบบระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาล..... 105

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 7 แบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้าน รูปแบบกรมทรัพยากรน้ำ..... 109

7.1 ความเป็นมา..... 109

7.2 แบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านที่เผยแพร่เมื่อปี พ.ศ. 2546..... 110

7.2.1 แบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาล ขนาดกลางและขนาดใหญ่ 110

7.2.2 แบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดิน ขนาดใหญ่และขนาดใหญ่มาก 111

7.3 แบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านที่เผยแพร่เมื่อปี พ.ศ. 2547..... 113

7.4 แบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านที่เผยแพร่เมื่อปี พ.ศ. 2548..... 114

7.5 การปรับปรุงแบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้าน 7 รูปแบบ เมื่อปี พ.ศ. 2557..... 115

7.6 แบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านที่เผยแพร่เมื่อปี พ.ศ. 2558..... 115

7.7 สรุปรูปแบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านของกรมทรัพยากรน้ำ..... 119

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2-1 คุณลักษณะของแหล่งน้ำใต้ดินและน้ำผิวดิน..... 4
2-2 ประเภทและมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน..... 7
2-3 ข้อดีข้อเสียของระบบแลกเปลี่ยนไอออน..... 34
2-4 ความสามารถในการกำจัดไอออนต่างๆ ของระบบออสโมซิสย้อนกลับ..... 35
2-5 ข้อดีข้อเสียของระบบออสโมซิสย้อนกลับ (Reverse Osmosis)..... 37
3-1 แสดงอัตราการใช้น้ำอุปโภคบริโภคตามประเภทชุมชน..... 42
3-2 แสดงอัตราการใช้น้ำอุปโภคบริโภคตามจำนวนประชากร..... 42
3-3 ขนาดที่ดินที่เหมาะสมสำหรับการก่อสร้างระบบประปาหมู่บ้าน..... 47
4-1 การประเมินความต้องการใช้น้ำในพื้นที่ชุมชนขนาดต่างๆ..... 53
4-2 แสดงปริมาณน้ำเพื่อการดับเพลิง สำหรับจำนวนประชากรน้อยกว่า 200,000 คน ตาม ข้อเสนอแนะของ National Board of Fire Underwriters..... 58
4-3 ปริมาณน้ำดับเพลิงที่จะต้องนำไปรวมกับปริมาณความต้องการใช้น้ำในวันใช้น้ำสูงสุด (Maximum daily demand) สำหรับคำนวณระบบท่อจ่ายน้ำ..... 59
4-4 ปริมาณน้ำที่จะต้องสำรองไว้สำหรับการดับเพลิงในถังน้ำใสหรือหอถังสูง..... 59
4-5 จำนวนเครื่องสูบน้ำดิบเมื่อเทียบกับอัตราการสูบ..... 60
4-6 ประสิทธิภาพของการส่งถ่ายกำลังของตัวส่งถ่ายกำลังตัวขับและเครื่องสูบน้ำ..... 65
4-7 เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ พ.ศ. 2553 ของกรมอนามัย..... 69
4-8 การใช้ทรายและกรวดเป็นสารกรอง..... 72
4-9 การใช้ทรายและแอนทราไซด์ สารกรอง 2 ชั้น (Dual – Media Filter)..... 72
4-10 เกณฑ์การออกแบบจำนวนเครื่องสูบที่เหมาะสม..... 75
4-11 ความเร็วของน้ำในท่อจ่ายน้ำประปาที่แนะนำ..... 76
5-1 ขนาดของเครื่องสูบตามมาตรฐานการผลิตและมีขายในท้องตลาด..... 85
5-2 ข้อมูลขนาดท่อและความยาวท่อของเครื่องสูบน้ำดีตามแบบมาตรฐาน..... 87
5-3 ข้อแนะนำการกำหนดประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ..... 88
6-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความดันไอ..... 101
6-2 ข้อมูลขนาดท่อและความยาวท่อของเครื่องสูบน้ำดีตามแบบมาตรฐาน..... 102
6-3 ข้อแนะนำการกำหนดประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ..... 104

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

7-1 แบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาล 4 ขนาด และแบบผิวดิน 3 ขนาด..... 109
7-2 เปรียบเทียบแบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาลขนาดเล็ก..... 116
7-3 เปรียบเทียบแบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาลขนาดกลาง..... 116
7-4 เปรียบเทียบแบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาลขนาดใหญ่..... 116
7-5 เปรียบเทียบแบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาลขนาดใหญ่มาก..... 116
7-6 องค์ประกอบของระบบประปาบาดาล..... 119
7-7 องค์ประกอบของระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดิน..... 120

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ **หน้า**

2-1 แสดงกระบวนการผลิตน้ำประปาแบบทั่วไป (Conventional Type)..... 6
2-2 เครื่องจาร์เทสต์ ชนิด 6 ใบพัด..... 21
2-3 ผังแสดงกระบวนการผลิตน้ำประปา กรณีปริมาณน้ำมากกว่าหรือเท่ากับ (Maximum Hourly Demand) และน้ำบาดาลมีคุณภาพน้ำตามมาตรฐานน้ำบริโภค..... 24
2-4 ผังแสดงกระบวนการผลิตน้ำประปา กรณีปริมาณน้ำน้อยกว่า (Maximum Hourly Demand) แต่เพียงพอสำหรับ Maximum Dialy Demand และน้ำบาดาลมีคุณภาพน้ำตามมาตรฐานน้ำบริโภค..... 25
2-5 ผังแสดงกระบวนการผลิตน้ำประปา น้ำบาดาลมีเหล็กหรือแมงกานีสเกินมาตรฐานน้ำบริโภค..... 26
2-6 บ่อน้ำบาดาลและข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการออกแบบ..... 27
2-7 เครื่องสูบน้ำแบบจุ่มใต้น้ำ (Submersible Pump)..... 28
2-8 เครื่องสูบน้ำแบบเทอร์ไบน์ (Turbine Pump)..... 28
2-9 Tray Aerator พร้อมถังกรอง..... 29
2-10 ปัญหาที่เกิดจากน้ำมีสารละลายเหล็ก..... 30
2-11 หินปูนในกาต้มน้ำและหินปูนอุดตันในท่อ..... 32
2-12 กระบวนการกำจัดความกระด้างด้วยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออน..... 34
3-1 หน้าจอบริการประชาชนของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล..... 43
3-2 หน้าจอ เลือกพื้นที่เป้าหมายหาข้อมูลบ่อน้ำบาดาล..... 43
3-3 แสดงข้อมูลบ่อน้ำบาดาล..... 44

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

5-1 ข้อความเตือนกรณีพิมพ์ข้อมูลนอกเซลล์ที่มีสีเหลือง..... 77
5-2 ลักษณะแฟ้มข้อมูล “คำนวณประปาหมู่บ้านบาดาล (ป้องกัน)”..... 78
5-3 ตารางกรอกข้อมูลสถานที่ตั้งระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาล..... 78
5-4 ตารางกรอกเงื่อนไขการออกแบบ (Design Criteria)..... 79
5-5 ตารางกรอกข้อมูลเพื่อคำนวณออกแบบขนาดกำลังผลิตน้ำประปาและผลการคำนวณ 80
5-6 ตารางกรอกข้อมูลเพื่อคำนวณออกแบบท่อน้ำดิบ..... 81
5-7 แสดงการกำหนดค่าเฮดสถิตย์ (Static head) กรณีสูบน้ำไปยังถังกรองทราย..... 82
5-8 แสดงการกำหนดค่าเฮดสถิตย์ (Static head) กรณีสูบน้ำไปยังถังน้ำใส..... 82
5-9 แสดงการกำหนดค่าเฮดสถิตย์ (Static head) กรณีสูบน้ำไปยังหอถังสูง..... 83
5-10 เลือกอาคารที่ต้องการส่งน้ำจากปุ่มขวามือของเซลล์..... 83
5-11 กรณีเลือก “หอถังสูง” ไม่ต้องออกแบบท่อและเครื่องสูบน้ำดี..... 84
5-12 ตารางกรอกข้อมูลและผลการคำนวณเครื่องสูบน้ำดิบ..... 86
5-13 สรุปผลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบ (Submersible Pump)..... 86
5-14 แสดงท่อทางดูด ท่อทางส่งของเครื่องสูบน้ำดี และท่อส่งน้ำ (Header pipe)..... 87
5-15 ตารางกรอกข้อมูลท่อและผลการคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อ..... 88
5-16 ตารางกรอกข้อมูลออกแบบเครื่องสูบน้ำดีและผลการคำนวณขนาดเครื่องสูบน้ำดี.... 89
5-17 สรุปผลการออกแบบบเครื่องสูบน้ำดี..... 90
5-18 รายการคำนวณระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาลอย่างละเอียด..... 91

6-1 ข้อความเตือนกรณีพิมพ์ข้อมูลนอกเซลล์ที่มีสีเหลือง..... 94
6-2 ลักษณะแฟ้มข้อมูล “คำนวณประปาหมู่บ้านผิวดิน (ป้องกัน)”..... 95
6-3 ตารางกรอกข้อมูลสถานที่ตั้งระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดิน..... 95
6-4 ตารางกรอกเงื่อนไขการออกแบบ (Design Criteria)..... 96
6-5 ตารางกรอกข้อมูลเพื่อคำนวณออกแบบขนาดกำลังผลิตน้ำประปาและผลการคำนวณ.. 97
6-6 ตารางกรอกข้อมูลเพื่อคำนวณออกแบบท่อน้ำดิบและผลการคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อ 98
6-7 แสดงการกำหนดค่าเฮดสถิตย์ (Static head) กรณีสูบน้ำดิบไปยังอาคารผลิตน้ำ..... 98
6-8 ตารางกรอกข้อมูลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบ และผลการคำนวณ..... 99
6-9 สรุปผลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบ 100
6-10 แสดงตัวแปรสำคัญในการคำนวณระบบท่อทางดูด และเสกลเทียบอุณหภูมิของน้ำกับความดันไอ 100

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

6-11 แสดงท่อทางดูด ท่อทางส่งของเครื่องสูบน้ำดี และท่อส่งน้ำ (Header pipe)..... 103

6-12 ตารางกรอกข้อมูลท่อและผลการคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อ..... 103

6-13 ตารางกรอกข้อมูลออกแบบเครื่องสูบน้ำดีและผลการคำนวณขนาดเครื่องสูบน้ำดี..... 104

6-14 สรุปผลการออกแบบบเครื่องสูบน้ำดี..... 105

6-15 รายการคำนวณระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดินอย่างละเอียด..... 106

7-1 ถังกรองบาดาลขนาดกลาง..... 110

7-2 ถังกรองบาดาลขนาดใหญ่..... 110

7-3 ระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาลขนาดกลางและขนาดใหญ่ (แยกอาคารถังกรองและถังน้ำใส)..... 111

7-4 ผังแสดงกระบวนการผลิตน้ำประปาบาดาล ขนาดกลางและขนาดใหญ่..... 111

7-5 อาคารผลิตน้ำประปาแบบผิวดิน ขนาดใหญ่และใหญ่มาก..... 112

7-6 ผังแสดงกระบวนการผลิตน้ำประปาผิวดิน ขนาดใหญ่และขนาดใหญ่มาก..... 112

7-7 ระบบประปาบาดาล ขนาดเล็กและขนาดใหญ่มาก แบบ 2 in 1..... 113

7-8 ผังแสดงกระบวนการผลิตน้ำประปาบาดาล ขนาดเล็ก และขนาดใหญ่มาก..... 113

7-9 ระบบประปาผิวดิน ขนาดกลาง..... 114

7-10 ผังแสดงกระบวนการผลิตน้ำประปาผิวดิน ขนาดกลาง..... 114

7-11 ระบบประปาบาดาลแบบเดิม 2 in 1 (ถังกรองทราย อยู่บนถังน้ำใส)..... 117

7-12 ระบบประปาบาดาลแบบเดิม 3 in 1 (ถังกรองทราย อยู่บนถังน้ำใส และติดตั้งเครื่องสูบน้ำบนฝาถังน้ำใส) ไม่ต้องก่อสร้างโรงสูบน้ำ..... 117

7-13 องค์ประกอบของระบบประปาบาดาลแบบเดิม 2 in 1 ติดตั้งเครื่องสูบน้ำในโรงสูบน้ำ.. 118

7-14 องค์ประกอบของระบบประปาบาดาลแบบ 3 in 1 (ไม่มีโรงสูบน้ำ)..... 118

เอกสารอ้างอิง..... 121

ภาคผนวก ก ตารางการเปลี่ยนหน่วย..... 122

ภาคผนวก ข ตัวอย่างรายการคำนวณระบบประปาบาดาล..... 123

ภาคผนวก ค ตัวอย่างรายการคำนวณระบบประปาผิวดิน..... 128

ประวัติผู้เขียน..... 133

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

กรมทรัพยากรน้ำ เป็นหน่วยงานตามพระราชบัญญัติปรับปรุงกระทรวง ทบวง กรม พ.ศ. 2545 สังกัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สำนักบริหารจัดการน้ำเป็นหน่วยงานของกรมทรัพยากรน้ำ มีบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญด้านระบบประปาจากกองประปาชนบท กรมอนามัย และกองพัฒนาน้ำสะอาด กรมโยธาธิการ รวมอยู่ในสำนักฯนี้ แต่เนื่องจากตามพระราชบัญญัติกำหนดแผนและขั้นตอนการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น พ.ศ.2542 ทำให้กรมทรัพยากรน้ำ ต้องถ่ายโอนภารกิจสาธารณูปโภค แหล่งน้ำ/ระบบประปาชนบทให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

การเตรียมความพร้อมให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นหลังการถ่ายโอนภารกิจ มีหลักการทั่วไป โดยให้หน่วยงานที่ถ่ายโอนภารกิจให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน คำแนะนำ และคำปรึกษาทางเทคนิค วิชาการ และการดำเนินงานให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในภารกิจที่ถ่ายโอนตามความเหมาะสม ดำเนินการฝึกอบรมและจัดทำแผนงานฝึกอบรมด้านต่างๆ รวมทั้งกฎหมาย กฎ และระเบียบที่เกี่ยวข้องในลักษณะบูรณาการที่ประสานหน่วยงานอื่นจนกว่าองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจะมีความพร้อมที่จะรับการถ่ายโอนภารกิจ โดยเฉพาะงานด้านการก่อสร้างขององค์การบริหารส่วนตำบลและเทศบาลตำบล

แต่เนื่องจากองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น เป็นองค์กรที่มีภารกิจงานหลายด้าน และมีบุคลากรในการปฏิบัติงานน้อย จึงขาดบุคลากรที่มีความรู้ ความเชี่ยวชาญ ด้านการดูแลระบบประปา ทำให้ระบบประปาที่มีอยู่มีการผลิตน้ำประปา ส่งไปยังบ้านของประชาชนไม่มีคุณภาพ เนื่องจากระบบประปาขาดการดูแลอย่างเป็นระบบ จึงมักพบปัญหาเรื่องคุณภาพน้ำประปาที่ผลิตออกมาไม่มีคุณภาพ

กรมทรัพยากรน้ำในฐานะเจ้าของภารกิจการถ่ายโอนระบบประปาชนบท หลังการถ่ายโอนดังกล่าวได้ทำหน้าที่ในการให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน คำแนะนำ และคำปรึกษา ทางเทคนิค วิชาการ ในการดำเนินงานจัดสร้างระบบประปาหมู่บ้านให้กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดยจัดทำแบบแปลนมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดินขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และขนาดใหญ่มาก และแบบแปลนมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาลขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และขนาดใหญ่มาก สามารถรองรับความต้องการใช้น้ำของประชากรตั้งแต่ 30-700 ครัวเรือน พร้อม

ทั้งตัวอย่างการประมาณราคา เพื่อสนับสนุนองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นสามารถเลือกใช้แบบมาตรฐานดังกล่าวให้เหมาะสม เพียงพิจารณาชนิดของแหล่งน้ำดิบที่จะนำมาผลิตน้ำประปาและจำนวนครัวเรือนของหมู่บ้าน จัดทำตัวอย่างรายการรายละเอียดเฉพาะแห่ง เพื่อสรุปรายการก่อสร้างและแบบแปลนที่ใช้ในการก่อสร้างระบบประปา รายละเอียดที่ผู้รับจ้างต้องดำเนินการจัดหา จัดทำและติดตั้ง รวมทั้งเอกสารแนบท้าย เช่น รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของครุภัณฑ์ในงานระบบประปาและรายละเอียดอื่นๆ ที่ต้องการ รวมทั้งตัวอย่างประมาณราคา รายการรายละเอียดทั่วไป ซึ่งเป็นรายการที่จะต้องใช้เป็นส่วนหนึ่งของสัญญา มีรายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะงานประกอบการก่อสร้าง คุณลักษณะเฉพาะงานที่เกี่ยวข้องกับระบบประปา เช่น รายการทั่วไป งานดิน งานคอนกรีต งานท่อและอุปกรณ์ งานสี งานไม้ งานเชื่อมโครงเหล็ก ระบบไฟฟ้า เครื่องสูบน้ำ เครื่องจ่ายสารคลอรีน และภาคผนวก เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีคู่มือการควบคุมการก่อสร้าง คู่มือผู้ควบคุมการผลิตน้ำประปาและการบำรุงรักษา คู่มือการบริหารกิจการประปาหมู่บ้าน เอกสารที่กล่าวมานี้ มีเผยแพร่ผ่านทางเวปไซต์ www.prapathai.com

แต่เนื่องจากการสนับสนุนแบบแปลนและรายการ สำหรับการจัดสร้างระบบประปาดังกล่าวเป็นเพียงเฉพาะระบบผลิตน้ำประปา สำหรับการพิจารณาเลือกแหล่งน้ำดิบ การออกแบบระบบสูบน้ำดิบ ท่อส่งน้ำ กับระบบผลิตน้ำประปา ขึ้นอยู่กับสภาพแหล่งน้ำ สภาพภูมิประเทศ ตำแหน่งที่ตั้งของระบบน้ำดิบ และระบบผลิต ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันจำเป็นต้องสำรวจออกแบบเป็นการเฉพาะแห่งเพื่อให้การสำรวจและออกแบบระบบสูบน้ำ ระบบท่อส่งน้ำให้สอดคล้องกับระบบผลิตน้ำประปาที่กำหนดจากจำนวนผู้ใช้น้ำมีความถูกต้องเป็นไปตามหลักวิชาการ จึงได้จัดทำคู่มือการสำรวจออกแบบระบบประปาหมู่บ้าน เพื่อสนับสนุนและส่งเสริมบุคลากรขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นหรือผู้ที่สนใจได้มีความรู้เพิ่มเติม สามารถออกแบบระบบประปาด้วยการกรอกข้อมูลที่กำหนดเพื่อคำนวณออกแบบระบบประปาให้เป็นไปตามหลักวิชาการ ผ่านทางโปรแกรม Excel

บทที่ 2
การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

น้ำ เป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ น้ำที่มนุษย์สามารถนำไปใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคได้ จะต้องมีความสะอาด จนน้ำมีความบริสุทธิ์อย่างพอเพียงเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด แต่การหาแหล่งน้ำธรรมชาติที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำประปา มิใช่เรื่องง่าย เพราะน้ำในธรรมชาติย่อมมีสารละลายหรือสารอื่นๆปะปนอยู่มากมาย ทั้งที่สามารถมองเห็นด้วยตาและมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า สิ่งปะปนเหล่านี้อาจมีคุณประโยชน์หรือในทางตรงกันข้าม อาจก่อให้เกิดโทษต่อผู้บริโภคก็ได้ ด้วยเหตุนี้การทำความสะอาดน้ำก่อนนำมาใช้จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ กระบวนการทำความสะอาดน้ำอาจมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้น้ำและคุณสมบัติของน้ำดิบ เป็นเรื่องปกติที่น้ำดิบที่มีความสกปรกมากย่อมต้องการการทำความสะอาดมากกว่าน้ำดิบที่สกปรกน้อยกว่า ส่วนวัตถุประสงค์ของการใช้น้ำอาจแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ การใช้น้ำในชีวิตประจำวัน (Domestic Uses) และการใช้น้ำเพื่อกิจการอุตสาหกรรม (Industrial Uses) ซึ่งมักต้องการใช้น้ำที่สะอาดยิ่งกว่าน้ำที่ใช้ในชีวิตประจำวัน

2.1 ระบบทำความสะอาดน้ำประปา (Water Treatment Plant)

ระบบทำความสะอาดน้ำประปา มีหน้าที่ทำความสะอาดจากน้ำดิบที่สารปนเปื้อนจนกลายมาเป็นน้ำสะอาดที่สามารถนำมาใช้ในการอุปโภคบริโภคได้ จะมีกระบวนการผลิตอย่างไรขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำดิบและน้ำประปาที่ต้องการ น้ำดิบจากบางแหล่งอาจจะต้องทำความสะอาดหลายกระบวนการ แต่บางแหล่งอาจต้องการเฉพาะ การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีนก็เพียงพอแล้ว เช่น น้ำที่สูบจากบ่อบาดาลและมีคุณภาพน้ำดีอยู่แล้ว หรือน้ำที่ได้จากประปาภูเขาบางพื้นที่ ความต้องการขั้นต่ำสุดของการผลิตน้ำประปา กระบวนการทำความสะอาดน้ำประปา อาจแบ่งออก 3 ประเภท คือ

ก. ประเภทที่กำจัดสารแขวนลอย ได้แก่ ระบบโคแอกกูเลชัน (Coagulation) ระบบการตกตะกอน (Sedimentation) และระบบการกรองน้ำ (Filtration) ซึ่งแบบมาตรฐานระบบผลิตน้ำประปาของกรมทรัพยากรน้ำ จัดอยู่ในประเภทนี้

ข. ประเภทที่กำจัดสารละลาย ได้แก่ ระบบการตกผลึก (Precipitation) ระบบการดูดติดผิว (Adsorption) ระบบแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange) ระบบแผ่นเมมเบรน (Membrane Processes)

ค. ประเภทฆ่าเชื้อโรค (Disinfection)

ระบบประปาส่วนใหญ่ ต้องการแต่เพียงการกำจัดสารแขวนลอยซึ่งส่วนประกอบสำคัญของระบบมักได้แก่ ถังกวนเร็ว ถังกวนช้า ถังตกตะกอน และถังกรอง น้ำที่ผ่านถังกรองแล้วจะมีความใสและสะอาด แต่จำเป็นต้องนำมาเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคเสียก่อน กระบวนการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีนหรือสารอื่น ถือเป็นกระบวนการที่ต้องมีเสมอ ไม่ว่าการทำความสะอาดน้ำประปาจะเป็นแบบใดก็ตาม ในกรณีที่น้ำดิบมีสารละลายต่างๆ สูงเกินไป เช่น ความกระด้าง เหล็ก เป็นต้น น้ำเหล่านี้ส่วนใหญ่มาจากน้ำบาดาล ต้องกำจัดสารเหล่านี้ออกเสียก่อน หลักการกำจัดสารละลายมักมี 2 ขั้นตอน คือ ขั้นแรกต้องทำให้สารละลายเกิดการตกผลึกเป็นสารแขวนลอย ขั้นที่สองเป็นการกำจัดสารแขวนลอยด้วยวิธีที่กล่าวข้างต้น สำหรับตัวอย่างในการทำให้สารละลายตกผลึก คือ การเติมปูนขาวเพื่อให้ความกระด้างซึ่งอยู่ในรูปของ Ca^{+2} (แคลเซียมอิออน) และ Mg^{+2} (แมกนีเซียมอิออน) ตกผลึกเป็น $CaCO_3$ (แคลเซียมคาร์บอเนต) และ $Mg(OH)_2$ (แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์) หรือ การเติมคลอรีนเพื่อให้เหล็กตกผลึก เป็นต้น การกำจัดสารละลายออกจากน้ำอาจใช้กระบวนการอื่น เช่น กระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน กระบวนการดูดติดผิว หรือ กระบวนการที่อาศัยแผ่นเมมเบรน (Membrane Processes) กระบวนการเหล่านี้ เป็นการกำจัดสารละลายออกจากน้ำได้โดยตรงและไม่มีการตกผลึกเกิดขึ้น ดังนั้นจึงไม่ต้องมีการกำจัดสารแขวนลอย

2.2 กระบวนการผลิตน้ำประปา

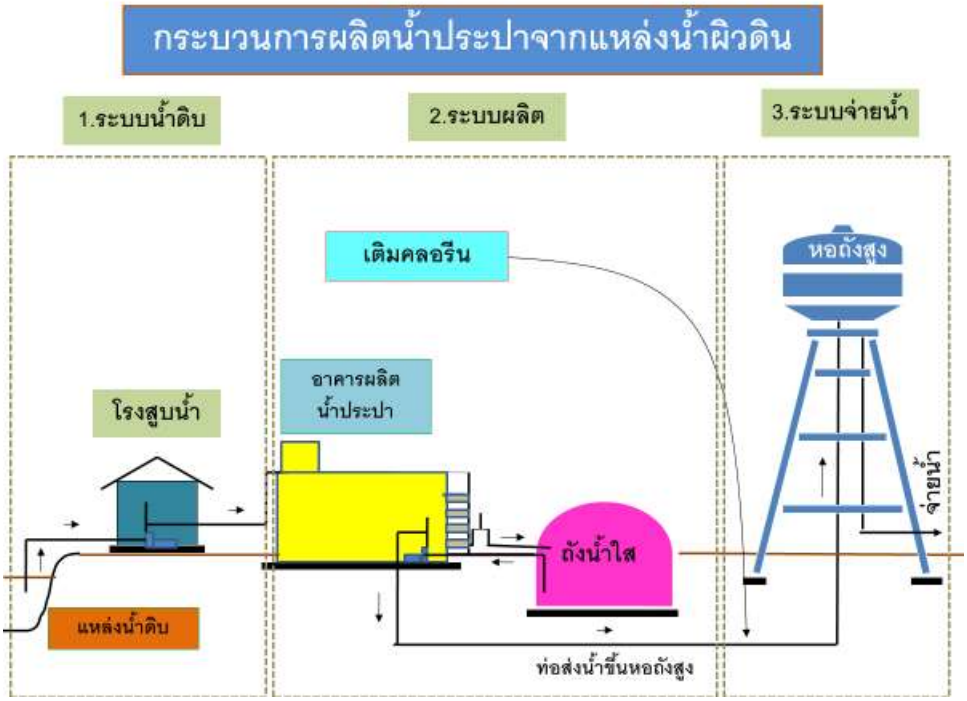
การพิจารณาเลือกกระบวนการผลิตน้ำประปาขึ้นอยู่กับประเภทแหล่งน้ำดิบ ซึ่งมีอยู่ 2 ประเภท คือ น้ำใต้ดิน และน้ำผิวดิน (คลอง แม่น้ำ) คุณลักษณะของแหล่งน้ำดิบทั้งสองประเภทจะมีความแตกต่างกัน ดังตารางที่ 2-1 ซึ่งได้สรุปคุณลักษณะที่แตกต่างกันของแหล่งน้ำใต้ดินและน้ำผิวดิน เพื่อให้ทราบถึงคุณลักษณะเด่นของแหล่งน้ำแต่ละประเภท

ตารางที่ 2-1 คุณลักษณะของแหล่งน้ำใต้ดินและน้ำผิวดิน

น้ำใต้ดิน	น้ำผิวดิน
มีสารประกอบทั่วไปไม่เปลี่ยนแปลง	มีสารประกอบที่อาจแตกต่างกันได้
มีความขุ่นน้อย	มีความขุ่นมาก
มีแร่ธาตุต่าง ๆ มากกว่า	มีแร่ธาตุต่างๆ น้อยกว่า
มีสีน้อยกว่า	มีสีมากกว่า
ตัวเชื้อจุลชีพมีน้อย	ตัวเชื้อจุลชีพมีมากกว่า
มีความเข้มข้นของออกซิเจนละลายต่ำมาก	มีความเข้มข้นของออกซิเจนละลายสูงกว่า
มีความกระด้างมากกว่า	มีความกระด้างน้อยกว่า
อาจพบ H_2S, Fe, Mn ได้	มีกลิ่นและรส อาจพบสารพิษได้

2.2.1 กระบวนการผลิตน้ำประปาที่ใช้แหล่งน้ำผิวดิน

น้ำดิบจากแหล่งน้ำผิวดิน จะถูกสูบขึ้นมาโดยใช้เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งติดตั้งในโรงสูบน้ำที่ตั้งอยู่บนตลิ่งหรือติดตั้งอยู่ในแพลอยน้ำหรือใช้เครื่องสูบน้ำแบบเทอร์ไบด์ ติดตั้งอยู่ในโรงสูบน้ำที่ตั้งอยู่ในแหล่งน้ำ หรือใช้เครื่องสูบน้ำแบบจุ่มใต้น้ำติดตั้งอยู่ในทุ่นลอยน้ำ ตามความเหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศและระดับน้ำที่ขึ้นลงของแหล่งน้ำผิวดิน น้ำดิบจะถูกสูบส่งมาตามท่อส่งน้ำดิบเข้าสู่ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อกำจัดตะกอนความขุ่น ผ่านระบบจ่ายสารส้มและปูนขาว เข้าสู่ระบบสร้างตะกอนซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนระบบกวนเร็วเพื่อให้สารส้มและปูนขาวละลายน้ำทำปฏิกิริยาเคมี ระบบกวนเร็วมีทั้งแบบอาศัยหลักการทางชลศาสตร์ เช่น แบบ Inline Static Mixer แบบแผ่นกั้นน้ำแบบ Hydraulic Jump และแบบอาศัยหลักการทางเครื่องมือกล เช่น การใช้มอเตอร์ไฟฟ้าและใบพัดกวนเร็ว น้ำดิบที่ผ่านระบบกวนเร็วแล้วจะไหลเข้ามาสู่ส่วนระบบกวนช้าเพื่อทำให้ตะกอนความขุ่นมีโอกาสสัมผัสกันทำให้ขนาดตะกอนใหญ่ขึ้น น้ำที่ไหลผ่านระบบสร้างตะกอนจะมีขนาดตะกอนที่พอเหมาะ เมื่อเข้าสู่ถังตกตะกอนความเร็วของน้ำในถังตกตะกอนจะช้าลงทำให้ตะกอนสามารถตกลงสู่ก้นถังปล่อยให้น้ำใสส่วนบนไหลเข้าสู่ระบบกรองต่อไป ตะกอนที่ติดค้างอยู่ที่ระบบสร้างตะกอนและระบบตกตะกอนจะสามารถระบายออกไปได้โดยอาศัยประตูน้ำระบายตะกอนไปพักไว้ที่สระพักตะกอนเพื่อบำบัดตะกอนต่อไป สำหรับน้ำใสที่ผ่านถังตกตะกอนแล้วควรมีความใสสะอาดพอสมควรอย่างไรก็ตามก็ยังมีตะกอนขนาดเล็ก ๆ หลุดปนมากับน้ำ เมื่อน้ำส่วนนี้ไหลผ่านระบบกรองเร็วซึ่งโดยปกติจะใช้ทรายเป็นตัวกลางในการกรองน้ำ ตะกอนเล็ก ๆ ดังกล่าวจะติดค้างอยู่ที่ชั้นทรายกรองน้ำที่ผ่านระบบกรองเร็วแล้วถือว่าเป็นน้ำที่ใสสะอาด จะไหลเข้าสู่ถังน้ำใสผ่านระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน และถูกสูบขึ้นหอถังสูงแล้วจ่ายเข้าระบบท่อจ่ายน้ำประปาไปให้ผู้ใช้น้ำต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-1 แสดงกระบวนการผลิตน้ำประปาแบบทั่วไป (Conventional Type)

2.2.1.1 องค์ประกอบของระบบประปาที่ใช้แหล่งน้ำผิวดิน

2.2.1.1.1 แหล่งน้ำผิวดินและคุณภาพน้ำ

“แหล่งน้ำผิวดิน” หมายถึง แม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ และแหล่งน้ำสาธารณะอื่นๆ ที่อยู่ภายในผืนแผ่นดิน ซึ่งหมายความรวมถึงแหล่งน้ำสาธารณะที่อยู่ในผืนแผ่นดินบนเกาะด้วย แต่ไม่รวมถึงน้ำบาดาล และในกรณีที่แหล่งน้ำนั้นอยู่ติดกับทะเลให้หมายความถึงแหล่งน้ำที่อยู่ภายในปากแม่น้ำหรือปากทะเลสาบ (ปากแม่น้ำและปากทะเลสาบให้ถือแนวเขตตามที่กรมเจ้าท่ากำหนด)

ประเภทและมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

กรมควบคุมมลพิษ ได้กำหนดประเภทของแหล่งน้ำผิวดินตามการใช้ประโยชน์[1/] แบ่งออกเป็น 5 ประเภท และมาตรฐานคุณภาพน้ำ[2/] ของแหล่งน้ำทั้ง 5 ประเภท มีเกณฑ์กำหนดสูงสุด[3/] ดังแสดงในตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 ประเภทและมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ลำดับ	คุณภาพน้ำ[2/]	ค่าทางสถิติ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด[3/] ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์ [1/]				
				ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5
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.	ธ	6.0	4.0	2.0	-
5.	บีโอดี (BOD)	P80	มก./ล.	ธ	1.5	2.0	4.0	-
6.	แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	P80	เอ็ม.พี.เอ็น /100มล.	ธ	5,000	20,000	-	-
7.	แบคทีเรียกลุ่มฟิโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)	P80	เอ็ม.พี.เอ็น /100มล.	ธ	1,000	4,000	-	-
8.	ไนเตรต (NO_3) ในหน่วยไนโตรเจน		มก./ล.	ธ	5.0	5.0	5.0	-
9.	แอมโมเนีย (NH_3) ในหน่วยไนโตรเจน		มก./ล.	ธ	0.5	0.5	0.5	-
10.	ฟีนอล (Phenols)		มก./ล.	ธ	0.005	0.005	0.005	-
11.	ทองแดง (Cu)		มก./ล.	ธ	0.1	0.1	0.1	-
12.	นิคเกิล (Ni)		มก./ล.	ธ	0.1	0.1	0.1	-
13.	แมงกานีส (Mn)		มก./ล.	ธ	1.0	1.0	1.0	-
14.	สังกะสี (Zn)		มก./ล.	ธ	1.0	1.0	1.0	-
15.	แคดเมียม (Cd)		มก./ล.	ธ	0.005* 0.05*	0.005* 0.05*	0.005* 0.05*	-
16.	โคเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Cr Hexavalent)		มก./ล.	ธ	0.05	0.05	0.05	-
17.	ตะกั่ว (Pb)		มก./ล.	ธ	0.05	0.05	0.05	-
18.	ปรอททั้งหมด (Total Hg)		มก./ล.	ธ	0.002	0.002	0.002	-
19.	สารหนู (As)		มก./ล.	ธ	0.01	0.01	0.01	-
20.	ไซยาไนด์ (Cyanide)		มก./ล.	ธ	0.005	0.005	0.005	-
21.	กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) - ค่ารังสีแอลฟา (Alpha) - ค่ารังสีเบตา (Beta)		 เบเคอเรล/ล. เบเคอเรล/ล.	 ธ ธ	 0.1 1.0	 0.1 1.0	 0.1 1.0	-
22.	สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดมีคลอรีนทั้งหมด (Total Organochlorine Pesticides)		มก./ล.	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	-

ลำดับ	คุณภาพน้ำ[2/]	ค่าทางสถิติ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด[3/] ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์ [1/]				
				ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5
27.	เฮปตาคลอร์และเฮปตาคลอร์ อิปอกไซด์ (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) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริม และรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตีพิมพ์ใน ราชกิจจานุเบกษา 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

(3)

ประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน

(2) การอุตสาหกรรม

ประเภทที่ 5 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

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

2.2.1.1.2 โรงสูบน้ำแรงต่ำและเครื่องสูบน้ำดิบ

โรงสูบน้ำแรงต่ำและเครื่องสูบน้ำดิบ เป็นของคู่กันต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศของแหล่งน้ำ รายละเอียดการออกแบบจะได้กล่าวในบทที่ 5 หัวข้อที่ 5.12 โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 5 แบบ ดังนี้

แบบที่ 1 โรงสูบน้ำตั้งอยู่บนตลิ่ง พร้อมทั้งเลือกใช้เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง ซึ่งมีข้อดีคือหาซื้อเครื่องและอะไหล่ได้ง่าย ติดตั้งและดูแลบำรุงรักษาง่าย ราคาเครื่องสูบน้ำและค่าก่อสร้างโรงสูบน้ำจะมีราคาต่ำกว่าแบบอื่นๆ แต่มีข้อเสียที่ไม่สามารถใช้งานได้ในกรณีระดับน้ำของแหล่งน้ำดิบลดต่ำกว่าระดับแกนกลางของท่อทางดูดของเครื่องสูบน้ำประมาณ 6.00 เมตรขึ้นไป

แบบที่ 2 โรงสูบน้ำแบบบ่อแห้ง (โรงสูบน้ำที่มีบ่อ คสล. ลึกลงไปในดินประมาณ 2-4 เมตร ความลึกของบ่อแห้งแล้วแต่ผู้ออกแบบจะพิจารณาตามความเหมาะสม และมีโรงคลุมบ่อแห้ง) พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง การออกแบบลักษณะนี้เหมาะสำหรับสภาพลำน้ำมีระดับ

น้ำต่ำสุดและระดับสูงสุดแตกต่างตั้งแต่ 6-10 เมตร ส่วนที่เกิน 6.00 เมตร ผู้ออกแบบต้องเลือกใช้บ่อแห้งที่มีความลึกที่เหมาะสม เพื่อให้การติดตั้งเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งมีระดับแกนกลางท่อทางดูดของเครื่องสูบน้ำเมื่อเทียบกับระดับน้ำต่ำสุดไม่เกินกว่า 6.00 เมตร โดยประมาณ

แบบที่ 3 โรงสูบน้ำแบบรางเลื่อน พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง การเลือกใช้โรงสูบน้ำประเภทนี้ เหมาะสำหรับแหล่งน้ำที่มีระดับน้ำต่ำสุดและสูงสุดแตกต่างกันมาก และติดตั้งเครื่องสูบน้ำที่ไม่ใหญ่นัก การใช้งานจะต้องมีผู้ควบคุมดูแลอย่างใกล้ชิด คอยปรับระดับโรงสูบน้ำให้ขึ้นลงตามรางตามระดับน้ำขึ้นลงของแหล่งน้ำ ไม่เหมาะกับแหล่งน้ำที่มีระดับน้ำขึ้นลงเร็วและบ่อยในแต่ละวัน จึงไม่ค่อยเป็นที่นิยมสำหรับผู้ออกแบบนัก เนื่องจากการใช้งานและการซ่อมบำรุงทำได้ยาก และค่าก่อสร้างราคาค่อนข้างสูง

แบบที่ 4 โรงสูบน้ำแบบแพลอย พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง การเลือกใช้โรงสูบน้ำประเภทนี้ เหมาะสำหรับแหล่งน้ำที่มีระดับน้ำต่ำสุดและสูงสุดแตกต่างกันมาก การติดตั้งเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งบนแพลอยซึ่งลอยขึ้นลงตามระดับน้ำ จึงไม่มีปัญหาในเรื่องระยะดูดยก แต่ไม่เหมาะกับลำน้ำที่กระแสน้ำไหลเชี่ยว และการติดตั้งเครื่องสูบน้ำขนาดใหญ่ ส่วนท่อทางส่งของเครื่องสูบน้ำที่ติดตั้งในโรงสูบน้ำชนิดนี้ จะต้องพิจารณาใช้ท่อที่ลักษณะอ่อนตัวได้ เช่น PB หรือ HDPE ซึ่งท่อที่อ่อนตัวเหล่านี้ขนาดใหญ่สุดที่จะอ่อนตัวสามารถม้วนได้ประมาณจะมีขนาด ∅ 100-110 มิลลิเมตรเท่านั้น และต้องติดตั้งลูกบอลลอยตามท่อส่งเพื่อพยุงท่อให้ลอยเหนือผิวน้ำขึ้นฝั่ง หากขนาดท่อใหญ่กว่านี้จะเป็นท่อนการอ่อนตัวจะมีน้อยต้องพิจารณาทุ่นลอยหรือสะพานรับท่อเพื่อรองรับน้ำหนักของท่อและน้ำในท่อด้วย

แบบที่ 5 โรงสูบน้ำแบบทุ่นลอย พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องสูบแบบจุ่มใต้น้ำแบบระบายน้ำ (Drainage Pump) การติดตั้งลักษณะนี้เครื่องสูบน้ำจะติดตั้งบริเวณตำแหน่งกลางของทุ่นลอย โรงสูบน้ำจะไม่มีโรงคลุมเนื่องจากเครื่องสูบน้ำจะจมอยู่ใต้น้ำ จึงไม่มีปัญหาในเรื่องระยะดูดยก เช่นเดียวกับโรงสูบน้ำแบบแพลอย ทุ่นลอยอาจใช้วัสดุที่เป็นเหล็กเคลือบน้ำยากันสนิม หรือเป็นพวกพลาสติก หรือเป็นยางสังเคราะห์ก็ได้ ท่อทางส่งต้องใช้ท่ออ่อนเช่นเดียวกัน เหมาะสำหรับแหล่งน้ำดิบที่เป็นน้ำนิ่ง เช่น อ่างเก็บน้ำ สระเก็บน้ำ หนอง บึง เป็นต้น และไม่เหมาะสำหรับการส่งน้ำที่ต้องการแรงส่งสูง เนื่องจากเครื่องสูบน้ำชนิดนี้ สามารถสูบน้ำได้มากและแรงส่งน้ำได้ไม่มากนั้น ส่วนใหญ่ไม่เกิน 10 เมตร

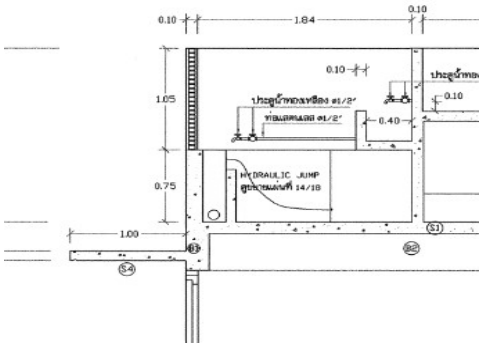
2.2.1.1.3 ท่อส่งน้ำดิบ

เมื่อเดินเครื่องสูบน้ำ น้ำดิบจะถูกสูบส่งโดยผ่านท่อส่งน้ำเพื่อขนส่งน้ำจากแหล่งน้ำดิบไปยังบริเวณที่ตั้งโรงผลิตน้ำประปา ชนิดของท่อที่นิยมใช้ส่วนใหญ่มักจะใช้เป็นท่อ PVC เนื่องจากเป็นท่อที่มีราคาถูก หาซื้อในท้องตลาด และทำการบำรุงรักษาทำได้ง่าย แต่หากเป็นการวางท่อส่งน้ำดิบระยะทางยาวๆ หรือท่อส่งน้ำขนาดใหญ่นิยมใช้เป็นท่อเหล็ก เนื่องจากการลักลอบแอบต่อเชื่อมท่อในระหว่างทางจะทำได้ยากกว่า การติดตั้งอุปกรณ์ท่อในระหว่างทางก็มีความจำเป็น ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ความยาวและขนาดท่อ เช่น การติดตั้งแอร์วาล์ว เพื่อระบายอากาศในเส้นท่อตำแหน่งที่อยู่บนเนิน หรือตำแหน่งของท่อที่ยกขึ้นและหักลงเมื่อผ่านสะพาน การติดตั้งโบลว์ออฟเพื่อระบายตะกอนในเส้นท่อตำแหน่งที่อยู่ในที่ต่ำ หรือการพิจารณาติดตั้งประตูน้ำเป็นระยะกรณีท่อส่งน้ำมีความยาวมาก เพื่อประโยชน์ในการซ่อมแซมท่อโดยไม่จำเป็นต้องสูญเสียน้ำในเส้นท่อทั้งหมด

2.2.1.1.4 ระบบกวนเร็วและกวนช้า

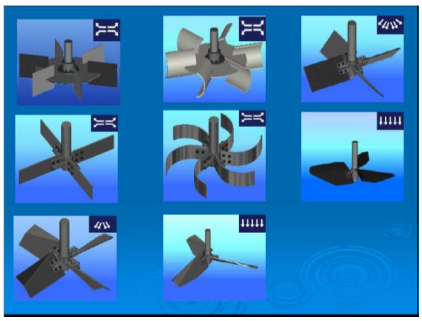
ระบบกวนเร็ว เป็นระบบสำหรับทำให้น้ำดิบกับสารเคมี เช่น สารส้ม ปูนขาว PAC หรือโพลีเมอร์ เกิดการคลุกเคล้ากันอย่างรวดเร็ว เพื่อทำให้อนุภาคคอลลอยด์มีสภาพไม่เสถียร โดยการทำลายประจุของอนุภาคซึ่งส่วนใหญ่จะมีประจุลบในธรรมชาติ ให้เป็นกลางหรือเป็นประจุบวก โดยปกติจะมีทั้งแบบอาศัยการไหลของน้ำ (Hydraulic Mixing) หรือโดยอาศัยเครื่องมือกล (Mechanical Mixing) กลไกนี้ควรเกิดขึ้นภายใน 20 วินาที เช่น

1) การใช้รูปแบบ Hydraulic jump อาศัยหลักการไหลของน้ำล้นผ่านส่วนโค้งของคอนกรีต จนปะทะกับแผ่นกั้นให้น้ำเกิดการปั่นป่วนเพื่อให้สารส้มหรือปูนขาวผสมเข้าด้วยกันอย่างรวดเร็ว

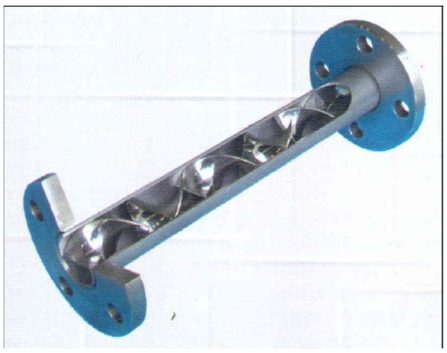


2) การใช้รูปแบบ Parshall Flume ซึ่งอาศัยหลักของการไหลของน้ำ (Hydraulic Mixing) โดยการเติมสารเคมีในช่วงที่เป็นคอคอดของ Parshall Flume ซึ่งมีความเร็วในการไหลของสูง จะเกิดความปั่นป่วนเกิดการผสมคลุกเคล้าระหว่างน้ำดิบกับสารเคมี ซึ่งจะเกิดกลไกในการทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์ เป็นการลดแรงผลักซึ่งกันและกันของอนุภาคฯซึ่งปกติจะผลักกันเมื่ออยู่ในธรรมชาติ

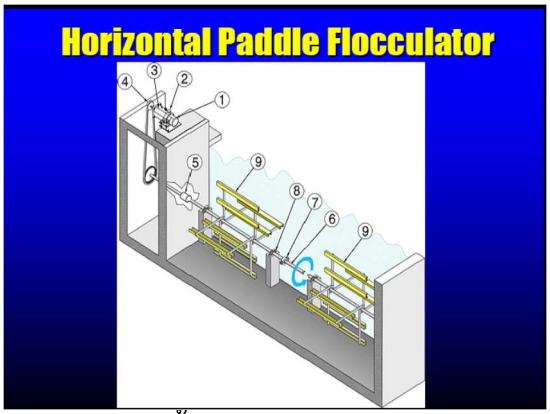
3) การใช้รูปแบบของใบพัด ใบจักร ซึ่งมีหลากหลายรูปแบบแล้วแต่วัตถุประสงค์ การหมุนโดยมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งอาศัยหลักทางเครื่องมือกล (Mechanical Mixing) ทำให้น้ำดิบเกิดการปั่นป่วนผสมกับสารเคมีในถัง



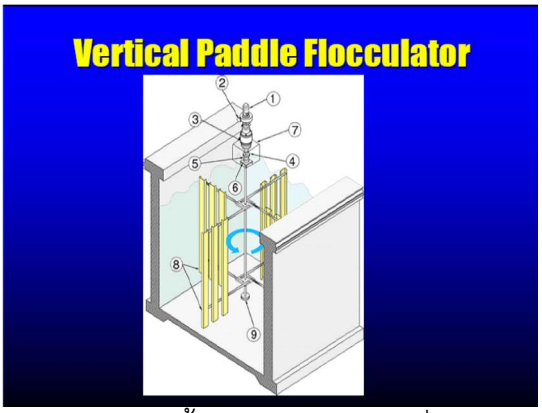
4) การใช้รูปแบบการติดตั้งอุปกรณ์ที่เรียกว่า Inline Static Mixer ซึ่งมีใบโลหะที่บิดเป็นเกลียวอยู่ภายในท่อ นำไปติดตั้งเข้ากับท่อน้ำดิบ ก่อนเข้าระบบกวนช้า ส่วนสารเคมีจะมีจุดจ่ายเข้าท่อน้ำดิบก่อนเข้า Inline Static Mixer เมื่อน้ำผ่านจุดนี้จะทำให้น้ำดิบเกิดการปั่นป่วนผสมกับสารเคมี สำหรับระบบประปาขนาดใหญ่พิเศษของกรมทรัพยากรน้ำ ก็ใช้รูปแบบนี้



ระบบกวนช้า เป็นระบบที่ต่อเนื่องจากระบบกวนเร็ว เมื่อน้ำที่ผ่านการทำลายเสถียรภาพแล้ว อนุภาคคอลลอยด์จะมีโอกาสเข้าใกล้ชิดกันและจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อน (Floc) โดยต้องทำให้ความเร็วของน้ำลดลง หรือลดความเร็วรอบของใบพัด กลไกนี้ควรเกิดขึ้นภายใน 20-50 นาที ความเร็วในการไหลของน้ำควรอยู่ในระหว่าง 0.15-0.45 เมตรต่อวินาที เรียกกลไกนี้ว่าเป็นกลไกสร้างโอกาสสัมผัสระหว่างอนุภาค ซึ่งโดยปกติจะมีทั้งแบบอาศัยการไหลของน้ำ (Hydraulic Mixing) หรือโดยอาศัยเครื่องมือกล (Mechanical Mixing) เหมือนการกวนเร็ว เช่น

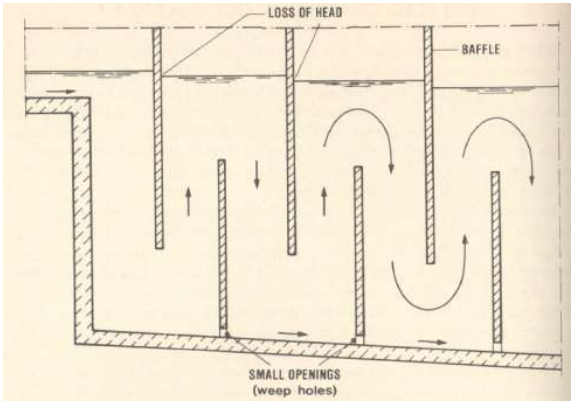


การติดตั้งใบพัดหมุนในแนวนอน



การติดตั้งใบพัดหมุนในแนวดิ่ง

แบบคลองวนเวียนไหลในแนวราบ



แบบแผ่นกั้นไหลในแนวดิ่ง

2.2.1.1.5 ถังตกตะกอน

น้ำที่ผ่านเข้าสู่ถังตกตะกอนจะออกแบบให้มีความเร็วของการไหลในแนวราบช้าลงกว่าในระบบกวนช้า (ไม่เกิน 0.15 เมตร/วินาที) จนกระทั่งน้ำออกถังจะใช้ระยะเวลาในถังประมาณ 2-4 ชั่วโมง ทั้งนี้เพื่อให้ตะกอนมีโอกาสตกตะกอนได้มากที่สุด จะเหลือแต่ตะกอนเบาที่มีขนาดเล็กเท่านั้นที่จะไหลเข้าสู่ถังกรองต่อไป หากมองด้วยตาเปล่าน้ำส่วนที่ไหลเข้าถังกรองจะต้องมีลักษณะค่อนข้างใสแล้ว

2.2.1.1.6 ถังกรองทราย

ทำหน้าที่รับน้ำจากถังตกตะกอนซึ่งส่วนใหญ่ควรจะเป็นสารแขวนลอยขนาดเล็กที่ไม่ตกตะกอน (ตะกอนเบา) ถังกรองทรายจะทำหน้าที่กรองสารแขวนลอยเหล่านี้ โดยอาศัยกลไกการเกาะติดพื้นผิวทรายกรอง จนลึกถึงประมาณ 3-4 นิ้ว ขนาดเม็ดทรายที่ใช้ (effective size) 0.45-0.55 มม. สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (Uniformity Coefficient) ไม่เกิน 1.8 อัตราการกรองประมาณ 5.0-8.0 ลบ.ม./ตร.ม./ชม. (อัตราการกรองหารด้วยพื้นที่หน้าตัดของทรายกรอง Q/A)

แต่เมื่อกรองน้ำไปนาน ๆ ตะกอนความขุ่นจะติดค้าง สะสมอยู่ที่ทรายกรองทำให้เกิดความฝืดที่ชั้นทรายกรองมากขึ้น ซึ่งโดยปกติจะมีท่อวัดระดับน้ำ (Piezometer) ในถังทรายกรอง 3 จุด เพื่อวัดระดับน้ำตำแหน่งเหนือทรายกรอง ตำแหน่งที่ต่ำกว่าทรายกรอง 15 เซนติเมตร และตำแหน่งท่อน้ำใสที่ผ่านการกรองแล้ว ระดับแตกต่างของน้ำทั้ง 3 จุด จะเป็นตัวกำหนดว่าชั้นทรายกรองมีความฝืดมากน้อยเพียงใด เมื่อมีความฝืดถึงระดับหนึ่งอัตราการกรองจะน้อยกว่าที่กำหนด ซึ่งจะต้องทำการล้างทรายกรองดังกล่าวโดยใช้น้ำจากหอถังสูง หรือน้ำจากถังน้ำใสโดยใช้เครื่องสูบน้ำ เพื่อดันน้ำไหลผ่านย้อนกลับไปในชั้นทรายกรองทำให้ทรายกรองเกิดการขยายตัว เศษตะกอนความขุ่นต่าง ๆ ที่ติดค้างอยู่ที่ชั้นทรายกรองเกิดการขัดสีและหลุดติดไปกับน้ำล้างย้อน ซึ่งจะมีรางรับน้ำรองรับในถังกรองทรายเพื่อรับน้ำระบายลงคูน้ำข้างถัง และไหลลงสู่สระพักตะกอนเพื่อรอการบำบัดต่อไป

2.2.1.1.7 ถังน้ำใส

ถังน้ำใสทำหน้าที่กักเก็บน้ำที่ผ่านการกรองและการฆ่าเชื้อโรคแล้ว พร้อมที่จะสูบจ่ายให้กับผู้ใช้น้ำต่อไป น้ำที่เก็บกักในถังน้ำใสจะเป็นน้ำที่มีคุณภาพเหมาะสมที่จะใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค การที่จะต้องมีถังน้ำใสในระบบประปาก็เพราะว่าถังน้ำใสจะทำหน้าที่รักษาสมดุลระหว่างอัตราการผลิตน้ำประปากับอัตราการจ่ายน้ำประปาในช่วงการใช้น้ำในชั่วโมงสูงสุด (Maximum Hourly Demand) รวมทั้งทำหน้าที่เป็นบ่อสูบน้ำให้กับเครื่องสูบน้ำแรงสูง (High Lift Pump) และเป็นบ่อปฏิกิริยาให้กับระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีนซึ่งต้องการระยะเวลา (Detention Time) ประมาณไม่น้อยกว่า 20 นาที และรักษาอุณหภูมิของน้ำ ไม่ให้ร้อนจนเกินไป (กรณีเป็นถังใต้ดิน) โดยต้องมีท่อระบายอากาศปิดด้วยตะแกรงกันแมลง

2.2.1.1.8 การฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปา

น้ำที่ผ่านกระบวนการกรองแล้วยังมีแบคทีเรียเหลืออยู่ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องฆ่าเชื้อโรคก่อน จึงจะถือว่าเป็นน้ำที่สะอาดปราศจากเชื้อโรคสารเคมีที่ฆ่าเชื้อโรคในน้ำ อาจใช้คลอรีน โอโซน รังสี อุลตราไวโอเลต เป็นต้น แต่ในกิจการประปาทั่วไปนิยมใช้คลอรีนเป็นตัวฆ่าเชื้อโรค เนื่องจากมีราคาไม่สูงและหาได้ง่าย มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคสูงการใส่คลอรีนในน้ำที่กรองแล้ว ควรจะใส่ในถังน้ำใสหรือหอถังสูง โดยมีระยะเวลาสำหรับการทำปฏิกิริยาประมาณ 30 นาที ก่อนที่จะจ่ายน้ำสู่ประชาชนเพื่อจะได้มีเวลาฆ่าเชื้อโรคในน้ำ ปริมาณคลอรีนที่ใส่ขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำว่ามีพวกอินทรีย์สาร ที่จะรวมหรือทำปฏิกิริยากันได้มากน้อยเพียงใด เนื่องจากตัวคลอรีนเป็นธาตุที่ไวต่อการที่จะทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆ คลอรีนที่ใช้อาจจะใช้ปูนคลอรีน หรือ Breaching powder หรือ Calcium hypochlorite หรือ $Ca(OCl)_2$ เมื่อใส่ลงไปในน้ำปฏิกิริยาจะมีดังนี้

(แคลเซียมไฮโปคลอไรด์) $Ca(OCl)_2 \rightarrow Ca^{++} + 2\ OCl^-$ (ไฮโปคลอไรด์ อิออน)

$H^+ + OCl^- \rightarrow HOCl$ (ไฮโปคลอรัส แอซิด)

OCl^- เป็นตัวฆ่าเชื้อโรค ถ้าใส่แก๊สคลอรีน หรือ คลอรีนบริสุทธิ์ลงในน้ำปฏิกิริยาจะเป็นดังนี้

$$Cl + H_2O \rightarrow HOCl + HCl$$

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

ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโรคของคลอรีน ขึ้นอยู่กับค่าอัตราส่วน HOCl และ OCl^- แต่เนื่องจาก HOCl ไวต่อความเป็นด่าง ฉะนั้น ประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อโรคจึงขึ้นอยู่กับค่าของ pH ด้วย ถ้าน้ำมีคุณภาพเป็นด่างประสิทธิภาพของคลอรีนจะลดลง คลอรีนฆ่าเชื้อโรคต่างๆด้วยการ Oxidize Enzyme ของพวกแบคทีเรียต่างๆ จึงทำให้แบคทีเรียตาย ตามปกติเส้นท่อจ่ายน้ำของการประปาต่างๆ จะต้องทำการตรวจสอบหาคลอรีนหลงเหลือ (Residual Cl_2) อยู่เป็นประจำ เพื่อให้มั่นใจว่าน้ำในเส้นท่อจ่ายน้ำไม่มีแบคทีเรียเหลืออยู่ หากตรวจไม่พบ Residual Cl_2 จำเป็นจะต้องเพิ่มการใส่คลอรีนในถังน้ำใสให้มากขึ้น โดยมาตรฐานคลอรีนจะต้องเติมให้มีปริมาณมากพอที่จะฆ่าเชื้อโรคได้หมด และมีคลอรีนที่เหลือตกค้างเอาไว้ในท่อจ่ายน้ำประปา 0.2 – 0.5 ppm. เพื่อป้องกันกรณีเกิดการปนเปื้อนของเชื้อโรคจนถึงปลายทางที่ผู้ใช้น้ำนำน้ำไปใช้ได้ต่อไป

2.2.1.1.9 หอถังสูง

หอถังสูงทำหน้าที่เก็บสำรองน้ำและรักษาแรงดันน้ำให้คงที่สม่ำเสมอในระบบท่อจ่ายน้ำประปา เพื่อจ่ายน้ำประปาให้กับผู้ใช้น้ำ น้ำที่สำรองไว้ในหอถังสูง ส่วนหนึ่งจะใช้ในการล้างย้อนระบบกรองเร็วอีกด้วย โดยทั่วไปหอถังสูงที่นิยมใช้จะมีทั้งแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก แบบถังเหล็กทรงแชมเปญหรือทรงอื่นๆ และหอถังเหล็กโดยใช้ถังเก็บน้ำไฟเบอร์กลาส หรือ PE วางอยู่ด้านบน

หอถังสูง คสล.

หอถังสูงเหล็กทรงแชมเปญ

หอถังสูงเหล็กพร้อมถังไฟเบอร์กลาส

2.2.1.1.10 ระบบท่อจ่ายน้ำประปา

ท่อเมนจ่ายน้ำประปาทำหน้าที่ส่งน้ำประปาจากโรงผลิตน้ำประปาแจกจ่ายน้ำไปยังผู้ใช้น้ำตามบ้านเรือน ท่อเมนประปาที่ใช้มีหลายชนิด เช่น ท่อซิเมนต์ใยหิน ท่อพีวีซี ท่อเหล็กอาบสังกะสี ท่อเอชดีพีอี ท่อพีบี เป็นต้น นอกจากนี้ในระบบท่อจ่ายน้ำประปายังประกอบไปด้วยอุปกรณ์ท่อ เช่น ประตูน้ำตัดตอน ข้อต่อ ข้อโค้ง ข้องอ ประตูระบายน้ำ ประตูระบายอากาศ มาตรวัดน้ำ และอื่น ๆ

2.2.1.2 ความสำคัญของโคแอกกูเลชัน (ระบบกวนเร็วและระบบกวนช้า)

สารแขวนลอยในน้ำที่มีขนาดใหญ่ อาจแยกออกจากน้ำได้ด้วยวิธีตกตะกอน หรือวิธีการกรอง หรือทั้งสองวิธีด้วยกัน แต่วิธีดังกล่าวมักใช้ไม่ได้ผลกับสารแขวนลอยขนาดเล็ก เช่น อนุภาคคอลลอยด์ น้ำธรรมชาติที่มีความขุ่นโดยเฉพาะน้ำผิวดิน มักต้องทำโคแอกกูเลชันก่อนการตกตะกอนหรือการกรอง ทั้งนี้เพื่อเพิ่มคุณสมบัติในด้านการตกตะกอนให้ดีขึ้น เช่น ทำให้สารแขวนลอยมีขนาดใหญ่ขึ้นหรือทำให้จับสารกรองได้ดี เป็นต้น เนื่องจากธรรมชาติของสารแขวนลอยขนาดเล็กหรืออนุภาคความขุ่นประกอบด้วยสารประเภทต่าง ๆ ที่อาศัยอยู่ในน้ำ โคแอกกูเลชันตามด้วยกระบวนการตกตะกอนและกระบวนการกรองน้ำสามารถกำจัดสารดังต่อไปนี้

ก. อนุภาคความขุ่นที่เป็นสารอนินทรีย์ เช่น ดินเหนียวประเภทต่าง ๆ

ข. ใยหิน (Asbestos) ซึ่งเชื่อกันว่าเป็นต้นเหตุอันหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคมะเร็ง

ค. สีและสารอินทรีย์โมเลกุลขนาดใหญ่อื่น ๆ เช่น กรดฮิวมิค (Humic Acid)

ง. สาหร่าย แบคทีเรีย และจุลินทรีย์อื่นๆ

จ. สารอินทรีย์สังเคราะห์ที่เป็นพิษ เช่น PCBs (Polychlorinated Biphenyls), DDT

แม้ว่าถังกวนเร็วและถังกวนช้า จะทำให้เกิดการรวมตัวของอนุภาคความขุ่นจนมีขนาดใหญ่ แต่การตกตะกอนจะไม่เกิดขึ้นภายในถังทั้งสอง การกำจัดความขุ่นจะเป็นหน้าที่ของถังตกตะกอนและถังกรองตามลำดับ ตะกอนที่ถูกกำจัดออกไปนั้น เป็นอนุภาคความขุ่นที่อยู่ในน้ำรวมกับสารเคมีที่เติมในถังกวนเร็วด้วย ตะกอนเหล่านี้จะถูกกำจัดออกจากระบบประปา โดยการระบายตะกอนทิ้งจากก้นถังตกตะกอนเป็นส่วนใหญ่ ให้ตะกอนไหลลงสู่สระพักตะกอน เพื่อเข้าสู่กระบวนการกำจัดตะกอนต่อไป

2.2.1.3 สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการโคแอกกูเลชัน

สารเคมีหลักที่ใช้ในกระบวนการโคแอกกูเลชัน เรียกว่า โคแอกกูแลนท์ (Coagulant) หรืออาจเรียกว่า ฟล๊อคคูแลนท์ (Flocculant) ที่นิยมใช้กันมากที่ได้ ได้แก่ สารส้มซึ่งเป็นสารประกอบของอะลูมิเนียม ที่มีสูตรเคมีดังนี้ $Al_2(SO_4)_3$ 14.3 H_2O (Aluminium Sulfate) สารเคมีที่ได้รับความนิยมรองลงมา ได้แก่ สารประกอบเหล็ก เช่น $FeCl_3$ (เฟอริคคลอไรด์)

2.2.1.3.1 การใช้สารส้มรวมกับปูนขาว

สารส้มอาจใช้เป็นโคแอกกูเลชันเพียงลำพังก็ได้ ถ้าน้ำมีลักษณะเหมาะสม คือ มีความเป็นด่าง (Alkalinity) เพียงพอ กรณีที่น้ำมีความเป็นด่าง (Alkalinity) ต่ำเกินไป การเติมปูนขาวหรือด่างตัวอื่นก็เป็นสิ่งจำเป็น มิฉะนั้นแล้วสารส้มจะทำให้ pH ของน้ำลดต่ำจนกระทั่งกระบวนการโคแอกกูเลชันเกิดขึ้นไม่ดี แต่การใช้ปูนขาวมีผลเสียเกิดขึ้น คือ ทำให้เกิดความกระด้างถาวรเนื่องจากเกิดแคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$)

2.2.1.3.2 การใช้สารส้มรวมกับโซดาแอซ (โซดาซักผ้า)

หากไม่ใช้ปูนขาว อาจใช้โซดาแอซ (Na_2CO_3) แทนก็ได้ ในกรณีนี้จะไม่มีความกระด้างเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ดีโซดาแอซมีราคาแพงกว่าปูนขาวหลายเท่า

2.2.1.3.3 การใช้เฟอร์รัสซัลเฟตและปูนขาว

เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) อาจใช้แทนสารส้มได้เป็นอย่างดี ผลที่ได้จะทำให้เกิดผลึกเฟอริก-ไฮดรอกไซด์ $Fe(OH)_3$ ซึ่งมีเนื้อแน่นและตกตะกอนได้เร็ว อย่างไรก็ตามการใช้เฟอร์รัสซัลเฟตต้อง

มีการควบคุมปริมาณปูนขาวอย่างถูกต้อง เพราะถ้าเติมปูนขาวมากเกินความจำเป็นอาจมีการตกผลึกของหินปูนเกิดขึ้นภายในท่อส่งน้ำและท่อจ่ายน้ำ ด้วยเหตุนี้ เฟอร์รัสซัลเฟตจึงเหมาะสำหรับใช้กับน้ำที่มีความเป็นด่างพอเพียง ทำให้ไม่ต้องใช้ปูนขาว

2.2.1.3.4 การใช้เฟอร์ริคคลอไรด์ ($FeCl_3$)

การสร้างโคแอคกูเลชันด้วยสารส้ม ไม่อาจได้ผลดีนักกับน้ำอ่อนที่มีสีเข้ม กรณีนี้ควรใช้เฟอร์ริคคลอไรด์จะได้ผลดีกว่า โดยเฉพาะน้ำที่มี H_2S (ไฮโดรเจนซัลไฟด์)

2.2.1.3.5 การใช้เฟอร์รัสซัลเฟตรวมกับคลอรีน

ปฏิกิริยาระหว่างเฟอร์รัสซัลเฟตกับคลอรีน ทำให้ได้ ($FeCl_3$) และ $Fe_2(SO_4)_3$ สารประกอบที่ได้ดังกล่าวเมื่อทำปฏิกิริยากับด่าง จะทำให้เกิด $Fe(OH)_3$ เฟอร์ริคไฮดรอกไซด์ ซึ่งมีเนื้อแน่นและตกตะกอนได้เร็ว และมีข้อดีอีกประการหนึ่ง คือ ทำให้โคแอกกูเลชันสามารถเกิดในช่วง pH ที่กว้างกว่าการใช้สารประกอบเหล็กตัวใดตัวหนึ่งเพียงลำพัง

2.2.1.3.6 การใช้แมกนีเซียมคาร์บอเนต ($MgCO_3$) และปูนขาว

การเติมปูนขาวผสมกับ $MgCO_3$ ทำให้ได้ผลึกของ $Mg(OH)_2$ (แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์) ซึ่งมีลักษณะเป็นปุยคล้ายปุยของ $Al(OH)_3$ แต่มีน้ำหนักมากกว่า ตะกอน $Mg(OH)_2$ มีข้อดีอีกประการหนึ่ง คือสามารถเปลี่ยนกลับมาเป็น $MgCO_3$ และสามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ ในบางกรณี $MgCO_3$ ยังสามารถลดความกระด้างให้กับน้ำได้ด้วย

2.2.1.4 การเลือกสารโคแอกกูแลนท์

การเลือกสารเคมีมาเป็นโคแอกกูแลนท์ มักขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำดิบเป็นสำคัญ สารเคมีที่นิยมใช้มี 2 ชนิดคือ สารส้ม และสารประกอบเหล็ก เช่น $FeCl_3$ โดยทั่วไปแล้ว สารส้มมักเป็นที่นิยมมากกว่าสารอื่น เนื่องจากสามารถใช้ได้กับน้ำธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ ประกอบกับมีราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย

2.2.1.4.1 สารเคมีสำหรับกำจัดความขุ่น

ความขุ่นในน้ำดิบมักเกิดจากสิ่งแขวนลอยต่าง ๆ เช่น เศษดิน ซากอินทรีย์วัตถุที่ไม่มีชีวิต แพลงค์ตอนและจุลินทรีย์ขนาดเล็กอื่นๆ เป็นต้น สารเคมีสำหรับการผลิตน้ำประปา อาจจำแนกตามประเภทของน้ำดิบได้ ดังนี้

2.2.1.4.2 สารเคมีสำหรับน้ำที่มีความขุ่นมากและมีความเป็นด่างสูง

น้ำดิบที่มีความขุ่นและความเป็นด่างอยู่ในระดับสูงจัดเป็นน้ำที่สามารถสร้างโคแอกกูเลชันได้ง่ายสารเคมีหลายอย่าง เช่น สารส้ม หรือ เฟอร์ริคคลอไรด์ สามารถใช้ได้ดีโดยปกติสารส้มให้ผลดีเมื่อน้ำมี pH อยู่ในช่วง 6-7 ส่วนเกลือเฟอร์ริคคลอไรด์ใช้ได้ผลดีสำหรับน้ำที่มี pH อยู่ในช่วง 5-7 ปูนขาวหรือสารด่างอื่น ๆ ก็ไม่ใช่สิ่งจำเป็นสำหรับน้ำดิบชนิดนี้

2.2.1.4.3 สารเคมีสำหรับน้ำที่มีความขุ่นสูงแต่มีความเป็นด่างต่ำ

สารส้มและเกลือเฟอร์ริคสามารถใช้ได้ดีเช่นกัน แต่ต้องระวังในเรื่องของ pH ลดลง จนไม่อยู่ในช่วง pH ที่เหมาะสม ดังนั้นการปรับ pH ด้วยสารละลายด่าง เช่น ปูนขาวหรือโซดาแอซ มักเป็นสิ่งจำเป็น ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้ pH ของน้ำลดต่ำลงจนโคแอกกูเลชันเกิดขึ้นได้ไม่สมบูรณ์

2.2.1.4.4 สารเคมีสำหรับน้ำที่มีความขุ่นน้อยแต่มีความเป็นด่างสูง

น้ำดิบเช่นนี้ไม่อาจสร้างโคแอกกูเลชันให้เกิดได้ด้วยสารเคมีเพียงลำพังควรต้องเติม “เป้าสัมผัส” จากภายนอกด้วยโดยปกติมักเติมเป้าสัมผัสก่อนเติมสารเคมี ผงดินเหนียวป่นชนิดต่างๆ เช่น Kaolite หรือ Bentonite สามารถใช้เป็นเป้าสัมผัสได้ดี ในคุณภาพน้ำดิบที่มีลักษณะเช่นนี้การเติมเป้าสัมผัสจะช่วยลดปริมาณสารเคมีที่ใช้ เนื่องจากอนุภาคความขุ่นจะมีโอกาสสัมผัสและจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อนได้ดีขึ้นในถังกวนช้านั่นเอง

2.2.1.4.5 สารเคมีสำหรับน้ำที่มีความขุ่นน้อยและมีความเป็นด่างน้อย

น้ำเช่นนี้เป็นแบบที่สร้างโคแอกกูเลชันได้ยากที่สุด การใช้สารเคมีอย่างใดอย่างหนึ่งเพียงลำพัง จะไม่ให้ผลดีเลยเนื่องจากน้ำมีเป้าสัมผัสน้อยเกินไป จึงควรต้องมีการเติมเป้าสัมผัสเพิ่มเติมให้กับน้ำด้วย การใช้สารส้มหรือเหล็กเฟอร์ริคตามลำพัง จะมีผลทำให้ pH ของน้ำลดต่ำได้ จนอยู่ในช่วงที่ไม่เหมาะสมสำหรับการสร้างโคแอกกูเลชัน ซึ่งมีข้อแนะนำสำหรับน้ำประเภทนี้ ดังนี้ คือ

- เติมปูนขาวหรือด่างอย่างอื่นเพื่อเพิ่มกำลังบัฟเฟอร์ให้กับน้ำและ/หรือ
- เพิ่มเป้าสัมผัสให้กับน้ำโดยการเติมดินเหนียว (เช่น Kaolin) หรือสารเฉื่อยอย่างอื่น

2.2.1.4.6 สารเคมีสำหรับกำจัดสีในน้ำดิบ

สีในน้ำเกิดจากสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ อาจกล่าวได้ว่าสีส่วนใหญ่เกิดจากกรดฮิวมิค (Humic Acid) และกรดฟัลวิค (Fulvic Acid) สารส้มและเหล็กเฟอร์ริคสามารถกำจัดสีในน้ำได้ดี แต่ก็ไม่สามารถกำจัดกรดฮิวมิคและฟัลวิคออกจนหมดสิ้นได้ ในการกำจัดสีโดยใช้สารส้มจะสามารถให้ผลดีที่สุดเมื่อ pH อยู่ประมาณ 5 ส่วนเฟอร์ริคซัลเฟตจะใช้ได้ดีควรมี pH

ประมาณ 4 การหาปริมาณและชนิดของสารเคมีที่เหมาะสมสามารถกระทำได้โดยใช้วิธี Jar Test (ดูรายละเอียดในหัวข้อ 2.2.1.5.1)

2.2.1.4.7 โคแอกกูเลชันสำหรับกำจัดความขุ่นและสีพร้อมกัน

สีและความขุ่นมีปฏิกิริยาที่แตกต่างกันในกระบวนการโคแอกกูเลชัน ดังนั้นการกำจัดสีและความขุ่นออกจากน้ำดิบพร้อม ๆ กันจึงเป็นเรื่องยาก งานวิจัยที่ใช้สารส้มหรือสารประกอบเหล็กในการทำโคแอกกูเลชันของสีและความขุ่นพร้อม ๆ กันยังมีน้อย แต่อย่างไรก็ดีแนวโน้มแสดงว่า สารส้มและเหล็กเฟอร์ริคก็คงจะใช้ได้เช่นกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับบทบาทของ pH ที่เชื่อว่าสำคัญมาก แต่ก็ยังไม่มีใครวิจัยในเรื่องนี้อย่างละเอียด

2.2.1.5 การควบคุมกระบวนการโคแอกกูเลชัน

การควบคุมกระบวนการโคแอกกูเลชันให้ได้ผลดี จะต้องควบคุมสภาวะต่าง ๆ ให้เหมาะสม ปัจจัยที่ต้องควบคุมได้แก่

- ปริมาณและชนิดของสารเคมีที่เหมาะสม
- ระดับ pH ของน้ำ

2.2.1.5.1 การควบคุมด้วยวิธีจาร์เทสต์

จาร์เทสต์เป็นวิธีที่ใช้มาตั้งแต่ดั้งเดิม และปัจจุบันยังใช้อยู่อย่างกว้างขวาง จาร์เทสต์เป็นวิธีทดสอบอย่างง่ายๆ โดยทำการทดลองในบีกเกอร์ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสามารถปรับความเร็วรอบได้ ส่วนมากมักมีใบพัดกวนน้ำ 6 ใบ ในการทดลองแต่ละครั้งจะเลือกชนิดของสารโคแอก-กูแลนท์และกำหนดสภาวะต่างๆ ได้แก่ ปริมาตรของน้ำตัวอย่าง ความเร็วรอบ ระยะเวลาการกวนน้ำ และระยะเวลาในการตกตะกอนไว้ค่าหนึ่ง จึงทำการทดลองโดยแปรเปลี่ยนเป็นปริมาณสารโคแอกกูแลนท์ ส่วนระดับพีเอชอาจแปรเปลี่ยนหรือคงที่ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์จากนั้นก็จะได้ค่าประมาณ ชนิดของสารโคแอกกูแลนท์ และระดับพีเอช ที่เหมาะสมต่อการเกิดโคแอกกูเลชั่น ในการทดลองควรทำหลายๆ ครั้งเพื่อให้ได้ค่าตัวแปรที่เหมาะสมยิ่งขึ้น

*เสริมพลและไชยยุทธ (2524) เสนอแนะให้ใช้อัตราการกวนเร็ว 100 รอบ/นาที นาน 3 นาทีแล้วเปลี่ยนมากวนช้า 30 รอบ/นาที นาน 12 นาที แล้วตั้งทิ้งให้ตกตะกอน 16 นาที

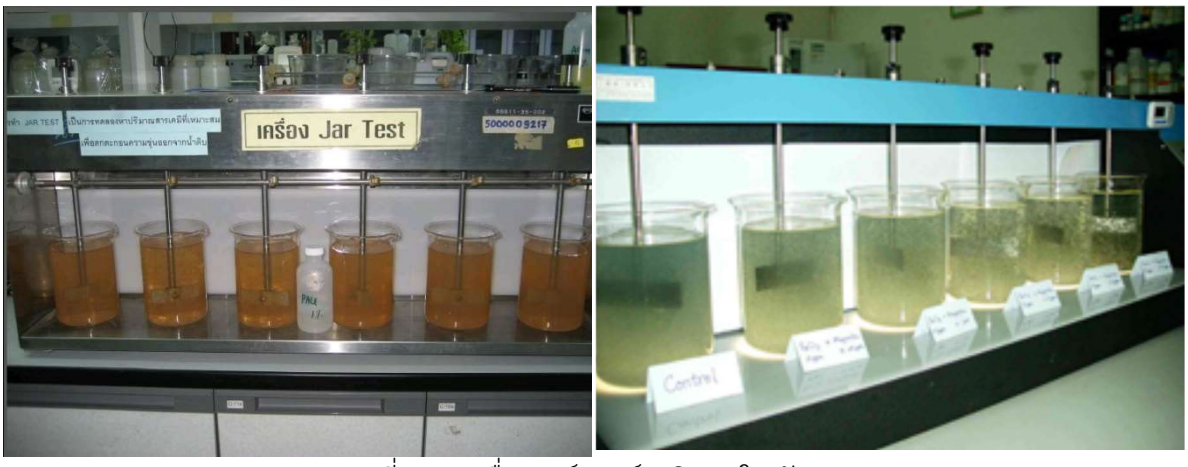
*กรรณิการ์ (2525) แนะนำให้ใช้อัตราการกวนเร็ว 100 รอบ/นาที นาน 1 นาที จากนั้นลดลงเหลือ ความเร็ว 30 – 40 รอบ/นาที นาน 20 นาที แล้วตั้งทิ้งให้ตกตะกอน 1 ชั่วโมง

*Cleasby (1990) แนะนำให้ใช้อัตรากวนเร็ว 100 รอบ/นาที เป็นเวลา 0.5 – 1 นาที แล้วเปลี่ยนมากวนช้า 25 - 35 รอบ/นาที เป็นเวลา 15 ถึง 20 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเป็นเวลา 30 - 45 นาที

*Degremont (1991) แนะนำเรื่องการทดสอบจาร์เทสต์ โดยให้คำแนะนำไว้ว่าอัตราการกวนเร็วควรทำที่อัตรา 200 รอบ/นาที นาน 1 นาที จากนั้นลดความเร็วรอบลงเป็นการกวนช้าที่ความเร็วรอบ 40 รอบ/นาที นาน 20 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเป็นเวลา 10 นาที

2.2.1.5.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองจาร์เทสต์

1. เครื่องจาร์เทสต์ ชนิด 6 ใบพัด
2. ชุดเทสารเคมี
3. บีกเกอร์ ขนาด 1 ลิตร จำนวน 6 ใบ
4. บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร จำนวน 6 ใบ
5. ปิเปต ขนาด 5 มิลลิลิตร และ 10 มิลลิลิตร อย่างละ 2 อัน
6. เครื่องมือสำหรับหาค่า pH, อัลคาไลนิตี้, สี, ความขุ่น และอุณหภูมิ
7. นาฬิกาจับเวลา แสดงผลเป็น นาที และ วินาที ได้
8. กระบอกตวง ขนาด 1,000 มิลลิลิตร และ 100 มิลลิลิตร



รูปที่ 2-2 เครื่องจาร์เทสต์ ชนิด 6 ใบพัด

2.2.1.5.3 ขั้นตอนการทดลองจาร์เทสต์

1. วัดค่าความขุ่น, pH และ อัลคาไลนิตี้ ของตัวอย่างน้ำดิบที่จะนำมาทดลอง
2. ตวง น้ำดิบด้วยกระบอกตวง เทใส่ลงในบีกเกอร์ ทั้ง 6 ใบๆ ละ 1 ลิตร
3. กดให้ใบพัดของเครื่องจาร์เทสต์จุ่มลงในบีกเกอร์ จนเกือบถึงก้นบีกเกอร์ทุกใบ
4. เปิดสวิตซ์ให้ใบพัดของเครื่องจาร์เทสต์หมุนให้มีความเร็วตามการกวนเร็วที่ กำหนดไว้

5. ในกรณีที่ต้องมีการเติมปูนขาวลงในน้ำดิบเพื่อปรับ pH ให้เหมาะสมต่อการตกตะกอน ให้มีการจัดเตรียมตวงปริมาตร สารละลายปูนขาวที่เหมาะสมลงในชุดเทสารเคมี ไว้เท่ากันทั้ง 6 หลอด
6. เทสารละลายปูนขาวลงในตัวอย่างน้ำพร้อมๆ กันทั้ง 6 บีกเกอร์ รอเวลาประมาณ 10-15 วินาที จากนั้น เทสารละลายสารส้มที่จัดเตรียมไว้แล้วในชุดเทสารเคมี โดยในหลอดที่ 1 ไม่มีการตวงสารละลายสารส้ม ส่วนหลอดที่ 2-6 ปริมาตรสารละลายสารส้มจะเพิ่มขึ้นในแต่ละหลอดเรียงตามลำดับ จดบันทึกปริมาตรสารส้มที่ใช้ไว้ในตารางผลการทดลอง
7. เมื่อครบกำหนดเวลาการกวนเร็วตามที่ระบุไว้ในตารางผลการทดลอง ให้ปรับความเร็วรอบของเครื่องจาร์เทสต์ ลดลงเป็นความเร็วรอบช้าขั้นที่ 1 (Flocculation Stage 1) เมื่อครบกำหนดการกวนช้าขั้นที่ 1 ให้ลดความเร็วของใบพัดเป็นความเร็วรอบช้าขั้นที่ 2 และ 3 ตามช่วงเวลาที่กำหนด
8. ในระหว่างการกวนเร็วและกวนช้า บันทึกระยะเวลาและขนาดของตะกอนต่างๆ ที่เกิดขึ้น
9. หลังจากครบกำหนดการกวนช้าขั้นที่ 3 แล้ว หยุดการทำงานของมอเตอร์กวน แล้วดึงใบพัดขึ้นจากบีกเกอร์ทั้งหมด แล้วปล่อยให้มีการตกตะกอนเป็นเวลา 30 นาที
10. เมื่อครบกำหนดเวลาในการตกตะกอนแล้ว ค่อยๆ เทน้ำส่วนใสที่อยู่ส่วนบนบีกเกอร์ประมาณ 200 มิลลิลิตร ไปทำการวิเคราะห์หาค่า ตามที่กำหนดในตารางผลการทดสอบ
11. นำน้ำส่วนที่เหลือในแต่ละบีกเกอร์เทออก แล้วเทตะกอนที่อยู่ก้นบักเกอร์ ลงในกระบอกตวง ขนาด 100 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที บันทึกปริมาตรตะกอนของแต่ละบีกเกอร์และบันทึกผลลงในตาราง

จากผลการทดลองที่บันทึกได้ในตาราง นำมาแปรผลหาปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการตกตะกอนโดยเข้าสูตรการคำนวณอัตราการจ่ายสารเคมี ดังนี้

$$F = \frac{A \times B \times D}{1{,}000 \times C}$$

โดยที่

อัตราการจ่ายสารละลายเคมี	=	F	ลิตร/ชม.
ผลการทดลองจาร์เทสต์	=	A	มก/ล (ppm)

อัตราการสูบน้ำดิบ = B ลบ.ม./ชม.
ความบริสุทธิ์ของสารเคมี (W/W) = D %
ความเข้มข้นของสารละลาย (Stock Solution) = C %

<u>ตัวอย่าง</u> จากผลการทดลองจาร์เทสต์ในน้ำดิบ ต้องใช้ชนิดและความเข้มข้นของสารเคมีที่มีการตกตะกอนดีที่สุด โดยใช้สารละลายสารส้ม ชนิด 65% ความเข้มข้น (Stock Solution) 10 % (เนื้อสาร 10 กิโลกรัม ในน้ำ 100 ลิตร) ความเข้มข้นที่เหมาะสมจากการทดลองจาร์เทสต์คือ ใช้สารส้ม 30 ppm. (30 มก./ลิตร หรือ กรัม/ลบ.ม.)

ถ้าอัตราการสูบน้ำดิบ = 10 ลบ.ม./ชม.
อัตราการจ่ายสารละลายสารส้ม (F) = (30 x 10 x 65) / (1,000 x 10)
= 1.95 ลิตร/ชม.
ใช้ขนาดถัง = 50 ลิตร
ต้องใช้สารส้ม = 50 x 10 / 100 = 5 กิโลกรัม
สูบจ่ายสารละลายสารส้มได้ = 50 / 1.95 = 25.6 ชม.

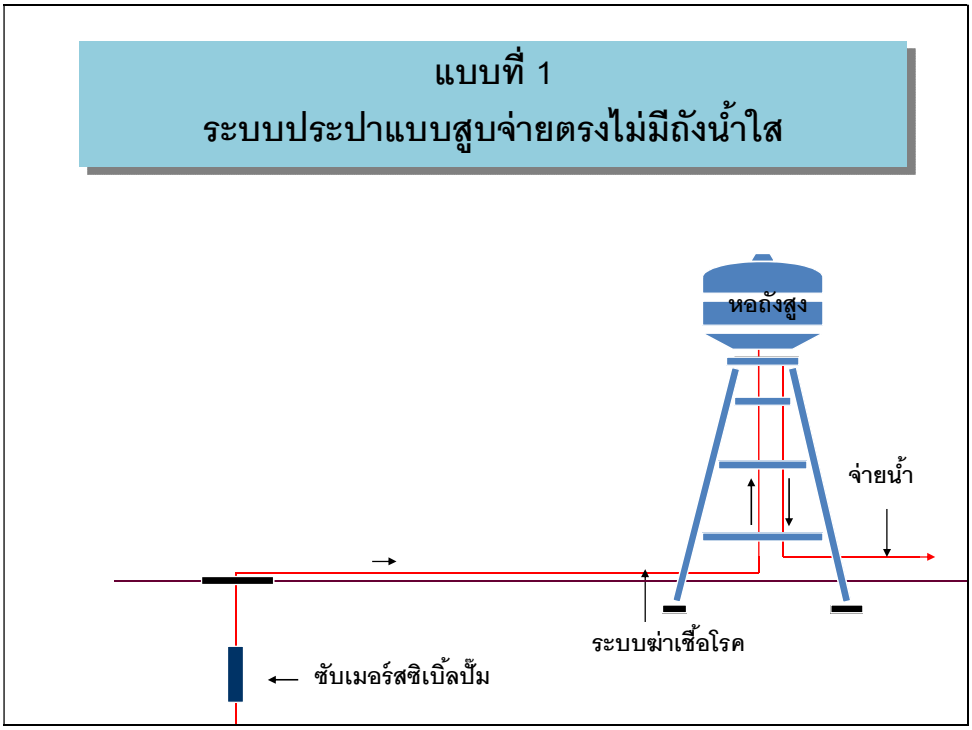
<u>สรุป</u> ระบบประปาที่มีกำลังผลิต 10 ลบ.ม./ชม. ต้องใช้สารส้ม ชนิด 65% น้ำหนัก 5 กิโลกรัม เติมลงในถังที่มีน้ำ ขนาด 50 ลิตร ใช้เครื่องจ่ายสารส้มที่มีอัตราการสูบจ่าย 1.95 ลิตร/ชม. จะสามารถสูบจ่ายสารส้มได้ประมาณ 25 ชั่วโมงครึ่ง

2.2.2 กระบวนการผลิตน้ำประปาที่ใช้แหล่งน้ำบาดาล

บางครั้งคุณภาพน้ำบาดาลที่พัฒนาขึ้นมาได้ ไม่เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์ อาทิ น้ำมีปริมาณสารละลายเหล็กสูง ไม่สามารถบริโภคได้ หรือน้ำมีปริมาณความกระด้าง ไม่สามารถใช้เพื่อการซักล้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยเหตุผลเหล่านี้ จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ได้แก่ การกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำ การกำจัดเหล็กและแมงกานิส การกำจัดความกระด้าง การกำจัดน้ำกร่อยหรือน้ำเค็ม การฆ่าเชื้อโรค เป็นต้น

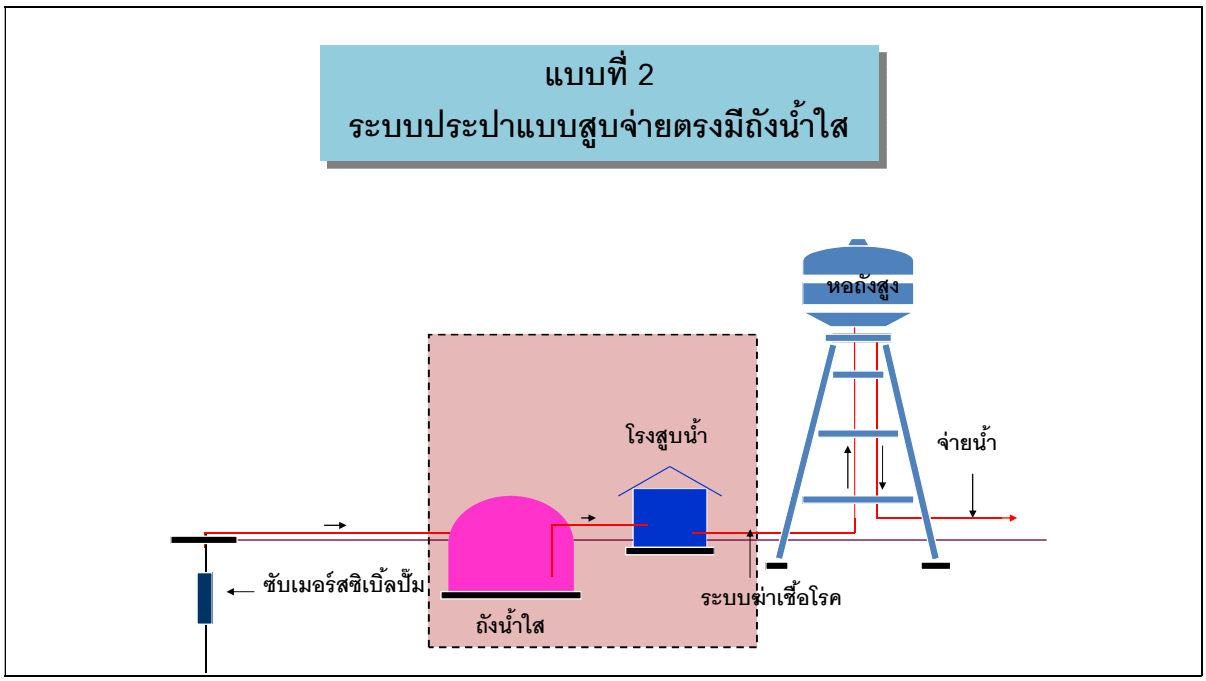
การใช้น้ำบาดาลจากบ่อบาดาลเป็นแหล่งน้ำดิบ ตามหลักวิชาการควรใช้บ่อบาดาลมากกว่า 1 บ่อ เพื่อให้สามารถสลับกันใช้งานได้ในกรณีเครื่องสูบน้ำหรือบ่อบาดาลบ่อใดบ่อหนึ่งชำรุด ต้องซ่อมแซมจะได้มีน้ำดิบเพื่อผลิตน้ำประปาได้อย่างต่อเนื่องไม่ขาดตอน แต่โดยทั่วไประบบประปาหมู่บ้านมักจะใช้บ่อบาดาลเพียง 1 บ่อ ด้วยเหตุผลด้านงบประมาณ รูปแบบกระบวนการผลิตน้ำประปาจากบ่อน้ำบาดาล ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำ และคุณภาพน้ำของบ่อน้ำบาดาล โดยปกติจะแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1 หากปริมาณน้ำ มีมากพอสามารถรองรับปริมาณการใช้น้ำในชั่วโมงสูงสุด (Maximum Hourly Demand) ได้ และคุณภาพน้ำบาดาลมีคุณภาพดีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำอุปโภคบริโภค กระบวนการและขั้นตอนการผลิตน้ำประปาก็จะเป็นระบบที่ง่ายที่สุดโดยการสูบน้ำจากบ่อบาดาลขึ้นหอถังสูง จ่ายคลอรีนเพื่อรักษาความปลอดภัยจากเชื้อโรค (Safety Chlorination) ที่เส้นท่อขึ้นหอถังสูงจ่ายน้ำประปาเข้าสู่ระบบท่อจ่ายน้ำไปยังผู้ใช้น้ำต่อไป



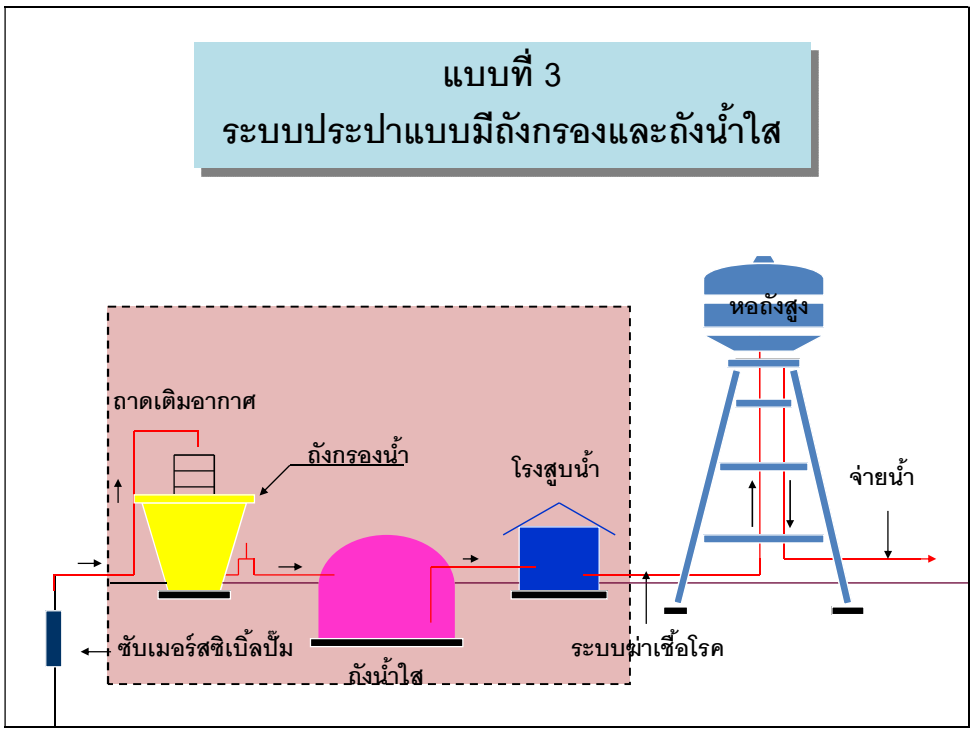
รูปที่ 2-3 ผังแสดงกระบวนการผลิตน้ำประปา กรณีปริมาณน้ำมากกว่าหรือเท่ากับ (Maximum Hourly Demand) และน้ำบาดาลมีคุณภาพน้ำตามมาตรฐานน้ำบริโภค

รูปแบบที่ 2 หากปริมาณน้ำ มีน้อยลงมาแต่เพียงพอที่จะรองรับปริมาณการใช้น้ำในวันใช้น้ำสูงสุด (Maximum Daily Demand) ได้ และคุณภาพน้ำบาดาลมีคุณภาพดีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำอุปโภคบริโภค กระบวนการและขั้นตอนการผลิตน้ำประปา โดยสูบน้ำจากบ่อบาดาลขึ้นมาเก็บไว้ในถังน้ำใสพร้อมทั้งจ่ายคลอรีน จากนั้นจึงสูบน้ำจากถังน้ำใสขึ้นหอถังสูงอีกครั้งหนึ่ง เพื่อจ่ายน้ำประปาเข้าสู่ระบบท่อจ่ายน้ำไปยังผู้ใช้น้ำต่อไป ระบบนี้จะมีข้อดีคือ มีน้ำสำรองเก็บไว้ในถังน้ำใส และใช้ถังน้ำใสเป็นถังสำหรับเติมคลอรีน เพื่อให้คลอรีนมีเวลาสัมผัส (Detention Time) และทำปฏิกิริยากับน้ำ โดยปกติจะต้องใช้ระยะเวลาไม่น้อยกว่า 20 นาที



รูปที่ 2-4 ผังแสดงกระบวนการผลิตน้ำประปา กรณีปริมาณน้ำน้อยกว่า (Maximum Hourly Demand) แต่เพียงพอสำหรับ Maximum Dialy Demand และน้ำบาดาลมีคุณภาพน้ำตามมาตรฐานน้ำบริโภค

รูปแบบที่ 3 ในกรณีที่คุณภาพน้ำในบ่อบาดาลมีเหล็กหรือแมงกานีสเกินมาตรฐานน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคก็จะมีการเพิ่มระบบกำจัดเหล็กและแมงกานีสเข้าในระบบดังกล่าวข้างต้น หากปริมาณเหล็กในแหล่งน้ำดิบมีไม่มาก คือ น้อยกว่า 5 ppm. ระบบกำจัดเหล็กจะใช้รูปแบบการเติมอากาศโดยใช้ถาดหลายชั้น (Multiple Tray Type) ควบคู่กับระบบกรองเร็วแบบใช้ทรายเป็นตัวกลางในการกรองน้ำ (Rapid Sand Filter) ในกรณีที่มีคุณภาพน้ำในบ่อบาดาลมีเหล็กมากเกินกว่า 5 ppm และมีแมงกานีสเกินมาตรฐานน้ำอุปโภคบริโภคก็จะมีการเสริมระบบการปรับ pH ในน้ำดิบและระบบการสร้างตะกอนและตกตะกอนเข้าไปในระบบดังกล่าวอีกขั้นตอนหนึ่งด้วย ลักษณะคล้ายกับการปรับปรุงคุณภาพน้ำในระบบประปาผิวดิน เพื่อให้การกำจัดเหล็กและแมงกานีสมีประสิทธิภาพสมบูรณ์ สามารถลดปริมาณเหล็กและแมงกานีสให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำอุปโภคบริโภค



รูปที่ 2-5 ผังแสดงกระบวนการผลิตน้ำประปา น้ำบาดาลมีเหล็กหรือแมงกานีสเกินมาตรฐานน้ำบริโภค

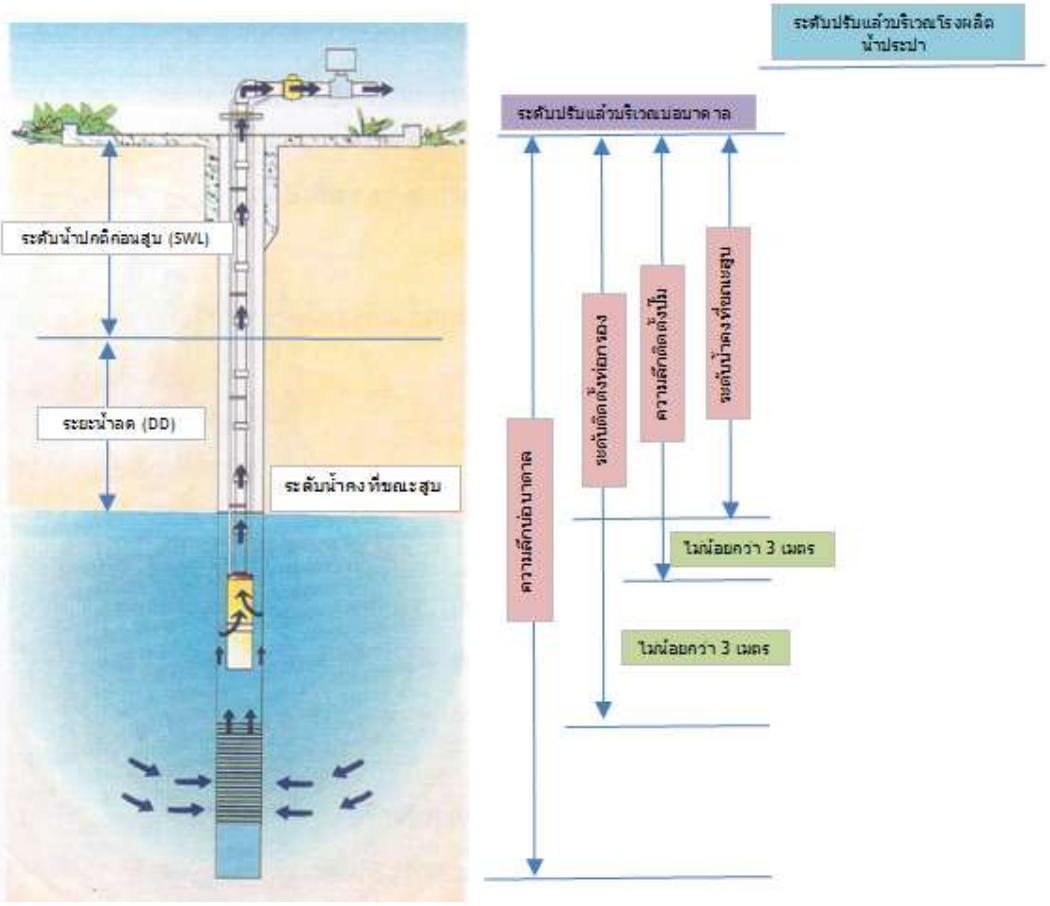
นอกจากนี้หากมีความจำเป็นต้องใช้บ่อน้ำบาดาลที่มีปริมาณน้ำมีน้อยกว่า ปริมาณการใช้น้ำในวันใช้น้ำสูงสุด (Maximum Daily Demand) ควรออกแบบถังน้ำใสให้ใหญ่กว่าปกติเพื่อเก็บน้ำสำรอง โดยเพิ่มจำนวนชั่วโมงในการสูบน้ำจากบ่อน้ำบาดาล โดยปกติระบบประปาที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากบ่อน้ำบาดาลจะเหมาะสมกับระบบประปาที่มีจำนวนผู้ใช้น้ำไม่มากเท่านั้น เช่น ระบบประปาชนบท ส่วนระบบประปาในเมือง เช่น ระบบประปาเทศบาล กปภ. หรือ กปน. ส่วนใหญ่จะใช้แหล่งน้ำดิบจากน้ำผิวดินเป็นหลัก และหากมีความจำเป็นด้วยเหตุที่ปริมาณน้ำไม่เพียงพอ จึงจะพิจารณาใช้แหล่งน้ำจากบ่อบาดาลมาเสริมเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำของประชาชน

2.2.2.1 องค์ประกอบของระบบประปาแหล่งน้ำบาดาบาล

2.2.2.1.1 บ่อน้ำบาดาล

บ่อน้ำบาดาลที่ใช้เป็นแหล่งน้ำดิบสำหรับระบบประปาบาดาลควรมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางบ่อตั้งแต่ 4 นิ้ว ขึ้นไป ในแต่ละพื้นที่จะมีปริมาณ และคุณภาพน้ำแตกต่างกันไป รวมทั้งความลึกของบ่อบาดาลและชั้นน้ำบาดาล ข้อมูลบ่อบาดาลที่เกี่ยวกับปริมาณและคุณภาพน้ำ ความลึกบ่อ ระดับน้ำปกติก่อนสูบ (Static Water Level) ระดับน้ำลด (Drawdown) เมื่อทำการสูบทดสอบปริมาณน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 2-6 และนำน้ำไปทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำของบ่อ ผลที่ได้จะเป็น

ตัวกำหนดรูปแบบของระบบประปาบาดาลตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ข้อมูลที่จำเป็นเหล่านี้ ควรจะเก็บรักษาไว้ที่การประปาเพื่อการตรวจสอบในการดูแลบำรุงรักษาบ่อบาดาลดังกล่าวต่อไป

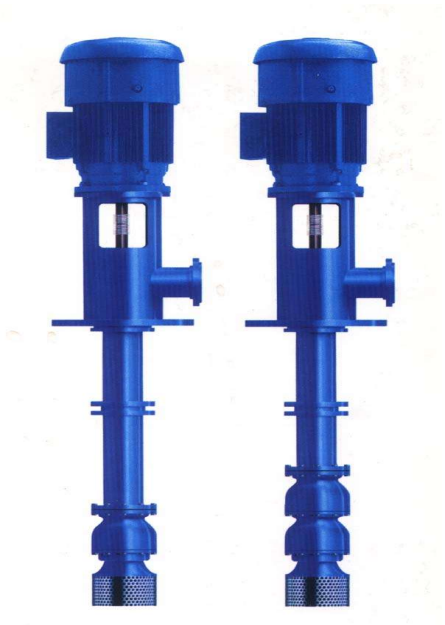


รูปที่ 2-6 บ่อน้ำบาดาลและข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการออกแบบ

2.2.2.1.2 เครื่องสูบน้ำ

เครื่องสูบน้ำบ่อบาดาลทำหน้าที่สูบน้ำขึ้นจากบ่อบาดาลเข้าสู่ระบบผลิตน้ำประปา ส่วนใหญ่จะใช้เครื่องสูบน้ำแบบจุ่มใต้น้ำ (Submersible Pump) ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งเป็นเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง (Centrifugal Pump) ชนิดหนึ่ง ตัวเครื่องสูบน้ำและตัวมอเตอร์ต่อกันเป็นแกนเดียวกันจุ่มอยู่ในบ่อบาดาล สำหรับสายไฟฟ้าที่จะจ่ายให้แก่มอเตอร์จะจ่ายผ่านสายไฟฟ้าที่ต่อจากตู้ควบคุมไฟในโรงสูบน้ำหรือใช้ตู้ควบคุมแบบกันน้ำ ติดอยู่ที่เสาไฟฟ้าใกล้บ่อบาดาล เครื่องสูบน้ำชนิดนี้เวลาซ่อมแซมจะต้องรื้อถอนท่อนำเครื่องขึ้นจากบ่อบาดาล อีกกรณีหนึ่งอาจใช้เครื่องสูบน้ำแบบเทอร์ไบน์เพลาตั้งโดยที่ตัวเครื่องสูบน้ำจุ่มอยู่ในบ่อบาดาลแต่ตัวมอเตอร์ไฟฟ้าติดตั้งอยู่บนแท่นเหนือบ่อบาดาล เครื่องสูบน้ำแบบนี้มีข้อดีที่สามารถบำรุงรักษาหรือซ่อมแซมมอเตอร์ไฟฟ้าได้ง่ายกว่าแบบแรก แต่ต้องก่อสร้างโรงคลุมเครื่องสูบน้ำ

รูปที่ 2-7 เครื่องสูบน้ำแบบจุ่มใต้น้ำ (Submersible Pump)



รูปที่ 2-8 เครื่องสูบน้ำแบบเทอร์ไบน์ (Turbine Pump)

2.2.2.1.3 ระบบเติมอากาศ

ระบบเติมอากาศทำหน้าที่ให้น้ำจากบ่อบาดาลที่สูบขึ้นมาสัมผัสกับอากาศที่มีก๊าซออกซิเจนเป็นส่วนประกอบ ระบบเติมอากาศที่ดีมีประสิทธิภาพสูงจะต้องทำให้พื้นผิวของน้ำสัมผัสกับอากาศให้ได้มากที่สุด และระยะเวลาสัมผัสกับอากาศนานที่สุด แบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำ จะใช้หลักการส่งน้ำผ่านถาดรับน้ำเป็นชั้น ๆ ที่ถาดแต่ละชั้นจะใส่กรวดหรือถ่านไว้ให้ช่วยกระจายน้ำ ดังแสดงตามรูปที่ 2-7 ก๊าซออกซิเจนในอากาศที่สัมผัสกับน้ำจะเป็นตัวทำปฏิกิริยาเคมี (Oxidize) กับเหล็กที่ละลายน้ำ (Fe^{++}) กลายเป็นเหล็กที่อยู่ในรูปของตะกอนสีแดง (Fe^{+++}) การกำจัดเหล็กโดยการเติมอากาศ จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังนี้

$$2\ Fe^{++} + O_2 + 10\ H_2O \rightarrow 4\ Fe(OH)_3 + 8\ H^+$$

ผลของปฏิกิริยาจะได้ตะกอนแขวนลอยของเหล็กเกิดขึ้น ซึ่งสามารถกำจัดออกจากน้ำได้โดยอาศัยกระบวนการโคแอกกูเลชัน ฟล็อคคูเลชั่น และตกตะกอนหรืออาจใช้กระบวนการกรองน้ำเพียงอย่างเดียวก็ได้

รูปที่ 2-9 Tray Aerator พร้อมถังกรอง

ในกรณีที่น้ำดิบในบ่อบาดาลมีสนิมเหล็กละลายในน้ำปริมาณมากๆ เช่น เกินกว่า 5 ppm หรือมีแมงกานีสเจือปนอยู่ด้วย หรือกรณีที่น้ำดิบมีค่า pH ต่ำ การใช้ระบบเติมอากาศและผ่านถังทรายกรองโดยตรงจะไม่สามารถกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีสได้หมด เนื่องจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างก๊าซออกซิเจนกับเหล็กที่ละลายน้ำจะเกิดขึ้นได้ช้ามากหรือไม่เกิดขึ้นเลย ทำให้ไม่สามารถกำจัดเหล็กและแมงกานีสได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นในกรณีดังกล่าวจึงจำเป็นต้องมีระบบจ่ายปูนขาว เพื่อปรับค่า pH ในน้ำดิบให้สูงขึ้น และระบบจ่ายสารส้ม เพื่อช่วยในการสร้างตะกอนให้ตกตะกอนในขั้นตอนต่อไป องค์ประกอบของกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำลักษณะนี้ จำเป็นต้องมีระบบกวนเร็วและระบบกวนช้า ถังตกตะกอนและถังกรองทราย โดยระบบกวนเร็วจะทำให้สารส้มและปูนขาวที่สัมผัสกับน้ำดิบก่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมีทำลายเสถียรภาพของตะกอนเหล็กหรือแมงกานีส และทำให้ตะกอนดังกล่าวรวมตัวกันเป็นตะกอนขนาดใหญ่ขึ้นพร้อมที่ตกในถังตกตะกอนและผ่านถังกรองทราย น้ำที่ผ่านการกรองแล้วจะไหลเข้าสู่ถังน้ำใส แล้วสูบขึ้นหอถังสูงเพื่อจ่ายน้ำให้กับผู้ใช้น้ำ กระบวนการจะมีลักษณะเหมือนกับการผลิตน้ำประปาจากน้ำผิวดิน ซึ่งรายละเอียดองค์ประกอบดังกล่าวได้กล่าวในระบบผลิตน้ำประปาโดยใช้แหล่งน้ำผิวดินแล้ว

2.2.2.2 วิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาล

การปรับปรุงคุณภาพน้ำ หมายถึง วิธีการที่ทำให้น้ำมีคุณภาพดีขึ้น โดยการลดหรือกำจัดปริมาณแร่ธาตุที่ละลายในน้ำเพื่อให้เหมาะแก่การนำไปใช้ประโยชน์ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ น้ำบาดาลส่วนใหญ่ มักจะมีปัญหาในเรื่องของ เหล็ก แมงกานีส ความกระด้าง ความเค็ม ไนเทรต และฟลูออไรด์ ดังนั้น การปรับปรุงคุณภาพน้ำจะพิจารณาจากค่าเหล่านี้เป็นส่วนใหญ่

2.2.2.2.1 การกำจัดเหล็กและแมงกานีส

เหล็กและแมงกานีส ปกติจะละลายปะปนอยู่ในน้ำบาดาลมากกว่าน้ำผิวดิน ปริมาณเหล็กละลายในน้ำมากว่า 0.3 มก./ลิตร และแมงกานีสมากว่า 0.05 มก./ลิตร จะมีปัญหาเรื่องน้ำเปลี่ยนสี มีกลิ่นสนิมเหล็ก และทำให้สีของผลิตภัณฑ์หรือเสื้อผ้าโดยเฉพาะสีขาวมีรอยด่าง รวมทั้งก่อให้เกิดการอุดตันของท่อและอุปกรณ์ประปา การกำจัดเหล็กและแมงกานีสมีหลายวิธี ดังนี้

ท่อส่งน้ำอุดตัน

น้ำสูญเสียจากประตูน้ำที่ปิดไม่สนิท

ปริมาณการสูบน้ำของเครื่องสูบน้ำลดลง

ใบพัดเครื่องสูบน้ำเสียหาย

การอุดตันของท่อก้างปลา (ท่อรับน้ำที่ผ่านการกรอง)

คราบที่สุขภัณฑ์

รูปที่ 2-10 ปัญหาที่เกิดจากน้ำมีสารละลายเหล็ก

2.2.2.2.1.1 การทำแอเรชั่น (Aeration)

ก็คือ การเติมอากาศให้น้ำนั่นเอง วัตถุประสงค์ของการเติมอากาศก็เพื่อเติมออกซิเจนให้กับน้ำ และกำจัดก๊าซต่างๆที่ไม่พึงประสงค์ในน้ำออกไป เช่น ก๊าซไข่เน่า H_2S , คาร์บอนไดอ๊อกไซด์ CO_2, แอมโมเนีย NH_3 นอกจากนี้ออกซิเจนในอากาศยังทำให้เกิดปฏิกิริยา อ๊อกซิเดชั่น (Oxidation) ของเหล็กและ แมงกานีสในน้ำบาดาล ทำให้เหล็กและแมงกานีส ในน้ำบาดาลเปลี่ยนรูปจากที่ละลายในน้ำเป็นเหล็กที่อยู่ในรูปของตะกอน ซึ่งทำให้สามารถกรองออกจากน้ำได้ง่าย โดยใช้เครื่องกรองทรายธรรมดา ถือเป็นวิธีหลักในการกำจัดเหล็กและแมงกานีสออกจากน้ำ

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำ Aeration ได้แก่ ขนาดของละอองน้ำหรือฟองอากาศ, ความเข้มข้นของก๊าซที่มีอยู่ในน้ำ, ปริมาณและความเข้มข้นของออกซิเจน (O_2), และเวลาที่น้ำสัมผัสอากาศ Aerator หรือ อุปกรณ์เติมอากาศ มีหลายรูปแบบและมีการนำมาใช้ประโยชน์ทั้งในการปรับสภาพ

น้ำธรรมดา และน้ำเสีย ตัวอย่าง เช่น แอเรเตอร์แบบน้ำตก , แอเรเตอร์แบบขั้นบันได นอกจากนี้ยังมีระบบเติม O_2 โดยใช้เครื่องมือกลเช่น หัวน้ำพุแบบต่างๆ Air Blower , Surface Aerator (เครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำ), Jet Aerator (เครื่องเติมอากาศใต้น้ำลึกที่ความลึกไม่เกิน 2 เมตร) เป็นต้น

2.2.2.2.1.2 การใช้สารเคมี

การใช้สารเคมีเพื่อกำจัดเหล็ก และแมงกานีสนั้นคล้ายกับการเติมอากาศ แต่จะเกิดการออกซิไดซ์ที่รุนแรงกว่าการเติมอากาศมาก สารเคมีที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ คลอรีน หรือ ด่างทับทิม (โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต) กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำจะมีลักษณะแบบเดียวกันกับการปรับปรุงคุณภาพผิวดิน ซึ่งจะต้องมีถังตกตะกอน ถังกรอง และถังน้ำใส

2.2.2.2.1.3 การกรองด้วยแมงกานีสซีโอไลต์

การกรองด้วยแมงกานีสซีโอไลต์ (Manganese Zeolite หรือ Manganese greensand) สามารถกำจัดเหล็ก และแมงกานีสที่ละลายน้ำได้ แต่เมื่อใช้งานไปได้ระยะหนึ่งต้องล้างเพื่อฟื้นฟูประสิทธิภาพของซีโอไลต์ด้วยสารละลายด่างทับทิม การกรองด้วยแมงกานีสซีโอไลต์เหมาะสำหรับน้ำที่มีปริมาณเหล็ก และแมงกานีสไม่เกิน 1-2 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าเกินกว่านี้จะทำให้เกิดการอุดตันและการล้างเพื่อฟื้นฟูของสารกรองเร็วกว่ากำหนด นอกจากนี้ด่างทับทิมมีราคาแพง ทำให้ค่าใช้จ่ายสูงขึ้น

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกำจัดแมงกานีสด้วยแมงกานีสซีโอไลต์

- **ปริมาณแมงกานีสในน้ำ**

เมื่อปริมาณแมงกานีสในน้ำเพิ่มมากขึ้น อำนาจในการออกซิไดซ์ของแมงกานีสกรีนแซนด์จะหมดลงเร็ว ทำให้อายุของสารกรองสั้นลง ซึ่งจะทำให้เปลืองสารเคมีที่ใช้ในการรีเจเนอเรชั่น นอกจากนี้ อัตราการกรองที่ได้จะต่ำลง เพื่อให้แมงกานีสถูกกำจัดออกจากน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- **ค่าพีเอช**

จะมีผลต่ออัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชั่นแมงกานีส โดยอัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจะเพิ่มตามการเพิ่มของค่าพีเอช หรือลดลงเมื่อค่าพีเอชลด และที่ค่าพีเอชเป็นกรด อาจทำให้แมงกานีสไดออกไซด์ที่เคลือบบนสารกรองหลุดออก สำหรับพีเอชที่เหมาะในการกำจัดแมงกานีสในน้ำด้วยกรีนแซนด์ คือ พีเอชในช่วง 7.5–8 สำหรับกระบวนการรีเจเนอเรชั่นแบบทีละครั้ง ส่วนรีเจเนอเรชั่นแบบต่อเนื่อง สารละลายโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตสามารถออกซิไดซ์แมงกานีสที่กว้างกว่า

- **อัตราการกรอง**

อัตราการกรองต่ำจะทำให้เวลาสัมผัสระหว่างน้ำดิบกับชั้นกรองมีมากขึ้น แมงกานีสถูกออกซิไดซ์โดยชั้นกรองของแมงกานีสกรีนแซนด์ได้มาก ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดแมงกานีสเพิ่มขึ้น แต่ถ้าอัตราการกรองสูง เวลาสัมผัสระหว่างน้ำดิบกับชั้นกรองน้อย โอกาสที่แมงกานีสจะถูกออกซิไดซ์สั้นลง ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดแมงกานีสลดลง อัตราการกรองที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 5–12 เมตร/ชั่วโมง

- **สารที่เจือปนในน้ำดิบ**

สารที่เจือปนในน้ำดิบ เช่น เหล็ก สารอินทรีย์ สารประกอบไนโตรเจน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ สี และความขุ่น จะมีผลทำให้ความต้องการปริมาณสารละลายโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนต เพื่อใช้ในการออกซิไดซ์เพิ่มมากขึ้น และทำให้อำนาจในการออกซิไดซ์ของแมงกานีสกรีนแซนด์ลดลงด้วย

2.2.2.2.2 การกำจัดความกระด้าง

น้ำกระด้างเกิดจากการที่น้ำฝน หรือน้ำใต้ดิน ไหลซึมผ่านชั้นหินปูน หรือ แหล่งแร่ที่มีหินปูนผสม แล้วละลายเอาหินปูนมาด้วย เมื่อนำมาใช้ประโยชน์ จะเกิดปัญหาคราบตะกรันหินปูนเกาะติดตามภาชนะต่างๆ ล้างออกได้ยาก หากนำมาถูสบู่หรือผงซักฟอกจะไม่ค่อยมีฟอง โดยเฉพาะน้ำที่มีความกระด้างมากๆ เมื่อนำมาดื่มจะมีรสชาติเฝื่อน และทำให้เกิดความเสียหายต่อระบบท่อจ่ายน้ำและอุปกรณ์ประปา เพราะมักทำให้ประตูน้ำเปิดปิดยาก ท่อน้ำอุดตันเนื่องจากการสะสมตัวของหินปูน เมื่อนำน้ำมาต้มจะมีตระกรันเกาะติดภาชนะจำนวนมาก ระดับความกระด้างแบ่งได้ ดังนี้

◊ น้ำที่มีความกระด้าง 0 - 50 มก./ลิตร เรียกว่าน้ำอ่อน
◊ น้ำที่มีความกระด้าง 50 - 100 มก./ลิตร เรียกว่าน้ำค่อนข้างอ่อน
◊ น้ำที่มีความกระด้าง 100 - 150 มก./ลิตร เรียกว่าน้ำกระด้างเล็กน้อย
◊ น้ำที่มีความกระด้าง 150 - 350 มก./ลิตร เรียกว่าน้ำกระด้าง
◊ น้ำที่มีความกระด้าง มากกว่า 350 มก./ลิตร เรียกว่าน้ำกระด้างมาก
◊ ถ้ามีค่าเกิน 1,000 มก./ลิตร ไม่ควรนำมาใช้ถ้าไม่จำเป็นจริงๆ

รูปที่ 2-11 หินปูนในกาต้มน้ำและหินปูนอุดตันในท่อ

ความกระด้างมี 2 ชนิด คือ ความกระด้างชั่วคราว และความกระด้างถาวร ความกระด้างที่มีอยู่ในแหล่งน้ำต่างๆ จะอยู่ในรูปของสารประกอบแคลเซียม และแมกนีเซียมเป็นส่วนใหญ่ การกำจัดความกระด้างมีหลายวิธี ได้แก่

- วิธีการต้ม
- วิธี Lime-Soda ร่วมกับกระบวนการตกตะกอน
- วิธีการแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange)
- วิธีออสโมซิสย้อนกลับ (Reverse Osmosis, RO)

2.2.2.2.2.1 วิธีการต้ม

วิธีนี้กำจัดได้เฉพาะความกระด้างชั่วคราว และเหมาะที่จะใช้ในครัวเรือนเท่านั้น ภาชนะที่ใช้ต้มน้ำจะมีตะกรันเกิดขึ้นเมื่อใช้ไปนานๆ

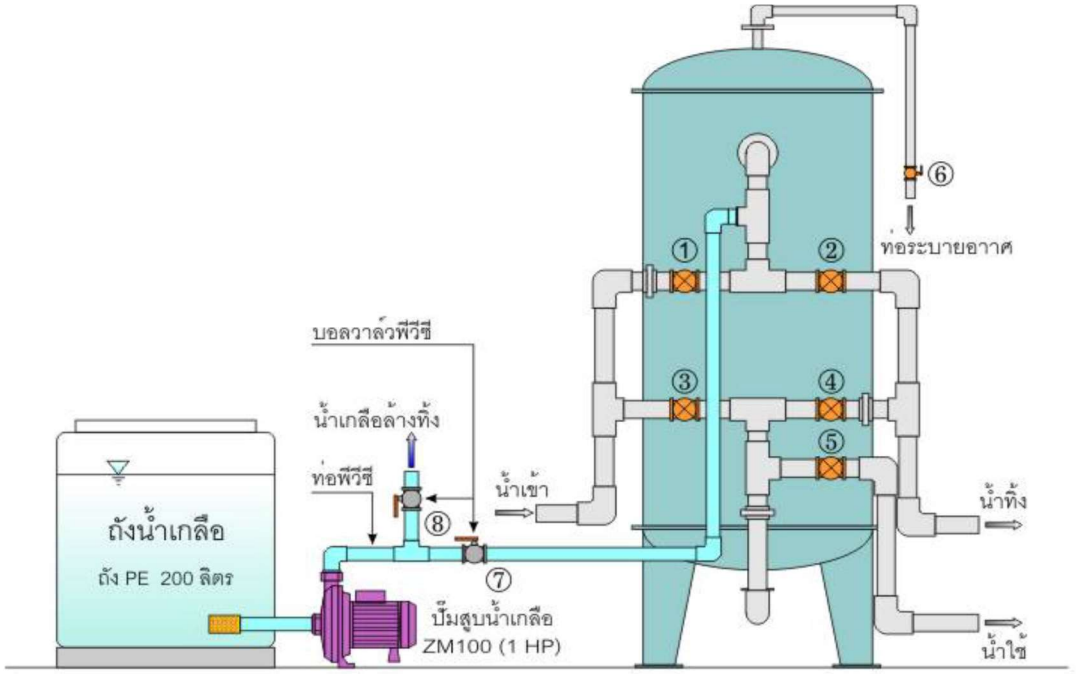
2.2.2.2.2.2 วิธี Lime-Soda ร่วมกับกระบวนการตกตะกอน

วิธีการนี้มีหลักง่ายๆ ว่า เติมความกระด้างเข้าไปในน้ำอีกจนกระทั่งความกระด้างอิ่มตัวแล้วตกผลึกกลับลงมาทำให้น้ำที่เหลือมีความกระด้างต่ำลง โดยใช้การเติม ปูนขาว [$Ca(OH)_2$] และ Soda ash [Na_2CO_3] ลงไปในน้ำทำให้เกลือของแคลเซียม และแมกนีเซียมซึ่งไม่ละลายน้ำ เกิดการอิ่มตัวแล้วตกผลึกตกตะกอนลงมา และนำมากรอง สามารถกำจัดได้ทั้งความกระด้างชั่วคราว และความกระด้างถาวร วิธีการนี้มีข้อจำกัดคือ ต้องมีการตรวจวิเคราะห์น้ำอย่างใกล้ชิดต้องมีนักเคมีวิศวกรสิ่งแวดล้อม หรือ นักวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คอยตรวจสอบการเติมสารเคมีให้เหมาะสมตลอดเวลา เพราะถ้าเติมสารเคมีไม่เหมาะสม ระบบจะไม่ได้ผล รวมทั้งต้องใช้พื้นที่มาก และมีปัญหาในการกำจัดตะกอนที่เกิดจากการตกตะกอนของหินปูน จึงไม่นิยมใช้ในปัจจุบัน

2.2.2.2.2.3 วิธีการแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange)

ระบบการกำจัดความกระด้างประกอบด้วยถังผลิตน้ำอ่อนภายในบรรจุเรซินชนิด Cation Resin ที่มีโซเดียมไอออน (Na^+) เป็นไอออนอิสระเพื่อแลกเปลี่ยนกับแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) และแมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) ที่อยู่ในน้ำ ทำให้โซเดียมไอออนถูกปล่อยออกมาในน้ำ ขณะเดียวกันเรซินจะจับแคลเซียมไอออน และแมกนีเซียมไอออนไว้แทน กระบวนการแลกเปลี่ยนลักษณะนี้จะเกิดขึ้นต่อไปจนกระทั่งโซเดียมไอออนถูกปล่อยออกหมด ทำให้เรซินอิ่มตัวด้วยแคลเซียมไอออน และแมกนีเซียมไอออน จะต้องฟื้นคืนสภาพของ เรซินใหม่ด้วยสารละลาย เกลือแกง (10% NaCl) เพื่อทำให้ เรซินพร้อมที่จะกำจัดความกระด้างได้ใหม่อีกครั้ง คุณภาพน้ำที่จะผ่านเข้าระบบการ

ผลิตน้ำอ่อนควรเป็นน้ำที่ใสสะอาด ไม่มีสารแขวนลอย ไม่มีเชื้อแบคทีเรีย มีเหล็กและแมงกานีสไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับวิธีการกำจัดความกระด้างด้วยวิธีการนี้ จะมีข้อดีข้อเสียดังแสดงในตารางที่ 2-3



รูปที่ 2-12 กระบวนการกำจัดความกระด้างด้วยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออน

ตารางที่ 2-3 ข้อดีข้อเสียของระบบแลกเปลี่ยนไอออน

ข้อดี	ข้อเสีย
สามารถผลิตน้ำให้เป็นน้ำอ่อน เหลือความกระด้างน้อยกว่า 2 mg/l ได้	น้ำดิบต้องมีความขุ่นต่ำกว่า 1 หน่วยความขุ่น
ใช้งานง่ายและสามารถติดตั้งระบบล้างแบบอัตโนมัติ	ปริมาณเหล็กในน้ำดิบไม่ควรเกิน 0.1 mg/l
การล้างเรซินเพื่อฟื้นฟูประสิทธิภาพ ใช้เกลือซึ่งหาได้ง่ายและราคาถูก	น้ำดิบควรมีความกระด้างน้อยกว่า 300 mg/l
ไม่มีปัญหาเรื่องน้ำทิ้ง	ต้องกำจัดคลอรีนก่อนผ่านเข้าระบบ
การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำจะไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำที่ได้	น้ำดิบที่ผ่านกระบวนการใช้สารส้มตกตะกอน ต้องระวังอย่าให้มีปริมาณอลูมินัมไอออน จากสารส้มมากเกินไป
มีประสิทธิภาพในการใช้งานสูง	-

อายุการใช้งานของ Resin ขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำที่ใช้และการล้างคืนประจุ น้ำที่มีธาตุเหล็ก และแมงกานีสสูงจะทำให้เกิดการ Fouling (ปนเปื้อนหรือสกปรก) ของ Resin และการล้างคืนประจุต้องมีประสิทธิภาพ มิฉะนั้นอายุการใช้งานของ Resin จะสั้น น้ำที่ผ่านการเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรค หรือมีพวกแบคทีเรียเจือปนก็จะทำลายคุณภาพและประสิทธิภาพของ Resin เช่นเดียวกัน ในระหว่างการใช้งาน Resin ส่วนหนึ่งจะแตกหัก และบางส่วนสูญหายไปในระหว่างการล้างกลับ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบและเพิ่มเติม Resin ลงไปเพื่อให้มีจำนวนคงที่

2.2.2.2.2.4 วิธีออสโมซิสย้อนกลับ (Reverse Osmosis, RO)

หลักการของวิธีนี้คือ การใช้แรงดันอัดน้ำที่มีแร่ธาตุละลายอยู่สูงให้ซึมผ่านเยื่อ เมมเบรน (membrane) ซึ่งเยื่อเมมเบรน มีคุณสมบัติในการกรองแร่ธาตุต่างๆ ออกจากน้ำ น้ำที่ผ่านเยื่อเมมเบรนจะเหลือแร่ธาตุเพียงเล็กน้อย วิธีนี้สามารถกำจัดไอออนของแร่ธาตุต่างๆ ที่ละลายในน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเหมาะที่จะใช้ในการกำจัดความกระด้าง คลอไรด์ ฟลูออไรด์ ไนเทรต ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายและอื่นๆ ได้ ตามตารางที่ 2-4 แต่มีข้อจำกัดในการใช้ คือ น้ำจะต้องไม่ขุ่น และไม่มีสนิมเหล็ก นอกจากนี้วิธีออสโมซิสย้อนกลับจะมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง วิธีนี้จึงเป็นทางเลือกอันดับท้ายๆ นอกเสียจากมีจำเป็นเนื่องจาก ไม่สามารถหาแหล่งน้ำอื่นมาทดแทนได้

ตารางที่ 2-4 ความสามารถในการกำจัดไอออนต่างๆ ของระบบออสโมซิสย้อนกลับ

ชนิด	เปอร์เซ็นต์การกำจัดไอออน	(% rejection) เปอร์เซ็นต์การรั่วผ่านเยื่อเมมเบรนของไอออน
คลอไรด์ (Cl^-)	94-95	5
ไบคาร์บอเนต (HCO^{3-})	95-96	4
ซัลเฟต (SO_4^{2-})	99	1
ไนเทรต (NO^{3-})	93-96	6
ฟลูออไรด์ (F^-)	94-96	5
ซิลิเกต (SiO_2^{2-})	95-97	4
ฟอสเฟต (PO_4^{3-})	99	1
โบรไมด์ (Br^-)	94-96	5
บอเรต ($B4O_2^{2-}$)	35-70	-
โครเมต (CrO_4^{2-})	90-98	6
ไซยาไนด์ (CN^-)	98-99	-
ซัลไฟต์ (SO^{3-})	99	1
โซเดียม (Na^+)	94-96	5

ชนิด	เปอร์เซ็นต์การกำจัดไอออน	(% rejection) เปอร์เซ็นต์การรั่วผ่านเยื่อเมมเบรนของไอออน
แคลเซียม (Ca^{2+})	96-98	3
แมกนีเซียม (Mg^{2+})	96-98	3
โพแทสเซียม (K^{+})	94-96	5
เหล็ก (Fe^{2+})	98-99	2
แมงกานีส (Mn^{2+})	98-99	2
อลูมิเนียม (Al^{3+})	99	1
แอมโมเนียม (NH^{4+})	88-95	8
ทองแดง (Cu^{2+})	98-99	1
แคดเมียม (Cd^{2+})	96-98	3
เงิน (Ag^{+})	94-96	5
ปรอท (Hg^{2+})	96-98	3
นิกเกิล (Ni^{2+})	98-99	1
สารหนู (As^{3+})	94-96	5
ซีลีเนียม (Se^{4+})	97	3
Bacteria	99	1
Virus	99	1

- **การเตรียมคุณภาพน้ำดิบสำหรับระบบออสโมซิสย้อนกลับ**

น้ำดิบที่จะส่งเข้ากรองด้วยระบบเมมเบรนมีความจำเป็นต้องเตรียมคุณภาพน้ำให้ดี ไม่มีสิ่งแขวนลอยที่จะเข้าไปอุดตันเมมเบรน ไม่มีเชื้อแบคทีเรียเข้าไปติดค้างเจริญเติบโตและทำลายเมมเบรน ไม่มีสารเกลือแร่ที่จะเกิดการตกตะกรันเคลือบผิวหน้าเมมเบรน ไม่มีคลอรีนหลงเหลือ ซึ่งสามารถทำลายเมมเบรนด้วยการเกิดออกซิเดชั่น และต้องไม่มีสารประเภทไขมันเข้าไปอุดตันและทำลายเมมเบรน การเตรียมคุณภาพน้ำดิบเพื่อป้องกันสิ่งต่างๆ ที่จะไปทำลายเมมเบรน สามารถทำได้ดังต่อไปนี้

1) การกำจัดสารแขวนลอย ในการวัดว่าน้ำมีความสะอาดพอที่จะส่งเข้ากรองในเมมเบรนโดยที่ไม่ทำให้เกิดการอุดตันนั้น คือ “ Silt Density Index” หรือ SDI ค่า SDI ของน้ำดิบที่เหมาะสม ไม่ควรเกิน 5.0 เมมเบรนบางชนิดอาจจะกำหนดไว้ไม่เกิน 3.0

2) การกำจัดแบคทีเรีย หรือสารชีวภาพ (Biological Matters) จะก่อให้เกิดปัญหากับผิวของเมมเบรน ซึ่งจะเกิดการเกาะจับตัว (Fouling) และเกิดการย่อยสลายผิวของเมมเบรน

เนื่องจากวัสดุที่ใช้ทำเมมเบรนนั้นเป็นพวกสารอินทรีย์ จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพการกรองและการสกัดสารละลายต่ำลง วิธีการกำจัดแบคทีเรียที่นิยมใช้มีอยู่ด้วยกันดังนี้ คือ

2.1) การฆ่าด้วยคลอรีน การเติมคลอรีนให้มีคลอรีนอิสระเหลืออยู่ประมาณ 0.5 มก./ล. จะทำลายสารชีวภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ถ้าคลอรีนอิสระหลุดเข้าไปในเมมเบรนแบบ TFC แล้ว ก็จะทำลายผิวเมมเบรน

2.2) การฆ่าด้วยรังสี UV เป็นวิธีการที่นิยมกันแพร่หลาย เนื่องจากจะไม่เกิด Byproducts ขึ้นมา รังสี UV ที่มีประสิทธิภาพในการฆ่าแบคทีเรียดีที่สุด มีความยาวคลื่นแสงที่ 254 Nanometers (nm) และความเข้มข้นของแสง UV ในการฆ่าที่มีผลดีจะอยู่ระหว่าง 40-80 Microwatts/cm^2 –Second การฆ่าจะให้ผลดีที่สุดถ้าน้ำใสสะอาดปราศจากสารแขวนลอย

3) การกำจัดคลอรีน การมีคลอรีนอิสระเข้าไปในเมมเบรนจะเกิดการออกซิเดชันทำให้ผิวเมมเบรนเสื่อมคุณภาพ การกำจัดคลอรีนทำได้โดย

3.1) เติมสารละลาย Sodium Bisulfite ($NaHSO_3$) ลงไปในน้ำก่อนเข้าคลอรีนจะถูกออกซิไดซ์เป็นเกลือคลอไรด์

3.2) กรองด้วยถ่านกัมมันต์ ซึ่งคลอรีนจะถูกดูดซับไว้ด้วยถ่านกัมมันต์ และวิธีการนี้อาจจะมีข้อเสีย คือ ถ้าแบคทีเรียถูกทำลายไม่หมดและตกค้างอยู่ในชั้นถ่านก็จะเจริญเติบโต ทำให้เกิดปัญหาตามมาอีก

4) การกำจัดน้ำมันและไขมัน น้ำมันและไขมันเมื่อเข้าสู่เมมเบรน จะทำลายผิวหน้าของเมมเบรนให้เสื่อมคุณภาพเช่นเดียวกัน การกำจัดน้ำมันและไขมันอาจต้องใช้วิธี Dissolved Air Floatation (DAF) โดยใช้เครื่องอัดอากาศเพื่อสร้างฟองอากาศ จับตัวกับน้ำมันและไขมันลอยตัวขึ้นตามผิวน้ำ และกวาดกำจัดทิ้งต่อไป

ตารางที่ 2-5 ข้อดีข้อเสียของระบบออสโมซิสย้อนกลับ (Reverse Osmosis)

ข้อดี	ข้อเสีย
● สามารถประหยัดสารเคมีได้มากเมื่อเปรียบเทียบกับระบบเคมีทั่วๆไป ในระบบเคมีจะต้องใช้กรดและด่างจำนวนมากมาฟื้นสภาพ นอกจากนี้ยังมีปัญหาเรื่องสภาพแวดล้อม ส่วนระบบออสโมซิสย้อนกลับจะใช้สารเคมีน้อยมาก ต้นทุนการ	● ข้อจำกัดในเรื่องความดัน โดยปกติถ้าเป็นน้ำทะเลจะต้องใช้ความดัน 800 ถึง 1,000 PSI และสำหรับน้ำกร่อยธรรมดา จะใช้ความดันไม่เกิน 400 ถึง 600 PSI ซึ่งในแง่ของการปฏิบัติแล้ว จะใช้ความดัน 200 PSI เหนือความดันออสโมซิส (Osmosis Pressure)

ข้อดี	ข้อเสีย
ผลิตน้ำจะตกอยู่ที่ค่าไฟของปั๊มน้ำ ซึ่งกินไฟมากเพราะความดันสูง แต่เมื่อเทียบกับราคาสารเคมีแล้วยังถูกกว่ามาก	ดังนั้น ระบบ RO จึงไม่สามารถใช้กับการแยกน้ำที่มีความเข้มข้นของสารละลายสูงมากๆ ได้ เพราะโครงสร้างของเนื้อเยื่อจะไม่สามารถรับแรงดันมากเกินไปได้
● สามารถทำให้น้ำบริสุทธิ์โดยไม่ต้องเปลี่ยนสถานะของน้ำก่อนเหมือนอย่างวิธีการกลั่นน้ำทั่วๆ ไป	● ข้อจำกัดเกี่ยวกับวัสดุที่ใช้ทำเมมเบรน เนื้อเยื่อที่ใช้ในระบบ RO จะเสื่อมคุณภาพเร็วมาก หากสัมผัสกับน้ำมัน หรือ จารบี จึงจำเป็นต้องกำจัดไขมันใดๆ ออกอย่างเด็ดขาด
● ระบบประกอบด้วยอุปกรณ์ไม่กี่อย่างจึงเป็นระบบที่กะทัดรัด เช่น ปั๊มน้ำ มอเตอร์ วาล์ว มาตรวัดอัตราการไหล เครื่องวัดค่าความนำไฟฟ้า (conductivity meter) เกจวัดความดัน ฯลฯ	● ข้อจำกัดเกี่ยวกับอุณหภูมิของน้ำก่อนเข้าสู่ระบบ เนื้อเยื่อแบบ ทินฟิล์ม คอมโพซิส (Thin Film Composite) ถ้าป้อนน้ำที่มีอุณหภูมิเกินกว่าคุณสมบัติของเมมเบรน จะมีปัญหาเรื่องเนื้อเยื่ออัดตัวแน่น (compaction) เป็นเหตุให้สารละลายเล็ดลอดออกมาได้มากขึ้น ดังนั้นถ้าน้ำมีอุณหภูมิสูงเกินไปจะต้องลดอุณหภูมิลงก่อน
● ช่างคุมเครื่องจักรไม่จำเป็นต้องใช้ช่างฝีมือ เพียงแต่ผ่านการอบรมเพียงระยะเวลาสั้นๆก็สามารถคุมเครื่องได้ อุปกรณ์อัตโนมัติจะช่วยในการควบคุมง่ายขึ้น	-

บทที่ 3
การสำรวจเพื่อออกแบบระบบประปา

3.1 จุดมุ่งหมายของการสำรวจเพื่อออกแบบระบบประปา

เพื่อให้การสำรวจเกิดผลสัมฤทธิ์ มีข้อมูลเพียงพอสำหรับการออกแบบ นอกจากผู้สำรวจจะต้องมีความรู้ในการใช้เครื่องมือสำรวจเป็นอย่างดีแล้ว ยังจำเป็นต้องรู้ด้วยว่า เมื่อเข้าพื้นที่เป้าหมายจะต้องทำการสำรวจเก็บข้อมูลอะไรบ้าง เพื่อใช้ประโยชน์ในการออกแบบ ประมาณราคา และการก่อสร้างระบบประปา ทั้งนี้หากขาดความรู้ ประสบการณ์ อาจจะเสียเวลาในการเข้าสำรวจเพื่อเก็บข้อมูลเพิ่มเติมหลายครั้ง เนื่องจากสำรวจเก็บข้อมูลไม่เพียงพอสำหรับการออกแบบ ดังนั้นเพื่อให้ผู้สำรวจมีความเข้าใจว่าข้อมูลแต่ละอย่างที่จัดเก็บมานั้นมีประโยชน์อย่างไร และจะนำไปใช้ทำอะไร ขอให้ผู้อ่านศึกษาทำความเข้าใจในหัวข้อต่อๆไป

3.2 การสำรวจเบื้องต้นข้อมูลทั่วไปของพื้นที่

ก่อนเข้าพื้นที่ควรศึกษาหาข้อมูลทั่วไปของพื้นที่จาก internet เมื่อเข้าพื้นที่ควรติดต่อขอข้อมูลจากเจ้าหน้าที่ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการเขียนโครงการ และการวางแผนการสำรวจรายละเอียด ข้อมูลดังกล่าว ได้แก่

1. ประวัติของพื้นที่เป้าหมาย
2. สภาพทั่วไปและข้อมูลพื้นฐาน เช่น ที่ตั้งพร้อมแผนที่ จำนวนประชากร อาณาเขตติดต่อ
3. ลักษณะภูมิประเทศ
4. การปกครอง
5. โครงสร้างทางเศรษฐกิจ
6. การใช้ประโยชน์ที่ดิน
7. การประกอบอาชีพ รายได้
8. การศาสนา
9. การศึกษา สถาบัน/โรงเรียน
10. การสาธารณสุข
11. การคมนาคม พาหนะและเส้นทางเข้าออกพื้นที่
12. การโทรคมนาคม
13. การไฟฟ้า
14. แหล่งน้ำตามธรรมชาติ
15. แหล่งน้ำที่มนุษย์สร้าง
16. การติดต่อกับผู้ประสานงานในพื้นที่เป้าหมาย

ข้อมูลทั่วไปจะทำให้เห็นสภาพทางภูมิศาสตร์ เศรษฐกิจ และสังคมของพื้นที่เป้าหมายในเบื้องต้น รวมทั้งการเจริญเติบโตของประชากร และเศรษฐกิจ มีโครงสร้างพื้นฐานอย่างไรบ้าง มีแหล่งน้ำที่ใดบ้าง (น้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน) มีแนวโน้มการใช้ที่ดินอย่างไร จะเจริญเติบโตไปทางไหน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางท่อเมนจ่ายน้ำ มีที่ดินก่อสร้างระบบประปาที่ไหนบ้าง มีระบบไฟฟ้าแบบไหน (1 เฟสหรือ 3 เฟส) เป็นต้น

3.3 ข้อมูลจำนวนประชากรและการเจริญเติบโตของประชากร

ควรสำรวจและบันทึกข้อมูลอย่างน้อย 5-10 ปี สำหรับประปาหมู่บ้าน สำหรับประปาที่ใหญ่กว่านี้ อาจพิจารณาใช้ข้อมูลมากกว่า 10 ปี เพื่อใช้ข้อมูลการเจริญเติบโตของจำนวนประชากรในอดีตจนถึงปัจจุบัน คำนวณแนวโน้มของจำนวนประชากรในอนาคตจนถึง ปีที่ออกแบบ (Design Period) หากสามารถทำนายจำนวนประชากรที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง จะส่งผลให้การคำนวณเพื่อกำหนดขนาดกำลังผลิตน้ำประปาได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงเช่นเดียวกัน ซึ่งจะทำให้การใช้งบประมาณในการก่อสร้างที่มีความเหมาะสมที่สุด และการควบคุมการผลิตจะมีต้นทุนที่เหมาะสมเช่นเดียวกัน เนื่องจากไม่มีการเผื่อให้ขนาดกำลังผลิตน้ำประปามีขนาดใหญ่เกินความจำเป็น ข้อควรพิจาณาในการกำหนดอายุการใช้งาน มีดังนี้

1. อายุการใช้งานของสิ่งก่อสร้างและอุปกรณ์
2. ความยากง่ายของการที่จะเพิ่มต่อเติมงานตลอดจนสถานที่
3. อัตราการเพิ่มของประชากร รวมถึงการขยายตังของแหล่งอุตสาหกรรมและย่านการค้า
4. อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ (ในกรณีที่ต้องกู้เงินมาลงทุน)
5. ค่าของเงิน และค่าเสื่อมราคา
6. การทำงานของระบบ ในระยะแรกที่ระบบยังทำงานไม่ได้เต็มกำลังความสามารถที่ได้ออกแบบไว้

3.4 ข้อมูลสัดส่วนจำนวนผู้ใช้น้ำ (Service Ratio) หรือการเข้าถึงน้ำ

โดยทั่วไปการให้บริการน้ำประปา อาจไม่สามารถให้บริการได้ทั้งพื้นที่ทั้งหมด จึงควรสำรวจความต้องการใช้น้ำประปาของประชากรในพื้นที่ด้วย เพราะอาจมีประชากรบางส่วนไม่ต้องการใช้น้ำประปา เนื่องจาก มีบ่อน้ำตื้นหรือบ่อบาดาลใช้อยู่แล้ว ไม่มีความเดือดร้อนในเรื่องน้ำประปา บางส่วนบ้านเรือนตั้งอยู่ในสวนในทุ่งนาอยู่ห่างจากแนวท่อเมนจ่ายน้ำ หากต้องออกค่าใช้จ่ายในการต่อท่อเข้าบ้านก็อาจไม่ต้องการใช้น้ำประปาก็เป็นได้ บางส่วนต้องการใช้น้ำแต่ไม่สามารถส่งน้ำให้ได้เนื่องจากอยู่ในที่สูงส่งน้ำไม่ถึง บางส่วนอาจตั้งอยู่คนละฝั่งของลำน้ำ หรือถนนหลวงขนาดใหญ่ ซึ่งต้องใช้งบประมาณสูงในการวางท่อข้ามคลองหรือดันท่อลอดถนนขนาดใหญ่

เป็นต้น ดังนั้นการกำหนดสัดส่วนจำนวนผู้ใช้น้ำ จะมีผลต่อการคำนวณขนาดกำลังผลิตที่เหมาะสมเช่นเดียวกัน

3.5 ข้อมูลอัตราการใช้น้ำ (Consumption Rate)

โดยทั่วไป อัตราการใช้น้ำส่วนบุคคลคิดอยู่ในหน่วย ลิตรต่อคนต่อวัน อัตราการใช้น้ำในแต่ละชุมชนอาจเปลี่ยนแปลงได้มาก โดยขึ้นอยู่กับปัจจัย ดังต่อไปนี้

1. ขนาดของชุมชน ปกติแล้วเป็นผลทางอ้อมในการที่จะเพิ่มอัตราการบริโภคน้ำให้สูงขึ้น อย่างไรก็ตาม หากมีชุมชนใหญ่แล้วปริมาณน้ำที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ ก็จะมีปริมาณมากไปด้วยเช่นเดียวกัน

2. จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่มีอยู่ในชุมชนนั้น หากในชนชนใดมีโรงงานอุตสาหกรรมมาก ปริมาณน้ำที่ถูกนำมาไปใช้ประโยชน์ก็จะมากตามไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากโรงงานอุตสาหกรรมมักต้องการใช้น้ำเป็นปริมาณมากในกรรมวิธีต่างๆ

3. คุณภาพของน้ำ หากน้ำมีคุณภาพดีและเป็นที่นิยมของประชาชน อัตราการใช้น้ำก็จะเพิ่มขึ้น เพราะประชาชนย่อมต้องการใช้น้ำที่มีความปลอดภัยมากกว่าน้ำที่ก่อให้เกิดโทษ โรงงานอุตสาหกรรมก็เช่นเดียวกัน หากน้ำนั้นมีคุณสมบัติทางเคมีไม่ได้มาตรฐาน เช่น น้ำมีสารเคมีเจือปนอยู่มาก หรือมีความกระด้างสูง น้ำลักษณะเช่นนี้ปริมาณการใช้น้ำก็จะลดลง ทางตรงกันข้าม หากน้ำมีคุณภาพดีปริมาณการใช้น้ำก็จะเพิ่มขึ้น

4. ค่าน้ำประปา เมื่อน้ำมีราคาถูกการใช้น้ำก็ย่อมมีมากกว่าน้ำราคาแพง

5. สภาพอากาศ สภาพอากาศนี้นับว่ามีอิทธิพลต่อการใช้น้ำมาก ในเขตหนาวประชาชนจะใช้น้ำน้อย ตรงกันข้ามกับในเขตร้อนจะมีปริมาณการใช้น้ำสูง หรืออาจเป็นส่วนหนึ่งของฤดูกาล หรือของวัน อัตราการใช้น้ำจะแตกต่างกันออกไป เช่น ฤดูร้อนอัตราการใช้น้ำจะสูงมาก เพราะน้ำอาจถูกนำไปใช้สำหรับอาบ และนำไปรดพืชผัก ผลไม้อื่นๆ ตลอดจนปริมาณน้ำที่นำมาใช้ดื่มก็จะสูงขึ้นเช่นเดียวกัน

6. สภาพความเป็นอยู่และอาชีพของประชาชน อัตราการใช้น้ำของประชาชนย่อมเปลี่ยนแปลง และแตกต่างกันออกไปตามลักษณะการดำรงชีพและอาชีพ จะเห็นว่า ประชาชนในชนบทมีอาชีพทางด้านกสิกรรมและเกษตรกรรมจะใช้น้ำไม่มากนัก ทั้งนี้เพราะ ประชาชนที่อาศัยอยู่ในชนบท มักจะอาศัยน้ำที่หาได้จากท้องนา มาใช้สำหรับอาบและกิจการอย่างอื่นเสียเป็นส่วนมาก ต่างกับประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชนหาแน่นเช่นในเมือง จะมีปริมาณการใช้น้ำสูงกว่า

อย่างไรก็ดี พื้นที่เป้าหมายที่เคยมีระบบประปาอยู่แล้ว อาจใช้ข้อมูลเดิมเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับกำหนดอัตราการใช้น้ำได้ แต่กรณีพื้นที่เป้าหมายที่ยังไม่เคยใช้น้ำประปามาก่อน อาจใช้ข้อมูลของพื้นที่ใกล้เคียงที่มีสภาพทางเศรษฐกิจ สังคม ใกล้เคียงกัน แต่โดยทั่วไปอัตราการใช้น้ำใน

พื้นที่ชุมชนชนบทหรือหมู่บ้าน อ้างอิงตามความจำเป็นพื้นฐาน (Basic Need) ที่กำหนดอัตราการใช้น้ำในพื้นที่ชนบทเท่ากับ 50 ลิตรต่อคนต่อวัน ส่วนพื้นที่อื่นๆ นอกเหนือจากพื้นที่ชนบท อาจใช้อัตราการใช้น้ำ ดังแสดงในตารางที่ 1 หรือ 2 เป็นแนวทาง และอาจพิจารณาปัจจัยที่ผลต่ออัตราการใช้น้ำดังที่ได้กล่าวข้างต้น 6 ข้อ ประกอบการประเมินด้วย

ตารางที่ 3-1 แสดงอัตราการใช้น้ำอุปโภคบริโภคตามประเภทชุมชน

ประเภทชุมชน	อัตราการใช้น้ำ (ลิตร/คน/วัน)
เทศบาลขนาดเล็ก	120
เทศบาลขนาดกลาง	200
เทศบาลขนาดใหญ่	250
ชุมชนที่ยกฐานะเป็นเทศบาลตำบล	110

ที่มา : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2544

ตารางที่ 3-2 แสดงอัตราการใช้น้ำอุปโภคบริโภคตามจำนวนประชากร

จำนวนประชากร (คน)	อัตราการใช้น้ำ (ลิตร/คน/วัน)
3,000-10,000	120
10,001-20,000	170
20,001-30,000	200
30,001-50,000	250
มากกว่า 50,000	300

ที่มา : การประปาส่วนภูมิภาค อ้างโดยกรมทรัพยากรน้ำ, 2549

3.6 การสำรวจแหล่งน้ำดิบ

การวางแผนเพื่อจัดสร้างระบบประปา หากในพื้นที่เป้าหมายมีปริมาณน้ำของบ่อน้ำบาดาลเพียงพอและมีคุณภาพน้ำดี ให้พิจารณาเลือกออกแบบเป็นระบบประปาบาดาลเป็นลำดับแรก ทั้งนี้ให้สืบค้นข้อมูลบ่อน้ำบาดาลได้เว็ปไซต์ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล หากพื้นที่เป้าหมายไม่มีศักยภาพของน้ำบาดาล ให้พิจารณาเลือกใช้แหล่งน้ำผิวดินเป็นลำดับต่อไป

3.6.1 การสำรวจแหล่งน้ำบาดาล

ปัจจุบันการสืบค้นข้อมูลบ่อน้ำบาดาลสามารถหาได้ง่ายมาก โดยเข้าไปสืบค้นได้จาก เว็ปไซต์ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล โดยเข้าไปใน บริการประชาชน => ข้อมูลน้ำบาดาล ดังรูปที่ 3-1

รูปที่ 3-1 หน้าจอบริการประชาชนของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

เมื่อคลิก **ข้อมูลบ่อน้ำบาดาล** จะปรากฏหน้าจอดังรูปที่ 3-2

รูปที่ 3-2 หน้าจอ เลือกพื้นที่เป้าหมายหาข้อมูลบ่อน้ำบาดาล

จากนั้นคลิก ค้นข้อมูลบ่อ จะปรากฏข้อมูลดังรูปที่ 3-3

	หมายเลขบ่อ	utm Easting	utm Northing	utm Zone	แผนที่	ที่อยู่	ประเภทบ่อ
	SB567	403465	1650782	48		หมู่ที่ 03 บ้านไฮเลิง ตำบล สำโรงปราสาท อำเภอ ปรางค์กู่ ศรีสะเกษ	
	T1817	404250	1651811	48		หมู่ที่ 04 บ้านหนามแท่ง ตำบล สำโรงปราสาท อำเภอ ปรางค์กู่ ศรีสะเกษ	
3	SB863	404001	1649414	48		หมู่ที่ 09 บ้านหนองนา ตำบล สำโรงปราสาท อำเภอ ปรางค์กู่ ศรีสะเกษ	
4	SB791	398581	1649858	48		หมู่ที่ 10 บ้านขนวน ตำบล สำโรงปราสาท อำเภอ ปรางค์กู่ ศรีสะเกษ	
5	SB666	404775	1650767	48		หมู่ที่ 10 บ้านขนวน ตำบล สำโรงปราสาท อำเภอ ปรางค์กู่ ศรีสะเกษ	
6	SB996	402253	1648712	48		หมู่ที่ 13 บ้านดงบัง ตำบล สำโรงปราสาท อำเภอ ปรางค์กู่ ศรีสะเกษ	
						แปลงเป็น : csv	(under construction)แปลงเป็น :

	สภาพน้ำ	ความลึกเจาะ (m)	ความลึกพัฒนา (m)	ปริมาณน้ำ (m^3/hr.)	ระดับน้ำปกติ (m)	ระยะน้ำลด	รูปบ่อ 1	รูปบ่อ 2	รูปบ่อ 3	หน่วยงาน
	ใช้ได้-น้ำจืด	30.00	30.00	2.27	3.60	11.40	Pic1	Pic2	Pic3	สทบ. 5
	ใช้ได้-น้ำจืด	36.00	36.00	3.50	2.00	13.00	Pic1	Pic2	Pic3	สทบ. 5
	ใช้ได้-น้ำจืด	27.00	27.00	11.82	3.00	1.80	Pic1	Pic2	Pic3	สทบ. 5
	ใช้ได้-น้ำจืด	30.00	27.00	1.14	3.00	15.00	Pic1	Pic2	Pic3	สทบ. 5
	ใช้ได้-น้ำจืด	36.00	36.00	2.27	4.20	16.80	Pic1	Pic2	Pic3	สทบ. 5
	ใช้ได้-น้ำจืด	27.00	24.00	1.14	3.00	16.80	Pic1	Pic2	Pic3	สทบ. 5
excel	ค่าเฉลี่ย	31	30	3.69	4.19	6.49				

บ่ออุปโภค-บริโภค
บ่อเกษตร, บ่อเกษตร (ระดับตื้น)

รูปที่ 3-3 แสดงข้อมูลบ่อน้ำบาดาล

การศึกษาข้อมูลบ่อน้ำบาดาล จะช่วยให้สามารถวางแผนการสำรวจในเรื่องของแหล่งน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปาได้ กรณีพบว่าพื้นที่เป้าหมายมีศักยภาพน้ำบาดาล ก็ควรสำรวจเก็บข้อมูลสำหรับการออกแบบเป็นระบบประปาที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากบ่อน้ำบาดาล ซึ่งจะผลต่อเนื่องไปถึงการสำรวจพื้นที่เจาะบ่อน้ำบาดาล พื้นที่ก่อสร้างระบบผลิตน้ำประปา โดยทั่วไประบบประปาที่ใช้แหล่งน้ำบาดาล ต้องการใช้พื้นที่น้อยกว่าการใช้แหล่งน้ำดิบจากน้ำผิวดิน เนื่องจากองค์ประกอบของระบบผลิตน้ำประปามีน้อยกว่า นอกจากนี้ยังต้องเตรียมการเพื่อศึกษารายละเอียดขั้นตอนการขออนุญาตเจาะบ่อน้ำบาดาลและการขออนุญาตใช้น้ำบาดาล รวมทั้งอัตราค่าใช้น้ำบาดาล สามารถศึกษาได้ในเว็ปไซต์ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

กรณีที่ในพื้นที่เป้าหมายมีน้ำบ่อบาดาลที่เจาะไว้แล้ว จะต้องขอประวัติบ่อเพื่อดูข้อมูลรายละเอียดการเจาะบ่อ ผลทดสอบปริมาณน้ำ และคุณภาพน้ำ ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลข้อมูลดังกล่าวจะต้องเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดสอบปริมาณน้ำของบ่อน้ำบาดาล ข้อมูลเหล่านี้จะมีประโยชน์ในการออกแบบเครื่องสูบน้ำ ระดับการติดตั้งเครื่องสูบน้ำ สำหรับคุณภาพน้ำจะต้องเก็บ

ตัวอย่างน้ำเพื่อส่งวิเคราะห์คุณภาพน้ำอย่างน้อย 6 พารามิเตอร์ คือ พีเอช เหล็ก แมงกานีส คลอไรด์ ความกระด้าง และความเป็นด่าง เพื่อประกอบการพิจารณาเลือกใช้บ่อน้ำบาดาลว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ และประกอบการพิจารณาว่าจะออกแบบระบบผลิต เพื่อกำจัดอะไรบ้าง หากมั่นใจว่าพื้นที่เป้าหมายไม่เคยมีประวัติเป็นป่วยเป็นโรคที่เกี่ยวข้องกับทางน้ำมาก่อน เช่น สารหนู ฟลูออไรด์ ไนเตรต เป็นต้น แต่หากไม่มั่นใจให้ทำการทดสอบคุณภาพน้ำให้ครบ 20 พารามิเตอร์ ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ณ วันที่ 24 มีนาคม พ.ศ. 2551 เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการป้องกันด้านสาธารณสุขและการป้องกันในเรื่องสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ พ.ศ. 2551

3.6.2 การสำรวจแหล่งน้ำผิวดิน

มีความสำคัญมากเพราะจะเป็นข้อมูล ที่นำไปใช้ในการออกแบบสถานที่ตั้งโรงสูบน้ำดิบและเครื่องสูบน้ำดิบ รวมทั้งกำหนดชนิดเครื่องสูบที่เหมาะสมมาใช้งาน อย่างน้อยควรเก็บข้อมูลที่จำเป็นดังต่อไปนี้

1) วิเคราะห์ปริมาณน้ำของแหล่งน้ำว่ามีใช้เพียงพอตลอดปีหรือไม่ รวมทั้งเก็บตัวอย่างน้ำส่งวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เพื่อพิจารณาว่าเหมาะสำหรับใช้ผลิตน้ำประปาได้อย่างเหมาะสมหรือไม่

1.1) ถ้าแหล่งน้ำเป็นประเภทแหล่งน้ำปิด เช่น หนอง บึง หรือ แหล่งน้ำที่ไม่มีน้ำไหลเข้า-ออก หากหลีกเลี่ยงได้ควรหลีกเลี่ยง เนื่องจากอาจจะเป็นแหล่งน้ำที่สะสมสารเคมีฆ่าแมลงและปุ๋ยด้วย หรือบางครั้งอาจมีสัตว์เลี้ยง เช่น วัว ควาย ลงไปในแหล่งน้ำกักเก็บดังกล่าว คุณภาพน้ำมักจะไม่ดี ไม่เหมาะสำหรับนำมาใช้ในการผลิตน้ำประปา ในการตรวจสอบปริมาณกักเก็บว่าเพียงพอหรือไม่นั้น จะต้องพิจารณาปริมาตรของน้ำที่จะต้องซึมหายลงไปในดิน 10% และระเหยไปในอากาศอีก 20% รวมทั้งการตกตะกอนที่ทำให้เกิดการตื้นเขินของแหล่งกักเก็บอีก 20% ด้วยเป็นอย่างต่ำ ดังนั้น หากมีการคำนวณปริมาตรน้ำที่กักเก็บอยู่ในหนอง บึง แล้วนำมาเปรียบเทียบกับการใช้น้ำใน 1 ปี ต้องคิดการใช้ประโยชน์ได้ไม่เกินครึ่งหนึ่งของปริมาตรที่คำนวณได้แหล่งกักเก็บ หากปริมาตรน้อยกว่าการใช้น้ำใน 1 ปี แหล่งน้ำนั้นจะเป็นปัญหาต่อไปในอนาคต เนื่องจากปริมาณน้ำไม่เพียงพอ

1.2) ถ้าแหล่งน้ำเป็นแม่น้ำลำคลอง โดยเฉพาะคลองขนาดเล็ก หรือลำธาร ต้องวัดความเร็วของน้ำโดยกำหนดจุด 2 จุด ที่ทราบระยะที่แน่นอน และเป็นช่วงที่ลำน้ำค่อนข้างตรง จากนั้นให้ใช้เศษใบไม้หรือวัสดุที่ลอยน้ำได้ปล่อยให้ไหลผ่านจุด 2 จุดที่กำหนดพร้อมจับเวลา ทำซ้ำๆ 3-4 ครั้ง นำค่าความเร็วที่คำนวณได้จากสูตร ความเร็ว = ระยะ/เวลา 3-4 ครั้งนั้นมาหาความเร็วเฉลี่ย หน่วยเป็น เมตร/วินาที หรือ นาที จากนั้นให้หาพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ โดยใช้การหยั่งความลึกโดยประมาณ เพื่อคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ หน่วยเป็นตารางเมตร สำหรับอัตราการไหล

ของลำน้ำหาได้จากสูตร อัตราการไหล = ความเร็วน้ำ x พื้นที่หน้าตัดลำน้ำ แล้วแปลงหน่วยให้เป็นลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

1.3) สำหรับแหล่งน้ำในเขตชลประทานจะต้องหาข้อมูลว่า สามารถก่อสร้างระบบรับน้ำดิบ หรือ โรงสูบ ในบริเวณแหล่งน้ำได้หรือไม่ และมีข้อจำกัดในการออกแบบ เช่น ห้ามก่อสร้างเลยริมตลิ่งไปกี่เมตร หรือสูบน้ำได้ไม่เกินกี่ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง มีการปิดประตูน้ำที่ต้นทางที่จะทำให้มีน้ำไม่เพียงพอหรือไม่ จำเป็นต้องจัดทำสระพักน้ำดิบหรือไม่ ขนาดขึ้นอยู่กับความต้องการใช้น้ำและช่วงเวลาที่กรมชลประทานหยุดส่งน้ำ การขออนุญาตต้องขอที่ไหน มีแบบฟอร์มการขออนุญาตอย่างไร

2) เลือกตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับตั้งโรงสูบน้ำดิบ ควรอยู่เหนือชุมชน ลำน้ำค่อนข้างตรงไม่อยู่ในตำแหน่งหักโค้งของลำน้ำ ไม่ว่าจะอยู่ส่วนโค้งด้านนอก เพราะว่าธรรมชาติของน้ำที่ไหลมาด้วยความเร็ว จะมีการกัดเซาะตลอดเวลา จะทำให้ตลิ่งด้านนอกถูกน้ำกัดเซาะพังลง หรือหากอยู่ด้านในบริเวณโค้ง จะมีปัญหาการสะสมของตะกอนดินที่ตลิ่งด้านในทำให้เกิดปัญหาดินงอกก็จะมีปัญหากับระบบรับน้ำดิบได้เช่นกัน

3) สำรวจที่ดินที่เหมาะสมกับการตั้งโรงสูบน้ำดิบ รวมทั้งพิจารณาระบบไฟฟ้าที่อยู่ใกล้บริเวณดังกล่าวเนื่องจาก ต้องใช้ไฟฟ้าสำหรับเครื่องสูบน้ำดิบ นอกจากนี้ยังต้องพิจาณาถึงทางเข้าออกเพื่อให้สะดวกต่อการเข้าใช้และการบำรุงรักษาต่อไป

4) สำรวจรูปตัด (Cross Section) ของลำน้ำ หรือแหล่งน้ำปิด เพื่อกำหนดแนวการวางท่อสูบน้ำดิบ สำรวจระดับท้องคลอง ใช้ไม้หยั่งความลึก โดยเฉพาะบริเวณที่คาดว่าจะก่อสร้างระบบน้ำดิบ

5) สำรวจข้อมูลระดับน้ำต่ำสุด หรือปริมาณน้ำในช่วงที่น้อยที่สุด เพื่อให้สามารถเลือกประเภทของเครื่องสูบน้ำ หรือพิจารณาตำแหน่งที่จะติดตั้งจุดสูบน้ำ เพื่อไม่ให้หัวกระโหลกสูบโผล่พ้นผิวน้ำ

6) ระดับน้ำสูงสุดหรือปริมาณน้ำสูงสุดหรือมากสุดเพื่อจะได้กำหนดระดับบริเวณที่ตั้งโรงสูบน้ำดิบไม่ให้น้ำท่วมโรงสูบน้ำในภายหลัง จนทำให้ใช้งานไม่ได้

3.7 การสำรวจแนววางท่อส่งน้ำดิบ

1) สำรวจทำค่าระดับ (Profile) และความยาวตามแนวที่คาดว่าจะวางท่อส่งน้ำดิบจากโรงสูบน้ำดิบจนถึงบริเวณที่ตั้งระบบผลิตน้ำประปาที่เหมาะสม เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการคำนวณออกแบบระยะสูบส่งของเครื่องสูบน้ำดิบ รวมถึงการออกแบบระบบท่อส่งน้ำดิบ ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ที่จำเป็น เช่น การติดตั้งแอร์วาล์วในบริเวณที่สูงเพื่อระบายอากาศที่อาจกีดขวางทางไหลของน้ำ หรือการติดตั้งโบว์ลออฟเพื่อระบายตะกอนในเส้นท่อสำหรับบริเวณที่ต่ำ

2) กรณีจำเป็นต้องออกแบบแนวท่อผ่านบริเวณที่ลุ่มมีน้ำขังข้างทาง ให้ทำการสำรวจและแสดงตำแหน่งบนแบบแปลนพร้อมความยาว เพื่อจะได้ออกแบบเป็นสะพานรับท่อ

3) กรณีที่จำเป็นต้องต้องออกแบบแนวท่อข้ามคลองหรือลำน้ำ ควรพิจารณาวางเกาะกับสะพาน ซึ่งจะต้องเก็บรายละเอียดของสะพาน ลักษณะราวกันตกของสะพานเพื่อเลือกรูปแบบการวางท่อเกาะสะพานให้เหมาะสม และศึกษาแนวทางการขออนุญาตต่อหน่วยงานเจ้าของสะพาน กรณีที่หน่วยงานไม่อนุญาต ให้สำรวจทำ Cross Section ของลำน้ำเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบวางท่อลอดลำน้ำต่อไป

4) กรณีที่จำเป็นต้องวางท่อลอดใต้ถนนคอนกรีตหรือถนนลาดยาง เพื่อวางท่อข้ามไปอีกฝั่งหนึ่งของถนนให้ทำการสำรวจเลือกในตำแหน่งที่เหมาะสมมีพื้นที่สำหรับสำหรับติดตั้งเครื่องมือเครื่องจักรสำหรับการดันท่อลอด และหากมีตำแหน่งของสะพานอาจพิจารณาวางท่อลอดผ่านใต้สะพานซึ่งอาจจะดำเนินการได้ง่ายและมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่า

3.8 การสำรวจเพื่อจัดทำผังบริเวณการประปา

ที่ดินสำหรับการออกแบบก่อสร้างระบบผลิตน้ำประปา ขนาดที่เหมาะสมเป็นไปตามแบบมาตรฐานของสำนักบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ รายละเอียดตามตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 ขนาดที่ดินที่เหมาะสมสำหรับการก่อสร้างระบบประปาหมู่บ้าน

ประปาบาดาล ขนาด	กำลังผลิต ลบ.ม/ชม.	ที่ดิน ม.x ม.	ประปาผิวดิน ขนาด	กำลังผลิต ลบ.ม/ชม.	ที่ดิน ม.x ม.
เล็ก	2.5	15 x 15	-	-	
กลาง	7	15 x 15	กลาง	5	20 x 20
ใหญ่	10	20 x 20	ใหญ่	10	25 x 25
ใหญ่มาก	20	22 x 22	ใหญ่มาก	20	25 x 28

อย่างไรก็ดี ขนาดของที่ดินอาจจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ประกอบด้วย เช่น

1) หากเป็นไปได้ตำแหน่งที่ดินก่อสร้างระบบผลิตน้ำประปา ควรอยู่บริเวณเดียวกันกับตำแหน่งที่ตั้งของโรงสูบน้ำดิบ เพื่อสะดวกต่อการใช้และการบำรุงรักษา

2) พิจารณาตำแหน่งประตูเข้าออก ควรอยู่ตำแหน่งใด ทิศทางใด จึงจะเหมาะสม

3) มีอาคารเดิมหรือไม่ รื้อถอนได้หรือไม่ หรือมีต้นไม้ใหญ่ที่ไม่อาจตัดทิ้งหรือไม่ ถ้ามีจะต้องจัดวางผังอาคารผลิตน้ำใหม่ และต้องใช้พื้นที่มากกว่าที่กำหนดในแบบมาตรฐาน

4) หากที่ตั้งอยู่ในเขตวัด ต้องพิจารณาด้วยว่าจะเป็นปัญหาในเรื่องการผลิตน้ำหรือไม่ เนื่องจากมีเมรุเผาศพ ฝุ่นผงจากการเผาศพ อาจเป็นที่รังเกียจของชุมชนในการบริโภคน้ำ และการยินยอมให้ใช้ที่ของวัด อาจต้องได้รับการอนุญาตจากสำนักพระพุทธศาสนา

5) กรณีที่ตั้งระบบเป็นของเอกชน จะต้องมีเอกสารสิทธิ์ และแสดงความจำนงหรือยินยอมให้ใช้ก่อสร้างระบบประปาเพื่อสาธารณประโยชน์

6) กรณีที่ตั้งระบบเป็นที่ของรัฐ หากเป็นที่ราชพัสดุ หรือในเขตความรับผิดชอบของกรมป่าไม้ อาจมีปัญหาในเรื่องระยะเวลาการขออนุญาต ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อแผนงาน

7) ขอบเขตบริเวณที่จะก่อสร้างระบบผลิต ควรให้เจ้าของที่ข้างเคียงร่วมรับรู้เซ็นต์ยินยอมให้ก่อสร้าง เพื่อป้องกันปัญหาร้องเรียนที่อาจเกิดขึ้นในภายหลัง

8) มีการทดสอบกำลังรับน้ำหนักของดิน เพื่อพิจารณาการออกแบบว่าต้องใช้ฐานรากแผ่หรือฐานรากตอกเสาเข็มในขั้นตอนการสำรวจ หรือในกรณีของสำนักบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำจะกำหนดให้ผู้รับจ้างเป็นผู้ทำการทดสอบกำลังรับน้ำหนักของดินในขณะเริ่มการก่อสร้าง หากผลการทดสอบดินพบว่าไม่ตอกเสาเข็ม ให้ผู้รับจ้างคืนค่าเสาเข็มและค่าตอกเสาเข็มให้กับผู้ว่าจ้าง

9) ไม่ควรเลือกที่ตั้งระบบที่เป็นที่ต่ำ เนื่องจากอาจถูกน้ำท่วม จึงควรเป็นตำแหน่งที่สูงกว่าระดับน้ำที่เคยท่วม นอกจากนี้ตำแหน่งที่สูงจะช่วยให้สามารถส่งจ่ายน้ำได้ไกลขึ้น แต่อย่างไรก็ดีต้องพิจารณาระยะสูบส่งของเครื่องสูบน้ำดิบด้วย

3.9 การสำรวจเพื่อจัดทำผังแนวท่อจ่ายน้ำ

ผู้สำรวจจะต้องสำรวจเพื่อจัดทำแผนที่ของพื้นที่จ่ายน้ำ พร้อมทั้งระบุตำแหน่งที่ตั้งโรงสูบน้ำแรงต่ำ บริเวณที่ตั้งระบบผลิตน้ำประปา แนวถนน ตรอก ซอย แนวท่อประปาเดิม รวมทั้งขนาดและชนิดท่อ สถานที่สำคัญ เช่น หน่วยงานราชการ ตลาด วัด โบสถ์ มัสยิด ชุมชน โรงงาน โรงแรม พื้นที่การเกษตร ทำค่าระดับตามทางแยก ตามแนวถนน และทำรูปตัดขวาง (Cross Section) ในจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการวางท่อ เช่น เป็นที่ลุ่มมีน้ำขังต้องวางท่อบนเสารับท่อ จุดที่ต้องวางท่อข้ามคลอง จุดที่ต้องวางบนฟุตบาท หรือต้องทุบถนนคอนกรีตเพื่อวางท่อ เป็นต้น โดยมีข้อมูลให้ทราบถึงความกว้างหรือความยาวของการลักษณะการวางท่อด้วย

ทั้งนี้ เพื่อประโยชน์ในการออกแบบแนววางท่อจ่ายน้ำ ขนาด ชนิดของท่อที่เหมาะสม รวมทั้งตำแหน่งที่จะติดตั้งอุปกรณ์ที่จำเป็น เช่น ประตูน้ำ แอร์วาล์ว โบว์ลออฟ การดันท่อลอดถนน การวางท่อข้ามคลอง การติดตั้งหัวดับเพลิง จุดสิ้นสุดในการวางท่อ รวมทั้งประโยชน์การประมาณ

ราคาค่าซ่อมแซมผิวจราจร ฟุตบาท ค่าดันท่อลอด ค่าวางท่อข้ามคลอง ให้ใกล้เคียงความจริงมากที่สุด

3.10 การสำรวจระบบไฟฟ้า

การสำรวจระบบไฟฟ้าที่จะนำมาใช้ในระบบสูบน้ำดิบหรือระบบสูบจ่ายน้ำประปา รวมทั้งไฟฟ้าแสงสว่างภายในบริเวณโรงสูบน้ำดิบหรือบริเวณการประปา ควรจะสำรวจหาจุดหรือตำแหน่งสำหรับต่อประสานมายังบริเวณการประปาโดยเลือกตำแหน่งที่ใกล้ที่สุด ระบบไฟฟ้าที่จะต่อมาเป็นระบบไฟฟ้า 1 เฟส (220 โวทล์) หรือ 3 เฟส (380 โวทล์) จำเป็นต้องติดตั้งหม้อแปลงหรือไม่ ต้องพิจารณาจากโหลดที่ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด อย่างไรก็ดีการประมาณการจากการสำรวจดังกล่าวมักพบข้อผิดพลาด เนื่องจากตำแหน่งที่จะประสานซึ่งเป็นจุดที่ใกล้ที่สุด อาจไม่เพียงพอสำหรับระบบไฟฟ้าในการผลิตน้ำประปาก็เป็นได้ อาจต้องเลือกใช้ตำแหน่งอื่นที่อยู่ใกล้ออกไปสำหรับเป็นจุดขยายเขตไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้การประมาณการผิดพลาดไปด้วย เพื่อให้การดำเนินการในเรื่องการขยายเขตไฟฟ้าการติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า เมื่อออกแบบแล้วเสร็จให้นำแบบแปลนพร้อมข้อมูลการใช้ไฟฟ้าสำหรับระบบสูบและแสงสว่างทั้งหมด ประสานเจ้าหน้าที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เพื่อสำรวจและประมาณการค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ให้ต่อไป

โดยทั่วไปเครื่องสูบน้ำขนาดต่ำกว่า 3 แรงม้า สามารถใช้ได้กับระบบไฟฟ้า 1 เฟส หรือ 3 เฟสได้ แต่กรณีเครื่องสูบน้ำขนาดมากกว่า 3 แรงม้าขึ้นไปมักจะใช้กับระบบไฟฟ้า 3 เฟสเท่านั้น ดังนั้นหากพื้นที่มีระบบไฟฟ้า 1 เฟส จะไม่สามารถใช้เครื่องสูบน้ำขนาดมากกว่า 3 แรงม้าได้ จำเป็นต้องขยายสายไฟจากระบบ 1 เฟส เป็น 3 เฟส เพื่อรองรับการใช้เครื่องสูบน้ำขนาดมากกว่า 3 แรงม้า (เครื่องสูบน้ำบางยี่ห้อที่มีขนาด 4 หรือ 5.5 แรงม้า และสามารถใช้กับระบบไฟฟ้า 1 เฟส อาจมีในท้องตลาดแต่ราคาจะแพง หาอะไหล่ยาก เนื่องจากไม่ค่อยมีผลิตหรือมีผลิตน้อยและไม่นิยมใช้) สำหรับเครื่องสูบน้ำที่ใช้กับระบบไฟฟ้า 3 เฟส จะมีราคาสูงกว่าเครื่องสูบน้ำที่ใช้กับระบบไฟฟ้า 1 เฟส แต่ค่าไฟฟ้าจะถูกกว่าซึ่งจะคุ้มค่ากว่าเมื่อใช้ในระยะยาว เนื่องระบบไฟฟ้า 3 เฟส มีแรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวทล์) สูงกว่าจึงกินกระแสไฟฟ้า (แอมป์) น้อยกว่าระบบไฟฟ้า 1 เฟส

บทที่ 4
เกณฑ์การออกแบบระบบประปาผิวดินและบาดาล

ระบบประปาที่ใช้แหล่งน้ำใต้ดินหรือแหล่งน้ำผิวดินมีหลากหลายรูปแบบ การออกแบบขนาดกำลังผลิตของระบบประปาแต่ละแห่งต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ เช่น จำนวนประชากร สภาพทางเศรษฐกิจและสังคม อัตราการเจริญเติบโตของชุมชน แหล่งน้ำต้นทุน และคุณภาพน้ำดิบ เป็นต้น การออกแบบและก่อสร้างให้เหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการต้องมีการออกแบบเป็นการเฉพาะแห่ง ผู้ออกแบบอาจใช้เทคนิควิชาการที่แตกต่างกันไปในการออกแบบระบบประปาดังกล่าว เช่น ระบบการสร้างตะกอน (Coagulation and Flocculation) ซึ่งเป็นระบบชลศาสตร์ (Hydraulic System) หรืออาจเลือกออกแบบโดยใช้ระบบเครื่องจักรกล (Mechanical System) มาแทน เป็นต้น อย่างไรก็ตามกระบวนการและขั้นตอนการผลิตน้ำประปาก็จะมีหลักการคล้ายกัน

การดำเนินการจัดสร้างระบบประปา หลายท่านอาจคิดว่าแค่มีงบประมาณก็สามารถสร้างระบบประปาได้ ซึ่งเป็นความคิดที่อาจไม่ถูกต้องเสียทีเดียว เพราะการจะสร้างระบบประปาที่ดีมีความยั่งยืน สามารถผลิตน้ำประปาให้มีปริมาณน้ำเพียงพอ และมีคุณภาพน้ำตามมาตรฐานน้ำบริโภคตลอดอายุของโครงการได้ รวมทั้งสามารถควบคุมการผลิตและบำรุงรักษาได้ง่ายและสะดวกนั้น จำเป็นต้องมีข้อมูลจากการสำรวจที่ถูกต้องและสมบูรณ์ รวมทั้งการออกแบบตามหลักวิชาการ เพราะหากเลือกแหล่งที่มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอตลอดทั้งปี ก็จะไม่สามารถผลิตน้ำประปาในช่วงขาดแคลนน้ำดิบได้ หรือเลือกแหล่งน้ำที่มีคุณภาพน้ำดิบไม่เหมาะสม ก็จะทำให้ต้องออกแบบระบบผลิตที่มีความซับซ้อนทำให้ต้นทุนการผลิตสูงเกินความจำเป็น การออกแบบที่มีการเผื่อกำหนดผลิตน้ำประปา หรือเผื่อเฮดในการสูบส่งที่ได้จากการคำนวณออกแบบมากจนเกินความเหมาะสม หรือการคำนวณขนาดท่อส่งท่อจ่ายที่ไม่สอดคล้องกับกำลังผลิต รวมทั้งทักษะในการออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ประตูน้ำ แอร์วาล์ว โบลว์ออฟ วาล์วลดแรงดัน ฯลฯ ในตำแหน่งที่ถูกต้องเหมาะสมตามสภาพพื้นที่ของแต่ละแห่ง ล้วนทำให้เกิดปัญหาการต่อการผลิตน้ำประปาทั้งทางด้านปริมาณและคุณภาพ รวมถึงค่าใช้จ่ายในการจัดสร้างระบบประปาและต้นทุนการผลิตน้ำประปาที่สูงเกินความจำเป็นในอนาคต ดังนั้นการสำรวจออกแบบที่ดีตามหลักวิชาการ จึงเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญที่ผู้ออกแบบควรศึกษาและปฏิบัติอย่างระมัดระวังด้วยความรอบคอบเพราะจะมีผลต่อการใช้งานและการบำรุงรักษาระบบในอนาคต โดยมีหลักการพิจารณาเกณฑ์การออกแบบ (Design Criteria) ดังนี้

4.1 อายุการใช้งานโครงการ (Design Period)

การกำหนดอายุการใช้งานของส่วนประกอบต่างๆ ของระบบผลิตน้ำประปา ไว้ล่วงหน้าเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการคำนวณออกแบบ หรือพิจารณาหาอุปกรณ์เครื่องใช้ในการผลิตประปา ตลอดจนกระบวนการต่างๆ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความมั่นใจถึงอัตราการผลิตน้ำประปาที่พอเพียงสำหรับอนาคต และเพื่อให้การออกแบบมีความเหมาะสมที่สุด โดยพิจารณาถึงเงินลงทุน การชำระดอกเบี้ย หรือเงินงบประมาณและค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการดำเนินกิจการ การวางแผนในระยะสั้นนั้นไม่เป็นการประหยัด โดยทั่วไประยะเวลาที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 10-30 ปี ขนาดของระบบประปาจะถูกกำหนดตามปีที่ออกแบบเพื่อรองรับความต้องการใช้น้ำในอนาคตตามอายุการใช้งาน ดังนั้นในระยะเริ่มแรกกำลังผลิตน้ำประปาจะเหลือ ระบบจะทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ ถ้าหากกำหนดอายุการใช้งานมากระบบจะใหญ่เกินความจำเป็นทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายทั้งค่าดำเนินการและดอกเบี้ย อย่างไรก็ตามสำหรับตัวอาคารที่เป็นคอนกรีตเสริมเหล็กสามารถอยู่ได้ถึง 30 ปี แต่อุปกรณ์หรือเครื่องสูบน้ำสามารถเปลี่ยนทดแทนตามอายุการใช้งาน ประมาณ 5-10 ปี ขึ้นอยู่กับการบำรุงรักษา การพิจารณาว่าจะออกแบบให้มีอายุการใช้งานเท่าใดให้เหมาะสมนั้น มีปัจจัยหลายอย่างที่ควรพิจารณา

4.1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการพิจารณาอายุการใช้งาน

1. อายุการใช้งานของสิ่งก่อสร้างและอุปกรณ์
2. ความยากง่ายของการปรับปรุงขยายโครงการในอนาคต
3. อัตราการเพิ่มของประชากร รวมถึงการขยายตัวของแหล่งอุตสาหกรรมและย่านการค้า
4. อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ (ในกรณีที่ต้องกู้มาลงทุน)
5. ค่าของเงิน และค่าเสื่อมราคา
6. การทำงานของระบบ ถ้าออกแบบให้มีอายุการใช้งานมาก ในระยะแรกระบบจะทำงานไม่ได้เต็มกำลังหรือทำงานไม่กี่ชั่วโมง เนื่องจากระบบจะออกแบบให้มีกำลังผลิตเพื่อรองรับความต้องการใช้น้ำในอนาคต คือ ปีที่ออกแบบ

โดยปกติการออกแบบระบบประปาชุมชน มีเกณฑ์คร่าวๆ ดังนี้

1. ระบบประปาหมู่บ้าน กำหนดอายุโครงการ 10 ปี - 15 ปี
2. ระบบประปาเทศบาล กำหนดอายุโครงการ 15 ปี - 30 ปี ตามความเหมาะสมกับความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ สังคม เงินลงทุนโครงการ และปัจจัยอื่นๆ
3. ระบบประปาอื่นๆ พิจารณาตามความเหมาะสมของโครงการเฉพาะแห่ง

4.2 จำนวนประชากร (Population)

ในการออกแบบระบบประปา จำเป็นต้องทราบก่อนว่า จำนวนผู้ใช้น้ำทั้งหมดตลอดชั่วอายุการใช้งานของระบบประปามีมากน้อยเท่าใด เพื่อให้สามารถคำนวณหาขนาดกำลังผลิตของระบบประปาสำหรับรองรับการใช้น้ำในอนาคตให้ได้อย่างเพียงพอ ดังนั้นวิผู้ออกแบบจึงจำเป็นต้องมีการทำนายจำนวนประชากรในอนาคตให้ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงให้มากที่สุด วิธีการทำนายประชากรในอนาคตมีหลายวิธี การจะเลือกใช้วิธีใดนั้น ขึ้นอยู่กับวิจารณญาณของผู้ออกแบบ โดยเฉพาะเมืองที่มีการเจริญเติบโตจากการท่องเที่ยว หรือมีประชากรแฝงมาอาศัยเป็นจำนวนมาก หรือมีการอพยพ การหนีภัย ซึ่งยากที่จะคาดการณ์ แต่อย่างไรก็ตามมีเกณฑ์ทั่วไปที่ใช้การคิดจำนวนประชากรในอนาคต ดังนี้

1. ระบบประปาหมู่บ้าน และระบบประปาเทศบาล อัตราการเพิ่มของประชากร (Growth Rate) โดยคาดการณ์จากจำนวนประชากรในพื้นที่โครงการย้อนหลัง 5 ปี – 10 ปี หากแนวโน้มไม่ชัดเจนอาจพิจารณาใช้อัตราการเจริญเติบโต 1% - 2% ต่อปี จำนวนประชากรเฉลี่ยในแต่ละครัวเรือน 4 คน – 6 คน ต่อครัวเรือน หรือตามข้อมูลจริงที่ได้จากการสำรวจ ประกอบกับความเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจสังคมในพื้นที่โครงการ
2. ระบบประปาอื่นๆ พิจารณาตามความเหมาะสมของโครงการเฉพาะแห่ง

4.3 สัดส่วนการให้บริการ (Service Ratio)

ในสภาพความเป็นจริง การให้บริการแก่ผู้ใช้น้ำอาจไม่สามารถให้บริการครอบคลุมในพื้นที่ได้ถึง 100% เนื่องจากมีประชากรบางส่วนอาจอยู่ใกล้แหล่งน้ำ หรือมีบ่อบาดาลหรือบ่อน้ำตื้นของตนเอง หรือมีที่พักอยู่ในสวน ไร่ นา ซึ่งอยู่ห่างจากท่อเมนจ่ายน้ำที่วางไว้ อาจไม่มีความประสงค์ที่ใช้บริการน้ำประปา ดังนั้นสัดส่วนผู้รับบริการ ในชุมชนใดชุมชนหนึ่งจึงไม่ควรออกแบบให้มีสัดส่วนเป็น 100% ด้วยเหตุผลดังกล่าว ส่วนจะเป็นเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับความละเอียดของการสำรวจจัดเก็บข้อมูล

4.4 ความต้องการใช้น้ำเฉลี่ยของชุมชน (Average Consumption Use)

สถิติของการใช้น้ำของแต่ละชุมชน เป็นค่าเฉลี่ยของการใช้น้ำตลอดทั้งปีหารด้วยจำนวนผู้ใช้น้ำในแต่ละชุมชนและหารด้วยจำนวนวัน นิยมแสดงหน่วยเป็น ลิตรต่อคนต่อวัน โดยทั่วไปในการประเมินความต้องการใช้น้ำในพื้นที่ชุมชนต่างๆ หากไม่สามารถประเมินความต้องการจากข้อมูลสถิติเดิมได้ อาจพิจารณาประเมินโดยใช้ตารางที่ 4-1 หรือพิจารณาจากสถิติข้อมูลการใช้น้ำในพื้นที่

ที่มีลักษณะเดียวกัน มีลักษณะทางเศรษฐกิจ สังคม ความเป็นอยู่ใกล้เคียงกันมาประกอบการตัดสินใจ รวมทั้งปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการใช้น้ำประปา ดังนี้

- **ขนาดของชุมชน** เป็นผลในทางอ้อมที่จะเพิ่มอัตราการบริโภคน้ำให้สูงขึ้น อย่างไรก็ตาม ชุมชนใหญ่ ประชาชนมักมีสภาพความเป็นอยู่และฐานะทางเศรษฐกิจดี บ้านพักอาศัยมักมีอุปกรณ์เครื่องใช้ที่ทำให้ใช้น้ำมากขึ้น เช่น อ่างอาบน้ำ เครื่องซักผ้า โถส้วม เป็นต้น
- **จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่มีอยู่ในชุมชน** หากมีอยู่ในชุมชนเป็นจำนวนมาก ย่อมทำให้ความต้องการใช้น้ำมีมากขึ้น
- **คุณภาพของน้ำประปา** หากน้ำประปามีคุณภาพดีและเป็นที่นิยมของผู้ใช้น้ำ อัตราการใช้น้ำก็จะมากขึ้น เพราะผู้ใช้น้ำย่อมต้องการใช้น้ำที่มีความปลอดภัย
- **การบริหารจัดการกิจการประปา** หากมีการบริหารจัดการที่ดี น้ำประปามีปริมาณเพียงพอมีแรงดันสูงตลอดเวลา การขออนุญาตใช้น้ำ การจัดเก็บน้ำ รวมถึงมีการบริการอื่นๆ ที่ดีย่อมทำให้อัตราการใช้น้ำสูงขึ้น
- **ค่าน้ำประปา** เมื่อน้ำประปามีราคาถูก แน่นอนว่าอัตราการใช้น้ำย่อมจะมีมากขึ้น การใช้น้ำจะไม่ประหยัด ตรงกันข้ามหากน้ำประปามีราคาแพงก็จะมีผลให้อัตราการใช้น้ำลดลง
- **สภาพอากาศ** มีอิทธิพลต่อการใช้น้ำมาก ในฤดูหนาวจะมีการใช้น้ำน้อย ส่วนในฤดูร้อนอัตราการใช้น้ำจะพุ่งสูงขึ้น จากการใช้อาบหรือดื่มที่มีความถี่มากขึ้นนั่นเอง

ตารางที่ 4-1 การประเมินความต้องการใช้น้ำในพื้นที่ชุมชนขนาดต่างๆ

ประเภทชุมชน	อัตราการใช้น้ำ (ลิตร/คน/วัน)
เทศบาลขนาดเล็ก	120
เทศบาลขนาดกลาง	200
เทศบาลขนาดใหญ่	250
ชุมชนที่ยกฐานะเป็นเทศบาลตำบล	110

ที่มา : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2544

4.5 ความต้องการใช้น้ำเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Demand)

ในการพิจารณาแหล่งน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปา ต้องมีปริมาณน้ำพอเพียงกับความต้องการใช้น้ำของผู้บริโภคตลอดเวลา ดังนั้นก่อนที่จะเลือกแหล่งน้ำดิบจำเป็นต้อง **ประเมินความพอเพียงของแหล่งน้ำ** โดยประเมินจากความต้องการใช้น้ำเฉลี่ยของผู้ใช้น้ำในพื้นที่นั้น ๆ คูณด้วยจำนวนประชากรในปีที่ออกแบบ ซึ่งสามารถประเมินจากสูตร ดังนี้

$$\text{Average Daily Demand} = \frac{\text{Average Consumption Use (lpcd)} \times \text{Population}}{1{,}000}$$

โดยที่ Average Daily Demand หน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

Average Consumption Use หน่วยเป็น ลิตรต่อคนต่อวัน lpcd (litre per capita per day)

Population หน่วยเป็น คน (จำนวนประชากรในอนาคตที่ออกแบบ)

4.6 ปริมาณน้ำสูญเสีย

องค์การอนามัยโลก ได้ให้คำจำกัดความว่า น้ำสูญเสีย คือ น้ำที่สูญหายไปในระบบประปาโดยไม่สามารถระบุจำนวน เวลา สถานที่ได้ หากทราบว่าหายไปที่ไหน เท่าใด แม้ว่าจะเป็นท่อรั่วก็ไม่ถือว่าเป็นน้ำสูญเสีย โดยทั่วไปน้ำสูญเสีย คือ ปริมาณน้ำสูบจ่ายหักด้วยปริมาณน้ำที่ออกบิลและน้ำใช้ในกิจกรรมต่างๆ เช่น น้ำใช้เพื่อสาธารณะประโยชน์ซึ่งสามารถวัดหรือคำนวณได้ ดังนั้นปริมาณน้ำสูญเสียจึงสามารถคำนวณโดยใช้สูตร ดังนี้

ปริมาณน้ำสูญเสีย = ปริมาณน้ำที่จ่ายผ่านมาตรวัดน้ำหลัก – (ผลรวมของปริมาณน้ำตามมาตรวัดน้ำของผู้ใช้น้ำทั้งหมด + ปริมาณน้ำเพื่อสาธารณะประโยชน์ที่สามารถวัดหรือคำนวณได้)

น้ำสูญเสียเป็นตัวชี้วัดที่แสดงประสิทธิภาพของระบบประปาที่มีผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตและประสิทธิภาพของการให้บริการ หากน้ำมีการสูญเสียสูงย่อมแสดงให้เห็นว่ากระบวนการจ่ายน้ำมีประสิทธิภาพต่ำ โดยปกติน้ำสูญเสียจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

4.6.1 Physical Loss หมายถึง น้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นเอง

4.6.1.1 ระบบท่อและอุปกรณ์

- หมดอายุการใช้งาน
- การเลือกชนิดท่อไม่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่
- การก่อสร้างวางท่อไม่ได้มาตรฐาน

- วางท่อใหม่ทดแทนแล้ว แต่ไม่ได้ยกเลิกท่อเดิม

4.6.1.2 ระบบมาตรวัดน้ำของผู้ใช้น้ำ

- หมดอายุการใช้งาน
- มาตรวัดน้ำชำรุดหรือไม่เดิน หรืออ่านไม่ได้
- ขนาดมาตรวัดน้ำไม่ถูกต้อง หรือติดตั้งไม่ถูกต้อง

4.6.2 Non Physical Loss หมายถึง น้ำสูญเสียที่เกิดจากการกระทำ

- การให้บริการสาธารณะโดยไม่คิดเงิน เช่น น้ำจ่ายฟรี น้ำดับเพลิง
- น้ำที่ใช้ในการล้างท่อ
- การลักใช้น้ำ การปรับแก้มาตรวัดน้ำของผู้ใช้น้ำ
- อุบัติเหตุจากงานก่อสร้างถนน งานท่อระบายน้ำ หรืองานวางท่อประปา
- แรงดันน้ำในเส้นท่อสูงเกิน

ในประเทศไทย ปริมาณน้ำสูญเสียในบางการประปา อาจมีมากกว่าร้อยละ 40 น้ำสูญเสียส่วนใหญ่มาจากท่อหรืออุปกรณ์ที่มีอายุการใช้งานมานานมากกว่า 10 ปี ทำให้เกิดการรั่วไหลของน้ำและมีการซ่อมแซมแก้ไขเป็นจุดๆ ตามเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ปริมาณน้ำที่สูญเสียนอกจากจะมีผลต่อต้นทุนการผลิต ยังถือได้ว่าเป็นการใช้ทรัพยากรน้ำที่ไม่คุ้มค่าอีกด้วย นอกจากนี้ยังเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้กำลังผลิตน้ำประปาไม่เพียงพอ และมักจะแก้ไขปัญหาโดยการก่อสร้างปรับปรุงขยายระบบประปาให้มีกำลังผลิตมากขึ้น โดยใช้ระบบท่อจ่ายน้ำเดิมด้วยเหตุผลด้านงบประมาณ การแก้ไขปัญหาดังกล่าวไม่เป็นการแก้ไขให้ตรงจุด ท่อเดิมจะไม่สามารถรับแรงดันได้มากจากการใช้งานมานาน จึงทำให้ปัญหาการรั่วไหลมากขึ้นตามไปด้วย

4.7 ความต้องการใช้น้ำในวันใช้น้ำสูงสุด (Maximum Daily Demand)

ความต้องการใช้น้ำในวันใช้น้ำสูงสุด เป็นข้อมูลสำหรับการพิจารณา **ออกแบบระบบสูบน้ำดิบและขนาดของระบบผลิตน้ำประปา** เพื่อให้สามารถรองรับความต้องการใช้น้ำแม้แต่วันที่มีการใช้น้ำสูงสุดของปี ซึ่งจะมีการใช้น้ำมากกว่าค่าเฉลี่ย มีตัวคูณที่เรียกว่า Peak Factor โดยนำข้อมูลการใช้น้ำของวันที่มีการใช้น้ำสูงสุดมาหารด้วยค่าเฉลี่ยของการใช้น้ำทั้งปี โดยทั่วไปหากไม่สามารถหาสถิติข้อมูลได้มักใช้ตัวเลข 1.5 เป็นตัวคูณ กำลังผลิตน้ำประปากำหนดให้เท่ากับอัตราความต้องการในวันใช้น้ำสูงสุดที่ปีเป้าหมายของโครงการบวกด้วยปริมาณน้ำสูญเสีย ดังแสดงตามสูตร ดังนี้

กำลังผลิตน้ำประปา (Maximum Daily Demand) = (Peak Factor x Average Daily Demand) + ปริมาณน้ำสูญเสีย

โดยที่ กำลังผลิตน้ำประปา (Maximum Daily Demand) หน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ตัวคูณเผื่อ (Peak Factor) หน่วยเป็น -

Average Daily Demand หน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ปริมาณน้ำสูญเสีย หน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

4.8 ชั่วโมงการทำงานของระบบประปาในหนึ่งวัน

การจัดสร้างระบบประปาชุมชนแต่ละแห่งต้องใช้งบประมาณในการก่อสร้างค่อนข้างสูง เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าจะต้องออกแบบให้สามารถผลิตน้ำประปาได้ตลอด 24 ชั่วโมง โดยออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบและเครื่องสูบน้ำดี อย่างต่ำอย่างละ 2 ชุด สลับกันทำงาน แต่หากเป็นประปาหมู่บ้านจะมีข้อจำกัดด้านจำนวนและค่าจ้างบุคลากร รวมถึงพฤติกรรมการใช้น้ำในช่วงเวลากลางคืนซึ่งจะมีน้อยมาก แตกต่างจากชุมชนในเมือง จึงกำหนดให้มีการผลิตน้ำประปาสูงสุดประมาณ 14 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้นกำลังผลิตน้ำประปา หน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เมื่อหารด้วยจำนวนชั่วโมงการทำงานของระบบประปาในหนึ่งวัน จะมีหน่วยกำลังผลิตน้ำประปาเป็น ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

4.9 ความต้องการใช้น้ำในชั่วโมงใช้น้ำสูงสุด (Maximum Hourly Demand)

เมื่อพิจารณาตามช่วงเวลาเป็นรายชั่วโมงของการใช้น้ำในแต่ละวัน ก็จะพบว่ามีการใช้น้ำไม่เท่ากัน อัตราการใช้น้ำสูงสุดมักเกิดขึ้นในช่วงเช้าก่อนเดินทางไปทำกิจกรรมนอกบ้านหรือช่วงเย็นหลังเลิกกิจกรรมกลับมาถึงบ้าน นั่นหมายความว่า เพื่อให้อัตราการจ่ายน้ำมีปริมาณน้ำอย่างเพียงพอ รองรับความต้องการใช้น้ำในช่วงเวลาเช้าหรือเย็น จะต้องมีค่ามากกว่ากำลังผลิตน้ำประปา โดยจะต้องมีตัวคูณที่เรียกว่า Peak Factor อีกตัวหนึ่ง ซึ่งขึ้นอยู่กับข้อมูลการใช้น้ำของชั่วโมงที่มีการใช้น้ำสูงสุดหารด้วยค่าเฉลี่ยของการใช้น้ำทั้งปีที่มีการใช้น้ำสูงสุด โดยทั่วไปหากไม่สามารถหาสถิติข้อมูลได้มักใช้ตัวเลข 1.5 เป็นตัวคูณ (Peak Factor) เช่นเดียวกัน อย่างไรก็ดีหากมีข้อมูลของการประปาที่ลักษณะชุมชนคล้ายกันหรือชุมชนที่อยู่ใกล้เคียง ก็สามารถนำข้อมูลการใช้น้ำของชุมชนนั้นๆ มาหาค่า Peak Factor ซึ่งอาจไม่ใช่ตัวเลข 1.5

สำหรับ Maximum Hourly Demand เป็นตัวเลขที่ใช้สำหรับการ ออกแบบขนาดของเครื่องสูบน้ำแรงสูง (High Lift Pump) หรือเครื่องสูบน้ำดี รวมทั้งเป็นตัวเลขในการออกแบบระบบท่อจ่ายน้ำด้วย สูตรสำหรับการคำนวณ Maximum Hourly Demand ดังนี้

อัตราการจ่ายน้ำ (Maximum Hourly Demand) = Peak Factor x กำลังผลิตน้ำประปาต่อชั่วโมง

โดยที่ อัตราการจ่ายน้ำ หน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

4.10 ความต้องการน้ำเพื่อการดับเพลิง (Fire Fighting Demand)

โดยหลักการแล้วจะต้องมีการเตรียมน้ำสำรองไว้ที่ถังน้ำใส หรือหอถังสูงเพื่อรักษาสมดุลย์ของการผลิตน้ำประปากับการจ่ายน้ำ นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาปริมาณน้ำเพื่อการดับเพลิงรวมไว้ด้วย ระบบท่อจ่ายน้ำประปาก็เช่นเดียวกันขนาดของท่อจ่ายน้ำต้องออกแบบให้สามารถรองรับปริมาณน้ำสำหรับการดับเพลิงเพื่อจ่ายน้ำจากหัวดับเพลิงได้อย่างเพียงพอ แต่หากเผื่อปริมาณน้ำดับเพลิงมากเกินไป นอกจากจะทำให้น้ำประปาตกค้างอยู่ในถังน้ำใส หอถังสูง หรือระบบท่อจ่ายน้ำประปานานเกินไป อาจทำให้คุณภาพน้ำประปาเสียหายรวมทั้งสิ้นเปลืองงบประมาณในการจัดสร้างระบบประปาด้วย

ปริมาณน้ำที่ใช้ในการดับเพลิง โดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับจำนวนประชากร เนื่องจากชุมชนใดที่มีประชากรมาก ก็จะมีอาคารบ้านเรือนมากขึ้นด้วย ทำให้โอกาสที่จะเกิดเพลิงไหม้จึงมีมากขึ้น National Borad of Fire Underwriters ได้เสนอแนะให้ คำนวณปริมาณน้ำเพื่อการดับเพลิง ดังนี้

$$F=3.86\sqrt{P}\,(1-0.01\sqrt{P})$$

โดย F = ปริมาณน้ำเพื่อการดับเพลิง (ลบ.ม./นาที)

P = ประชากรหน่วยพันคน

หลักการในการใช้สมการมีดังนี้

- ประชากรน้อยกว่า 200,000 คน ใช้สมการคำนวณปริมาณน้ำโดยตรง
- ประชากรเกิน 200,000 คน ใช้ 65,400 ลบ.ม./วัน และเพิ่มเติมได้อีกประมาณ 10,900 ถึง 43,600 ลบ.ม./วัน แต่ต้องไม่เกิน 109,000 ลบ.ม./วัน
- ประชากรน้อยกว่า 2,500 คน ให้ใช้ช่วงเวลาการดับเพลิงประมาณ 5 ชม. ชุมชนใหญ่กว่านี้ให้ใช้ช่วงเวลา 10 ชม.
- ชุมชนพักอาศัยต้องการน้ำดับเพลิงประมาณ 2,800 – 32,700 ลบ.ม./วัน

ตารางที่ 4-2 แสดงปริมาณน้ำเพื่อการดับเพลิง สำหรับจำนวนประชากรน้อยกว่า 200,000 คน ตามข้อเสนอแนะของ National Board of Fire Underwriters

จำนวนประชากร (คน)	ปริมาณน้ำเพื่อการดับเพลิง		
	ลบ.ม./นาที	ลบ.ม./ชม.	ลบ.ม./วัน
1,000	3.831	229	5,503
2,000	5.382	323	7,750
3,000	6.570	394	9,461
4,000	7.566	454	10,894
5,000	8.438	506	12,151
6,000	9.223	553	13,282
7,000	9.942	597	14,317
8,000	10.609	637	15,277
9,000	11.233	674	16,175
10,000	11.820	709	17,021
200,000	46.869	2,812	67,491

ระบบประปาที่ออกแบบเพื่อรองรับชุมชนที่มีจำนวนประชากรน้อยกว่า 200,000 คน มีมากกว่าร้อยละ 80 ซึ่งเป็นส่วนใหญ่ของประเทศไทย หากคิดคำนวณปริมาณน้ำเพื่อการดับเพลิงตามสูตรดังกล่าว จะต้องออกแบบถังเก็บน้ำและท่อจ่ายน้ำค่อนข้างใหญ่ เกินความจำเป็นเพื่อให้สามารถรองรับปริมาณน้ำดังกล่าว ในสภาพความเป็นจริงเหตุการณ์ที่อาจเกิดอัคคีภัยในแต่ละปีมีไม่มากนัก เมื่อเกิดอัคคีภัยจริงน้ำในเส้นท่อจะช่วยได้ส่วนหนึ่ง และอีกส่วนหนึ่งได้จากการสูบน้ำในแหล่งน้ำต่างๆ ของรถดับเพลิง สูตรดังกล่าวจึงเป็นสูตรที่เหมาะสำหรับใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นประเทศที่พัฒนาแล้ว จึงไม่น่าจะเหมาะกับประเทศไทย ความต้องการน้ำสำหรับการดับเพลิงที่ควรพิจารณาสำหรับการออกแบบรองรับระบบท่อจ่ายน้ำในประเทศไทยควรเป็นไปตามตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ปริมาณน้ำดับเพลิงที่จะต้องนำไปรวมกับปริมาณความต้องการใช้น้ำในวันใช้น้ำสูงสุด (Maximum daily demand) สำหรับคำนวณระบบท่อจ่ายน้ำ

จำนวนประชากร (คน)	ปริมาณน้ำดับเพลิง (ลูกบาศก์เมตรต่อนาที)
10,000	2
20,000	4
30,000	5
40,000	6
50,000	7
60,000 – 70,000	8
80,000 – 90,000	9
100,000	10

หมายเหตุ สำหรับระบบประปาชุมชนที่มีจำนวนประชากรมากกว่า 100,000 คน ขึ้นไปไม่ต้องพิจารณาปริมาณน้ำเพื่อการดับเพลิงรวมในระบบท่อจ่ายน้ำ แต่ให้คิดเท่ากับปริมาณความต้องการใช้น้ำในชั่วโมงการใช้น้ำสูงสุด (Maximum hourly Demand) นอกจากนี้ควรมีปริมาณน้ำเก็บสำรองไว้ในถังน้ำใสหรือหอถังสูง เพื่อการดับเพลิงอย่างน้อย ตามตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ปริมาณน้ำที่จะต้องสำรองไว้สำหรับการดับเพลิงในถังน้ำใสหรือหอถังสูง

จำนวนประชากร (คน)	ปริมาณน้ำสำรอง (ลบ.ม.)
10,000	100
20,000	200
30,000	300
40,000	350
50,000	400

4.11 ระบบชักน้ำดิบ

ระบบชักน้ำดิบ ประกอบด้วย สะพานรับท่อทางดูด โรงสูบน้ำแรงต่ำและเครื่องสูบน้ำแรงต่ำ จะต้องพิจารณาสำรวจเลือกตำแหน่งก่อสร้างให้เหมาะสมสามารถชักน้ำดิบได้ในปริมาณที่ต้องการ ทั้งในกรณีที่ระดับน้ำในแหล่งน้ำดิบท่วมสูงสุดหรือลดต่ำแล้งที่สุด และสามารถชักน้ำดิบที่มีคุณภาพดีปลอดภัยจากมลภาวะเป็นพิษ สะดวกในการดูแลบำรุงรักษาและสามารถขยายได้ในอนาคต โดยมีเกณฑ์การพิจารณาดังนี้

1) อัตราการชักน้ำดิบ เท่ากับ 1 – 1.10 เท่าของกำลังการผลิตน้ำประปาการเพิ่มอัตราการชักน้ำดิบให้มากกว่ากำลังผลิต อาจมีความจำเป็นเพื่อชดเชยปริมาณน้ำสูญเสียในระบบชักน้ำดิบโดยเฉพาะระบบส่งน้ำดิบที่มีความยาวมาก รวมถึงน้ำใช้และน้ำล้างในกระบวนการผลิตน้ำประปาที่โรงกรองน้ำและถังตกตะกอน

2) เครื่องสูบน้ำดิบ โดยทั่วไปใช้เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง (Volute Pump) จะต้องสามารถสูบน้ำได้ตลอด 24 ชั่วโมง ตามอัตราการชักน้ำดิบที่กำหนด ในกรณีเครื่องสูบน้ำขนาดเล็กราคาจะไม่แพง ให้พิจารณาออกแบบใช้เครื่องสูบน้ำ 2 ชุด มีขนาดและชนิดเดียวกันโดยกำหนดให้ทำงานสลับกันครั้งละ 1 ชุด และสำรองไว้ 1 ชุด ในกรณีที่อัตราการสูบน้ำมาก เครื่องสูบน้ำและอุปกรณ์ประกอบจะมีขนาดใหญ่ราคาแพง ควรใช้เครื่องสูบน้ำมากกว่า 2 ชุด ทำงานร่วมกัน โดยกำหนดอัตราการสูบเครื่องสูบน้ำให้น้อยลง การพิจารณาจำนวนเครื่องสูบน้ำดิบเมื่อเทียบกับอัตราการสูบในงานออกแบบระบบประปา ดังแสดงในตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 จำนวนเครื่องสูบน้ำดิบเมื่อเทียบกับอัตราการสูบ

อัตราการสูบน้ำ (ลบ.ม./วัน)	จำนวนเครื่องสูบน้ำทั้งหมด(ชุด)	จำนวนเครื่องสูบน้ำใช้งาน (ชุด)	จำนวนเครื่องสูบน้ำสำรอง (ชุด)
ไม่เกิน 2,800	2	1	1
ระหว่าง 2,500 – 10,000	3	2	1
มากกว่า 10,000	4 หรือมากกว่า	3 หรือ มากกว่า	1

หมายเหตุ สำหรับเครื่องสูบน้ำสำรองอาจใช้เครื่องสูบน้ำขับด้วยเครื่องยนต์ดีเซล ตามความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ที่มักประสบปัญหาเรื่องระบบไฟฟ้ากำลัง

3) อยู่ในทำเลที่เหมาะสมไม่ห่างไกลจากระบบผลิตน้ำประปามาก

4) ปลอดภัยจากผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมที่เป็นพิษ

5) ปริมาณความต้องการน้ำดิบเพื่อการผลิตน้ำประปา ในกรณีเป็นสระหรืออ่างเก็บน้ำให้บวกปริมาณน้ำ เนื่องจากการระเหยของน้ำในสระหรืออ่างเก็บน้ำโดยคิดเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 5 มม./วัน ของพื้นที่ผิวน้ำ

4.12 การออกแบบโรงสูบน้ำแรงต่ำและเครื่องสูบน้ำแรงต่ำ

งานออกแบบระบบประปา ส่วนที่ยากที่สุด คือ การออกแบบโรงสูบน้ำแรงต่ำและการเลือกใช้เครื่องสูบน้ำให้เหมาะสมกับสภาพของแหล่งน้ำดิบ เนื่องจากเครื่องสูบน้ำมีหลายประเภทให้เลือกใช้ ซึ่งผู้ออกแบบต้องรู้ถึงข้อจำกัดของเครื่องสูบน้ำแต่ละประเภทด้วย และสิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณาประกอบการออกแบบ ดังนี้

- **ระดับน้ำต่ำสุด** เป็นตัวกำหนดตำแหน่งและระดับหัวกะโหลกดูดของท่อทางดูดเพื่อให้เครื่องสูบน้ำสามารถสูบน้ำได้ตลอดทั้งปี
- **ระดับสูงสุด** เป็นตัวกำหนดระดับของพื้นโรงสูบน้ำเพื่อไม่ให้น้ำท่วมโรงสูบน้ำ
- **ตำแหน่งที่ตั้ง** ก็มีความสำคัญซึ่งควรเลือกบริเวณตลิ่งของลำน้ำที่เป็นแนวตรง ไม่ควรอยู่ในตำแหน่งที่เป็นทางโค้งของลำน้ำเนื่องจากตำแหน่งเว้าออกจากตลิ่งจะทำให้ลำน้ำตื้นเขิน และตำแหน่งเว้าเข้าจะทำให้ความแรงของกระแสน้ำซัดตลิ่งให้พังลงได้
- **ระบบไฟฟ้ากำลัง** ต้องพิจารณาว่าสายไฟฟ้าแรงสูงอยู่ใกล้หรือไม่เพื่อเป็นแหล่งพลังงานให้กับเครื่องสูบน้ำ หากไม่จำเป็นจะไม่เลือกใช้เครื่องสูบน้ำที่ขับด้วยเครื่องยนต์ดีเซล เนื่องจากมีราคาสูง และต้องใช้น้ำมันดีเซลซึ่งมีค่าดำเนินงานสูงกว่าการใช้ไฟฟ้ามาก และจากประสบการณ์เครื่องสูบน้ำประเภทนี้จะหายบ่อยมาก
- **ทางเข้าออก** สำหรับรถบรรทุกเพื่อเข้าไปดูแลบำรุงรักษาโรงสูบน้ำและเครื่องสูบน้ำ

รูปแบบของการออกแบบโรงสูบน้ำแรงต่ำและการเลือกใช้เครื่องสูบน้ำ มีหลากหลายขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศของแหล่งน้ำดิบ โดยพิจารณาจากรูปตัดขวาง (Cross Sectional) ของแหล่งน้ำและระดับน้ำต่ำสุด-สูงสุด โดยทั่วไปมักจะพิจารณาออกแบบโดยใช้เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งก่อนเป็นลำดับแรก นอกจากจะมีข้อจำกัดจึงจะพิจารณาเครื่องสูบน้ำชนิดอื่นแทน ซึ่งในที่นี้ขอยกตัวอย่างการออกแบบ 5 รูปแบบ ดังนี้

<u>แบบที่ 1</u> โรงสูบน้ำตั้งอยู่บนตลิ่ง พร้อมทั้งเลือกใช้เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง รูปแบบนี้เป็นที่นิยมเห็นได้ทั่วไป โดยมีข้อดีคือ เครื่องสูบน้ำและอะไหล่หาซื้อได้ง่าย การติดตั้งและดูแลบำรุงรักษาก็ง่ายเช่นเดียวกัน ราคาของเครื่องสูบน้ำและค่าก่อสร้างโรงสูบน้ำจะมีราคาต่ำกว่าแบบ

อื่นๆ แต่มีข้อเสียที่ไม่สามารถใช้งานได้ในกรณีระดับน้ำของแหล่งน้ำดิบลดต่ำกว่าระดับแกนกลางของท่อทางดูดของเครื่องสูบน้ำโดยประมาณ 6.00 เมตรขึ้นไป เนื่องจากอาจสูบน้ำได้น้อยกว่าปกติหรือเครื่องสูบน้ำทำงานมีเสียงดังหรือสั่นผิดปกติหรือสูบไม่ขึ้น ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ คาวิเทชั่น (Cavitation) ใบพัดเครื่องสูบน้ำจะสึกกร่อนเสียหายได้ง่าย ดังนั้นกรณีที่แหล่งน้ำมีระดับน้ำต่ำสุดและสูงสุดแตกต่างกันมาก จำเป็นต้องพิจารณาออกแบบเครื่องสูบน้ำและโรงสูบน้ำแบบอื่นที่เหมาะสมกว่าแทน

โรงสูบน้ำตั้งอยู่บนตลิ่ง

เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง

<u>แบบที่ 2</u> โรงสูบน้ำแบบบ่อแห้ง (โรงสูบน้ำที่มีบ่อ คสล. ลึกลงไปในดินประมาณ 2-4 เมตร ความลึกของบ่อแห้งแล้วแต่ผู้ออกแบบจะพิจารณาตามความเหมาะสม และมีโรงคลุมบ่อแห้ง) พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง การออกแบบลักษณะนี้เหมาะสำหรับสภาพลำน้ำที่มีระดับน้ำต่ำสุดและระดับสูงสุดแตกต่างตั้งแต่ 6-10 เมตร ส่วนที่เกิน 6.00 เมตร ผู้ออกแบบต้องเลือกใช้บ่อแห้งที่มีความลึกที่เหมาะสม เพื่อให้การติดตั้งเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งมีระดับแกนกลางท่อทางดูดของเครื่องสูบน้ำเมื่อเทียบกับระดับน้ำต่ำสุดไม่เกินกว่า 6.00 เมตร โดยประมาณ การออกแบบลักษณะนี้เพื่อต้องการเลือกใช้เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง ส่วนการก่อสร้างโรงสูบน้ำแบบนี้ราคาจะสูงกว่าแบบแรกพอสมควร การซ่อมบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำจะทำได้ยากขึ้น เนื่องจากติดตั้งเครื่องสูบน้ำต่ำกว่าระดับดิน และหากบ่อแห้งมีความลึกมาก จะต้องออกแบบให้มีระบบระบายอากาศด้วย เนื่องจากอากาศภายในบ่อจะร้อนกว่าปกติ รวมทั้งควรทำบ่อสำหรับการสูบระบายน้ำในบ่อด้วย การกำหนดระดับปากบ่อจะต้องมีความแม่นยำเพราะหากระดับน้ำภายนอกสูงกว่าเมื่อใดน้ำจะท่วมบ่อและทำความเสียหายกับเครื่องสูบน้ำพร้อมทั้งระบบควบคุมทั้งหมด ข้อสำคัญที่ท่อทางดูดก่อนเข้าเครื่องสูบน้ำ จำเป็นต้องติดตั้งประตูน้ำไว้ด้วย เนื่องจากหากมีความจำเป็นต้องถอดเครื่องสูบน้ำไปซ่อมแซมจะต้องมีประตูน้ำสำหรับปิดท่อทางดูดเพื่อกันน้ำเข้าบ่อแห้ง โดยเฉพาะเมื่อ

ระดับน้ำอยู่สูงกว่าท่อทางดูด และหากติดตั้งเครื่องสูบน้ำขนาดใหญ่ที่มีน้ำหนักมาก ต้องพิจารณาออกแบบเครนยกเครื่องสูบน้ำเพื่อการซ่อมบำรุงไว้ด้วย

โรงคลุมบ่อแห้ง	ติดตั้งเครื่องสูบน้ำในบ่อแห้ง	ท่อทางดูดพร้อมสะพานรับท่อ

<u>แบบที่ 3</u> โรงสูบน้ำแบบรางเลื่อน พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง เหมาะสำหรับแหล่งน้ำที่มีระดับน้ำต่ำสุดและสูงสุดแตกต่างกันมาก และติดตั้งเครื่องสูบน้ำที่ไม่ใหญ่นัก การใช้งานจะต้องมีผู้ควบคุมดูแลอย่างใกล้ชิด คอยปรับระดับโรงสูบน้ำให้ขึ้นลงตามรางตามระดับน้ำขึ้นลงของแหล่งน้ำ ไม่เหมาะกับแหล่งน้ำที่มีระดับน้ำขึ้นลงเร็วและบ่อยในแต่ละวัน จึงไม่ค่อยเป็นที่นิยมสำหรับผู้ออกแบบนัก เนื่องจากการใช้งานและการซ่อมบำรุงทำได้ยาก และค่าก่อสร้างราคาค่อนข้างสูง

โรงสูบน้ำแบบรางเลื่อน

รางพร้อมสลิงสำหรับลากขึ้นลง

การติดตั้งเครื่องสูบน้ำในโรงคลุม

<u>แบบที่ 4</u> โรงสูบน้ำแบบแพลอย พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง เหมาะสำหรับแหล่งน้ำที่มีระดับน้ำต่ำสุดและสูงสุดแตกต่างกันมาก การติดตั้งเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งบนแพลอยซึ่งลอยขึ้นลงตามระดับน้ำ จึงไม่มีปัญหาในเรื่องระยะดูดยก แต่ไม่เหมาะกับลำน้ำที่กระแสน้ำไหลเชี่ยว และการติดตั้งเครื่องสูบน้ำขนาดใหญ่ ส่วนท่อทางส่งของเครื่องสูบน้ำที่ติดตั้งในโรงสูบน้ำชนิดนี้ จะต้องพิจารณาใช้ท่อที่ลักษณะอ่อนตัวได้ เช่น PB หรือ HDPE ซึ่งท่อที่อ่อนตัวเหล่านี้ขนาดใหญ่สุดที่จะอ่อนตัวสามารถม้วนได้ไม่เกิน 100-110 มิลลิเมตรเท่านั้น และ

ต้องติดตั้งลูกบอลลอยตามท่อส่งเพื่อพยุงท่อให้ลอยเหนือผิวน้ำขึ้นฝั่ง หากขนาดท่อใหญ่กว่านี้จะเป็นท่อนการอ่อนตัวจะมีน้อยจึงเป็นเหตุผลที่เหมาะกับการติดตั้งเครื่องสูบน้ำขนาดเล็กเท่านั้น

แบบที่ 5 โรงสูบน้ำแบบทุ่นลอย พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องสูบแบบจุ่มใต้น้ำแบบระบายน้ำ (Drainage Pump) การติดตั้งลักษณะนี้เครื่องสูบน้ำจะติดตั้งบริเวณตำแหน่งกลางของทุ่นลอย โรงสูบน้ำจะไม่มีโรงคลุมเนื่องจากเครื่องสูบน้ำจะจมอยู่ใต้น้ำ จึงไม่มีปัญหาในเรื่องระยะดูดยกเช่นเดียวกับโรงสูบน้ำแบบแพลอย ทุ่นลอยอาจใช้วัสดุที่เป็นเหล็กเคลือบน้ำยากันสนิม หรือเป็นพวกพลาสติก หรือเป็นยางสังเคราะห์ก็ได้ ท่อทางส่งต้องใช้ท่ออ่อนเช่นเดียวกัน เหมาะสำหรับแหล่งน้ำดิบที่เป็นน้ำนิ่ง เช่น อ่างเก็บน้ำ สระเก็บน้ำ หนอง บึง เป็นต้น และไม่เหมาะสำหรับการส่งน้ำที่ต้องการแรงส่งสูง เนื่องจากเครื่องสูบน้ำชนิดนี้ จะสามารถสูบน้ำได้ปริมาณมากส่วนแรงส่งน้ำ ส่วนใหญ่ส่งได้ไม่เกิน 10 เมตร

โรงสูบน้ำแบบทุ่นลอย พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องสูบน้ำแบบจุ่มใต้น้ำ (Drainage Pump)

การคำนวณเพื่อหาขนาดของเครื่องสูบน้ำ (Decision of Power Required for Pump)

$$P = C * \frac{\mathrm{r\,Q\,H}}{270 * np * \mathrm{nt}}$$

เมื่อ P = ขนาดของเครื่องสูบน้ำ (แรงม้า)

C = Excess

ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า 1.10~1.20

ขับด้วยเครื่องยนต์ดีเซล 1.15~1.25

r = ความถ่วงจำเพาะของของเหลว

Water 1.0

Sea Water 1.03

Q = Capacity (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)

H = Total head (เมตร)

n_p = ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ

n_t = ประสิทธิภาพของการส่งถ่ายกำลัง Transmission efficiency ดังแสดงในตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 ประสิทธิภาพของการส่งถ่ายกำลังของตัวส่งถ่ายกำลังตัวขับและเครื่องสูบน้ำ

ตัวส่งถ่ายกำลัง (Transmission)	n_t (efficiency)
Reduction gear box with horizontal spur gears	0.92~0.98
Reduction gear box with bevel gears	0.90~0.95
Flat belt	0.90~0.93
V-belt	0.93~0.95
Shaft coupling	1.0

4.12.1 Cavitation หรือปรากฏการณ์การเกิดโพรงไอ

เป็นปรากฏการณ์ในการเปลี่ยนสถานะของน้ำจากของเหลวเป็นไอและมีปริมาตรเพิ่มขึ้นจากการขยายตัวและยุบตัวลงในภายหลังเนื่องมาจากน้ำไหลผ่านส่วนต่างๆของปั้มนั้น น้ำจะเปลี่ยนแปลงความเร็วในการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลาอันเนื่องมาจากพื้นที่หน้าตัดที่เปลี่ยนแปลงหรือรูปร่างลักษณะของปั้มและสถานการณ์อื่นๆ ที่ส่งผลให้แรงดันของน้ำเพิ่มขึ้นและลดลงอยู่ตลอดเวลา Cavitation เกิดจากการที่มีฟองอากาศเกิดขึ้นในปั๊มน้ำ ขณะปั๊มน้ำทำงาน ทำให้ปั้มน้ำเกิดอาการสั่นและมีเสียงดัง ชิ้นส่วนของปั๊มน้ำจะเกิดความเสียหาย เช่น การกัดกร่อนใบพัดของปั้ม shaft seal เกิดการรั่ว ดูดน้ำไม่ขึ้น (dry running) กลไกสำคัญในการเกิด Cavition คือ การที่เกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็วของน้ำส่งผลให้ต่อความดัน เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น ความดันจะลดลงทำให้จุดเดือดของของเหลวลดลงด้วย ของเหลวเกิดการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ แล้วเข้าไปสะสมในห้องปั๊มน้ำ ทำให้เกิดความเสียหายขึ้นกับปั้ม

สาเหตุของการเกิด Cavitation มาจาก NPSHa < NPSHr เช่น

1. การออกแบบที่มีระยะดูดยกของปั้มมากเกินไป จึงควรคำนวณเพื่อตรวจสอบ NPSHa ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป
2. คำนวณเผื่อเฮดในการสูบน้ำมากเกินกว่าสภาพการทำงานจริง ทำให้อัตราการสูบน้ำสูงกว่าการใช้งานจริง ส่งผลให้ความเร็วในท่อดูดของปั้มสูง จนทำให้ความดันลด จุดเดือดของของเหลวจะลดลงด้วยจนเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอการใช้งาน ปั๊มน้ำใกล้กับอุณหภูมิจุดเดือดของของเหลว ฟองไอน้ำจำนวนมากที่เกิดขึ้นไปทำให้การทำงานของปั้มเกิดเสียงดังและสั่น จนเป็นผลให้ใบพัดของปั้มสึกกร่อน
3. การออกแบบโดยใช้ท่อทางดูดยาวเกินไป ทำให้เกิดแรงดันสูญเสียในเส้นท่อมาก ส่งให้ NPSHa เหลือน้อยลง
4. เลือกใช้ปั้มที่มี Net Positive Suction Head Require สูงเกินไป

4.13 ระบบส่งน้ำดิบ

ระบบท่อส่งน้ำดิบทำหน้าที่ลำเลียงน้ำดิบจากเครื่องสูบน้ำดิบ ส่งไปยังบริเวณที่ตั้งโรงผลิตน้ำประปา เพื่อทำการผลิตน้ำประปาการส่งน้ำดิบอาจจะออกแบบเป็นระบบปิดโดยใช้ท่อส่งน้ำดิบหรือระบบเปิดโดยใช้คลองส่งน้ำก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศและปริมาณน้ำที่จัดส่ง ซึ่งจะต้องทำการพิจารณาตามความเหมาะสม แต่ระบบประปาทั่วไปมักจะเป็นระบบท่อ ส่วนระบบประปาขนาดใหญ่ๆ เช่น การประปานครหลวง ระบบส่งน้ำจะใช้เป็นระบบเปิดโดยผ่านคลองประปา อย่างไรก็ดีมีข้อควรพิจารณา ดังนี้

4.13.1 ข้อควรพิจารณาในการออกแบบท่อส่งน้ำดิบ

1) แนววางท่อให้สั้นที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

2) วางท่ออยู่ในแนวถนน ตามไหล่ทาง ทางเท้า หรือบริเวณที่เจ้าของถนนจะกำหนดให้ เพื่อให้สามารถตรวจซ่อมแซมได้โดยสะดวก

3) ในกรณีจำเป็นต้องวางท่อผ่านพื้นที่ เช่น ทุ่งนา ไร่ สวน หรืออื่นๆ ให้พิจารณาจัดทำถนน หรือช่องทางเข้าหรือปักหลัก เพื่อแสดงแนววางท่อเพื่อใช้ในการตรวจซ่อมและบำรุงรักษา

4) การวางท่อเมนใต้ผิวถนนควรวางให้มีความลึก น้อยสุด 1.00 เมตร จากหลังท่อถึงผิวถนน การวางท่อตามไหล่ทาง ทางเท้าและอื่นๆ ควรวางให้มีความลึกน้อยสุด 0.80 เมตร จากหลังท่อถึงพื้นผิว ท้องท่อต้องรองทรายเพื่อป้องกันท่อจากการรับน้ำหนักเป็นจุด อย่างไรก็ตาม ความลึกในการวางท่อดังกล่าว ให้พิจารณาจากข้อแนะนำของบริษัทผู้ผลิตท่อชนิดต่างๆ หรือเจ้าของพื้นที่ที่จะกำหนดให้ด้วย

5) ชนิดของท่อมีหลายชนิดที่มีขายกันในท้องตลาดอาทิ เช่น ท่อซีเมนต์ใยหิน ท่อเอชดีพีอี ท่อพีบี ท่อพีวีซี ท่อเหล็ก เป็นต้น การเลือกขนาดของท่อเป็นไปตามการคำนวณทางชลศาสตร์ สำหรับชนิดของท่อให้พิจารณาจากราคาท่อ สภาพของพื้นที่ใช้งาน ความสะดวกในการก่อสร้างซ่อมแซม

6) ระดับของการวางท่อจะต้องอยู่ต่ำกว่าระดับ Hydraulic Grade Line เพื่อป้องกันการเกิดความดันลบ (Negative Pressure) ในเส้นท่อ

7) ควรมีการติดตั้งประตูน้ำเพื่อการซ่อมแซมท่อและอุปกรณ์ในทุกๆ ช่วงความยาวท่อ 1-3 กิโลเมตร เพื่อตัดน้ำในกรณี ตรวจสอบ ซ่อมแซม บำรุงรักษาหรือปรับอัตราการไหลของน้ำ

8) ให้ติดตั้งประตูระบายอากาศ (Air Valve) ที่จุดสูงของแนวท่อเพื่อป้องกันการเกิด Air lock ในท่อ ซึ่งจะเป็นอุปสรรคต่อการไหลของน้ำ

9) ให้ติดตั้งประตูระบายน้ำ (Blow off) ที่ตำแหน่งแนวท่ออยู่ระดับต่ำเพื่อให้สามารถระบายตะกอนที่ตกค้างในท่อ หรือการระบายน้ำในกรณีที่จำเป็นต้องมีการซ่อมแซมท่อ

10) ความเร็วเฉลี่ย (Mean Velocity) ต่ำสุดเท่ากับ 0.3 เมตร/วินาที เพื่อป้องกันตะกอนตกค้างในท่อ และสูงสุดไม่เกิน 3.0 เมตร/วินาที กรณีเป็นท่อปูน และไม่เกิน 6.0 เมตร/วินาที กรณีเป็นท่อเหล็กหรือพลาสติก ความเร็วสูงสุดที่กำหนดนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันผิวภายในท่อเสียหาย

11) การคำนวณขนาดท่อ (Pipe diameter) หรือหาแรงดันน้ำสูญเสีย (Friction Head Loss) ในท่อนิยมใช้ Hazen-Williams Equation ดังนี้

$$V = 0.84935\ C\ R^{0.63}\ I^{0.54}$$

เมื่อ

V = ความเร็วเฉลี่ยของน้ำในท่อ (Mean velocity of flow) = Q/A หน่วย เมตร/วินาที

Q = อัตราการไหลของน้ำในท่อ (Quantity of flow) หน่วย ลบ.ม./วินาที

A = พื้นที่หน้าตัดของท่อ (Flow sectional area pipe) หน่วย ตร.ม.

C = สปส.ความเรียบของผิวในท่อ (Coefficient for velocity) ไม่มีหน่วย

R = ความลึกทางชลศาสตร์ (hydraulic Depth) = d/4 หน่วย เมตร

d = เส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ (Inner diameter of pipe) หน่วย เมตร

I = ความลาดทางชลศาสตร์ (hydraulic Gradient) = hf/L หน่วย เมตร/เมตร

hf = แรงดันน้ำสูญเสียในท่อ (Friction loss head) หน่วย เมตร

L = ความยาวของท่อ (Length of pipe) หน่วย เมตร

4.13.2 ข้อควรพิจารณาในการออกแบบใช้คลองเปิดหรือรางเปิด (Open channel)

1) ใช้กับระบบประปาขนาดใหญ่ต้องการปริมาณน้ำดิบมาก

2) สภาพภูมิประเทศเหมาะสำหรับการไหลแบบอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity Flow)

3) จะต้องมีมาตรการในการป้องกันคุณภาพน้ำดิบจากการปนเปื้อนของมลภาวะต่างๆ ตามรายทาง

4) จะต้องมีแนวถนนขนานไปในแนวเดียวกันเพื่อการซ่อมแซมบำรุงรักษาคลองหรือราง

5) รูปแบบและขนาดเป็นไปตามการคำนวณทางชลศาสตร์

6) ความเร็วต่ำสุดของน้ำในคลองหรือรางเท่ากับ 0.30 เมตร/วินาที เพื่อป้องกันตะกอนตกค้างในคลองหรือราง ความเร็วสูงสุดของน้ำในคลอง หรือรางเท่ากับ 3.0 เมตร/วินาที ในกรณีดาดคอนกรีต เพื่อป้องกันเสียหายที่เกิดจากความเร็วของน้ำ

4.14 คุณภาพน้ำประปา

การผลิตน้ำประปา ซึ่งเป็นสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐานเพื่อความผาสุกและความปลอดภัยของประชาชน มีความจำเป็นต้องควบคุมคุณภาพน้ำประปาที่ผลิตให้เป็นไปตามมาตรฐาน เดิมยึดถือเกณฑ์คุณภาพน้ำประปา พ.ศ. 2543 ของกรมอนามัย เป็นเกณฑ์รับรองคุณภาพน้ำประปาดื่มได้ เพื่อสนับสนุนนโยบายการส่งเสริมสุขภาพที่ต้องการให้ประชาชนมีน้ำบริโภคที่สะอาดปลอดภัย อันจะส่งผลให้ประชาชนมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ซึ่งต่อมาได้มีการปรับปรุงเกณฑ์กำหนดเกณฑ์คุณภาพ

น้ำประปาขึ้นในปี พ.ศ. 2553 หลังจากใช้มาเป็นเวลา 10 ปี ทั้งนี้เพื่อรับรองเป็นน้ำประปาดื่มได้ โดยต้องมีคุณภาพไม่ด้อยไปกว่าเกณฑ์กำหนดในตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ พ.ศ. 2553 ของกรมอนามัย

คุณลักษณะ	ดัชนีคุณภาพ	ค่ามาตรฐานที่กำหนด	หน่วยวัด
ทางกายภาพ	1. กรด-ด่าง (pH)	6.5 – 8.5	-
	2. ความขุ่น (Turbidity)	ไม่เกิน 5	เอ็นทียู
	3. สี (Color)	ไม่เกิน 15	แพลทินัม-โคบอลท์
ทางเคมีทั่วไป	4. สารละลายทั้งหมดที่เหลือจากการระเหย(TDS)	ไม่เกิน 1,000	มิลลิกรัม/ลิตร
	5. ความกระด้าง (Hardness)	ไม่เกิน 500	
	6. ซัลเฟต ($SO^{=}_{4}$)	ไม่เกิน 250	มิลลิกรัม/ลิตร
	7. คลอไรด์ (Cl^{-})	ไม่เกิน 250	มิลลิกรัม/ลิตร
	8. ไนเตรท (NO^{-}_{3} as NO^{-}_{3})	ไม่เกิน 50	มิลลิกรัม/ลิตร
	9. ฟลูออไรด์ (F^{-})	ไม่เกิน 0.7	มิลลิกรัม/ลิตร
โลหะหนักทั่วไป	10. เหล็ก (Fe)	ไม่เกิน 0.5	มิลลิกรัม/ลิตร
	11. แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 0.3	มิลลิกรัม/ลิตร
	12. ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 1.0	มิลลิกรัม/ลิตร
	13. สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 3.0	มิลลิกรัม/ลิตร
โลหะหนักสารเป็นพิษ	14. ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.01	มิลลิกรัม/ลิตร
	15. โครเมียม (Cr)	ไม่เกิน 0.05	มิลลิกรัม/ลิตร
	16. แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.003	มิลลิกรัม/ลิตร
	17. สารหนู (As)	ไม่เกิน 0.01	มิลลิกรัม/ลิตร
	18. ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.001	มิลลิกรัม/ลิตร
แบคทีเรีย	19. โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform bacteria)	ตรวจไม่พบ	เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร
	20. ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal coliform bacteria)	ตรวจไม่พบ	เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร

หมายเหตุ : 1. คลอรีนอิสระคงเหลือ (Residual Free Chlorine) กำหนดให้มีที่ปลายเส้นท่อ 0.2 – 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ใช้ในระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำประปา

2. วิธีการตรวจวิเคราะห์เป็นไปตามวิธีการในหนังสือ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st 2005 APHA AWWA WEF.

3. ประกาศกรมอนามัย (13 ตุลาคม 2553)

4.15 ระบบผลิตน้ำประปา

ระบบผลิตน้ำประปามีวัตถุประสงค์เพื่อการปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบ ซึ่งไม่เป็นไปตามมาตรฐานน้ำอุปโภคบริโภค ให้มีคุณภาพดีขึ้นเป็นไปตามมาตรฐานน้ำอุปโภคบริโภค กรรมวิธีมีหลายรูปแบบ ซึ่งผู้ออกแบบจะต้องเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมประหยัด สะดวก และง่ายต่อการดูแลบำรุงรักษา ในทางปฏิบัติค่อนข้างมีความยุ่งยากซับซ้อน มีหลายปัจจัยที่จะต้องนำมาพิจารณาคำนวณออกแบบโดยเฉพาะเรื่องปริมาณและคุณภาพน้ำดิบของแต่ละพื้นที่ซึ่งไม่เหมือนกัน จึงไม่สามารถกำหนดเป็นกฎเกณฑ์ตายตัวให้สามารถปฏิบัติได้เหมือนกันในทุกพื้นที่ ในที่นี้จะเสนอเป็นแนวทางในการเลือกใช้ระบบผลิตน้ำประปาเบื้องต้นดังนี้

4.15.1 ระบบสร้างตะกอน (Coagulation and Flocculation)

ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ระบบผสมเร็ว (Rapid Mixing หรือ Coagulation) และระบบรวมตะกอน (Flocculation) ในปัจจุบันได้มีการคำนวณออกแบบระบบสร้างตะกอนหลายรูปแบบ บางรูปแบบก็เป็นลิขสิทธิ์ของบริษัทเอกชน ซึ่งได้ออกแบบทดสอบโดยการทำแบบจำลองใช้กับสภาพเป็นจริงในสนาม มีทั้งรูปแบบใช้หลักการทางชลศาสตร์ และแบบใช้เครื่องมือกล สำหรับระบบทั่วไปหรือ Convention System อาศัยหลักการทำให้น้ำเกิดการปั่นป่วนอย่างรวดเร็วโดยการทำให้น้ำตกผ่านสันฝาย หรือเกิด Hydraulic Jump เป็นระบบผสมเร็ว และอาศัยหลักการทำให้น้ำไหลผ่านคลองเวียน (Baffle Channel Type) เป็นระบบรวมตะกอน เกณฑ์การคำนวณออกแบบพิจารณา ดังนี้

1) ระบบผสมเร็วใช้ระยะเวลา (Detention time) 1 – 3 วินาที

2) ระบบสร้างตะกอน

- ความเร็วของน้ำในคลองเวียนหรือกวนช้า 0.1 – 0.2 เมตร/วินาที
- ระยะเวลาเก็บกัก (Dentention time) 15 – 20 นาที
- Velocity Gradient 40 – 90 วินาที

4.16 สารเคมีที่ใช้

สารเคมีที่ใช้ในระบบสร้างตะกอน โดยทั่วไปใช้สารส้ม ปูนขาว โซดาแอช แพค โพลีเมอร์ ปริมาณที่ใช้ขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำดิบพิจารณาจากการทดลองโดยวิธี Jar Test มีข้อแนะนำในการออกแบบใช้งานดังนี้

- เตรียมสารละลายสารส้มความเข้มข้น 5% -10%
- เตรียมสารละลายปูนขาวความเข้มข้น 2%

- เตรียมสารละลาย สารช่วยตกตะกอน ความเข้มข้น 0.2%

- ถังผสมและถังจ่ายควรมีอย่างละ 1 ถัง มีความจุใช้งานได้ไม่น้อยกว่า 1 วัน ตัวถังทำด้วยวัสดุทนการกัดกร่อนของสารเคมีได้ดี

4.17 ระบบตกตะกอน

การคำนวณออกแบบระบบตกตะกอนมีหลายรูปแบบ บางรูปแบบเป็นลิขสิทธิ์ของบริษัทเอกชน มีทั้งรูปแบบใช้หลักการทางชลศาสตร์ และแบบใช้เครื่องมือกลสำหรับระบบทั่วไป หรือ Convention System อาศัยหลักการให้น้ำไหลผ่าน ถังสี่เหลี่ยมผืนผ้าในแนวนอนอย่างช้าๆ เพื่อให้ตะกอนซึ่งมีน้ำหนัก ตกสู่ก้นถังแยกตัวออกจากน้ำดิบทำให้น้ำที่ผ่านการตกตะกอนมีคุณภาพน้ำดีขึ้น เกณฑ์การคำนวณออกแบบสำหรับระบบตกตะกอนแบบ Convention System พิจารณาดังนี้

- กำลังผลิต 50 ลบ.ม./ชม.หรือน้อยกว่าใช้ถังตกตะกอน 1 ชุด
- กำลังผลิตมากกว่า 50 ลบ.ม./ชม.หรือน้อยกว่าใช้ถังตกตะกอน 2 ชุด
- ระยะเวลาเก็บกักน้ำในถังตกตะกอน (Detention time) 2 – 4 ชม. ของกำลังผลิต
- ความเร็วของน้ำในถังตกตะกอนน้อยกว่า 40 เซนติเมตร/นาที
- ความลึกของน้ำในถังตกตะกอน 3 – 4 เมตร
- ความเร็วของถัง ความยาวของถังเท่ากับ 1 : 3 ถึง 1 : 5
- ความเร็วในการตกตะกอน (Surface Loading Rate) 5 – 15 มิลิเมตร/นาที
- อัตราไหลของน้ำฝายน้ำล้นทางออกต้องน้อยกว่า 500 ลบ.ม./วัน/ม.

4.18 ระบบกรองเร็วโดยใช้ทรายเป็นตัวกลาง (Rapid Sand Filtration)

ระบบกรองเร็วโดยใช้ทรายเป็นตัวกลางในการกรอง เป็นที่นิยมใช้อย่างกว้างขวางเนื่องจากทรายเป็นวัสดุธรรมชาติที่หาได้ง่ายราคาถูก มีรูปแบบ 2 ชนิดที่ใช้ คือ การกรองเร็วโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity Type Sand Filter) และการกรองเร็วโดยอาศัยแรงดัน (Pressure Type Rapid Sand Filter) อย่างไรก็ตามในปัจจุบันได้มีการใช้ แอนทราไซท์ เป็นตัวกลางในการกรองรวมกับทรายในระบบตัวกลางในการกรอง 2 ชั้น (Dual – Media Filter) ระบบกรองเร็วดังกล่าวนี้วิธีการทำความสะอาดทรายหรือแอนทราไซด์ ซึ่งเป็นตัวกลางในการกรองน้ำ จะใช้ระบบล้างย้อน (Backwash System) โดยการใช้น้ำสะอาดอาศัยแรงดันน้ำย้อน ให้น้ำผ่านชั้นกรองน้ำเพื่อให้ตัวกลางในการกรองน้ำขยายตัวเกิดการขัดสีกันเอง ทำให้สิ่งสกปรกที่ตกค้างอยู่ในสารกรองน้ำหลุดออกไปกับน้ำที่ที่ล้างย้อนนี้ อัตราการไหล และแรงดันน้ำในระบบการล้างย้อนจะต้องมีความเหมาะสมจึงจะได้ผลเต็ม

ประสิทธิภาพนอกจากระบบล้างย้อนตามที่ได้กล่าวไว้แล้ว เพื่อให้ได้ผลการล้างทรายกรองมีประสิทธิภาพดีขึ้นอีกสามารถทำได้โดยการเพื่อระบบการล้างที่ผิวหน้าทรายกรองอีกระบบหนึ่ง เพื่อช่วยเสริมระบบล้างย้อนตามปกติ ระบบการล้างทรายกรองหากปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสม จะทำให้อายุการกรองน้ำ (Filter Run) ยาวนานมากขึ้น ทรายกรองใช้งานได้นานขึ้นและประหยัดน้ำล้างกรองมากขึ้น เกณฑ์การพิจารณาใช้สารกรอง ดังนี้

ตารางที่ 4-8 การใช้ทรายและกรวดเป็นสารกรอง

วัสดุ	ขนาดประสิทธิผล (Effective Size) (มม.)	ความหนา (ม.)
ทราย	0.45-0.70	0.6-0.7
กรวด	2-5	0.1
กรวด	5-10	0.1
กรวด	10-15	0.1
กรวด	15-30	0.1

สัมประสิทธิความสม่ำเสมอของทราย (Uniformity Coefficient) 1.3-1.7

ตารางที่ 4-9 การใช้ทรายและแอนทราไซด์ สารกรอง 2 ชั้น (Dual – Media Filter)

วัสดุ	ขนาดประสิทธิผล (มม.)	ความถ่วงจำเพาะ	ความหนา (ม.)
แอนทราไซด์	≈1.6	≈1.5	0.60 ม.
ทราย	≈0.8	≈2.6	0.40 .

4.18.1 เกณฑ์การพิจารณาอัตรากรองและการล้างกรองกรณีเป็น Gravity Filter

- อัตราการกรอง อยู่ระหว่าง 5-15 $ม^3/ม^2/วัน$)
- กำลังผลิต 50 $ม^3$/ชม. หรือน้อยกว่าใช้บ่อกรอง 1 บ่อ กำลังผลิตมากกว่า 500 $ม^3$/ชม. ใช้บ่อกรอง 2 บ่อ ขึ้นไป เมื่อล้างบ่อกรองหนึ่งบ่อ บ่อกรองอื่นๆจะยังสามารถทำงานได้ต่อไป
- ระดับน้ำเหนือทรายกรองไม่เกิน 1.50 ม.
- แรงดันน้ำล้างหน้าทรายกรอง 1.5-2.0 กก./ซม.^{2}
- อัตราการไหลของน้ำล้างหน้าทรายกรอง 0.15-0.20 $ม^3/ม^2$/นาที

- ระยะเวลาการล้างหน้าทรายกรอง 4-6 นาที
- แรงดันน้ำล้างย้อน 0.25-0.50 กก./ซม.^{2}
- ระบบรับน้ำกรอง (Filter Bottom) ใช้แบบท่อก้างปลา อิฐที่รูพรุนหรือหัวกรองน้ำ
- อัตราการไหลของน้ำล้างย้อน 0.5-0.7 ม^3 /ม^2/นาที

หมายเหตุ แรงดันน้ำล้างย้อน และน้ำล้างหน้าผิวทรายกรองเป็นแรงดันน้ำที่จุดสัมผัสกับทรายกรอง

4.19 ระบบกรองช้าโดยใช้ทรายเป็นตัวกลาง (Slow Sand Filter)

ระบบกรองช้าอาศัยหลักการให้น้ำผ่านตัวกลางด้วยอัตราต่ำๆ ใช้ทรายที่มีขนาดเล็กจุลินทรีย์จะก่อตัวเป็นแผ่นฟิล์มบนผิวทรายกรอง จุลินทรีย์เหล่านี้จะมีหลายชนิดซึ่งจะทำปฏิกิริยาเคมี และชีววิทยา ย่อยสลาย อินทรีย์สารและเชื้อโรคต่างๆ เช่นเชื้อแบคทีเรียและไวรัส ที่ปนมากับน้ำดิบอันก่อให้เกิดโรคภัยไข้เจ็บ ด้วยความละเอียดของเม็ดทรายกรอง อัตราการกรองน้ำที่ช้าและการเกิดปฏิกิริยาเคมีและชีววิทยาในระบบกรองช้าดังกล่าว ทำให้ระบบกรองช้าให้ผลในการผลิตน้ำประปาที่มีคุณภาพน้ำดีมาก สะอาดปลอดภัยจากเชื้อโรค อย่างไรก็ตามน้ำดิบที่เข้าสู่ระบบกรองช้าจะต้องมีคุณภาพน้ำดิบดีและเหมาะสม

เกณฑ์การคำนวณออกแบบพิจารณาดังนี้

- อัตราการกรองน้ำ 4-5 ม^3 /ม^2/วัน
- ใช้บ่อกรองอย่างน้อย 2 บ่อต่อ 1 ระบบหากเป็นไปได้ให้ใช้ 3 บ่อ อัตราการกรองต้องไม่เกิน 0.20 ม./ซม. ในกรณีฉุกเฉินหรือกำลังล้างบ่อกรองอื่นๆ
- ความหนาของชั้นทรายกรอง 1.00-1.20 ม.
- ทรายกรองที่ใช้มีค่าขนาดประสิทธิผล (Effective Size) 0.15- 0.35 มม. และค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (Uniformity Coefficient) น้อยกว่า 5
- ระดับน้ำเหนือทรายกรอง 0.90-1.20 ม.
- การล้างทรายกรองใช้วิธีขุดผิวหน้าทรายกรองความหนา ประมาณ 1.50-2.00 ซม.ผิวหน้าทรายกรองที่ขุดออก ไปอาจนำไปล้างทำความสะอาดด้วยน้ำ แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ การล้างควรจะทำทันทีหลังจากนำออกจากถัง หรือจะใช้วิธีซื้อทรายกรองใหม่มาเตรียมแทนที กรณีความหนาของชั้นทรายกรองเหลือน้อยกว่า 0.60 ม.

4.20 การเติมอากาศ

การเติมอากาศมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำ ลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไฮโดรเจนซัลด์ และก๊าซที่เกิดจากอินทรีย์สารต่างๆ ในน้ำอันเป็นสาเหตุทำให้น้ำทีกลิ่น รส

การเติมอากาศนิยมใช้การปรับปรุงคุณภาพน้ำจากบ่อบาดาล ที่มีสารสะสายเหล็กและแมงกานีสเจือปนอยู่ และในกรณีแหล่งน้ำผิวดินนิยมใช้กำจัดอินทรีย์สารที่เจือปนอยู่ในน้ำดิบปริมาณมากๆ

การเติมอากาศอาศัยหลักการ ทำให้น้ำมีพื้นผิวสัมผัสกับอากาศให้มากที่สุดและนานที่สุดเพื่อให้น้ำมีโอกาสดูดซับออกซิเจนในอากาศและคายคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไฮโดรเจนซัลไฟด์และก๊าซอินทรีย์สารต่างๆ ที่ละลายในน้ำวิธีการเติมอากาศมีหลายวิธีการดังนี้

- แบบน้ำตก (Waterfall Aerator)
- แบบ Spray Nozzle
- แบบถาดหลายชั้น (Multiple Tray)
- แบบฟองอากาศ (Diffusions , Bubble Aerator)
- แบบอัดอากาศ (Air Compressor)
- แบบใช้เครื่องกล (Mechanical Aerator)

โดยทั่วไปสำหรับระบบประปาขนาดเล็กนิยมใช้แบบ Spray Type และ Multiple Tray Type เกณฑ์การคำนวณออกแบบพิจารณา ดังนี้

4.20.1 Spray Nozzle Type

การออกแบบจะขึ้นอยู่กับหัวฉีด (Nozzle) ที่มีขายในท้องตลาด ต้องตรวจสอบและพิจารณาจากแค๊ตตาล๊อกของบริษัทผู้ผลิต

- เส้นผ่านศูนย์กลางของหัวฉีด 2.5-4.0 ซม.
- อัตราการไหลของน้ำผ่านหัวฉีด 250-500 ลิตร/นาที ที่ความดัน 0.70 กก./ซม^2
- ระยะห่างหัวฉีด 0.5-3.0 ม.
- พื้นที่ Aerator 3.0-9.0 ม^3 /ม^2/ซม.

4.20.2 Multiple Tray Type

นิยมใช้กรวด หิน อิฐดินเผา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.0-15.0 ซม. บรรจุไว้ในถาดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของ Aerator ให้การกระจายของน้ำดีขึ้นมีพื้นที่สัมผัสกับอากาศมากขึ้น

- จำนวนถาด 3-9 ถาด
- ระยะห่างของถาด 30-75 ซม.
- พื้นที่ถาด 80-240 $ม^3/ม^2/ชม.$
- อัตราการไหลของน้ำผ่านถาด 50-75 $ม^3/ชม./ม^2$

4.21 ระบบจ่ายน้ำประปา

มีวัตถุประสงค์เพื่อจ่ายน้ำประปาที่ถูกสุขอนามัย สะอาด ปลอดภัย ไปยังผู้ใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค ด้วยปริมาณและความดันเพียงพอและเหมาะสม เกณฑ์การคำนวณออกแบบพิจารณาดังนี้

- ในกรณีที่สภาพภูมิประเทศเอื้ออำนวยให้ หากสามารถจ่ายน้ำจากถังน้ำใสโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงตามธรรมชาติไปยังผู้ใช้น้ำ ให้เลือกวิธีการนี้เป็นวิธีแรก

- ระบบท่อจ่ายน้ำประปาต้องออกแบบให้สามารถรองรับอัตราการใช้น้ำ ในชั่วโมงการใช้น้ำสูงสุด (Max.hr) หรือ รองรับอัตราการใช้น้ำในวันใช้น้ำสูงสุดรวมกับปริมาณน้ำดับเพลิงแล้วแต่ค่าไหนจะมากกว่ากัน

- ความดันน้ำในระบบท่อจ่ายน้ำประปาต่ำสุด 1.0 กก/ซม.$^{-2}$ กรณีระบบประปาหมู่บ้านต่ำสุด 5.0 กก/ซม.$^{-2}$ และสูงสุดไม่เกิน 4.0 กก/ซม.$^{-2}$

- ถังน้ำใสมีความจุ 6-10 ชั่วโมงของกำลังผลิตน้ำประปา กรณีระบบประปาหมู่บ้าน ความจุ 4-6 ชั่วโมงของกำลังผลิตน้ำประปา

- จำนวนเครื่องสูบน้ำแรงสูง ที่เหมาะสมใช้งานพิจารณาตามตางที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 เกณฑ์การออกแบบจำนวนเครื่องสูบที่เหมาะสม

อัตราการสูบ $ม^3/ชม.$	จำนวนเครื่องสูบน้ำที่ใช้งาน (ชุด)	จำนวนเครื่องสูบน้ำสำรอง (ชุด)	จำนวนรวมทั้งสิ้น (ชุด)
ไม่เกิน 125	1	1	1
120-450	ขนาดใหญ่ 1 ขนาดเล็ก 1	ขนาดใหญ่ 1	ขนาดใหญ่ 2 ขนาดเล็ก 1
มากกว่า 400	ขนาดใหญ่ 3-5 ขนาดเล็ก 1	ขนาดใหญ่ 1 หรือมากกว่า	ขนาดใหญ่ 4-6 ขนาดเล็ก 1

- อัตราการสูบน้ำออกแบบให้เท่ากับอัตราความต้องการน้ำในชั่วโมงใช้น้ำสูงสุด

- หอถังสูง มีความจุ 1-3 ชั่วโมงของกำลังผลิตน้ำประปา

- ท่อเมนหลักขนาดเล็กสุด เส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม. ขนาดเล็กสุดของท่อเมนรองเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มม. ยกเว้นระบบประปาหมู่บ้านท่อเมนหลักอาจเล็กกว่าเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม.

- ความเร็วของน้ำในท่อจ่ายน้ำประปา ที่แนะนำในการออกแบบ ดังแสดงในตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4-11 ความเร็วของน้ำในท่อจ่ายน้ำประปาที่แนะนำ

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มม.)	ความเร็วของน้ำในท่อ (ม./วินาที)
50-75	0.6-0.8
75-150	0.7-1.0
200-300	0.8-1.2
350-600	0.9-1.4

- ชนิดท่อ ท่อจ่ายน้ำประปามีหลายชนิด เป็นท่อเหล็ก ท่อคอนกรีต ท่อซีเมนใยหิน ท่อพีวีซี ท่อเอชดีพีอี ท่อไฟเบอร์กลาส เป็นต้น การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับราคา สภาพความเหมาะสมกับพื้นที่ใช้งาน ความสะดวกในการดูแลบำรุงรักษา เป็นต้น

- ความลึกในการวางท่อ สำหรับท่อวางใต้ผิวถนนให้วางท่อลึกจากผิวถนนถึงหลังท่อไม่น้อยกว่า 100 ซม.สำหรับพื้นผิวอื่นๆไม่น้อยกว่า 80 ซม. ทั้งนี้ให้พิจารณาจากข้อแนะนำของบริษัทผู้ผลิตท่อ หรือตามข้อกำหนดในแบบแปลน

- ให้ติดตั้งประตูน้ำตัดตอน ที่ระยะ 500 – 1,000 เมตร ที่ท่อแยก ท่อ Siphon ก่อนและหลังท่อที่วางบนสะพานรับท่อ และแนวท่ออื่นๆ เผื่อไว้กรณีซ่อมแซม

- ประตูระบายอากาศ (Air Value) ติดตั้งที่ท่อบนสะพานรับท่อและจุดที่แนวท่ออยู่ในระดับสูง

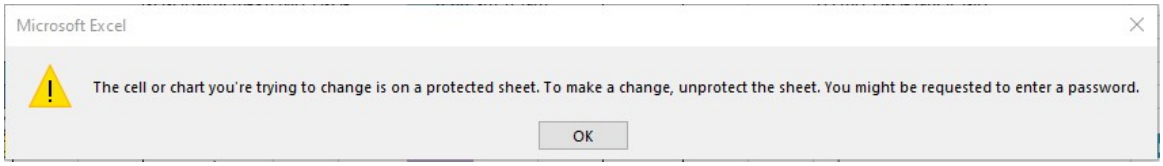
- ประตูระบายน้ำ (Blow off) ติดตั้งที่จุดต่ำของแนวท่อเพื่อการระบายน้ำและตะกอน

- หัวดับเพลิง ติดตั้งในจุดที่เหมาะสม เช่น ชุมชน ตลาด ร้านค้า ถนนทางแยก ในกรณีชุมชนอาจติดตั้งห่างกัน 100 – 200 เมตร

- มาตรวัดน้ำหลักติดตั้งที่บริเวณการประปา และมาตรวัดน้ำย่อยที่บ้านของผู้ใช้น้ำ

บทที่ 5
การออกแบบระบบประปาบาดาล

เพื่อให้ง่ายในการออกแบบระบบประปาหมู่บ้าน ที่ใช้แหล่งน้ำบาดาล ผู้เขียนได้จัดทำรายการคำนวณระบบประปาบาดาล โดยใช้โปรแกรม Excel เพื่ออำนวยความสะดวกต่อการคำนวณออกแบบระบบประปา โดยเขียนสูตรการคำนวณเชื่อมโยงจากเซลล์ที่ต้องป้อนข้อมูล ซึ่งกำหนดให้เป็นเซลล์ที่มีสีเหลือง โปรแกรมจะเชื่อมโยงไปยังเซลล์ที่บรรจุสูตรที่เกี่ยวข้อง เพื่อแปรผลการคำนวณทันทีที่บรรจุข้อมูล ตารางข้อมูลดังกล่าวเป็นตารางที่ได้ทำการป้องกันแผ่นงานเรียบร้อยแล้ว ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการผิดพลาดจากการพิมพ์ทับเซลล์ที่มีสูตรการคำนวณ อนุญาตให้พิมพ์เฉพาะข้อมูลในเซลล์ที่มีสีเหลืองเท่านั้น สำหรับเซลล์อื่นๆ ไม่สามารถบรรจุข้อมูลใดๆ ได้ หากมีการพิมพ์ในเซลล์อื่นๆ จะปรากฏข้อความแจ้งเตือนทันทีว่า “เซลล์ที่ท่านกำลังพยายามเปลี่ยนแปลงได้ถูกป้องกันไว้ หากท่านต้องการเปลี่ยนแปลง ให้ยกเลิกการป้องกันแผ่นงาน โดยท่านจะต้องใส่รหัสผ่าน” ดังรูปที่ 5-1



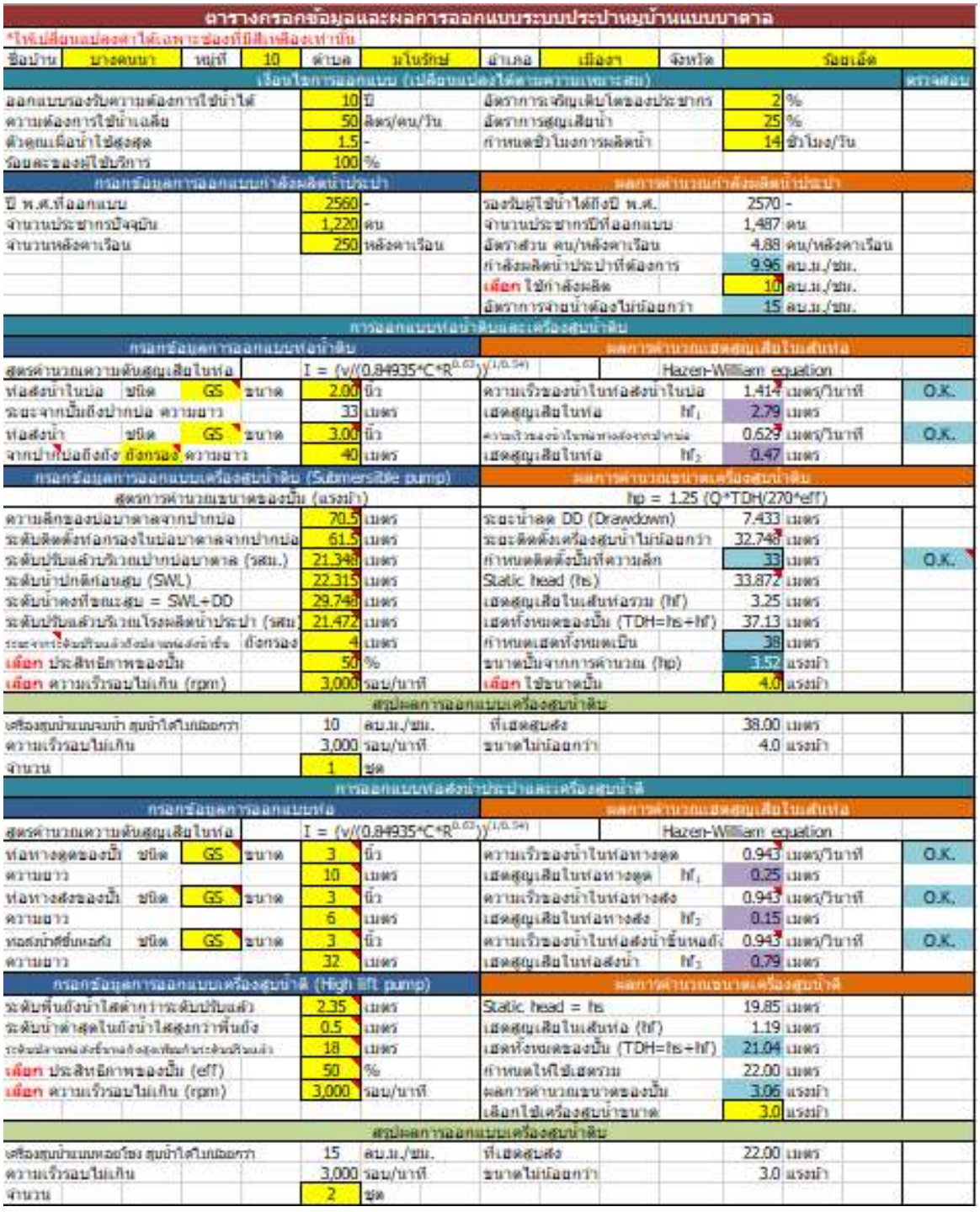
รูปที่ 5-1 ข้อความเตือนกรณีพิมพ์ข้อมูลนอกเซลล์ที่มีสีเหลือง

5.1 การใช้งานแฟ้มข้อมูล “คำนวณประปาหมู่บ้านบาดาล (ป้องกัน)”

ขั้นตอนที่ 1 เปิดโปรแกรม Excel

ขั้นตอนที่ 2 เปิดแฟ้มข้อมูล “คำนวณประปาหมู่บ้านบาดาล (ป้องกัน)” ซึ่งสามารถดาวน์โหลดจาก website : prapathai.com ของสำนักบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ หรือ save แฟ้มข้อมูลดังกล่าวไว้ใช้งาน แฟ้มข้อมูลจะลักษณะดังแสดงในรูปที่ 5-2 มีองค์ประกอบของข้อมูลและรายการคำนวณ ดังนี้

- ตารางกรอกข้อมูลสถานที่ออกแบบระบบประปา
- เงื่อนไขการออกแบบ (Design criteria)
- การออกแบบขนาดกำลังผลิต
- การออกแบบท่อน้ำดิบและเครื่องสูบน้ำดิบ
- การออกแบบท่อส่งน้ำประปาและเครื่องสูบน้ำดี



ตารางกรอกข้อมูลและผลการออกแบบระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาล									
*ให้เปลี่ยนแปลงค่าได้เฉพาะช่องที่มีสีเหลืองเท่านั้น									
ชื่อบ้าน	บางคนนา	หมู่ที่	10	ตำบล	มโนรักษ์	อำเภอ	เมืองฯ	จังหวัด	ร้อยเอ็ด
เงื่อนไขการออกแบบ (เปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสม)									ตรวจสอบ
ออกแบบรองรับความต้องการใช้น้ำได้			10	ปี	อัตราการเจริญเติบโตของประชากร			2	%
ความต้องการใช้น้ำเฉลี่ย			50	ลิตร/คน/วัน	อัตราการสูญเสียน้ำ			25	%
ตัวคูณเผื่อน้ำใช้สูงสุด			1.5	-	กำหนดชั่วโมงการผลิตน้ำ			14	ชั่วโมง/วัน
ร้อยละของผู้ใช้บริการ			100	%					
กรอกข้อมูลการออกแบบกำลังผลิตน้ำประปา					ผลการคำนวณกำลังผลิตน้ำประปา				
ปี พ.ศ.ที่ออกแบบ			2560	-	รองรับผู้ใช้น้ำได้ถึงปี พ.ศ.			2570	-
จำนวนประชากรปัจจุบัน			1,220	คน	จำนวนประชากรปีที่ออกแบบ			1,487	คน
จำนวนหลังคาเรือน			250	หลังคาเรือน	อัตราส่วน คน/หลังคาเรือน			4.88	คน/หลังคาเรือน
					กำลังผลิตน้ำประปาที่ต้องการ			9.96	ลบ.ม./ชม.
					เลือก ใช้กำลังผลิต			10	ลบ.ม./ชม.
					อัตราการจ่ายน้ำต้องไม่น้อยกว่า			15	ลบ.ม./ชม.
การออกแบบท่อน้ำดิบและเครื่องสูบน้ำดิบ									
กรอกข้อมูลการออกแบบท่อน้ำดิบ					ผลการคำนวณแรงเสียดทานในท่อ				
สูตรคำนวณความดันสูญเสียในท่อ			I = (v/(0.84935*C*R^0.63))^(1/0.54)		Hazen-William equation				
ท่อส่งน้ำในบ่อ ชนิด	GS	ขนาด	2.00	นิ้ว	ความเร็วของน้ำในท่อส่งน้ำในบ่อ			1.414	เมตร/วินาที
ระยะจากปั๊มถึงปากบ่อ ความยาว			33	เมตร	เฮดสูญเสียในท่อ	hf_1		2.79	เมตร
ท่อส่งน้ำ ชนิด	GS	ขนาด	3.00	นิ้ว	ความเร็วของน้ำในท่อส่งจากปากบ่อ			0.629	เมตร/วินาที
จากปากบ่อถึงถัง ถังกรอง ความยาว			40	เมตร	เฮดสูญเสียในท่อ	hf_2		0.47	เมตร
กรอกข้อมูลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบ (Submersible pump)					ผลการคำนวณขนาดเครื่องสูบน้ำดิบ				
สูตรการคำนวณขนาดของปั๊ม (แรงม้า)					hp = 1.25 (Q*TDH/270*eff)				
ความลึกของบ่อบาดาลจากปากบ่อ			70.5	เมตร	ระยะน้ำลด DD (Drawdown)			7.433	เมตร
ระดับติดตั้งท่อกรองในบ่อบาดาลจากปากบ่อ			61.5	เมตร	ระยะติดตั้งเครื่องสูบน้ำไม่น้อยกว่า			32.748	เมตร
ระดับปรับแล้วบริเวณปากบ่อบาดาล (วสม.)			21.348	เมตร	กำหนดติดตั้งปั๊มที่ความลึก			33	เมตร
ระดับน้ำปกติก่อนสูบ (SWL)			22.315	เมตร	Static head (hs)			33.872	เมตร
ระดับน้ำลงที่ขณะสูบ = SWL+DD			29.748	เมตร	เฮดสูญเสียในเส้นท่อรวม (hf)			3.25	เมตร
ระดับปรับแล้วบริเวณโรงผลิตน้ำประปา (วสม.)			21.472	เมตร	เฮดทั้งหมดของปั๊ม (TDH=hs+hf)			37.13	เมตร
ระยะจากระดับปรับแล้วถึงน้ำลงต่ำสุดที่ยอมให้	ถังกรอง		4	เมตร	กำหนดเฮดทั้งหมดเป็น			38	เมตร
เลือก ประสิทธิภาพของปั๊ม			50	%	ขนาดปั๊มจากการคำนวณ (hp)			3.52	แรงม้า
เลือก ความเร็วรอบไม่เกิน (rpm)			3,000	รอบ/นาที	เลือก ใช้ขนาดปั๊ม			4.0	แรงม้า
สรุปผลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบ									
เครื่องสูบน้ำแบบจุ่มน้ำ สูบน้ำได้ไม่น้อยกว่า			10	ลบ.ม./ชม.	ที่เฮดสูบสูง			38.00	เมตร
ความเร็วรอบไม่เกิน			3,000	รอบ/นาที	ขนาดไม่น้อยกว่า			4.0	แรงม้า
จำนวน			1	ชุด					
การออกแบบท่อส่งน้ำประปาและเครื่องสูบน้ำดี									
กรอกข้อมูลการออกแบบท่อ					ผลการคำนวณแรงเสียดทานในท่อ				
สูตรคำนวณความดันสูญเสียในท่อ			I = (v/(0.84935*C*R^0.63))^(1/0.54)		Hazen-William equation				
ท่อทางดูดของปั๊ม ชนิด	GS	ขนาด	3	นิ้ว	ความเร็วของน้ำในท่อทางดูด			0.943	เมตร/วินาที
ความยาว			10	เมตร	เฮดสูญเสียในท่อทางดูด	hf_1		0.25	เมตร
ท่อทางส่งของปั๊ม ชนิด	GS	ขนาด	3	นิ้ว	ความเร็วของน้ำในท่อทางส่ง			0.943	เมตร/วินาที
ความยาว			6	เมตร	เฮดสูญเสียในท่อทางส่ง	hf_2		0.15	เมตร
ท่อส่งน้ำดีขึ้นหอถัง ชนิด	GS	ขนาด	3	นิ้ว	ความเร็วของน้ำในท่อส่งน้ำขึ้นหอถัง			0.943	เมตร/วินาที
ความยาว			32	เมตร	เฮดสูญเสียในท่อส่งน้ำ	hf_3		0.79	เมตร
กรอกข้อมูลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดี (High lift pump)					ผลการคำนวณขนาดเครื่องสูบน้ำดี				
ระดับพื้นถังน้ำใสต่ำกว่าระดับปรับแล้ว			2.35	เมตร	Static head = hs			19.85	เมตร
ระดับน้ำต่ำสุดในถังน้ำใสสูงกว่าพื้นถัง			0.5	เมตร	เฮดสูญเสียในเส้นท่อ (hf)			1.19	เมตร
ระดับน้ำต่ำสุดที่ยอมให้ลดลงได้จากระดับปรับแล้ว			18	เมตร	เฮดทั้งหมดของปั๊ม (TDH=hs+hf)			21.04	เมตร
เลือก ประสิทธิภาพของปั๊ม (eff)			50	%	กำหนดให้ใช้เฮดรวม			22.00	เมตร
เลือก ความเร็วรอบไม่เกิน (rpm)			3,000	รอบ/นาที	ผลการคำนวณขนาดของปั๊ม			3.06	แรงม้า
					เลือกใช้เครื่องสูบน้ำขนาด			3.0	แรงม้า
สรุปผลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบ									
เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง สูบน้ำได้ไม่น้อยกว่า			15	ลบ.ม./ชม.	ที่เฮดสูบส่ง			22.00	เมตร
ความเร็วรอบไม่เกิน			3,000	รอบ/นาที	ขนาดไม่น้อยกว่า			3.0	แรงม้า
จำนวน			2	ชุด					

รูปที่ 5-2 ลักษณะแฟ้มข้อมูล “คำนวณประปาหมู่บ้านบาดาล (ป้องกัน)”

ขั้นตอนที่ 3 กรอกข้อมูลชื่อหมู่บ้าน หมู่ที่ ตำบล อำเภอ จังหวัด ดังแสดงในรูปที่ 5-3

ตารางกรอกข้อมูลและผลการออกแบบระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาล									
*ให้เปลี่ยนแปลงค่าได้เฉพาะช่องที่มีสีเหลืองเท่านั้น									
ชื่อบ้าน	บางคนนา	หมู่ที่	10	ตำบล	มโนรักษ์	อำเภอ	เมืองฯ	จังหวัด	ร้อยเอ็ด

รูปที่ 5-3 ตารางกรอกข้อมูลสถานที่ตั้งระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาล

5.2 การกำหนดเงื่อนไขการออกแบบ (Design Period)

ขั้นตอนที่ 4 การกำหนดเงื่อนไขการออกแบบ สามารถเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสมของพื้นที่ที่ทำการออกแบบ หากมีข้อมูลหรือสถิติที่สำรวจเป็นข้อมูลที่น่าเชื่อถือ ในเบื้องต้นกำหนดไว้ ดังนี้

- ออกแบบรองรับความต้องการใช้น้ำได้ (Design Period) 10 ปี
- อัตราการเจริญเติบโตของประชากร (Growth Rate) ร้อยละ 2 ต่อปี
- ความต้องการใช้น้ำเฉลี่ย 50 ลิตร/คน/วัน
- อัตราการสูญเสียน้ำร้อยละ 25
- ตัวคูณเผื่อน้ำใช้สูงสุด 1.5
- กำหนดชั่วโมงการผลิตน้ำ 14 ชั่วโมงต่อวัน
- ร้อยละของผู้ใช้บริการน้ำประปา 100 %

เงื่อนไขการออกแบบ (เปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสม)						ตรวจสอบ
ออกแบบรองรับความต้องการใช้น้ำได้	10	ปี	อัตราการเจริญเติบโตของประชากร	2	%	
ความต้องการใช้น้ำเฉลี่ย	50	ลิตร/คน/วัน	อัตราการสูญเสียน้ำ	25	%	
ตัวคูณเผื่อน้ำใช้สูงสุด	1.5	-	กำหนดชั่วโมงการผลิตน้ำ	14	ชั่วโมง/วัน	
ร้อยละของผู้ใช้บริการ	100	%				

รูปที่ 5-4 ตารางกรอกเงื่อนไขการออกแบบ (Design Criteria)

5.3 การคำนวณขนาดกำลังผลิตน้ำประปา

กรอกข้อมูลการออกแบบกำลังผลิตน้ำประปา ในส่วนที่อยู่ซ้ายมือ ซึ่งจะแสดงผลการคำนวณขนาดกำลังผลิตน้ำประปา ในส่วนที่อยู่ขวามือ ดังแสดงในรูปที่ 5-5 โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานตามหัวข้อที่ 5.3.1 และจะแสดงผลการคำนวณตามหัวข้อที่ 5.3.2

5.3.1 การกรอกข้อมูลเพื่อคำนวณกำลังผลิตน้ำประปา

ขั้นตอนที่ 5 การกรอกข้อมูลเพื่อคำนวณออกแบบขนาดกำลังผลิตน้ำประปาในส่วนที่อยู่ซ้ายมือ โดยจะแสดงผลการคำนวณกำลังผลิตน้ำประปาในส่วนที่อยู่ขวามือ ดังแสดงในรูปที่ 5-5 โดยต้องกรอกข้อมูลในส่วนที่อยู่ซ้ายมือ ดังนี้

- ปี พ.ศ. ปัจจุบัน ที่ทำการออกแบบ
- จำนวนประชากรปัจจุบัน (คน)
- จำนวนหลังคาเรือน (หลังคาเรือน)

5.3.2 ผลการคำนวณกำลังผลิตน้ำประปา

ผลการคำนวณกำลังผลิตน้ำประปาด้านขวามือ จะแสดงผล ดังนี้

- รองรับผู้ใช้น้ำได้ถึง ปี พ.ศ.....
- จำนวนประชากรที่ปีออกแบบ (คน)
- อัตราส่วน คน/หลังคาเรือน
- กำลังผลิตน้ำประปาที่ต้องการ (ลบ.ม./ชม.)
- ให้เลือก ใช้กำลังผลิตที่ใกล้เคียงกับผลการคำนวณ เช่น 2.5, 5.0, 10, 20 ลบ.ม./ชม.
- อัตราการจ่ายน้ำต้องไม่น้อยกว่า = ตัวคูณเผื่อ x กำลังผลิต (สำหรับออกแบบท่อจ่ายน้ำและเครื่องสูบน้ำดี)

กรอกข้อมูลการออกแบบกำลังผลิตน้ำประปา			ผลการคำนวณกำลังผลิตน้ำประปา		
ปี พ.ศ.ที่ออกแบบ	2560	-	รองรับผู้ใช้น้ำได้ถึงปี พ.ศ.	2570	-
จำนวนประชากรปัจจุบัน	1,220	คน	จำนวนประชากรปีที่ออกแบบ	1,487	คน
จำนวนหลังคาเรือน	250	หลังคาเรือน	อัตราส่วน คน/หลังคาเรือน	4.88	คน/หลังคาเรือน
			กำลังผลิตน้ำประปาที่ต้องการ	9.96	ลบ.ม./ชม.
			เลือก ใช้กำลังผลิต	10	ลบ.ม./ชม.
			อัตราการจ่ายน้ำต้องไม่น้อยกว่า	15	ลบ.ม./ชม.

รูปที่ 5-5 ตารางกรอกข้อมูลเพื่อคำนวณออกแบบขนาดกำลังผลิตน้ำประปาและผลการคำนวณ

5.4 การออกแบบท่อน้ำดิบและเครื่องสูบน้ำดิบ

กรอกข้อมูลการออกแบบท่อน้ำดิบที่จำเป็น ในส่วนที่อยู่ซ้ายมือ ซึ่งจะแสดงผลกรคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อ ในส่วนที่อยู่ขวามือ ดังแสดงในรูปที่ 5-6 โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานตามหัวข้อที่ 5.4.1 และจะแสดงผลการคำนวณตามหัวข้อที่ 5.4.2

5.4.1 การกรอกข้อมูลเพื่อคำนวณออกแบบท่อน้ำดิบ

ขั้นตอนที่ 6 กรอกข้อมูลการออกแบบท่อน้ำดิบเพื่อหาความดันสูญเสียในเส้นท่อ ดังนี้

- ข้อมูลท่อส่งน้ำในบ่อบาดาล ให้เลือกชนิดท่อจากปุ่มขวามือของเซลล์ มีท่อให้เลือก 3 ชนิด คือ ท่อ PVC, GS, AC ในที่นี้ให้เลือกท่อ GS (ท่อเหล็กอาบสังกะสี) พร้อมทั้งเลือกขนาดท่อ (นิ้ว) จากปุ่มขวามือของเซลล์ มีให้เลือกตั้งแต่ 0.5-8.0 นิ้ว ขนาดท่อที่เหมาะสมควรมีความเร็วของน้ำอยู่ในช่วง 0.3-2.0 เมตร/วินาที หากผลการคำนวณไม่อยู่ในช่วงนี้ การตรวจสอบจะแสดงผลเป็น “No.K.” เช่น ถ้าความเร็วของน้ำมากเกินแสดงว่าท่อมีขนาดเล็ก ให้เพิ่มขนาดท่อ ถ้าความเร็วของน้ำน้อยแสดงว่าท่อมีขนาดใหญ่ให้ลดขนาดท่อลง การคำนวณเพื่อหาเฮดสูญเสียในเส้นท่อ ใช้สูตร Hazen-William

- ความยาวของท่อที่อยู่ในบ่อบาดาล ตั้งแต่ระดับติดตั้งปั้มจนถึงระดับปากบ่อน้ำบาดาล (เมตร) ข้อมูลส่วนนี้ไม่ต้องกรอกเนื่องจาก จะนำผลคำนวณระดับติดตั้งเครื่องสูบน้ำมาเชื่อมโยงกับเซลล์นี้
- ความยาวของท่อจากปากบ่อถึงปลายท่อส่งน้ำถึง ถังน้ำใส ถังกรอง หรือหอถังสูง ให้เลือกจากปุ่มขวามือของเซลล์ ในที่นี้เลือก ถังกรอง เนื่องจากเมื่อดูจากแบบแปลนเป็นการสูบน้ำจากบ่อน้ำบาดาล โดยมีปลายท่อส่งน้ำที่ tray aerator เหนือถังกรองทราย ทั้งนี้ให้เลือกขนาดท่อจากปุ่มขวามือของเซลล์ โดยอาศัยหลักการเลือกขนาดท่อตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น

5.4.2 ผลการคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อ

ผลการคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อจะแสดงผลในส่วนที่อยู่ขวามือ มีรายละเอียด ดังนี้

- ความเร็วของน้ำในท่อส่งน้ำที่อยู่ในบ่อน้ำบาดาล ค่าที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 0.3-2.0 เมตร/วินาที
- เฮดสูญเสียในท่อส่งน้ำที่อยู่ในบ่อน้ำบาดาล hf_1 หน่วยเป็นเมตร
- ความเร็วของน้ำในท่อส่งน้ำจากปากบ่อน้ำบาดาล ถึงปลายท่อส่งน้ำที่ถังกรองทราย
- เฮดสูญเสียในท่อส่งน้ำจากปากบ่อน้ำบาดาล ถึงปลายท่อส่งน้ำที่ถังกรองทราย hf_2 หน่วยเป็นเมตร

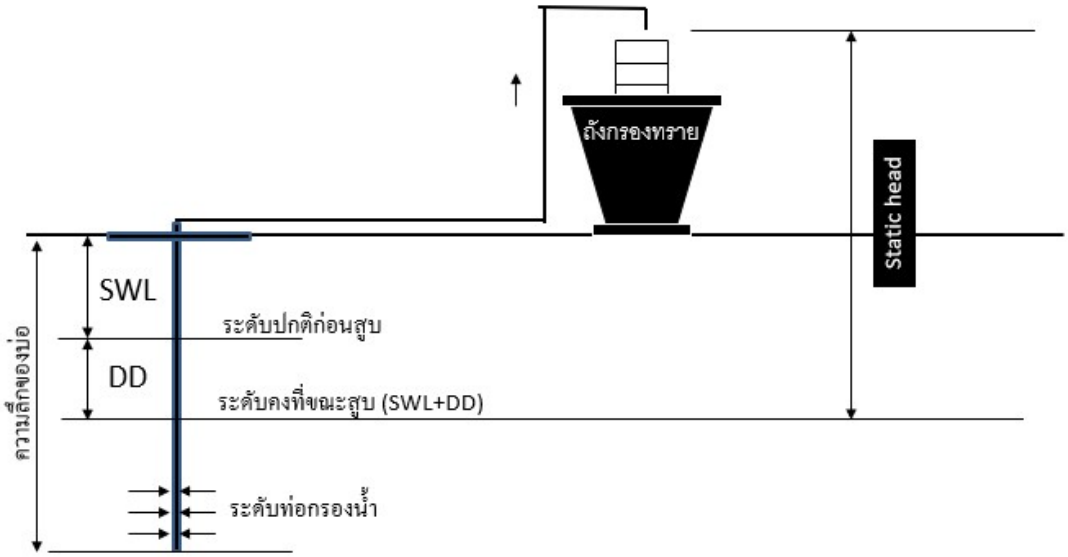
กรอกข้อมูลการออกแบบท่อน้ำดิบ						ผลการคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อ			
สูตรคำนวณความดันสูญเสียในท่อ		I = (v/(0.84935*C*R$^{0.63}$))$^{(1/0.54)}$				Hazen-William equation			
ท่อส่งน้ำในบ่อ	ชนิด	GS	ขนาด	2.00	นิ้ว	ความเร็วของน้ำในท่อส่งน้ำในบ่อ	1.414	เมตร/วินาที	O.K.
ระยะจากปั๊มถึงปากบ่อ	ความยาว			33	เมตร	เฮดสูญเสียในท่อ	hf_1	2.79	เมตร	
ท่อส่งน้ำ	ชนิด	GS	ขนาด	3.00	นิ้ว	ความเร็วของน้ำในท่อทางส่งจากปากบ่อ		0.629	เมตร/วินาที	O.K.
จากปากบ่อถึงถัง	ถังกรอง	ความยาว		40	เมตร	เฮดสูญเสียในท่อ	hf_2	0.47	เมตร	

รูปที่ 5-6 ตารางกรอกข้อมูลเพื่อคำนวณออกแบบท่อน้ำดิบ

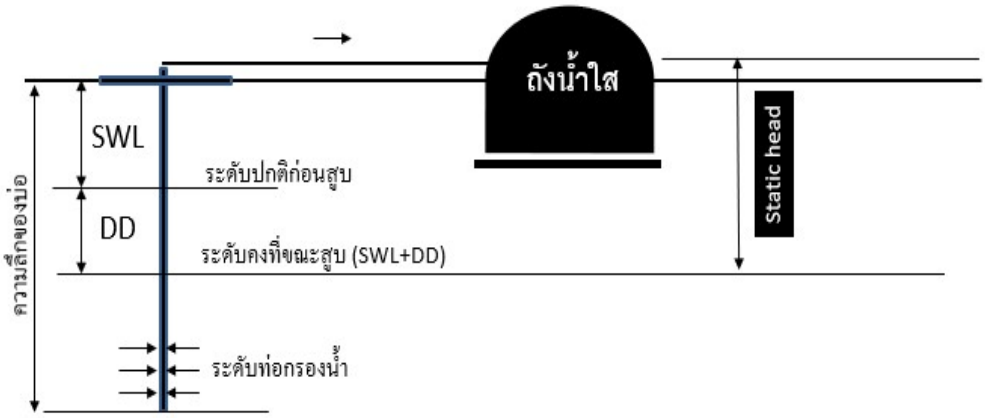
5.4.3 การกรอกข้อมูลเพื่อคำนวณออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบ (Submersible Pump)

ขั้นตอนที่ 7 การกรอกข้อมูลเพื่อออกแบบเครื่องสูบน้ำ มีข้อมูลที่เกี่ยวข้องสำหรับคำนวณหาเฮดทั้งหมด Total dynamic head (TDH) ซึ่งเป็นผลรวมของ เฮดสถิตย์ Static head (hs) + เฮดสูญเสียในเส้นท่อทั้งหมด (hf_1 + hf_2) สำหรับการหา เฮดสถิตย์ Static head เมื่อสูบน้ำจากบ่อน้ำบาดาลไปยังถังกรอง ถังน้ำใส หรือหอถังสูง ดังแสดงในรูปที่ 5-7 ถึง 5-9 ประกอบด้วยข้อมูล ดังนี้

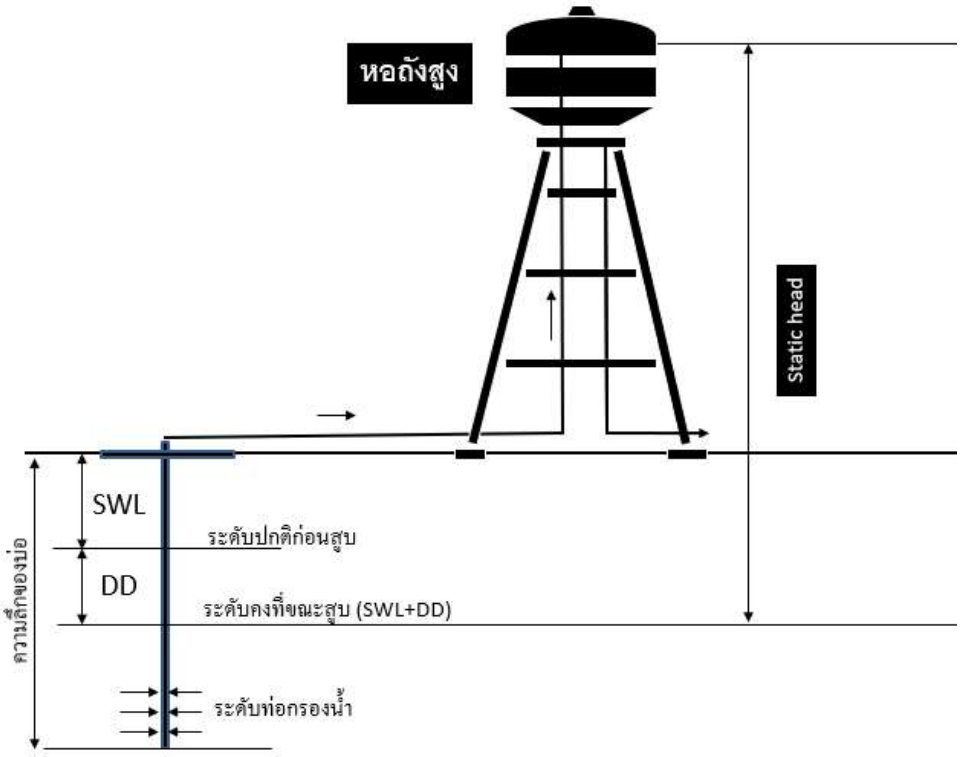
- ความลึกของบ่อน้ำบาดาลจากปากบ่อน้ำบาดาล (เมตร) ดูจากประวัติบ่อน้ำบาดาล
- ระดับติดตั้งท่อกรองในบ่อน้ำบาดาลจากปากบ่อน้ำบาดาล (เมตร) ดูจากประวัติบ่อน้ำบาดาล
- ระดับปรับแล้วบริเวณปากบ่อน้ำบาดาล (เมตร) ดูจากแบบแปลน
- ระดับน้ำปกติก่อนสูบ static water level (เมตร) ดูจากประวัติบ่อน้ำบาดาล
- ระดับน้ำคงที่ขณะสูบ (เมตร) ดูจากผลการทดสอบปริมาณน้ำ หรือนำค่า ระยะน้ำลด Drawdown (DD) จากประวัติบ่อน้ำบาดาลบวกด้วย SWL
- ระดับปรับแล้วบริเวณการประปา (เมตร)



รูปที่ 5-7 แสดงการกำหนดค่าเฮดสถิตย์ (Static head) กรณีสูบน้ำไปยังถังกรองทราย



รูปที่ 5-8 แสดงการกำหนดค่าเฮดสถิตย์ (Static head) กรณีสูบน้ำไปยังถังน้ำใส



รูปที่ 5-9 แสดงการกำหนดค่าเฮดสถิตย์ (Static head) กรณีสูบน้ำไปยังหอถังสูง

กรณีออกแบบระบบสูบน้ำจากบ่อน้ำบาดาล ขึ้นหอถังสูงโดยตรงตามรูปที่ 5-9 กรณีนี้จะใช้ได้เมื่อบ่อน้ำบาดาลสามารถให้น้ำได้มากครอบคลุมความต้องการใช้น้ำในชั่วโมงใช้น้ำสูงสุด (Max.hr) และมีคุณภาพน้ำตามมาตรฐานน้ำบริโภค จึงไม่จำเป็นต้องมีระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำและถังน้ำใส ให้ผู้ใช้งานเลือกอาคารที่ต้องการส่งน้ำ “หอถังสูง” จากปุ่มขวาของเซลล์ ดังแสดงในรูปที่ 5-10

รูปที่ 5-10 เลือกอาคารที่ต้องการส่งน้ำจากปุ่มขวามือของเซลล์

การออกแบบลักษณะนี้จึงไม่จำเป็นต้องมีเครื่องสูบน้ำแรงสูง ดังนั้นในส่วนของการออกแบบท่อส่งน้ำประปาและเครื่องสูบน้ำดี จะปรากฏข้อความว่า **ไม่ต้องออกแบบท่อและเครื่องสูบน้ำดี** ดังแสดงในรูปที่ 5-11 ส่วนต่อจากนี้ไม่ต้องพิมพ์ให้ถือว่าส่วนนี้ไม่ต้องดำเนินการใดๆ

รูปที่ 5-11 กรณีเลือก “หอถังสูง” ไม่ต้องออกแบบท่อและเครื่องสูบน้ำดี

5.4.4 ผลการคำนวณขนาดของเครื่องสูบน้ำดิบ (Submersible Pump)

ผลการคำนวณขนาดของเครื่องสูบน้ำดิบ จะแสดงผลในส่วนที่อยู่ขวามือ มีรายละเอียด ดังนี้

- ระยะน้ำลด DD = ระดับน้ำคงที่ขณะสูบ – SWL (เมตร)
- ระยะติดตั้งเครื่องสูบน้ำไม่น้อยกว่า ระดับน้ำคงที่ขณะสูบ + 3 (เมตร)
- กำหนดระดับติดตั้งเครื่องสูบน้ำที่ความลึกจากปากบ่อน้ำบาดาล (ปัดขึ้นเป็นจำนวนเต็ม)
- Static head (hs) ดังแสดงในรูปที่ 5-7 ถึง 5-9 ให้คิดจากระดับคงที่ขณะสูบจนถึงระดับปลายท่อส่งน้ำ **มีข้อควรระวังซึ่งพบว่าหลายท่านใช้ความลึกของบ่อน้ำบาดาลถึงระดับปลายท่อส่งน้ำกำหนดเป็น Static head (hs) ทำให้การคำนวณ THD (hs+hf) มากกว่าปกติ ส่งผลให้การคำนวณขนาดเครื่องสูบน้ำใหญ่เกินความจำเป็น จึงสูบน้ำได้มากกว่าปกติ หากศักยภาพการให้น้ำของบ่อน้ำบาดาลไม่เพียงพอต่อการสูบ จะทำให้ระดับน้ำลดต่ำกว่าระดับติดตั้งเครื่องสูบน้ำ ระบบควบคุมจะตัดสวิทซ์เพื่อดับเครื่อง หากมีการติดตั้ง Flow Switch เพื่อป้องกันเครื่องสูบน้ำเดินเครื่องขณะที่ไม่มีน้ำ (Run dry) และหากไม่มีระบบป้องกันจะทำให้มอเตอร์เครื่องสูบน้ำไหม้ได้ ปัญหาลักษณะนี้พบเจอได้บ่อยๆ รวมทั้งการคำนวณที่มีการเผื่อเฮดจากการปัดตัวเลขที่ได้จากการคำนวณในแต่ละขั้นตอน ประกอบกับการเลือกปั๊มจาก Performance Curve ซึ่งอาจไม่พอดี จำเป็นต้องเลือกเส้นโค้งที่อยู่เหนือขึ้นไปซึ่งเป็นการเผื่ออีกชั้นหนึ่ง อาจเป็นสาเหตุให้การมีการกำหนดขนาดเครื่องสูบน้ำใหญ่เกินความจำเป็น**

- เฮดทั้งหมดของปั้ม TDH = hs + hf_1+hf_2 (เมตร)
- กำหนดเฮดทั้งหมดเป็นจำนวนเต็มโดยปัดขึ้น (เมตร) การปัดจะทำเพียงครั้งเดียวในขั้นนี้ เพื่อไม่ให้เป็นการเผื่อเฮดเกินความจำเป็น
- ขนาดปั้มที่ได้จากคำนวณ (แรงม้า)
- ให้เลือกใช้ขนาดปั้มจากปุ่มด้านขวาของเซลล์ ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 0.5-50 แรงม้า ดังแสดงในตารางที่ 5-1 การเลือกขนาดปั้มควรเลือกขนาดที่ปัดขึ้นเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานขนาดแรงม้าของเครื่องสูบน้ำที่มีผลิตและขายในท้องตลาด

ตารางที่ 5-1 ขนาดของเครื่องสูบตามมาตรฐานการผลิตและมีขายในท้องตลาด

hp (แรงม้า)	kW (กิโลวัตต์)
0.50	0.37
0.75	0.55
1.00	0.75
1.50	1.10
2.00	1.50
3.00	2.20
4.00	3.00
5.50	4.00
7.50	5.50
10.00	7.50
15.00	11.00
20.00	15.00
25.00	18.50
30.00	22.00
40.00	30.00
50.00	37.00

การกรอกข้อมูลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบในส่วนซ้ายมือ และการแสดงผลการคำนวณขนาดของเครื่องสูบน้ำดิบในส่วนขวามือ มีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 5-12

กรอกข้อมูลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบ (Submersible pump)			ผลการคำนวณขนาดเครื่องสูบน้ำดิบ			
สูตรการคำนวณขนาดของปั๊ม (แรงม้า)			hp = 1.25 (Q*TDH/270*eff)			
ความลึกของบ่อบาดาลจากปากบ่อ	70.5	เมตร	ระยะน้ำลด DD (Drawdown)	7.433	เมตร	
ระดับติดตั้งท่อกรองในบ่อบาดาลจากปากบ่อ	61.5	เมตร	ระยะติดตั้งเครื่องสูบน้ำไม่น้อยกว่า	32.748	เมตร	
ระดับปรับแล้วบริเวณปากบ่อบาดาล (รสม.)	21.348	เมตร	กำหนดติดตั้งปั๊มที่ความลึก	33	เมตร	O.K.
ระดับน้ำปกติก่อนสูบ (SWL)	22.315	เมตร	Static head (hs)	33.872	เมตร	
ระดับน้ำคงที่ขณะสูบ = SWL+DD	29.748	เมตร	เฮดสูญเสียในเส้นท่อรวม (hf)	3.25	เมตร	
ระดับปรับแล้วบริเวณโรงผลิตน้ำประปา (รสม)	21.472	เมตร	เฮดทั้งหมดของปั๊ม (TDH=hs+hf)	37.13	เมตร	
ระยะจากระดับปรับแล้วถึงปลายท่อส่งน้ำขึ้น ถังกรอง	4	เมตร	กำหนดเฮดทั้งหมดเป็น	38	เมตร	
เลือก ประสิทธิภาพของปั๊ม	50	%	ขนาดปั๊มจากการคำนวณ (hp)	3.52	แรงม้า	
เลือก ความเร็วรอบไม่เกิน (rpm)	3,000	รอบ/นาที	เลือก ใช้ขนาดปั๊ม	4.0	แรงม้า	

รูปที่ 5-12 ตารางกรอกข้อมูลและผลการคำนวณเครื่องสูบน้ำดิบ

5.4.5 สรุปผลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบ (Submersible Pump)

หลังการคำนวณออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบเรียบร้อยแล้ว จะมีการสรุปผลการออกแบบ ดังแสดงในรูปที่ 5-13 ประกอบด้วย

- เครื่องสูบน้ำแบบจมน้ำ สูบน้ำได้ไม่น้อยกว่า กำลังผลิต (ลบ.ม./ชม.)
- ที่เฮดสูบส่ง TDH (เมตร)
- ความเร็วรอบไม่เกิน ให้เลือกจากปุ่มขวามือของเซลล์มีให้เลือก 1,500 และ 3,000 รอบต่อนาที เครื่องสูบน้ำแบบจมน้ำส่วนใหญ่จะใช้รอบไม่เกิน 3,000 รอบต่อนาที
- ขนาดเครื่องสูบน้ำไม่น้อยกว่า (แรงม้า)
- ให้กำหนดจำนวนเครื่องสูบน้ำ ปกติการติดตั้งเครื่องสูบน้ำในบ่อน้ำบาดาลสามารถติดตั้งได้เพียง 1 เครื่องต่อหนึ่งบ่อ ในที่นี้ให้กำหนดเป็น 1 ชุด

สรุปผลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบ					
เครื่องสูบน้ำแบบจมน้ำ สูบน้ำได้ไม่น้อยกว่า	10	ลบ.ม./ชม.	ที่เฮดสูบส่ง	38.00	เมตร
ความเร็วรอบไม่เกิน	3,000	รอบ/นาที	ขนาดไม่น้อยกว่า	4.0	แรงม้า
จำนวน	1	ชุด			

รูปที่ 5-13 สรุปผลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบ (Submersible Pump)

5.5 การออกแบบท่อส่งน้ำประปาและเครื่องสูบน้ำดี (high lift pump)

การออกแบบท่อทางดูด ทางส่ง เพื่อคำนวณหาขนาดท่อและเฮดสูญเสียที่เหมาะสม รวมทั้งขนาดของเครื่องสูบน้ำดี ขนาดท่อและเฮดสูญเสียที่เหมาะสมของท่อส่งน้ำ ใช้อัตราการสูบเท่ากับ 1.5 เท่าของกำลังผลิตน้ำ

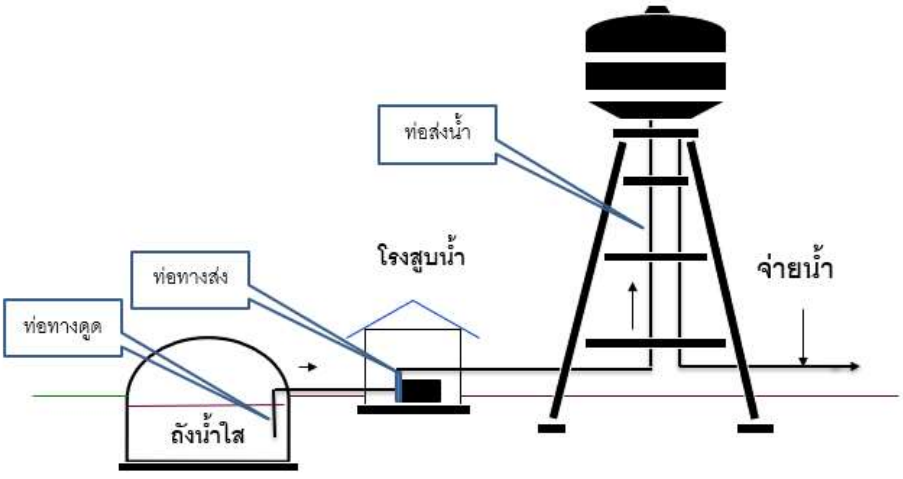
5.5.1 ตารางกรอกข้อมูลการออกแบบทางดูด ทางส่งของเครื่องสูบน้ำดี และท่อส่งน้ำขึ้นหอถังสูง

ขั้นตอนที่ 8 ให้กรอกข้อมูลการออกแบบท่อในส่วนที่อยู่ซ้ายมือ โดยกำหนดชนิด ขนาดท่อและความยาวท่อในเซลล์สีเหลือง กรณีใช้แบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านของกรมทรัพยากรน้ำ ให้กรอกข้อมูลขนาดท่อและความยาวท่อ ตามตารางที่ 5-2 โดยให้ดูรูปที่ 5-14 ประกอบ สำหรับชนิดท่อในบริเวณการประปาให้เลือกใช้ท่อเหล็กอาบสังกะสี (GS) เนื่องจาก ส่วนใหญ่ต้องวางท่อ

เหนือพื้นดิน ท่อเหล็กมีความทนทานต่อแสงแดดได้ดีที่สุด สำหรับท่อ PVC ใช้สำหรับการวางท่อที่อยู่ใต้ดินเท่านั้น ท่อชนิดนี้ไม่ทนทานกับความร้อนจากแสงแดด ความร้อนจะทำให้ท่อมีอายุการใช้งานสั้นลง เนื่องจาก จะกรอบและความสามารถในการรับแรงดันลดลงด้วย

ตารางที่ 5-2 ข้อมูลขนาดท่อและความยาวท่อของเครื่องสูบน้ำดีตามแบบมาตรฐาน

บาดาลเล็ก	ขนาดท่อ (นิ้ว)	ความยาว (ม.)
ท่อทางดูดปั๊ม	2	10
ท่อทางส่งปั๊ม	2	5
ท่อส่งน้ำขึ้นหอถัง	2	20
บาดาลกลาง	ขนาดท่อ (นิ้ว)	ความยาว (ม.)
ท่อทางดูดปั๊ม	2	10
ท่อทางส่งปั๊ม	3	5
ท่อส่งน้ำขึ้นหอถัง	3	30
บาดาลใหญ่	ขนาดท่อ (นิ้ว)	ความยาว (ม.)
ท่อทางดูดปั๊ม	3	10
ท่อทางส่งปั๊ม	3	6
ท่อส่งน้ำขึ้นหอถัง	3	32
บาดาลใหญ่มาก	ขนาดท่อ (นิ้ว)	ความยาว (ม.)
ท่อทางดูดปั๊ม	3	10
ท่อทางส่งปั๊ม	3	7
ท่อส่งน้ำขึ้นหอถัง	4	35



รูปที่ 5-14 แสดงท่อทางดูด ท่อทางส่งของเครื่องสูบน้ำดี และท่อส่งน้ำ (Header pipe)

5.5.2 ผลการคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อ

ผลการคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อในส่วนที่อยู่ขวามือ จะแสดงผลการคำนวณความเร็วในเส้นท่อ พร้อมการตรวจสอบขนาดท่อที่เลือกใช้ รวมทั้งผลการคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อ ดังแสดงในรูปที่ 5-15

การออกแบบท่อส่งน้ำประปาและเครื่องสูบน้ำดี												
กรอกข้อมูลการออกแบบท่อ							ผลการคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อ					
สูตรคำนวณความดันสูญเสียในท่อ				I = (v/(0.84935*C*R$^{0.63}$))$^{(1/0.54)}$			Hazen-William equation					
ท่อทางดูดของปั๊ม	ชนิด	GS	ขนาด	3	นิ้ว		ความเร็วของน้ำในท่อทางดูด		0.943	เมตร/วินาที	O.K.	
ความยาว				10	เมตร		เฮดสูญเสียในท่อทางดูด	hf_1	0.25	เมตร		
ท่อทางส่งของปั๊ม	ชนิด	GS	ขนาด	3	นิ้ว		ความเร็วของน้ำในท่อทางส่ง		0.943	เมตร/วินาที	O.K.	
ความยาว				6	เมตร		เฮดสูญเสียในท่อทางส่ง	hf_2	0.15	เมตร		
ท่อส่งน้ำดีขึ้นหอถัง	ชนิด	GS	ขนาด	3	นิ้ว		ความเร็วของน้ำในท่อส่งน้ำขึ้นหอถัง		0.943	เมตร/วินาที	O.K.	
ความยาว				32	เมตร		เฮดสูญเสียในท่อส่งน้ำ	hf_3	0.79	เมตร		

รูปที่ 5-15 ตารางกรอกข้อมูลท่อและผลการคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อ

5.5.3 ตารางกรอกข้อมูลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดี (High Lift Pump)

ขั้นตอนที่ 9 ให้กรอกข้อมูลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดีในส่วนที่อยู่ซ้ายมือ ตามรูปที่ 5-16 โดยมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการระดับเพื่อคำนวณหา Static head การเลือกใช้ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำตามตารางที่ 5-3 และการเลือกรอบการทำงานของเครื่องสูบน้ำ ข้อมูลที่ต้องกรอกมี ดังนี้

- ระดับของพื้นถังน้ำใสต่ำกว่าระดับปรับแล้วภายในบริเวณการประปา (เมตร)
- ระดับน้ำต่ำสุดในถังน้ำใสสูงกว่าพื้นถัง (เมตร)
- ระดับปลายท่อส่งน้ำขึ้นหอถังสูงเทียบกับระดับปรับแล้วภายในบริเวณฯ (เมตร)
- ให้เลือก ประสิทธิภาพของปั๊ม (%)
- ให้เลือก ความเร็วรอบของปั๊ม (รอบต่อนาที)

ตารางที่ 5-3 ข้อแนะนำการกำหนดประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ

อัตราการสูบ (ลบ.ม./ชม.)	ประสิทธิภาพไม่น้อยกว่า (%)
$Q < 7.5$	45
$7.5 \leq Q < 15$	50
$15 \leq Q < 20$	55
$Q \geq 20$	60

ที่มา : สำนักบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ

กรอกข้อมูลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดี (High lift pump)			ผลการคำนวณขนาดเครื่องสูบน้ำดี		
ระดับพื้นถังน้ำใสต่ำกว่าระดับปรับแล้ว	2.35	เมตร	Static head = hs	19.85	เมตร
ระดับน้ำต่ำสุดในถังน้ำใสสูงกว่าพื้นถัง	0.5	เมตร	เฮดสูญเสียในเส้นท่อ (hf)	1.19	เมตร
ระดับปลายท่อส่งขึ้นหอถังสูงเทียบกับระดับปรับแล้ว	18	เมตร	เฮดทั้งหมดของปั๊ม (TDH=hs+hf)	21.04	เมตร
เลือก ประสิทธิภาพของปั๊ม (eff)	50	%	กำหนดให้ใช้เฮดรวม	22.00	เมตร
เลือก ความเร็วรอบไม่เกิน (rpm)	3,000	รอบ/นาที	ผลการคำนวณขนาดของปั๊ม	3.06	แรงม้า
			เลือกใช้เครื่องสูบน้ำขนาด	3.0	แรงม้า

รูปที่ 5-16 ตารางกรอกข้อมูลออกแบบเครื่องสูบน้ำดีและผลการคำนวณขนาดเครื่องสูบน้ำดี

5.5.4 ผลการคำนวณออกแบบเครื่องสูบน้ำดี (High Lift Pump)

ผลการคำนวณออกแบบเครื่องสูบน้ำดี จะอยู่ในส่วนขวามือตามรูปที่ 5-16 จะมีการแสดงผลเกี่ยวกับการคำนวณหาค่า ดังนี้

- Static head (hs) (เมตร)
- เฮดสูญเสียในเส้นท่อทั้งหมด $hf = hf_1 + hf_2 + hf_3$ (เมตร)
- เฮดรวมทั้งหมดของปั๊ม TDH = hs + hf (เมตร)
- กำหนดให้ใช้เฮดรวม (เมตร) โดยการปัดขึ้นให้เป็นจำนวนเต็มโดยโปรแกรม
- ผลการคำนวณขนาอของปั๊ม (แรงม้า)
- ให้เลือกใช้ขนาดปั๊มจากปุ่มด้านขวาของเซลล์ ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 0.5-50 แรงม้า ดังแสดงในตารางที่ 5-1 การเลือกขนาดปั๊มควรเลือกขนาดที่ปัดขึ้นเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานขนาดแรงม้าของเครื่องสูบน้ำที่มีผลิตและขายในท้องตลาด

5.5.5 สรุปผลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดี (Volute Pump)

หลังการคำนวณออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบเรียบร้อยแล้ว จะมีการสรุปผลการออกแบบ ดังแสดงในรูปที่ 5-17 ประกอบด้วย

- เครื่องสูบน้ำแบบจหอยโข่ง สูบน้ำได้ไม่น้อยกว่า กำลังผลิต (ลบ.ม./ชม.)
- ที่เฮดสูบส่ง TDH (เมตร)
- ความเร็วรอบไม่เกิน ให้เลือกจากปุ่มขวามือของเซลล์มีให้เลือก 1,500 และ 3,000 รอบต่อนาที เครื่องสูบน้ำแบบจมน้ำส่วนใหญ่จะใช้รอบไม่เกิน 3,000 รอบต่อนาที
- ขนาดเครื่องสูบน้ำไม่น้อยกว่า (แรงม้า)
- ให้กำหนดจำนวนเครื่องสูบน้ำ 2 ชุด ขนาดและรุ่นเดียวกัน โดยกำหนดให้ทำงาน 1 ชุด สำรอง 1 ชุด สลับการทำงาน

สรุปผลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดี									
เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง สูบน้ำได้ไม่น้อยกว่า	15	ลบ.ม./ชม.	ที่เฮดสูบส่ง			22.00	เมตร		
ความเร็วรอบไม่เกิน	3,000	รอบ/นาที	ขนาดไม่น้อยกว่า			3.0	แรงม้า		
จำนวน	2	ชุด							

รูปที่ 5-17 สรุปผลการออกแบบบเครื่องสูบน้ำดี

5.6 การพิมพ์รายการคำนวณออกแบบระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาล

ในระหว่างการทำงานในตารางการทำงาน ข้อมูลและผลการคำนวณจะเชื่อมโยงไปยังรายการคำนวณที่อยู่ด้านขวาเป็นการแสดงรายละเอียดของการคำนวณ พร้อมแสดงสูตร วิธีคิดเป็นขั้นตอน ดังนั้นในการพิมพ์ผลการคำนวณ สามารถพิมพ์ผลได้ทั้งแบบคำนวณ และรายการคำนวณอย่างละเอียดดังแสดงในรูปที่ 5-18

รายการคำนวณระบบประปาหมู่บ้าน แบบบาดาล				
ระบบประปาหมู่บ้าน	บางคนนา	หมู่ที่	10	
ตำบล	มโนรักษ์	อำเภอ	เมืองฯ	
จังหวัด	ร้อยเอ็ด			
ข้อมูลสำหรับการคำนวณ และ Design Criteria				
ปีปัจจุบัน พ.ศ.	Design Year	2560		
จำนวนประชากรปีจุบัน	Population	1220	คน	
จำนวนหลังคาเรือน	Household	250	หลังคาเรือน	
ออกแบบรองรับความต้องการใช้น้ำได้	Design Period	10	ปี	
อัตราการเจริญเติบโตของประชากร	Growth Rate	2	%	
ความต้องการใช้น้ำเฉลี่ย	consumption rate	50	ลิตร/คน/วัน	
อัตราการสูญเสียน้ำ	Loss	25	%	
ตัวคูณเผื่อน้ำใช้สูงสุด	Peak Factor	1.5		
ชั่วโมงการผลิตน้ำประปา	Operating Hour	14	ชั่วโมง/วัน	
ร้อยละของผู้ใช้บริการ	percentage of serving	100	%	
ผลการคำนวณกำลังผลิตน้ำประปา				
ปีที่ออกแบบ พ.ศ.	Design Period	2570		
อัตราส่วน คน/หลังคาเรือน	Ratio	4.88	คน/หลังคาเรือน	
จำนวนประชากรปีที่ออกแบบ	Population	1,487	คน	
คิดเป็นจำนวนหลังคาเรือน	Household	305	หลังคาเรือน	
ความต้องการใช้น้ำเฉลี่ย	Ave.day	74.4	ลบ.ม./วัน	
ความต้องการใช้น้ำในวันใช้น้ำสูงสุด	Max.day	111.5	ลบ.ม./วัน	
ปริมาณน้ำสูญเสีย	Loss	27.9	ลบ.ม./วัน	
ความต้องการใช้น้ำรวมน้ำสูญเสีย	Max.day+Loss	139.4	ลบ.ม./วัน	
กำลังผลิตน้ำประปาที่ต้องการ	Plant Capacity	9.96	ลบ.ม./ชม.	
สรุป **เลือก** ใช้กำลังผลิตน้ำประปา	Say (Q)	10	ลบ.ม./ชม.	
อัตราการจ่ายน้ำต้องไม่น้อยกว่า	Max.hr	15	ลบ.ม./ชม.	
สรุปผลการเลือกใช้แบบ				
ใช้แบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาล ขนาด		ใหญ่		
ขนาดกำลังผลิต		10	ลบ.ม./ชม.	
การคำนวณขนาดท่อ				
สูตรคำนวณความดันสูญเสียในท่อ	$I = (v/(0.84935*C*R^{0.63}))^{1/0.54}$	Hazen-William equation		
คำนวณท่อส่งน้ำในบ่อบาดาล				
เลือก ใช้ขนาดท่อทางส่งน้ำในบ่อ (D)	GS	2.00	นิ้ว	
พื้นที่หน้าตัดของท่อทางดูด	$A = \pi D^2/4$	0.00196	ตร.เมตร	
ความเร็วของน้ำในท่อทางดูด	$v = Q/A$	1.414	เมตร/วินาที	
Hydraulic Depth	$R = D/4$	0.013	เมตร	
สัมประสิทธิ์ของผิวท่อ	C	100		
Hydraulic Gradient	$I = Hf/L$	0.0844	เมตร/เมตร	
ความยาวท่อทางดูด	L	33	เมตร	
เฮดสูญเสียในท่อทางดูด	hf_1	2.79	เมตร	

รูปที่ 5-18 รายการคำนวณระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาลอย่างละเอียด

คำนวณทอทางส่งน้ำขึ้นถัง			
เลือก ใช้ชนิดและขนาดท่อทางส่ง (D)	GS	3.00	นิ้ว
พื้นที่หน้าตัดของท่อทางส่ง	$A = \pi D^2/4$	0.00442	ตร.เมตร
ความเร็วของน้ำในท่อทางส่ง	v = Q/A	0.629	เมตร/วินาที
Hydraulic Depth	R = D/4	0.019	เมตร
สัมประสิทธิ์ของผิวท่อ	C	100	
Hydraulic Gradient	I = Hf/L	0.0117	เมตร/เมตร
ระบุ ความยาวท่อทางส่ง	L	40	เมตร
เฮดสูญเสียในท่อทางส่ง	hf_2	0.47	เมตร
คำนวณเครื่องสูบน้ำแบบจมน้ำ			
ความลึกของบ่อบาดาลจากปากบ่อ	จากข้อมูลบ่อบาดาล	70.5	เมตร
ระดับติดตั้งท่อกรองในบ่อบาดาลจากปากบ่อ	จากข้อมูลบ่อบาดาล	61.5	เมตร
ระดับปรับแล้วบริเวณปากบ่อบาดาล (รสม.)	จากการสำรวจทำระดับ (ดูจากแบบ)	21.348	เมตร
ระดับน้ำปกติก่อนสูบ (SWL)	จากข้อมูลบ่อบาดาล	22.315	เมตร
ระดับน้ำคงที่ขณะสูบ = SWL+DD	จากข้อมูลบ่อบาดาล	29.748	เมตร
ระยะน้ำลด DD (Drawdown)	(SWL+DD)-SWL	7.433	เมตร
ระยะติดตั้งเครื่องสูบน้ำไม่น้อยกว่า	SWL+DD+3	32.748	เมตร
กำหนดติดตั้งปั๊มที่ความลึก	ปัดเป็นจำนวนเต็ม	33.0	เมตร
ระดับปรับแล้วบริเวณโรงผลิตน้ำประปา (รสม	จากการสำรวจทำระดับ (ดูจากแบบ)	21.472	เมตร
ระยะจากระดับปั๊มถึงปลายท่อส่งน้ำขึ้น	ถังกรอง	4	เมตร
Static head (hs)	ระดับปลายท่อส่งน้ำ-ระดับน้ำคงที่ขณะสูบ	33.872	เมตร
เฮดสูญเสียในเส้นท่อรวม (hf)	hf_1+hf_2	3.25	เมตร
เฮดทั้งหมดของปั๊ม (TDH)	hs+hf	37.13	เมตร
กำหนดเฮดทั้งหมดเป็น	ปัดเป็นจำนวนเต็ม	38.0	เมตร
เลือก ประสิทธิภาพของปั๊ม	ดูข้อแนะนำในตารางข้อมูล ตารางที่ 5	50	%
เลือก ความเร็วรอบไม่เกิน (rpm)		3000	รอบ/นาที
ขนาดปั๊มจากการคำนวณ (hp)	hp = 1.25 (Q*TDH/270*eff)	3.52	แรงม้า
เลือก ใช้ขนาดปั๊ม	เลือกขนาดปั๊มให้ใกล้เคียง ดูตารางที่ 7	4.0	แรงม้า
เลือก ใช้เครื่องสูบน้ำขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด (hp)		4.0	แรงม้า
อัตราการสูบน้ำดิบไม่น้อยกว่า (Q)		10	ลบ.ม./ชม.
ที่ความสูงในการส่งน้ำ (H)		38	เมตร
เลือก ความเร็วรอบไม่เกิน (rpm)	1,500 หรือ 3,000 รอบ/นาที	3,000	รอบ/นาที
เลือก จำนวนเครื่องสูบน้ำ		1	ชุด
การออกแบบท่อส่งน้ำประปาและเครื่องสูบน้ำดิ			
การคำนวณขนาดท่อน้ำดิ			
สูตรคำนวณความดันสูญเสียในท่อ	$I = (v/(0.84935*C*R^{0.63}))^{(1/0.54)}$	Hazen-William equation	
คำนวณท่อทางดูดจากถังน้ำใส-เครื่องสูบน้ำ			
เลือก ใช้ชนิดและขนาดท่อทางดูด (D)	GS	3.0	นิ้ว
พื้นที่หน้าตัดของท่อทางดูด	$A = \pi D^2/4$	0.00442	ตร.เมตร
ความเร็วของน้ำในท่อทางดูด	v = Q/A	0.943	เมตร/วินาที
Hydraulic Depth	R = D/4	0.019	เมตร
สัมประสิทธิ์ของผิวท่อ	C	100	
Hydraulic Gradient	I = Hf/L	0.0248	เมตร/เมตร
ความยาวท่อทางดูด	L	10	เมตร
เฮดสูญเสียในท่อทางดูด	hf_1	0.25	เมตร

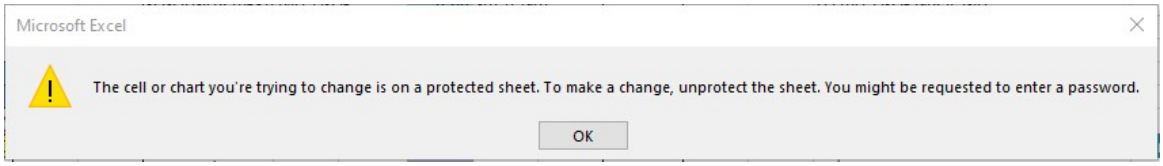
รูปที่ 5-18 (ต่อ) รายการคำนวณระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาลอย่างละเอียด

คำนวณท่อทางส่งจากเครื่องสูบน้ำ			
เลือก ใช้ชนิดและขนาดท่อทางส่ง (D)	GS	3.0	นิ้ว
พื้นที่หน้าตัดของท่อทางส่ง	$A = \pi D^2/4$	0.00442	ตร.เมตร
ความเร็วของน้ำในท่อทางส่ง	v = Q/A	0.943	เมตร/วินาที
Hydraulic Depth	R = D/4	0.019	เมตร
สัมประสิทธิ์ของผิวท่อ	C	100	
Hydraulic Gradient	I = Hf/L	0.0248	เมตร/เมตร
ระบุ ความยาวท่อทางส่ง	L	6	เมตร
เฮดสูญเสียในท่อทางส่ง	hf_2	0.15	เมตร
คำนวณท่อส่งน้ำดิบขึ้นหอถังสูง			
เลือก ใช้ชนิดและขนาดท่อทางส่ง (D)	GS	3.0	นิ้ว
พื้นที่หน้าตัดของท่อส่งน้ำดิบ	$A = \pi D^2/4$	0.00442	ตร.เมตร
ความเร็วของน้ำในท่อส่งน้ำดิบ	v = Q/A	0.943	เมตร/วินาที
Hydraulic Depth	R = D/4	0.019	เมตร
สัมประสิทธิ์ของผิวท่อ	C	100	
Hydraulic Gradient	I = Hf/L	0.0248	เมตร/เมตร
ระบุ ความยาวท่อส่งน้ำดิบ	L	32	เมตร
เฮดสูญเสียในท่อส่งน้ำดิบ	hf_3	0.79	เมตร
การคำนวณเครื่องสูบน้ำดิ (High Lift Pump)			
ระดับพื้นถังน้ำใสต่ำกว่าระดับปรับแล้ว		2.35	
ระดับน้ำต่ำสุดในถังน้ำใสสูงกว่าพื้นถัง		0.5	
ระดับปลายท่อส่งขึ้นหอถังสูงเทียบกับระดับปรับแล้ว		18	
Static head = hs (ระดับน้ำต่ำสุดในถังน้ำใสถึงปลายท่อส่งน้ำบนหอถังสูง)		19.85	เมตร
เฮดสูญเสียในเส้นท่อ	$hf = hf_1 + hf_2 + hf_3$	1.19	เมตร
เฮดทั้งหมดของปั๊ม	TDH = hs + hf	21.04	เมตร
กำหนดให้ใช้เฮดรวม	Say (TDH)	22.00	เมตร
เลือก ประสิทธิภาพของปั๊ม	eff	50	%
ผลการคำนวณขนาดของปั๊ม	hp = 1.25 (Q*TDH/270*eff)	3.06	แรงม้า
เลือก ใช้เครื่องสูบน้ำขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด (hp)		3.0	แรงม้า
อัตราการสูบน้ำดิบไม่น้อยกว่า (Q)		15	ลบ.ม./ชม.
ที่ความสูงในการส่งน้ำ (H)		22	เมตร
เลือก ความเร็วรอบไม่เกิน (rpm)	1,500 หรือ 3,000 รอบ/นาที	3,000	รอบ/นาที
เลือก จำนวนเครื่องสูบน้ำ		2	ชุด

รูปที่ 5-18 (ต่อ) รายการคำนวณระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาลอย่างละเอียด

บทที่ 6
การออกแบบระบบประปาผิวดิน

เพื่อให้ง่ายในการออกแบบระบบประปาหมู่บ้าน ที่ใช้แหล่งน้ำผิวดิน ผู้เขียนได้จัดทำรายการคำนวณระบบประปาผิวดิน โดยใช้โปรแกรม Excel เช่นเดียวกันกับระบบประปาบาดาล ทั้งนี้เพื่ออำนวยความสะดวกต่อการคำนวณออกแบบระบบประปา โดยเขียนสูตรการคำนวณเชื่อมโยงจากเซลล์ที่ต้องป้อนข้อมูล ซึ่งกำหนดให้เป็นเซลล์ที่มีสีเหลือง โปรแกรมจะเชื่อมโยงไปยังเซลล์ที่บรรจุสูตรที่เกี่ยวข้อง เพื่อแปรผลการคำนวณทันทีที่บรรจุข้อมูล ตารางข้อมูลดังกล่าวเป็นตารางที่ได้ทำการป้องกันแผ่นงานเรียบร้อยแล้ว ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการผิดพลาดจากการพิมพ์ทับเซลล์ที่มีสูตรการคำนวณ อนุญาตให้พิมพ์เฉพาะข้อมูลในเซลล์ที่มีสีเหลืองเท่านั้น สำหรับเซลล์อื่นๆ ไม่สามารถบรรจุข้อมูลใดๆ ได้ หากมีการพิมพ์ในเซลล์อื่นๆ จะปรากฏข้อความแจ้งเตือนทันทีว่า “เซลล์ที่ท่านกำลังพยายามเปลี่ยนแปลงได้ถูกป้องกันไว้ หากท่านต้องการเปลี่ยนแปลง ให้ยกเลิกการป้องกันแผ่นงาน โดยท่านจะต้องใส่รหัสผ่าน” ดังรูปที่ 6-1



รูปที่ 6-1 ข้อความเตือนกรณีพิมพ์ข้อมูลนอกเซลล์ที่มีสีเหลือง

6.1 การใช้งานแฟ้มข้อมูล “คำนวณประปาหมู่บ้านผิวดิน (ป้องกัน)”

ขั้นตอนที่ 1 เปิดโปรแกรม Excel

ขั้นตอนที่ 2 เปิดแฟ้มข้อมูล “คำนวณประปาหมู่บ้านผิวดิน (ป้องกัน)” ซึ่งสามารถดาวน์โหลดจาก website : prapathai.com ของสำนักบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ หรือ save แฟ้มข้อมูลดังกล่าวไว้ใช้งาน แฟ้มข้อมูลจะลักษณะดังแสดงในรูปที่ 6-2 มีองค์ประกอบของข้อมูลและรายการคำนวณ ดังนี้

- ตารางกรอกข้อมูลสถานที่ออกแบบระบบประปา
- เงื่อนไขการออกแบบ (Design criteria)
- การออกแบบขนาดกำลังผลิต
- การออกแบบท่อน้ำดิบและเครื่องสูบน้ำดิบ
- การออกแบบท่อส่งน้ำประปาและเครื่องสูบน้ำดี

รูปที่ 6-2 ลักษณะแฟ้มข้อมูล “คำนวณประปาหมู่บ้านผิวดิน (ป้องกัน)”

ขั้นตอนที่ 3 กรอกข้อมูลชื่อหมู่บ้าน หมู่ที่ ตำบล อำเภอ จังหวัด ดังแสดงในรูปที่ 6-3

ตารางกรอกข้อมูลและผลการออกแบบระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดิน									
*ให้เปลี่ยนแปลงค่าได้เฉพาะช่องที่มีสีเหลืองเท่านั้น									
ชื่อบ้าน	บางคนนา	หมู่ที่	10	ตำบล	มโนรักษ์	อำเภอ	เมืองฯ	จังหวัด	ร้อยเอ็ด

รูปที่ 6-3 ตารางกรอกข้อมูลสถานที่ตั้งระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดิน

6.2 การกำหนดเงื่อนไขการออกแบบ (Design Period)

ขั้นตอนที่ 4 การกำหนดเงื่อนไขการออกแบบ สามารถเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสมของพื้นที่ที่ทำการออกแบบ หากมีข้อมูลหรือสถิติที่สำรวจเป็นข้อมูลที่น่าเชื่อถือ ในเบื้องต้นกำหนดไว้ ดังนี้

- ออกแบบรองรับความต้องการใช้น้ำได้ (Design Period) 10 ปี
- อัตราการเจริญเติบโตของประชากร (Growth Rate) ร้อยละ 2 ต่อปี

- ความต้องการใช้น้ำเฉลี่ย 50 ลิตร/คน/วัน
- อัตราการสูญเสียน้ำร้อยละ 25
- ตัวคูณเผื่อน้ำใช้สูงสุด 1.5
- กำหนดชั่วโมงการผลิตน้ำ 14 ชั่วโมงต่อวัน
- ร้อยละของผู้ใช้บริการน้ำประปา 100 %

เงื่อนไขการออกแบบ (เปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสม)						ตรวจสอบ
ออกแบบรองรับความต้องการใช้น้ำได้	10	ปี	อัตราการเจริญเติบโตของประชากร	2	%	
ความต้องการใช้น้ำเฉลี่ย	50	ลิตร/คน/วัน	อัตราการสูญเสียน้ำ	25	%	
ตัวคูณเผื่อน้ำใช้สูงสุด	1.5	-	กำหนดชั่วโมงการผลิตน้ำ	14	ชั่วโมง/วัน	
ร้อยละของผู้ใช้บริการ	100	%				

รูปที่ 6-4 ตารางกรอกเงื่อนไขการออกแบบ (Design Criteria)

6.3 การคำนวณขนาดกำลังผลิตน้ำประปา

กรอกข้อมูลการออกแบบกำลังผลิตน้ำประปา ในส่วนที่อยู่ซ้ายมือ ซึ่งจะแสดงผลการคำนวณขนาดกำลังผลิตน้ำประปา ในส่วนที่อยู่ขวามือ ดังแสดงในรูปที่ 6-5 โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานตามหัวข้อที่ 6.3.1 และจะแสดงผลการคำนวณตามหัวข้อที่ 6.3.2

6.3.1 การกรอกข้อมูลเพื่อคำนวณกำลังผลิตน้ำประปา

ขั้นตอนที่ 5 การกรอกข้อมูลเพื่อคำนวณออกแบบขนาดกำลังผลิตน้ำประปาในส่วนที่อยู่ซ้ายมือ โดยจะแสดงผลการคำนวณกำลังผลิตน้ำประปาในส่วนที่อยู่ขวามือ ดังแสดงในรูปที่ 6-5 โดยต้องกรอกข้อมูลในส่วนที่อยู่ซ้ายมือ ดังนี้

- ปี พ.ศ. ปัจจุบัน ที่ทำการออกแบบ
- จำนวนประชากรปัจจุบัน (คน)
- จำนวนหลังคาเรือน (หลังคาเรือน)

6.3.2 ผลการคำนวณกำลังผลิตน้ำประปา

ผลการคำนวณกำลังผลิตน้ำประปาด้านขวามือ จะแสดงผล ดังนี้

- รองรับผู้ใช้น้ำได้ถึง ปี พ.ศ.....
- จำนวนประชากรที่ปีออกแบบ (คน)
- อัตราส่วน คน/หลังคาเรือน
- กำลังผลิตน้ำประปาที่ต้องการ (ลบ.ม./ชม.)
- ให้เลือก ใช้กำลังผลิตที่ใกล้เคียงกับผลการคำนวณ เช่น 5.0, 10, 20 ลบ.ม./ชม.

- อัตราการจ่ายน้ำต้องไม่น้อยกว่า = ตัวคูณเผื่อ x กำลังผลิต (สำหรับออกแบบท่อจ่ายน้ำและเครื่องสูบน้ำดี)

กรอกข้อมูลการออกแบบกำลังผลิตน้ำประปา			ผลการคำนวณกำลังผลิตน้ำประปา		
ปี พ.ศ.ที่ออกแบบ	2560	-	รองรับผู้ใช้น้ำได้ถึงปี พ.ศ.	2570	-
จำนวนประชากรปัจจุบัน	1,220	คน	จำนวนประชากรปีที่ออกแบบ	1,487	คน
จำนวนหลังคาเรือน	250	หลังคาเรือน	อัตราส่วน คน/หลังคาเรือน	4.88	คน/หลังคาเรือน
			กำลังผลิตน้ำประปาที่ต้องการ	9.96	ลบ.ม./ชม.
			เลือก ใช้กำลังผลิต	10	ลบ.ม./ชม.
			อัตราการจ่ายน้ำต้องไม่น้อยกว่า	15	ลบ.ม./ชม.

รูปที่ 6-5 ตารางกรอกข้อมูลเพื่อคำนวณออกแบบขนาดกำลังผลิตน้ำประปาและผลการคำนวณ

6.4 การออกแบบท่อน้ำดิบและเครื่องสูบน้ำดิบ

กรอกข้อมูลการออกแบบท่อน้ำดิบ ในส่วนที่อยู่ซ้ายมือ ซึ่งจะแสดงผลการคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อ ในส่วนที่อยู่ขวามือ ดังแสดงในรูปที่ 6-6 โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานตามหัวข้อที่ 6.4.1 และจะแสดงผลการคำนวณตามหัวข้อที่ 6.4.2

6.4.1 การกรอกข้อมูลเพื่อคำนวณออกแบบท่อน้ำดิบ

ขั้นตอนที่ 6 กรอกข้อมูลการออกแบบท่อน้ำดิบเพื่อหาความดันสูญเสียในเส้นท่อ ดังนี้

ข้อมูลท่อท่อทางดูด ทางส่งของเครื่องสูบน้ำดิบ และท่อส่งน้ำไปยังบริเวณการประปา ให้เลือกชนิดท่อจากปุ่มขวามือของเซลล์ มีท่อให้เลือก 3 ชนิด คือ ท่อ PVC, GS, AC ในที่นี้ให้เลือกท่อ GS (ท่อเหล็กอาบสังกะสี) สำหรับท่อทางดูด ทางส่งของเครื่องสูบน้ำส่วนท่อส่งน้ำดิบ อาจเลือกใช้เป็นท่อ PVC หรือท่อชนิดนอกเหนือจากนี้ แล้วแต่ความเหมาะสม จากนั้นเลือกขนาดท่อ (นิ้ว) จากปุ่มขวามือของเซลล์ มีให้เลือกตั้งแต่ 0.5-8.0 นิ้ว ขนาดท่อที่เหมาะสมควรมีความเร็วของน้ำอยู่ในช่วง 0.3-2.0 เมตร/วินาที หากผลการคำนวณไม่อยู่ในช่วงนี้ การตรวจสอบจะแสดงผลเป็น “No.K.” เช่น ถ้าความเร็วของน้ำมากเกินแสดงว่าท่อมีขนาดเล็ก ให้เพิ่มขนาดท่อ ถ้าความเร็วของน้ำน้อยแสดงว่าท่อมีขนาดใหญ่ ให้ลดขนาดท่อลง การคำนวณเพื่อหาเฮดสูญเสียในเส้นท่อ ใช้สูตร Hazen-William จากนั้นให้กรอกข้อมูลความยาวท่อ (เมตร)

6.4.2 ผลการคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อ

ผลการคำนวณความเร็วของน้ำในเส้นท่อและเฮดสูญเสียในเส้นท่อจะแสดงผลในส่วนที่อยู่ขวามือ มีรายละเอียด ดังนี้

- ความเร็วของน้ำในท่อทางดูด ทางส่งของเครื่องสูบน้ำ และความเร็วของน้ำในท่อส่งน้ำ ค่าที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 0.3-2.0 เมตร/วินาที
- เฮดสูญเสียในท่อทางดูด (hf_1) ทางส่ง (hf_2) ของเครื่องสูบน้ำที่ และเฮดสูญเสียในท่อส่งน้ำ (hf_3)

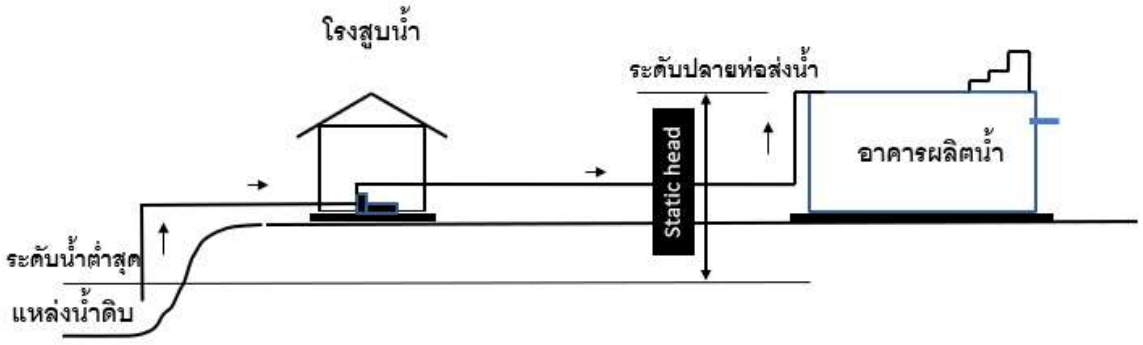
การออกแบบท่อน้ำดิบและเครื่องสูบน้ำดิบ											
กรอกข้อมูลการออกแบบท่อน้ำดิบ							ผลการคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อ				
สูตรคำนวณความดันสูญเสียในท่อ				I = (v/(0.84935*C*$R^{0.63}$))$^{(1/0.54)}$			Hazen-William equation				
ท่อทางดูดของปั๊ม	ชนิด	GS	ขนาด	3.00	นิ้ว		ความเร็วของน้ำในท่อทางดูด		0.629	เมตร/วินาที	O.K.
ความยาว				22	เมตร		เฮดสูญเสียในท่อทางดูด	hf_1	0.26	เมตร	
ท่อทางส่งของปั๊ม	ชนิด	GS	ขนาด	2.00	นิ้ว		ความเร็วของน้ำในท่อทางส่ง		1.414	เมตร/วินาที	O.K.
ความยาว				5	เมตร		เฮดสูญเสียในท่อทางส่ง	hf_2	0.42	เมตร	
ท่อส่งน้ำดิบ	ชนิด	PVC	ขนาด	3.00	นิ้ว		ความเร็วของน้ำในท่อทางดูด		0.629	เมตร/วินาที	O.K.
ความยาว				1,280	เมตร		เฮดสูญเสียในท่อทางดูด	hf_3	8.04	เมตร	

รูปที่ 6-6 ตารางกรอกข้อมูลเพื่อคำนวณออกแบบท่อน้ำดิบและผลการคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อ

6.4.3 การกรอกข้อมูลเพื่อคำนวณออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบ

ขั้นตอนที่ 7 กรอกข้อมูลเพื่อออกแบบเครื่องสูบน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 6-7 และรูปที่ 6-8 มีข้อมูลที่เกี่ยวข้องสำหรับคำนวณหาเฮดทั้งหมด Total dynamic head (TDH) ซึ่งเป็นผลรวมของเฮดสถิตย์ Static head (hs) + เฮดสูญเสียในเส้นท่อทั้งหมด ($hf_1 + hf_2 + hf_3$) เพื่อคำนวณออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบประกอบด้วยข้อมูล ดังนี้

- ระดับปรับแล้วบริเวณโรงสูบน้ำดิบ (เมตร)
- ความสูงจากระดับปรับแล้วถึงแกนกลางปั๊ม (เมตร)
- ระดับน้ำต่ำสุดของแหล่งน้ำดิบ (เมตร)
- ระดับน้ำสูงสุดของแหล่งน้ำดิบ (เมตร)
- ระดับปรับแล้วบริเวณโรงผลิตน้ำประปา (เมตร)
- ความสูงจากระดับปรับแล้วถึงระดับปลายท่อส่งน้ำ (เมตร)



รูปที่ 6-7 แสดงการกำหนดค่าเฮดสถิตย์ (Static head) กรณีสูบน้ำดิบไปยังอาคารผลิตน้ำ

กรอกข้อมูลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบ (Low lift pump)			ผลการคำนวณขนาดเครื่องสูบน้ำดิบ			
สูตรการคำนวณขนาดของปั้ม (แรงม้า)			hp = 1.25 (Q*TDH/270*eff)			
ระดับปรับแล้วบริเวณโรงสูบน้ำดิบ	21.348	เมตร	ระดับแกนกลางท่อทางดูดของปั้ม	21.848	เมตร	
ความสูงจากระดับปรับแล้วถึงแกนกลางปั้ม	0.5	เมตร	ระยะดูดยกที่ติดตั้งจริง	5.167	เมตร	ต้องน้อยกว่า 5.89
ระดับน้ำต่ำสุด	16.681	เมตร	ระดับปลายท่อส่งน้ำดิบเข้าถังกวนเร็ว	28.672	เมตร	
ระดับน้ำสูงสุด	20.841	เมตร	Static head (hs)	11.991	เมตร	
ระดับปรับแล้วบริเวณโรงผลิตน้ำประปา	25.472	เมตร	เฮดสูญเสียในเส้นท่อรวม (hf)	8.72	เมตร	
ความสูงจากระดับปรับแล้วถึงระดับปลายท่อส่งน้ำ	3.2	เมตร	เฮดทั้งหมดของปั้ม (TDH=hs+hf)	20.71	เมตร	
เลือก ประสิทธิภาพของปั้ม	50	%	กำหนดเฮดทั้งหมดเป็น	21.00	เมตร	
เลือก ความเร็วรอบไม่เกิน (rpm)	3,000	รอบ/นาที	ขนาดปั้มจากการคำนวณ (hp)	1.94	แรงม้า	
			เลือก ใช้ขนาดปั้ม	2.0	แรงม้า	

รูปที่ 6-8 ตารางกรอกข้อมูลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบ และผลการคำนวณ

6.4.4 ผลการคำนวณขนาดของเครื่องสูบน้ำดิบ

ผลการคำนวณขนาดของเครื่องสูบน้ำดิบ จะแสดงผลในส่วนที่อยู่ขวามือตามรูปที่ 6-8 มีรายละเอียด ดังนี้

- ระดับแกนกลางท่อทางดูดของปั้ม (เมตร)
- ระยะดูดยกที่ติดตั้งจริง (เมตร)
- ระดับปลายท่อส่งน้ำดิบเข้าอาคารผลิตน้ำ (เมตร)
- Static head (hs) ดังแสดงในรูปที่ 6-7 ให้คิดจากระดับน้ำต่ำสุดของแหล่งน้ำดิบจนถึงปลายท่อส่งน้ำเข้าอาคารผลิตน้ำ (เมตร)
- เฮดสูญเสียในเส้นท่อรวม hf = hf_1+hf_2+ hf_3 (เมตร)
- เฮดทั้งหมดของปั้ม TDH = hs + hf_1+hf_2 (เมตร)
- กำหนดเฮดทั้งหมดเป็นจำนวนเต็มโดยปัดขึ้น (เมตร) การปัดจะทำเพียงครั้งเดียวในขั้นนี้ เพื่อไม่ให้เป็นการเผื่อเฮดเกินความจำเป็น
- ขนาดปั้มที่ได้จากคำนวณ (แรงม้า)
- ให้เลือกใช้ขนาดปั้มจากปุ่มด้านขวาของเซลล์ ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 0.5-50 แรงม้า ดังแสดงในตารางที่ 6-1 การเลือกขนาดปั้มควรเลือกขนาดที่ปัดขึ้นเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานขนาดแรงม้าของเครื่องสูบน้ำที่มีผลิตและขายในท้องตลาด ดูตารางที่ 6-1 ในบทที่ 5

6.4.5 สรุปผลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบ

หลังการคำนวณออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบเรียบร้อยแล้ว จะมีการสรุปผลการออกแบบ ดังแสดงในรูปที่ 6-9 ประกอบด้วย

- เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง สูบน้ำได้ไม่น้อยกว่า กำลังผลิต (ลบ.ม./ชม.)
- ที่เฮดสูบส่ง TDH (เมตร)

- ความเร็วรอบไม่เกิน ให้เลือกจากปุ่มขวามือของเซลล์มีให้เลือก 1,500 และ 3,000 รอบต่อนาที เครื่องสูบน้ำแบบจมน้ำส่วนใหญ่จะใช้รอบไม่เกิน 3,000 รอบต่อนาที
- ขนาดเครื่องสูบน้ำไม่น้อยกว่า (แรงม้า)
- ให้กำหนดจำนวนเครื่องสูบน้ำ 2 ชุด ขนาดและรุ่นเดียวกัน โดยกำหนดให้ทำงาน 1 ชุด สำรอง 1 ชุด สลับการทำงาน

สรุปผลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบ					
เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง สูบน้ำได้ไม่น้อยกว่า	10	ลบ.ม./ชม.	ที่เฮดสูบส่ง	21.00	เมตร
ความเร็วรอบไม่เกิน	3,000	รอบ/นาที	ขนาดไม่น้อยกว่า	2.0	แรงม้า
จำนวน	2	ชุด			

รูปที่ 6-9 สรุปผลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบ

6.4.6 การตรวจสอบระยะดูดยก NPSH (Net Positive Suction Head)

กรณีที่ตรวจสอบแล้วพบว่าระดับน้ำต่ำสุดของแหล่งน้ำดิบถึงระดับแกนกลางของเครื่องสูบน้ำใกล้เคียงกับ 6 เมตรหรือมากกว่า ให้ทำการตรวจสอบ NPSH จากสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$H = P_b \times 10.2 - (NPSHr + hf_1 + Hv + Hs)$$

โดยที่ Pb ความดันบรรยากาศ = 1 บาร์

NPSHr ที่ต้องการของเครื่องสูบน้ำ โดยดูจาก performance curve (เมตร) ค่ายิ่งน้อยยิ่งดี

hf_1 แรงดันสูญเสียในท่อทางดูด (เมตร) จากการคำนวณในตารางการคำนวณ

Hv ความดันไอของน้ำ (เมตร) ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส)

Hs ระยะเผื่อเพื่อความปลอดภัย ไม่น้อยกว่า 0.5 เมตร

ผลการคำนวณตรวจสอบ H ต้องมากกว่า ระยะดูดยกที่ติดตั้งจริง ตามผลการคำนวณเครื่องสูบน้ำดิบ

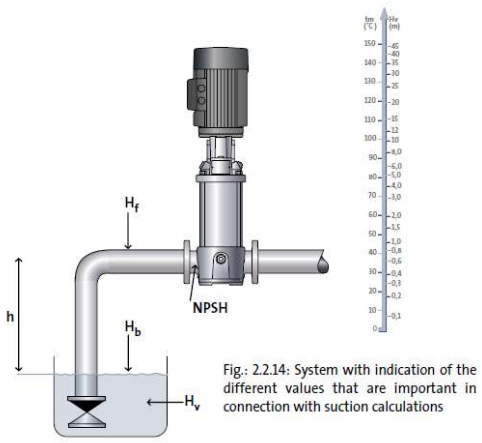


Fig.: 2.2.14: System with indication of the different values that are important in connection with suction calculations

ที่มา : GRUNDFOS PUMP HANDBOOK

รูปที่ 6-10 แสดงตัวแปรสำคัญในการคำนวณระบบท่อทางดูด และเสกลเทียบอุณหภูมิของน้ำกับความดันไอ

สำหรับการหาค่าความดันไอซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำ นอกจากการอ่านค่าจากเสกลของความดันไอตามรูปที่ 6-10 สามารถเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความดันไปได้จากตารางที่ 6-1

ตารางที่ 6-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความดันไอ

t (^{o}C)	Hv		t (^{o}C)	Hv	
	bar	m of water		bar	m of water
0	0.00611	0.062	26	0.03360	0.343
1	0.00657	0.067	27	0.03564	0.364
2	0.00706	0.072	28	0.03778	0.385
3	0.00758	0.077	29	0.04004	0.408
4	0.00813	0.083	30	0.04241	0.433
5	0.00872	0.089	31	0.04491	0.458
6	0.00935	0.095	32	0.04753	0.485
7	0.01001	0.102	33	0.05029	0.513
8	0.01072	0.109	34	0.05318	0.542
9	0.01147	0.117	35	0.05622	0.573
10	0.01227	0.125	36	0.05940	0.606
11	0.01312	0.134	37	0.06274	0.640
12	0.01401	0.143	38	0.06624	0.676
13	0.01497	0.153	39	0.06991	0.713
14	0.01597	0.163	40	0.07375	0.752
15	0.01704	0.174	41	0.07777	0.793
16	0.01817	0.185	42	0.08198	0.836
17	0.01936	0.197	43	0.08639	0.881
18	0.02062	0.210	44	0.09100	0.928
19	0.02196	0.224	45	0.09582	0.977
20	0.02337	0.238	46	0.10086	1.029
21	0.02485	0.253	47	0.10612	1.082
22	0.02642	0.269	48	0.11162	1.139
23	0.02808	0.286	49	0.11736	1.197
24	0.02982	0.304	50	0.12335	1.258
25	0.03166	0.323	51	0.12961	1.322

6.5 การออกแบบท่อส่งน้ำประปาและเครื่องสูบน้ำดี (high lift pump)

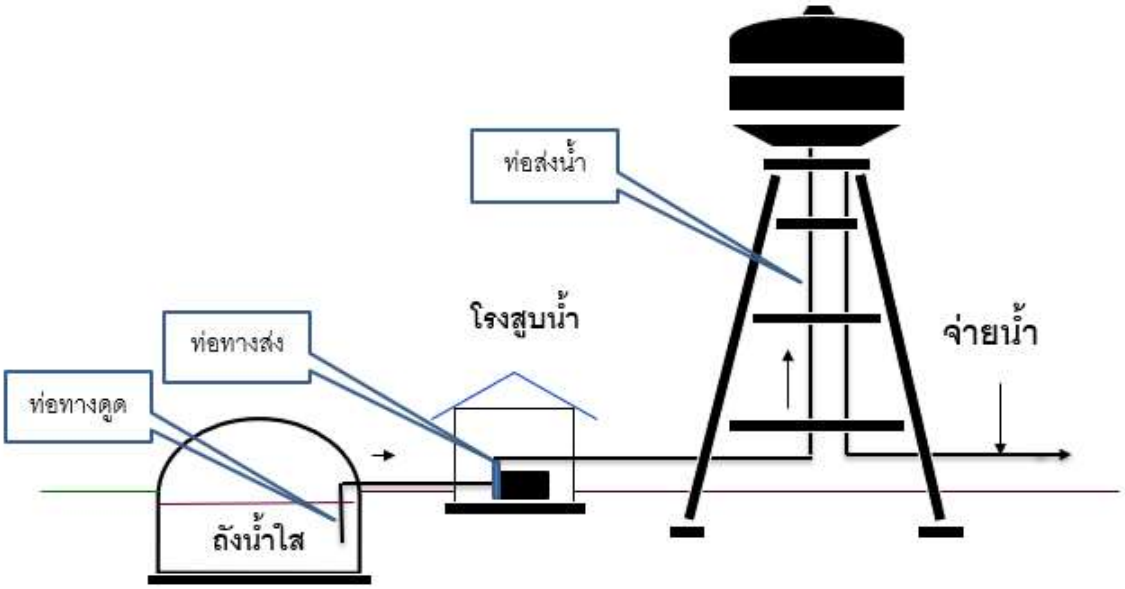
การออกแบบท่อทางดูด ทางส่ง เพื่อคำนวณหาขนาดท่อและเฮดสูญเสียที่เหมาะสม รวมทั้งขนาดของเครื่องสูบน้ำดี ขนาดท่อและเฮดสูญเสียที่เหมาะสมของท่อส่งน้ำ ใช้อัตราการสูบเท่ากับ 1.5 เท่าของกำลังผลิตน้ำ

6.5.1 ตารางกรอกข้อมูลการออกแบบทางดูด ทางส่งของเครื่องสูบน้ำดี และท่อส่งน้ำขึ้นหอถังสูง

ขั้นตอนที่ 8 ให้กรอกข้อมูลการออกแบบท่อในส่วนที่อยู่ซ้ายมือ โดยกำหนดชนิด ขนาดท่อ และความยาวท่อในเซลล์สีเหลือง กรณีใช้แบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านของกรมทรัพยากรน้ำ ให้กรอกข้อมูลขนาดท่อและความยาวท่อ ตามตารางที่ 6-2 โดยให้ดูรูปที่ 6-11 ประกอบ สำหรับชนิดท่อในบริเวณการประปาให้เลือกใช้ท่อเหล็กอาบสังกะสี (GS) เนื่องจาก ส่วนใหญ่ต้องวางท่อเหนือพื้นดิน ท่อเหล็กมีความทนทานต่อแสงแดดได้ดีที่สุด สำหรับท่อ PVC ใช้สำหรับการวางท่อที่อยู่ใต้ดินเท่านั้น ท่อชนิดนี้ไม่ทนทานกับความร้อนจากแสงแดด ความร้อนจะทำให้ท่อมีอายุการใช้งานสั้นลง เนื่องจาก จะกรอบและความสามารถในการรับแรงดันลดลงด้วย

ตารางที่ 6-2 ข้อมูลขนาดท่อและความยาวท่อของเครื่องสูบน้ำดีตามแบบมาตรฐาน

ผิวดินกลาง	ขนาดท่อ (นิ้ว)	ความยาว (ม.)
ท่อทางดูดปั๊ม	2	10
ท่อทางส่งปั๊ม	3	5
ท่อส่งน้ำขึ้นหอถัง	3	30
ผิวดินใหญ่	ขนาดท่อ (นิ้ว)	ความยาว (ม.)
ท่อทางดูดปั๊ม	3	10
ท่อทางส่งปั๊ม	3	6
ท่อส่งน้ำขึ้นหอถัง	3	32
ผิวดินใหญ่มาก	ขนาดท่อ (นิ้ว)	ความยาว (ม.)
ท่อทางดูดปั๊ม	3	10
ท่อทางส่งปั๊ม	3	7
ท่อส่งน้ำขึ้นหอถัง	4	35



รูปที่ 6-11 แสดงท่อทางดูด ท่อทางส่งของเครื่องสูบน้ำดี และท่อส่งน้ำ (Header pipe)

6.5.2 ผลการคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อ

ผลการคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อในส่วนที่อยู่ขวามือ จะแสดงผลการคำนวณความเร็วในเส้นท่อ พร้อมการตรวจสอบขนาดท่อที่เลือกใช้ รวมทั้งผลการคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อ ดังแสดงในรูปที่ 6-12

การออกแบบท่อส่งน้ำประปาและเครื่องสูบน้ำดี											
กรอกข้อมูลการออกแบบท่อ							ผลการคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อ				
สูตรคำนวณความดันสูญเสียในท่อ				$I = (v/(0.84935*C*R^{0.63}))^{(1/0.54)}$			Hazen-William equation				
ท่อทางดูดของปั๊ม	ชนิด	GS	ขนาด	3	นิ้ว		ความเร็วของน้ำในท่อทางดูด		0.943	เมตร/วินาที	O.K.
ความยาว				10	เมตร		เฮดสูญเสียในท่อทางดูด	hf_1	0.25	เมตร	
ท่อทางส่งของปั๊ม	ชนิด	GS	ขนาด	3	นิ้ว		ความเร็วของน้ำในท่อทางส่ง		0.943	เมตร/วินาที	O.K.
ความยาว				6	เมตร		เฮดสูญเสียในท่อทางส่ง	hf_2	0.15	เมตร	
ท่อส่งน้ำดีขึ้นหอถัง	ชนิด	GS	ขนาด	3	นิ้ว		ความเร็วของน้ำในท่อส่งน้ำขึ้นหอถัง		0.943	เมตร/วินาที	O.K.
ความยาว				32	เมตร		เฮดสูญเสียในท่อส่งน้ำ	hf_3	0.79	เมตร	

รูปที่ 6-12 ตารางกรอกข้อมูลท่อและผลการคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อ

6.5.3 ตารางกรอกข้อมูลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดี (High Lift Pump)

ขั้นตอนที่ 9 ให้กรอกข้อมูลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดีในส่วนที่อยู่ซ้ายมือ ตามรูปที่ 6-13 โดยมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการระดับเพื่อคำนวณหา Static head การเลือกใช้ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำตามตารางที่ 6-3 และการเลือกรอบการทำงานของเครื่องสูบน้ำ ข้อมูลที่ต้องกรอกมี ดังนี้

- ระดับของพื้นถังน้ำใสต่ำกว่าระดับปรับแล้วภายในบริเวณการประปา (เมตร)
- ระดับน้ำต่ำสุดในถังน้ำใสสูงกว่าพื้นถัง (เมตร)
- ระดับปลายท่อส่งน้ำขึ้นหอถังสูงเทียบกับระดับปรับแล้วภายในบริเวณฯ (เมตร)

- ให้เลือก ประสิทธิภาพของปั้ม (%)
- ให้เลือก ความเร็วรอบของปั้ม (รอบต่อนาที)

ตารางที่ 6-3 ข้อแนะนำการกำหนดประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ

อัตราการสูบ (ลบ.ม./ชม.)	ประสิทธิภาพไม่น้อยกว่า (%)
Q < 7.5	45
7.5 ≤ Q < 15	50
15 ≤ Q < 20	55
Q ≥ 20	60

ที่มา : สำนักบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ

กรอกข้อมูลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดี (High lift pump)			ผลการคำนวณขนาดเครื่องสูบน้ำดี		
ระดับพื้นถังน้ำใสต่ำกว่าระดับปรับแล้ว	2.35	เมตร	Static head = hs	19.85	เมตร
ระดับน้ำต่ำสุดในถังน้ำใสสูงกว่าพื้นถัง	0.5	เมตร	เฮดสูญเสียในเส้นท่อ (hf)	1.19	เมตร
ระดับปลายท่อส่งขึ้นหอถังสูงเทียบกับระดับปรับแล้ว	18	เมตร	เฮดทั้งหมดของปั๊ม (TDH=hs+hf)	21.04	เมตร
เลือก ประสิทธิภาพของปั๊ม (eff)	50	%	กำหนดให้ใช้เฮดรวม	22.00	เมตร
เลือก ความเร็วรอบไม่เกิน (rpm)	3,000	รอบ/นาที	ผลการคำนวณขนาดของปั๊ม	3.06	แรงม้า
			เลือกใช้เครื่องสูบน้ำขนาด	3.0	แรงม้า

รูปที่ 6-13 ตารางกรอกข้อมูลออกแบบเครื่องสูบน้ำดีและผลการคำนวณขนาดเครื่องสูบน้ำดี

6.5.4 ผลการคำนวณออกแบบเครื่องสูบน้ำดี (High Lift Pump)

ผลการคำนวณออกแบบเครื่องสูบน้ำดี จะอยู่ในส่วนขวามือตามรูปที่ 6-13 จะมีการแสดงผลเกี่ยวกับการคำนวณหาค่า ดังนี้

- Static head (hs) (เมตร)
- เฮดสูญเสียในเส้นท่อทั้งหมด hf = hf_1 + hf_2 + hf_3 (เมตร)
- เฮดรวมทั้งหมดของปั้ม TDH = hs + hf (เมตร)
- กำหนดให้ใช้เฮดรวม (เมตร) ปัดขึ้นให้เป็นจำนวนเต็มโดยโปรแกรม
- ผลการคำนวณขนาดของปั้ม (แรงม้า)
- ให้เลือกใช้ขนาดปั้มจากปุ่มด้านขวาของเซลล์ ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 0.5-50 แรงม้า ดังแสดงในตารางที่ 6-1 การเลือกขนาดปั้มควรเลือกขนาดที่ปัดขึ้นเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานขนาดแรงม้าของเครื่องสูบน้ำที่มีผลิตและขายในท้องตลาด

6.5.5 สรุปผลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดี (Volute Pump)

หลังการคำนวณออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบเรียบร้อยแล้ว จะมีการสรุปผลการออกแบบ ดังแสดงในรูปที่ 6-14 ประกอบด้วย

- เครื่องสูบน้ำแบบจหอยโข่ง สูบน้ำได้ไม่น้อยกว่า กำลังผลิต (ลบ.ม./ชม.)
- ที่เฮดสูบส่ง TDH (เมตร)
- ความเร็วรอบไม่เกิน ให้เลือกจากปุ่มขวามือของเซลล์มีให้เลือก 1,500 และ 3,000 รอบต่อนาที เครื่องสูบน้ำแบบจมน้ำส่วนใหญ่จะใช้รอบไม่เกิน 3,000 รอบต่อนาที
- ขนาดเครื่องสูบน้ำไม่น้อยกว่า (แรงม้า)
- ให้กำหนดจำนวนเครื่องสูบน้ำ 2 ชุด ขนาดและรุ่นเดียวกัน โดยกำหนดให้ทำงาน 1 ชุด สำรอง 1 ชุด สลับการทำงาน

สรุปผลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดี					
เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง สูบน้ำได้ไม่น้อยกว่า	15	ลบ.ม./ชม.	ที่เฮดสูบส่ง	22.00	เมตร
ความเร็วรอบไม่เกิน	3,000	รอบ/นาที	ขนาดไม่น้อยกว่า	3.0	แรงม้า
จำนวน	2	ชุด			

รูปที่ 6-14 สรุปผลการออกแบบบเครื่องสูบน้ำดี

6.6 การพิมพ์รายการคำนวณออกแบบระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดิน

ในระหว่างการทำงานในตารางการทำงาน ข้อมูลและผลการคำนวณจะเชื่อมโยงไปยังรายการคำนวณที่อยู่ด้านขวาเป็นการแสดงรายละเอียดของการคำนวณ พร้อมแสดงสูตร วิธีคิดเป็นขั้นตอน ดังนั้นในการพิมพ์ผลการคำนวณ สามารถพิมพ์ผลได้ทั้งแบบคำนวณ และรายการคำนวณอย่างละเอียดดังแสดงในรูปที่ 6-15

รายการคำนวณระบบประปาหมู่บ้าน แบบผิวดิน			
ระบบประปาหมู่บ้าน	บางคนนา	หมู่ที่	10
ตำบล	มโนรักษ์	อำเภอ	เมืองฯ
จังหวัด	ร้อยเอ็ด		
ระบุ ข้อมูลสำหรับการคำนวณ และ Design Criteria			
ปีปัจจุบัน พ.ศ.	Design Year	2560	
จำนวนประชากรปีจุบัน	Population	1220	คน
จำนวนหลังคาเรือน	Household	250	หลังคาเรือน
ออกแบบรองรับความต้องการใช้น้ำได้	Design Period	10	ปี
อัตราการเจริญเติบโตของประชากร	Growth Rate	2	%
ความต้องการใช้น้ำเฉลี่ย	consumption rate	50	ลิตร/คน/วัน
อัตราการสูญเสียน้ำ	Loss	25	%
ตัวคูณเผื่อน้ำใช้สูงสุด	Peak Factor	1.5	
ชั่วโมงการผลิตน้ำประปา	Operating Hour	14	ชั่วโมง/วัน
ร้อยละของผู้ใช้บริการ	percentage of serving	100	%
ผลการคำนวณกำลังผลิตน้ำประปา			
ปีที่ออกแบบ พ.ศ.	Design Period	2570	
อัตราส่วน คน/หลังคาเรือน	Ratio	4.88	คน/หลังคาเรือน
จำนวนประชากรปีที่ออกแบบ	Population	1,487	คน
คิดเป็นจำนวนหลังคาเรือน	Household	305	หลังคาเรือน
ความต้องการใช้น้ำเฉลี่ย	Ave.day	74.4	ลบ.ม./วัน
ความต้องการใช้น้ำในวันใช้น้ำสูงสุด	Max.day	111.5	ลบ.ม./วัน
ปริมาณน้ำสูญเสีย	Loss	27.9	ลบ.ม./วัน
ความต้องการใช้น้ำรวมน้ำสูญเสีย	Max.day+Loss	139.4	ลบ.ม./วัน
กำลังผลิตน้ำประปาที่ต้องการ	Plant Capacity	9.96	ลบ.ม./ชม.
สรุป **เลือก** ใช้กำลังผลิตน้ำประปา	Say (Q)	10	ลบ.ม./ชม.
อัตราการจ่ายน้ำต้องไม่น้อยกว่า	Max.hr	15	ลบ.ม./ชม.
สรุปผลการเลือกใช้แบบ			
ใช้แบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดิน ขนาด		ใหญ่	
ขนาดกำลังผลิต		10	ลบ.ม./ชม.
การคำนวณขนาดท่อ			
สูตรคำนวณความดันสูญเสียในท่อ	$I = (v/(0.84935*C*R^{0.63}))^{(1/0.54)}$	Hazen-William equation	
คำนวณท่อทางดูด			
เลือก ใช้ขนาดท่อทางดูด (D)	GS	3.00	นิ้ว
พื้นที่หน้าตัดของท่อทางดูด	$A = \pi D^2/4$	0.00442	ตร.เมตร
ความเร็วของน้ำในท่อทางดูด	$v = Q/A$	0.629	เมตร/วินาที
Hydraulic Depth	$R = D/4$	0.019	เมตร
สัมประสิทธิ์ของผิวท่อ	C	100	
Hydraulic Gradient	$I = Hf/L$	0.0117	เมตร/เมตร
ความยาวท่อทางดูด	L	22	เมตร
เฮดสูญเสียในท่อทางดูด	hf_i	0.26	เมตร

รูปที่ 6-15 รายการคำนวณระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดินอย่างละเอียด

ความดันท่อทางส่ง				
เลือก ใช้ชนิดและขนาดท่อทางส่ง (D)	GS	2.00	นิ้ว	
พื้นที่หน้าตัดของท่อทางส่ง	$A = \pi D^2/4$	0.00196	ตร.เมตร	
ความเร็วของน้ำในท่อทางส่ง	$v = Q/A$	1.414	เมตร/วินาที	
Hydraulic Depth	$R = D/4$	0.013	เมตร	
สัมประสิทธิ์ของผิวท่อ	C	100		
Hydraulic Gradient	$I = Hf/L$	0.0844	เมตร/เมตร	
ระบุ ความยาวท่อทางส่ง	L	5	เมตร	
เฮดสูญเสียในท่อทางส่ง	Hf_2	0.42	เมตร	
ความดันท่อส่งน้ำดิบ				
เลือก ใช้ชนิดและขนาดท่อทางส่ง (D)	PVC	3.00	นิ้ว	
พื้นที่หน้าตัดของท่อส่งน้ำดิบ	$A = \pi D^2/4$	0.00442	ตร.เมตร	
ความเร็วของน้ำในท่อส่งน้ำดิบ	$v = Q/A$	0.629	เมตร/วินาที	
Hydraulic Depth	$R = D/4$	0.019	เมตร	
สัมประสิทธิ์ของผิวท่อ	C	140		
Hydraulic Gradient	$I = Hf/L$	0.0063	เมตร/เมตร	
ความยาวท่อส่งน้ำดิบ	L	1,280.0	เมตร	
เฮดสูญเสียในท่อส่งน้ำดิบ	Hf_3	8.04	เมตร	
การคำนวณแครื่องสูบน้ำดิบ (Low Lift Pump)				
ระบุ ระดับปรับแต่งบริเวณโรงสูบน้ำดิบ		21.348	เมตร	
ระบุ ความสูงจากบริเวณโรงสูบถึงแกนกลางปั๊ม		0.5	เมตร	
ระดับแกนกลางท่อทางดูดของปั๊ม		21.848	เมตร	
ระบุ ระดับน้ำต่ำสุด	LWL	16.681	เมตร	
ผลการคำนวณระยะดูดยกที่ติดตั้งจริง	Suction head	5.167	เมตร	....(1)
ระบุ ระดับน้ำสูงสุด	HWL	20.841	เมตร	
ระบุ ระดับปรับแต่งบริเวณโรงผลิตน้ำประปา		25.472	เมตร	
ความสูงของปลายท่อส่งน้ำดิบจากระดับปรับแต่งในบริเวณการประปา		3.2	เมตร	
ระดับปลายท่อส่งน้ำดิบเข้าถังกวนเร็ว		28.672	เมตร	
Static head	hs = ระดับปลายท่อ-LWL	11.991	เมตร	
เฮดสูญเสียในเส้นท่อ	$Hf = Hf_1 + Hf_2 + Hf_3$	8.72	เมตร	
เฮดทั้งหมดของปั๊ม	TDH = hs + Hf	20.71	เมตร	
กำหนดให้ใช้เฮดรวม	Say (TDH)	21.00	เมตร	
เลือก ประสิทธิภาพของปั๊ม	eff	50	%	
ผลการคำนวณขนาดของปั๊ม	hp = 1.25 (Q*TDH/270*eff)	1.94	แรงม้า	
เลือก ใช้เครื่องสูบน้ำขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด (hp)		2.0	แรงม้า	
อัตราการสูบน้ำดิบไม่น้อยกว่า (Q)		10	ลบ.ม./ชม.	
ที่ความสูงในการส่งน้ำ (H)		21	เมตร	
เลือก ความเร็วรอบไม่เกิน (rpm)	1,500 หรือ 3,000 รอบ/นาที	3,000	รอบ/นาที	
เลือก จำนวนเครื่องสูบน้ำ		2	ชุด	

การตรวจสอบระยะดูดยก NPSH (Net positive suction head)				
จากสูตร	$H = Pb \times 10.2 - NPSHr - Hf_1 - Hv - Hs$			
H	ระยะดูดยก Suction head ของปั๊มที่จะติดตั้งได้ไม่เกิน ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ ระยะดูดยกที่ติดตั้งจริง (Suction head)....(1)	5.89	เมตร	
Pb	ความดันบรรยากาศ (ปกติ = 1)	1	bar	
NPSHr	อ่านค่าจากเส้นโค้งของ NPSH จาก Performance curve ที่ Q สูงสุดที่ปั๊มจะสูบได้	3.12	เมตร	
Hf_1	แรงดันสูญเสียในเส้นท่อทางดูด	0.26	เมตร	
ระบุ	อุณหภูมิของน้ำ (เพื่อหาความดันไอ Hv)	30	องศาเซนเซียส	
Hv	ความดันไอ อ่านค่าจากสเกลของความดันไอ ซึ่งขึ้นกับอุณหภูมิของน้ำ (ดูจากเสกลหรือตาราง)	0.432582	เมตร	
Hs	ระยะเผื่อเพื่อความปลอดภัย อย่างน้อย เท่ากับ 0.5	0.5	เมตร	

รูปที่ 6-15 (ต่อ) รายการคำนวณระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดินอย่างละเอียด

การคำนวณขนาดท่อน้ำดิ			
สูตรคำนวณความดันสูญเสียในท่อ	$I = (v/(0.84935*C*R^{(0.63)}))^{(1/0.54)}$	Hazen-William equation	
คำนวณท่อทางดูดจากถังน้ำใส-เครื่องสูบน้ำ			
เลือก ใช้ขนิดและขนาดท่อทางดูด (D)	GS	3.0	นิ้ว
พื้นที่หน้าตัดของท่อทางดูด	$A = \pi D^2/4$	0.00442	ตร.เมตร
ความเร็วของน้ำในท่อทางดูด	$v = Q/A$	0.943	เมตร/วินาที
Hydraulic Depth	$R = D/4$	0.019	เมตร
สัมประสิทธิ์ของผิวท่อ	C	100	
Hydraulic Gradient	$I = Hf/L$	0.0248	เมตร/เมตร
ความยาวท่อทางดูด	L	10	เมตร
เฮดสูญเสียในท่อทางดูด	hf_1	0.25	เมตร
คำนวณท่อทางส่งจากเครื่องสูบน้ำ			
เลือก ใช้ขนิดและขนาดท่อทางส่ง (D)	GS	3.0	นิ้ว
พื้นที่หน้าตัดของท่อทางส่ง	$A = \pi D^2/4$	0.00442	ตร.เมตร
ความเร็วของน้ำในท่อทางส่ง	$v = Q/A$	0.943	เมตร/วินาที
Hydraulic Depth	$R = D/4$	0.019	เมตร
สัมประสิทธิ์ของผิวท่อ	C	100	
Hydraulic Gradient	$I = Hf/L$	0.0248	เมตร/เมตร
ระบุ ความยาวท่อทางส่ง	L	6	เมตร
เฮดสูญเสียในท่อทางส่ง	hf_2	0.15	เมตร
คำนวณท่อส่งน้ำดิบขึ้นหอถังสูง			
เลือก ใช้ขนิดและขนาดท่อทางส่ง (D)	GS	3.0	นิ้ว
พื้นที่หน้าตัดของท่อส่งน้ำดิบ	$A = \pi D^2/4$	0.00442	ตร.เมตร
ความเร็วของน้ำในท่อส่งน้ำดิบ	$v = Q/A$	0.943	เมตร/วินาที
Hydraulic Depth	$R = D/4$	0.019	เมตร
สัมประสิทธิ์ของผิวท่อ	C	100	
Hydraulic Gradient	$I = Hf/L$	0.0248	เมตร/เมตร
ระบุ ความยาวท่อส่งน้ำดิบ	L	32	เมตร
เฮดสูญเสียในท่อส่งน้ำดิบ	hf_3	0.79	เมตร
การคำนวณเครื่องสูบน้ำดิ (High Lift Pump)			
ระดับพื้นถังน้ำใสต่ำกว่าระดับปรับแล้ว		2.35	
ระดับน้ำต่ำสุดในถังน้ำใสสูงกว่าพื้นถัง		0.5	
ระดับปลายท่อส่งขึ้นหอถังสูงเทียบกับระดับปรับแล้ว		18	
Static head = hs (ระดับน้ำต่ำสุดในถังน้ำใสถึงปลายท่อส่งน้ำบนหอถังสูง)		19.85	เมตร
เฮดสูญเสียในเส้นท่อ	$hf = hf_1 + hf_2 + hf_3$	1.19	เมตร
เฮดทั้งหมดของปั๊ม	TDH = hs + hf	21.04	เมตร
กำหนดให้ใช้เฮดรวม	Say (TDH)	22.00	เมตร
เลือก ประสิทธิภาพของปั๊ม	eff	50	%
ผลการคำนวณขนาดของปั๊ม	hp = 1.25 (Q*TDH/270*eff)	3.06	แรงม้า
เลือก ใช้เครื่องสูบน้ำขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด (hp)		3.0	แรงม้า
อัตราการสูบน้ำดิบไม่น้อยกว่า (Q)		15	ลบ.ม./ชม.
ที่ความสูงในการส่งน้ำ (H)		22	เมตร
เลือก ความเร็วรอบไม่เกิน (rpm)	1,500 หรือ 3,000 รอบ/นาที	3,000	รอบ/นาที
เลือก จำนวนเครื่องสูบน้ำ		2	ชุด

รูปที่ 6-15 (ต่อ) รายการคำนวณระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดินอย่างละเอียด

บทที่ 7
แบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้าน รูปแบบกรมทรัพยากรน้ำ

7.1 ความเป็นมา

การเตรียมความพร้อมให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นหลังการถ่ายโอนภารกิจ มีหลักการทั่วไป โดยให้หน่วยงานที่ถ่ายโอนภารกิจให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน คำแนะนำ และคำปรึกษาทางเทคนิค วิชาการ และการดำเนินงานให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในภารกิจที่ถ่ายโอนตามความเหมาะสม ดำเนินการฝึกอบรมและจัดทำแผนงานฝึกอบรมด้านต่างๆ รวมทั้งกฎหมาย กฎ และระเบียบที่เกี่ยวข้องในลักษณะบูรณาการที่ประสานหน่วยงานอื่นจนกว่าองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจะมีความพร้อมที่จะรับการถ่ายโอนภารกิจ โดยเฉพาะงานด้านการก่อสร้างขององค์การบริหารส่วนตำบลและเทศบาลตำบล

กรมทรัพยากรน้ำ โดยสำนักบริหารจัดการน้ำ ในฐานะเจ้าของภารกิจการถ่านโอนประปาหมู่บ้านให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เห็นความสำคัญในการช่วยเหลือ สนับสนุน คำแนะนำ และคำปรึกษา ทางเทคนิค วิชาการ เพื่อเป็นการสนับสนุนการจัดสร้างระบบประปาหมู่บ้าน ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จึงได้จัดทำแบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้าน ทั้งแบบที่ใช้แหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน (บ่อน้ำบาดาล) เผยแพร่ผ่านทาง www.prapathai.com พร้อมทั้งจัดพิมพ์เป็นรูปเล่ม โดยมีการจัดพิมพ์และการปรับปรุงแบบแปลนรายละเอียดตามตารางที่ 7-1

ตารางที่ 7-1 แบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาล 4 ขนาด และแบบผิวดิน 3 ขนาด

ประเภท	ขนาด	กำลังผลิต (ลบ.ม./ชม.)	จัดพิมพ์ครั้งที่ 1	จัดพิมพ์ครั้งที่ 2	ปรับปรุงล่าสุด
1. บาดาล	เล็ก	2.5	ก.ค. 2547	ต.ค. 2552	ธ.ค. 2557
2. บาดาล	กลาง	7	พ.ย. 2546	ต.ค. 2552	ธ.ค. 2557
3. บาดาล	ใหญ่	10	พ.ย. 2546	ต.ค. 2552	ธ.ค. 2557
4. บาดาล	ใหญ่มาก	20	ก.ค. 2547	ต.ค. 2552	ธ.ค. 2557
5. ผิวดิน	กลาง	5	ก.ย. 2548	ต.ค. 2552	ธ.ค. 2557
6. ผิวดิน	ใหญ่	10	พ.ย. 2546	ต.ค. 2552	ธ.ค. 2557
7. ผิวดิน	ใหญ่มาก	20	พ.ย. 2546	ต.ค. 2552	ธ.ค. 2557

7.2 แบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านที่เผยแพร่เมื่อปี พ.ศ. 2546

เริ่มเผยแพร่ผ่านทาง website : prapathai.com เมื่อเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2546 ขณะนั้นมีแบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้าน จำนวน 4 แบบ ประกอบด้วย ระบบประปาบาดาล 2 แบบ คือ ขนาดกลาง รองรับจำนวนผู้ใช้น้ำ 51-120 ครัวเรือน และขนาดใหญ่ รองรับจำนวนผู้ใช้น้ำ 121-300 ครัวเรือน รวมทั้งระบบประปาหมู่บ้านผิวดินอีก 2 แบบ คือ ขนาดใหญ่ รองรับจำนวนผู้ใช้น้ำ 121-300 ครัวเรือน และขนาดใหญ่มาก รองรับจำนวนผู้ใช้น้ำ 301-700 ครัวเรือน

7.2.1 แบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาล ขนาดกลางและขนาดใหญ่

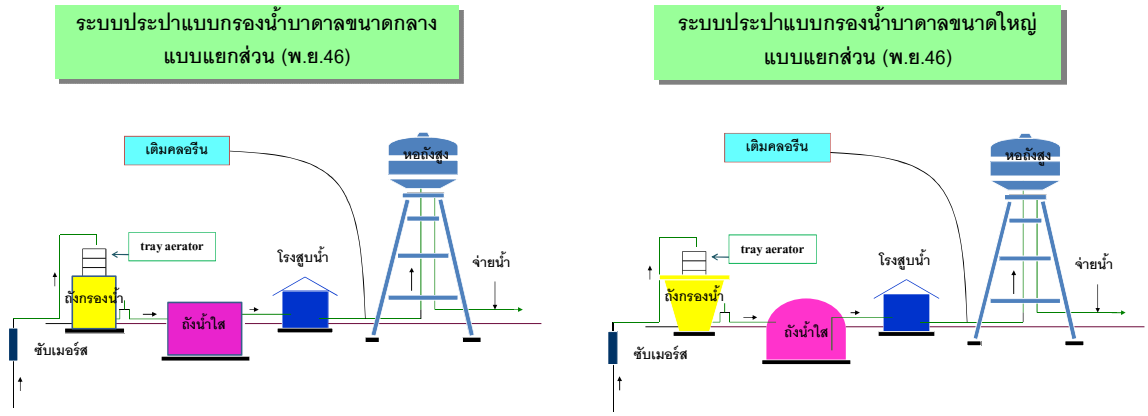
ระบบประปาบาดาลขนาดกลางและขนาดใหญ่ รูปแบบระบบจะเป็น tray aerator ติดตั้งบนถังกรองทราย โดยขนาดกลางจะมีรูปทรงกระบอก ดังแสดงในรูปที่ 7-1 ส่วนขนาดใหญ่จะมีรูปทรงกรวย ดังแสดงในรูปที่ 7-2 แยกส่วนกับถังน้ำใส

กระบวนการผลิตน้ำประปา เริ่มจากน้ำที่สูบจากบ่อน้ำบาดาลจะสูบผ่านถาดเติมอากาศ อากาศมีออกซิเจนเป็นสารออกซิไดซ์เหล็กหรือแมงกานีสที่อยู่ในรูปของสารละลายที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำบาดาลให้เป็นสารแขวนลอยที่สามารถกรองออกด้วยทรายกรองได้ น้ำที่ผ่านทรายกรองแล้วจะไหลลงสู่ถังน้ำใส โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก จากนั้นสูบน้ำจากถังน้ำใสขึ้นหอถังสูง เติมสารคลอรีนฆ่าเชื้อโรค ที่เส้นท่อก่อนขึ้นหอถังสูง เพื่อจ่ายน้ำให้บริการกับผู้ใช้น้ำต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 7-3 และ 7-4

รูปที่ 7-1 ถังกรองบาดาลขนาดกลาง

รูปที่ 7-2 ถังกรองบาดาลขนาดใหญ่

รูปที่ 7-3 ระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาลขนาดกลางและขนาดใหญ่ (แยกอาคารถังกรองและถังน้ำใส)



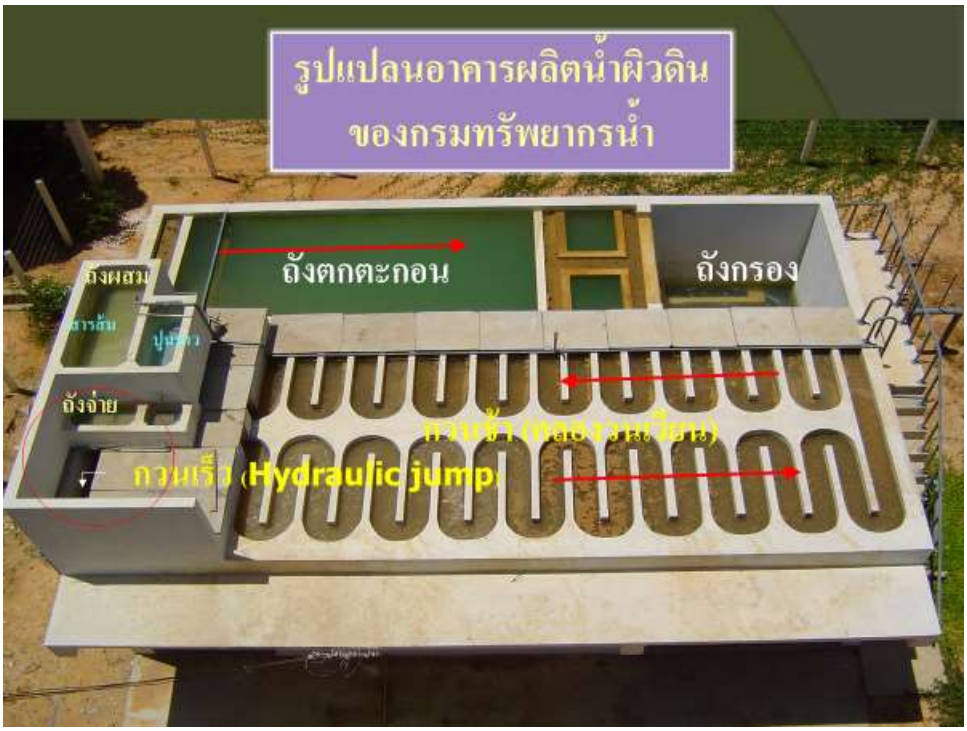
รูปที่ 7-4 ผังแสดงกระบวนการผลิตน้ำประปาบาดาล ขนาดกลางและขนาดใหญ่

7.2.2 แบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดิน ขนาดใหญ่และขนาดใหญ่มาก

อาคารระบบผลิตน้ำประปาผิวดิน ขนาดใหญ่และขนาดใหญ่มาก รองรับจำนวนผู้ใช้น้ำ 121-300 ครัวเรือน และ 301-700 ครัวเรือน ตามลำดับ ประกอบด้วย ระบบกวนเร็ว เป็นรูปแบบ hydraulic jump ระบบกวนช้า เป็นรูปแบบคลองวนเวียน ถังตกตะกอน และถังกรองทราย นอกจากนี้ยังมี ถังผสมและถังจ่ายสารส้ม ปูนขาว ด้านล่างคลองวนเวียน มีห้องเก็บวัสดุ และห้องติดตั้งเครื่องสูบน้ำ เครื่องจ่ายสารคลอรีน ดังแสดงในรูปที่ 5-5

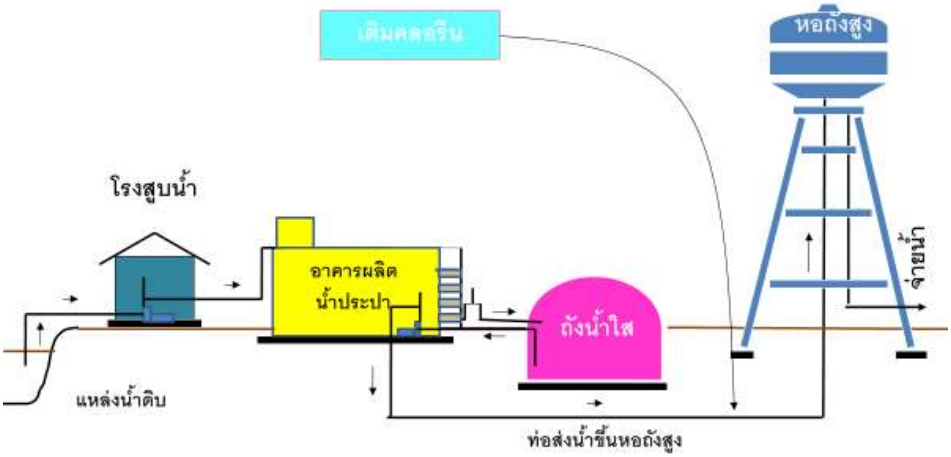
กระบวนการผลิตน้ำประปา เริ่มจากการสูบน้ำดิบผ่านท่อส่งน้ำดิบส่งน้ำเข้ามาบริเวณการประปาเข้าส่วนกวนเร็ว (hydraulic jump) สารส้มและปูนขาวจะถูกเติมในบริเวณนี้ ทำให้น้ำและสารเคมีผสมเข้าด้วยกันอย่างรวดเร็วเพื่อทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์ จากนั้นไหลเข้าสู่ส่วนกวนช้า (คลองวนเวียน) น้ำจะไหลอย่างช้าๆ สร้างโอกาสสัมผัสให้อนุภาครวมตัวกันเป็นฟล็อก จากนั้นจึงไหลไปยังถังตกตะกอนบริเวณนี้น้ำจะไหลช้ามากเพื่อให้ตะกอนที่จับตัวกันจนมีน้ำหนักค่อยๆ ตกตะกอน จนน้ำใสไหลล้นเข้าสู่ถังกรองทรายเพื่อกรองสารแขวนลอยขนาดเล็กจนเป็นน้ำสะอาดไหลไป

เก็บในถังน้ำใส สูบน้ำจากถังน้ำใสพร้อมเติมสารละลายคลอรีนในเส้นท่อก่อนขึ้นสู่หอถังสูงเพื่อจ่ายน้ำให้กับผู้ใช้น้ำต่อไป ตามผังแสดงกระบวนการผลิตน้ำประปาผิวดิน ในรูปที่ 5-6



รูปที่ 7-5 อาคารผลิตน้ำประปาแบบผิวดิน ขนาดใหญ่และใหญ่มาก

ระบบประปาแบบกรองน้ำผิวดินขนาดใหญ่ และขนาดใหญ่มาก กำลังผลิต 10, 20 ลบ.ม./ชม. (พ.ย.46)



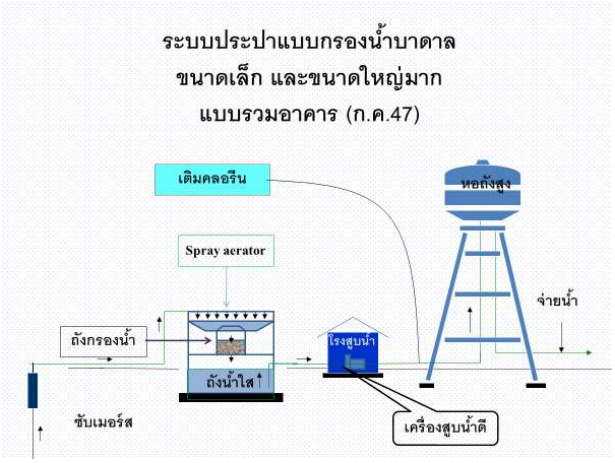
รูปที่ 7-6 ผังแสดงกระบวนการผลิตน้ำประปาผิวดิน ขนาดใหญ่และขนาดใหญ่มาก

7.3 แบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านที่เผยแพร่เมื่อปี พ.ศ. 2547

ต่อมาในปี พ.ศ. 2547 ได้ออกแบบเพิ่มเติมอีก 2 แบบ ระบบประปาบาดาล (ขนาดเล็ก รองรับจำนวนผู้ใช้น้ำ 30-50 ครัวเรือน และขนาดใหญ่มาก รองรับจำนวนผู้ใช้น้ำ 301-700 ครัวเรือน) เป็นรูปแบบ 2 in 1 มีถังกรองตั้งอยู่บนถังน้ำใส ทั้งนี้เพื่อให้ใช้พื้นที่ก่อสร้างน้อยลง และเพื่อรองรับจำนวนครัวเรือนให้เหมาะสมกับระบบประปาได้ครอบคลุมยิ่งขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 7-7

รูปที่ 7-7 ระบบประปาบาดาล ขนาดเล็กและขนาดใหญ่มาก แบบ 2 in 1

รูปแบบระบบจะเป็น Spray aerator ติดตั้งเหนืออ่างคอนกรีตรองรับน้ำบาดาลที่สูบจากบ่อน้ำบาดาล เพื่อให้มีระยะเวลาทำปฏิกิริยาระหว่าง น้ำบาดาลที่มีสารละลายเหล็กกับออกซิเจนก่อนที่ไหลล้นปากถังกรองทราย เข้าสู่ถังกรองทราย เพื่อกรองตะกอนเหล็กออกจากน้ำบาดาล น้ำที่ผ่านทรายกรองแล้วจะไหลลงสู่ถังน้ำใส โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก จากนั้นสูบน้ำจากถังน้ำใสขึ้นหอถังสูง เติมสารคลอรีนฆ่าเชื้อโรค ที่เส้นท่อก่อนขึ้นหอถังสูง เพื่อจ่ายน้ำให้บริการกับผู้ใช้น้ำต่อไป ตามผังแสดงกระบวนการผลิตน้ำประปาบาดาล ขนาดเล็กและขนาดใหญ่มาก ในรูปที่ 7-8

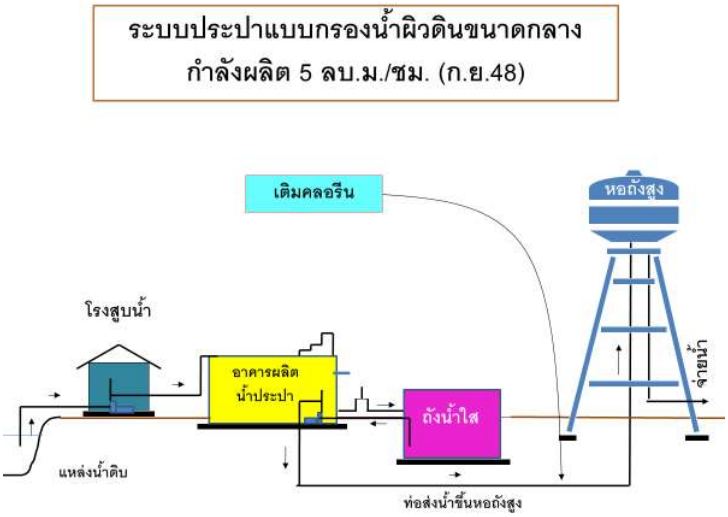


รูปที่ 7-8 ผังแสดงกระบวนการผลิตน้ำประปาบาดาล ขนาดเล็ก และขนาดใหญ่มาก

7.4 แบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านที่เผยแพร่เมื่อปี พ.ศ. 2548

ในปี พ.ศ. 2547 กรมทรัพยากรน้ำ ดำเนินการโครงการน้ำกินน้ำใช้ทั่วไทย จากการพิจารณาข้อมูลพบว่าหมู่บ้านที่มีจำนวนครัวเรือนอยู่ในช่วง 51-120 ครัวเรือน และมีความจำเป็นต้องใช้แหล่งน้ำผิวดินเป็นแหล่งน้ำสำหรับผลิตน้ำประปาอีกจำนวนมาก แต่เนื่องจากกรมทรัพยากรน้ำมีแบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดินขนาดใหญ่และใหญ่มาก ซึ่งรองรับจำนวนผู้ใช้น้ำได้ตั้งแต่ 121-700 ครัวเรือนเท่านั้น ยังขาดแบบแปลนที่จะรองรับจำนวนผู้ใช้น้ำในช่วง 51-120 ครัวเรือน จึงดำเนินการออกแบบมาตรฐานระบบประปาแบบผิวดิน ขนาดกลางเพิ่มเติมอีกหนึ่งแบบ ดังแสดงในรูปที่ 7-9 และผังแสดงกระบวนการผลิตน้ำประปาผิวดิน ขนาดกลาง ดังแสดงในรูปที่ 7-8 ทั้งนี้เพื่อลดช่องว่างในการเลือกใช้แบบแปลนและใช้งบประมาณให้เหมาะสม ดังนั้นในปี พ.ศ. 2548 จึงได้จัดพิมพ์เป็นรูปเล่มขนาด A3 พร้อมทั้งเผยแพร่ทาง website : prapathai.com ด้วย

รูปที่ 7-9 ระบบประปาผิวดิน ขนาดกลาง



รูปที่ 7-10 ผังแสดงกระบวนการผลิตน้ำประปาผิวดิน ขนาดกลาง

7.5 การปรับปรุงแบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้าน 7 รูปแบบ เมื่อปี พ.ศ. 2557

การปรับปรุงแบบแปลนทั้ง 7 รูปแบบ เมื่อเดือนธันวาคม พ.ศ. 2557 เป็นการปรับปรุงรายละเอียดเกี่ยวกับข้อความบนหอถังสูงและป้ายการประปา จากเดิมกำหนดให้ระบุชื่อหน่วยงาน “กรมทรัพยากรน้ำ” เปลี่ยนเป็นระบุชื่อ “หน่วยงานที่ก่อสร้าง” ซึ่งเป็นการปรับปรุงเพียงบางส่วน โดยเปลี่ยนปกแบบมาตรฐานงานก่อสร้างระบบประปาหมู่บ้านทั้ง 7 ขนาด เปลี่ยนสารบัญแบบมาตรฐานงานก่อสร้างระบบประปาหมู่บ้านทั้ง 7 ขนาด และเปลี่ยนแบบป้ายการประปาฯ จากแบบเลขที่ 921001 เป็นแบบเลขที่ 921006 ส่วนรายละเอียดแบบมาตรฐานอื่นๆ ยังคงเดิม ทั้งนี้เพื่อให้การระบุชื่อหน่วยงานที่ก่อสร้างที่หอถังสูงและที่ป้ายการประปาฯ ตรงตามข้อเท็จจริง เนื่องจากกรมทรัพยากรน้ำไม่ใช่หน่วยงานที่ได้รับงบประมาณเพื่อการก่อสร้าง การก่อสร้างและควบคุมการก่อสร้างเป็นหน้าที่ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดยขอรับการสนับสนุนงบประมาณผ่านกรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น ปัจจุบันกรมทรัพยากรน้ำอนุญาตให้ใช้แบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้าน 7 รูปแบบ ฉบับปรับปรุงล่าสุด เมื่อเดือนธันวาคม 2557 เท่านั้น ดังนั้นกรมทรัพยากรน้ำจึงได้แจ้งให้กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่นทราบและพิจารณามอบหมายให้ผู้เกี่ยวข้องดำเนินการต่อไป

7.6 แบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านที่เผยแพร่เมื่อปี พ.ศ. 2558

ต่อมากรมทรัพยากรน้ำ พบว่าที่ดินสำหรับก่อสร้างระบบประปาหมู่บ้านแม้จะใช้พื้นที่ไม่มาก แต่การขออุทิศที่ดินเพื่อก่อสร้างระบบประปาไม่ใช่เรื่องง่ายเหมือนก่อนหน้านี้ จึงมีแนวคิดพัฒนาแบบมาตรฐานระบบประปาบาดาลให้ใช้พื้นที่น้อยลงอีก และให้เป็นรูปแบบเดียวกันทั้งขนาดเล็ก กลาง ใหญ่ และใหญ่มาก โดยติดตั้งเครื่องสูบน้ำบนฝาถังน้ำใสข้างถังกรอง โดยไม่ต้องก่อสร้างโรงสูบน้ำ และมีถังกรองอยู่บนถังน้ำใสเช่นเดิม เป็นฉบับปรับปรุงเป็นแบบ 3 in 1) เผยแพร่ทาง www.prapathai.com จำนวน 4 ขนาด คือ ขนาดเล็ก กลาง ใหญ่ และใหญ่มาก เมื่อเดือน มีนาคม 2558 โดยมีรายละเอียดการเปรียบเทียบองค์ประกอบของระบบผลิตน้ำประปาระหว่างแบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาลแบบเดิม 2 in 1 กับแบบ 3 in 1 ตามตารางที่ 7-2 – 7-5 และรูปที่ 7-11 – 7-14

ตารางที่ 7-2 เปรียบเทียบแบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาลขนาดเล็ก

รายการ	แบบเดิม 2 in 1	แบบ 3 in 1	ข้อสังเกต
1. ถังกรอง	2.5 ลบ.ม./ชม.	2.5 ลบ.ม./ชม.	กำลังผลิตเหมือนเดิม
2. ถังน้ำใส	14 ลบ.ม.	14 ลบ.ม.	ความจุเหมือนเดิม
3. โรงสูบน้ำดี	2.5 x 2.5 ม.	-	ไม่มีโรงสูบน้ำ
4. หอถังสูง	10 ลบ.ม.สูง 10 ม.	10 ลบ.ม.สูง 10 ม.	ความจุเหมือนเดิม
5. พื้นที่ก่อสร้าง	15 x 15 ม.	8 x 15 ม.	พื้นที่ก่อสร้างน้อยลง

ตารางที่ 7-3 เปรียบเทียบแบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาลขนาดกลาง

รายการ	แบบเดิม 2 in 1	แบบ 3 in 1	ข้อสังเกต
1. ถังกรอง	7 ลบ.ม./ชม.	5 ลบ.ม./ชม.	กำลังผลิตลดลง
2. ถังน้ำใส	20 ลบ.ม.	25 ลบ.ม.	ความจุเพิ่มขึ้น
3. โรงสูบน้ำดี	2.5 x 2.5 ม.	-	ไม่มีโรงสูบน้ำ
4. หอถังสูง	15 ลบ.ม.สูง 15 ม.	15 ลบ.ม.สูง 15 ม.	ความจุเหมือนเดิม
5. พื้นที่ก่อสร้าง	15 x 15 ม.	12 x 16 ม.	พื้นที่ก่อสร้างน้อยลง

ตารางที่ 7-4 เปรียบเทียบแบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาลขนาดใหญ่

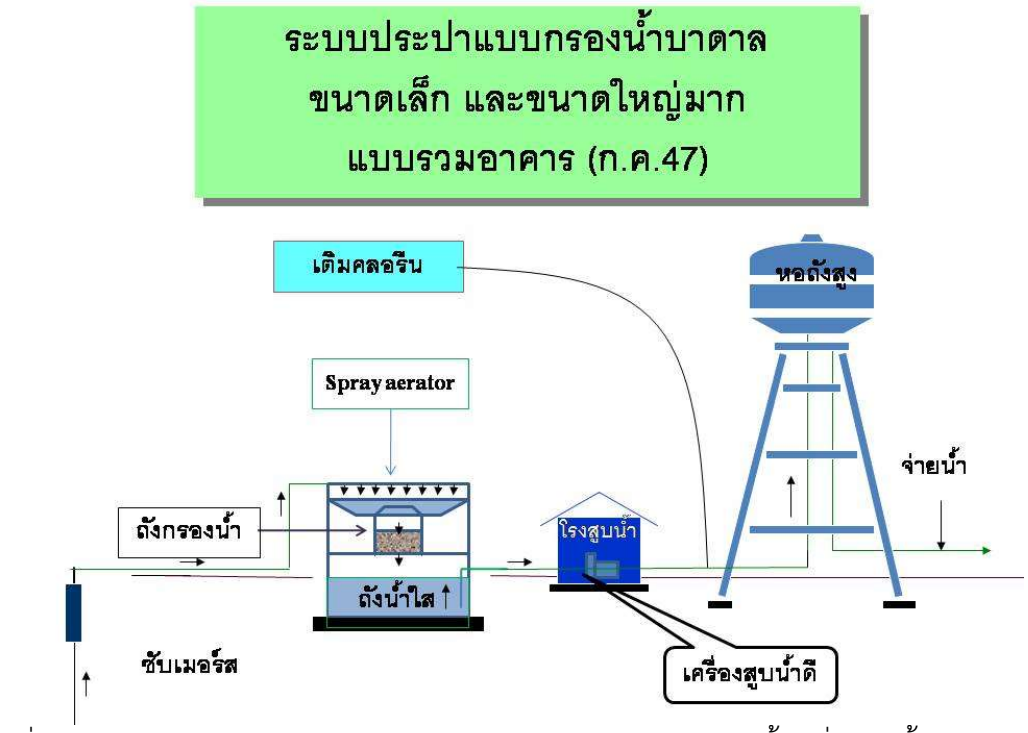
รายการ	แบบเดิม 2 in 1	แบบ 3 in 1	ข้อสังเกต
1. ถังกรอง	10 ลบ.ม./ชม.	10 ลบ.ม./ชม.	กำลังผลิตเหมือนเดิม
2. ถังน้ำใส	100 ลบ.ม.	50 ลบ.ม.	ความจุลดลง
3. โรงสูบน้ำดี	3.0 x 3.5 ม.	-	ไม่มีโรงสูบน้ำ
4. หอถังสูง	30 ลบ.ม.สูง 15 ม.	15 ลบ.ม.สูง 15 ม.	ความจุลดลง
5. พื้นที่ก่อสร้าง	20 x 20 ม.	13 x 18 ม.	พื้นที่ก่อสร้างน้อยลง

ตารางที่ 7-5 เปรียบเทียบแบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาลขนาดใหญ่มาก

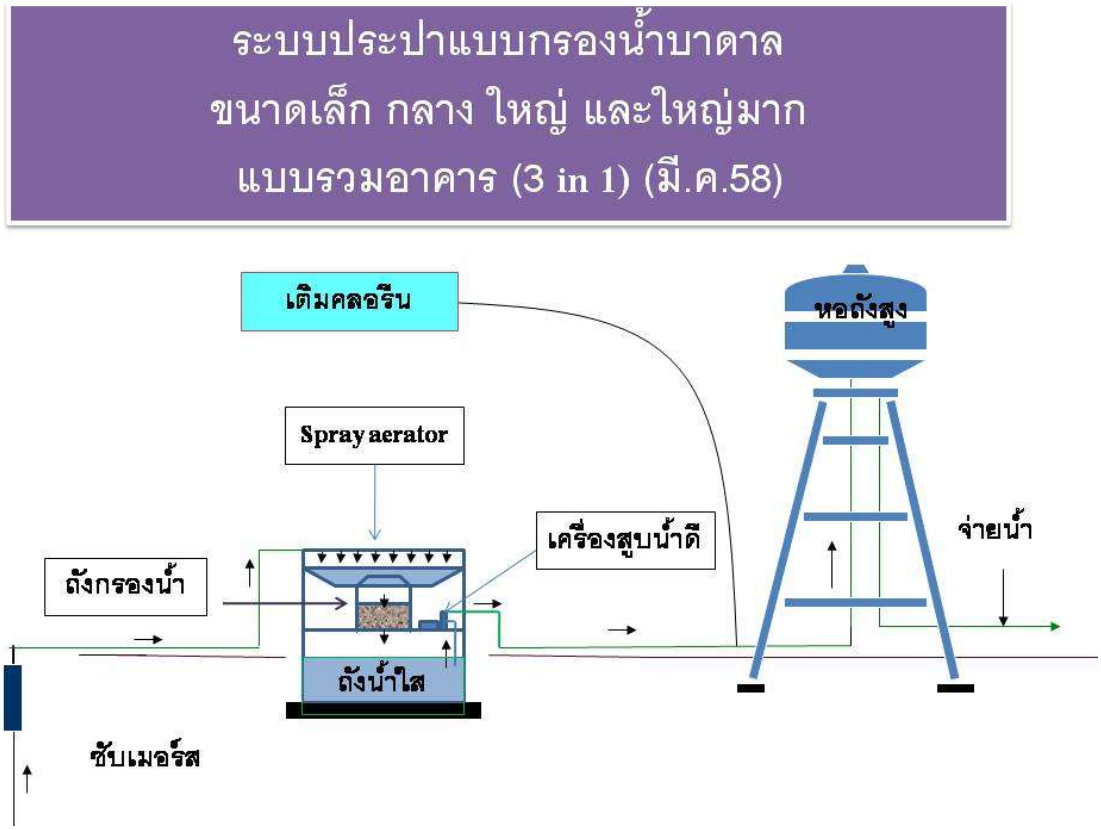
รายการ	แบบเดิม 2 in 1	แบบ 3 in 1	ข้อสังเกต
1. ถังกรอง	20 ลบ.ม./ชม.	20 ลบ.ม./ชม.	กำลังผลิตเหมือนเดิม
2. ถังน้ำใส	100 ลบ.ม.	100 ลบ.ม.	ความจุเหมือนเดิม
3. โรงสูบน้ำดี	3.0 x 3.5 ม.	-	ไม่มีโรงสูบน้ำ
4. หอถังสูง	45 ลบ.ม.สูง 15 ม.	30 ลบ.ม.สูง 15 ม.	ความจุลดลง
5. พื้นที่ก่อสร้าง	22 x 22 ม.	15 x 22 ม.	พื้นที่ก่อสร้างน้อยลง

รูปที่ 7-11 ระบบประปาบาดาลแบบเดิม 2 in 1 (ถังกรองทราย อยู่บนถังน้ำใส)

รูปที่ 7-12 ระบบประปาบาดาลแบบเดิม 3 in 1 (ถังกรองทราย อยู่บนถังน้ำใส และติดตั้งเครื่องสูบน้ำบนฝาถังน้ำใส) ไม่ต้องก่อสร้างโรงสูบน้ำ



รูปที่ 7-13 องค์ประกอบของระบบประปาบาดาลแบบเดิม 2 in 1 ติดตั้งเครื่องสูบน้ำในโรงสูบน้ำ



รูปที่ 7-14 องค์ประกอบของระบบประปาบาดาลแบบ 3 in 1 (ไม่มีโรงสูบน้ำ)

7.7 สรุปรูปแบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านของกรมทรัพยากรน้ำ

รูปแบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาล มี 4 ขนาด คือ ขนาดเล็ก และขนาดใหญ่มาก เป็นรูปแบบ 2 in 1 (ถังกรองอยู่บนถังน้ำใส) สำหรับขนาดกลาง และขนาดใหญ่ เป็นระบบแยกอาคาร (ถังกรอง 1 อาคาร และถังน้ำใส 1 อาคาร) แต่ละแบบมีข้อมูลขนาดกำลังผลิตน้ำประปา รองรับจำนวนผู้ใช้น้ำ ใช้พื้นที่ก่อสร้าง ราคาค่าก่อสร้าง และมีขนาดขององค์ประกอบหลัก คือ อาคารโรงสูบน้ำ อาคารถังกรองกำจัดเหล็ก ถังน้ำใส และหอถังสูง ดังแสดงในตารางที่ 7-6

ตารางที่ 7-6 องค์ประกอบของระบบประปาบาดาล

ขนาด	กำลังผลิต (ลบ.ม./ชม.)	รองรับผู้ใช้น้ำ (ครัวเรือน)	พื้นที่ (ม.xม.)	ราคา (ล้านบาท)	องค์ประกอบหลัก			
					โรงสูบน้ำดี (ม.xม.)	ถังกรองกำจัดเหล็ก (ลบ.ม./ชม.)	ถังน้ำใส (ลบ.ม.)	หอถังสูง ขนาด (ลบ.ม.), สูง (ม.)
เล็ก	**2.5**	**30-50**	**15x15**	**1.368**	**2.5x2.5**	**2.5**	**14**	**10, 10**
กลาง	**7**	**51-120**	**15x15**	**2.201**	**2.5x2.5**	**7**	**20**	**15, 15**
ใหญ่	**10**	**121-300**	**20x20**	**3.243**	**3.0x3.5**	**10**	**100**	**30, 15**
ใหญ่มาก	**20**	**301-700**	**22x22**	**4.664**	**3.0x3.5**	**20**	**100**	**45, 15**

หมายเหตุ ประมาณราคาก่อสร้างระบบประปาบาดาล ณ เดือนสิงหาคม 2561 เป็นราคาที่รวม Factor F แล้ว

รูปแบบระบบประปาแบบผิวดิน มี 3 ขนาด คือ ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และขนาดใหญ่มาก มีการเผยแพร่แบบแปลนขนาดใหญ่และขนาดใหญ่มากก่อน เมื่อเดือนกรกฎาคม 2547 และต่อมาได้มีการเผยแพร่แบบแปลนขนาดกลาง เมื่อเดือนกันยายน 2548 รูปแบบเป็นแบบทั่วไป (Conventional Type) ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น แต่ละแบบมีข้อมูลขนาดกำลังผลิตน้ำประปา รองรับจำนวนผู้ใช้น้ำ พื้นที่ก่อสร้าง ราคาค่าก่อสร้าง และมีขนาดขององค์ประกอบหลัก คือ อาคารโรงสูบน้ำดิบ อาคารผลิตน้ำ ถังน้ำใส และหอถังสูง ดังแสดงในตารางที่ 7-8

ตารางที่ 7-7 องค์ประกอบของระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดิน

ขนาด	กำลังผลิต (ลบ.ม./ชม.)	รองรับผู้ใช้น้ำ (ครัวเรือน)	พื้นที่ (ม.xม.)	ราคา (ล้านบาท)	องค์ประกอบหลัก			
					โรงสูบน้ำดิบ (ม.xม.)	อาคารผลิตน้ำ (ลบ.ม./ชม.)	ถังน้ำใส (ลบ.ม.)	หอถังสูง ขนาด (ลบ.ม.), สูง (ม.)
กลาง	5	51-120	20x20	2.894	3.0x3.5	5	25	15, 15
ใหญ่	10	121-300	25x25	4.251	3.0x3.5	10	100	30, 15
ใหญ่มาก	20	301-700	25x28	5.669	3.0x3.5	20	100	45, 15

หมายเหตุ ประมาณราคาก่อสร้างระบบประปาผิวดิน ณ เดือนสิงหาคม 2561 เป็นราคาที่รวม Factor F แล้ว

เอกสารอ้างอิง

1. นิยม นิยมมานุสร วิชาการประปา พ.ศ. 2526
2. Small Community Water Supplies (I.R.C) 1981
3. Design Criteria for Water Works Facilities JWWA 1978
4. Feasibility Study on The Sanitary District Water Work Project in The North-Eastern Region of Thailand JICA 1986
5. Water Treatment Plant Design AWWA 1971
6. GRUNDFOS PUMP HANDBOOK , 2016
7. สำนักบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คู่มือผู้ควบคุมการผลิตน้ำประปา ระบบประปาบาดาล ขนาดอัตราการผลิต 2.5, 20 ลบ.ม./ชม. e-book : เมษายน 2562.
8. สำนักบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คู่มือผู้ควบคุมการผลิตน้ำประปา ระบบประปาบาดาล ขนาดอัตราการผลิต 7, 10 ลบ.ม./ชม. e-book : เมษายน 2562.
9. สำนักบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คู่มือผู้ควบคุมการผลิตน้ำประปา ระบบประปาบาดาล (แบบ 3 in 1) ขนาดอัตราการผลิต 2.5, 5, 10 และ 20 ลบ.ม./ชม. e-book : เมษายน 2562.
10. สำนักบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คู่มือผู้ควบคุมการผลิตน้ำประปา ระบบประปาผิวดิน ขนาดอัตราการผลิต 5, 10 และ 20 ลบ.ม./ชม. e-book : เมษายน 2562.
11. สำนักบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คู่มือผู้ควบคุมการผลิตน้ำประปา ระบบประปาผิวดิน ขนาดอัตราการผลิต 50 ลบ.ม./ชม. e-book : เมษายน 2562.
12. ดร.มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, วิศวกรรมการประปา เล่ม 1, 2 พิมพ์ที่โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532.

ภาคผนวก ก ตารางการเปลี่ยนหน่วย

Pressure

	Pascal (=Newton per square metre)	bar	kibpond per square metre	meter Water Column	Technical atmosphere	Physical atmosphere	pound per square inch	
	Pa, (N/m^2)	bar	kp/m^2	mWC	at kp/m^2	atm	psi (lb/in^2)	
1 Pa	1	10^{-5}	0.1020	$1.020 \cdot 10^{-4}$	$1.020 \cdot 10^{-5}$	$9.869 \cdot 10^{-4}$	$1.450 \cdot 10^{-4}$	1 Pa
1 bar	10^5	1	10197	10.20	1.020	0.9869	14.50	1 bar
1 kp/m^2	9.8067	$9.807 \cdot 10^5$	1	10^{-3}	10^{-4}	$0.9678 \cdot 10^{-4}$	$1.422 \cdot 10^{-3}$	1 kp/m^2
1 m WC	9806.7	0.09807	10^3	1	0.1	0.09678	1.422	1 m WC
1 at	98067	0.9807	10^4	10	1	0.9678	14.22	1 at
1 atm	101325	1.013	10333	10.33	1.033	1	14.70	1 atm
1 psi	6895	0.06895	703.1	0.7031	0.07031	0.06804	1	1 psi

Flow (volume)

	Cubic metre per second	Cubic metre per hour	Litre per second	Gallon (UK) per minute	Gallon (US) per minute	
	m^3/s	m^3/h	1 l/s	UK GPM	UK GPM	
1 m^3/s	1	3600	1000	1320	15651	1 m^3/s
1 m^3/h	$2.778 \cdot 10^{-4}$	1	0.2778	3.667	4.403	1 m^3/h
1 l/s	10^{-3}	3.6	1	13.2	15.85	1 l/s
1 UK GPM	$7.577 \cdot 10^{-5}$	0.02728	0.07577	1	1.201	1 UK GPM
1 US GPM	$6.309 \cdot 10^{-5}$	0.02271	0.06309	0.8327	1	1 US GPM

Temperature

The formulas listed below show how to convert the most commonly used units for temperature.

From degrees Celsius to Kelvin: $T\,[K] = 273.15 + t\,[°C]$

From degrees Celsius to degrees Fahrenheit: $t\,[°F] = 32 + 1.8\,t\,[°C]$

Degrees Celsius	Kelvin	Degrees Fahrenheit
°C	K	°F
0	273.15	32
100	373.15	212
- 17.8	255.35	0

	Δt	Δt	Δt
Δt,Δt	°C	K	°F
1 °C =	1	1	32
1 K =	1	1	5/9
1 °F =	9/5	9/5	1

ภาคผนวก ข

ตัวอย่าง

รายการคำนวณระบบประปาบาดาล

ตารางกรอกข้อมูลและผลการออกแบบระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาล

*ให้เปลี่ยนแปลงค่าได้เฉพาะช่องที่มีสีเหลืองเท่านั้น

ชื่อบ้าน	บางคนนา	หมู่ที่	10	ตำบล	มโนรักษ์	อำเภอ	เมืองฯ	จังหวัด	ร้อยเอ็ด

เงื่อนไขการออกแบบ (เปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสม)

						ตรวจสอบ
ออกแบบรองรับความต้องการใช้น้ำได้	10	ปี	อัตราการเจริญเติบโตของประชากร	2	%	
ความต้องการใช้น้ำเฉลี่ย	50	ลิตร/คน/วัน	อัตราการสูญเสียน้ำ	25	%	
ตัวคูณเผื่อน้ำใช้สูงสุด	1.5	-	กำหนดชั่วโมงการผลิตน้ำ	14	ชั่วโมง/วัน	
ร้อยละของผู้ใช้บริการ	100	%				

กรอกข้อมูลการออกแบบกำลังผลิตน้ำประปา

			ผลการคำนวณกำลังผลิตน้ำประปา			ตรวจสอบ
ปี พ.ศ.ที่ออกแบบ	2560	-	รองรับผู้ใช้น้ำได้ถึงปี พ.ศ.	2570	-	
จำนวนประชากรปัจจุบัน	1,220	คน	จำนวนประชากรปีที่ออกแบบ	1,487	คน	
จำนวนหลังคาเรือน	250	หลังคาเรือน	อัตราส่วน คน/หลังคาเรือน	4.88	คน/หลังคาเรือน	
			กำลังผลิตน้ำประปาที่ต้องการ	9.96	ลบ.ม./ชม.	
			เลือก ใช้กำลังผลิต	10	ลบ.ม./ชม.	
			อัตราการจ่ายน้ำต้องไม่น้อยกว่า	15	ลบ.ม./ชม.	

การออกแบบท่อน้ำดิบและเครื่องสูบน้ำดิบ

กรอกข้อมูลการออกแบบท่อน้ำดิบ

ผลการคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อ

สูตรคำนวณความดันสูญเสียในท่อ $I = (v/(0.84935*C*R^{0.63}))^{(1/0.54)}$ — Hazen-William equation

						ตรวจสอบ
ท่อส่งน้ำในบ่อ ชนิด	GS	ขนาด 2.00 นิ้ว	ความเร็วของน้ำในท่อส่งน้ำในบ่อ	1.414	เมตร/วินาที	O.K.
ระยะจากปั๊มถึงปากบ่อ ความยาว	33	เมตร	เฮดสูญเสียในท่อ hf_1	2.79	เมตร	
ท่อส่งน้ำ ชนิด	GS	ขนาด 3.00 นิ้ว	ความเร็วของน้ำในท่อทางส่งจากปากบ่อ	0.629	เมตร/วินาที	O.K.
จากปากบ่อถึงถัง ถังกรอง ความยาว	40	เมตร	เฮดสูญเสียในท่อ hf_2	0.47	เมตร	

กรอกข้อมูลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบ (Submersible pump)

ผลการคำนวณขนาดเครื่องสูบน้ำดิบ

สูตรการคำนวณขนาดของปั๊ม (แรงม้า) — hp = 1.25 (Q*TDH/270*eff)

						ตรวจสอบ
ความลึกของบ่อบาดาลจากปากบ่อ	70.5	เมตร	ระยะน้ำลด DD (Drawdown)	7.433	เมตร	
ระดับติดตั้งท่อกรองในบ่อบาดาลจากปากบ	61.5	เมตร	ระยะติดตั้งเครื่องสูบน้ำไม่น้อยกว่า	32.75	เมตร	
ระดับปรับแล้วบริเวณปากบ่อบาดาล (รสม.)	21.35	เมตร	กำหนดติดตั้งปั๊มที่ความลึก	33	เมตร	O.K.
ระดับน้ำปกติก่อนสูบ (SWL)	22.32	เมตร	Static head (hs)	33.87	เมตร	
ระดับน้ำคงที่ขณะสูบ = SWL+DD	29.75	เมตร	เฮดสูญเสียในเส้นท่อรวม (hf)	3.25	เมตร	
ระดับปรับแล้วบริเวณโรงผลิตน้ำประปา (รส	21.47	เมตร	เฮดทั้งหมดของปั๊ม (TDH=hs+hf)	37.13	เมตร	
ระยะจากระดับปรับแล้วถึงปลายท่อส่งน้ำขึ้ ถังกรอง	4	เมตร	กำหนดเฮดทั้งหมดเป็น	38	เมตร	
เลือก ประสิทธิภาพของปั๊ม	50	%	ขนาดปั๊มจากการคำนวณ (hp)	3.52	แรงม้า	
เลือก ความเร็วรอบไม่เกิน (rpm)	3,000	รอบ/นาที	**เลือก** ใช้ขนาดปั๊ม	4.0	แรงม้า	

สรุปผลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบ

เครื่องสูบน้ำแบบจมน้ำ สูบน้ำได้ไม่น้อยกว่า	10	ลบ.ม./ชม.	ที่เฮดสูบส่ง	38.00	เมตร
ความเร็วรอบไม่เกิน	3,000	รอบ/นาที	ขนาดไม่น้อยกว่า	4.0	แรงม้า
จำนวน	1	ชุด			

การออกแบบท่อส่งน้ำประปาและเครื่องสูบน้ำดี

กรอกข้อมูลการออกแบบท่อ

ผลการคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อ

สูตรคำนวณความดันสูญเสียในท่อ $I = (v/(0.84935*C*R^{0.63}))^{(1/0.54)}$ — Hazen-William equation

						ตรวจสอบ
ท่อทางดูดของปั๊ ชนิด	GS	ขนาด 3 นิ้ว	ความเร็วของน้ำในท่อทางดูด	0.943	เมตร/วินาที	O.K.
ความยาว	10	เมตร	เฮดสูญเสียในท่อทางดูด hf_1	0.25	เมตร	
ท่อทางส่งของปั๊ ชนิด	GS	ขนาด 3 นิ้ว	ความเร็วของน้ำในท่อทางส่ง	0.943	เมตร/วินาที	O.K.
ความยาว	6	เมตร	เฮดสูญเสียในท่อทางส่ง hf_2	0.15	เมตร	
ท่อส่งน้ำดีขึ้นหอถั ชนิด	GS	ขนาด 3 นิ้ว	ความเร็วของน้ำในท่อส่งน้ำขึ้นหอถ	0.943	เมตร/วินาที	O.K.
ความยาว	32	เมตร	เฮดสูญเสียในท่อส่งน้ำ hf_3	0.79	เมตร	

กรอกข้อมูลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดี (High lift pump)

ผลการคำนวณขนาดเครื่องสูบน้ำดี

						ตรวจสอบ
ระดับพื้นถังน้ำใสต่ำกว่าระดับปรับแล้ว	2.35	เมตร	Static head = hs	19.85	เมตร	
ระดับน้ำต่ำสุดในถังน้ำใสสูงกว่าพื้นถัง	0.5	เมตร	เฮดสูญเสียในเส้นท่อ (hf)	1.19	เมตร	
ระดับปลายท่อส่งขึ้นหอถังสูงเทียบกับระดับปรับแล้ว	18	เมตร	เฮดทั้งหมดของปั๊ม (TDH=hs+hf)	21.04	เมตร	
เลือก ประสิทธิภาพของปั๊ม (eff)	50	%	กำหนดให้ใช้เฮดรวม	22.00	เมตร	
เลือก ความเร็วรอบไม่เกิน (rpm)	3,000	รอบ/นาที	ผลการคำนวณขนาดของปั๊ม	3.06	แรงม้า	
			เลือกใช้เครื่องสูบน้ำขนาด	3.0	แรงม้า	

สรุปผลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดี

เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง สูบน้ำได้ไม่น้อยกว่า	15	ลบ.ม./ชม.	ที่เฮดสูบส่ง	22.00	เมตร
ความเร็วรอบไม่เกิน	3,000	รอบ/นาที	ขนาดไม่น้อยกว่า	3.0	แรงม้า
จำนวน	2	ชุด			

รายการคำนวณระบบประปาหมู่บ้าน แบบบาดาล

ระบบประปาหมู่บ้าน	บางคนนา	หมู่ที่	10	
ตำบล	มโนรักษ์	อำเภอ	เมืองฯ	
จังหวัด	ร้อยเอ็ด			

ข้อมูลสำหรับการคำนวณ และ Design Criteria

ปีปัจจุบัน พ.ศ.	Design Year	2560	
จำนวนประชากรปัจจุบัน	Population	1220	คน
จำนวนหลังคาเรือน	Household	250	หลังคาเรือน
ออกแบบรองรับความต้องการใช้น้ำได้	Design Period	10	ปี
อัตราการเจริญเติบโตของประชากร	Growth Rate	2	%
ความต้องการใช้น้ำเฉลี่ย	consumption rate	50	ลิตร/คน/วัน
อัตราการสูญเสียน้ำ	Loss	25	%
ตัวคูณเผื่อน้ำใช้สูงสุด	Peak Factor	1.5	
ชั่วโมงการผลิตน้ำประปา	Operating Hour	14	ชั่วโมง/วัน
ร้อยละของผู้ใช้บริการ	percentage of serving	100	%

ผลการคำนวณกำลังผลิตน้ำประปา

ปีที่ออกแบบ พ.ศ.	Design Period	2570	
อัตราส่วน คน/หลังคาเรือน	Ratio	4.88	คน/หลังคาเรือน
จำนวนประชากรปีที่ออกแบบ	Population	1,487	คน
คิดเป็นจำนวนหลังคาเรือน	Household	305	หลังคาเรือน
ความต้องการใช้น้ำเฉลี่ย	Ave.day	74.4	ลบ.ม./วัน
ความต้องการใช้น้ำในวันใช้น้ำสูงสุด	Max.day	111.5	ลบ.ม./วัน
ปริมาณน้ำสูญเสีย	Loss	27.9	ลบ.ม./วัน
ความต้องการใช้น้ำรวมน้ำสูญเสีย	Max.day+Loss	139.4	ลบ.ม./วัน
กำลังผลิตน้ำประปาที่ต้องการ	Plant Capacity	9.96	ลบ.ม./ชม.
สรุป **เลือก** ใช้กำลังผลิตน้ำประปา	Say (Q)	10	ลบ.ม./ชม.
อัตราการจ่ายน้ำต้องไม่น้อยกว่า	Max.hr	15	ลบ.ม./ชม.

สรุปผลการเลือกใช้แบบ

ใช้แบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาล ขนาด	ใหญ่	
ขนาดกำลังผลิต	10	ลบ.ม./ชม.

การคำนวณขนาดท่อ

สูตรคำนวณความดันสูญเสียในท่อ $I = (v/(0.84935*C*R^{0.63}))^{(1/0.54)}$ Hazen-William equation

คำนวณท่อส่งน้ำในบ่อบาดาล

เลือก ใช้ชนิดและขนาดท่อทางส่งน้ำในบ่อ (D	GS	2.00	นิ้ว
พื้นที่หน้าตัดของท่อทางดูด	$A = \pi D^2/4$	0.00196	ตร.เมตร
ความเร็วของน้ำในท่อทางดูด	$v = Q/A$	1.414	เมตร/วินาที
Hydraulic Depth	$R = D/4$	0.013	เมตร
สัมประสิทธิ์ของผิวท่อ	C	100	
Hydraulic Gradient	$I = Hf/L$	0.0844	เมตร/เมตร
ความยาวท่อทางดูด	L	33	เมตร
เฮดสูญเสียในท่อทางดูด	hf_1	2.79	เมตร

คำนวณท่อทางส่งน้ำขึ้นถัง

เลือก ใช้ชนิดและขนาดท่อทางส่ง (D)	GS	3.00	นิ้ว
พื้นที่หน้าตัดของท่อทางส่ง	$A = \pi D^2/4$	0.00442	ตร.เมตร
ความเร็วของน้ำในท่อทางส่ง	$v = Q/A$	0.629	เมตร/วินาที
Hydraulic Depth	$R = D/4$	0.019	เมตร
สัมประสิทธิ์ของผิวท่อ	C	100	
Hydraulic Gradient	$I = Hf/L$	0.0117	เมตร/เมตร
ระบุ ความยาวท่อทางส่ง	L	40	เมตร
เฮดสูญเสียในท่อทางส่ง	hf_2	0.47	เมตร

คำนวณเครื่องสูบน้ำแบบจมน้ำ

ความลึกของบ่อบาดาลจากปากบ่อ	จากข้อมูลบ่อบาดาล	70.5	เมตร
ระดับติดตั้งท่อกรองในบ่อบาดาลจากปาก	จากข้อมูลบ่อบาดาล	61.5	เมตร
ระดับปรับแล้วบริเวณปากบ่อบาดาล (รสม.	จากการสำรวจทำระดับ (ดูจากแบบ)	21.348	เมตร
ระดับน้ำปกติก่อนสูบ (SWL)	จากข้อมูลบ่อบาดาล	22.315	เมตร
ระดับน้ำคงที่ขณะสูบ = SWL+DD	จากข้อมูลบ่อบาดาล	29.748	เมตร
ระยะน้ำลด DD (Drawdown)	(SWL+DD)-SWL	7.433	เมตร
ระยะติดตั้งเครื่องสูบน้ำไม่น้อยกว่า	SWL+DD+3	32.748	เมตร
กำหนดติดตั้งปั๊มที่ความลึก	ปัดเป็นจำนวนเต็ม	33.0	เมตร
ระดับปรับแล้วบริเวณโรงผลิตน้ำประปา (ร	จากการสำรวจทำระดับ (ดูจากแบบ)	21.472	เมตร
ระยะจากระดับปรับแล้วถึงปลายท่อส่งน้ำขึ้น	ถังกรอง	4	เมตร
Static head (hs)	ระดับปลายท่อส่งน้ำ-ระดับน้ำคงที่ขณะสูบ	33.872	เมตร
เฮดสูญเสียในเส้นท่อรวม (hf)	hf_1+hf_2	3.25	เมตร
เฮดทั้งหมดของปั๊ม (TDH)	hs+hf	37.13	เมตร
กำหนดเฮดทั้งหมดเป็น	ปัดเป็นจำนวนเต็ม	38.0	เมตร
เลือก ประสิทธิภาพของปั๊ม	ดูข้อแนะนำในตารางข้อมูล ตารางที่ 5	50	%
เลือก ความเร็วรอบไม่เกิน (rpm)		3000	รอบ/นาที
ขนาดปั๊มจากการคำนวณ (hp)	hp = 1.25 (Q*TDH/270*eff)	3.52	แรงม้า
เลือก ใช้ขนาดปั๊ม	เลือกขนาดปั๊มใกล้เคียง ดูตารางที่ 7	4.0	แรงม้า
เลือก ใช้เครื่องสูบน้ำขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด (hp)		4.0	แรงม้า
อัตราการสูบน้ำดิบไม่น้อยกว่า (Q)		10	ลบ.ม./ชม.
ที่ความสูงในการส่งน้ำ (H)		38	เมตร
เลือก ความเร็วรอบไม่เกิน (rpm)	1,500 หรือ 3,000 รอบ/นาที	3,000	รอบ/นาที
เลือก จำนวนเครื่องสูบน้ำ		1	ชุด

การออกแบบท่อส่งน้ำประปาและเครื่องสูบน้ำดี

การคำนวณขนาดท่อน้ำดี

สูตรคำนวณความดันสูญเสียในท่อ $I = (v/(0.84935*C*R^{0.63}))^{(1/0.54)}$ Hazen-William equation

คำนวณท่อทางดูดจากถังน้ำใส-เครื่องสูบน้ำ

เลือก ใช้ชนิดและขนาดท่อทางดูด (D)	GS	3.0	นิ้ว
พื้นที่หน้าตัดของท่อทางดูด	$A = \pi D^2/4$	0.00442	ตร.เมตร
ความเร็วของน้ำในท่อทางดูด	v = Q/A	0.943	เมตร/วินาที
Hydraulic Depth	R = D/4	0.019	เมตร
สัมประสิทธิ์ของผิวท่อ	C	100	
Hydraulic Gradient	I = Hf/L	0.0248	เมตร/เมตร
ความยาวท่อทางดูด	L	10	เมตร
เฮดสูญเสียในท่อทางดูด	hf_1	0.25	เมตร

คำนวณท่อทางส่งจากเครื่องสูบน้ำ

เลือก ใช้ชนิดและขนาดท่อทางส่ง (D)	GS	3.0	นิ้ว
พื้นที่หน้าตัดของท่อทางส่ง	$A = \pi D^2/4$	0.00442	ตร.เมตร
ความเร็วของน้ำในท่อทางส่ง	v = Q/A	0.943	เมตร/วินาที
Hydraulic Depth	R = D/4	0.019	เมตร
สัมประสิทธิ์ของผิวท่อ	C	100	
Hydraulic Gradient	I = Hf/L	0.0248	เมตร/เมตร
ระบุ ความยาวท่อทางส่ง	L	6	เมตร
เฮดสูญเสียในท่อทางส่ง	hf_2	0.15	เมตร

คำนวณท่อส่งน้ำดีขึ้นหอถังสูง

เลือก ใช้ชนิดและขนาดท่อทางส่ง (D)	GS	3.0	นิ้ว
พื้นที่หน้าตัดของท่อส่งน้ำดิบ	$A = \pi D^2/4$	0.00442	ตร.เมตร
ความเร็วของน้ำในท่อส่งน้ำดิบ	v = Q/A	0.943	เมตร/วินาที
Hydraulic Depth	R = D/4	0.019	เมตร
สัมประสิทธิ์ของผิวท่อ	C	100	
Hydraulic Gradient	I = Hf/L	0.0248	เมตร/เมตร
ระบุ ความยาวท่อส่งน้ำดิบ	L	32	เมตร
เฮดสูญเสียในท่อส่งน้ำดิบ	hf_3	0.79	เมตร

การคำนวณเครื่องสูบน้ำดี (High Lift Pump)			
ระดับพื้นถังน้ำใสต่ำกว่าระดับปรับแล้ว		2.35	
ระดับน้ำต่ำสุดในถังน้ำใสสูงกว่าพื้นถัง		0.5	
ระดับปลายท่อส่งขึ้นหอถังสูงเทียบกับระดับปรับแล้ว		18	
Static head = hs (ระดับน้ำต่ำสุดในถังน้ำใสถึงปลายท่อส่งน้ำบนหอถังสูง)		19.85	เมตร
เฮดสูญเสียในเส้นท่อ	$hf = hf_1 + hf_2 + hf_3$	1.19	เมตร
เฮดทั้งหมดของปั๊ม	TDH = hs + hf	21.04	เมตร
กำหนดให้ใช้เฮดรวม	Say (TDH)	22.00	เมตร
เลือก ประสิทธิภาพของปั๊ม	eff	50	%
ผลการคำนวณขนาดของปั๊ม	hp = 1.25 (Q*TDH/270*eff)	3.06	แรงม้า
เลือก ใช้เครื่องสูบน้ำขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด (hp)		3.0	แรงม้า
อัตราการสูบน้ำดิบไม่น้อยกว่า (Q)		15	ลบ.ม./ชม.
ที่ความสูงในการส่งน้ำ (H)		22	เมตร
เลือก ความเร็วรอบไม่เกิน (rpm)	1,500 หรือ 3,000 รอบ/นาที	3,000	รอบ/นาที
เลือก จำนวนเครื่องสูบน้ำ		2	ชุด

ภาคผนวก ค

ตัวอย่าง

รายการคำนวณระบบประปาผิวดิน

ตารางกรอกข้อมูลและผลการออกแบบระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดิน

*ให้เปลี่ยนแปลงค่าได้เฉพาะช่องที่มีสีเหลืองเท่านั้น

ชื่อบ้าน	บางคนนา	หมู่ที่	10	ตำบล	มโนรักษ์	อำเภอ	เมืองฯ	จังหวัด	ร้อยเอ็ด

เงื่อนไขการออกแบบ (เปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสม)

						ตรวจสอบ
ออกแบบรองรับความต้องการใช้น้ำได้	10	ปี	อัตราการเจริญเติบโตของประชากร	2	%	
ความต้องการใช้น้ำเฉลี่ย	50	ลิตร/คน/วัน	อัตราการสูญเสียน้ำ	25	%	
ตัวคูณเผื่อน้ำใช้สูงสุด	1.5	-	กำหนดชั่วโมงการผลิตน้ำ	14	ชั่วโมง/วัน	
ร้อยละของผู้ใช้บริการ	100	%				

กรอกข้อมูลการออกแบบกำลังผลิตน้ำประปา

			ผลการคำนวณกำลังผลิตน้ำประปา			
ปี พ.ศ.ที่ออกแบบ	2560	-	รองรับผู้ใช้น้ำได้ถึงปี พ.ศ.	2570	-	
จำนวนประชากรปัจจุบัน	1,220	คน	จำนวนประชากรปีที่ออกแบบ	1,487	คน	
จำนวนหลังคาเรือน	250	หลังคาเรือน	อัตราส่วน คน/หลังคาเรือน	4.88	คน/หลังคาเรือน	
			กำลังผลิตน้ำประปาที่ต้องการ	9.96	ลบ.ม./ชม.	
			เลือก ใช้กำลังผลิต	10	ลบ.ม./ชม.	
			อัตราการจ่ายน้ำต้องไม่น้อยกว่า	15	ลบ.ม./ชม.	

การออกแบบท่อน้ำดิบและเครื่องสูบน้ำดิบ

กรอกข้อมูลการออกแบบท่อน้ำดิบ

ผลการคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อ

สูตรคำนวณความดันสูญเสียในท่อ $I = (v/(0.84935*C*R^{0.63}))^{(1/0.54)}$ Hazen-William equation

ท่อทางดูดของปั๊ม ชนิด	GS	ขนาด	3.00	นิ้ว	ความเร็วของน้ำในท่อทางดูด	0.629	เมตร/วินาที	O.K.
ความยาว			22	เมตร	เฮดสูญเสียในท่อทางดูด hf_1	0.26	เมตร	
ท่อทางส่งของปั๊ม ชนิด	GS	ขนาด	2.00	นิ้ว	ความเร็วของน้ำในท่อทางส่ง	1.414	เมตร/วินาที	O.K.
ความยาว			5	เมตร	เฮดสูญเสียในท่อทางส่ง hf_2	0.42	เมตร	
ท่อส่งน้ำดิบ ชนิด	PVC	ขนาด	3.00	นิ้ว	ความเร็วของน้ำในท่อทางดูด	0.629	เมตร/วินาที	O.K.
ความยาว			1,280	เมตร	เฮดสูญเสียในท่อทางดูด hf_3	8.04	เมตร	

กรอกข้อมูลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบ (Low lift pump)

ผลการคำนวณขนาดเครื่องสูบน้ำดิบ

สูตรการคำนวณเขนาดของปั๊ม (แรงม้า) $hp = 1.25\ (Q*TDH/270*eff)$

ระดับปรับแล้วบริเวณโรงสูบน้ำดิบ	21.35	เมตร	ระดับแกนกลางท่อทางดูดของปั๊ม	21.85	เมตร			
ความสูงจากระดับปรับแล้วถึงแกนกลางปั๊ม	0.5	เมตร	ระยะดูดยกที่ติดตั้งจริง	5.167	เมตร	ต้องน้อยกว่า	5.89	
ระดับน้ำต่ำสุด	16.68	เมตร	ระดับปลายท่อส่งน้ำดิบเข้าถังกวน	28.67	เมตร			
ระดับน้ำสูงสุด	20.84	เมตร	Static head (hs)	11.99	เมตร			
ระดับปรับแล้วบริเวณโรงผลิตน้ำประปา	25.47	เมตร	เฮดสูญเสียในเส้นท่อรวม (hf)	8.72	เมตร			
ความสูงจากระดับปรับแล้วถึงระดับปลายท่อส่ง	3.2	เมตร	เฮดทั้งหมดของปั๊ม (TDH=hs+hf)	20.71	เมตร			
เลือก ประสิทธิภาพของปั๊ม	50	%	กำหนดเฮดทั้งหมดเป็น	21.00	เมตร			
เลือก ความเร็วรอบไม่เกิน (rpm)	3,000	รอบ/นาที	ขนาดปั๊มจากการคำนวณ (hp)	1.94	แรงม้า			
			เลือก ใช้ขนาดปั๊ม	2.0	แรงม้า			

สรุปผลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดิบ

เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง สูบน้ำได้ไม่น้อยกว่า	10	ลบ.ม./ชม.	ที่เฮดสูบส่ง	21.00	เมตร
ความเร็วรอบไม่เกิน	3,000	รอบ/นาที	ขนาดไม่น้อยกว่า	2.0	แรงม้า
จำนวน	2	ชุด			

การตรวจสอบระยะดูดยก NPSH (Net positive suction head) กรณีติดตั้งปั๊มโดยมีระยะดูดยกใกล้เคียง 6 เมตรหรือมากกว่า

จากสูตร $H = Pb \times 10.2 - NPSHr - hf_1 - Hv - Hs$

ความดันบรรยากาศ (ปกติ = 1)	Pb	1	บาร์			
ระบุ NPSH ที่ต้องการของเครื่องสูบน้ำ ดูจาก Performance curve ที่ Q สูงสุดที่ปั๊มจะท	NPSHr	3.12	เมตร			
ระบุ อุณหภูมิของน้ำ (เพื่อหาความดันไอ Hv)	temp	30	องศาเซนเซียส			
แรงดันสูญเสียในเส้นท่อทางดูด	hf_1	0.26	เมตร			
ความดันไอ อ่านค่าจากสเกลของความดันไอ ซึ่งขึ้นกับอุณหภูมิน้ำ	Hv	0.433	เมตร			
ระยะเผื่อเพื่อความปลอดภัย อย่างน้อย เท่ากับ 0.5	Hs	0.5	เมตร			
ผลการคำนวณ ระยะดูดยก (Suction head) ของปั๊มที่จะติดตั้งได้ไม่เกิน	H	5.89	เมตร	ตรวจสอบ	O.K.	

การออกแบบท่อส่งน้ำประปาและเครื่องสูบน้ำดี

กรอกข้อมูลการออกแบบท่อ

ผลการคำนวณเฮดสูญเสียในเส้นท่อ

สูตรคำนวณความดันสูญเสียในท่อ $I = (v/(0.84935*C*R^{0.63}))^{(1/0.54)}$ Hazen-William equation

ท่อทางดูดของปั๊ม ชนิด	GS	ขนาด	3	นิ้ว	ความเร็วของน้ำในท่อทางดูด	0.943	เมตร/วินาที	O.K.
ความยาว			10	เมตร	เฮดสูญเสียในท่อทางดูด hf_1	0.25	เมตร	
ท่อทางส่งของปั๊ม ชนิด	GS	ขนาด	3	นิ้ว	ความเร็วของน้ำในท่อทางส่ง	0.943	เมตร/วินาที	O.K.
ความยาว			6	เมตร	เฮดสูญเสียในท่อทางส่ง hf_2	0.15	เมตร	
ท่อส่งน้ำดีขึ้นหอถัง ชนิด	GS	ขนาด	3	นิ้ว	ความเร็วของน้ำในท่อส่งน้ำขึ้นหอ	0.943	เมตร/วินาที	O.K.
ความยาว			32	เมตร	เฮดสูญเสียในท่อส่งน้ำ hf_3	0.79	เมตร	

กรอกข้อมูลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดี (High lift pump)

ผลการคำนวณขนาดเครื่องสูบน้ำดี

ระดับพื้นถังน้ำใสต่ำกว่าระดับปรับแล้ว	2.35	เมตร	Static head = hs	19.85	เมตร
ระดับน้ำต่ำสุดในถังน้ำใสสูงกว่าพื้นถัง	0.5	เมตร	เฮดสูญเสียในเส้นท่อ (hf)	1.19	เมตร
ระดับปลายท่อส่งขึ้นหอถังสูงเทียบกับระดับปรับแล้ว	18	เมตร	เฮดทั้งหมดของปั๊ม (TDH=hs+hf)	21.04	เมตร
เลือก ประสิทธิภาพของปั๊ม (eff)	50	%	กำหนดให้ใช้เฮดรวม	22.00	เมตร
เลือก ความเร็วรอบไม่เกิน (rpm)	3,000	รอบ/นาที	ผลการคำนวณขนาดของปั๊ม	3.06	แรงม้า
			เลือกใช้เครื่องสูบน้ำขนาด	3.0	แรงม้า

สรุปผลการออกแบบเครื่องสูบน้ำดี

เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง สูบน้ำได้ไม่น้อยกว่า	15	ลบ.ม./ชม.	ที่เฮดสูบส่ง	22.00	เมตร
ความเร็วรอบไม่เกิน	3,000	รอบ/นาที	ขนาดไม่น้อยกว่า	3.0	แรงม้า
จำนวน	2	ชุด			

รายการคำนวณระบบประปาหมู่บ้าน แบบผิวดิน

ระบบประปาหมู่บ้าน	บางคนนา	หมู่ที่	10
ตำบล	มโนรักษ์	อำเภอ	เมืองฯ
จังหวัด	ร้อยเอ็ด		

ระบุ ข้อมูลสำหรับการคำนวณ และ Design Criteria

ปีปัจจุบัน พ.ศ.	Design Year	2560	
จำนวนประชากรปัจจุบัน	Population	1220	คน
จำนวนหลังคาเรือน	Household	250	หลังคาเรือน
ออกแบบรองรับความต้องการใช้น้ำได้	Design Period	10	ปี
อัตราการเจริญเติบโตของประชากร	Growth Rate	2	%
ความต้องการใช้น้ำเฉลี่ย	consumption rate	50	ลิตร/คน/วัน
อัตราการสูญเสียน้ำ	Loss	25	%
ตัวคูณเผื่อน้ำใช้สูงสุด	Peak Factor	1.5	
ชั่วโมงการผลิตน้ำประปา	Operating Hour	14	ชั่วโมง/วัน
ร้อยละของผู้ใช้บริการ	percentage of serving	100	%

ผลการคำนวณกำลังผลิตน้ำประปา

ปีที่ออกแบบ พ.ศ.	Design Period	2570	
อัตราส่วน คน/หลังคาเรือน	Ratio	4.88	คน/หลังคาเรือน
จำนวนประชากรปีที่ออกแบบ	Population	1,487	คน
คิดเป็นจำนวนหลังคาเรือน	Household	305	หลังคาเรือน
ความต้องการใช้น้ำเฉลี่ย	Ave.day	74.4	ลบ.ม./วัน
ความต้องการใช้น้ำในวันใช้น้ำสูงสุด	Max.day	111.5	ลบ.ม./วัน
ปริมาณน้ำสูญเสีย	Loss	27.9	ลบ.ม./วัน
ความต้องการใช้น้ำรวมน้ำสูญเสีย	Max.day+Loss	139.4	ลบ.ม./วัน
กำลังผลิตน้ำประปาที่ต้องการ	Plant Capacity	9.96	ลบ.ม./ชม.
สรุป เลือก ใช้กำลังผลิตน้ำประปา	Say (Q)	10	ลบ.ม./ชม.
อัตราการจ่ายน้ำต้องไม่น้อยกว่า	Max.hr	15	ลบ.ม./ชม.

สรุปผลการเลือกใช้แบบ

ใช้แบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดิน ขนาด	ใหญ่	
ขนาดกำลังผลิต	10	ลบ.ม./ชม.

การคำนวณขนาดท่อ

สูตรคำนวณความดันสูญเสียในท่อ $I = (v/(0.84935*C*R^{0.63}))^{(1/0.54)}$ Hazen-William equation

คำนวณท่อทางดูด

เลือก ใช้ชนิดและขนาดท่อทางดูด (D)	GS	3.00	นิ้ว
พื้นที่หน้าตัดของท่อทางดูด	$A = \pi D^2/4$	0.00442	ตร.เมตร
ความเร็วของน้ำในท่อทางดูด	$v = Q/A$	0.629	เมตร/วินาที
Hydraulic Depth	$R = D/4$	0.019	เมตร
สัมประสิทธิ์ของผิวท่อ	C	100	
Hydraulic Gradient	$I = Hf/L$	0.0117	เมตร/เมตร
ความยาวท่อทางดูด	L	22	เมตร
เฮดสูญเสียในท่อทางดูด	hf_1	0.26	เมตร

คำนวณท่อทางส่ง

เลือก ใช้ชนิดและขนาดท่อทางส่ง (D)	GS	2.00	นิ้ว
พื้นที่หน้าตัดของท่อทางส่ง	$A = \pi D^2/4$	0.00196	ตร.เมตร
ความเร็วของน้ำในท่อทางส่ง	$v = Q/A$	1.414	เมตร/วินาที
Hydraulic Depth	$R = D/4$	0.013	เมตร
สัมประสิทธิ์ของผิวท่อ	C	100	
Hydraulic Gradient	$I = Hf/L$	0.0844	เมตร/เมตร
ระบุ ความยาวท่อทางส่ง	L	5	เมตร
เฮดสูญเสียในท่อทางส่ง	hf_2	0.42	เมตร

คำนวณท่อส่งน้ำดิบ

เลือก ใช้ชนิดและขนาดท่อทางส่ง (D)	PVC	3.00	นิ้ว	
พื้นที่หน้าตัดของท่อส่งน้ำดิบ	$A = \pi D^2/4$	0.00442	ตร.เมตร	
ความเร็วของน้ำในท่อส่งน้ำดิบ	$v = Q/A$	0.629	เมตร/วินาที	
Hydraulic Depth	$R = D/4$	0.019	เมตร	
สัมประสิทธิ์ของผิวท่อ	C	140		
Hydraulic Gradient	$I = Hf/L$	0.0063	เมตร/เมตร	
ความยาวท่อส่งน้ำดิบ	L	1,280.0	เมตร	
เฮดสูญเสียในท่อส่งน้ำดิบ	hf_3	8.04	เมตร	

การคำนวณเครื่องสูบน้ำดิบ (Low Lift Pump)

ระบุ ระดับปรับแล้วบริเวณโรงสูบน้ำดิบ		21.348	เมตร	
ระบุ ความสูงจากบริเวณโรงสูบถึงแกนกลางปั๊ม		0.5	เมตร	
ระดับแกนกลางท่อทางดูดของปั๊ม		21.848	เมตร	
ระบุ ระดับน้ำต่ำสุด	LWL	16.681	เมตร	
ผลการคำนวณระยะดูดยกที่ติดตั้งจริง	Suction head	5.167	เมตร	....(1)
ระบุ ระดับน้ำสูงสุด	HWL	20.841	เมตร	
ระบุ ระดับปรับแล้วบริเวณโรงผลิตน้ำประปา		25.472	เมตร	
ความสูงของปลายท่อส่งน้ำดิบจากระดับปรับแล้วในบริเวณการประปา		3.2	เมตร	
ระดับปลายท่อส่งน้ำดิบเข้าถังกวนเร็ว		28.672	เมตร	
Static head	hs = ระดับปลายท่อ-LWL	11.991	เมตร	
เฮดสูญเสียในเส้นท่อ	$hf = hf_1 + hf_2 + hf_3$	8.72	เมตร	
เฮดทั้งหมดของปั๊ม	TDH = hs + hf	20.71	เมตร	
กำหนดให้ใช้เฮดรวม	Say (TDH)	21.00	เมตร	
เลือก ประสิทธิภาพของปั๊ม	eff	50	%	
ผลการคำนวณขนาดของปั๊ม	hp = 1.25 (Q*TDH/270*eff)	1.94	แรงม้า	
เลือก ใช้เครื่องสูบน้ำขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด (hp)		2.0	แรงม้า	
อัตราการสูบน้ำดิบไม่น้อยกว่า (Q)		10	ลบ.ม./ชม.	
ที่ความสูงในการส่งน้ำ (H)		21	เมตร	
เลือก ความเร็วรอบไม่เกิน (rpm)	1,500 หรือ 3,000 รอบ/นาที	3,000	รอบ/นาที	
เลือก จำนวนเครื่องสูบน้ำ		2	ชุด	

การตรวจสอบระยะดูดยก NPSH (Net positive suction head)

จากสูตร $H = Pb \times 10.2 - NPSHr - hf_1 - Hv - Hs$

H ระยะดูดยก Suction head ของปั๊มที่จะติดตั้งได้ไม่เกิน ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ ระยะดูดยกที่ติดตั้งจริง (Suction head)....(1)	5.89	เมตร
Pb ความดันบรรยากาศ (ปกติ = 1)	1	bar
NPSHr อ่านค่าจากเส้นโค้งของ NPSH จาก Performance curve ที่ Q สูงสุดที่ปั๊มจะสูบได้	3.12	เมตร
hf_1 แรงดันสูญเสียในเส้นท่อทางดูด	0.26	เมตร
ระบุ อุณหภูมิของน้ำ (เพื่อหาความดันไอ Hv)	30	องศาเซนเซียส
Hv ความดันไอ อ่านค่าจากสเกลของความดันไอ ซึ่งขึ้นกับ อุณหภูมิของน้ำ (ดูจากเสกลหรือตาราง)	0.432582	เมตร
Hs ระยะเผื่อเพื่อความปลอดภัย อย่างน้อย เท่ากับ 0.5	0.5	เมตร

การคำนวณขนาดท่อน้ำดี

สูตรคำนวณความดันสูญเสียในท่อ $I = (v/(0.84935*C*R^{0.63}))^{(1/0.54)}$ Hazen-William equation

คำนวณท่อทางดูดจากถังน้ำใส-เครื่องสูบน้ำ

เลือก ใช้ชนิดและขนาดท่อทางดูด (D)	GS	3.0	นิ้ว	
พื้นที่หน้าตัดของท่อทางดูด	$A = \pi D^2/4$	0.00442	ตร.เมตร	
ความเร็วของน้ำในท่อทางดูด	$v = Q/A$	0.943	เมตร/วินาที	
Hydraulic Depth	$R = D/4$	0.019	เมตร	
สัมประสิทธิ์ของผิวท่อ	C	100		
Hydraulic Gradient	$I = Hf/L$	0.0248	เมตร/เมตร	
ความยาวท่อทางดูด	L	10	เมตร	
เฮดสูญเสียในท่อทางดูด	hf_1	0.25	เมตร	

คำนวณท่อทางส่งจากเครื่องสูบน้ำ			
เลือก ใช้ชนิดและขนาดท่อทางส่ง (D)	GS	3.0	นิ้ว
พื้นที่หน้าตัดของท่อทางส่ง	$A = \pi D^2/4$	0.00442	ตร.เมตร
ความเร็วของน้ำในท่อทางส่ง	$v = Q/A$	0.943	เมตร/วินาที
Hydraulic Depth	$R = D/4$	0.019	เมตร
สัมประสิทธิ์ของผิวท่อ	C	100	
Hydraulic Gradient	$I = Hf/L$	0.0248	เมตร/เมตร
ระบุ ความยาวท่อทางส่ง	L	6	เมตร
เฮดสูญเสียในท่อทางส่ง	hf_2	0.15	เมตร

คำนวณท่อส่งน้ำดีขึ้นหอถังสูง			
เลือก ใช้ชนิดและขนาดท่อทางส่ง (D)	GS	3.0	นิ้ว
พื้นที่หน้าตัดของท่อส่งน้ำดิบ	$A = \pi D^2/4$	0.00442	ตร.เมตร
ความเร็วของน้ำในท่อส่งน้ำดิบ	$v = Q/A$	0.943	เมตร/วินาที
Hydraulic Depth	$R = D/4$	0.019	เมตร
สัมประสิทธิ์ของผิวท่อ	C	100	
Hydraulic Gradient	$I = Hf/L$	0.0248	เมตร/เมตร
ระบุ ความยาวท่อส่งน้ำดิบ	L	32	เมตร
เฮดสูญเสียในท่อส่งน้ำดิบ	hf_3	0.79	เมตร

การคำนวณเครื่องสูบน้ำดี (High Lift Pump)			
ระดับพื้นถังน้ำใสต่ำกว่าระดับปรับแล้ว		2.35	
ระดับน้ำต่ำสุดในถังน้ำใสสูงกว่าพื้นถัง		0.5	
ระดับปลายท่อส่งขึ้นหอถังสูงเทียบกับระดับปรับแล้ว		18	
Static head = hs (ระดับน้ำต่ำสุดในถังน้ำใสถึงปลายท่อส่งน้ำบนหอถังสูง)		19.85	เมตร
เฮดสูญเสียในเส้นท่อ	$hf = hf_1 + hf_2 + hf_3$	1.19	เมตร
เฮดทั้งหมดของปั๊ม	TDH = hs + hf	21.04	เมตร
กำหนดให้ใช้เฮดรวม	Say (TDH)	22.00	เมตร
เลือก ประสิทธิภาพของปั๊ม	eff	50	%
ผลการคำนวณขนาดของปั๊ม	hp = 1.25 (Q*TDH/270*eff)	3.06	แรงม้า
เลือก ใช้เครื่องสูบน้ำขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด (hp)		3.0	แรงม้า
อัตราการสูบน้ำดิบไม่น้อยกว่า (Q)		15	ลบ.ม./ชม.
ที่ความสูงในการส่งน้ำ (H)		22	เมตร
เลือก ความเร็วรอบไม่เกิน (rpm)	1,500 หรือ 3,000 รอบ/นาที	3,000	รอบ/นาที
เลือก จำนวนเครื่องสูบน้ำ		2	ชุด

ประวัติผู้เขียน

ผู้เขียนชื่อ นายไตรสิทธิ์ วิทูรชวลิตวงษ์ วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ สังกัดสำนักบริหาร-จัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ จบการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาโยธา จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อปี พ.ศ. 2528 เริ่มรับราชการที่กรมโยธาธิการ เมื่อวันที่ 17 มิถุนายน 2528 สังกัดกองประปาภูมิภาค ต่อมาได้เปลี่ยนชื่อเป็น กองพัฒนาน้ำสะอาด ปฏิบัติงานด้านการสำรวจออกแบบระบบประปามาตลอด จนมีโอกาสได้ศึกษาต่อในระดับปริญญาโทที่จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สาขาวิศวกรรมวิศวกรรมสุขาภิบาล จบการศึกษาวิศวกรรมสาสตรมหาบัณฑิต เมื่อปี พ.ศ. 2536 กลับเข้ารับราชการที่กรมกรมโยธาธิการเช่นเดิม จนกระทั่งมีการปฏิรูประบบราชการตามพระราชบัญญัติปรับปรุงกระทรวง ทบวง กรม พ.ศ. 2545 จึงย้ายมาสังกัดกรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตามภารกิจ ยังคงทำหน้าที่ด้านวิชาการประปาเช่นเดิม แม้ว่าจะมีการถ่ายโอนภารกิจระบบประปาให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ตามพระราชบัญญัติกำหนดแผนและขั้นตอนการกระจายอำนายให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น พ.ศ.2542 หน่วยงานยังคงให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน คำแนะนำ และคำปรึกษา ทางเทคนิค วิชาการ และการดำเนินงานให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในภารกิจที่ถ่ายโอนมาอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากเป็นหน่วยงานเจ้าของภารกิจการถ่ายโอน

ที่ผ่านมาได้มีจัดทำและเผยแพร่แบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาลและแบบผิวดิน คู่มือการควบคุมการก่อสร้างสำหรับผู้ควบคุมงานและคณะกรรมการตรวจรับพัสดุ คู่มือผู้ควบคุมการผลิตน้ำประปาและการบำรุงรักษา คู่มือการบริหารจัดการระบบประปาหมู่บ้าน คู่มือการจัดสร้างระบบประปาหมู่บ้าน และอื่นๆอีกมากมาย สามารถศึกษาได้ที่ website : prapathai.com ซึ่งเป็นเว็ปไซด์ของสำนักบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ อย่างไรก็ดียังขาดคู่มือการสำรวจออกแบบระบบประปาหมู่บ้านที่ยังไม่เคยเผยแพร่ จนถึงตอนนี้ผู้เขียนได้รวบรวมเรียบเรียง และเขียนให้ความรู้เกี่ยวกับระบบประปา และการสำรวจออกแบบให้เป็นไปตามหลักวิชาการเรียบร้อยแล้ว ผู้อ่านหรือผู้ที่สนใจจะสามารถออกแบบระบบประปาได้อย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ โดยผู้เขียนได้จัดทำรูปแบบรายการคำนวณพร้อมสูตรการคำนวณลงในเซลล์ของโปรแกรม Excel ผู้ใช้งานเพียงป้อนข้อมูลที่จำเป็นตามที่กำหนด โปรแกรมจะแสดงผลในทันที สามารถทดลองปรับเปลี่ยนค่าเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของผลการคำนวณได้ทันที จึงหวังว่าคู่มือการสำรวจออกแบบระบบประปาหมู่บ้านเล่มนี้จะมีประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจไม่มากก็น้อย

ไตรสิทธิ์ วิทูรชวลิตวงษ์
วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ
รักษาการในตำแหน่งผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านการจัดการทรัพยากรน้ำ