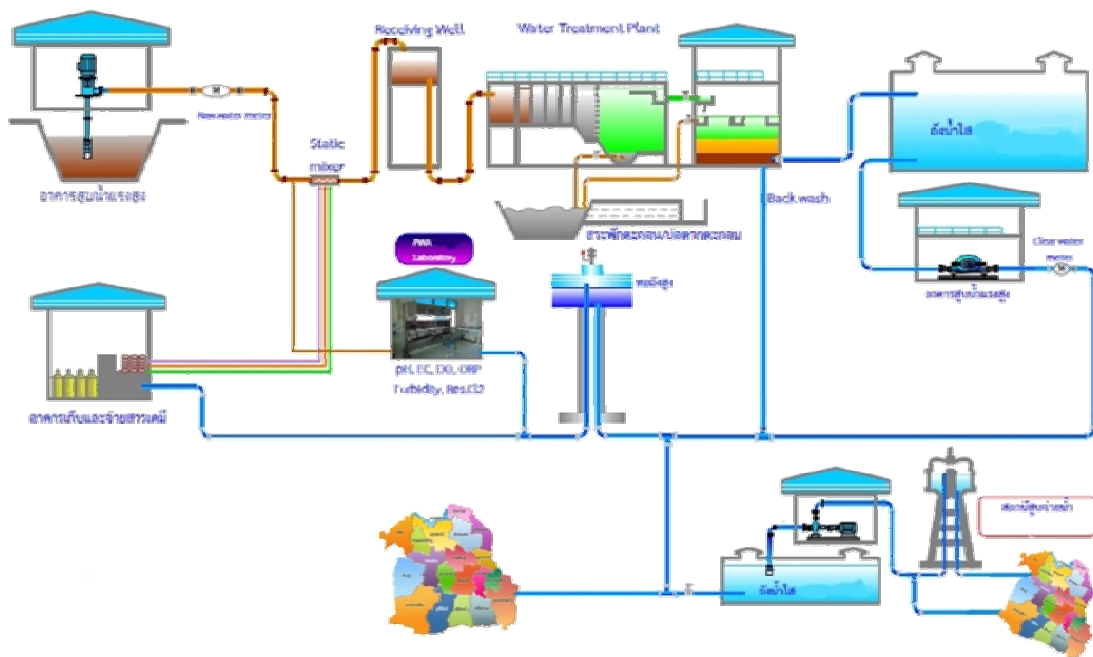




คู่มือกระบวนการหลัก ด้านกระบวนการผลิตน้ำประปา เล่ม 2 ภาคทฤษฎี

การประปาส่วนภูมิภาค
ฉบับปรับปรุง ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2558



คณะทำงาน: คู่มือกระบวนการหลัก ด้านกระบวนการผลิตน้ำประปา



บันทึกข้อความ

ฝ่ายทรัพยากรน้ำ

เลขที่ 155

วันที่ 8 มิ.ย. 2558

มท. 476
วันที่ 4 มิ.ย. 2558
ที่ 155

317

ส่วนราชการ กองควบคุมคุณภาพน้ำ

ที่ มท 55913-2/ 120

วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2558

ผู้ว่าราชการ

เรื่อง คู่มือกระบวนการหลัก กระบวนการผลิตน้ำประปา

เลขรับที่ 1255

วันที่ 20 ก.พ. 2558

เวลา 10.02 น.

1) เรียน ผอ.ผทน.

ตามคำสั่ง กปท.ที่ 907/2557 เรื่องแต่งตั้งคณะทำงานจัดทำคู่มือกระบวนการหลัก กระบวนการผลิตน้ำประปา ลว. 4 ก.ค.2557 โดยปรับปรุงจากคู่มือหลักขององค์กร จำนวน 2 เล่ม คือคู่มือด้านแหล่งน้ำและคุณภาพน้ำ และคู่มือระบบงานผลิต ให้รวมเป็นเล่มเดียวกัน เพื่อให้มีการทบทวน ปรับปรุง กระบวนการและผลการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง ตามแนวทางพัฒนาองค์กร ตามระบบSEPA นั้น

บัดนี้ คณะทำงาน ฯ ได้จัดทำ “คู่มือกระบวนการหลัก กระบวนการผลิตน้ำประปา ฉบับปรับปรุงครั้งที่1 /2558” แล้วเสร็จ โดยจัดทำเป็นคู่มือฯ จำนวน 2 เล่ม ประกอบด้วย

- 1) คู่มือกระบวนการหลัก กระบวนการผลิตน้ำประปา เล่ม 1 ภาคปฏิบัติ
- 2) คู่มือกระบวนการหลัก กระบวนการผลิตน้ำประปา เล่ม 2 ภาคทฤษฎี

เพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องใช้เป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงาน สนับสนุนโครงการจัดการน้ำสะอาดให้บรรลุผลสำเร็จได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ตามคู่มือฯ แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณานำเสนอตามสายงาน เพื่อพิจารณาหากเห็นชอบ โปรดนำเสนอ ผวก. ให้ความเห็นชอบคู่มือฯ เพื่อจักได้แจ้งหน่วยงานผู้เกี่ยวข้องทราบและดำเนินการ ต่อไปด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง

นางพวงทอง วังสาด่าน

(นางพวงทอง วังสาด่าน)

คณะทำงานและเลขานุการ

คณะทำงานจัดทำคู่มือกระบวนการหลัก

กระบวนการผลิตน้ำประปา

2) เรียน ผชอ.

เพื่อโปรดพิจารณา

เพื่อโปรดพิจารณา

เพื่อโปรดพิจารณา

จากผอ.ผทน.

วันที่ 18 ก.พ. 58

(นายจำเริญ เมืองจันทร์)

ผู้อำนวยการฝ่ายทรัพยากรน้ำ

3) เรียน ผชอ.

เพื่อโปรดพิจารณา

เพื่อโปรดพิจารณา

เพื่อโปรดพิจารณา

เพื่อโปรดพิจารณา

เพื่อโปรดพิจารณา

19 ก.พ. 58

3) เรียน ผชอ.

เพื่อโปรดพิจารณา

เพื่อโปรดพิจารณา

เพื่อโปรดพิจารณา

เพื่อโปรดพิจารณา

เพื่อโปรดพิจารณา

(นายจำเริญ เมืองจันทร์)

ผู้อำนวยการฝ่ายทรัพยากรน้ำ

4) เห็นชอบ

20 ก.พ. 58

(นางรัตนา กิจวรรณ)

ผู้อำนวยการประปาส่วนภูมิภาค



คำสั่งการประปาส่วนภูมิภาค

ที่ ๕๐๓ /๒๕๕๗

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดทำคู่มือกระบวนการหลัก กระบวนการผลิตน้ำประปา

โดยเห็นเป็นการสมควรปรับปรุงคู่มือหลักขององค์กร จำนวน ๒ เล่ม คือ คู่มือด้านแหล่งน้ำและคุณภาพน้ำ และคู่มือระบบงานผลิต ให้รวมเป็นเล่มเดียวกัน เป็นคู่มือกระบวนการหลัก กระบวนการผลิตน้ำประปา เพื่อให้มีการทบทวน ปรับปรุง กระบวนการและผลการดำเนินการอย่างต่อเนื่อง ตามแนวทางพัฒนาองค์กร ตามระบบSEPA รวมทั้งเป็นการสนับสนุนโครงการจัดการน้ำสะอาดให้บรรลุผลสำเร็จ

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๒๒ แห่งพระราชบัญญัติ กปภ.พ.ศ.๒๕๒๒ จึงแต่งตั้งคณะกรรมการจัดทำคู่มือกระบวนการหลัก คู่มือกระบวนการผลิตน้ำประปา ประกอบด้วย

- | | |
|--|-------------------------------|
| ๑. รองผู้ว่าการ (วิชาการ) | ประธานคณะกรรมการ |
| ๒. นายธีระ ประสพศักดิ์ ที่ปรึกษา กปภ. | คณะกรรมการ |
| ๓. ผู้อำนวยการฝ่ายวิศวกรรม | คณะกรรมการ |
| ๔. ผู้อำนวยการฝ่ายทรัพยากรน้ำ | คณะกรรมการ |
| ๕. ผู้อำนวยการกองออกแบบวิศวกรรม | คณะกรรมการ |
| ๖. ผู้อำนวยการกองพัฒนาแหล่งน้ำ | คณะกรรมการ |
| ๗. หัวหน้างาน ๘ งานแผนงาน กผว.๑๐ | คณะกรรมการ |
| ๘. ผู้อำนวยการกองควบคุมคุณภาพน้ำ | คณะกรรมการและเลขานุการ |
| ๙. หัวหน้างาน ๘ งานวิศวกรรมสุขาภิบาล/สิ่งแวดล้อม | คณะกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ |

ให้คณะกรรมการ มีอำนาจหน้าที่ความรับผิดชอบ จัดทำคู่มือกระบวนการหลัก กระบวนการผลิตน้ำประปา ให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องใช้เป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงานทั่วทั้งองค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ และประสิทธิผล ให้แล้วเสร็จภายใน ๓๐ พฤศจิกายน ๒๕๕๗

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๕ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๕๗

(นายสมชาย มนต์บุรีนนท์)

รองผู้ว่าการ(วิชาการ) รักษาการแทน

ผู้ว่าการการประปาส่วนภูมิภาค

คำนำ

การประปาส่วนภูมิภาค (กปภ.) ได้จัดทำแผนยุทธศาสตร์การดำเนินงานและปรับปรุงให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป ตามแผนยุทธศาสตร์ (ฉบับที่ 2) ปี 2555-2559 โดยมีเป้าหมายที่จะขับเคลื่อนไปสู่องค์กรที่มีระบบผลิตจ่ายน้ำที่เป็นเลิศ ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญที่จะส่งผลให้สินค้าคือน้ำประปามีคุณภาพสูง ตามมาตรฐานองค์การอนามัยโลก ปลอดภัย ต่อสุขภาพ เหมาะสำหรับนำไปใช้ในการอุปโภคและบริโภคของประชาชนให้มีคุณภาพชีวิตที่ดี การดำเนินการผลิตน้ำให้มีคุณภาพดังกล่าว ต้องมาจากกระบวนการผลิตน้ำที่มีคุณภาพ เป็นไปตามมาตรฐานการปฏิบัติงานที่ กปภ. กำหนด ซึ่งก็คือคู่มือกระบวนการผลิตน้ำที่มีการทบทวน ปรับปรุงให้ทันสมัยอยู่เสมอ ตั้งแต่กระบวนการย่อยในระบบน้ำดิบจนถึงระบบจ่ายน้ำ อันจะส่งผลต่อความสำเร็จตามวิสัยทัศน์ “ผู้ใช้น้ำประทับใจในคุณภาพและบริการที่เป็นเลิศ” และค่านิยม “มุ่ง-มั่น-เพื่อปวงชน” เพื่อบรรลุเป้าหมายเป็นองค์กรที่มีสมรรถนะสูงในที่สุด

คณะทำงานฯ ได้จัดทำคู่มือหลักขององค์กรฯ โดยปรับปรุงครั้งที่ 1 จาก คู่มือด้านแหล่งน้ำ และคุณภาพน้ำ การประปาส่วนภูมิภาค พ.ศ. 2552 ประกอบด้วยเนื้อหา จำนวน 2 เล่ม คือ เล่ม 1 ภาคปฏิบัติ สำหรับผู้ปฏิบัติงาน เฝ้าระวัง ติดตามและบันทึกข้อมูลด้านปริมาณ และคุณภาพน้ำในกระบวนการผลิตน้ำประปา ส่วนเล่ม 2 ภาคทฤษฎี เพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องใช้ประกอบการปฏิบัติงานในระบบผลิตน้ำประปา เกิดประโยชน์ต่อการทบทวน เสริมสร้างขยายผลความรู้ทางวิชาการและพัฒนากระบวนการบุคลากร

สำหรับเล่ม 2 นี้ คณะทำงานฯ ได้ค้นคว้าและเรียบเรียงจาก ตำราภาษาไทย และภาษาอังกฤษ โดยมีการสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ตด้วย ผู้เกี่ยวข้องสามารถเรียนรู้ นำมาประกอบการจัดทำคู่มือปฏิบัติงาน (Standard Operating Procedure) ในระบบน้ำดิบ ระบบผลิตน้ำประปาและระบบจัดการสารเคมีต่อไปได้

คณะทำงานฯ ขอขอบคุณผู้เกี่ยวข้องจากหน่วยงานต่างๆ ทั้งส่วนกลางและส่วนภูมิภาค ที่ได้ให้ข้อคิดเห็น เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในปรับปรุงคู่มือเล่มนี้ ให้สำเร็จอย่างสมบูรณ์ ครอบคลุมสอดคล้องกับภารกิจหลักของกปภ. และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้ปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตน้ำประปา กปภ. ต่อไป

คณะทำงาน คู่มือกระบวนการหลัก
กระบวนการผลิตน้ำประปา พ.ศ.2558

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คำนำ	ก
คู่มือการบริหารจัดการด้านแหล่งน้ำดิบ (ฉบับปรับปรุง ปี พ.ศ. 2558)	
บทที่ 1 ระบบน้ำดิบ	
1.1 การเข้าถึงแหล่งน้ำดิบของ กปภ.	
1.1.1 แหล่งน้ำผิวดินตามธรรมชาติ	1-1
1.1.2 แหล่งน้ำบาดาล	1-2
1.1.3 แหล่งน้ำจากกรมชลประทาน	1-6
1.1.4 น้ำทะเล	1-10
1.2 ลักษณะทั่วไปของแหล่งน้ำดิบ	
1.2.1 การแบ่งประเภทของแหล่งน้ำ	1-10
1.2.1.1 แบ่งตามลักษณะทางกายภาพ	1-10
1.2.1.2 แบ่งตามการกำเนิด	1-11
1.2.1.3 การแบ่งแหล่งน้ำตามลักษณะการใช้งานของ กปภ.	1-12
1.3 ระบบลุ่มน้ำของประเทศไทย	1-14
1.4 ระบบชกน้ำดิบ	
1.4.1 รางชกน้ำดิบ	1-17
1.4.2 โรงสูบน้ำแรงต่ำ	1-18
1.5 กฎหมายและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการแหล่งน้ำ	1-26
1.6 การวางแผนจัดหาแหล่งน้ำดิบของ กปภ.	1-26
บทที่ 2 ระบบผลิตน้ำ	
2.1 ประเภทการผลิตน้ำประปา	2-3
2.1.1 ระบบประปาบาดาล	2-3
2.1.2 ระบบประปาบาดาลแบบเติมอากาศ	2-3
2.1.3 ระบบประปาน้ำผิวดินแบบ Conventional	2-4
2.1.4 ระบบประปาแก่น้ำกระด้าง	2-4
2.2 ขั้นตอนการผลิตน้ำประปาแบบ Conventional	2-5
2.2.1 การกวนเร็ว หรือการสร้างตะกอน (Coagulation)	2-5
2.2.2 การกวนช้า หรือการรวมตะกอน (Flocculation)	2-7
2.2.3 ถังตกตะกอน (Sedimentation)	2-11
2.2.4 การกรอง (Filtration)	2-17
2.3 ระบบสูบน้ำแรงสูง	2-20
2.3.1 โรงสูบน้ำแต่ละประเภท	2-20
2.3.2 ประเภทของเครื่องสูบน้ำ	2-22

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 ถังน้ำใส	2-27
2.5 หอถังสูง	2-27
2.6 การกำจัดตะกอน (Sludge Disposal)	2-27
2.6.1 การทำให้ตะกอนเข้มข้น (Thickening)	2-29
2.6.2 สระพักตะกอน (Lagoons)	2-29
2.6.3 ลานตากตะกอน (Sand Drying Beds)	2-30
2.6.4 การหมุนเหวี่ยง (Centrifuging)	2-30
2.6.5 การกรองแบบสุญญากาศ (Vacuum Filtration)	2-31
2.6.6 การรีดด้วยสายพาน (Belt Filter Press)	2-31
2.6.7 การอัดกรองด้วยแผ่น (Plate Pressure Filters)	2-32
2.6.8 การทิ้งกากตะกอน (Ultimate Disposal)	2-33
2.7 การปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบพิเศษ	2-34
2.7.1 การเติมอากาศ	2-34
2.7.2 กระบวนการผลิตน้ำประปาจากน้ำทะเล โดยใช้ระบบ Reverse Osmosis (RO)	2-36
2.7.3 กระบวนการทำให้ลอย (Dissolved Air Floatation)	2-40
บทที่ 3 การจัดการสารเคมี	
3.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างและรวมตะกอน (Coagulation and flocculation process)	3-1
3.1.1 โคแอกกูเลชัน (Coagulation)	3-1
3.1.2 ฟล็อกกูเลชัน (Flocculation)	3-3
3.2 ชนิดและคุณสมบัติของสารเคมีตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน	3-5
3.2.1 สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการสร้างตะกอน (Coagulant)	3-5
3.2.2 สารเคมีช่วยตกตะกอน (Coagulation aid)	3-8
3.2.3 สารเคมีปรับสภาพน้ำก่อนและหลังตกตะกอน หรือเปลี่ยนไอออนจากรูปละลายน้ำเป็นผลึก	3-10
3.2.4 สารเคมีสารกำจัด สาหร่าย สี กลิ่น และฆ่าเชื้อโรค ในน้ำ	3-11
3.3 การรับและจัดเก็บสารเคมี	3-24
3.3.1 การรับสารเคมี	3-24
3.3.2 การจัดเก็บสารเคมีที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปา	3-24

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.4 การเตรียมสารเคมี	3-26
3.4.1 การปริมาณสารเคมีที่เหมาะสม	3-26
3.4.2 การเตรียมสารเคมี	3-26
3.5 เครื่องจ่ายสารเคมี	3-27
3.5.1 เครื่องจ่ายสารเคมีชนิดไดอะแฟรม	3-27
3.5.2 เครื่องจ่ายสารเคมีชนิดลูกสูบ	3-27
3.5.3 เครื่องจ่ายสารเคมีชนิดสกรู	3-28
3.5.4 เครื่องจ่ายสารเคมีชนิดแบบหอยโข่ง	3-28
3.6 การจ่ายสารเคมี	3-28
3.6.1 ระบบตกตะกอน	3-28
3.6.2 ระบบกรอง	3-29
3.6.3 ระบบฆ่าเชื้อโรค	3-29
3.7 การจัดทำแผนการจัดหาสารเคมี	3-30
บรรณานุกรม	3-31

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1-1	แสดงแหล่งน้ำผิวดินตามธรรมชาติที่นำมาใช้ผลิตน้ำประปา
รูปที่ 1-2	แสดงจุดสูบน้ำบาดาลเพื่อนำมาผลิตน้ำประปา
รูปที่ 1-3	แบบฟอร์ม นบ.2
รูปที่ 1-4	แสดงแหล่งน้ำที่มาจากกรมชลประทาน
รูปที่ 1-5	แบบฟอร์ม ผ.ย.33
รูปที่ 1-6	แบบฟอร์ม ทร.1
รูปที่ 1-7	แสดงแหล่งน้ำดิบที่ได้มาจากเอกชน
รูปที่ 1-8	แสดงตัวอย่างแหล่งน้ำดิบที่จะนำมาใช้ผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค
รูปที่ 1-9	รูปแสดงแผนที่ 25 ลุ่มน้ำในประเทศไทย
รูปที่ 1-10	แสดงปากรางรับน้ำดิบ
รูปที่ 1-11	แสดงตัวรางชักน้ำดิบ
รูปที่ 1-12	แสดงโรงสูบน้ำแรงต่ำบนดิน
รูปที่ 1-13	แสดงโรงสูบน้ำแรงต่ำ แบบบ่อแห้ง
รูปที่ 1-14	แสดงโรงสูบน้ำแรงต่ำ แบบเทอร์โบ (กปภ.สาขาสุรินทร์)
รูปที่ 1-15	แสดงโรงสูบน้ำแรงต่ำ แบบเทอร์โบ (กปภ.สาขาอุบลราชธานี)
รูปที่ 1-16	แสดงโรงสูบน้ำแรงต่ำ แบบรางเลื่อน (กปภ.สาขาสตึก น.พทุธสง)
รูปที่ 1-17	แสดงโรงสูบน้ำแรงต่ำ แบบพลอย
รูปที่ 1-18	แสดงโรงสูบน้ำแรงต่ำ แบบพลอย (กปภ.สาขาปากน้ำประแสร์)
รูปที่ 1-19	แสดงโรงสูบน้ำบ่อบาดาล(กปภ.สาขาสุพรรณบุรี)
รูปที่ 1-20	แสดงบ่อสูบน้ำ (กปภ.สาขาแพร่)
รูปที่ 2-1	ระบบน้ำประปาบาดาล
รูปที่ 2-2	ระบบประปาแบบเติมอากาศ
รูปที่ 2-3	ระบบประปาน้ำผิวดินแบบ Conventional
รูปที่ 2-4	แหล่งน้ำที่มีความกระต้างสูง (มักเป็นบ่อบาดาล)
รูปที่ 2-5	วิธีการกวนเร็วแบบกลศาสตร์ด้วยน้ำกระโดด
รูปที่ 2-6	รูปแบบของใบพัดที่ใช้ในถังกวนเร็ว
รูปที่ 2-7	ลักษณะทั่วไปของถังกวนเร็วแบบเครื่องกล และการติดตั้งใบพัดในถัง
รูปที่ 2-8	เครื่องกวนเร็วในเส้นท่อแบบครีบกี้วยภายในท่อ
รูปที่ 2-9	Mixer Cone
รูปที่ 2-10	ถังกวนช้าแบบใช้แผงกั้น (แบบไหลในแนวราบ)
รูปที่ 2-11	ถังกวนช้าแบบแผงกั้นไหลในแนวราบ
รูปที่ 2-12	ถังกวนช้าแบบใช้แผงกั้น (แบบไหลในแนวตั้ง)

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2-13	ถังกวนช้าแบบแผงกั้นไหลในแนวดิ่ง
รูปที่ 2-14	ถังกวนช้าชนิดท่อแนวดิ่ง
รูปที่ 2-15	รูปแปลน และรูปตัดของถังตกตะกอนแบบถังสี่เหลี่ยมผืนผ้า
รูปที่ 2-16	ถังตกตะกอนแบบท่อ
รูปที่ 2-17	การไหลของน้ำ และตะกอนในท่อตกตะกอน
รูปที่ 2-18	ถังตกตะกอนแบบท่อ
รูปที่ 2-19	ถังตกตะกอนแบบสัมผัสชนิดหมุนเวียนตะกอน
รูปที่ 2-20	หลุมตะกอนบริเวณก้นถังตกตะกอน
รูปที่ 2-21	เครื่องกวาดตะกอนแบบ Sling
รูปที่ 2-22	เครื่องกวาดตะกอนแบบ Chain & Flight
รูปที่ 2-23	เครื่องกวาดตะกอนแบบ Hydraulic Scraper
รูปที่ 2-24	เครื่องกวาดตะกอนแบบ Syphon
รูปที่ 2-25	การกระจายขนาดของเม็ดสารกรองแบบต่างๆ ตามความลึกของชั้นกรอง
รูปที่ 2-26	โรงสูบน้ำแบบตั้งบนพื้น
รูปที่ 2-27	โรงสูบน้ำแบบบ่อแห้ง
รูปที่ 2-28	โรงสูบน้ำแบบบ่อเปียก
รูปที่ 2-29	เครื่องสูบน้ำแบบหมุนเหวี่ยงดูดทางเดียวหรือหอยโข่ง (End Suction Centrifugal Pump)
รูปที่ 2-30	เครื่องสูบน้ำแบบหมุนเหวี่ยงหลายใบพัด (Multi - Stage Centrifugal Pump)
รูปที่ 2-31	เครื่องสูบน้ำแบบหมุนเหวี่ยงแบบ Split Case (Split Case Centrifugal Pump)
รูปที่ 2-32	เครื่องสูบน้ำแบบเทอร์ไบน์ (Vertical Turbine Pump)
รูปที่ 2-33	เครื่องสูบน้ำแบบจุ่ม (Submersible Pump)
รูปที่ 2-34	ทางเลือกของกระบวนการกำจัดตะกอนจากระบบผลิตน้ำประปา
รูปที่ 2-35	ถังทำให้ตะกอนเข้มข้นแบบ Gravity Thickener
รูปที่ 2-36	ลานตากตะกอน (Sand Drying Beds)
รูปที่ 2-37	เครื่อง Solid Bowl Centrifuge
รูปที่ 2-38	เครื่องกรองแบบสุญญากาศ (Vacuum Filter)
รูปที่ 2-39	เครื่องรีดกรองด้วยสายพาน (Belt Filter Press)
รูปที่ 2-40	เครื่องอัดกรองด้วยแผ่น (Plate Filter Press)
รูปที่ 2-41	เครื่องเติมอากาศแบบอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก
รูปที่ 2-42	ไดอะแกรมสำหรับการผลิตน้ำประปาจากน้ำทะเล
รูปที่ 2-43	The Filtration Spectrum
รูปที่ 2-44	รูปแบบการทำงานของเมมเบรนของระบบ Reverse Osmosis
รูปที่ 2-45	รูปแบบการทำงานของระบบ Reverse Osmosis และ Energy Recovery

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2-46 Spiral Wound Module	2-40
รูปที่ 2-47 ระบบสูบลำตัวของระบบ DAF (Dissolved Air Floatation)	2-41
รูปที่ 2-48 กระบวนการทำให้ลอย (Dissolved Air Floatation)	2-42
รูปที่ 3-1 แร่งระหว่างอนุภาคคอลลอยด์ที่ระยะห่างต่างๆ	3-2
รูปที่ 3-2 ผลของการเติมอ็อกซิเจนที่มีประจุตรงกันข้ามให้กับคอลลอยด์	3-4
รูปที่ 3-3 การเปรียบเทียบปริมาณโคแอกกูแลนต์ที่ใช้ในการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ด้วยกลไกแบบต่างๆ	3-4
รูปที่ 3-4 เกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างสัมผัสระหว่างอนุภาคต่างๆ ทั้ง 5 ประเภท	3-5
รูปที่ 3-5 ไดอะแกรมที่ใช้ในการออกแบบและควบคุมโคแอกกูเลชันด้วยสารส้ม	3-6
รูปที่ 3-6 ความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบเชิงซ้อนกับค่า pH	3-7
รูปที่ 3-7 ไดอะแกรมที่ใช้ในการออกแบบและควบคุมโคแอกกูเลชันด้วยเพอร์ริกคลอไรด์	3-8
รูปที่ 3-8 รูปร่างโพลิเมอร์ประกอบด้วยน้ำหนักโมเลกุลในปริมาณล้านหน่วย	3-9
รูปที่ 3-9 ผลของ pH ต่อการเปลี่ยนแปลงชนิดของคลอรีนอิสระคงเหลือ	3-12
รูปที่ 3-10 A-D แสดงลักษณะเครื่องจ่ายสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำประปา	3-27

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1-1	แสดงกระบวนการงานการขออนุญาตใช้น้ำในทางน้ำชลประทานที่เรียกเก็บค่าชลประทาน	1-7
ตารางที่ 1-2	ตารางแสดงสัดส่วนประเภทแหล่งน้ำดิบที่ใช้ผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค	1-12
ตารางที่ 1-3	ลุ่มน้ำหลักและการจัดการกลุ่มน้ำในประเทศไทย	1-15
ตารางที่ 2-1	การเลือกวิธีในการผลิตน้ำประปา	2-1
ตารางที่ 2-2	Types of Medium and Applications	2-19
ตารางที่ 2-3	คุณสมบัติของเครื่องสูบน้ำแบบหมุนเหวี่ยงดูดทางเดียว หรือ หอยโข่ง (End Suction Centrifugal Pump)	2-22
ตารางที่ 2-4	คุณสมบัติของเครื่องสูบน้ำแบบหมุนเหวี่ยงหลายใบพัด (Multi-Stage Suction Centrifugal Pump)	2-23
ตารางที่ 2-5	คุณสมบัติของเครื่องสูบน้ำแบบหมุนเหวี่ยงแบบ Split Case (Split Case Centrifugal Pump)	2-24
ตารางที่ 2-6	คุณสมบัติของเครื่องสูบน้ำแบบเทอร์ไบน์ (Vertical turbine Pump)	2-25
ตารางที่ 2-7	คุณสมบัติของเครื่องสูบน้ำแบบจุ่ม (Submersible Pump)	2-26
ตารางที่ 2-8	ความเข้มข้นของตะกอนที่จะได้รับจากแต่ละวิธี	2-27
ตารางที่ 2-9	เปรียบเทียบข้อดี – ข้อเสียของการกำจัดตะกอนโดยเครื่องจักรแบบต่างๆ	2-33
ตารางที่ 2-10	เปรียบเทียบข้อดี – ข้อเสีย ของการกำจัดตะกอนแบบต่างๆ	2-34
ตารางที่ 3-1	แสดงชนิด คุณสมบัติ ข้อดีและข้อควรระวังการใช้งานของสารสร้างตะกอน	3-14
ตารางที่ 3-2	แสดงชนิด คุณสมบัติ ข้อดีและข้อควรระวังการใช้งานของสารเคมีเร่งตกตะกอน	3-17
ตารางที่ 3-3	แสดงชนิด คุณสมบัติ ข้อดีและข้อควรระวัง การใช้งานของสารเคมีปรับสภาพน้ำ ก่อนและหลังตกตะกอนหรือเปลี่ยนอออนจากรูปละลายน้ำให้เป็นรูปผลึก	3-18
ตารางที่ 3-4	แสดงชนิด คุณสมบัติ ข้อดีและข้อควรระวังการใช้งานสารเคมีกำจัด สาหร่าย สี กลิ่น และฆ่าเชื้อโรคในน้ำ	3-21
ตารางที่ 3-5	แสดงภาพการจัดเรียงสารเคมีในโรงเก็บจ่ายสารเคมี ของกปภ.สาขา	3-24

บทที่ 1

ระบบน้ำดิบ

1.1 การเข้าถึงแหล่งน้ำดิบของ กปภ.

1.1.1 แหล่งน้ำผิวดินตามธรรมชาติ

การนำน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินตามธรรมชาติมาใช้ในการผลิตน้ำประปาแยกเป็น 2 กรณีดังนี้

- กรณีเป็นแหล่งน้ำสาธารณะทั่วไป เมื่อพิจารณาความเหมาะสมทางด้านศักยภาพของแหล่งน้ำสาธารณะแล้ว กปภ.สาขาสามารถดำเนินการได้ทันที เนื่องจากยังไม่มีกฎหมายที่ระบุให้ต้องขออนุญาตใช้น้ำและเสียค่าน้ำ แต่ถ้ามมีการก่อสร้างสิ่งล่วงล้ำน้ำจะต้องขออนุญาตจากกรมเจ้าท่า

- กรณีเป็นแหล่งน้ำสาธารณะที่ดูแลโดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ให้ กปภ.สาขาประสานงานกับผู้ดูแลแหล่งน้ำ ซึ่งอาจจะต้องมีการรับฟังความคิดเห็นหรือการทำประชาพิจารณ์ในการขอใช้แหล่งน้ำจากท้องถิ่นก่อน แต่ปัจจุบันท้องถิ่นยังไม่มีกฎหมายที่จะเรียกเก็บค่าน้ำโดยเฉพาะ



รูปที่ 1-1 แสดงแหล่งน้ำผิวดินตามธรรมชาติที่นำมาใช้ผลิตน้ำประปา

1.1.2 แหล่งน้ำบาดาล

การใช้น้ำบาดาล จำเป็นต้องประสานงานกับสำนักทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดใน จังหวัด เพื่อจะได้ดำเนินการขอใช้น้ำบาดาล นั้น



รูปที่ 1-2 แสดงจุดสูบน้ำบาดาลเพื่อนำมาผลิตน้ำประปา

การประกอบกิจการน้ำบาดาล ตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ.2520 (แก้ไขเพิ่มเติม)

- กรมทรัพยากรน้ำบาดาล เป็นหน่วยงานของรัฐบาล ที่มีหน้าที่ในการบริหารจัดการ เกี่ยวกับ ทรัพยากรน้ำบาดาลตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ.2520 (แก้ไขเพิ่มเติม) ปัจจุบันมีการประกาศเขตน้ำ บาดาลครอบคลุมทั่วประเทศ ดังนั้นผู้ประกอบการน้ำบาดาล ตามพระราชบัญญัตินี้ต้องปฏิบัติตามกฎหมาย ดังกล่าวอย่างเคร่งครัด

- กิจการน้ำบาดาล หมายถึง การดำเนินการด้านการเจาะน้ำบาดาลการใช้น้ำบาดาล หรือการระบาย น้ำลงบ่อบาดาล

- การประกอบกิจการน้ำบาดาลใดๆ ในเขตน้ำบาดาล จะต้องปฏิบัติให้เป็นไปตาม พ.ร.บ. น้ำบาดาล พ.ศ.2520 (แก้ไขเพิ่มเติม)โดยเคร่งครัดและห้ามมิให้ผู้ใดประกอบกิจการน้ำบาดาลใดๆ ไม่ว่าจะเป็นผู้มี กรรมสิทธิ์ หรือมีสิทธิครอบครองที่ดิน ในเขตน้ำบาดาลนั้น หรือไม่เว้นแต่จะได้รับอนุญาตจากอธิบดีกรม ทรัพยากรน้ำบาดาล หรือผู้ซึ่งอธิบดีมอบหมาย (มาตรา16) หากผู้ใดฝ่าฝืนมีโทษจำคุกไม่เกิน 6 เดือน หรือปรับ ไม่เกิน 20,000 บาท หรือทั้งจำทั้งปรับ และจะริบเครื่องใช้ หรือเครื่องจักรใดๆ ที่ได้ใช้กระทำความผิด หรือได้ ใช้อุปกรณ์กระทำความผิดเสียก็ได้ (มาตรา 36 ทวิ)

ประเภทใบอนุญาตประกอบกิจการน้ำบาดาล

-ใบอนุญาตเจาะน้ำบาดาล

-ใบอนุญาตใช้น้ำบาดาล

-ใบอนุญาตระบายน้ำลงบ่อบาดาล

อัตราค่าธรรมเนียม

-ค่าขอ	ฉบับละ 10 บาท
-ใบอนุญาตเจาะน้ำบาดาล	ฉบับละ 1,000 บาท
-ใบอนุญาตใช้น้ำบาดาล	ฉบับละ 1,000 บาท
-ใบอนุญาตระบายน้ำลงบ่อบาดาล	ฉบับละ 2,000 บาท
-ใบแทนใบอนุญาต	ฉบับละ ฉบับละกึ่งหนึ่งของค่าธรรมเนียมใบอนุญาต
-การต่ออายุใบอนุญาต	ฉบับละ ครึ่งละเท่ากับค่าธรรมเนียมใบอนุญาต
-การโอนใบอนุญาต	ฉบับละ ครึ่งละเท่ากับค่าธรรมเนียมใบอนุญาต

โดยในส่วนของการประปาส่วนภูมิภาคนั้น ถ้าต้องการขอใช้น้ำบาดาล จำเป็นต้องประสานงานกับฝ่ายทรัพยากรน้ำบาดาล สำนักทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดในจังหวัดนั้นๆ เพื่อแจ้งการเจาะบ่อบาดาลและขอใช้น้ำบาดาล และนอกจากนี้ในการดำเนินกิจกรรมด้านบ่อบาดาลควรคำนึงถึงและปฏิบัติตามข้อกำหนดหลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการเจาะน้ำบาดาล ,การเลิกเจาะน้ำบาดาล,การใช้น้ำบาดาลแบบอนุรักษ์ ,การระบายน้ำลงบ่อน้ำบาดาล ,การเลิกใช้บ่อน้ำบาดาล ,การป้องกันด้านสาธารณสุข และการป้องกันในเรื่องสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ ตามที่ระบุไว้ในมาตรา 6 พ.ร.บ. น้ำบาดาล พ.ศ.2520(แก้ไขเพิ่มเติม) ด้วย

แบบ นบ.๒

เลขที่.....
วันที่.....
(สำหรับเจ้าหน้าที่เป็นผู้กรอก)

คำขอรับใบอนุญาตใช้น้ำบาดาล

เขียนที่.....
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....
ข้าพเจ้า.....อายุ.....ปี สัญชาติ.....
อยู่เลขที่.....ตรอก/ซอย.....ถนน.....หมู่ที่.....
ตำบล/แขวง.....อำเภอ/เขต.....จังหวัด.....
โทรศัพท์.....

ขอรับใบอนุญาตใช้น้ำบาดาลในนามของ.....
(ในกรณีบุคคลเป็นผู้รับใบอนุญาต)

อยู่เลขที่.....ตรอก/ซอย.....ถนน.....หมู่ที่.....
ตำบล/แขวง.....อำเภอ/เขต.....จังหวัด.....
โทรศัพท์.....ณ ที่.....ตรอก/ซอย.....
ถนน.....หมู่ที่.....ตำบล/แขวง.....
อำเภอ/เขต.....จังหวัด.....

โดยมีรายละเอียด ดังนี้

(๑) ขอรับใบอนุญาตใช้น้ำบาดาล เพื่อ

- ☐ การค้า
- ☐ การอุตสาหกรรม
- ☐ การเพาะปลูก.....ในเนื้อที่ประมาณ.....ไร่
- ☐ การปศุสัตว์ ประเภท.....จำนวน.....ตัว
- ☐ ใช้ในสถานที่.....ซึ่งมีจำนวนผู้ใช้น้ำ.....คน
- ☐ ใช้ในกิจการอื่น.....

(๒) บ่อน้ำบาดาลที่ขอใช้น้ำบาดาล

- ☐ เป็นบ่อน้ำบาดาลที่ได้รับใบอนุญาตเจาะน้ำบาดาลที่.....
ซึ่ง.....เป็นผู้รับใบอนุญาต
- ☐ เป็นบ่อน้ำบาดาลที่เคยได้รับใบอนุญาตใช้น้ำบาดาลที่.....
ซึ่ง.....เป็นผู้รับใบอนุญาต
- ☐ เป็นบ่อน้ำบาดาลที่มีอยู่ก่อนประกาศกำหนดเขตน้ำบาดาล
ซึ่ง.....เป็นเจ้าของ

รูปที่ 1-3 แบบฟอร์ม นบ.2

-๒-

- (๓) ปริมาณน้ำที่ทดลองสูบได้จากบ่อน้ำบาดาล.....ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
- (๔) ปริมาณน้ำที่ประสงค์จะขออนุญาตใช้ประมาณวันละ.....ลูกบาศก์เมตร
โดยจะทำการสูบประมาณวันละ.....ชั่วโมง
- (๕) วิธีการจ่ายน้ำ
- ☐ สูบน้ำเข้าสู่ท่อสู่เมนโดยตรง
- ☐ สูบน้ำเข้าสู่ถังพักน้ำ ซึ่งมีความจุ.....ลูกบาศก์เมตร
อยู่สูงจากพื้นดิน.....เมตร
- (๖) ชนิดของเครื่องสูบน้ำที่จะใช้.....ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อดูดน้ำ
.....มิลลิเมตร ติดตั้งท่อดูดน้ำลึก.....เมตร
แรงขับเคลื่อนเครื่องสูบน้ำใช้
- ☐ มอเตอร์ไฟฟ้า ☐ เครื่องยนต์ ☐ กังหันลม
- (๗) ☐ ข้าพเจ้าไม่เคยถูกสั่งเพิกถอนใบอนุญาตตามกฎหมายว่าด้วยน้ำบาดาล
- ☐ ข้าพเจ้าเคยถูกสั่งเพิกถอนใบอนุญาตตามกฎหมายว่าด้วยน้ำบาดาล
เพราะ.....
.....
- (๘) พร้อมกับคำขอนี้ข้าพเจ้าได้ส่งหลักฐานต่าง ๆ มาด้วย คือ
- ☐ หนังสือยินยอมของผู้รับใบอนุญาตเจาะน้ำบาดาล ผู้รับใบอนุญาตใช้น้ำบาดาล
หรือเจ้าของบ่อน้ำบาดาลตาม (๒)
- ☐ สำเนาทะเบียนบ้าน
- ☐ สำเนาหนังสือรับรองการจดทะเบียน วัดสุประสงค์ และผู้มีอำนาจลงชื่อแทน
นิติบุคคลผู้ขอรับใบอนุญาต (ถ้าเป็นนิติบุคคล)
- ☐ สำเนารายงานการเจาะน้ำบาดาล (ถ้ามี)
- ☐ หลักฐานการทดลองสูบน้ำจากบ่อน้ำบาดาล
- ☐ ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ
- ☐ แผนที่สังเขปแสดงสถานที่ตั้งบ่อน้ำบาดาล สิ่งปลูกสร้าง และบริเวณที่จะใช้น้ำ
- ☐ รายละเอียดเครื่องสูบน้ำที่จะใช้
- ☐ เอกสารอื่น.....
.....

(ลายมือชื่อ).....ผู้ยื่นคำขอ

หมายเหตุ :- ให้ทำเครื่องหมาย X ใน ☐ ที่ต้องการ

รูปที่ 1-3 แบบฟอร์ม นบ.2 (ต่อ)

1.1.3 แหล่งน้ำจากกรมชลประทาน

ส่วนใหญ่แหล่งน้ำดิบของ กปภ. มาจากแหล่งน้ำจากกรมชลประทาน (ชล.) ซึ่งหากมีการประกาศเป็นเขตทางน้ำชลประทาน กปภ. จะต้องเสียค่าน้ำชลประทาน ในอัตราที่กฎหมายกำหนด ซึ่ง กปภ. ต้องทำเรื่องขอรับการจัดสรรน้ำ และทาง ชป. จะพิจารณาปริมาณน้ำและตอบอนุญาตให้ กปภ. ต่อไป

1.3.1.1 ขั้นตอนการขออนุญาตให้ดำเนินการ ตามนี้

1) การขออนุญาตใช้น้ำจากทางน้ำชลประทาน

- ยื่นคำร้องตามแบบ ผย.33 ได้ที่โครงการชลประทานในพื้นที่ หรือทางไปรษณีย์ตอบรับ
- หลักฐานประกอบการขออนุญาต โดยแยกตามประเภทผู้ขออนุญาต ดังนี้
 - คำร้องลงนามโดยผู้แทนรัฐวิสาหกิจ หรือผู้ได้รับมอบอำนาจ (มีหนังสือมอบอำนาจ)
 - สำเนาบัตรพนักงานรัฐวิสาหกิจหรือสำเนาบัตรประชาชนและสำเนาทะเบียนบ้าน
 - แบบแปลนการก่อสร้าง, แผนผังบริเวณและแผนที่รูปตัด แสดงการวางท่อสูบน้ำและจุดติดตั้ง

มาตรวัดน้ำ จำนวน 6 ชุด (หัวหน้าส่วนรัฐวิสาหกิจลงนามรับรองแบบ)

2) การขอต่ออายุหนังสืออนุญาตใช้น้ำจากทางน้ำชลประทาน

● หลักฐานเอกสารประกอบการขอต่ออายุหนังสืออนุญาต ในกรณีไม่มีการเปลี่ยนแปลงการขออนุญาตใด ๆ

- ยื่นคำร้องตามแบบ ผ.ย.33 ได้ที่โครงการชลประทานในพื้นที่
- สำเนาหนังสืออนุญาตฉบับเดิม
- สำเนาบัตรข้าราชการ หรือสำเนาบัตรพนักงานรัฐวิสาหกิจ หรือสำเนาบัตรประชาชน และสำเนาทะเบียนบ้าน (ลงนามรับรองสำเนา)

- สำเนาหนังสือรับรองการจดทะเบียนของบริษัท , ห้างหุ้นส่วน

3) การขออนุญาตใช้น้ำดิบ ตั้งโรงสูบน้ำ และวางท่อส่งน้ำดิบ

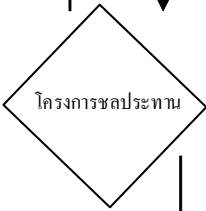
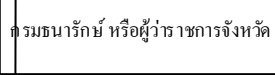
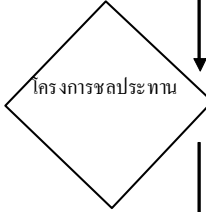
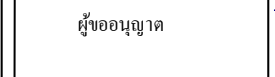
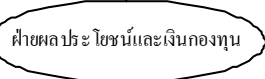
- ยื่นคำร้องตามแบบ ทร.1 ได้ที่โครงการชลประทานในพื้นที่ หรือทางไปรษณีย์ตอบรับ
- หลักฐานประกอบการขออนุญาต โดยแยกตามประเภทผู้ขออนุญาต ดังนี้
- คำร้องลงนามโดยผู้แทนรัฐวิสาหกิจ หรือ ผู้ได้รับมอบอำนาจ (มีหนังสือมอบอำนาจ)

พร้อมทั้งติดอากรแสตมป์ 30 บาท

- แบบแปลนการก่อสร้าง แผนผังบริเวณ และแผนที่รูปตัด (หัวหน้าส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจลงนามรับรองแบบ)



รูปที่ 1-4 แสดงแหล่งน้ำที่มาจากกรมชลประทาน

ลำดับ	ผังกระบวนการ	ระยะเวลา	รายละเอียดงาน	ผู้รับผิดชอบ
1			ขั้นตอนที่ 1 ยื่นคำขออนุญาตใช้น้ำจากทางน้ำชลประทาน - ส่งเอกสารหลักฐานคำขอใช้น้ำ แบบ พย.33 และ ทร.1 พร้อมแผนที่ แบบแปลนผังแสดงจุดสูบน้ำและจุดติดตั้งมิเตอร์	ผู้ขออนุญาต/ ผู้แทน
2		8 วัน ทำการ	ขั้นตอนที่ 2 พิจารณาให้ความเห็นเกี่ยวกับการขอใช้น้ำ - ตรวจสอบเอกสารหลักฐานคำขอใช้น้ำ แบบ พย.33 และ ทร.1 - ตรวจสอบพื้นที่และจัดทำแผนที่รูปตัดแสดงจุดสูบน้ำ/จุดติดตั้งมิเตอร์ - พิจารณาให้ความเห็นการขอใช้น้ำด้านวิศวกรรม พร้อมกำหนดเงื่อนไขประกอบการพิจารณาอนุญาตตามกฎหมาย ข้อบังคับ และกฎหมายที่เกี่ยวข้อง - ร่างหนังสือถึงธนาคาร และผู้ใช้น้ำ (กรณีผู้ใช้น้ำบริเวณที่ราชพัสดุ เพื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นจากการขอใช้พื้นที่เพื่อตั้งโรงสูบน้ำท่อนหรือฝิ่งท่อนน้ำ)	หัวหน้าโครงการ /เจ้าพนักงานผู้ ได้รับมอบหมาย
3		3 วัน ทำการ	ขั้นตอนที่ 3 การอนุมัติให้ใช้น้ำจากทางน้ำชลประทาน - พิจารณาเงื่อนไขการอนุญาต - ลงนามอนุมัติและหนังสือถึงกรมธนารักษ์/ลงนามไม่อนุมัติ - ส่งเรื่องให้โครงการชี้แจงเงื่อนไขการอนุญาต/ไม่อนุญาตให้ผู้ขออนุญาตใช้น้ำทราบเพื่อจะได้ลงนามหนังสืออนุญาต	ผู้อำนวยการ สำนัก/เจ้า พนักงานผู้ได้รับ มอบหมาย
4			- พิจารณาอนุญาต/ไม่อนุญาตให้ใช้พื้นที่ - ผู้ได้รับอนุญาตเสียค่าทดแทนการใช้ประโยชน์ในราชพัสดุแล้ว	กรมธนารักษ์ / ผู้ว่าราชการ จังหวัดในเขต พื้นที่ราชพัสดุ เจ้าพนักงานผู้ ได้รับมอบหมาย
5		2 วัน ทำการ	ขั้นตอนที่ 4 การออกหนังสืออนุญาตให้ผู้ขออนุญาตใช้น้ำ - จัดทำหนังสือแจ้งผู้ขออนุญาตให้ทราบว่า ไม่อนุญาต /การอนุญาต และให้มาลงนามหนังสืออนุญาต ณ โครงการ - หัวหน้าโครงการ ลงนามในฐานะเจ้าพนักงานผู้อนุญาต - ตันฉบับ โครงการ/ คู่ฉบับให้ผู้ขออนุญาต/ - สำเนาให้สำนักชลประทานและกองการเงินและบัญชี ขั้นตอนที่ 5 ลงนามหนังสืออนุญาต - ประสานงานกับกรมธนารักษ์ (กรณีที่ดินราชพัสดุ) ฝ่ายปกครอง ท้องถิ่น (กรณีที่ดินสาธารณะประโยชน์) - รับทราบเงื่อนไขและลงนามในหนังสืออนุญาต - ตรวจสอบความถูกต้องสำเนาหนังสืออนุญาต - จัดทำฐานข้อมูลผู้ใช้น้ำ เพื่อ วิเคราะห์ ติดตาม และประเมินผล - รายงานผลการดำเนินงานคณะกรรมการเงินทุนหมุนเวียนฯ	ผู้ขออนุญาต/ ผู้แทน
6				ฝ่าย ผลประโยชน์ และเงินกองทุน กองการเงินและ บัญชี
				
	รวม	13 วัน ทำการ	5 ขั้นตอน ไม่รวมระยะเวลาที่กรมธนารักษ์พิจารณาให้ใช้พื้นที่ ไม่รวมระยะเวลารับ - ส่งคืนกรณีเอกสารไม่ครบถ้วน	

ตารางที่ 1-1 แสดงกระบวนการขออนุญาตใช้น้ำในทางน้ำชลประทานที่เรียกเก็บค่าชลประทาน

หมายเหตุ ในกรณีที่ดินที่ไม่ใช่ที่ราชพัสดุ ให้สำนักชลประทานพิจารณาและแจ้งให้ผู้ขออนุญาตไปติดต่อประสานงานกับหน่วยงานที่มีหน้าที่ดูแลที่ดินดังกล่าวตามกฎหมายในการขออนุญาตเข้าใช้ประโยชน์ในที่ดินนั้นๆ ร่วมกับกรมชลประทาน

แบบ ผ.ย.33
(ตามระเบียบข้อ 10)

คำขอใช้น้ำจากทางน้ำชลประทาน

เขียนที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เรื่อง ขออนุญาตใช้น้ำจากทางน้ำ

เรียน

ข้าพเจ้า.....ซึ่งจดทะเบียนเป็นนิติบุคคลตามกฎหมาย
ของประเทศไทย / เป็นรัฐวิสาหกิจ / เป็นบุคคลธรรมดา (ข้อความที่ไม่ใช่ขีดฆ่าออก) สำนักงานตั้งอยู่เลขที่.....
ซอย.....ถนน.....หมู่ที่.....แขวง/ตำบล.....
เขต/อำเภอ.....กม./จังหวัด.....โทรศัพท์.....
โดย.....อายุ.....ปี สัญชาติ.....ผู้รับมอบอำนาจให้ทำนิติกรรม
แทน.....ตามหนังสือมอบอำนาจที่.....ลงวันที่.....
หรือหนังสือรับรองการจดทะเบียนห้างหุ้นส่วน บริษัท ซึ่งออกโดยสำนักงานทะเบียนห้างหุ้นส่วนและบริษัทกรม
ทะเบียนการค้า กระทรวงพาณิชย์ (แนบท้ายคำขอนี้) มีความประสงค์จะขอใช้น้ำจากทางน้ำชลประทาน โดย
วางท่อขนาด ๒.....นิ้ว จำนวน.....ท่อ เพื่อสูบน้ำจากทางน้ำชลประทานของ
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา.....แม่น้ำ / คลอง / อ่างเก็บน้ำ.....
ที่ กม.....ของทางน้ำดังกล่าวซึ่งตั้งอยู่ที่ แขวง / ตำบล.....
กม./จังหวัด.....ตามแผนที่โดยสังเขป พร้อมรายละเอียดที่แนบมาด้วยนี้ โดยจะสูบน้ำวันละ
ประมาณ.....ช.ม. หรือวันละ.....ม.³ และจำใช้น้ำประมาณไม่เกินเดือนละ.....ม.³
เพื่อดำเนินกิจการ.....

หากข้าพเจ้าได้รับอนุญาตตามคำขอนี้ ข้าพเจ้าสัญญาว่าจะปฏิบัติตามเงื่อนไขในหนังสืออนุญาต
ทุกประการ เมื่อได้รับอนุมัติจากอธิบดีกรมชลประทานแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาคำขอนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถืออย่างสูง

.....ผู้ยื่นคำขอ
(.....)

รูปที่ 1-5 แบบฟอร์ม ผ.ย.33



กองกฎหมายและที่ดิน
กรมชลประทาน

ทร.1

คำขออนุญาต

ผู้ขออนุญาต (ราชการ, รัฐวิสาหกิจ, บริษัท, เอกชน)
โดย สำนักงานตั้งอยู่เลขที่ หมู่ที่
ถนน ตำบล/แขวง อำเภอ/เขต
จังหวัด หมายเลขโทรศัพท์ เพื่อขออนุญาต
.....
.....

ได้แนบเอกสารหลักฐานประกอบการขออนุญาต ดังนี้

- ☐ สำเนาบัตรประชาชน , บัตรประจำตัวข้าราชการ หรือสำเนาบัตรพนักงานรัฐวิสาหกิจ และสำเนาทะเบียนบ้าน ของผู้ขออนุญาต (ลงนามรับรองสำเนา)
- ☐ หนังสือมอบอำนาจ (กรณีมอบอำนาจ) ติดอากรแสตมป์ 30 บาท พร้อมสำเนาบัตรประจำตัวประชาชน และสำเนาทะเบียนบ้าน ของผู้มอบอำนาจและของผู้รับมอบอำนาจ (ลงนามรับรองสำเนา)
- ☐ สำเนาหนังสือรับรองการจดทะเบียนบริษัท , ห้างหุ้นส่วน (รับรองสำเนาโดยกรรมการบริษัท ตามหนังสือ ของกรมพัฒนาธุรกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์ พร้อมประทับตราบริษัท)
- ☐ แบบแปลนการก่อสร้าง แผนผังบริเวณ และแผนที่ (ลงนามรับรองแบบ)
- ☐ รายการคำนวณและหนังสือรับรองของผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมที่ทำการคำนวณ พร้อมสำเนาใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม (ลงนามรับรองสำเนา)
- ☐ สำเนาโฉนดที่ดิน (ลงนามรับรองสำเนา)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

.....

(.....)

รูปที่ 1-6 แบบฟอร์ม ทร.1

1.1.4 น้ำทะเล

ในกรณีที่พื้นที่ข้างเคียงไม่มีแหล่งน้ำจืดที่มีคุณภาพเพียงพอในการผลิตน้ำประปา กปภ.ก็จำเป็นต้องพิจารณานำน้ำทะเลซึ่งมีค่าความเค็มค่อนข้างสูงมาใช้ในการผลิตน้ำประปาแทนด้วยระบบผลิตน้ำที่เรียกว่าระบบ RO (REVERSE OSMOSIS) ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้น้ำประปาที่ได้มีคุณภาพดีขึ้น แต่ก็ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงเช่นกัน อีกทั้งอาจจะต้องมีการทำประชาพิจารณ์ในเรื่องของสิ่งแวดล้อมที่อาจมีผลกระทบต่อชาวบ้านด้วย กปภ.สาขาที่ใช้น้ำทะเลในการผลิตน้ำประปานั้น ได้แก่ กปภ.สาขาเกาะสมุย กปภ.ภูเก็ต



รูปที่ 1-7 แสดงแหล่งน้ำดิบที่ได้มาจากเอกชน

1.2 ลักษณะทั่วไปของแหล่งน้ำดิบ

1.2.1 การแบ่งประเภทของแหล่งน้ำ

1.2.1.1 แบ่งตามลักษณะทางกายภาพ

1) แหล่งน้ำผิวดิน (Surface Water)

แหล่งน้ำผิวดิน หมายถึง ส่วนของน้ำฝนที่ตกลงสู่พื้นดินแล้วไหลลงสู่ที่ต่ำตามแม่น้ำ ลำคลอง ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ หนองและบึง รวมทั้งน้ำที่ไหลล้นจากใต้ดินเข้ามาสมทบด้วย ดังจะเห็นได้จาก ลำธาร หรือลำห้วยที่มีน้ำไหลอยู่ตลอดปี ไม่ว่าจะฝนตกหรือไม่ ปริมาณน้ำที่ไหลในลำน้ำในระหว่างฤดูแล้ง เป็นน้ำที่สะสมไว้ใต้ดินและซึมซับมาตลอดเวลาที่ฝนไม่ตก น้ำผิวดินเป็นแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนง่ายเช่น จากการทิ้งขยะลงแหล่งน้ำ และจากโรงงานอุตสาหกรรมปล่อยน้ำเสีย เป็นต้น ไหลลงสู่แหล่งน้ำ หรือตะกอนดินจากฝน หรือสารเคมีทางการเกษตรที่ชะล้างลงแหล่งน้ำ ทำให้แหล่งน้ำผิวดินมีคุณภาพไม่ดี การนำน้ำผิวดินมาผลิตเป็นน้ำประปาต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายสูงกว่าน้ำบาดาล หรือบางแหล่งน้ำอาจไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อีก

2) แหล่งน้ำใต้ดิน (Ground Water)

แหล่งน้ำใต้ดิน (น้ำบาดาล) เกิดจากน้ำฝนที่ตกลงมาแล้วซึมลงสู่ใต้พื้นดินถูกกักเก็บอยู่ในช่องว่างภายในชั้นดิน ชั้นหิน การไหลของน้ำบาดาลจะแผ่กระจายไปได้พื้นดินทั่วทุกพื้นที่อย่างกว้างขวาง แตกต่างจากน้ำผิวดิน ที่ไหลไปได้เฉพาะส่วนที่เป็นแม่น้ำ ห้วย หนอง คลอง บึง เท่านั้น น้ำบาดาลมีความใส เพราะได้รับการกรองความสกปรกจากชั้นหิน กรวด หิน ตามธรรมชาติ จึงช่วยลดต้นทุนการผลิต เนื่องจากไม่ต้องกำจัดความขุ่น แต่มักพบปัญหาเรื่องสนิมเหล็ก และโลหะหนักที่ปนมากับน้ำบาดาล ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายมากขึ้นในการกำจัดสารต่างๆ ดังกล่าวให้หมดไปในกระบวนการการผลิต

1.2.1.2 แบ่งตามการกำเนิด

1) แหล่งน้ำที่เกิดโดยธรรมชาติ หมายถึง แหล่งน้ำที่เกิดขึ้นจากการกระทำของธรรมชาติ นักอุทกวิทยา แบ่งออกเป็น น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และน้ำในอากาศ

- น้ำบนดินหรือน้ำผิวดิน เป็นแหล่งน้ำที่มีปริมาณมากที่สุดในโลก คือ มีถึง 99.3 % ของน้ำทั้งหมด ได้แก่ น้ำในทะเล มหาสมุทรและทะเลสาบ แม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง โดยทั่วไปน้ำบนดินมักไม่ค่อยสะอาด เนื่องจากมีสารหลายชนิดรวมตัวอยู่กับน้ำ ซึ่งอาจจะอยู่ใน ลักษณะสารแขวนลอย ทำให้น้ำมีลักษณะขุ่น เป็นตะกอน

- น้ำใต้ดิน เป็นแหล่งน้ำที่อยู่ใต้ผิวดิน มีอยู่ประมาณ 0.6 % ซึ่งเกิดจากน้ำบนผิวดินไหล ซึมผ่านชั้นดินลงไปกักเก็บอยู่ใต้ผิวดิน ส่วนน้ำในแหล่งน้ำนี้มักจะใส เพราะสารแขวนลอย ต่างๆ จะถูกชั้นดินและหินช่วยกรองเอาไว้ คงเหลือแต่สารที่ละลายน้ำได้ น้ำใต้ดิน แบ่งออกเป็น

- น้ำในดิน เป็นน้ำที่อยู่ในช่องว่างของเม็ดดิน รวมถึงน้ำที่อยู่ใต้ผิวดินเหนือชั้นหิน ซึ่งน้ำส่วนใหญ่ซึมผ่านได้ยาก น้ำจะขังอยู่รวมกันอยู่ในบริเวณนั้น เราเรียกระดับน้ำตอนบนสุดของน้ำในดินนี้ว่า ระดับน้ำในดิน ซึ่งระดับน้ำดังกล่าวในพื้นที่แต่ละแห่งจะไม่เท่ากันและไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนและสภาพภูมิประเทศบริเวณนั้น

- น้ำบาดาล เป็นน้ำใต้ดินที่ซึมผ่านชั้นหินที่มีรูพรุนลงไปขังอยู่ในช่องว่างของชั้นหิน อยู่ลึกกว่าน้ำในดิน มีความใสมากกว่าน้ำในดิน มีอินทรีย์สารเจือปนอยู่บ้าง แต่มีธาตุต่างๆ ละลายปนอยู่มาก ระดับบนสุดของน้ำบาดาล เรียกว่า ระดับน้ำบาดาลซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลหรือตามปริมาณการเพิ่มและการสูญเสีย น้ำ การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำบาดาลจะเปลี่ยนไปช้ากว่าระดับน้ำในดิน

2) แหล่งน้ำที่เกิดจากการสร้างโดยมนุษย์ หมายถึง แหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ เช่น อุปโภคบริโภค เกษตรกรรม ผลิตกระแสไฟฟ้า ป้องกันอุทกภัย เป็นต้น ซึ่งอาจแบ่งดังนี้

- บ่อน้ำ เป็นแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น ซึ่งแบ่งออกตามแหล่งน้ำใต้ดินที่นำมาใช้ คือ

- บ่อน้ำในดินหรือบ่อน้ำตื้น คือ บ่อน้ำที่ขุดลงไปบริเวณแหล่งน้ำในดินซึ่งตื้นลึกกว่าระดับน้ำในดิน มีความลึกของบ่อไม่มาก ในชนบทของประเทศไทยนิยมขุดบ่อน้ำแบบนี้ไว้ใช้ประโยชน์

- **บ่อน้ำบาดาล** คือบ่อน้ำที่ขุดลงไปบริเวณแหล่งน้ำบาดาล ซึ่งต้องขุดเจาะลงไปใต้ชั้นหิน จนถึงระดับน้ำบาดาล การขุดบ่อน้ำบาดาลมีวิธีการยากกว่าบ่อน้ำในดิน กระทำได้โดยการสำรวจด้วยเครื่องมือสำรวจทางธรณีวิทยา เพื่อให้ทราบปริมาณของน้ำ แล้วจึงทำการขุดเจาะขึ้นมาใช้งาน

- **อ่างเก็บน้ำ** คือ แอ่งน้ำที่สร้างขึ้นสำหรับเก็บน้ำเพื่อบริโภคและใช้ประโยชน์ในการเกษตร โดยจะมีขนาดแตกต่างกัน เช่น อ่างเก็บน้ำห้วยมะนาว อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่ ,อ่างเก็บน้ำห้วยป่าแดง อ.เมือง จ.เพชรบุรี ,อ่างเก็บน้ำเขาเต่า อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์ ,อ่างเก็บน้ำบางพระ จ.ชลบุรี ,อ่างเก็บน้ำแม่สุก จ.พะเยา เป็นต้น

- **เขื่อน** คือ สิ่งก่อสร้างที่สร้างขวางกั้นทางน้ำ เพื่อใช้ในการเก็บกักน้ำ โดยเก็บน้ำจากช่วงฤดูน้ำหลากและปล่อยน้ำใช้ในการเกษตรกรรม อุปโภคบริโภคในช่วงขาดแคลนน้ำ เขื่อนยังคงใช้สำหรับป้องกันน้ำท่วมฉับพลันในฤดูที่น้ำไหลหลากอีกทางหนึ่ง โดยเขื่อนจะทำหน้าที่ชะลอความเร็วของน้ำ ให้น้ำไหลผ่านได้เฉพาะตามปริมาณที่เหมาะสม ในปัจจุบันเขื่อนมีหน้าที่หลักอีกด้านคือ การผลิตกระแสไฟฟ้า โดยพลังงานไฟฟ้าส่วนหนึ่งในประเทศไทยมาจากการปั่นไฟจากเขื่อน นอกจากนี้เขื่อนบางแห่งใช้เป็นสถานที่ท่องเที่ยวและกิจกรรมนันทนาการต่างๆ เช่น การล่องเรือ หรือการตกปลา

1.2.1.3 การแบ่งแหล่งน้ำตามลักษณะการใช้งานของ กปภ.

การแบ่งแหล่งน้ำตามลักษณะการใช้งานของ กปภ.มี 2 ประเภท ได้แก่

แหล่งน้ำหลัก คือ แหล่งน้ำที่ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตน้ำประปาในช่วงเวลาปกติ เกือบตลอดทั้งปี

แหล่งน้ำสำรอง คือ แหล่งน้ำที่ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตน้ำประปาในช่วงเวลาวิกฤติภัยแล้ง ซึ่งแหล่งน้ำหลักมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอผลิตน้ำประปา

การประปาส่วนภูมิภาคเป็นองค์กรผลิตน้ำประปาเพื่อบริการประชาชนทั่วประเทศ โดยมีแหล่งน้ำดิบที่ใช้ผลิตน้ำประปาหลายประเภท เช่น แม่น้ำ ลำน้ำ บึง บ่อน้ำบาดาล ฝายน้ำล้น ฯลฯ ดังแสดงในรูปที่ 1-3 ซึ่งแต่ละการประปาส่วนภูมิภาคสาขาก็จะเลือกแหล่งน้ำดิบที่ใช้ผลิตน้ำประปาตามสภาพความเหมาะสมกับพื้นที่ของตน โดยสัดส่วนประเภทแหล่งน้ำดิบที่ใช้ผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค แบ่งได้ตาม ตารางที่ 1-3

ตารางที่ 1-2 ตารางแสดงสัดส่วนประเภทแหล่งน้ำดิบที่ใช้ผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค

ชนิดแหล่งน้ำ		ปริมาณน้ำผลิต (ล้าน ลบ.ม.)	คิดเป็น %
1.น้ำผิวดิน	ชลประทาน	423	28.2
	แหล่งน้ำธรรมชาติ	634	42.2
	ซื้อน้ำเอกชน (น้ำดิบและน้ำประปา)	412	27.5
2.น้ำบาดาล		27	1.8
3.น้ำทะเล (RO)		4	0.3
รวม		1,500	100

ข้อมูล ณ ปี 2555



รูปที่ 1-8 รูปตัวอย่างแหล่งน้ำดิบที่จะนำมาผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค

1.3 ระบบลุ่มน้ำในประเทศไทย

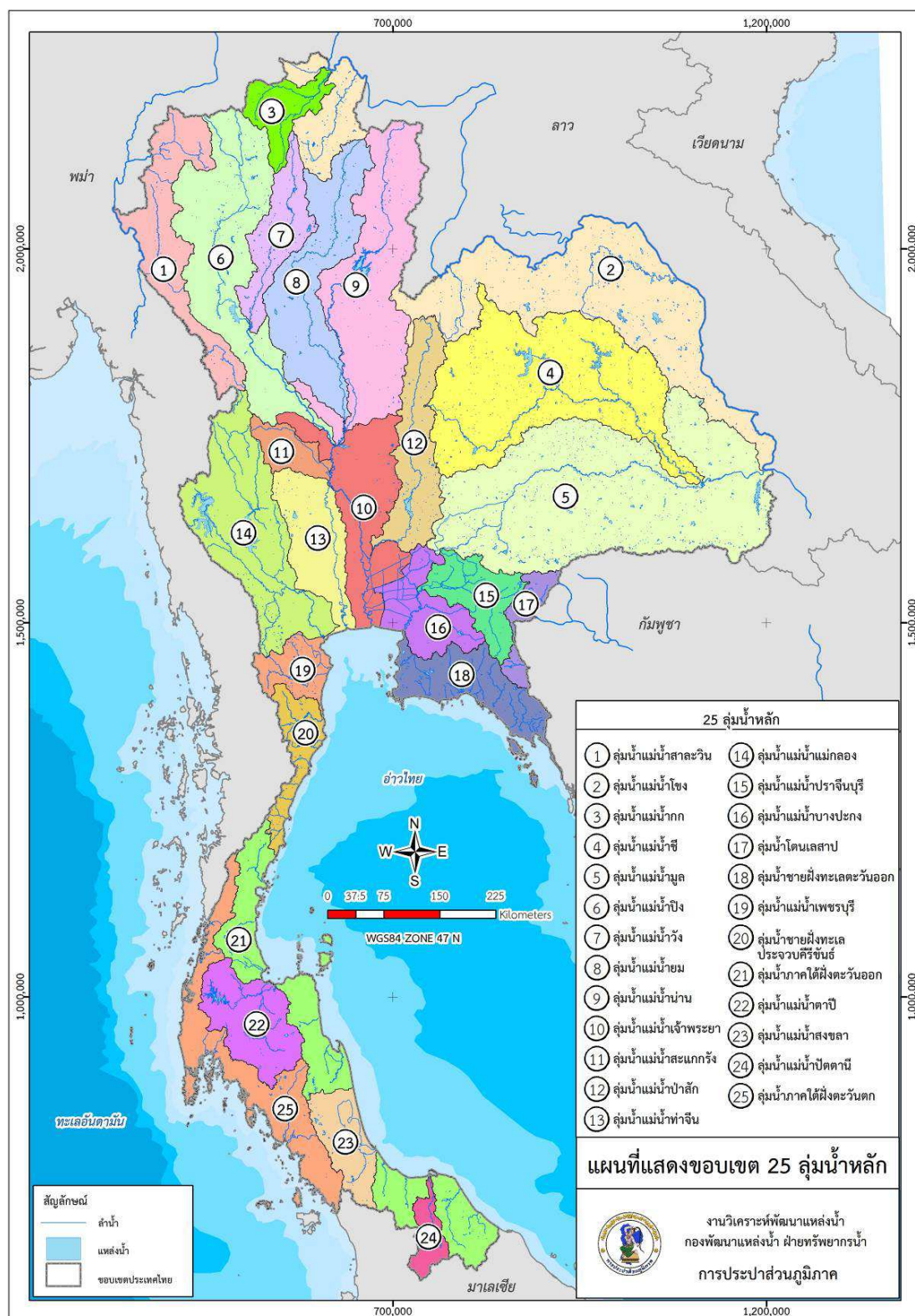
ลุ่มน้ำ หมายถึง พื้นที่บนผิวโลกที่รับน้ำฝนที่ตกลงมาแล้วไหลลงมารวมกันในแม่น้ำ ลำธาร หรือแอ่งรับน้ำในพื้นที่แล้วรวมกัน ไหลออกมาที่จุดใดจุดหนึ่งของลำธารที่กำหนดขึ้นเพื่อเป็นจุดตรวจวัด (outlet) โดยมีแนวขอบเขตพื้นที่ จากเส้นสันปันน้ำ

หน้าที่ของระบบลุ่มน้ำ (Watershed Function) หน้าที่หรือการทำงานตามหน้าที่ภายในระบบลุ่มน้ำ หมายถึงกระบวนการต่างๆ ของระบบการหมุนเวียนของน้ำที่เกิดขึ้นเป็นลำดับขั้นตอน ตั้งแต่ น้ำฝนเข้าสู่ระบบ จนกลายเป็นน้ำไหลในลำธารออกจากระบบของลุ่มน้ำ โดยมีพืชพรรณที่ขึ้นปกคลุม เป็นกลไกสำคัญในการปรุงแต่งปัจจัยผันแปรภายนอกหรือน้ำฝนให้เข้ากับปัจจัย คงที่ภายในด้วยการส่งเสริมให้น้ำไหลซึมลงไปในดิน เริ่มต้นจากเรือนยอดของต้นไม้ที่นอกจากจะสกัดกั้น น้ำฝนบางส่วนให้ติดค้างบนเรือนยอด แล้ว ยังช่วยลดแรงปะทะและชะลอการ หยด/ไหลของน้ำฝน ให้ไหลลงสู่พื้นดินในลักษณะที่ค่อยเป็นค่อยไปอีกด้วย ชากพืชที่ผิวดิน เป็นด่านที่สองของต้นไม้ที่ช่วยลดแรงตกกระทบของเม็ดฝนและยืดระยะเวลาในการไหลสู่ของผิวดินของน้ำฝน นอกจากนี้การสลายตัวของซากพืชจนกลายเป็นอินทรีย์วัตถุ และคลุกเคล้ากับดิน โดยจุลินทรีย์ในดินจะช่วยให้ดินมีความพรุน และน้ำฝนซึมผ่านผิวดิน ลงมาได้มาก ระบบรากที่ยังลึกลงไปในพื้นที่ดิน จะช่วยส่งเสริมให้น้ำฝนซึมลงไปในส่วนลึกของชั้นดิน ได้มากขึ้น ทั้งสามส่วนของต้นไม้เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้ลำธารที่ตกลงมาอย่างรุนแรงและรวดเร็วกลับกลายเป็นน้ำไหล อย่างค่อยเป็นค่อยไปในดินได้ สำหรับกระบวนการที่เกิดขึ้นหลังจากที่น้ำฝนไหลผ่านผิวดินลงไปในดินแล้ว มีดังต่อไปนี้ คือ น้ำฝนที่ซึมลงไปในดิน ส่วนหนึ่งถูกต้นไม้ดึงไปใช้ทางราก ที่เหลือจะเติมความชื้นให้กับดิน ถ้าค่าความชื้นที่เกิดขึ้นใหม่มีค่ามากกว่า ความจุสนาม หรือปริมาณน้ำที่เม็ดดินถูกยึดเอาไว้ น้ำในส่วนเกินจะไหลลงสู่ดินชั้นล่าง กลายเป็นน้ำใต้ดิน แต่ถ้าน้ำที่เติมลงมามีอัตราเร็วมากกว่าการระบายลงสู่ดินชั้นล่าง น้ำในส่วนเกินจะไหลตามด้านข้างใต้ผิวดิน ลงสู่ลำธาร ในทำนองเดียวกัน ถ้าน้ำที่ไหลเติมลงมามีความเร็วมากกว่า percolation และ inter-flow แล้วน้ำในส่วนเกินก็จะเพิ่มความชื้นให้กับดิน มากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งดินอิ่มตัว น้ำที่เหลือจะเอนองตามผิวดินและไหลลงสู่ลำธาร หรือที่ต่ำทางผิวดินทันที เรียกว่าน้ำไหลบ่าผิวดิน ดังนั้นน้ำไหลในลำธาร ซึ่งถือว่าเป็น output ออกจากระบบลุ่มน้ำ จึงประกอบไปด้วย น้ำไหลบ่า ผิวดิน น้ำไหลตามด้านข้างใต้ผิวดิน และน้ำใต้ดิน นอกจากนี้ยังมีบางส่วนของน้ำฝนที่ตกลงสู่ลำธารโดยตรง แต่เนื่องจากองค์ประกอบของน้ำไหล ในลำธารมีความเร็วในการไหลที่แตกต่างกันไป โดยสามารถแสดงออกมา เป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล ของน้ำที่เป็นองค์ประกอบต่างๆ ของน้ำไหลในลำธาร กับช่วงระยะเวลา

ลุ่มน้ำหลักและการจัดการลุ่มน้ำ คณะกรรมการอุทกวิทยาแห่งชาติ ได้แบ่งพื้นที่ประเทศไทย ออกเป็นลุ่มน้ำสำคัญ 25 ลุ่มน้ำ และแบ่งออกเป็นลุ่มน้ำย่อย 254 ลุ่มน้ำย่อย มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งประเทศ ประมาณ 511,361 ตร.กม. (ยังไม่รวมพื้นที่เกาะต่างๆ ยกเว้นเกาะภูเก็ต) ดังตารางที่ 1.1-1

ตารางที่ 1-3 กลุ่มน้ำหลักและการจัดการกลุ่มน้ำในประเทศไทย

กลุ่มน้ำหลัก	พื้นที่ลุ่มน้ำรวม (ตร.กม)	ชื่อกลุ่มน้ำหลัก (รหัส)	จำนวนลุ่มน้ำสาขา
1. กลุ่มลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขง	188,645	ลุ่มน้ำโขง (02) ลุ่มน้ำกก (03) ลุ่มน้ำชี (04) ลุ่มน้ำมูล (05) ลุ่มน้ำโตนเลสาบ (17)	95
2. กลุ่มลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำสาละวิน	17,918	ลุ่มน้ำสาละวิน (01)	17
3. กลุ่มลุ่มน้ำเจ้าพระยา-ท่าจีน	157,925	ลุ่มน้ำปิง (06) ลุ่มน้ำวัง (07) ลุ่มน้ำยม (08) ลุ่มน้ำน่าน (09) ลุ่มน้ำสะแกกรัง (11) ลุ่มน้ำป่าสัก (12) ลุ่มน้ำเจ้าพระยา (10) ลุ่มน้ำท่าจีน (13)	70
4. กลุ่มลุ่มน้ำแม่กลอง	30,836	ลุ่มน้ำแม่กลอง (14)	11
5. กลุ่มลุ่มน้ำบางปะกง	18,458	ลุ่มน้ำปราจีนบุรี (15) ลุ่มน้ำบางปะกง (16)	8
6. กลุ่มลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลอ่าวไทย ตะวันออก	13,829	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเล ตะวันออก (18)	6
7. กลุ่มลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลอ่าวไทย ตะวันตก	12,347	ลุ่มน้ำเพชรบุรี (19) ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเล ประจวบคีรีขันธ์ (20)	8
8. กลุ่มลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก (ฝั่ง อ่าวไทย)	50,930	ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่ง ตะวันออก (21) ลุ่มน้ำตาปี (22) ลุ่มน้ำทะเลสาบ สงขลา (23) ลุ่มน้ำปัตตานี (24)	26
9. กลุ่มลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลอ่าวไทย ตะวันตก (ฝั่งอันดามัน)	20,473	ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก (25)	13
รวม	511,361	25 กลุ่มน้ำหลัก	254



รูปที่ 1-9 รูปแสดงแผนที่ 25 ลุ่มน้ำในประเทศไทย

1.4 ระบบชักน้ำดิบ

ระบบน้ำดิบเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญในระบบการผลิตน้ำประปา เนื่องจากการนำน้ำดิบซึ่งถือว่าเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำประปา ดังนั้นระบบน้ำดิบจึงเป็นระบบที่สำคัญอีกส่วนหนึ่ง ส่วนประกอบที่ถือได้ว่าเป็นระบบน้ำดิบ จะเริ่มต้นตั้งแต่รางชักน้ำ เพื่อรับน้ำจากแหล่งน้ำดิบ เข้าสู่บริเวณหรือจุดสูบน้ำ ซึ่งจะอยู่บริเวณใกล้โรงสูบน้ำดิบ หรือโรงสูบน้ำแรงต่ำ ซึ่งด้านในโรงสูบน้ำแรงต่ำจะมีเครื่องสูบน้ำเพื่อสูบส่งน้ำดิบเข้าระบบท่อน้ำดิบ และส่งไปยังระบบผลิตต่อไป สรุปแล้วระบบน้ำดิบจะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1.4.1 รางชักน้ำดิบ

รางชักน้ำดิบ มีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ ปากรางรับน้ำดิบ (Intake) และรางชักน้ำดิบ

1) ปากรางรับน้ำดิบ โดยปกติจะเป็นโครงสร้าง คสล. เป็นช่องรับน้ำ มีแผงตะแกรงกันเพื่อป้องกันขยะ ผักตบชวา เศษกิ่งไม้ เข้าสู่รางชักน้ำดิบ และมีประตูน้ำเปิดปิด (Sluice Gate) เพื่อควบคุมการเข้าออกของน้ำดิบ



รูปที่ 1-10 แสดงปากรางรับน้ำดิบ

2) ตัวรางชักน้ำดิบ เป็นโครงสร้าง คสล. มีทั้งเป็นแบบรางเปิด (Open Channel) และท่อลอด (Box Culvert) เพื่อลำเลียงน้ำดิบมายังบริเวณจุดสูบน้ำ

สำหรับแหล่งน้ำดิบที่มีตะกอนทราย วิศวกรอาจออกแบบเป็นบ่อตกทราย (Grit Chamber) เพื่อทำให้น้ำที่ไหลไปยังจุดสูบน้ำมีปริมาณทรายน้อยลง ลดปัญหาตะกอนทรายในระบบผลิตและลดการกัดกร่อนของใบพัดในเครื่องสูบน้ำ



รูปที่ 1-11 แสดงตัวรางชักน้ำดิบ

1.4.2 โรงสูบน้ำแรงต่ำ

เป็นอาคาร หรือสิ่งก่อสร้างเพื่อใช้สำหรับดำเนินการสูบน้ำดิบส่งเข้าไปยังระบบผลิต ภายในอาคารประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำ เครื่อง ระบบไฟฟ้า ระบบท่อส่งน้ำ และอุปกรณ์ประกอบ

1) การเลือกตำแหน่งโรงสูบน้ำแรงต่ำ

การพิจารณาเลือกตำแหน่งโรงสูบน้ำแรงต่ำ

- ควรเป็นบริเวณที่ไม่เกิดการกัดเซาะของตลิ่ง หรือไม่เกิดการทับถมของตะกอน
- การเลือกแหล่งน้ำที่เป็นแม่น้ำควรเลือกบริเวณทางน้ำตรง หรือโค้งด้านนอกของแม่น้ำที่พ้น

ระยะของการกัดเซาะของตลิ่ง

- ไม่ควรเลือกบริเวณโค้งด้านในของแม่น้ำ เพราะจะทำให้เกิดการทับถมของตะกอนได้
- บริเวณที่ควรหลีกเลี่ยงคือ บริเวณตอม่อสะพาน เนื่องจากมีโอกาสที่จะเกิดการทับถมของตะกอนได้
- ต้องสอดคล้องกับตำแหน่งที่ตั้งโรงสูบน้ำดิบ ท่อทางดูด และการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ
- พิจารณาการเข้าถึง ถนน ระบบไฟฟ้าแรงสูง ความปลอดภัยของทรัพย์สินร่วม

2) ประเภทของโรงสูบน้ำแรงต่ำของ กปภ.

ปัจจุบัน กปภ. มีการใช้โรงสูบน้ำแรงต่ำหลายรูปแบบ เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ของแหล่งน้ำดิบต่างๆ ซึ่งมีความหลากหลายแตกต่างกัน โดยทั่วไป กปภ. มีรูปแบบโรงสูบน้ำแรงต่ำ ดังนี้

● โรงสูบน้ำแรงต่ำ แบบบนดิน

เป็นอาคารโรงสูบน้ำบนตลิ่ง โดยระดับเครื่องสูบน้ำจะอยู่สูงกว่าระดับน้ำ เหมาะกับแหล่งน้ำที่มีระดับน้ำเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 6 เมตร



รูปที่ 1-12 แสดงโรงสูบน้ำแรงต่ำบนดิน

ข้อดี

- ก่อสร้างอาคารทำได้ง่าย
- การบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำ อาคาร และอุปกรณ์อื่นๆ ทำได้สะดวก
- มีราคาต่ำกว่าก่อสร้างถูกกว่ารูปแบบอื่นๆ

ข้อเสีย

- ไม่เหมาะกับแหล่งน้ำที่มีระดับน้ำเปลี่ยนแปลงมากกว่า 6 เมตร
- ไม่เหมาะกับเครื่องสูบน้ำขนาดใหญ่ เนื่องจากก่อนการทำงานของเครื่องสูบน้ำจะต้องเติมน้ำ

เข้าท่อทางดูดก่อน

● โรงสูบน้ำแรงต่ำ แบบบ่อแห้ง

เป็นอาคารโรงสูบน้ำบนตลิ่ง ตัวอาคารจะมีบางส่วนอยู่ใต้ระดับดิน เพื่อให้สามารถสูบน้ำได้ในช่วงที่ระดับน้ำเปลี่ยนแปลงเกินกว่า 6 เมตร



รูปที่ 1-13 แสดงโรงสูบน้ำแรงต่ำ แบบบ่อแห้ง

ข้อดี

- การบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำ อาคารและอุปกรณ์อื่นๆ ทำได้สะดวก
- สามารถสูบน้ำได้ในช่วงที่ระดับน้ำเปลี่ยนแปลงเกินกว่า 6 เมตร
- ใช้งานได้ดีทั้งกับเครื่องสูบน้ำขนาดเล็ก และขนาดใหญ่

ข้อเสีย

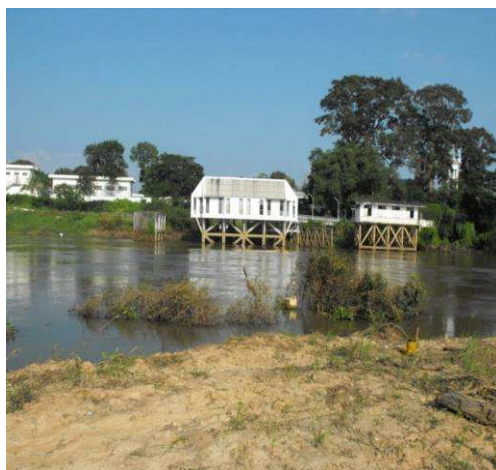
- ก่อสร้างอาคารได้ไม่ถาวร เนื่องจากจะต้องก่อสร้างในระดับที่ต่ำกว่าระดับดิน
- มีราคาแพงกว่าโรงสูบน้ำแรงต่ำแบบบนดิน
- สูบน้ำได้ในระดับที่ลึกเกินไป อาจทำให้คุณภาพน้ำดิบที่ไม่เหมาะสม

● โรงสูบน้ำแรงต่ำ แบบเทอร์ไบน์

เป็นอาคารโรงสูบน้ำที่ตั้งอยู่ในลำน้ำ หรืออ่างเก็บน้ำ ใช้สำหรับเครื่องสูบน้ำแบบเทอร์ไบน์ (TURBINE PUMP) เหมาะกับแหล่งน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำมาก



รูปที่ 1-14 แสดงโรงสูบน้ำแรงต่ำ แบบเทอร์ไบน์ (กปภ.สาขาสุรินทร์)



รูปที่ 1-15 แสดงโรงสูบน้ำแรงต่ำ แบบเทอร์ไบน์ (กปภ.สาขาอุบลราชธานี)

ข้อดี

- สามารถสูบน้ำได้ดีสำหรับแหล่งน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำอย่างรวดเร็ว
- เหมาะกับสภาพพื้นที่ที่ระดับตลิ่งและระดับน้ำแตกต่างกันมาก

ข้อเสีย

- ก่อสร้างยาก และมีราคาแพง
- การเข้าบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำ อาคารและอุปกรณ์อื่นๆ ทำได้ยาก
- จำเป็นต้องมีสะพานทางเดินเชื่อมระหว่างตลิ่งและอาคาร
- บางแห่งอาจต้องมีรอกกันซุง

● โรงสูบน้ำแรงต่ำ แบบรางเลื่อน

เป็นอาคารโรงสูบน้ำตั้งอยู่ริมน้ำ มีโครงสร้างที่ประกอบด้วยตัวอาคารและรางเลื่อน ซึ่งแทนเครื่องสูบน้ำจะวางบนรางเลื่อนและสามารถขยับขึ้นลงได้ตามระดับน้ำ



รูปที่ 1-16 แสดงโรงสูบน้ำแรงต่ำ แบบรางเลื่อน (กปภ.สาขาสตึก น.พทุธสง)

ข้อดี

- ได้น้ำดิบที่มีคุณภาพดี เนื่องจากสูบน้ำในระดับผิวน้ำ
- เหมาะกับสภาพพื้นที่ที่ระดับตลิ่งและระดับน้ำแตกต่างกันมาก

ข้อเสีย

- มีราคาค่าก่อสร้างแพง ก่อสร้างยาก
- ไม่เหมาะกับแหล่งน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำอย่างรวดเร็ว

● โรงสูบน้ำแรงต่ำ แบบแพลอย

ประกอบด้วยทุ่น และตัวอาคาร ยึดด้วยสลิงและเสาตอม่อ หรือมีสมอถ่วง สำหรับตัวท่อส่งน้ำ ระหว่างแพและตลิ่งจะเป็นท่ออ่อน เพื่อให้สามารถขยับตัวได้ตามแพ



รูปที่ 1-17 แสดงโรงสูบน้ำแรงต่ำ แบบแพลอย



รูปที่ 1-18 แสดงโรงสูบน้ำแรงต่ำ แบบแพลอย (กปภ.สาขาปากน้ำประแสร์)

ข้อดี

- ได้น้ำดิบที่มีคุณภาพดี เนื่องจากสูบน้ำในระดับผิวน้ำ
- การบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำ อาคารและอุปกรณ์อื่นๆ ทำได้สะดวก

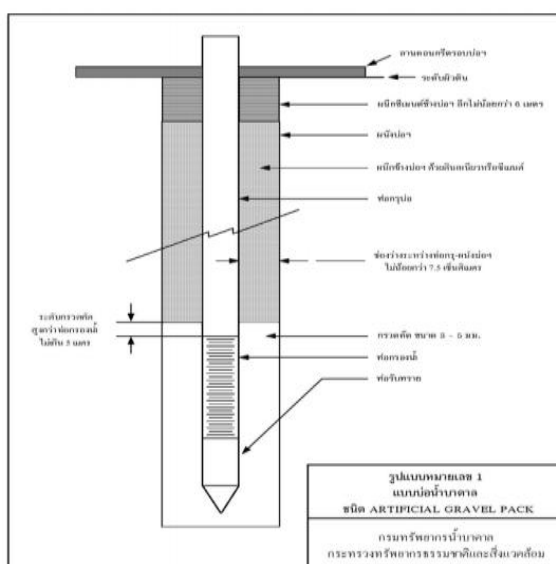
ข้อเสีย

- ไม่เหมาะกับแหล่งน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำอย่างรวดเร็ว หรือการไหลอย่างรวดเร็ว
- การเข้าบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำ อาคารและอุปกรณ์อื่นๆ ทำได้ยาก
- ต้องหมั่นตรวจสอบ และบำรุงรักษาตัวท่อน้อยกว่ารูปแบบอื่น
- การติดตั้งระบบไฟฟ้ามีความยุ่งยาก

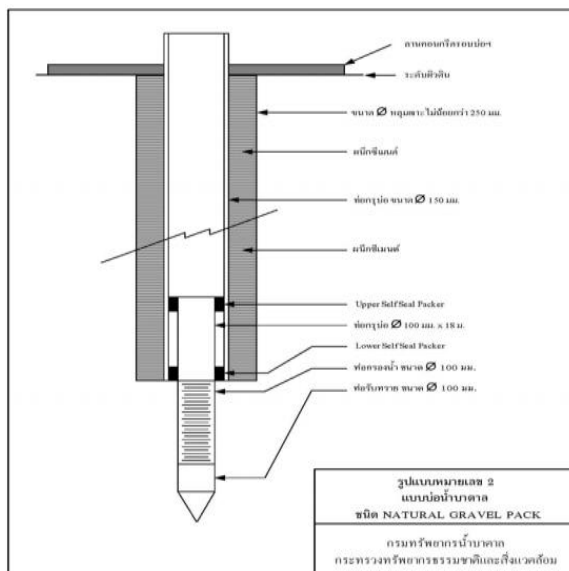
● โรงสูบน้ำบ่อบาดาล

บ่อบาดาลโดยทั่วไปแล้วสามารถแบ่งตามลักษณะการเจาะบ่อน้ำบาดาลในชั้นหินร่วนและชั้นหินแข็งออกเป็น 3 แบบ ดังนี้

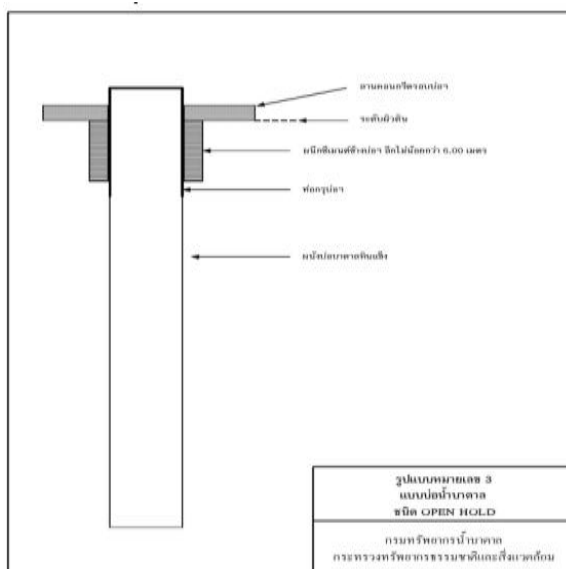
- การเจาะน้ำบาดาลในชั้นหินร่วนแบบกรูกรวด (Artificial Gravel Pack) เป็นรูปแบบที่เจาะและใส่ท่อแล้วต้องทำการกรูกรวดด้วยชนิดและขนาดที่เหมาะสมรอบท่อ กรองน้ำเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการไหลซึมผ่านของน้ำบาดาลและป้องกันผนังบ่อบัง



- การเจาะน้ำบาดาลในชั้นหินร่วนแบบไม่กรวด (Natural Gravel Pack) เป็นการใช้กรวดในชั้นหินอุ้มน้ำที่มีขนาดโตกว่าช่องรเปิดน้ำเข้าบ่อทำหน้าที่หุ้มโดยรอบท่อกรองน้ำซึ่งจะมีวิธีการในทางเทคนิคในการจัดเม็ดทรายหรือกรวดขนาดเล็กเพื่อเหลือแต่กรวดขนาดใหญ่คงอยู่รอบท่อกรองน้ำ



- การเจาะบ่อในชั้นหินแข็งแบบบ่อเปิด (Open Hole) เป็นการเจาะบ่อในชั้นหินแข็งโดยไม่จำเป็นต้องลงท่อกรและท่อกรองน้ำในช่วงชั้นให้น้ำหรืออาจจะลงท่อ เพื่อป้องกันผนังบ่อพัง กรณีที่ชั้นหินให้น้ำอาจไม่แข็งแรงพอหรือมีการเคลื่อนตัวของชั้นหิน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและโครงสร้างของชั้นหิน



ส่วนด้านตัวอาคารเหนือบ่อบาดาลที่ กปภ.ใช้นั้นจะมีลักษณะเป็นรางรองรับตัวอาคาร และสามารถเลื่อนได้ตามรางเพื่อให้สามารถบำรุงรักษาอุปกรณ์ในบ่อบาดาลได้



รูปที่ 1-19 แสดงโรงสูบน้ำบำบัด (กปภ.สาขาสุพรรณบุรี)

● บ่อสูบน้ำ สำหรับเครื่องสูบน้ำแบบ SUBMERSIBLE PUMP



รูปที่ 1-20 แสดงบ่อสูบน้ำ (กปภ.สาขาแพร่)

ข้อดี

- ใช้กับแหล่งน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำมาก และเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว
- สามารถชักน้ำเข้าบ่อสูบได้ ทำให้ไม่มีปัญหาเรื่องขยะ และท่อนไม้

ข้อเสีย

- ไม่เหมาะที่จะใช้อัตราการสูบน้ำในปริมาณมาก
- การก่อสร้างยาก และมีราคาค่าก่อสร้างแพง

1.5 กฎหมายและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการแหล่งน้ำ

กรมชลประทาน

พรบ.การชลประทานหลวง

กรมเจ้าท่า

พรบ.การเดินเรือในน่านน้ำไทย

กรมทรัพยากรน้ำ

พรบ.ทรัพยากรน้ำ

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

พรบ.การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2511

กรมทรัพยากรน้ำ

พรบ.น้ำบาดาล 2520

องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น,องค์กรผู้ใช้น้ำ

ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรี ว่าด้วยการบริหารทรัพยากรน้ำแห่งชาติ (ฉบับที่ ๒) พ.ศ.๒๕๕๐

1.6 การวางแผนจัดหาแหล่งน้ำดิบของ กปภ.

น้ำผิวดิน (Surface Water) ได้แก่ แม่น้ำ อ่างเก็บน้ำ คลองชลประทาน สระพักน้ำและน้ำทะเล

โดยทั่วไปเกณฑ์ในการเลือกแหล่งน้ำดิบที่เหมาะสม ได้แก่

- มีปริมาณน้ำต้นทุนเพียงพอสำหรับการผลิตน้ำประปา โดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อความต้องการใช้น้ำเพื่อการใช้สอยด้านอื่นๆ แต่ทั้งนี้ ในกรณีที่ปริมาณน้ำต้นทุนไม่เพียงพอ อาจจะพิจารณาถึงการสร้างสระพักน้ำดิบ หรือ การพิจารณาแนวทางเลือกอื่นที่มีต้นทุนน้ำดิบที่ถูกลงกว่า

- เป็นแหล่งน้ำที่มีโอกาสน้อยที่จะปนเปื้อนมลพิษต่างๆ เช่น น้ำเสียจากชุมชน โรงแรม หรือโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

- คุณภาพน้ำดิบต้องมีความเหมาะสมสามารถนำมาผลิตน้ำประปาได้นอกจากคุณภาพน้ำดิบควรจะมี ความแปรเปลี่ยนน้อย เพื่อลดความยุ่งยากซับซ้อนในการออกแบบ และควบคุมกระบวนการผลิตน้ำประปา

- เป็นแหล่งน้ำดิบที่สามารถนำมาผลิตเป็นน้ำประปาได้โดยใช้ต้นทุนการผลิตต่ำ มีปริมาณที่พอเพียง และใช้กระบวนการผลิตไม่ซับซ้อน

บทที่ 2

ระบบผลิตน้ำประปา

กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำที่จะใช้เป็นน้ำดิบในการผลิตน้ำประปา โดยที่กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินก็จะแตกต่างจากน้ำใต้ดิน การเลือกขบวนการใดในการผลิตน้ำประปา ขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำดิบ ดังตาราง

ตารางที่ 2-1 การเลือกวิธีในการผลิตน้ำประปา

ลำดับ	คุณภาพน้ำดิบ	กระบวนการในการผลิตน้ำประปา
1	สี และความขุ่น	1) โคแอกกูเลชัน + การกรอง และถ่านกัมมันต์ 2) เติมคลอรีน ร่วมกับโคแอกกูเลชัน + การกรอง
2	กลิ่น และรส	1) การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ 2) โคแอกกูเลชัน + การกรอง 3) การเติมคลอรีน หรือ โอโซน 4) เติมอากาศ
3	ความกระด้าง (Hardness) ได้แก่ แคลเซียมและแมกนีเซียม	1) การใช้สารเคมีทำปฏิกิริยาเพื่อให้ตกผลึก (Precipitation) โดยใช้ ปูนขาว และโซดาแอช 2) Ion exchange
4	เหล็ก และแมงกานีส	1) Chemical Oxidation และ การใช้สารเคมีทำปฏิกิริยาเพื่อให้ตกผลึก (Precipitation)
5	โซเดียม โปแทสเซียม คลอไรด์ และไนเตรท	Desalination
6	pH	การปรับสภาพอัลคาไล (Alkaline)
7	แอมโมเนีย	1) การเติมคลอรีน
8	ไฮโดรเจนซัลไฟด์	1) การเติมอากาศในสภาวะที่เป็นกรด 2) การเติมคลอรีน หรือ โอโซน 3) การใช้ ferrous salts ทำปฏิกิริยาเพื่อให้ตกผลึก
9	คาร์บอนไดออกไซด์	1) การเติมอากาศ(Aeration) 2) การปรับสภาพอัลคาไล (Alkaline Treatment)
10	ฟลูออไรด์	1) การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ 2) Desalination
11	แบคทีเรีย	1) ฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน หรือโอโซน 2) โคแอกกูเลชัน + การกรอง +การฆ่าเชื้อ

ตารางที่ 2-1 การเลือกวิธีในการผลิตน้ำประปา (ต่อ)

ลำดับ	คุณภาพน้ำดิบ	กระบวนการในการผลิตน้ำประปา
12	สารอินทรีย์บางชนิดที่มีปริมาณน้อย (Traces organics)* เช่น ฟีนอลและผงซักฟอก ฯลฯ	1) การดูดซับในช่วงการรวมตะกอน (Adsorption during flocculation) 2) การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ 3) โอโซน
13	สาหร่าย และแพลงตอน	1) วิธีทางเคมี (เติมสารคอปเปอร์ซัลเฟต, คลอรีน, คอปเปอร์คลอไรด์) 2) ไมโครสเตรนเนอร์ 3) Double Filtration 4) โคแอกกูเลชัน
14	สารเคมีกำจัดศัตรูพืช (Pesticides)	1) ถ่านกัมมันต์
15	การกำจัดโลหะหนัก - ตะกั่ว (Pb)	1) โคแอกกูเลชัน + การกรอง 2) การแลกเปลี่ยนประจุ 3) การทำ adsorption (การดูดซับ) 4) การตกผลึกทางเคมี 5) การออกซิเดชัน-รีดักชัน 6) Reverse Osmosis (RO)
	- พรอท (Hg)	1) โคแอกกูเลชัน + การกรอง 2) การทำ Softening (ในกรณีที่มีน้ำมีพรอท $\geq 10 \mu\text{g/L}$)
	- สารหนู (As)	1) โคแอกกูเลชัน + การตกตะกอน 2) กระบวนการออกซิเดชัน 3) การทำ adsorption (การดูดซับ)
	- ซีลีเนียม (Se)	1) โคแอกกูเลชัน + การกรอง 2) การแลกเปลี่ยนประจุ
	- โครเมียม (Cr)	1) โคแอกกูเลชัน + การกรอง
	- ไซยาไนต์ (CN)	1) การเติมคลอรีนปริมาณสูง
	- แคดเมียม (Cd)	1) โคแอกกูเลชัน + การกรอง 2) การทำ Softening
	- แบเรียม (Ba)	1) การแลกเปลี่ยนประจุ 2) การทำ Softening

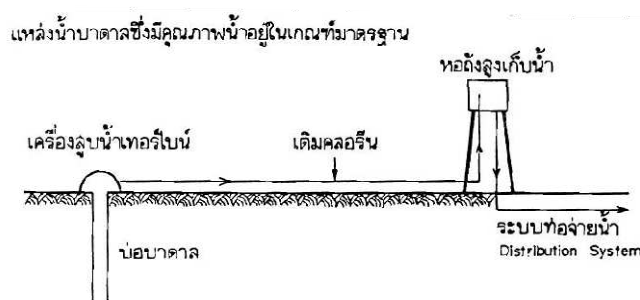
หมายเหตุ * สารอินทรีย์บางชนิดที่มีปริมาณน้อย (Traces Organics) คือสารอินทรีย์ที่ทำให้เกิดกลิ่นและสีในแหล่งน้ำได้แก่ ฟีนอล

2.1 ประเภทการผลิตน้ำประปา

การประปาแต่ละแห่งใช้แหล่งน้ำที่มีลักษณะสมบัติแตกต่างกันไป กรรมวิธีการผลิตจึงขึ้นอยู่กับลักษณะของน้ำดิบ แต่พอจำแนกประเภทการผลิตได้ ซึ่งเรียงลำดับจากระบบง่ายไปหายาก

2.1.1 ระบบประปาบาดาล

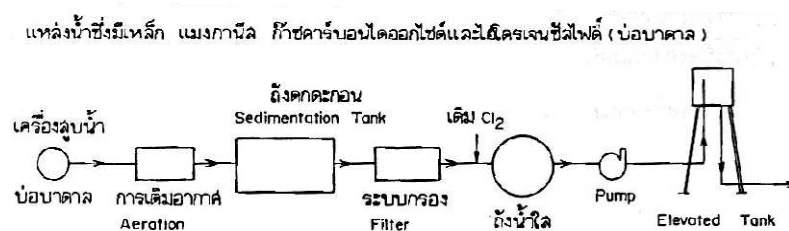
ถ้าสามารถหาแหล่งน้ำบาดาลซึ่งมีปริมาณเพียงพอ และคุณภาพของน้ำดีเทียบเท่ามาตรฐานน้ำดื่มที่กำหนดไว้ การเลือกใช้บ่อบาดาลเป็นแหล่งน้ำทำประปาจัดว่าสมควรที่สุด เพราะไม่ต้องใช้กรรมวิธีกำจัดสิ่งปะปนใดๆ อาจใช้เครื่องสูบน้ำเทอร์โบแรงเพียงเครื่องเดียวสูบโดยตรงจากบ่อบาดาลไปสู่ถังเก็บเพื่อจ่ายน้ำบริการต่อไป แต่ถึงแม้ว่าน้ำบาดาลทั่วไปจะปราศจากเชื้อโรคก็ยังไม่แนะนำให้ใช้คลอรีนประกอบ โดยใช้เครื่องจ่ายคลอรีนเข้าสู่เส้นท่อน้ำก่อนขึ้นถังเก็บน้ำ เพื่อให้คลอรีนมีเวลาทำปฏิกิริยา (Contact Time) กับสิ่งเจือปนในน้ำ คลอรีนคงเหลือในเส้นท่อน้ำจะช่วยฆ่าเชื้อโรคที่อาจตกค้างอยู่ภายในท่อประปา



รูปที่ 2-1 ระบบประปาน้ำบาดาล

2.1.2 ระบบประปาบาดาลแบบเติมอากาศ

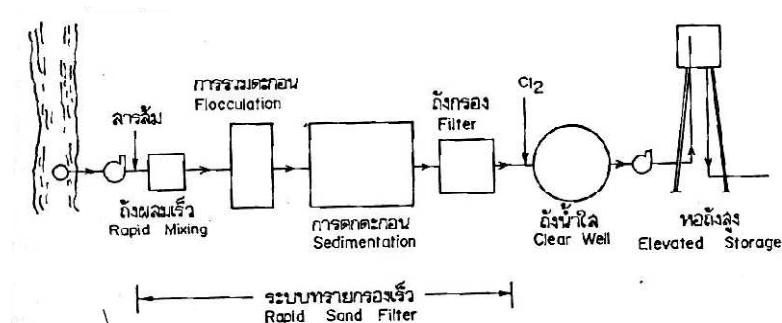
บ่อบาดาลบางแห่งจะมีน้ำบาดาลที่อยู่ในสภาพไร้ออกซิเจน (Anaerobic) ทำให้มีเหล็ก แมงกานีส คาร์บอนไดออกไซด์ หรือไฮโดรเจนซัลไฟด์ ละลายปนอยู่ในน้ำ การกำจัดสิ่งสกปรกเหล่านี้กระทำได้ด้วยวิธีเติมอากาศ (Aeration) ก๊าซที่ละลายปนในน้ำดิบจะระเหยออกไป ส่วนเหล็ก และแมงกานีสจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดเป็นออกไซด์ และตกตะกอนเป็นสารแขวนลอย ดังนั้นการประปาบางแห่งจะมีถังตะกอนไว้กักตะกอน แต่บางแห่งก็ผ่านน้ำที่เติมอากาศแล้วเข้าสู่ถังกรองโดยตรง



รูปที่ 2-2 ระบบประปาแบบเติมอากาศ

2.1.3 ระบบประปาหน้าผิวดิน แบบ Conventional

การประปาชุมชนขนาดใหญ่ ส่วนมากจะอาศัยแหล่งน้ำจากแม่น้ำ เนื่องจากมีปริมาณมากเพียงพอแต่น้ำผิวดินประเภทนี้มักมีความขุ่นสูง ดังนั้น กรรมวิธีการผลิตจึงต้องอาศัยสารช่วยให้ตกตะกอนเร็วขึ้น เช่น สารส้ม สารพอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl) ฯลฯ กรรมวิธีตั้งแต่การผสมสารส้ม เกิดตะกอน ตกตะกอน จนกระทั่งการกรองแบบทรายกรองเร็ว เรียกว่าระบบผลิตน้ำประปาแบบ Conventional ซึ่งวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำของ กปภ. ส่วนใหญ่จะใช้วิธีนี้

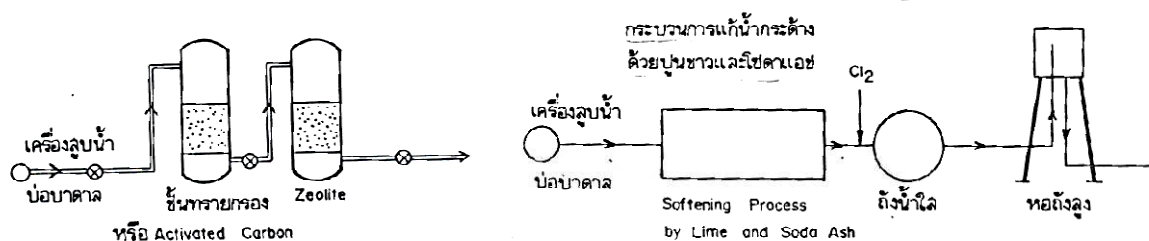


รูปที่ 2-3 ระบบประปาหน้าผิวดิน แบบ Conventional

2.1.4 ระบบประปาแก้ความกระด้าง

รูป (ก) กระบวนการนี้ใช้วิธีแลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้า โดยใช้สารซึ่งสามารถจับประจุที่เป็นความกระด้างไว้ สารนี้มีชื่อเรียกหลายอย่าง เช่น Zeolite, Ion-exchange, Resin

รูป (ข) กระบวนการใช้ปูนขาว และโซดาแอช แก่ความกระด้าง (Lime – Soda Ash Process) น้ำที่ผ่านกระบวนการจะมีความกระด้างเหลืออยู่บ้าง



(ก)

(ข)

รูปที่ 2-4 แหล่งน้ำที่มีความกระด้างสูง (มักเป็นบ่อบาดาล)

2.2 ขั้นตอนการผลิตน้ำประปาแบบ Conventional

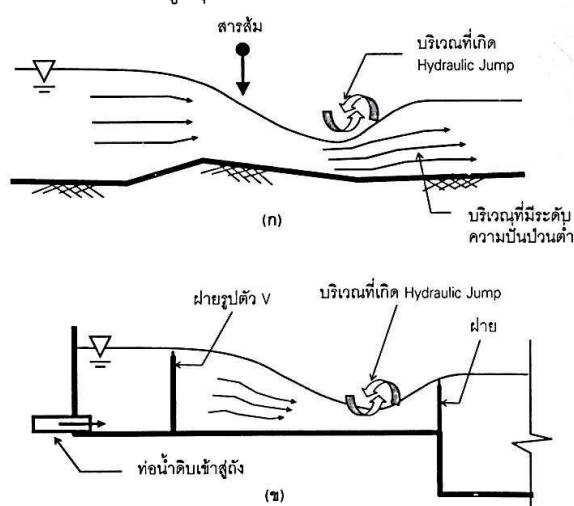
2.2.1 การกวนเร็ว หรือการสร้างตะกอน (Coagulation)

เป็นกระบวนการสร้างแกนตะกอน ซึ่งจะทำให้อนุภาคความขุ่นที่อยู่ในน้ำ เสียเสถียรภาพ และจับตัวเกิดเป็นเม็ดตะกอน การสร้างแกนตะกอนทำได้โดยการเติมสารเคมี เช่น สารส้ม ลงไปในน้ำ และผสมกันอย่างทั่วถึง และรวดเร็ว สารส้มจะเกิดปฏิกิริยาเคมีในน้ำ และเกิดกลไกการทำลายเสถียรภาพคอลลอยด์ขึ้น กระบวนการต่างๆ จะเกิดขึ้นในถังกวนเร็ว (Rapid Mixing Tank) ซึ่งมีหลายแบบดังนี้

2.2.1.1 ถังกวนเร็วแบบชลศาสตร์ (Hydraulic Rapid Mixer)

การกวนเร็วแบบชลศาสตร์เป็นการใช้พลังงานในการกวนน้ำ โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก เป็นพลังงานจากการไหลของน้ำที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สำหรับการกวนน้ำ โดยไม่ต้องเพิ่มพลังงานจากภายนอกเข้าไปอีก เช่น การบังคับการไหลของน้ำให้เกิดน้ำกระโดด (Hydraulic Jump) ด้วย Parshall Flume หรือการให้น้ำไหลข้ามฝาย ดังรูปที่ 2-5 (ก) นอกจากนี้อาจใช้วิธีการฉีดน้ำให้เป็นลำพุ่ง (Hydraulic Jet) วิธีนี้สามารถเพิ่มระดับความปั่นป่วนของน้ำได้ โดยการติดตั้งแผงกั้นลงไปด้วย ดังรูปที่ 2-5 (ข)

การกวนน้ำแบบชลศาสตร์มีข้อดี คือ สามารถติดตั้งในเส้นทางน้ำที่ไหลเข้าสู่ระบบ ปรับปรุงคุณภาพน้ำได้โดยตรง ไม่ต้องใช้เครื่องกลใดๆ ค่าดำเนินการ และบำรุงรักษาต่ำ ข้อพึงพิจารณา คือ ประสิทธิภาพในการกวนน้ำอาจไม่สูงนัก มีความยืดหยุ่นต่ำ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหล และต้องกำหนดจุดเติมสารเคมีที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด



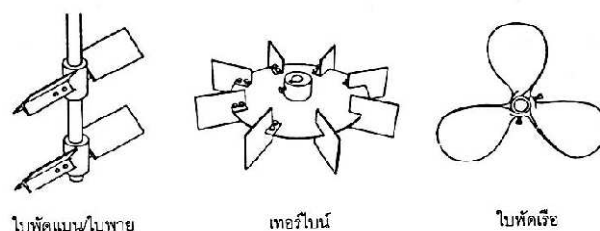
รูปที่ 2-5 วิธีการกวนเร็วแบบชลศาสตร์ด้วยน้ำกระโดดโดยใช้

(ก) การไหลผ่าน Parshall Flume (ข) การไหลผ่านฝาย

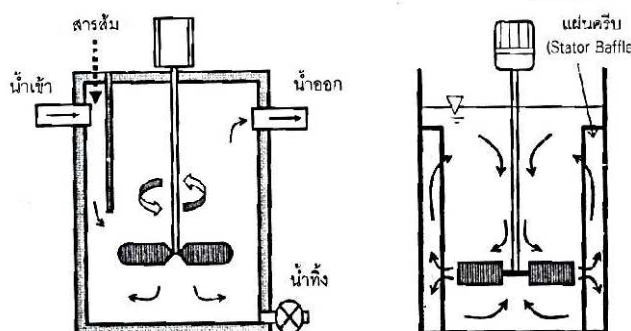
2.2.1.2 ถังกวนเร็วแบบเครื่องกล (Mechanical Rapid Mixer)

การกวนเร็วโดยใช้ใบพัดจะทำให้เกิดการผสม และความปั่นป่วนในน้ำ พร้อมทั้งทำให้เกิดการไหล ใบพัดที่นิยมใช้ ได้แก่ ใบพัดแบน หรือใบพาย (Paddles) ใบพัดแบบเทอร์ไบน์ (Turbines) ใบพัดเรือ

(Propellers) ดังแสดงในรูป ลักษณะทั่วไปของถังกวนเร็วแสดงในรูปประกอบด้วย ทางน้ำเข้า จุดเติมสารเคมี แผงกั้นเพื่อกันการไหลลัดทาง ใบพัดและมอเตอร์ต้นกำลัง ทางน้ำออก และจุดระบายน้ำทิ้งออกจากกันถึง ข้อแนะนำในการออกแบบถังกวนเร็วแบบใช้ใบพัด คือ การใช้ถังเหลี่ยมจัตุรัสจะดีกว่าถังกลม การติดตั้งแผ่นครีป (Stator Baffle) ภายในถังจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกวนน้ำได้ ใบพัดแบน หรือใบพายจะให้ผลดีกว่าใบพัดแบบอื่น และการเติมสารเคมีบริเวณใบพัดจะให้ผลดีที่สุดในการกระจายสารเคมีอย่างรวดเร็วและทั่วถึง



รูปที่ 2-6 รูปแบบของใบพัดที่ใช้ในถังกวนเร็ว



รูปที่ 2-7 ลักษณะทั่วไปของถังกวนเร็วแบบเครื่องกล และการติดตั้งใบพัดในถัง

ถังกวนเร็วแบบเครื่องกลมีข้อดี คือ มีประสิทธิภาพสูง ถังมีขนาดเล็ก ค่าก่อสร้างต่ำ มีค่าเฮดสูญเสีย (Headloss) ต่ำ มีความยืดหยุ่นในการใช้งานสูง เหมาะกับกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำมาก อย่างไรก็ตาม ควรพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาค่าพลังงานไฟฟ้า และอาจมีปัญหากลไกการไหลลัดทางของน้ำได้

2.2.1.3 กวนเร็วในเส้นท่อ (In Line Static Mixer)

เครื่องกวนเร็วในเส้นท่อ เป็นเครื่องกวนที่มีลักษณะพิเศษ คือ ไม่ต้องการพลังงานจากภายนอกในการกวนน้ำเลย เนื่องจากไม่มีชิ้นส่วนใดของอุปกรณ์ที่เคลื่อนไหว เป็นเพียงการใส่แผ่นครีปเข้าไปในเส้นท่อเพื่อให้ น้ำที่ไหลผ่านเกิดการปั่นป่วน และผสมน้ำกับสารเคมีเข้าด้วยกัน ตัวอย่างของเครื่องกวนชนิดนี้ ได้แก่ แบบที่เป็นครีปเกลียวภายในท่อ (รูปที่ 2-8) และแบบ Wafer Type ข้อดีของเครื่องกวนแบบนี้คือ ขนาดกะทัดรัด ใช้พื้นที่น้อยมาก ติดตั้งได้สะดวกโดยใช้หน้าแปลน และมีประสิทธิภาพในการกวนน้ำสูง



รูปที่ 2-8 เครื่องกวนเร็วในเส้นท่อแบบครีบกวนภายในท่อ

2.2.1.4 เครื่องกวนเร็วแบบ Mixer Cone

เครื่องกวนเร็วแบบนี้มีลักษณะพิเศษคือ ไม่ต้องการพลังงานจากภายนอกในการกวนผสม เนื่องจากการติดตั้งแผ่นกรวย (Mixer Cone) อยู่เหนือช่องเปิด น้ำดิบจะไหลจากด้านล่างผ่านช่องเปิดขึ้นมาด้านบน กระแทกกับแผ่นกรวย ทำให้เกิดการปั่นป่วน ผสมน้ำกับสารเคมีเข้าด้วยกัน ซึ่งแผ่นกรวยนี้สามารถปรับระดับขึ้น – ลง เพื่อปรับระยะห่างระหว่างช่องเปิด และแผ่นกรวยได้ ซึ่งมักจะติดตั้งอยู่ภายในบ่อผสมเร็วและแบ่งน้ำ



รูปที่ 2-9 Mixer Cone

การควบคุมระบบผลิตจำเป็นต้องมีการทดลองเพื่อหาปริมาณการใช้สารเคมีที่เหมาะสมซึ่งเรียกว่าการทำ จาร์เทสต์ (Jar Test) สำหรับระบบผลิตแต่ละแห่งจะมีความแตกต่างกันทั้งรูปแบบ และค่าที่ใช้ในการออกแบบ ระบบการกวนเร็วบางแห่งจะใช้เป็นเครื่องกล หรือเครื่องกวนเร็วในเส้นท่อ หรือแบบ Mixer Cone ซึ่งจะทำให้มี ผลต่อการทดลองทำจาร์เทสต์ วิธีหาคำนวณหาความเร็วรอบของเครื่องจาร์เทสต์ที่ได้จากการไปวัดค่าต่างๆ จาก ระบบผลิตจริงดังแสดงในภาคผนวก ค

2.2.2 การกวนช้า หรือการรวมตะกอน (Flocculation)

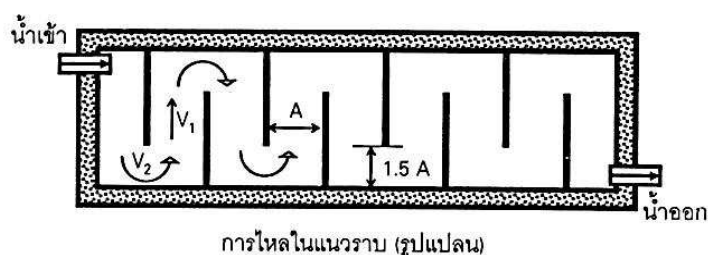
การรวมตะกอนเป็นการทำให้อนุภาคคอลลอยด์ที่ถูกทำลายเสถียรภาพแล้ว มีโอกาสสัมผัสกันมากขึ้น และเกิดการรวมตัวเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อให้ตะกอนมีน้ำหนักมากพอที่จะตกตะกอนออกจากรุ่นน้ำด้วย แรงโน้มถ่วงของโลก กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นในถังกวนช้า (Slow Mixing Tank) การออกแบบต้องให้เกิดการกวน น้ำอย่างนุ่มนวล และนานพอ โดยควบคุมความเร็วน้ำให้พอเหมาะ ไม่ต่ำเกินไปจนเกิดการตกตะกอนภายในถังกวนช้า และไม่เร็วเกินไป จะทำให้ตะกอนแตกออกจากกัน

2.2.2.1 ถังกวนช้าแบบใช้แผงกั้น (Baffle Channel Flocculator)

การกวนน้ำช้าๆ อย่างนุ่มนวลเพื่อให้เม็ดตะกอนสัมผัสกับคอลลอยด์ และอนุภาคของสารปนเปื้อนในน้ำ สามารถทำได้โดยการบังคับให้น้ำไหลกวน และคดเคี้ยวไปมาด้วยแผงกั้นน้ำ (Baffle) การกวนน้ำเกิดขึ้นเมื่อน้ำถูกบังคับให้ไหลกลับทิศทางอ้อมผ่านปลายแผงกั้น และไหลไปตามช่องทางการไหลที่กำหนด ถังกวนช้าแบบใช้แผงกั้น แบ่งเป็น 2 ลักษณะตามทิศทางการไหล คือ การไหลในทิศทางตามแนวนราบ (Horizontal Flow Baffled Channel Flocculator) และการไหลในแนวตั้ง (Vertical Flow Baffled Channel Flocculator) ดังรูปที่ 2-10, 2-11, 2-12 และ 2-13

ถังกวนช้าแบบใช้แผงกั้นที่ใช้งานกันทั่วไป จะเป็นแบบที่มีทิศทางการไหลในแนวนราบมากกว่าแบบที่มีทิศทางการไหลในแนวตั้ง เนื่องจากมีความสะดวกในการดูแลรักษา สามารถทำความสะอาดได้ง่าย และสามารถปรับเปลี่ยนการทำงานด้วยการเพิ่ม หรือลดแผงกั้นน้ำในถังได้ง่าย ส่วนถังกวนช้าแบบใช้แผงกั้นที่มีทิศทางการไหลในแนวตั้ง มีข้อดี คือ ต้องการพื้นที่ใช้งานน้อยกว่า เนื่องจากสามารถออกแบบให้ถังมีความลึกได้มากกว่า โดยอาจมีความลึกได้ถึง 3 เมตร อย่างไรก็ตาม ควรคำนึงถึงความยากง่ายในการทำความสะดวกถึงในภายหลังด้วย

ข้อดีของถังกวนช้าแบบใช้แผงกั้น คือ การไหลของน้ำจะเป็นการไหลในทิศทางเดียว จึงไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการไหลลัดทาง (Short Circuit Flow) การใช้งานง่าย ค่าดูแลรักษาต่ำ แต่ข้อจำกัดของถังแบบนี้ คือ มีความยืดหยุ่นในการใช้งานน้อย โดยเฉพาะหากมีการใช้อัตราการไหลที่เปลี่ยนไปจากที่ออกแบบไว้ นอกจากนั้น ถังกวนช้าแบบใช้แผงกั้น ยังเหมาะที่จะใช้กับระบบประปาที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ เช่นมีกำลังการผลิตมากกว่า 10,000 ลบ.ม./วัน จึงจะทำให้เกิดค่าเฮดสูญเสีย (Headloss) ในการไหลสูงเพียงพอสำหรับการกวนช้า โดยไม่ต้องออกแบบให้แผงกั้นแต่ละแผ่นอยู่ใกล้กันมากเกินไป เพื่อไม่ให้มีความยุ่งยากในการดูแลรักษา และทำความสะอาดภายในถัง



รูปที่ 2-10 ถังกวนช้าแบบใช้แผงกั้น (แบบไหลในแนวนราบ)

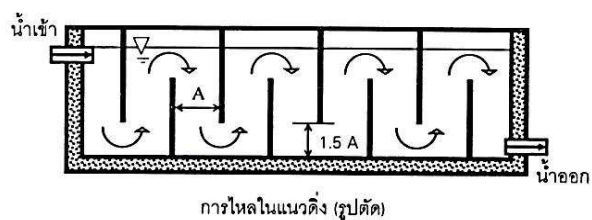


(ก)



(ข)

รูปที่ 2-11 ถังกวนช้าแบบแผงกั้นไหลในแนวนราบ



รูปที่ 2-12 ถังกวนช้าแบบใช้แผงกั้น (แบบไหลในแนวดิ่ง)



รูปที่ 2-13 ถังกวนช้าแบบแผงกั้นไหลในแนวดิ่ง

2.2.2.2 ถังกวนช้าแบบเครื่องกล (Mechanical Flocculator)

ถังกวนช้าแบบเครื่องกล จะเป็นการใช้ใบพัดในการกวนน้ำ ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับที่ใช้ในถังกวนเร็ว คือ แบบใบพาย หรือใบพัดแบน แบบเทอร์ไบน์ และแบบใบพัดเรือ

ใบพัดแบบใบพายจะติดตั้งในทิศทางตามการไหล หรือขวางการไหลก็ได้ และติดตั้งในแนวนอนหรือในแนวตั้งก็ได้เช่นกัน ใบพัดชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบอื่นๆ ใบพัดแบบเทอร์ไบน์มีประสิทธิภาพในการกวนต่ำกว่าแบบอื่น แต่มีข้อดีคือติดตั้งได้ง่าย ใบพัดแบบใบพัดเรือจะให้ค่า G ที่สม่ำเสมอทั่วถังมากที่สุด และไม่มีข้อจำกัดในเรื่องความเร็วรอบ ใบพัดแบบนี้จะใช้ในถังกวนเร็วกว่าในถังกวนช้า

2.2.2.3 ถังกวนช้าแบบใช้เส้นท่อแนวดิ่ง

น้ำดิบจะไหลเข้ารางซึ่งติดตั้งท่อกระจายน้ำวางเรียงไปตามความยาวของรางน้ำดิบ เมื่อไหลผ่านท่อกระจายน้ำด้วยความเร็วที่พอเหมาะ จะเกิดการกวนผสมขึ้น เมื่อไหลลงด้านล่างถึงจะม้วนตัว และไหลลงข้ามฝาย (weir) กั้นน้ำ เข้าสู่ถังตกตะกอนต่อไป



รูปที่ 2-14 ถังกวนช้าชนิดท่อแนวดิ่ง

วิธีการคำนวณหาความเร็วรอบของเครื่องจาร์เทสที่ได้จากการไปวัดค่าต่างๆ จากระบบผลิตจริงของการกวนช้าแบบต่างๆ ดังแสดงในภาคผนวก ค

2.2.3 ถังตกตะกอน (Sedimentation)

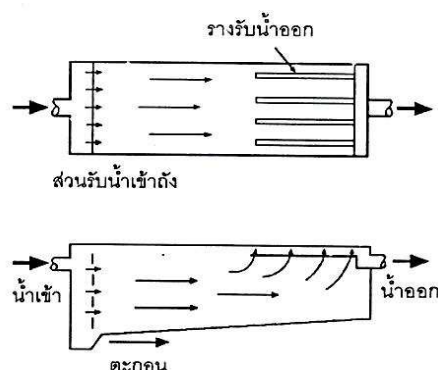
การตกตะกอนเป็นการแยกตะกอนที่มีขนาดใหญ่ และมีน้ำหนักมากพอที่จะตกตะกอนได้เองตามแรงโน้มถ่วงของโลกให้แยกออกจากน้ำ ทำให้ได้น้ำใส และตะกอนเหลวแยกจากกัน

2.2.3.1 ถังตกตะกอนแบบ Presedimentation

เป็นกระบวนการเตรียมน้ำก่อนเข้าสู่ระบบผลิตกรณีคุณภาพน้ำดิบไม่ได้มาตรฐาน มักเป็นบ่อดินขนาดใหญ่ ซึ่งมีเวลากักน้ำนานมาก หรือถังคอนกรีต มีหน้าที่ขังน้ำดิบที่มีความขุ่นสูงให้อยู่นิ่งเพื่อให้ตะกอนขนาดใหญ่ที่มีน้ำหนักจมลงก้นบ่อทั้งนี้เพื่อลดภาระของกระบวนการโคแอกกูเลชันและการตกตะกอนที่ตามมา สำหรับกระบวนการผลิตน้ำประปาแบบ Conventional เหมาะสมสำหรับน้ำดิบที่มีความขุ่นไม่เกิน 5,000 NTU แต่จะมีประสิทธิภาพดีความขุ่นน้ำดิบไม่ควรเกิน 1,000 NTU หากน้ำดิบความขุ่นสูงเกินควรมีถังตกตะกอนแบบนี้ช่วยก่อนเข้าการกวนเร็ว

2.2.3.2 ถังตกตะกอนแบบถังสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ถังตกตะกอนสี่เหลี่ยมผืนผ้า (รูปที่ 2-15) ใช้กับระบบผลิตน้ำแบบ Conventional มีลักษณะยาว และแคบ น้ำจะไหลเข้าที่ปลายด้านหนึ่งของถัง และไหลตามความยาวของถัง ส่วนรับน้ำเข้าถังอาจจะมีผนัง หรือ กำแพงกระจายน้ำ (Diffusion Wall) เพื่อช่วยลดความเร็วในการไหล และกระจายน้ำให้ไหลเข้าถังอย่างทั่วถึงตลอดหน้าตัดของถัง น้ำไหลในแนวราบไปตามความยาวของถัง ตรงไปยังรางรับน้ำที่อยู่อีกด้านหนึ่งของถัง ซึ่งควบคุมระดับน้ำ และอัตราการระบายน้ำออกจากถังด้วยฝายรูปตัววี หรือช่องเปิดที่ติดตั้งตามความยาวรางรับน้ำ ด้วยความเร็วในการไหลที่เหมาะสม เม็ดตะกอนจะเคลื่อนที่ไปตามทิศทางการไหลของน้ำ และเคลื่อนที่ลงในแนวตั้งตามแรงโน้มถ่วงของโลก และตกลงสู่ก้นถังในที่สุด จะมีเฉพาะน้ำใสที่ไหลออกไปยังรางรับน้ำ ความยาวรวมของรางรับน้ำอาจจะต้องมากพอที่จะทำให้ น้ำไหลออกมาจากถังด้วยความเร็วตามที่กำหนดไว้ อาจมีการติดตั้งกลไกสำหรับกวาดตะกอนบริเวณก้นถังเพื่อระบายทิ้งด้วย

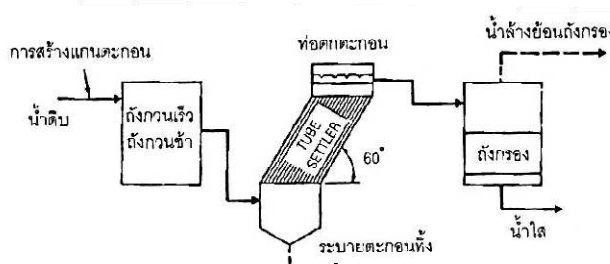


รูปที่ 2-15 รูปแปลน และรูปตัดของถังตกตะกอนแบบถังสี่เหลี่ยมผืนผ้า

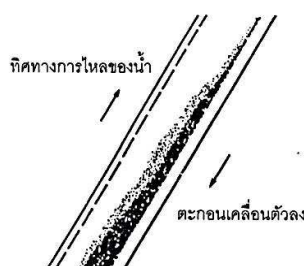
การเพิ่มประสิทธิภาพของถังตกตะกอนโดยใช้ Tube Settler หรือ Plate Settler

เนื่องจากการตกตะกอนของอนุภาคขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวหน้า หรืออัตราน้ำล้นผิวเท่านั้น และไม่ขึ้นอยู่กับความลึก หรือเวลาในการเก็บกักของถังตกตะกอน การใช้ท่อ หรือแผ่นตกตะกอนใส่เข้าไปในถังตกตะกอนโดยไม่เปลี่ยนแปลงความลึกของถัง จะทำให้อนุภาคที่มีความเร็วในการตกตะกอนต่ำกว่าอัตราน้ำล้นผิว ถูกกำจัดได้เพิ่มมากขึ้น เพราะไม่จำเป็นต้องตกตะกอนถึงพื้นถังที่แท้จริง การกระทำเช่นนี้ไม่ได้เป็นการลดความลึกของถังตกตะกอน แต่เป็นการลดความลึกของการตกตะกอนของอนุภาค

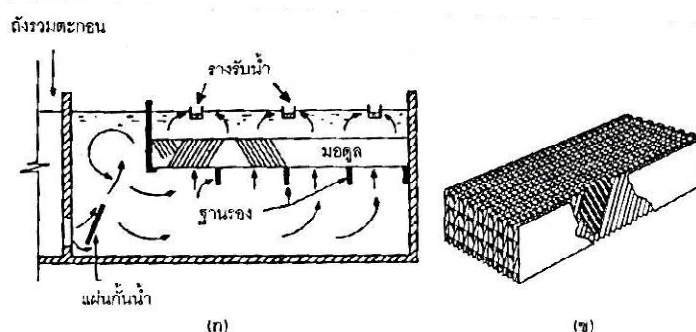
การสอดแผ่นหรือท่อขนาดเล็กๆ จำนวนมากเข้าไปในถังตกตะกอน และบังคับให้น้ำไหลผ่านในท่อเหล่านั้นเพื่อลดความลึกในการตกตะกอนของอนุภาค จะช่วยให้ถังตกตะกอนมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ความจริงแล้วก็คือ ถังตกตะกอนธรรมดาที่มีการใส่แผ่นหรือท่อตกตะกอนลงไป เรียกว่าถังตกตะกอนแบบท่อโดยถังตกตะกอนแบบท่อเอียงมาก (45 – 60 องศา) จะช่วยให้ตะกอนไม่เกาะติดกับที่ น้ำหนักของตะกอนช่วยให้ตะกอนสามารถไหลลงตามท่อได้เอง (รูปที่ 2-16) การวางท่อตะกอนเอียงมากๆ จะทำให้น้ำที่ไหลจากล่างขึ้นบน มีทิศทางสวนกับการเคลื่อนที่ของตะกอน ลักษณะเช่นนี้ช่วยให้การตกตะกอนได้ผลดียิ่งขึ้น เนื่องจากความขุ่นในน้ำจะถูกจับอยู่ในกระแสน้ำของตะกอนเข้มข้นที่เคลื่อนที่ลงตามท่อ การเคลื่อนตัวได้เองของตะกอนจึงไม่จำเป็นต้องทำความสะอาดท่อเพื่อล้างตะกอน เพราะไม่มีการสะสมของตะกอนภายในท่อ ทำให้สามารถใช้ถังตกตะกอนแบบท่อเอียงมากกับระบบประปาขนาดกลาง และขนาดใหญ่



รูปที่ 2-16 ถังตกตะกอนแบบท่อ



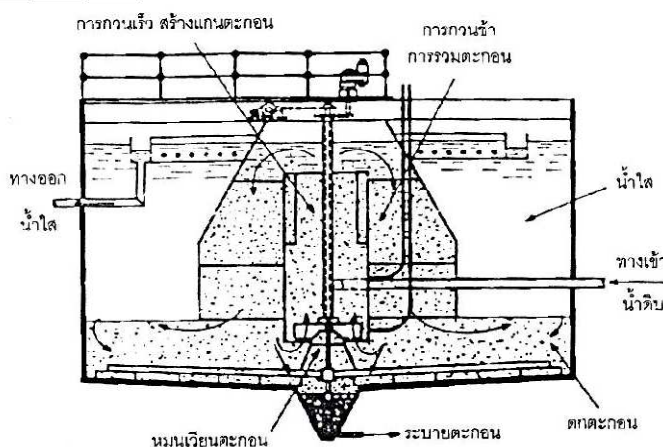
รูปที่ 2-17 การไหลของน้ำ และตะกอนในท่อตกตะกอน



รูปที่ 2-18 ถังตกตะกอนแบบท้อ
(ก) ตำแหน่งที่ติดตั้งท่อตกตะกอน(ข) ท่อตกตะกอนแบบมอดูล

2.2.3.3 ถังตกตะกอนแบบสัมผัส (Solid Contact Clarifier)

ถังตกตะกอนแบบสัมผัส เป็นถังตกตะกอนที่รวมเอากระบวนการสร้างแกนตะกอน การรวมตะกอน และการตกตะกอน เข้ามารวมอยู่ในถังเดียวกัน (รูปที่ 2-19) น้ำที่ไหลออกจากถังตกตะกอนแบบสัมผัสจะถูกส่งต่อโดยตรงไปยังถังกรอง เพื่อกำจัดอนุภาคความขุ่นที่ยังหลงเหลือออกจากน้ำต่อไป ถังตกตะกอนแบบสัมผัสจะใช้งานได้ดีกับอัตราการไหลที่ค่อนข้างคงที่ และคุณภาพของน้ำดิบไม่เปลี่ยนแปลงมาก ส่วนใหญ่ถังตกตะกอนชนิดนี้จะเป็นถังสำเร็จรูปที่มีผู้ออกแบบ และผลิตจำหน่าย ซึ่งได้ทำการทดสอบจนใช้งานได้ และถูกออกแบบให้มีขนาด และรูปร่างกะทัดรัด ถังตกตะกอนแบบสัมผัสแบ่งเป็น 2 แบบคือ แบบหมุนเวียนตะกอน (Sludge Recirculation) และแบบมีชั้นตะกอน (Sludge Blanket)



รูปที่ 2-19 ถังตกตะกอนแบบสัมผัสชนิดหมุนเวียนตะกอน

ถังตกตะกอนแบบสัมผัสแบบหมุนเวียนตะกอน จะมีลักษณะสำคัญ คือ มีการหมุนเวียนตะกอนในถังถึงตกตะกอนมาบางส่วนที่เป็นถึงกวนเร็วเพื่อช่วยเร่งอัตราเร็วในการสร้างแกนตะกอน การกวนน้ำอาจใช้ใบพัด หรือวิธีทางกลศาสตร์ก็ได้ ส่วนถังตกตะกอนแบบสัมผัสแบบมีชั้นตะกอนจะไม่มีการหมุนเวียนตะกอน แต่ต้องรักษาให้มีชั้น

ตะกอนอยู่ในถังตลอดเวลา โดยไม่ฟุ้งกระจายขึ้นมา หรือไม่อัดตัวแน่นอยู่ที่ก้นถัง ทั้งนี้ น้ำที่ผสมกับสารเคมี และเกิดการสร้างแกนตะกอนแล้ว จะถูกบังคับให้ไหลผ่านชั้นตะกอน เพื่อให้เกิดการรวมตะกอนขึ้นภายในชั้นตะกอนที่ก้นถัง จะมีเฉพาะน้ำใสเท่านั้นที่ไหลกลับขึ้นมา และไหลออกไปจากถัง การควบคุมชั้นตะกอนทำได้โดยการระบายตะกอนในถัง หรือการหมุนเวียนตะกอน

ถังตกตะกอนแบบนี้นิยมใช้ในกระบวนการกำจัดความกระด้างด้วยปูนขาว – โซดาแอช (Lime – Soda Softening) เนื่องจากมีปริมาณตะกอนเกิดขึ้นมาก ข้อดีของถังตกตะกอนแบบสัมผัส คือ มีขนาดกะทัดรัด การควบคุมดูแลรักษาเสียค่าใช้จ่ายต่ำ เพราะไม่ต้องมีการกวนช้าด้วยใบพัด และสามารถใช้อัตราเวลาน้ำล้นผิวได้สูงกว่าถังแบบธรรมดา ข้อดีที่สำคัญอีกประการหนึ่งของถังตกตะกอนแบบสัมผัส คือ ไม่เกิดปัญหาการไหลลัดทาง เนื่องจากการไหลของน้ำถูกบังคับทิศทางอย่างแน่นนอน และมีการหมุนเวียนน้ำตะกอนภายในถังตลอดเวลา จึงไม่เกิดปัญหาจากความแตกต่างของความหนาแน่นของน้ำ

การเลือกชนิดของถังตกตะกอน จะต้องพิจารณาถึงคุณลักษณะของน้ำดิบ และความเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำ หรือการใช้น้ำ จะทำให้ได้ถังตกตะกอนที่มีความเหมาะสมในการใช้งาน และมีค่าใช้จ่ายต่ำ เช่น น้ำที่มีความเป็นด่างต่ำ และมีความขุ่นน้อย มักจะเกิดตะกอนความขุ่นที่มีน้ำหนักเบา และตกตะกอนได้ช้า ความเร็วในการตกตะกอนจะสูงขึ้นเมื่อตะกอนมีอายุมากขึ้น หรืออยู่ในถังนานขึ้น ดังนั้น การเลือกใช้ถังตกตะกอนสำหรับน้ำที่มีคุณสมบัติดังกล่าว ควรใช้ถังตกตะกอนแบบสัมผัส เนื่องจากตะกอนที่อยู่ในถังจะถูกหมุนเวียนกลับมาช่วยในการสร้างแกนตะกอน และสมานตะกอน จะทำให้ได้ตะกอนที่มีคุณสมบัติในการตกตะกอนได้ดี ส่วนน้ำที่มีความขุ่นมาก มักจะทำให้เกิดตะกอนที่สามารถตกตะกอนได้ง่าย อนุภาคดินเหนียวที่เป็นความขุ่นอยู่ในน้ำจะเกิดการรวมตะกอนได้ดี และมีน้ำหนักมาก จึงสามารถเลือกใช้ถังตกตะกอนได้หลายแบบ หากเลือกใช้ถังตกตะกอนแบบสไลล์เยมหรือแบบท่อตกตะกอน จะใช้งานได้ง่าย เนื่องจากถังแบบนี้จะรับการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลได้ดี และการหยุดหรือเริ่มระบบไม่ยุ่งยาก

การจัดตะกอนในถังตกตะกอน

ตะกอนขนาดใหญ่ที่เคลื่อนที่ลงในแนวดิ่งตามแรงโน้มถ่วงของโลกจะตกลงสะสมอยู่ที่บริเวณก้นถัง จึงจำเป็นต้องมีการระบายออกจากถัง เพื่อให้ชั้นของตะกอนไม่สะสมหนาจนเกินไป และสามารถเปิดโอกาสให้รับตะกอนที่ตกแล้วได้มากขึ้น โดยอาศัย หลุมตะกอน (Sludge Hopper) หรือ เครื่องกวาดตะกอน (Mechanical scrapper) ในการรวบรวม และระบายตะกอนออกจากถัง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) หลุมตะกอน (Sludge Hopper)

โครงสร้างของถังบริเวณก้นถังจะเป็นหลุมเพื่อรับตะกอนที่ตกลงสู่ก้นถังและระบายตะกอนออกโดยใช้ประตูน้ำ

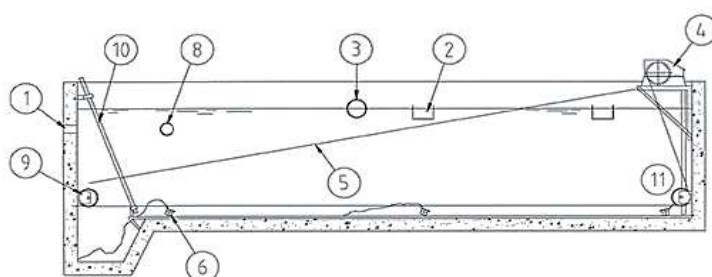


รูปที่ 2-20 หลุมตะกอนบริเวณกันฝั่งตักตะกอน

2) เครื่องกวาดตะกอน (Mechanical scrapper) ที่มีอยู่ในปัจจุบันมีหลายชนิด ได้แก่

- เครื่องกวาดตะกอนแบบ Sling

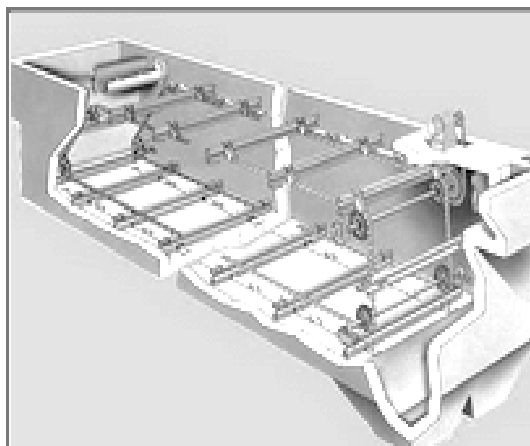
เครื่องกวาดตะกอนแบบ Sling มีการออกแบบให้มีมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง หมุนกว้านสลิงเคลื่อนที่ไปมาผ่านลูกรอกไปตลอดความยาวของฝั่งตักตะกอน และจะมีใบกวาดตะกอนติดอยู่กับสลิงที่ด้านล่างของฝั่งตักตะกอน ใบกวาดจะทำหน้าที่กวาดตะกอนให้เคลื่อนที่ไปยังบ่อรับตะกอน และระบายออกจากฝั่งตักตะกอนโดยการเปิดวาล์วระบายตะกอน



รูปที่ 2-21 เครื่องกวาดตะกอนแบบ Sling

- เครื่องกวาดตะกอนแบบ Chain & Flight

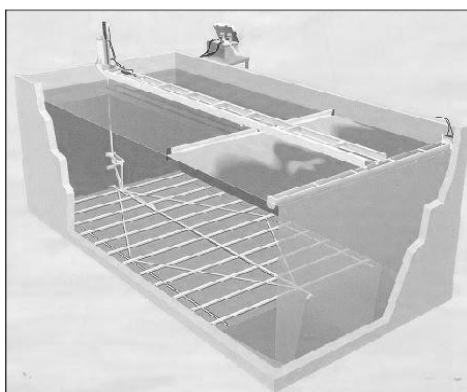
เครื่องกวาดตะกอนแบบ Chain & Flight มีการออกแบบให้มีมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง ขับเคลื่อนโซ่ซึ่งเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องผ่านลูกรอกไปตลอดความยาวของฝั่งตักตะกอน ทั้งด้านบนและด้านล่าง และจะมีใบกวาดตะกอนติดอยู่เป็นระยะตลอดความยาวโซ่ ใบกวาดจะทำหน้าที่กวาดตะกอนให้เคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องไปยังบ่อรับตะกอน และระบายออกจากฝั่งตักตะกอนโดยการเปิดวาล์วระบายตะกอน



รูปที่ 2-22 เครื่องกวาดตะกอนแบบ Chain & Flight

- เครื่องกวาดตะกอนแบบ Hydraulic Scraper

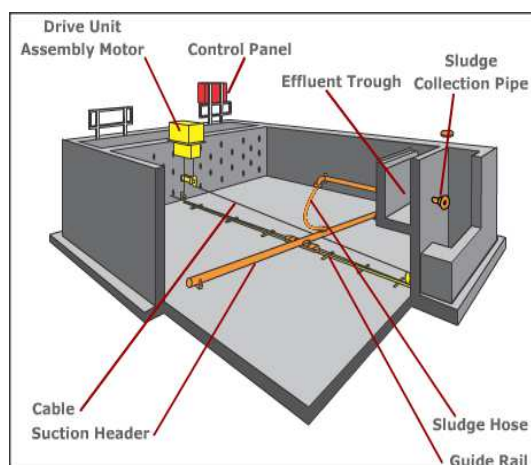
เป็นเครื่องกวาดตะกอนที่มีการออกแบบให้ Hydraulic เป็นต้นกำลัง มีคันชักให้ใบกวาดตะกอนเคลื่อนที่แบบไป และกระดกกลับอย่างต่อเนื่อง โดยใบกวาดตะกอนถูกออกแบบวางเป็นระยะตลอดถึงตักตะกอน โดยจะพาตะกอนให้เคลื่อนที่ต่อไปเรื่อยๆ จนไปลงบ่อรับตะกอน และระบายออกจากถังตักตะกอนโดยการเปิดวาล์วระบายตะกอน



รูปที่ 2-23 เครื่องกวาดตะกอนแบบ Hydraulic Scraper

- เครื่องกวาดตะกอนแบบ Syphon

เครื่องกวาดตะกอนไซฟอนเคลื่อนที่ได้ น้ำ มีการออกแบบให้มีมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง โดยจะหมุนกว้านสายสลิง ซึ่งจะใช้ในการดึงให้ท่อดูดตะกอน ซึ่งวิ่งอยู่ในราง ให้เคลื่อนที่ไปและกลับตามความยาวถึงตักตะกอน ตัวท่อดูดตะกอนจะมีรูเป็นระยะเพื่อให้ตะกอนเข้า และไหลไปตามท่ออ่อนเพื่อดูดตะกอนออกในลักษณะของกาลักน้ำ โดยมีวาล์วระบายตะกอนในการควบคุมการระบายตะกอนออก



รูปที่ 2-24 เครื่องกวาดตะกอนแบบ Syphon

2.2.4 การกรอง (Filtration)

การกรองเป็นการแยกสารปนเปื้อนขนาดเล็กที่แขวนลอยอยู่ในน้ำออกจากน้ำ โดยการให้น้ำไหลผ่านไปตามช่องว่างของตัวกลางพรุน เช่น ทราย หรือ ถ่าน แบ่งเป็นประเภทของเครื่องกรองน้ำ

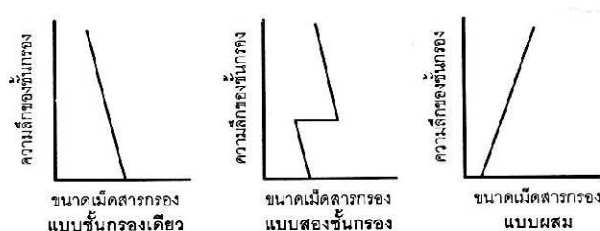
2.2.4.1 ถังกรองทรายแบบกรองช้า (Slow Sand Filter)

ระบบทรายกรองช้า เป็นการกรองน้ำที่ใช้อัตราการกรองต่ำ (0.13 – 0.42 ลบ.ม./ชั่วโมง/ตารางเมตร) โดยมีอัตราการกรองน้ำต่ำกว่าถังกรองเร็วประมาณ 20 – 50 เท่า จึงใช้พื้นที่มากในการก่อสร้างถึง ขนาดของเม็ดทรายกรองที่ใช้จะเล็กกว่าทรายสำหรับการกรองเร็ว หากน้ำดิบมีความขุ่นต่ำ สามารถนำมากรองได้โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการรวมตะกอนใช้สารเคมีในการกำจัดความขุ่นมาก่อน สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเลือกใช้ระบบทรายกรองช้า คือ ใช้น้ำดิบที่มีการปนเปื้อนในระดับต่ำถึงปานกลาง มีความขุ่นต่ำ ปกติควรต่ำกว่า 10 NTU แต่ไม่ควรเกิน 50 NTU เหมาะสำหรับพื้นที่ห่างไกลในชนบท ซึ่งหาสารเคมีได้ยาก ขาดผู้ควบคุมดูแลระบบที่มีทักษะ และความชำนาญในการเดินระบบถังกรองเร็ว และมีแรงงานจำนวนมาก ปัจจุบัน กปภ.ไม่ใช้ถังกรองทรายแบบนี้แล้ว

2.2.4.2 ถังกรองทรายแบบกรองเร็ว (Rapid Sand Filter)

ระบบทรายกรองเร็วมีลักษณะสำคัญ คือ สามารถกรองน้ำได้ในอัตราที่สูง (5 -7.5 ลบ.ม./ชั่วโมง/ตารางเมตร) จึงใช้พื้นที่ในการก่อสร้างถึงน้อย เพื่อไม่ให้ถังกรองอุดตันเร็วเกินไป น้ำที่จะเข้าสู่ถังกรองเร็วจะต้องผ่านกระบวนการขึ้นต้นมาก่อน ได้แก่ การสร้างแกนตะกอน การรวมตะกอน และการตกตะกอน (ยกเว้นระบบการกรองโดยตรง) ความขุ่นของน้ำที่เข้าสู่ถังกรองเร็วควรต่ำกว่า 10 NTU ขนาดของเม็ดทรายกรองจะโตกว่าทรายสำหรับการกรองช้า เพื่อให้กลไกการกรองน้ำเกิดขึ้นลึกลงไปชั้นกรองน้ำ นอกจากนั้น ด้วยอัตราการกรองที่สูง การอุดตันของชั้นกรองจะเกิดขึ้นเร็วกว่าระบบถังกรองช้า จึงต้องมีการทำความสะอาดถังกรองบ่อย ซึ่งทำได้โดยการปล่อยให้น้ำไหลย้อนกลับทิศทางเพื่อล้างตะกอนความขุ่นออกจากถัง

ระบบทรายกรองเร็วจะใช้ทราย (ค่าความถ่วงจำเพาะ 2.65) ขนาดประมาณ 0.45 – 0.65 มิลลิเมตร แต่ทั่วไปที่ กปภ. เลือกใช้คือขนาด 0.62 – 0.68 มิลลิเมตร ความหนาของชั้นทรายประมาณ 0.6 – 0.75 เมตร ดังที่กล่าวข้างต้น ปัญหาของชั้นกรองเดียวที่เกิดขึ้น คือ หลังจากการล้างย้อนชั้นทรายจะเกิดการเรียงตัวกัน โดยทรายเม็ดเล็กจะอยู่ชั้นบนสุด ทรายเม็ดใหญ่จะอยู่ข้างล่าง (รูปที่ 2-25) หากอนุภาคความขุ่นขนาดเล็กสามารถผ่านทรายกรองชั้นบนแล้ว โอกาสที่จะถูกกำจัดโดยชั้นกรองที่อยู่ถัดลงมาจะเป็นไปได้ยาก เพราะช่องว่างระหว่างเม็ดทรายมีขนาดใหญ่ขึ้นตามความลึกของชั้นกรอง นอกจากนั้น การที่ทรายกรองเม็ดเล็กอยู่ชั้นบนสุด จะทำให้ตะกอนความขุ่นถูกดักไว้เฉพาะที่ผิวชั้นบนของทรายกรองเท่านั้นทำให้เกิดการอุดตันเร็ว และต้องล้างหน้าทรายบ่อย ในขณะที่ความหนาของชั้นทรายกรองที่อยู่ลึกลงไปยังสะอาดอยู่ ซึ่งเป็นการสิ้นเปลือง



รูปที่ 2-25 การกระจายขนาดของเม็ดทรายกรองแบบต่างๆ ตามความลึกของชั้นกรอง

2.2.4.3 เครื่องกรองน้ำแบบหลายชั้นกรอง

สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ แบบสองชั้นกรอง (Dual Media) และแบบสามชั้นกรอง หรือแบบผสม (Mixed Media)

แบบสองชั้นกรอง (Dual Media) เพื่อเป็นการแก้ปัญหาการอุดตันเร็วของการใช้ชั้นกรองทรายขนาดเดียว จึงได้นำสารกรองที่มีขนาดเม็ดโตกว่า แต่มีน้ำหนักเบากว่ามาใช้ร่วมกัน ซึ่งจะแก้ปัญหการเรียงตัวของชั้นกรองหลังจากการล้างย้อนได้ เนื่องจากมีความแตกต่างของค่าความถ่วงจำเพาะของสารกรอง ทรายกรองที่มีขนาดเม็ดเล็กกว่า แต่มีน้ำหนักมากกว่าจะตกลงมาเรียงตัวอยู่ชั้นล่างเสมอ วิธีนี้จะทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากชั้นกรองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเม็ดตะกอนขนาดใหญ่จะถูกดักไว้ก่อน ส่วนเม็ดตะกอนความขุ่นที่มีขนาดเล็กที่ผ่านลงมาได้จะถูกกรองไว้ในชั้นทรายที่อยู่ลึกลงไป สารกรองที่นิยมใช้คือ ชั้นบนเป็นถ่านหินแอนทราไซต์ มีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.45 – 1.55 ขนาดประสิทธิภาพ 1.0 – 1.6 มิลลิเมตร (ขนาดเม็ดเฉลี่ย 1.0 มิลลิเมตร) ความหนาที่ใช้ประมาณ 0.4 – 0.75 เมตร ชั้นล่างใช้ทรายกรองมีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.65 ขนาดประสิทธิภาพ 0.45 – 0.8 มิลลิเมตร (ขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.5 มิลลิเมตร) ความหนาที่ใช้ประมาณ 0.15 – 0.30 เมตร ข้อดีของการใช้การกรองแบบสองชั้นกรอง คือ สามารถใช้อัตราการกรองที่สูงขึ้นได้ เดินระบบกรองได้นานขึ้น ลดค่าใช้จ่ายในการล้างถึง และสามารถปรับใช้กับถังกรองเดิมได้ง่าย

แบบสามชั้นกรอง เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการกรองอาจเลือกใช้วัสดุกรอง 3 ชนิด หรือมากกว่า โดยชั้นล่างสุดจะเป็นวัสดุเม็ดละเอียด แต่มีความถ่วงจำเพาะสูง เช่น ทรายกาเนต ความถ่วงจำเพาะ 3.8 ขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.3 มิลลิเมตร (ความหนาที่ใช้ประมาณ 0.10 เมตร) ชั้นกลางจะเป็นทราย ความถ่วงจำเพาะ 2.65 ขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.5 มิลลิเมตร ส่วนชั้นบนสุดจะเป็นวัสดุเม็ดหยาบ แต่มีความถ่วงจำเพาะต่ำ เช่น ถ่านแอนทราไซต์

ความถ่วงจำเพาะ 1.5 ขนาดเม็ดเฉลี่ย 1.0 มิลลิเมตร ในการใช้งานวัสดุกรองทั้งสามชนิดจะเกิดการผสม และเรียงตัวใหม่ ทำให้ช่องว่างระหว่างอนุภาคของสารกรองมีขนาดใหญ่สุดที่ผิวบน และค่อยๆ เล็กลงจนถึงชั้นล่างสุด ในถังกรองควรมีชั้นทรายกั้นด้วย เพื่อป้องกันการหลุดลอดของทรายกรองลงมาชั้นกรวด ชั้นกรองแบบผสมมีประสิทธิภาพสูง สามารถใช้อัตราการกรองที่สูงกว่าการใช้ชั้นกรองเดียวถึง 4 เท่า สามารถรับความขุ่นของน้ำที่เพิ่มขึ้นอย่างกะทันหันได้ และสามารถปรับใช้กับถังกรองเดิมได้ง่าย โดยไม่ต้องปรับโครงสร้างถัง

ตารางที่ 2-2 Types of Medium and Applications

Filter Medium	Type of Filter	Medium Design Criteria
Fine sand	Slow sand filter 0.13 – 0.42 m/h (filtration rate)	Effective size: 0.25 – 0.35mm. Uniformity coefficient : 2 – 3 Depth : 1.0 – 1.2 m S.G. > 2.63
Medium sand	Rapid sand filters 5 – 7.5 m/h (filtration rate)	Effective size: 0.45 – 0.65mm. Uniformity coefficient : 1.4 – 1.7 Depth : 0.6 – 0.75 m S.G. > 2.63
Multimedia coal sand dual or coal sand garnet trimedia	High rate filters 10 - 25 m/h (filtration rate)	Sand: Effective size: 0.45 – 0.65 mm Uniformity coefficient: 1.4 – 1.7 Depth: 0.3 m Anthracite coal: Effective size: 0.9 – 1.4 mm Uniformity coefficient: 1.4 – 1.7 Depth: 0.45 m S.G > 1.5 - 1.6 Garnet: Effective size: 0.25 – 0.3 mm Uniformity coefficient: 1.2 – 1.5 Depth: 0.0075 m S.G > 4.0 – 4.1
Coarse sand	High – rate filters 10 – 30 m/h (filtration rate)	Effective size: 0.8 – 2.0 mm. Uniformity coefficient : 1.4 – 2.0 Depth : 0.8 – 2.0 m S.G. > 2.63

2.3 ระบบสูบน้ำแรงสูง

ประกอบไปด้วยอาคารโรงสูบน้ำแรงสูงแบบต่างๆ ภายในติดตั้งเครื่องสูบน้ำแรงสูง ซึ่งจะสูบน้ำจากถังน้ำใส เพื่อส่งขึ้นหอถังสูง หรือสูบน้ำจ่ายน้ำโดยตรง การเลือกชนิดของเครื่องสูบน้ำต้องสัมพันธ์กับการเลือกอาคารโรงสูบน้ำ

2.3.1 โรงสูบน้ำแต่ละประเภท

2.3.1.1 แบบตั้งบนพื้น

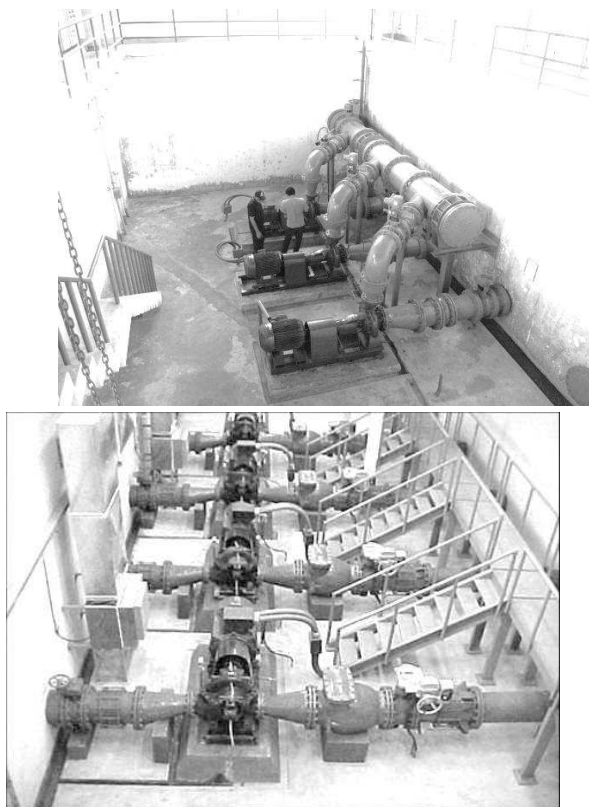
อาคารสูบน้ำตั้งบนพื้นดิน โดยมีการติดตั้งเครื่องสูบน้ำชนิดหอยโข่ง (End Suction Centrifugal Pump) หรือ Split case Centrifugal Pump ภายในอาคารและยื่นท่อดูดไปในถังน้ำใส การติดตั้งเครื่องสูบน้ำแบบนี้มีข้อจำกัดคือระดับน้ำต่ำสุดที่สูบน้ำถึงศูนย์กลางเครื่องสูบน้ำ (Suction Head) ต้องไม่เกิน 6 เมตร แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับ ชนิดและขนาดของเครื่องสูบน้ำ



รูปที่ 2-26 โรงสูบน้ำแบบตั้งบนพื้น

2.3.1.2 แบบบ่อแห้ง

พื้นอาคารสูบน้ำจะลดระดับต่ำกว่าพื้นดิน ติดตั้งด้วยเครื่องสูบน้ำชนิด หอยโข่ง (End Suction Centrifugal Pump) หรือ Split case Centrifugal Pump และยื่นท่อดูดเข้าไปในถังน้ำใสเพื่อลดข้อจำกัดระดับน้ำต่ำสุดที่สูบน้ำถึงศูนย์กลางเครื่องสูบน้ำ (Suction Head)



รูปที่ 2-27 โรงสูบน้ำแบบบ่อแห้ง

2.3.1.3 แบบบ่อเปียก

ระดับพื้นอาคารบ่อสูบน้ำจะต่ำกว่าระดับน้ำต่ำสุด แต่ทั้งนี้จะต่ำกว่าเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของ เครื่องสูบน้ำชนิด แบบจุ่ม (Submersible Pump) หรือ Vertical Turbine Pump

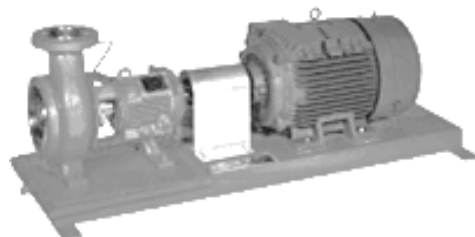


รูปที่ 2-28 โรงสูบน้ำแบบบ่อเปียก

2.3.2 ประเภทของเครื่องสูบน้ำ

2.3.2.1 แบบหมุนเหวี่ยงดูดทางเดียวหรือหอยโข่ง (End Suction Centrifugal Pump)

ใช้ในงานประปา โรงสูบน้ำแรงต่ำ โรงสูบน้ำแรงสูง นิยมใช้ในงานส่งน้ำในปริมาณน้อยถึงปานกลางแรงดันน้ำไม่สูงมากแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แนวนอน และแนวตั้ง (ประหยัดเนื้อที่กว่าแนวนอน)



แบบนอน



แบบตั้ง

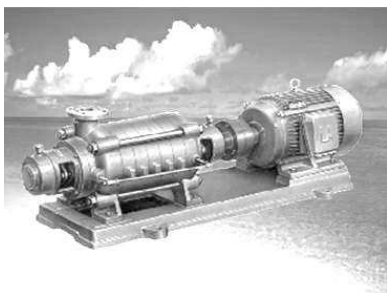
รูปที่ 2-29 เครื่องสูบน้ำแบบหมุนเหวี่ยงดูดทางเดียวหรือหอยโข่ง (End Suction Centrifugal Pump)

ตารางที่ 2-3 คุณสมบัติของเครื่องสูบน้ำแบบหมุนเหวี่ยงดูดทางเดียว หรือ หอยโข่ง (End Suction Centrifugal Pump)

ข้อดี	ข้อเสีย	ขอบเขตการทำงาน
1. โครงสร้าง ง่ายต่อการใช้งานและการบำรุงรักษา 2. ใช้งานได้อย่างกว้างขวางในช่วงอัตราการสูบน้ำและแรงดันน้ำต่างๆ 3. ราคาถูกกว่าปั๊มชนิดอื่นเมื่อใช้งานในช่วงอัตราการสูบน้ำและแรงดันน้ำเท่ากัน 4. ใช้พื้นที่การติดตั้งน้อย	1. กรณีใบพัดสึกหรอทำให้เกิดการไม่สมดุลขณะปั๊มทำงาน 2. มีขีดจำกัดระยะดูดยก	ใช้สูบน้ำที่มีอัตราสูบประมาณ 100 - 700 ลบ.ม./ชม. แรงสูบส่งไม่เกิน 70 ม.

2.3.2.2 แบบหมุนเหวี่ยงหลายใบพัด (Multi - Stage Centrifugal Pump)

ใช้ในงานประปา โรงสูบน้ำแรงต่ำ โรงสูบน้ำแรงสูง ที่ต้องการค่า Head สูงมากแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แนวนอน และแนวตั้ง (ประหยัดเนื้อที่กว่าแนวนอน)



แบบตั้ง



แบบนอน

รูปที่ 2-30 เครื่องสูบน้ำแบบหมุนเหวี่ยงหลายใบพัด (Multi - Stage Centrifugal Pump)

ตารางที่ 2-4 คุณสมบัติของเครื่องสูบน้ำแบบหมุนเหวี่ยงหลายใบพัด (Multi-Stage Suction Centrifugal Pump)

ข้อดี	ข้อเสีย	ขอบเขตการทำงาน
1. โครงสร้าง ง่ายต่อการใช้งานและการบำรุงรักษา 2. ใช้งานได้อย่างกว้างขวางในช่วงอัตราการสูบน้ำและแรงดันน้ำต่างๆ 3. มี Bearing รองรับที่ปลายของเพลาทั้ง 2 ข้าง	1. ใช้พื้นที่การติดตั้งมาก 2. มีขีดจำกัดระยะดูดยก 3. ราคาแพงกว่าปั๊มหอยโข่ง เมื่อใช้งานในช่วงอัตราการสูบน้ำและแรงดันน้ำเท่ากัน	ใช้สูบน้ำที่มีแรงสูบส่งสูงมากกว่าปกติ

2.3.2.3 แบบหมุนเหวี่ยงแบบ Split Case (Split Case Centrifugal Pump)

ใช้ในงานประปา โรงสูบน้ำแรงต่ำ โรงสูบน้ำแรงสูง และนิยมใช้ติดตั้งบนแพสูบน้ำ เหมาะสำหรับการใช้น้ำในปริมาณน้อยจนถึงการใช้น้ำปริมาณมาก ทำแรงดันได้สูง และมีโครงสร้างของตัวเครื่องสูบน้ำแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แนวนอน และแนวตั้ง (ประหยัดเนื้อที่กว่าแนวนอน)



แบบนอน



แบบตั้ง

รูปที่ 2-31 เครื่องสูบน้ำแบบหมุนเหวี่ยงแบบ Split Case (Split Case Centrifugal Pump)

ตารางที่ 2-5 คุณสมบัติของเครื่องสูบน้ำแบบหมุนเหวี่ยงแบบ (Split case Centrifugal Pump)

ข้อดี	ข้อเสีย	ขอบเขตการทำงาน
1. โครงสร้าง ง่ายต่อการใช้งานและ การบำรุงรักษา 2. ใช้งานได้อย่างกว้างขวางในช่วงอัตรา การสูบน้ำและแรงดันน้ำต่างๆ 3. มี Bearing รองรับเพลลาของใบพัดทั้ง 2 ข้างทำให้ใบพัดมีความสมดุลย์มาก ขณะที่ปั๊มทำงาน	1. ใช้พื้นที่การติดตั้งมาก 2. มีขีดจำกัดระยะดูดยก 3. ราคาแพงกว่าปั๊มหอยโข่ง เมื่อใช้ งานในช่วงอัตราการสูบน้ำและ แรงดันน้ำเท่ากัน	ใช้สูบน้ำที่มีอัตราสูบตั้งแต่ 800 ลบ.ม./ชม.ขึ้นไปแรงสูบ ส่งไม่เกิน 140 ม.

2.3.2.4 แบบเทอร์ไบน์ (Vertical Turbine Pump)

ใช้ในงานประปา งานสูบและส่งน้ำ โรงสูบน้ำแรงต่ำ โรงสูบน้ำแรงสูง เหมาะสำหรับโรงสูบน้ำที่มีระดับโรง
สูงกว่าระดับถังน้ำ (ด้านดูด) และใช้กับงานสูบน้ำดิบที่เป็นแบบทางลาดน้อย



รูปที่ 2-32 เครื่องสูบน้ำแบบเทอร์ไบน์ (Vertical Turbine Pump)

ตารางที่ 2-6 คุณสมบัติของเครื่องสูบน้ำแบบเทอร์ไบน์ (Vertical turbine Pump)

ข้อดี	ข้อเสีย	ขอบเขตการทำงาน
1. ไม่มีปัญหาระยะดูดยก 2. ใช้งานได้อย่างกว้างขวางในช่วงอัตรา การสูบน้ำและแรงดันน้ำต่างๆ 3. ใช้พื้นที่การติดตั้งน้อย	1. การบำรุงรักษายุ่งยาก 2. ราคาแพงกว่าปั๊มหอยโข่ง เมื่อใช้ งานในช่วงอัตราการสูบน้ำและ แรงดันน้ำเท่ากัน	ใช้ในกรณีที่ระดับของโรงสูบน้ำสูงกว่าระดับถังน้ำ(ด้านดูด) มากกว่าปกติ

2.3.2.5 แบบจุ่ม (Submersible Pump)

ใช้ในงานประปา โรงสูบน้ำแรงต่ำ โรงสูบน้ำแรงสูง และสูบน้ำบาดาล เหมาะสำหรับการใช้งานที่มีอัตราการสูบน้ำสูง แต่ระยะยกน้ำต่ำ เป็นเครื่องสูบน้ำที่ติดตั้งมอเตอร์กับเครื่องสูบน้ำอยู่ด้วยกันและติดตั้งอยู่ใต้น้ำ



รูปที่ 2-33 เครื่องสูบน้ำแบบจุ่ม (Submersible Pump)

ตารางที่ 2-7 คุณสมบัติของเครื่องสูบน้ำแบบจุ่ม (Submersible Pump)

ข้อดี	ข้อเสีย	ขอบเขตการทำงาน
1. ไม่มีปัญหาระยะดูดยก 2. ใช้งานได้อย่างกว้างขวางในช่วงอัตรา การสูบน้ำและแรงดันน้ำต่างๆ 3. ใช้พื้นที่การติดตั้งน้อย 4. ประหยัดงานโครงสร้าง	1. การบำรุงรักษายุ่งยาก 2. ราคาแพงกว่าปั๊มลอยโข่ง เมื่อใช้ งานในช่วงอัตราการสูบน้ำและ แรงดันน้ำเท่ากัน	ใช้ในกรณีที่โรงสูบน้ำมีปัญหา เรื่องน้ำท่วมเพราะสามารถสูบ ได้ตลอดเวลา

2.4 ถังน้ำใส

ทำหน้าที่เก็บสำรองน้ำในช่วงที่มีอัตราการใช้น้ำน้อยกว่าอัตราการผลิตน้ำประปา เพื่อจ่ายน้ำในช่วงที่มีอัตราการใช้น้ำมากกว่าอัตราการผลิต โดยปกติถังน้ำใสจะออกแบบให้น้ำที่ผลิตได้ประมาณ 6 - 8 ชั่วโมง

2.5 หอถังสูง

ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันน้ำในระบบจ่ายน้ำประปา ความสูงของหอถังสูงต้องสูงเพียงพอที่จะทำให้แรงดันน้ำปลายท่อจ่ายน้ำประปาที่อยู่ไกลสุด มีความดันไม่น้อยกว่า 1 บาร์

2.6 การกำจัดตะกอน (Sludge Disposal)

กระบวนการกำจัดตะกอนที่เกิดจากระบบผลิตน้ำประปามีอยู่ด้วยกันหลายวิธี แต่หลักการคือ ต้องนำน้ำออกจากตะกอนให้ได้มากที่สุด ด้วยวิธีที่มีประสิทธิภาพที่สุด มีกระบวนการที่เหมาะสมที่สุด ก่อนที่จะนำตะกอนที่เหลือให้น้อยที่สุดไปทิ้งออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก ต่อไปนี้เป็นขั้นตอนการกำจัดตะกอนที่มาจากระบบผลิตน้ำประปา โดยเริ่มตั้งแต่แหล่งที่เกิดตะกอน จนถึงนำของแข็งตะกอนแห้งไปทิ้ง โดยมีทางเลือกหลายรูปแบบดังแสดงในรูป 2-34 ซึ่งแต่ละวิธีจะทำให้ได้ค่าความเข้มข้นของตะกอนที่แตกต่างกันแสดงไว้ในตาราง 2-8 เพื่อให้เห็นภาพจะขอเปรียบเทียบว่า ถ้ามีของแข็งตะกอนเท่ากับ 35% และ 15% จะมีลักษณะคล้ายกับขนมม้วน และยาสีฟันตามลำดับ

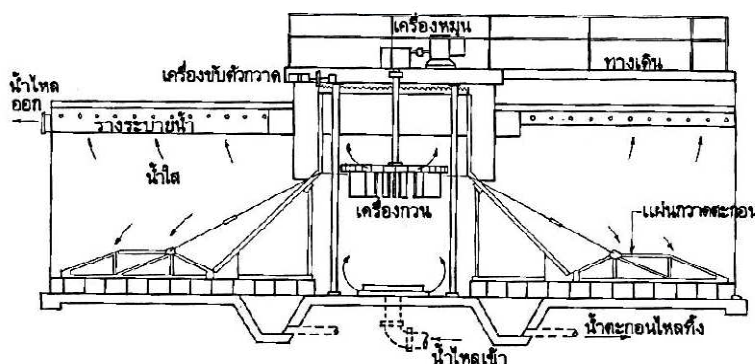
สำหรับวิธีที่นิยมใช้กันในโรงผลิตน้ำประปา จะได้อธิบายในรายละเอียดของแต่ละวิธี ได้แก่ การทำให้ตะกอนเข้มข้น (Thickening) สระพักตะกอน (Lagoons) ลานตากตะกอน (Sand drying Beds) การหมุนเหวี่ยง (Centrifuging) การกรองแบบสุญญากาศ (Vacuum filtration) การรีดกรองด้วยสายพาน (Belt Filter Press) การอัดกรองด้วยแผ่น (Plate Filter Press) การทิ้งกากตะกอน (Ultimate Disposal)

ตารางที่ 2-8 ความเข้มข้นของตะกอนที่จะได้รับจากแต่ละวิธี

ระบบกำจัดตะกอน	ตะกอนจากปูนขาว (Lime Sludge) %	ตะกอนจากสารสร้างตะกอน (Coagulation Sludge) %
ระบบทำให้ตะกอนเข้มข้น	15 – 30	3 – 4
ระบบหมุนเหวี่ยง		
- แบบ Basket	-	10 – 15
- แบบ Scroll	55 – 65	10 – 20
ระบบรีดกรองด้วยสายพาน	-	10 – 15
ระบบกรองแบบสุญญากาศ	45 – 65	-
ระบบอัดกรองด้วยแผ่น	55 – 70	30 -45
ระบบลานทรายตากแดด	50	20 -25
ระบบบ่อดักแดด	50 – 60	7 - 15

2.6.1 การทำให้ตะกอนเข้มข้น (Sludge Thickening)

วิธีนี้จะทำให้ตะกอนมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นในระดับหนึ่ง แต่อาจยังไม่ได้ขนาดความเข้มข้นที่พอใจ วิธีนี้อาศัยการตกตะกอนด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก เพื่อได้ตะกอนเข้มข้นขึ้นที่บริเวณส่วนล่างของถังนี้ และจะได้น้ำที่มีของแข็งตะกอนน้อยอยู่บริเวณส่วนบนของถัง ในการออกแบบจะพิจารณาค่า SLR (Solids Loading Rate) ที่มีหน่วยเป็น กก.ของแข็ง/(ตร.ม.-วัน) โดยสำหรับตะกอนที่เกิดจากปูนขาวจะใช้ค่า SLR ตั้งแต่ 100 – 200 กก./(ตร.ม.-วัน) และสำหรับตะกอนที่เกิดจากสารสร้างตะกอน (Coagulant) จะใช้ค่า SLR ตั้งแต่ 15 – 25 กก./(ตร.ม.-วัน) ดังนั้นสามารถนำค่า SLR ดังกล่าวมาทำการคำนวณออกแบบขนาดของถังนี้ได้ ซึ่งจะมีวิธีคล้ายกับการออกแบบถังตะกอนวงกลมทั่วไป ดังรูปที่ 2-35



รูปที่ 2-35 ถังทำให้ตะกอนเข้มข้นแบบ Gravity Thickener

2.6.2 สระพักตะกอน (Lagoons)

สระพักตะกอน มีลักษณะเป็นบ่อดินที่ขุดขึ้นมา อาจมีการลาดคอนกรีตรูปขอบข้างบ่อ บ่อนี้ทำหน้าที่เป็นบ่อเก็บตะกอน โดยทั่วไปเมื่อบ่อเต็มก็ควรทำการสูบน้ำส่วนบนออกให้เหลือแต่เพียงตะกอนเปียกที่ตกตะกอนลงก้นบ่อ จากนั้นก็ปล่อยให้ น้ำในตะกอนเปียกกระเหยออกตามธรรมชาติ ซึ่งอาจใช้เวลาเป็นปีๆ ในการออกแบบขนาดของสระพักตะกอนมีเกณฑ์ออกแบบดังนี้

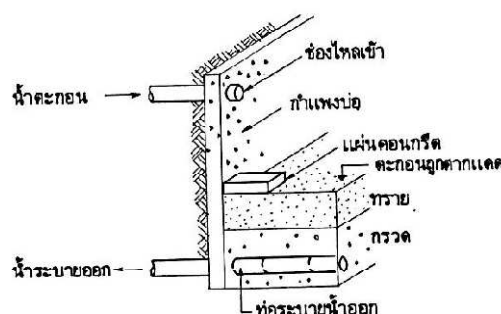
- พื้นที่ผิวของสระพักตะกอนที่นิยมใช้กันมีเท่ากับ 2,000 – 60,000 ตร.ม.
- ความลึกเท่ากับ 2 – 10 ม.
- น้ำตะกอนที่ไหลเข้าสู่สระพักตะกอนไม่ควรไปทำให้เกิดการปั่นป่วนในสระ
- การนำน้ำใสส่วนบนออกจากสระพักตะกอนควรออกแบบทางน้ำออกที่สามารถปรับขึ้น – ลงตามระดับของน้ำใสได้

โดยทั่วไป กปภ. มักใช้สระพักตะกอนเป็นบ่อดินขุดความลึกโดยประมาณ 3.0 เมตร ความลาดเอียงของผนังบ่อ 1 : 2 มีลักษณะแคบและยาวและมีจำนวนอย่างน้อย 2 สระ เพื่อให้สะดวกในการขุดลอกและสามารถปิด 1 สระขณะขุดลอกได้

2.6.3 ลานตากตะกอน (Sand Drying Beds)

ลานตากตะกอนมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2-36 มีชั้นทราย ชั้นกรวด หรือชั้นหิน มีแผ่นคอนกรีต รับการกระทำของตะกอนที่ไหลชะลงบนผิวชั้นทราย และมีระบบระบายน้ำไหลออกที่ส่วนล่างของลานทราย หลักการทำงาน คือ น้ำจะระเหยออกจากตะกอน และน้ำอีกส่วนจะไหลลงสู่ส่วนล่างของลานทราย เพื่อระบาย ออกจากระบบต่อไป ต่อไปนี้เป็นเกณฑ์ออกแบบลานตากตะกอน

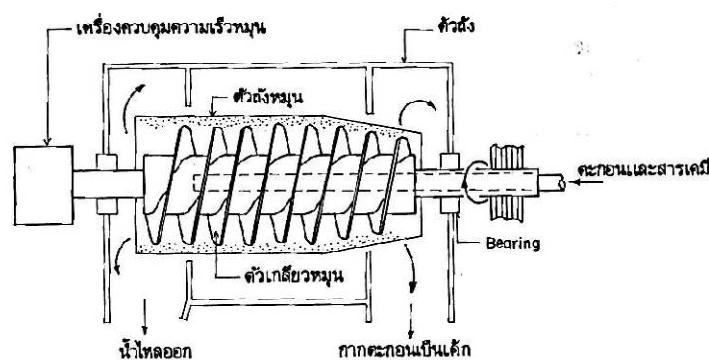
- ค่า SLR จะมีประมาณ 100 กก.ของแข็ง/(ตร.ม.-ปี) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับภูมิอากาศ และมีการติดตั้งหลังคาโปร่งแสงกันฝน หรือไม่
- มีรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 4 – 20 ม. X ยาว 15 – 50 ม.
- มีชั้นทรายหนา 100 – 230 มม. วางอยู่บนชั้นกรวด หรือหินหนา 200 – 460 มม.
- ท่อระบายส่วนล่างของลานตากควรมีขนาดไม่เล็กกว่า 4” ติดตั้งห่างกันประมาณ 2 – 6 ม. มีความลาดของท่ออย่างต่ำ 1%



รูปที่ 2-36 ลานตากตะกอน (Sand Drying Beds)

2.6.4 การหมุนเหวี่ยง (Centrifuging)

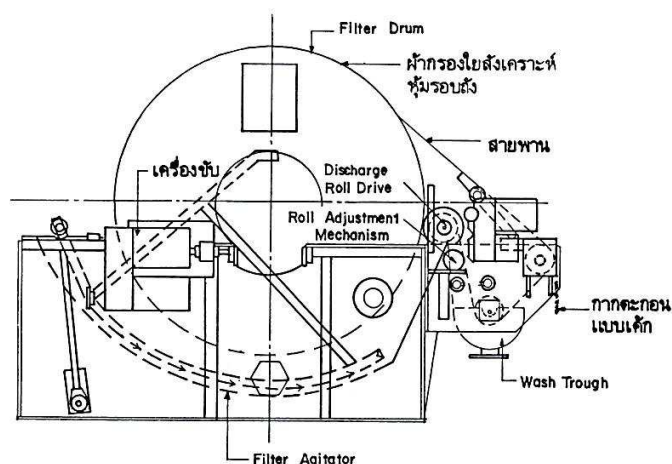
ระบบนี้ได้แสดงในรูปที่ 2-37 ซึ่งเป็นภาพของ Solid Bowl Centrifuge ระบบนี้อาศัยการหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็วหมุนตั้งแต่ 800 – 2,000 รอบต่อนาที อาจต้องเติม Polymers ลงไปช่วยทำให้การนำน้ำออกจากตะกอนได้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น สำหรับรายละเอียดของการออกแบบควรปรึกษากับผู้ผลิต หรือผู้แทนจำหน่ายเครื่อง โดยมากจะทำด้วยเหล็กกันสนิม เช่น พวกรูป Stainless Steel



รูปที่ 2-37 เครื่อง Solid Bowl Centrifuge

2.6.5 การกรองแบบสุญญากาศ (Vacuum Filtration)

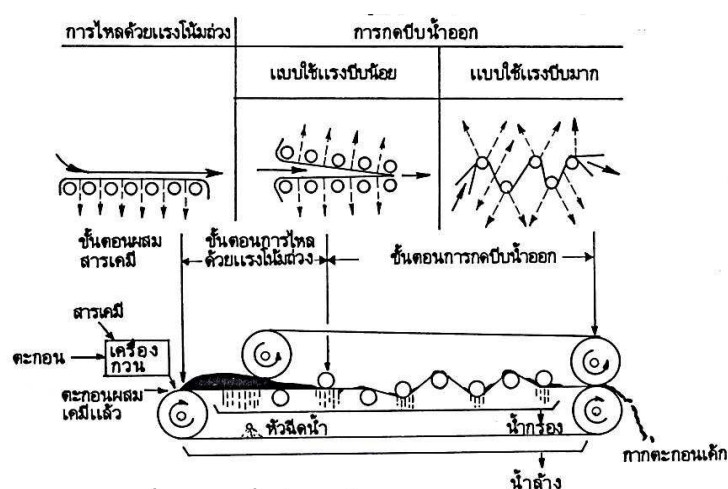
ระบบนี้มีรูปลักษณะดังรูปที่ 2-38 ประกอบด้วยถังทรงกระบอกขนาดใหญ่ ซึ่งมีผ้ากรองใยสังเคราะห์หุ้มอยู่รอบถัง ถังนี้จะหมุนด้วยความเร็วต่ำมีระบบสุญญากาศอยู่ภายในถัง เพื่อกำจัดน้ำออกจากตะกอนที่เกาะบนผิวผ้ากรอง



รูปที่ 2-38 เครื่องกรองแบบสุญญากาศ (Vacuum Filter)

2.6.6 การรีดด้วยสายพาน (Belt Filter Press)

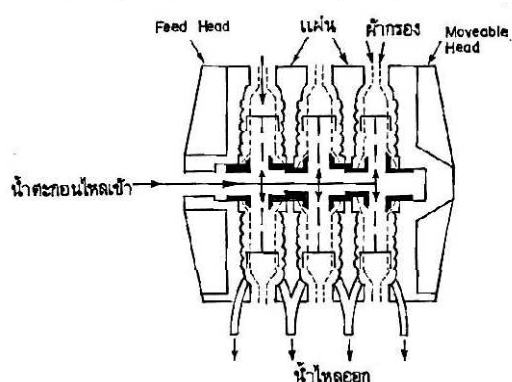
ระบบนี้มีรูปลักษณะดังรูปที่ 2-39 ประกอบด้วยลูกกลิ้งหลายลูกที่มีแผ่นผ้ากรองเคลื่อนที่ ซึ่งแผ่นผ้ากรองจะทำหน้าที่รีดกรองตะกอน นำน้ำออก ระบบนี้จำเป็นต้องใช้สาร Polymers เติมลงไป เพื่อช่วยทำให้การนำน้ำออกจากตะกอนได้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จากนั้นทำการปล่อยให้น้ำไหลออกจากตะกอนด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ตามด้วยการรีดตะกอนให้น้ำไหลออกด้วยระบบลูกกลิ้ง สำหรับรายละเอียดของการออกแบบควรปรึกษากับผู้ผลิต หรือผู้แทนจำหน่ายเครื่อง



รูปที่ 2-39 เครื่องรีดกรองด้วยสายพาน (Belt Filter Press)

2.6.7 การอัดกรองด้วยแผ่น (Plate Filter Press)

ระบบนี้มีลักษณะดังรูปที่ 2-40 ประกอบด้วยแผ่นที่มีผ้ากรอง เพื่อทำหน้าที่อัดตะกอนให้น้ำไหลผ่านแผ่นผ้ากรองลงสู่ภาชนะรองรับน้ำข้างล่าง เช่นเดียวกัน คือ ต้องเติมสาร Polymers ลงไปช่วยการนำน้ำออกจากตะกอนได้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น การใส่ตะกอนเข้าไปในระบบอาจใช้เวลาประมาณ 20 – 30 นาที จนกระทั่งตะกอนบรรจุเต็มในระบบ ระบบนี้ต้องอาศัยแรงดันสูงในการกรองด้วย ซึ่งอาจมีประมาณ 700 – 1,700 kPa โดยอาจใช้เวลาในการกรอง ประมาณ 1 – 4 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ตะกอนที่ถูกอัดแห้งได้ผลดีที่สุด ระบบนี้จะมีประสิทธิภาพในการนำน้ำออกจากตะกอนได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับระบบอื่นๆ ที่ใช้เครื่องจักรกล ระบบนี้จะทำความสะอาดด้วยการฉีดน้ำที่มีแรงดันสูง และบางช่วงอาจใช้กรดช่วยในการล้างด้วย



รูปที่ 2-40 เครื่องอัดกรองด้วยแผ่น (Plate Filter Press)

2.6.8 การทิ้งกากตะกอน (Ultimate Disposal)

การทิ้งตะกอนที่มาจากสถานีผลิตน้ำประปา โดยหลังจากผ่านกระบวนการกำจัดน้ำออกจากตะกอนได้บางส่วนแล้วด้วยวิธีต่างๆ ข้างต้น จากนั้นจะนำตะกอนที่มีลักษณะคล้ายขมวุ้น หรืออาจคล้ายยาสีฟัน ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำในตะกอนที่หลงเหลืออยู่ไปทิ้งด้วยวิธีการต่างๆ ได้แก่ นำตะกอนไปถมที่ หรือนำตะกอนไปทิ้งที่พื้นดินทั่วไป (Land Spreading) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด

ตารางที่ 2-9 เปรียบเทียบข้อดี – ข้อเสียของการกำจัดตะกอนโดยเครื่องจักรแบบต่างๆ

อุปกรณ์	ข้อดี	ข้อเสีย
Centrifuge	- ใช้พื้นที่น้อย - สามารถปรับความสามารถในการรองรับตะกอนได้ทุกสภาวะ - เป็นระบบปิดไม่มีปัญหาเรื่องกลิ่น และไม่เลอะเทอะ - สามารถทำงานได้ในกรณีไม่เต็ม - โพลีเมอร์แต่ปกติควรจะเติม - ให้ความเข้มข้นตะกอนออกสูง	- ราคาแพงมาก และกินไฟมาก - บำรุงรักษายาก - เหมาะกับการทำงานอย่างต่อเนื่องมากกว่าทำงานเป็นพักๆ - ต้องการการดูแลอย่างใกล้ชิด
Belt Filter Press Belt Filter Press(ต่อ)	- ใช้พื้นที่น้อย - สามารถปรับความสามารถในการรองรับตะกอนได้ทุกสภาวะ - ราคาถูก - กินไฟน้อย - Solid capture สูง แต่ต้องการโพลีเมอร์เพียงเล็กน้อย - ให้ความเข้มข้นตะกอนสูง	- เป็นระบบเปิดที่ค่อนข้างเลอะเทอะ ต้องการทำความสะอาดเป็นประจำ - ต้องใช้โพลีเมอร์ตลอดเวลา - ต้องการการดูแลอย่างใกล้ชิด - อาจมีปัญหาเรื่องกลิ่น - อาจทำให้โครงสร้างของอาคารผุกร่อนได้เนื่องจากทำให้เกิดความชื้นสูง
Plate Filter Press	- ใช้พื้นที่น้อย - ประสิทธิภาพดี สามารถปรับความสามารถในการรองรับตะกอนได้ทุกสภาวะ - ให้ความเข้มข้นตะกอนสูง - Solid capture สูง แต่ต้องการโพลีเมอร์เพียงเล็กน้อย	- ราคาแพง กินไฟมาก - ต้องใช้โพลีเมอร์ตลอดเวลา - ต้องการการดูแลอย่างใกล้ชิด

ตารางที่ 2-10 เปรียบเทียบข้อดี – ข้อเสีย ของการกำจัดตะกอนแบบต่างๆ

รายละเอียด	Lagoons	Sand Drying Bed	Filter Press	Belt Filter Press	Centrifuge
ลักษณะตะกอน	ความชื้นสูง	ความชื้นปานกลาง	ความชื้นต่ำ	ความชื้นต่ำ	ความชื้นต่ำ
การควบคุมระบบ	ง่าย	ง่าย	ปานกลาง	ปานกลาง	ยาก
พื้นที่ที่ใช้	สูง	สูง	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
ความสามารถในการแยกน้ำออกจากตะกอน	ต่ำ	ต่ำ	สูง	สูง	สูง
การใช้งาน	ต่อเนื่อง	ไม่ต่อเนื่อง	ไม่ต่อเนื่อง	ต่อเนื่อง	ต่อเนื่อง
ค่าใช้จ่าย	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง	สูง

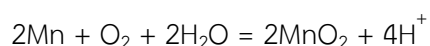
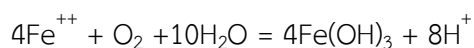
2.7 การปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบพิเศษ

2.7.1 การเติมอากาศ

กระบวนการที่ทำให้น้ำสัมผัสกับอากาศเพื่อกำจัดสิ่งเจือปนที่ไม่พึงประสงค์ออกจากน้ำดิบ มีวัตถุประสงค์สำคัญ 3 ลักษณะ

1) กำจัดเหล็ก และแมงกานีส

โดยเพิ่มออกซิเจนให้กับน้ำดิบ ปกติเหล็กและแมงกานีสจะปรากฏในรูปสารละลายในน้ำบาดาลที่ขาดออกซิเจน เมื่อน้ำดิบได้รับออกซิเจนจากการเติมอากาศ สารละลาย Fe^{++} (Ferrous Ions) กับ Mn^{++} (Manganous Ions) ก็จะถูกออกซิไดส์ กลายเป็น Fe^{+3} (Ferric Oxide) กับ Mn^{+4} (Manganese Oxide) ซึ่งเป็นสารประกอบที่ตกตะกอนแยกออกจากน้ำได้ ดังสมการ



2) เพื่อกำจัดก๊าซที่ละลายปนอยู่ในน้ำดิบ เช่น CO_2 , H_2S , CH_4

3) เพื่อกำจัดกลิ่น และรสในน้ำ

กลิ่นและรสของน้ำมาจากสารประกอบให้กลิ่นที่สังเคราะห์จากเซลล์ของสาหร่าย ประสิทธิภาพการกำจัดกลิ่นด้วยวิธีเติมอากาศมักไม่เกิน 50%

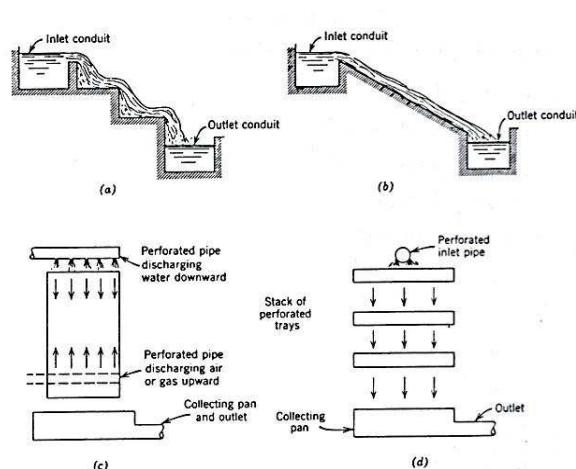
ลักษณะเครื่องเติมอากาศ จำแนกเป็น 4 แบบ

- 1) แบบแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity Type)
- 2) แบบอัดอากาศเข้าไปในน้ำ (Diffuser)
- 3) แบบฉีดพ่นไปในอากาศ (Spray)
- 4) แบบใช้เครื่องกล (Mechanical)

แบบที่ประหยัด และนิยมใช้สำหรับผลิตน้ำสะอาดได้แก่ แบบอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก และแบบฉีดพ่นไปในอากาศ แต่สำหรับ กปภ. ที่มีใช้อยู่ เป็นแบบแรงโน้มถ่วงของโลก และแบบอัดอากาศเข้าไปในน้ำ จึงจะกล่าวถึงแค่ 2 แบบ

2.7.1.1 เครื่องเติมอากาศแบบอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก

น้ำดิบจะถูกสูบขึ้นไปยังที่สูง แล้วปล่อยให้ตกลงมาอย่างอิสระเบื้องล่าง ระหว่างที่ตกลงมานั้น จะสัมผัสกับอากาศ ระยะเวลาของการสัมผัสอาจทำให้เพิ่มขึ้นได้ โดยการออกแบบให้เส้นทางการไหลยาวขึ้น หรือสร้างสิ่งกีดขวางปะทะการตกลงมาของน้ำดังรูปที่ 2-41



รูปที่ 2-41 เครื่องเติมอากาศแบบอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก

รูป a เป็นเครื่องเติมอากาศแบบไหลหลั่น (Cascade Aerator) น้ำดิบจะไหลลดหลั่นลงตามขั้น ระหว่างตกกระทบจะมีการผสมทั่วถึงยิ่งขึ้น บางครั้งอาจสร้างแผ่นกั้น (baffle) ขวางการไหลของน้ำเพื่อเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่ต่อปริมาตร

รูป b เป็นแบบพื้นลาดเอียง (Inclined plane) น้ำจะไหลบนแผ่นพื้นราบ การสัมผัสอากาศเกิดขึ้นเฉพาะผิวบนของน้ำ ดังนั้น ประสิทธิภาพของการเติมอากาศจะสูง ถ้าออกแบบให้น้ำไหลเป็นแผ่นบางได้มากที่สุด

รูป c แบบหอ (Tower) น้ำดิบจะไหลตกลงมาจากท่อเจาะรูเบื้องบนของหอ มีการพ่นอากาศจากท่อเจาะรูเบื้องล่างให้พุ่งขึ้นสวนทางกับน้ำ เพื่อเพิ่มปริมาณอากาศให้พอเพียงกับการสัมผัส การเติมอากาศลักษณะนี้เสียค่าใช้จ่ายสูง แต่ประสิทธิภาพดี ระบบกำจัดน้ำเสียบางแห่งก็ใช้วิธีการแบบนี้

รูป d แบบถาดหลายชั้น (Multiple Tray) น้ำดิบจะตกลงบนถาดซึ่งเจาะรูพ่น วางซ้อนกันอยู่เป็นชั้น ๆ จำนวนถาดมากเท่าใด ระยะเวลาการสัมผัสอากาศก็เพิ่มขึ้นตามนั้น การเติมอากาศลักษณะนี้ประหยัดและง่ายในการก่อสร้าง ระบบกำจัดหลักของการประปาขนาดเล็กในชนบทของไทย นิยมใช้เครื่องเติมอากาศชนิดนี้เป็นส่วนใหญ่

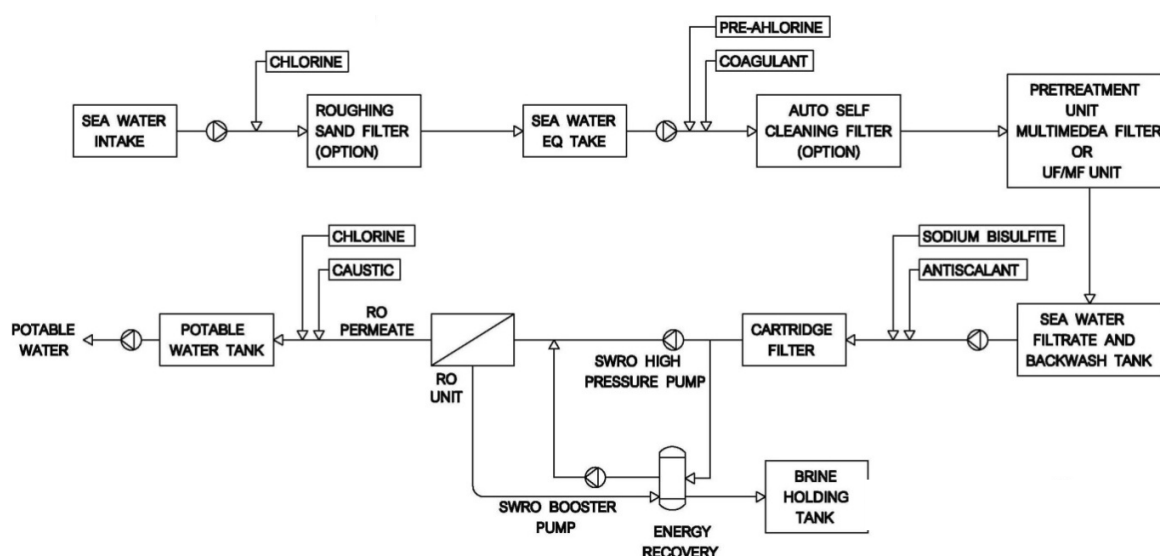
2.7.1.2 เครื่องเติมอากาศแบบอัดอากาศเข้าไปในน้ำ

น้ำดิบถูกสูบเข้าสู่ถังคอนกรีตรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่ก้นถังจะมีการอัดอากาศเข้าไป โดยอาจเป็นแบบท่อเจาะรูพรุน (Perforated Pipe) หรือผ่านออกจากแท่งวัสดุที่มีความพรุนสูง (Porous Diffuser Tube) ฟองอากาศจะลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ ทำให้มีความปั่นป่วน และเกิดการถ่ายเทของก๊าซ

ระยะเวลาการสัมผัสจะนานกว่าการเติมอากาศชนิดอื่น แต่การอัดอากาศผ่านน้ำนั้นเสียค่าใช้จ่ายสูงกว่าการสูบน้ำดิบผ่านเครื่องเติมอากาศ เช่นแบบฉีดพ่น ระยะเวลาสัมผัสอากาศ (Detention Time) อยู่ระหว่าง 10 – 30 นาที ปริมาณอากาศที่ใช้อยู่ระหว่าง 1.0 – 1.5 ลบ.ม. ต่อน้ำดิบหนึ่งลูกบาศก์เมตร และสิ้นเปลืองพลังงาน 1 กิโลวัตต์ต่อปริมาตรน้ำดิบ 100 – 300 ลบ.ม.

2.7.2 กระบวนการผลิตน้ำประปาจากน้ำทะเล โดยใช้ระบบ Reverse Osmosis (RO)

เป็นการกรองน้ำผ่านเมมเบรน จะได้น้ำที่มีความสะอาดมากสามารถรองกักจัดสารเกลือแร่และสารละลายต่างๆได้ เนื่องจากเมมเบรนของ RO จะยอมให้เฉพาะโมเลกุลของน้ำไหลผ่านและจะกักไอออนต่างๆไว้ จึงนิยมใช้กำจัดไอออนของเกลือเพื่อผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเล



รูปที่ 2-42 ไดอะแกรมสำหรับการผลิตน้ำประปาจากน้ำทะเล

ขั้นตอนการทำงานของระบบเริ่มจากการสูบน้ำทะเลเข้ามาเก็บในถังพักโดยจะมีการเติมคลอรีนเพื่อป้องกันปัญหาของเพรียงทะเลและ Organic Matter ต่างๆ เนื่องจากเยื่อเมมเบรนจะมีปัญหาการอุดตันจาก Bio fouling การเติมคลอรีนจึงเป็นการลดปัญหาและยืดอายุการใช้งานของเมมเบรน หลังจากนั้นอาจติดตั้งถังกรองทรายหยาบ (Roughing Sand Filter) เพื่อกำจัดสารแขวนลอยและอนุภาคขนาดใหญ่ที่อยู่ในน้ำทะเล แล้วผ่านน้ำเข้าสู่ถังพักน้ำ

ทะเลก่อนจะสูบเข้าระบบบำบัดเบื้องต้น (Pretreatment Unit) ซึ่งจะมีการเติมสารสร้างตะกอน (Coagulant) เช่น PAC เพื่อรวมตะกอนให้มีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะถูกกรองด้วยระบบ Pretreatment ต่อไป หากระบบ Pretreatment เป็น UF/MF unit อาจมีการติดตั้งระบบ Auto Self Cleaning Filter ซึ่งทำหน้าที่กรองตะกอนที่มีขนาดใหญ่ป้องกันความเสียหายแก่ UF/MF น้ำที่ผ่านการกรองแล้วจะถูกลำเลียงเข้าสู่ระบบผลิตน้ำ RO โดยจะมีการเติมสาร Sodium Bisulfite เพื่อกำจัดคลอรีนที่อาจจะไปทำลายเมมเบรนของชุด RO พร้อมเติมสารป้องกันการเกิดตะกรัน (Antiscalant) หลังจากนั้นนำมาผ่าน Cartridge Filter ซึ่งทำหน้าที่ป้องกัน RO Unit และ SWRO High Pressure Pump ไม่ให้เสียหายจากเศษตะกอนที่มีขนาดใหญ่กว่า 5 micron แล้วจะถูกลำเลียงด้วยเครื่องสูบน้ำแรงดันสูง (High Pressure Pump) ซึ่งจะทำให้ความดันสูงขึ้นจนสามารถเอาชนะ Sea Water Osmotic Pressure ทำให้ได้น้ำที่เป็นน้ำจืดผ่าน RO membrane จากนั้นจะมีการเติมคลอรีนและปรับ pH โดยใช้สารเคมีประเภทต่าง (Base) แล้วส่งน้ำไปเก็บในถังเก็บน้ำเพื่อสูบจ่ายไปยังผู้ใช้น้ำ ซึ่งได้น้ำจืดส่วนหนึ่ง อีกส่วนหนึ่งจะเป็นน้ำทะเลที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นแต่ยังคงมี Pressure สูงจึงนำน้ำส่วนนี้มาผ่าน Energy Recovery Unit แลกเปลี่ยนแรงดันเพื่อลดการใช้พลังงานลงสุดท้ายจะได้น้ำทะเลที่มีความเข้มข้นสูงแต่มีแรงดันต่ำเพื่อทิ้งต่อไป เมื่อใช้งานไปได้ช่วงเวลาหนึ่ง RO Membrane จะเกิดการตันขึ้น ต้องทำการล้างโดยใช้สารเคมีประเภท ต่างและกรด เพื่อทำความสะอาดให้กลับมาใช้งานได้อย่างปกติ การทำการล้างจะทำให้ละอองทำให้ระบบสามารถผลิตน้ำได้อย่างต่อเนื่อง

2.7.2.1 ระบบบำบัดน้ำทะเลเบื้องต้น (Pretreatment Unit)

มีหลายแบบทั้งแบบใช้ถังกรองบรรจุสารกรอง หรือแบบใช้เมมเบรนเป็นตัวกรอง

1) Multimedia Filter

เป็นถังกรองซึ่งบรรจุสารกรองได้แก่ หิน กรวด และแอนทราไซต์ น้ำดิบจะไหลเข้าด้านบนของถังกรอง จะกรองเอาตะกอนความขุ่นของสารแขวนลอยในน้ำทะเลออก เมื่อเครื่องกรองทำงานในระยะเวลาหนึ่งเครื่องกรองจะอุดตัน ทำให้ต้องมีการล้างย้อน (Backwash) ขึ้นสารกรองโดยให้น้ำไหลย้อนกลับขึ้นข้างบน เมื่อขึ้นกรองขยายตัว ตะกอนความขุ่นที่ติดค้างอยู่ในชั้นกรองจะถูกพาออกจากเครื่องกรองเมื่อหยุดล้างทรายกรองซึ่งมีความถ่วงจำเพาะมากกว่าจะตกกลับลงมาก่อน ส่วนแอนทราไซต์ถึงแม้จะมีขนาดใหญ่กว่าแต่น้ำหนักน้อยกว่าจะอยู่เหนือชั้นทราย เมื่อเปิดทำการกรองน้ำตะกอนส่วนมากจะถูกกักอยู่บริเวณชั้นของแอนทราไซต์ซึ่งตะกอนจะถูกกักอยู่ในชั้นแอนทราไซต์ได้ในความลึกที่มากกว่า 10 เซนติเมตรต่างจากถังกรองที่ใช้ทรายกรองอย่างเดียวตะกอนจะถูกกักอยู่บริเวณผิวหน้าของชั้นทรายและผ่านลงไปได้ไม่เกิน 5-8 เซนติเมตรลักษณะเช่นนี้จะทำให้ชั้นกรองทราย และแอนทราไซต์สามารถทำหน้าที่ได้ดีขึ้น กรองความขุ่นได้มากกว่าถังกรองซึ่งมีสารกรองชนิดเดียวและสามารถกรองน้ำในอัตราการกรองเพิ่มขึ้น

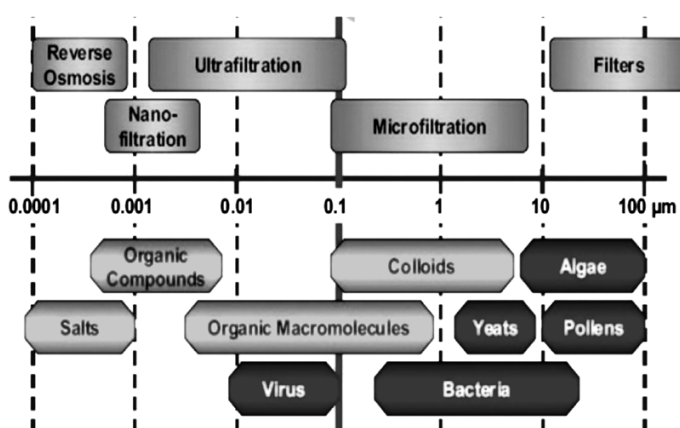
2) Microfiltration / Ultrafiltration (MF/UF)

MF/UFถูกนำมาใช้เพื่อเป็น Pretreatment Unit กรองอนุภาคปนเปื้อนสำหรับระบบผลิตน้ำประปา โดยใช้เมมเบรน Microfiltration สามารถกรองอนุภาคปนเปื้อนได้ละเอียดถึง 0.1-3 ไมครอน ส่วน Ultrafiltration สามารถกรองให้อนุภาคปนเปื้อนออกจากน้ำทะเลได้ละเอียดถึง 0.03 ไมครอน ซึ่งเป็นช่วงการกรองที่ละเอียดมาก

กล่าวคือ สามารถกรองอนุภาคคอลลอยด์ รวมทั้งจุลชีพ และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กมากๆ ได้เกือบทั้งหมด ได้แก่ เพรียง, แพลงตอน, ยีสต์, รา, สาหร่ายสีเขียว, แบคทีเรีย ยกเว้นเพียงแต่แคไวรัสเท่านั้นที่สามารถผ่านไปได้ ส่วนอนุภาคและคอลลอยด์ที่มีขนาดโตกว่า 0.1 ไมครอน จะถูกขจัดแยกออกไปจากน้ำ

ทั้งนี้เนื่องจากในน้ำทะเลและน้ำผิวดิน มีสิ่งปนเปื้อนแขวนลอยอยู่ด้วยค่อนข้างมากและด้วยความสามารถในการกรองที่มีความละเอียดมากของ Ultrafiltration นี้เอง สามารถส่งผลต่อการกรองให้เกิดการอุดตันเร็วไปกว่ากำหนดอันควรได้ จึงจำเป็นต้องมีการกรองหยาบเพื่อช่วยลดภาระให้กับการกรองของ Ultra Filtration ในเบื้องต้นก่อน เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการกรองสูงสุดได้ ซึ่งเราเรียกการกรองหยาบบื้องต้นนี้ว่า Pre-filtration

Pre-filtration ควรมีความสามารถในการกรองสิ่งปนเปื้อนออกได้ไม่น้อยกว่าขนาด 300 ไมครอน ซึ่งนอกจากใช้ประโยชน์เพื่อการกรองเบื้องต้นแล้วยังช่วยป้องกันการถูกทำลายจากสิ่งปนเปื้อนที่อาจกระทำให้เกิดการฉีกขาดต่อเมมเบรนได้ด้วย



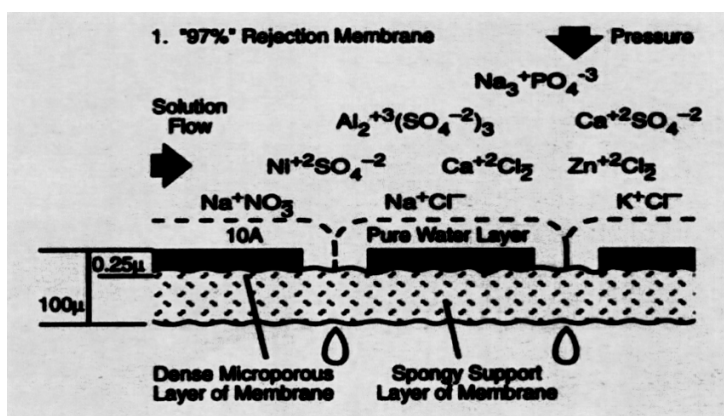
รูปที่ 2-43 The Filtration Spectrum

2.7.2.2 ระบบ Reverse Osmosis (RO)

น้ำแรงดันสูงจะเข้าไปใน RO Element Module ซึ่งบรรจุอยู่ใน Pressure Vessel ที่มีการจัดวางแบบขนาน น้ำที่จะออกจาก Pressure Vessel ซึ่งจะถูกแยกด้วย RO Element Module เป็นสองเส้นทางคือ เส้นทางน้ำบริสุทธิ์ (Permeate) กับเส้นทางน้ำความเข้มข้นสูง (Concentrate) น้ำบริสุทธิ์ซึ่งออกจากตรงกลางของแต่ละ Vessel จะไหลมารวมกันเป็นท่อเส้นเดียวซึ่งจะทำให้การติดตั้งเครื่องวัดอัตราการไหล (Flow Meter) เพื่อแสดงปริมาณน้ำที่ไหลออกจากท่อน้ำด้วย

กลไกที่ใช้ในการกำจัดเกลือแร่ของแผ่นเมมเบรนมี 2 ชั้น มีความหนาประมาณ 100 ไมครอน ประกอบด้วยเมมเบรนชั้นบนซึ่งเป็นชั้นที่สัมผัสกับน้ำดิบ เป็นส่วนที่มีเนื้อแน่นแต่บาง ชั้นนี้หนาเพียง 0.2 ไมครอน เมมเบรนชั้นบนนี้มีความสำคัญมากเพราะทำหน้าที่กำจัดเกลือแร่และสารอินทรีย์ เมมเบรนชั้นล่างมีลักษณะเป็นเนื้อพรุนและหนามาก ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างรองรับและขนส่งน้ำบริสุทธิ์จากชั้นบนไปยังท่อภายในน้ำดิบถูกสูบอัดเข้าเครื่อง RO ด้วยแรงดันสูงและกระจายไปทั่วทั้งผิวหน้าของแผ่นเมมเบรนดังรูปที่ 2-44

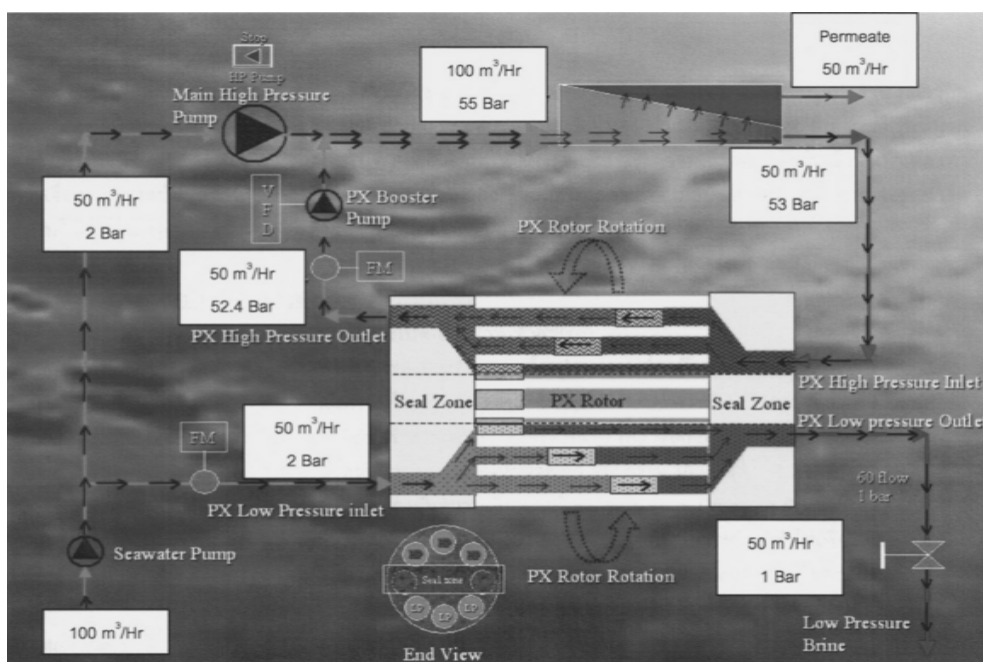
การไหลของน้ำ ต้องเป็นแบบที่มีความปั่นป่วน (Turbulent Flow) ทั้งนี้เพื่อรักษาความสะอาดของเมมเบรนน้ำบริสุทธิ์ถูกบีบให้ซึมผ่านเมมเบรนและไหลไปรวมกันภายในท่อตรงกลางเรียกว่า “PERMEATE” ส่วนน้ำที่ไม่ผ่านเยื่อเมมเบรนจะไหลออกทางปลายอีกด้านหนึ่งเป็นน้ำความเข้มข้นสูงเรียกว่า “CONCENTRATE”



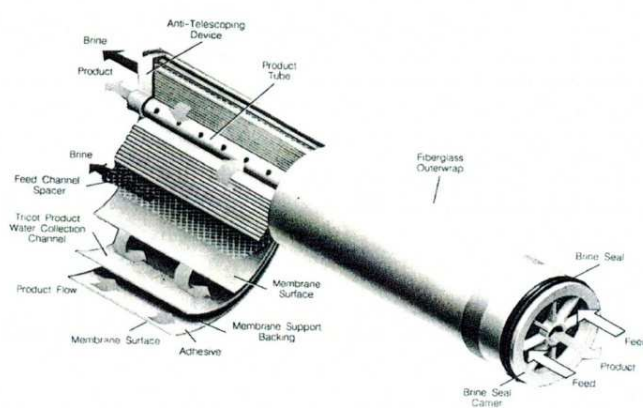
รูปที่ 2-44 รูปแบบการทำงานของเมมเบรนของระบบ Reverse Osmosis

ระบบผลิตน้ำแรงดันสูงชนิดประหยัดพลังงานนี้ ประกอบด้วย เครื่องสูบน้ำแรงดันสูง (High Pressure Pump) อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความดัน (Pressure Exchanger) และเครื่องสูบน้ำเพิ่มความดัน (Booster Pump) ระบบนี้จะช่วยประหยัดพลังงานในการเพิ่มแรงดันน้ำได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้น้ำก่อนเข้ามีแรงดันสูงขึ้นมากกว่า 55 บาร์ ในขณะที่น้ำความเข้มข้นสูงมีแรงดันลดลงเหลือประมาณ 1 บาร์เท่านั้น ก่อนปล่อยทิ้งลงสู่บ่อน้ำความเข้มข้นสูง (Concentrate Water Storage Tank)

รูปแบบการทำงานของระบบ Reverse Osmosis และ Energy Recovery แสดงในรูปที่ 2-45 และ ลักษณะของเมมเบรน Module แสดงในรูปที่ 2-46



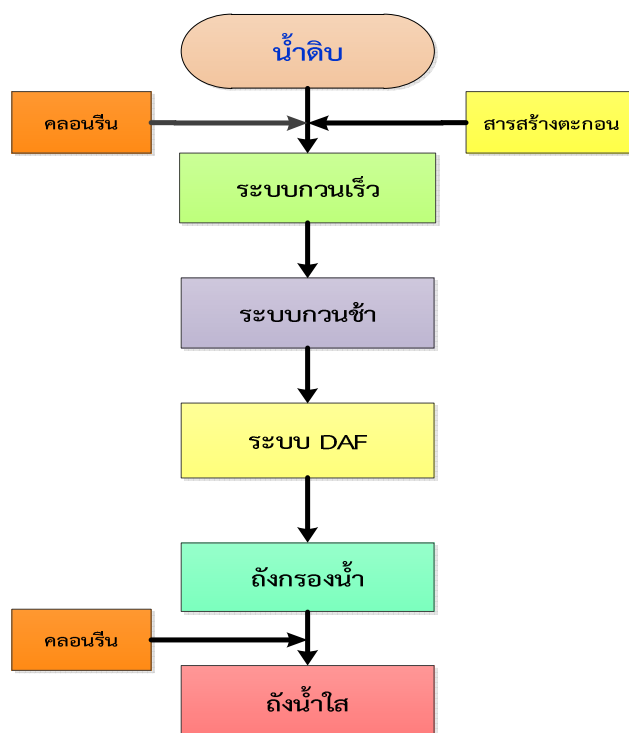
รูปที่ 2-45 รูปแบบการทำงานของระบบ Reverse Osmosis และ Energy Recovery



รูปที่ 2-46 Spiral Wound Module

2.7.3 กระบวนการทำให้ลอย (Dissolved Air Floatation)

เป็นกระบวนการลอยตะกอนด้วยอากาศละลาย หลักการทำงานโดยการอัดอากาศเข้าไปในน้ำ ภายใต้ความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศในถังความดัน อากาศจะละลายในน้ำมากขึ้นขณะที่ลดความดันลงไปที่ความดันบรรยากาศ อากาศส่วนเกินที่ละลายอิมัตวจะเกิดเป็นฟองอากาศขนาดเล็ก เมื่อฟองอากาศเหล่านี้เคลื่อนที่ขึ้นกับอนุภาคของแข็งในถังตะกอน ตะกอนเหล่านี้จะลอยขึ้นสู่ผิวน้ำเพื่อกำจัดต่อไปขณะที่ส่วนน้ำใสจะไหลออกทางด้านล่างถึงเพื่อไหลเข้าถังกรอง



รูปที่ 2-47 ระบบสูบน้ำของระบบ DAF (Dissolved Air Floatation)

ลักษณะของน้ำดิบที่เหมาะสมกับระบบ DAF (Dissolved Air Floatation)

1. ระบบ DAF ใช้แยกตะกอนเบาได้ดี จึงเหมาะกับน้ำที่มีสาหร่าย
2. น้ำที่มีสีจากสารอินทรีย์
3. น้ำที่มีการเจือปนของเหล็ก (Fe) และ แมงกานีส (Mn)
4. น้ำที่มีความขุ่นไม่เกิน 100 NTU

ข้อดีของระบบ DAF (Dissolved Air Floatation)

1. ลดการใช้สารเคมีในการสร้างตะกอน เนื่องจากระบบ DAF ต้องการกำจัดตะกอนที่มีขนาดเล็กกว่าระบบตะกอน (Sedimentation)
2. ใช้พื้นที่ในการก่อสร้างถังตะกอนน้อยกว่า ระบบตกตะกอน (Sedimentation)
3. น้ำที่ผ่านระบบ DAF เข้าสู่ถังกรอง มีความขุ่นต่ำจะช่วยให้รอบในการกรองน้ำนานขึ้นประหยัดน้ำในการล้างย้อน

บทที่ 3

การจัดการสารเคมี

กปน.นำสารเคมีหลายชนิดมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำในกระบวนการผลิตน้ำประปา โดยเลือกใช้ทั้งชนิดและปริมาณให้เหมาะสมกับคุณภาพแหล่งน้ำและเกณฑ์กำหนดในแต่ละขั้นตอนของระบบผลิตน้ำ คุณภาพน้ำดิบมีความหลากหลาย แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดแหล่งน้ำ แหล่งกำเนิดมลพิษ การใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในแต่ละฤดูกาล หรือการได้รับผลกระทบจากอุบัติเหตุทางน้ำ เป็นต้น ถ้าใช้สารเคมีน้อยเกินไป ส่งผลทำให้ไม่สามารถควบคุมคุณภาพน้ำได้ตามมาตรฐานที่กำหนด ส่วนถ้าใช้มากเกินไปก็มีผลเสียคือ สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย และอันตรายจากสารเคมีตกค้าง

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องควบคุมสารเคมีตั้งแต่กระบวนการวางแผนจัดหา การรับสารเคมี การจัดเก็บ การเตรียม การจ่ายสารเคมี และการตัดยอดคงเหลือ โดยปฏิบัติงานตามขั้นตอนการปฏิบัติงานและวิธีปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง ควบคู่ไปกับการทดสอบคุณภาพน้ำในกระบวนการผลิต-จ่ายน้ำ เพื่อประเมินผลและวางแผนการใช้สารเคมีให้เหมาะสม รวมทั้งการกำกับดูแล ติดตามผลการดำเนินงานตามลำดับสายงาน การสนับสนุนปัจจัยต่างๆ เช่น บุคลากร งบประมาณ งบประมาณ งบประมาณ งบประมาณ และเครื่องจ่ายสารเคมี เป็นต้น เพื่อให้การดำเนินงานตลอดทั้งกระบวนการดังกล่าว มีประสิทธิภาพและเกิดประสิทธิผลสูงสุด

3.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างและรวมตะกอน (Coagulation and flocculation process)

การสร้างและรวมตะกอนทางเคมีแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

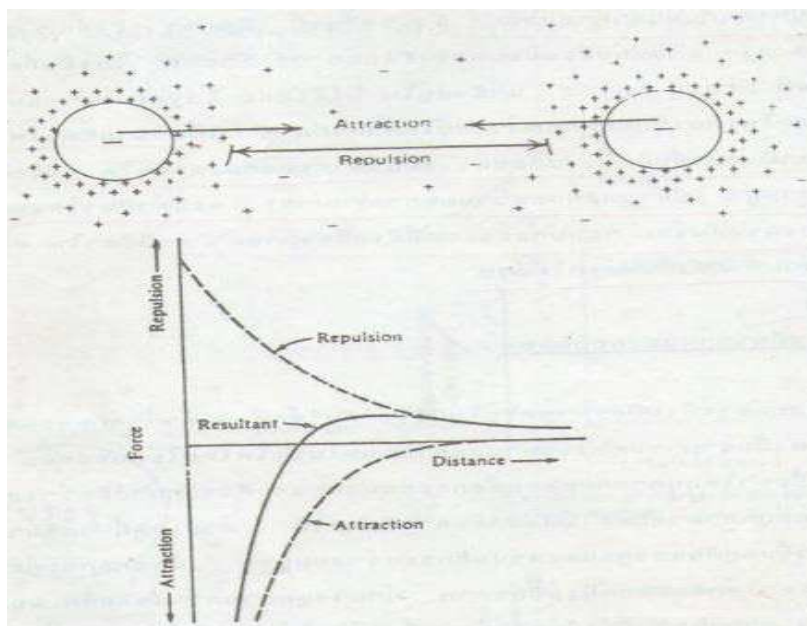
3.1.1 โคแอกกูเลชัน (Coagulation) คือ การรวมตัวกันของสารแขวนลอยในน้ำเมื่อมีการเติมสารสร้างตะกอนลงในน้ำ เพราะสารแขวนลอยส่วนมากจะมีประจุไฟฟ้าเคมีเป็นลบ การเติมสารสร้างตะกอนจะเป็นการสะเทินประจุไฟฟ้าเคมีเนื่องจากสารที่เติมลงไปมีประจุไฟฟ้าเคมีเป็นบวก จึงเกิดการรวมตัวกันเป็นตะกอนขึ้นซึ่งมีน้ำหนักมากกว่าสารแขวนลอย

3.1.1.1 การเกิดเสถียรภาพของอนุภาค

ระบบคอลลอยด์อาจมีเสถียรภาพหรือไม่ก็ได้ สารคอลลอยด์มีเสถียรภาพเมื่ออยู่ในสถานะแขวนลอยในน้ำได้โดยไม่ตกตะกอน หากทำให้อนุภาคแขวนลอยตกตะกอนและแยกตัวจากน้ำก็ถือว่าเสถียรภาพของคอลลอยด์ถูกทำลาย เสถียรภาพของคอลลอยด์จึงขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดและแรงผลักระหว่างอนุภาค แรงผลักจะต้องสูงกว่าแรงดึงดูดจึงจะทำให้คอลลอยด์มีเสถียรภาพ ถ้าแรงดึงดูดมากกว่าแรงผลักอนุภาคคอลลอยด์ต่างๆ สามารถจับกันเป็นกลุ่มก้อนหรือฟล็อกได้ แรงดึงดูดระหว่างอนุภาคเรียกว่า Vander Waals Force เป็นแรงที่มีอำนาจเมื่ออนุภาคอยู่ใกล้กัน ส่วนแรงผลักระหว่างอนุภาคทั้งสองชนิดขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างอนุภาค ดังแสดงในรูป 3-1 แสดงให้เห็นถึงแรงดึงดูดมีอำนาจเหนือแรงผลักก็ต่อเมื่ออนุภาคคอลลอยด์เคลื่อนที่เข้ามาใกล้กันมากๆ อนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในน้ำนั้น มีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถตกตะกอนได้เองตามธรรมชาติ จึงทำให้อนุภาคอยู่ในสถานะสารแขวนลอย และสาเหตุที่ทำให้อนุภาคเกิดเสถียรภาพได้อีก คือ

1) เกิดการยึดเกาะกันระหว่างอนุภาคของสารแขวนลอยกับโมเลกุลของน้ำ โดยโมเลกุลของน้ำจะเข้ามาล้อมรอบอนุภาค

2) เกิดจากประจุไฟฟ้าที่ผิวของอนุภาคสารแขวนลอยดึงดูดไอออนต่างประจุมาล้อมรอบอนุภาค เมื่อถูกรบกวนด้วยการเคลื่อนไหวของโมเลกุลน้ำ ทำให้เกิดเป็นชั้นกระจาย (Diffuse Layer) ทำให้ศักย์ไฟฟ้าของอนุภาคจะมากที่สุดบริเวณผิวของอนุภาคและลดลงตามระยะที่ห่างออกไป เนื่องจากประจุไฟฟ้านั้นก่อให้เกิดเสถียรภาพของอนุภาคมากกว่าปัจจัยอื่น การทำลายเสถียรภาพของอนุภาคโดยการลดผลของประจุไฟฟ้าจึงเป็นวิธีที่จะช่วยให้อนุภาคต่างๆ รวมตัวกันได้ดีขึ้นและตกตะกอนได้



รูปที่ 3-1 แรงระหว่างอนุภาคคอลลอยด์ที่ระยะห่างต่างๆ

3.1.1.2 การทำลายเสถียรภาพของอนุภาคสารแขวนลอย เกิดโดยกลไก 4 แบบ คือ

1) กลไกลดความหนาของชั้นกระจาย (Diffuse Layer) ด้วยการเพิ่มประจุตรงข้ามกับประจุของอนุภาคในชั้นกระจายให้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งทำให้ศักย์ไฟฟ้าที่ผิวนอกสุดของน้ำลดลงตามไปด้วย (รูปที่ 3-2) ส่งผลให้อนุภาคสามารถเข้าใกล้ได้และยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงดึงดูดจนมีขนาดใหญ่ขึ้น การทำลายเสถียรภาพโดยการลดความหนาของชั้นกระจายด้วยการเติมสารละลายของเกลือต่างๆ มีข้อที่น่าสนใจดังนี้

- ปริมาณสารตัวนำไฟฟ้า (ที่มีไอออนประจุบวก) ที่เติมเพื่อทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ด้วยวิธีลดความหนาของชั้นกระจาย ไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของคอลลอยด์
- ไม่ว่าจะเติมไอออนบวกมากเพียงใด จะไม่สามารถทำให้คอลลอยด์เปลี่ยนประจุไฟฟ้าจากลบเป็นบวก (Charge Reversal) (รูปที่ 3-3)

2) กลไกการดูดติดผิวและทำลายประจุไฟฟ้าของอนุภาคสารแขวนลอย (Absorption and Charge Neutralization) ด้วยการเติมสารเคมีบางชนิดที่สามารถแตกตัวให้ประจุตรงข้ามกับประจุของอนุภาคสารแขวนลอยและสามารถดูดติดผิวได้ ซึ่งจะส่งผลให้ลดศักย์ไฟฟ้าของสารแขวนลอยลง และทำลายเสถียรภาพของอนุภาคสารแขวนลอยจนสามารถเข้าใกล้กันและรวมตัวกันจนมีขนาดใหญ่สามารถตกตะกอนได้

3) กลไกการสร้างฟล็อกขึ้นมา เพื่อให้อนุภาคสารแขวนลอยมาเกาะจับ (Sweep Coagulation) เป็นการเติมเกลือของสารประกอบโลหะที่มีความสามารถในการตกผลึกได้อย่างรวดเร็ว โดยเมื่อรวมตัวกับอนุภาคของสารแขวนลอยจะมีน้ำหนักมากยิ่งขึ้นและสามารถตกตะกอนได้ เช่น การใส่สารส้มให้เกิดผลึก $Al(OH)_3$ เหมือนวุ้นสีขาว เพื่อให้อนุภาคมาเกาะแล้วรวมกันเป็นฟล็อกได้ กลไกการใช้ผลึกสารอินทรีย์ในการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์มีลักษณะที่แตกต่างจากกลไก 2 แบบแรกคือ ปริมาณโคแอกกูแลนต์ที่เหมาะสม (Optimum Dosage) แปรผกผันกับความเข้มข้นของคอลลอยด์ กล่าวคือ น้ำที่มีความขุ่นน้อยต้องใช้โคแอกกูแลนต์จำนวนมากจึงจะเกิดโคแอกกูเลชันได้ดี ในทางตรงกันข้ามน้ำที่มีความขุ่นสูงอาจใช้โคแอกกูแลนต์น้อยกว่า เหตุผลคือน้ำที่มีความขุ่นต่ำจะมีโอกาสสัมผัสระหว่างอนุภาคน้อย ดังนั้นแม้ว่าการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์จะเกิดขึ้นแล้วก็ตาม โคแอกกูเลชันอาจไม่เกิดได้ดีเท่าที่ควร การใช้โคแอกกูแลนต์ปริมาณสูงก็เพื่อสร้างผลึกจำนวนมากๆสำหรับเป็นสารเป่าสัมผัสให้กับอนุภาคคอลลอยด์ แต่ในกรณีที่น้ำมีความขุ่นสูง โอกาสสัมผัสย่อมมีมาก จึงไม่จำเป็นต้องอาศัยเป่าสัมผัสจากภายนอกมากเท่ากับกรณีแรก

4) กลไกการสร้างสะพานเชื่อมต่ออนุภาคสารแขวนลอย โดยใช้สารโพลิเมอร์ที่มีขนาดโมเลกุลที่ใหญ่ และมีน้ำหนักโมเลกุลสูง มาเป็นตัวเชื่อมต่ออนุภาคของสารแขวนลอยเข้าด้วยกันโดยอนุภาคของสารแขวนลอยสามารถจับตัวกับโพลิเมอร์โดยตรงและยังสามารถจับตัวกับอนุภาคสารแขวนลอยด้วยกันเองได้จนมีขนาดใหญ่และตกตะกอนลง

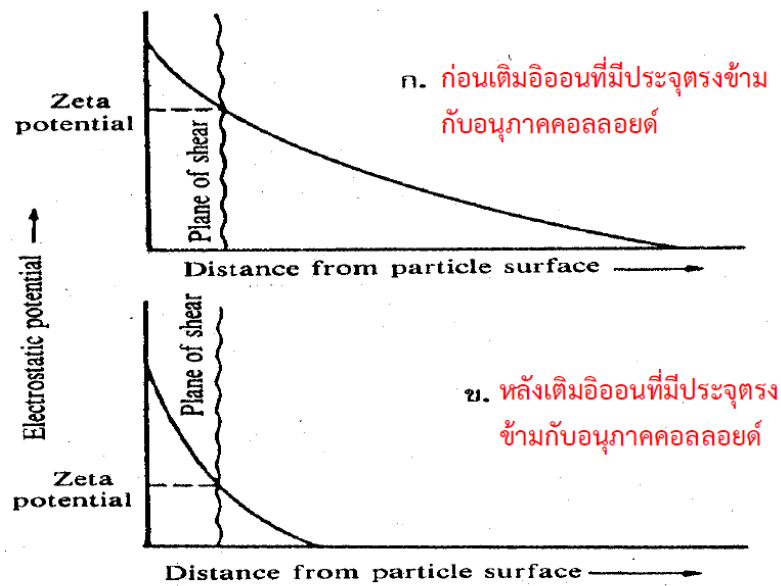
3.1.2 ฟล็อกกูเลชัน (Flocculation) คือ การเคลื่อนที่มาสัมผัสกันของตะกอนขนาดเล็กจนมีขนาดใหญ่ขึ้นคล้ายปุยฝ้าย โดยอาศัยระยะเวลาและการแปรปรวนของน้ำต่ำ จะรวมกันจนมีขนาดใหญ่ขึ้นและมีน้ำหนักมากขึ้นจึงตกลงสู่ด้านล่างของน้ำได้ง่ายยิ่งขึ้น วิธีการสร้างสัมผัสให้อนุภาคมีหลายวิธี รูปที่ 3-4 ดังนี้

3.1.2.1 การทำให้อนุภาคสารแขวนลอยเคลื่อนที่ไปมาในน้ำจนกว่าจะมีการสร้างสัมผัสเกิดขึ้น โดยการกวนน้ำให้เคลื่อนที่ในลักษณะที่ส่วนต่างๆ ของน้ำมีอัตราเร็วในการไหลที่แตกต่างกัน เป็นเหตุให้อนุภาคต่างๆ มีอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ไม่เท่ากันจึงมีการสัมผัสเกิดขึ้น แต่ไม่ควรให้เร็วเกินไป เพราะจะทำให้เกิดการแตกตัวของฟล็อกหรือหลุดออกจากกัน อุปกรณ์ในการสร้างสัมผัสหรือสร้างฟล็อกคูเลชันเรียกว่า ถังกวนช้า

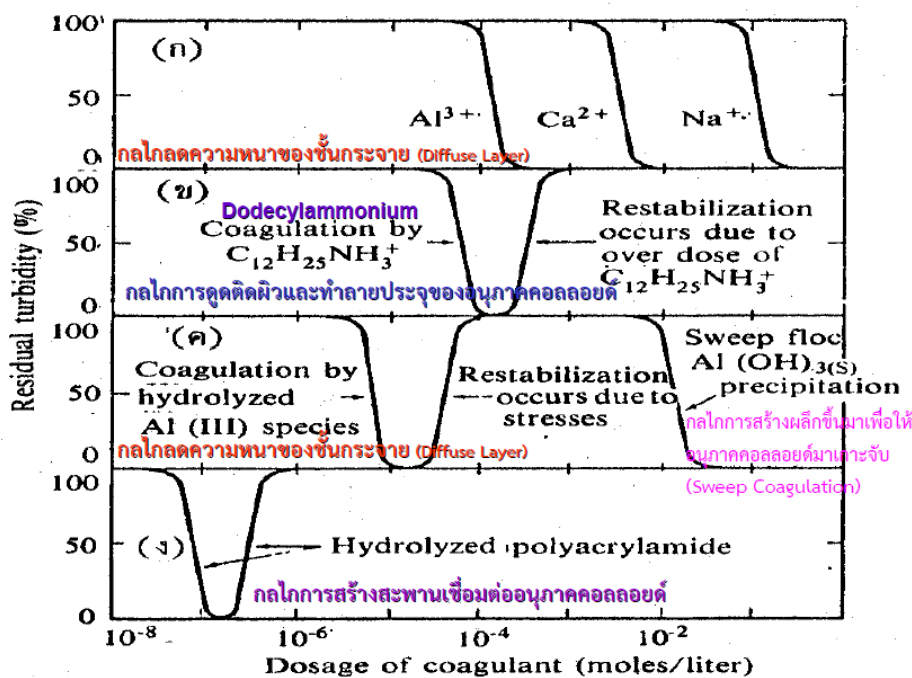
3.1.2.2 การสัมผัสของอนุภาคคอลลอยด์ สามารถเกิดขึ้นได้เองด้วยการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของอนุภาคคอลลอยด์เคลื่อนที่เข้าหากันเองหรือจากการชนกันของโมเลกุลของน้ำจนทำให้เกิดการรวมตัวกันเป็นก้อน แต่การเคลื่อนที่แบบนี้ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ

3.1.2.3 การสัมผัสของอนุภาคคอลลอยด์ที่เกิดจากอัตราการตกตะกอนที่ไม่เท่ากันของอนุภาค โดยอนุภาคที่มีขนาดใหญ่จะตกตะกอนได้เร็วและสัมผัสกับอนุภาคขนาดเล็กที่ตกตะกอนได้ช้ากว่าในแนวการตกตะกอนทำให้เกิดการสัมผัสและเกาะตัวกันขึ้น

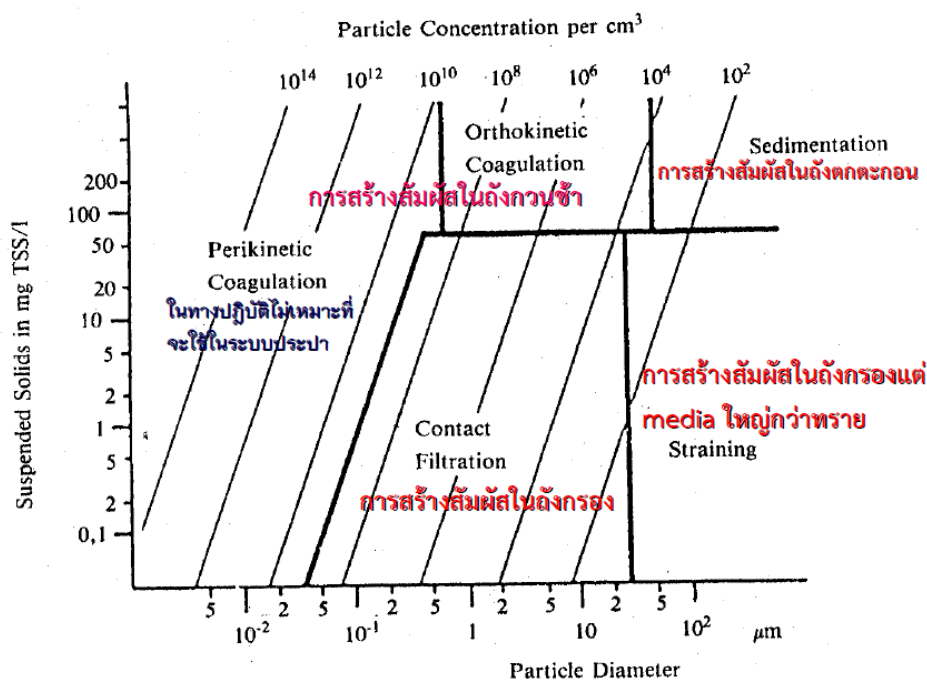
3.1.2.4 การสร้างสัมผัสด้วยวิธีการกรอง เพื่อบีบบังคับทางเดินของคอลลอยด์ให้เข้ามาหากันด้วยการขวางกั้นด้วยตัวกรอง



รูปที่ 3-2 ผลของการเติมไอออนที่มีประจุตรงกันข้ามให้กับคอลลอยด์ (ก) ก่อนเติมไอออน (ข) หลังจากการเติมไอออนแล้ว



รูปที่ 3-3 การเปรียบเทียบปริมาณโคแอกกูแลนต์ ที่ใช้ทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ด้วยกลไกแบบต่างๆ จะเห็นว่าแบบ (ก) เป็นการลดความหนาของชั้นกระจายด้วย Al^{+3} , Ca^{+2} และ Na^{+} ต้องการสารเคมีมากที่สุด ส่วนแบบ (ง) เป็นการใช้โพลีเมอร์เป็นตัวเชื่อมโยง(สะพาน)ให้อนุภาคคอลลอยด์มารวมตัวกัน มีความต้องการสารโคแอกกูแลนต์น้อยที่สุด



รูปที่ 3-4 เกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างส้มผลระหว่างอนุภาคต่างๆทั้ง 5 ประเภท

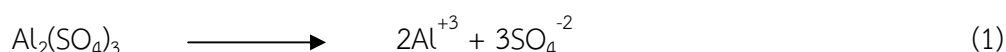
3.2 ชนิดและคุณสมบัติของสารเคมีตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน

3.2.1 สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการสร้างตะกอน (Coagulant)

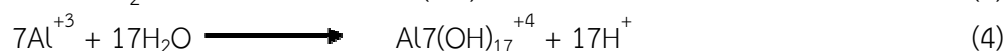
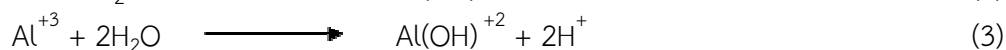
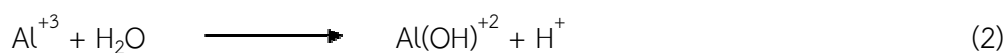
สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการสร้างตะกอน (Coagulation) หรือเรียกว่าสาร Coagulant เป็นสารเคมีที่สามารถแตกตัวให้อนุภาคที่เป็นประจุบวก (Cation) เมื่อเติมลงในน้ำ เกิดการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์และสารแขวนลอย ในรูปของความขุ่น สี สารอินทรีย์ เป็นต้น ภายใต้สภาพน้ำที่มีความปั่นป่วนอย่างรุนแรง ในขั้นตอนการกวนเร็ว (Rapid Mixing) เกิดการสร้างตะกอนและรวมตัวกัน (Flocculation) เป็นฟล็อก (Floc) ขนาดใหญ่ที่มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น สามารถตกตะกอนได้ในถังตกตะกอน สารสร้างตะกอนจะทำปฏิกิริยากับน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขึ้นกับองค์ประกอบและคุณสมบัติของสารเคมี ซึ่งมีทั้งข้อดี ข้อเสีย และข้อควรระวังการใช้งาน ดังตารางที่ 3-1

ตัวอย่างสารสร้างตะกอนที่นิยมใช้กระบวนการผลิตน้ำประปา ดังนี้

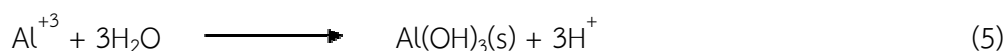
3.2.1.1 สารส้ม (Alum หรือ Aluminium sulfate) เป็นโคแอกกูแลนต์ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในประเทศไทย เนื่องจากสามารถใช้ได้ดีกับน้ำดิบจากแหล่งต่างๆและหาซื้อได้ง่าย ในราคาที่ไม่แพงมากนัก สารส้มมีสูตรโมเลกุล $Al_2(SO_4)_3 \cdot XH_2O$ โดยปกติ X มีค่าเท่ากับ 14.3 หรือ 18 สามารถละลายน้ำได้ 78.8 กรัม/100 กรัมของน้ำ ที่อุณหภูมิ 30 °C เกิดปฏิกิริยาเคมีได้ดีที่สุด ณ pH 6.8-8.2 ดังรูปที่ 3-5 เมื่อเติมสารส้มลงในน้ำจะแตกตัวให้ อีออนบวกและลบ ดังปฏิกิริยา



เมื่อเติมสารส้มในน้ำ อลูมิเนียมไอออนจาก $Al_2(SO_4)_3$ จะถูกล้อมรอบด้วยโมเลกุลของน้ำได้ $Al(H_2O)_6^{+3}$ หรือ Al^{+3} ไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ของ Al^{+3} จะเกิดขึ้นทันทีโดยไลแกนด์ (Ligands) ชนิดต่างๆที่อยู่ในน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง OH^- จะเข้าแทนที่โมเลกุลของน้ำเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (Complex substance) ระหว่างอลูมิเนียมกับไฮดรอกไซด์ไอออน ดังสมการต่อไปนี้



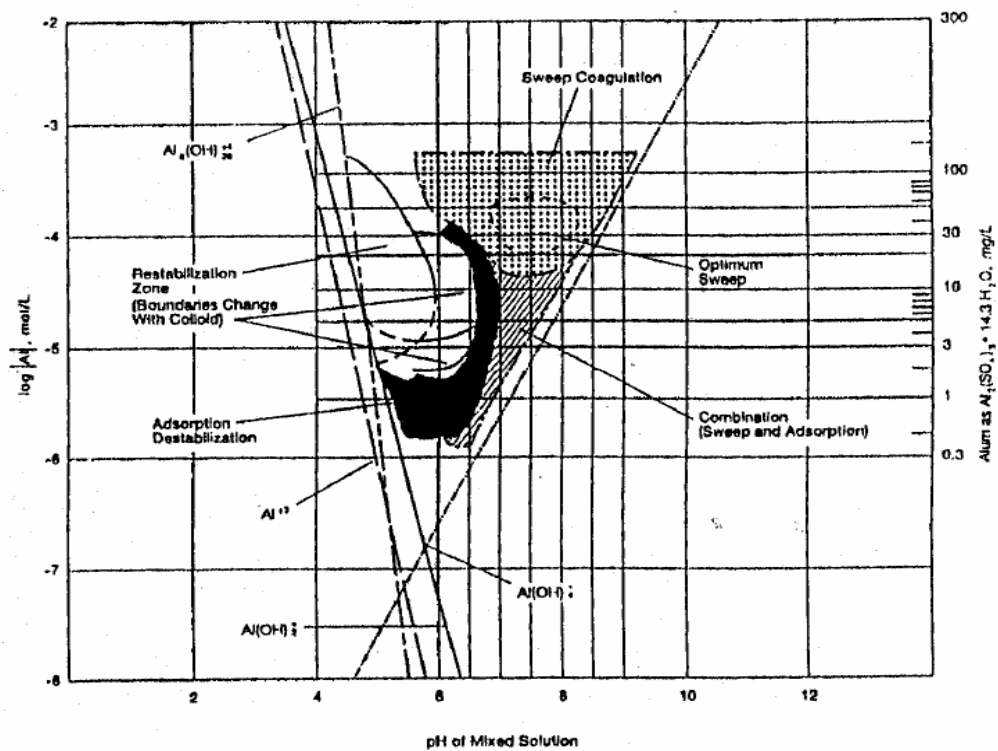
ในกรณีที่ความเข้มข้นของสารส้มสูงกว่าความเข้มข้นที่จุดอิ่มตัว (Saturation Point) ไฮโดรไลซิสจะดำเนินต่อไปจนได้ผลของปฏิกิริยาสุดท้ายเป็นผลึก Al(OH)_3



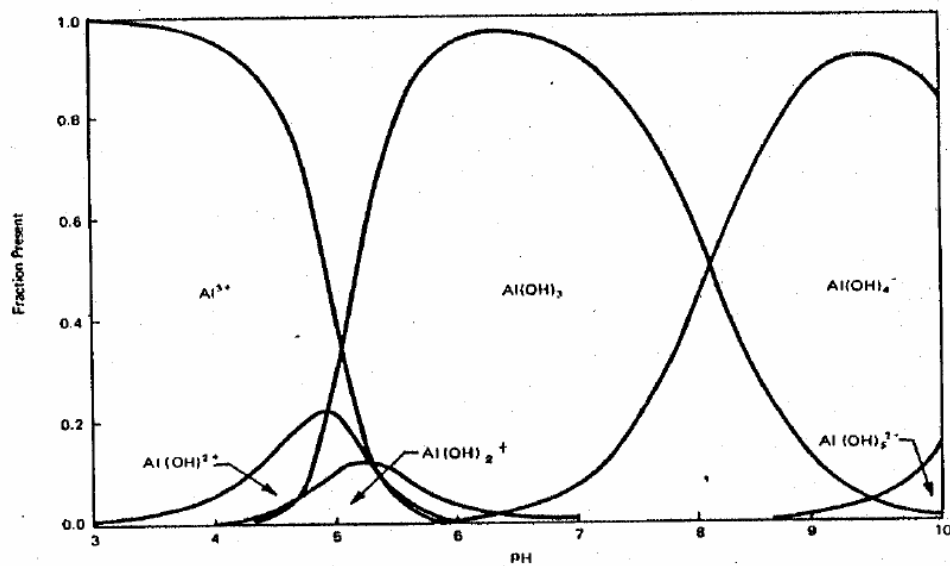
ผลของปฏิกิริยาที่จะเกิดการดูดติดผิวอนุภาคคอลลอยด์คือ สารคอมเพล็กซ์ ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างไฮโดรไลซิสจาก Al^{+3} ถึง Al(OH)_3 สารคอมเพล็กซ์อาจมีประจุลบหรือบวกก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ pH ของน้ำ กล่าวคือ ถ้า pH ของน้ำ สูงกว่าจุดสะเทินทางไฟฟ้า (Zero Point of Charge) ของ $\text{Al(OH)}_3(\text{s})$ จะเกิดสารคอมเพล็กซ์ประจุลบ เช่น Al(OH)^{+4} , Al(OH)_5^{-2} ถ้า pH ของน้ำ ต่ำกว่าจะสะเทินทางไฟฟ้าของ $\text{Al(OH)}_3(\text{s})$ ซึ่งเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปในกระบวนการโคแอกกูเลชันจะเกิดสารคอมเพล็กซ์ประจุบวกเช่น Al(OH)^{+2} , Al(OH)^{+2} , $\text{Al}_7(\text{OH})_{17}^{+4}$, $\text{Al}_{13}(\text{OH})_{34}^{+5}$ (รูปที่ 3-6)

3.2.1.2 โพลีอลูมินัมคลอไรด์ (PACl หรือ PolyAluminium Chloride)

เป็นสารสร้างตะกอนที่นำใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1970 เป็นต้นมา นิยมใช้ในประเทศญี่ปุ่นและบางประเทศในทวีปยุโรป PACl ถูกเตรียมขึ้นโดยอลูมิเนียมในรูป Al_2O_3 ทำปฏิกิริยากับ HCl ที่อุณหภูมิสูงเพื่อให้อรวมตัวเป็น AlCl_3 หลังจากนั้นจะทำปฏิกิริยากับเบสที่อุณหภูมิและความดันสูง เพื่อรวมตัวเป็นอลูมิเนียมโพลิเมอร์ สูตรทั่วไปของ PACl คือ $\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{3n-m}$ เมื่อ PACl ละลายน้ำจะไฮโดรไลซ์ทันที เป็นอลูมิเนียมเชิงซ้อนมากมาย ซึ่งตัวที่ประสิทธิภาพมากที่สุดคือ $[\text{Al}_{13}\text{O}_4(\text{OH})_{24}]^{+7}$ หรือ Al^{+13} การรวมตัวเป็นอลูมิเนียมขึ้นอยู่กับระดับการรวมตัวของต่างกับสารละลายอลูมิเนียม ชนิดและความเข้มข้นของต่าง ความเข้มข้นของสารละลายอลูมิเนียมคลอไรด์



รูปที่ 3-5 ไดอะแกรมที่ใช้ในการออกแบบและควบคุมโคแอกกูเลชันด้วยสารส้ม

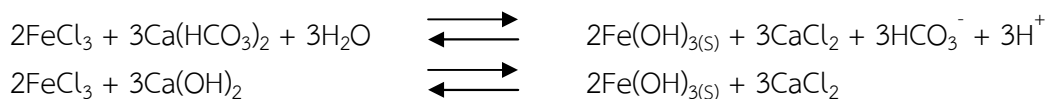


รูปที่ 3-6 ความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบเชิงซ้อนกับค่า pH

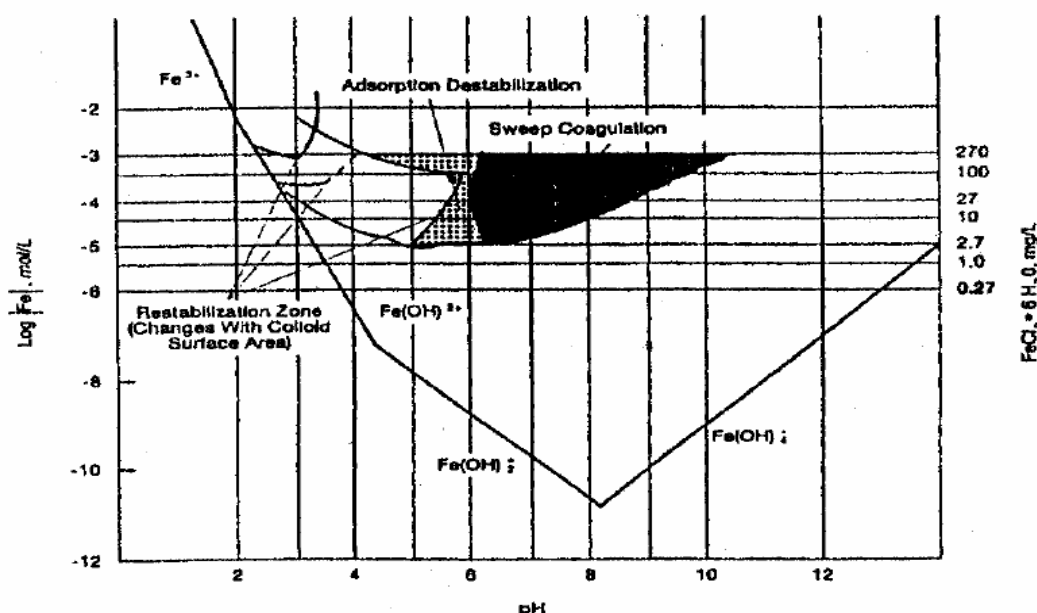
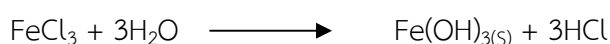
3.2.1.3 เฟอริกคลอไรด์ (Ferric chloride)

เฟอริกคลอไรด์ (Ferric chloride) มีสูตรทางเคมีว่า $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ หรือ FeCl_3 anhydrous มีลักษณะผลึกสีน้ำตาลหรือเหลือง เป็นเม็ดสีเขียวหรือดำ และมีรูปสารละลายสีน้ำตาลแกมเหลือง ปกติจะละลายน้ำได้ดี สารละลายจะมีฤทธิ์เป็นกรดและกัดกร่อน ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นจะได้ตะกอนเฟอริกไฮดรอกไซด์ ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) สามารถทำปฏิกิริยาได้ดีที่สุด pH 3.5-6.5 และ pH สูงกว่า 8.5 ตามลำดับ ดังรูปที่ 3-8

เฟอริกคลอไรด์เป็นสารเคมีที่แตกตัวในน้ำ รูปแบบของสารประกอบเหล็กเมื่อละลายน้ำนั้นจะมีประจุบวก สามารถทำให้เป็นกลางได้โดยใช้ประจุลบที่เกิดจากของแข็งในน้ำตะกอน ด้วยเหตุนี้จึงเป็นสาเหตุของการรวมกลุ่มของตะกอนเฟอริกคลอไรด์จะทำปฏิกิริยากับ Bicarbonate alkalinity ในน้ำตะกอนและเปลี่ยนรูปเป็นเหล็กไฮดรอกไซด์กับ Bicarbonate alkalinity ดังนี้



การสร้างโคแอกกูเลชันด้วยสารส้มไม่อาจได้ผลดีมากนักกับน้ำอ่อนที่มีสีเข้ม กรณีเช่นนี้เฟอริกคลอไรด์ให้ผลดีกว่า เมื่อเติมเฟอริกคลอไรด์ให้กับน้ำ จะมีผลึกเฟอริกไฮดรอกไซด์เกิดขึ้นดังนี้



รูปที่ 3-7 ไดอะแกรมที่ใช้ในการออกแบบและควบคุมโคแอกกูเลชันด้วยเฟอริกคลอไรด์

3.2.1.4 เฟอริกซัลเฟต (Ferric Sulfate)

สารเฟอริกซัลเฟต มีสีน้ำตาลแดงหรือสีเทามีน้ำหนักโมเลกุล 399.9 ความสามารถในการละลายน้ำได้ดีถึง 300 กรัม/100 กรัมของน้ำที่อุณหภูมิ 20 °C สามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ดีที่สุด pH 3.5-7.0 และ pH สูงกว่า 9.0 เมื่อเติมลงในน้ำจะทำปฏิกิริยาดังสมการ



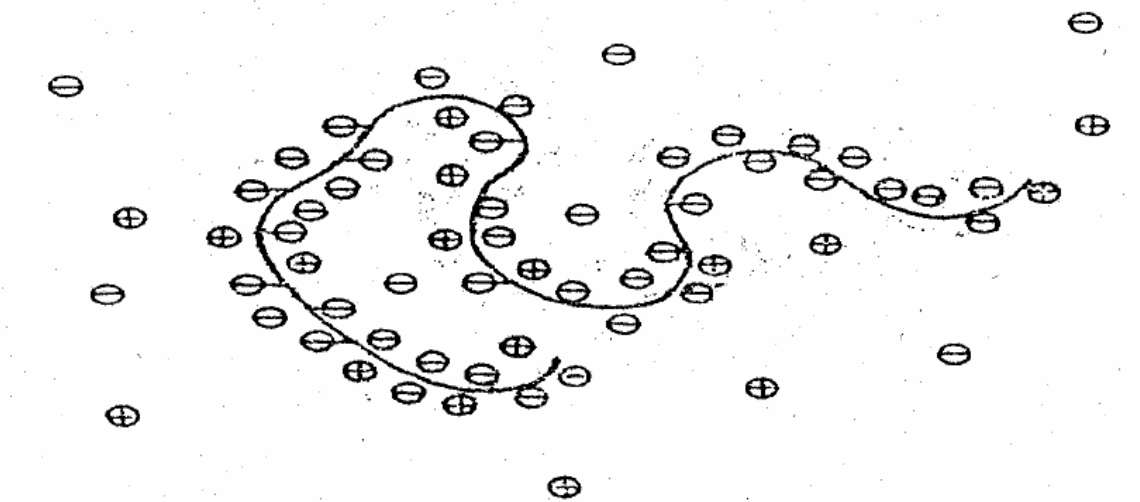
3.2.2 สารเคมีช่วยตกตะกอน (Coagulation aid)

เป็นสารที่ช่วยสร้างแกนตะกอนได้ดียิ่งขึ้น และทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมต่อระหว่างอนุภาคคอลลอยด์หลายๆ ตัว ทำให้ตะกอนมีขนาดใหญ่ เกาะกันแน่นและตกตะกอนได้ง่าย ในปัจจุบันสารช่วยสร้างตะกอน ที่นิยมใช้กันมากที่สุดจะเป็นสารอินทรีย์สังเคราะห์แบบต่างๆ ซึ่งเรียกว่า โพลีเมอร์ (Polymer) มีหลายชนิดตามตารางที่ 3-2

โพลิเมอร์สามารถแบ่งได้อย่างกว้างๆ 2 ชนิด คือ

1) โพลิเมอร์ที่ได้จากธรรมชาติ ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำมีหลายชนิด เช่น เซลลูโลส (Cellulose) เจลาติน (Gelatin) และแป้ง (Starch)

2) โพลิเมอร์ที่ได้จากการสังเคราะห์ ในปี ค.ศ.1979 มีการสังเคราะห์โพลิเมอร์ขึ้นอย่างสมบูรณ์และนิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง Polyacrylamide ที่สร้างขึ้นจาก monomer ที่รวมกันเป็นสายโซ่ยาว จำนวนโมเลกุลจะประกอบด้วยน้ำหนักโมเลกุลในปริมาณเป็นล้านหน่วย แสดงดังรูปที่ 3-8



รูปที่ 3-8 รูปร่างโพลิเมอร์ประกอบด้วยน้ำหนักโมเลกุลในปริมาณล้านหน่วย

องค์ประกอบและรูปแบบทางด้านกายภาพของโพลิเมอร์มีรูปร่างเป็นโซ่ยาว (long chain) เป็นสารเคมีชนิดพิเศษ สามารถสังเคราะห์ขึ้นได้อย่างสมบูรณ์จาก monomers หลายๆ อันรวมกัน หรือทำได้จากการเพิ่มสารเคมีลงไป เพื่อเพิ่มหน้าที่ของ monomers แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ

1) Cationic polymer มีประจุบวกบนส่วนของสารอินทรีย์ ระดับของประจุบนโพลิเมอร์ขึ้นอยู่กับจำนวนไอออนของ nitrogen groups สามารถรวมตะกอนที่มีประจุลบได้เป็นอย่างดี นิยมใช้ในการปรับสภาพตะกอนตัวอย่าง เช่น polydiallyldimethyl ammonium สารรวมตะกอน polyacrylamide cation polymer จะนิยมใช้ในงานปรับสภาพตะกอน เนื่องจากของแข็งในน้ำตะกอนมีประจุลบ

2) Anionic Polymer มีประจุลบบนส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ จำนวนประจุลบขึ้นอยู่กับจำนวนกลุ่มของ acrylamide ที่ละลายอยู่ใน acrylic acid ชนิดของ anionic polymer เช่น polyacrylamide acid (PAA), hydrolyzed polyacrylamide (HPAM) และ polystyrene sulfate (PSS) สารรวมตะกอน polyacrylamide ประเภท anionic มีประจุไฟฟ้าเป็นลบเมื่อละลายน้ำและทำให้เกิดกลุ่ม amide group (NH₂) หรือเกิดจากการรวมกลุ่มของ anionic monomer จนเป็น acrylamide polymer

3) Nonionic polymer ไม่ละลายน้ำแต่มีประสิทธิภาพในการเชื่อมอนุภาคของตะกอนให้เกิดการรวมกลุ่มกันได้ดี ในทางปฏิบัติ nonionic polymer อาจเกิดจากการรวมกันของสารอินทรีย์โพลิเมอร์และสารอินทรีย์โพลิเมอร์ ซึ่งจะเพิ่มความแข็งแรงของฟล็อก

3.2.3 สารเคมีปรับสภาพน้ำ ก่อนและหลังตกตะกอนหรือเปลี่ยนอ็อกซิเจนจากรูปละลายน้ำ เป็นรูปผลึก

สารที่ใช้ในการปรับสภาพน้ำให้อยู่ในสภาพกรดหรือด่างที่เหมาะสม ก่อนเติมสารสร้างตะกอน หรือปรับคุณภาพน้ำหลังตกตะกอนให้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด รวมทั้งเปลี่ยนอ็อกซิเจนจากรูปละลายน้ำ เป็นรูปผลึก หรือการแยกสารโลหะบางชนิด ทำได้โดยเติมสารเคมี เช่น ปูนขาวหรือโซดาไฟลงในน้ำ จนมีค่า pH ที่เหมาะสม ทำให้โลหะตกตะกอน และสามารถแยกออกจากน้ำได้ เป็นต้น ตามตารางที่ 3-3

3.2.3.1 ปูนขาว (lime) (Ca(OH)_2) และปูนสุก (CaO)

- ปูนขาวจะมีปริมาณเนื้อปูนเทียบเป็น Ca(OH)_2 ไม่น้อยกว่า 82% (ขึ้นกับชนิดของปูนขาว) และเทียบเป็นเนื้อ CaO ไม่น้อยกว่า 62%

- ปูนสุก จะมีปริมาณเนื้อปูนเทียบเป็น CaO ไม่น้อยกว่า 85% (ขึ้นกับชนิดของปูนขาว) ปูนสุกเมื่อละลายน้ำจะเกิดความร้อน

3.2.3.2 โซดาแอช (Soda Ash) หรือ (Sodium carbonate)

โซดาแอช (Na_2CO_3) เป็นสารประกอบเกลือของกรดคาร์บอนิก มีลักษณะเป็นผงสีขาว ไม่มีกลิ่น ดูดความชื้นจากอากาศได้ ละลายน้ำได้ดี เมื่อละลายน้ำมีฤทธิ์เป็นด่าง เป็นสารช่วยปรับความเป็นด่างในน้ำ

3.2.3.3 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (โซดาไฟ)

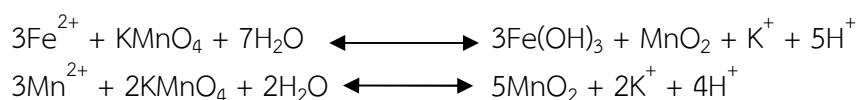
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาว ดูดความชื้นดีมาก ละลายน้ำได้ดี มักใช้แทนที่ปูนขาว เพื่อเพิ่ม Alkalinity และความเป็นด่างในน้ำ

3.2.3.4 กรดเกลือ (Hydrochloric Acid)

กรดเกลือ (HCl) เป็นของเหลวที่มีค่าความเข้มข้นต่างๆ เช่น กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 35% และ 37% จัดเป็นกรดแก่ ใช้ปรับความเป็นกรด โดยเฉพาะสารที่เป็นด่างให้มีความเป็นกรด

3.2.3.5 ด่างทับทิม (Potassium permanganate, KMnO_4)

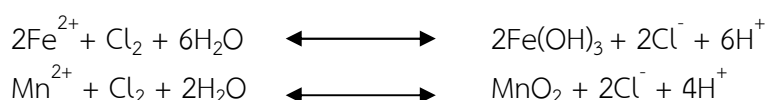
มีลักษณะเป็นผลึกสีม่วง ละลายน้ำได้ดี เป็นเกลือชนิดหนึ่ง มีฤทธิ์เป็นด่างอ่อนๆ และมีคุณสมบัติเป็นสารออกซิเดชัน (Oxidation) อย่างแรง เช่น การกำจัดเหล็กและแมงกานีสในน้ำ เป็นต้น โดยเติมในน้ำดิบก่อนเข้าสู่กระบวนการตกตะกอน ด่างทับทิมจะทำปฏิกิริยาเปลี่ยนอ็อกซิเจนที่อยู่ในรูปละลายน้ำ ให้อยู่ในรูปผลึก ปฏิกิริยาตามสมการดังนี้



ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วที่ pH สูงกว่า 7.0 ทำลายค่าอัลคาไลน์ในน้ำ ควรหาเวลาในการเกิดปฏิกิริยาที่เหมาะสม เพื่อให้แน่ใจว่าทั้งเหล็กและแมงกานีสได้ถูกเปลี่ยนสภาพอย่างสมบูรณ์

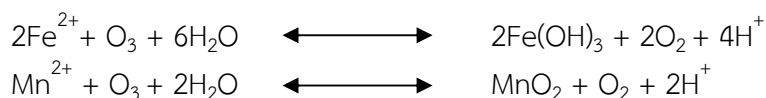
3.2.3.6 คลอรีน (Chlorine)

คลอรีนสามารถทำปฏิกิริยากับสารต่างๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำ เช่น เหล็ก (Fe) ก๊าซไข่เน่า (H_2S) แมงกานีส (Mn) และแอมโมเนีย (NH_3) เป็นต้น ปฏิกิริยาตามสมการดังต่อไปนี้



3.2.3.7 โอโซน (Ozone หรือ O₃)

โอโซนเป็นโมเลกุลที่ประกอบด้วย ออกซิเจน 3 อะตอม ปรากฏอยู่ในชั้นบรรยากาศของโลก ก๊าซโอโซนเป็นตัวออกซิไดส์ที่ตีมาก และในขณะเดียวกันก็เป็นสารที่ไม่อยู่ตัว มักจะสลายเป็นก๊าซออกซิเจนได้ง่าย โดยปกติโอโซนมักออกซิไดส์โลหะ (ยกเว้นทองคำ แพลทินัม และแพลเลเดียม) ให้มีเลขออกซิเดชันสูงขึ้น ในระบบผลิตน้ำประปานิยมนำโอโซนมาใช้ในการกำจัดเหล็กและแมงกานีส ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาตามสมการดังนี้



นอกจากนี้โอโซนยังช่วยในการทำลาย และยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อโรค เซลล์โปรตีนที่ห่อหุ้มและหล่อเลี้ยงเชื้อโรคต่างๆ เช่น แบคทีเรีย ไวรัส สปอร์ หรือเชื้อรา จะถูกโอโซนเข้าไปทำลาย ทำให้เชื้อโรคไม่สามารถเจริญเติบโตได้

3.2.4 สารเคมีกำจัด สาหร่าย สี กลิ่น และฆ่าเชื้อโรคในน้ำ

สารเคมีที่เติมลงในน้ำดิบ เพื่อกำจัดสาหร่าย สี กลิ่น และฆ่าเชื้อโรคในน้ำ ตามตารางที่ 3-4

3.2.4.1. ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)

เป็นผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วย คาร์บอน ที่ได้จากถ่าน เป็นวัสดุที่มีโครงสร้างรูพรุนขนาดเล็ก (microporosity) เกิดขึ้นจำนวนมากและขนาดรูพรุนแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการผลิต และวัตถุประสงค์การใช้งาน มีพื้นที่ผิวการดูดซับสูงมาก ทำให้มีคุณสมบัติดูดซับที่ดีโดยเฉพาะในสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในของเหลวหรือก๊าซได้ในปริมาณสูง สามารถกำจัดสี กลิ่น ก๊าซได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กระบวนการดูดซับเกิดขึ้นเมื่อสารต่าง ๆ มีการเคลื่อนที่โดยการแพร่กระจายไปเกาะบนผิวรอบนอกของตัวกลางก่อน ตัวกลางที่ดีจะมีลักษณะเป็นรูพรุน ภายในรูจะมีช่องเป็นโพรงลดเลี้ยวไปมา ซึ่งโมเลกุลของสารต่างๆ สามารถเคลื่อนที่ลึกลงไปในช่องโพรง มีพื้นที่ผิวสัมผัสได้มาก ทำให้ดูดซับได้มากขึ้น

3.2.4.2. คอปเปอร์ซัลเฟต (Copper Sulfate)

คอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO₄) หรือจุนสี เป็นสารประกอบของทองแดง กำมะถันและออกซิเจน พบได้หลายรูปแบบตามจำนวนโมเลกุลน้ำที่ประกอบอยู่ในผลึก จุนสีที่ปราศจากน้ำ (anhydrous) เป็นผงสีขาว สามารถใช้ป้องกันตะไคร่และสาหร่ายในแหล่งน้ำดิบ

3.2.4.3 สารเคมีที่ใช้ในฆ่าเชื้อโรคในน้ำ

คลอรีน (Cl₂) เป็นธาตุที่อยู่ในกลุ่มฮาโลเจน (กลุ่ม O) ในตารางธาตุ มีลักษณะเป็นก๊าซ สีเหลืองแกมเขียว มีกลิ่นฉุน ไม่พบในธรรมชาติ คลอรีนที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำประปามีดังนี้

1) คลอรีนก๊าซ ในสภาวะอุณหภูมิและความดันปกติ จะอยู่ในรูปก๊าซสีเขียวตองอ่อน ในสภาวะภายใต้ความดันสูง จะเปลี่ยนเป็นของเหลวสีเหลืองอำพัน ความเข้มข้นคลอรีน 99% ในสภาพแห้ง คลอรีนจะไม่กัดกร่อนโลหะ แต่ถ้ามีความชื้นอยู่ด้วยการกัดกร่อนจะรุนแรงไม่ระเบิดและติดไฟ แต่ช่วยให้ไฟติดเหมือน ก๊าซออกซิเจน

2) คลอรีนน้ำ (NaClO) หรือโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความหมายต่างจากคลอรีนก๊าซที่อยู่ในรูปของเหลว มีลักษณะเป็นสารละลายสีเขียวตอง มีปริมาณเนื้อคลอรีน ในช่วง 7-15% คลอรีนประเภทนี้ใช้งานง่าย แต่ราคาค่อนข้างแพงเมื่อเทียบกับคลอรีนก๊าซ

3) คลอรีนผง ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) หรือ แคลเซียมไฮโปคลอไรด์มีลักษณะเป็น ผง เม็ด หรือ เกล็ด สีขาว ปริมาณเนื้อคลอรีนในช่วง 60-70 เปอร์เซ็นต์ ใช้งานไม่สะดวกเหมือนคลอรีนน้ำ ต้องนำมาละลายน้ำ แล้วนำส่วนที่เป็นของเหลวไปใช้งาน เหมาะสำหรับงานประปาขนาดเล็ก เนื่องจากขนส่งง่ายมีความปลอดภัย

4) คลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2) ใช้เป็นสารควบคุมกลิ่น-รส และกำจัดเชื้อโรค เมื่อละลายน้ำจะได้สารละลายสีเหลือง มีประสิทธิภาพในการออกซิไดซ์มากกว่าคลอรีนก๊าซ (Cl_2) 2.5 เท่า แต่เนื่องจากคลอรีนไดออกไซด์ ไม่สามารถเก็บรักษาได้อย่างปลอดภัย ไม่สะดวกในการขนส่ง จำเป็นต้องมีการผลิตขึ้นในพื้นที่ที่ใช้งาน

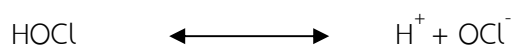
ปฏิกิริยาของคลอรีนในน้ำ

คลอรีนเมื่ออยู่ในน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ให้กรดไฮโปคลอรัส และ กรดไฮโดรคลอริก

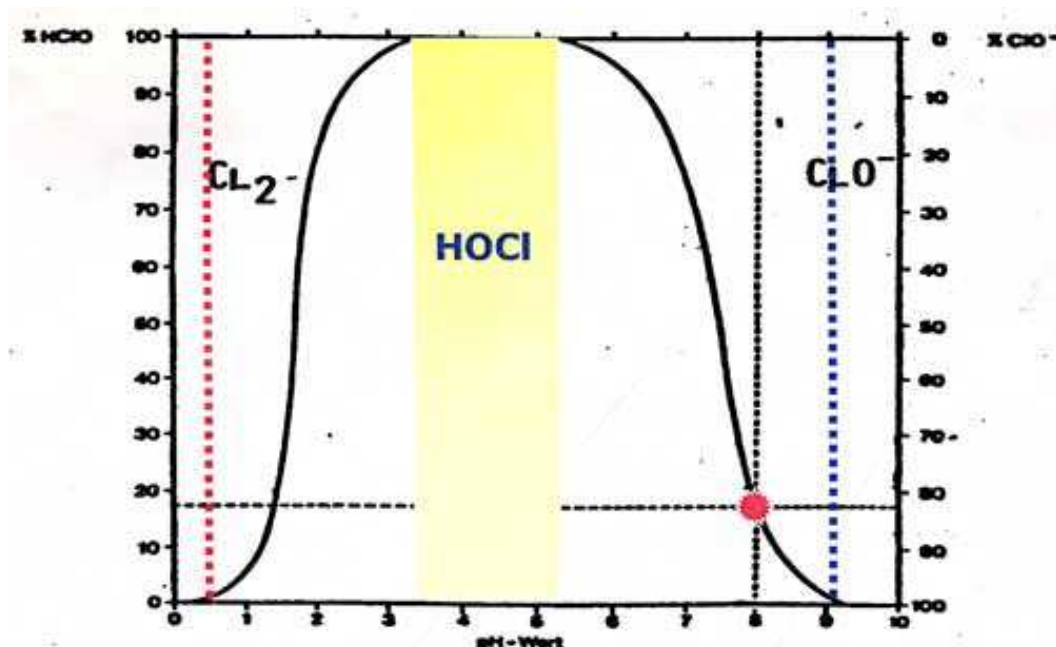
ดังสมการ



กรด HOCl แตกตัวในน้ำจะให้ hydrogen ion และ hypochlorite ion ดัง สมการ



Cl_2 HOCl และ OCl^- เรียกว่าคลอรีนอิสระคงเหลือ (Free residual Chlorine) ปริมาณคลอรีนอิสระคงเหลือชนิดใดจะมากหรือน้อยกว่ากันอยู่ที่ สภาพ pH ของน้ำ ที่ pH ของน้ำต่ำกว่า 1 คลอรีนอิสระคงเหลือจะอยู่ในรูปของคลอรีนก๊าซ (Cl_2) ทั้งหมด และจะระเหยสู่บรรยากาศ ที่ pH 1- 3.5 คลอรีนอิสระจะอยู่ในรูปของก๊าซ และ HOCl ที่ pH ในช่วง 3.5 – 5.5 คลอรีนอิสระจะอยู่ในรูป HOCl ทั้งหมด ที่ pH ในช่วง 5.5- 9 จะอยู่ในรูปของ HOCl และ OCl^- และที่ pH ตั้งแต่ 9 ขึ้นไป จะอยู่ในรูป OCl^- (รูปที่ 3-9)

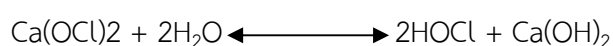
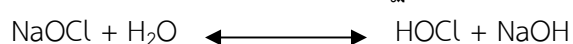


รูปที่ 3-9 ผลของ pH ต่อการเปลี่ยนแปลงชนิดของคลอรีนอิสระคงเหลือ

คลอรีนอิสระในรูป HOCl มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคมากกว่าคลอรีนในรูป OCl^- ถึง 100 เท่า ดังนั้นเพื่อให้ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคสูง ควรมีคลอรีนในรูปของ HOCl เหลืออยู่ในน้ำ ตามคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก การฆ่าเชื้อโรคในน้ำทั้งแบคทีเรียและไวรัส โดยทั่วไปกำหนดให้ปริมาณคลอรีนอิสระที่เหลืออยู่ในน้ำ เมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที ต้องไม่ต่ำกว่า 0.5 มก./ล. โดยที่ pH ของน้ำ ไม่สูงกว่า 8 และความขุ่น ไม่เกิน 1 NTU

Combined residual chlorine มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคต่ำ แต่คงทนอยู่ในน้ำได้ยาวนานกว่าคลอรีนอิสระ ทั้ง Free Residual Chlorine และ Combined Residual Chlorine รวมกันเรียกว่า คลอรีนคงเหลือทั้งหมด (Total Residual Chlorine)

สำหรับคลอรีนน้ำและคลอรีนผง ปฏิกริยาในน้ำเป็นไปตามสมการ



การใช้คลอรีนน้ำและผง เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้คลอรีนก๊าซ จะเห็นว่าการใช้คลอรีนน้ำและผง จะทำให้แนวโน้มของค่า pH เป็นไปในทางที่สูงขึ้น เนื่องจากตามสมการ จะมีด่างเกิดขึ้น แต่การใช้คลอรีนก๊าซจะทำให้แนวโน้มของค่า pH ในน้ำต่ำลง เนื่องจากมีกรดเกิดขึ้น

ตารางที่ 3-1 แสดงชนิด คุณสมบัติ ข้อดีและข้อควรระวังของสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการสร้างตะกอน (Coagulant)

ชนิดสารเคมี	ช่วง pH ที่เหมาะสม	คุณสมบัติ	ข้อดี	ข้อควรระวังการใช้งาน
1) สารส้ม (Alum หรือ Aluminium sulfate) $Al_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O$ (n=14 หรือ 18)	5.5-8.0	- มีทั้งแบบแข็ง เป็นก้อน ผง สีขาวปราศจากสิ่งแปลกปลอมที่มองเห็นได้ - แบบเหลว เป็นของเหลวใส ไม่เป็นเจล ไม่มีกลิ่น ไม่มีสี ปราศจากสิ่งแปลกปลอมที่มองเห็นได้ แบบแข็ง : คุณสมบัติทางเคมี - สารที่ไม่ละลายน้ำไม่เกิน 0.3 % (w/w) - ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ไม่น้อยกว่า 2.8 - อะลูมินา (Al_2O_3) 16.0 % (w/w) - เกลือแอมโมเนียม (NH_3) 0.03 % (w/w) - เหล็ก (Fe) 0.1 % (w/w) - โลหะหนัก (Pb) 40 มก.ต่อกก. - สารหนู (As_2O_3) 5.0 มก.ต่อกก. - แมงกานีส (Mn) 50 มก.ต่อกก. - เป็นกรดและมีฤทธิ์กัดกร่อน - ละลายน้ำได้ดี 36.4 กรัม/100 มล. (20 °C) - สารส้ม 1 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำลายสภาพความเป็นต่าง 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตรของ $CaCO_3$ แบบเหลว : คุณสมบัติทางเคมี - ให้ใช้เกณฑ์ครึ่งหนึ่งของแบบแข็ง และมีความเป็นกรด-ด่าง (pH) ไม่น้อยกว่า 2.8	- หาซื้อง่ายและราคาถูก - เหมาะสำหรับใช้ในการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์และสารแขวนลอยจนเกิดการสร้างตะกอน	- ควรควบคุมการตกตะกอนให้มีปริมาณสารเคมีที่เหมาะสม เพื่อประสิทธิภาพในการตกตะกอน ป้องกันสารส้มตกค้างในน้ำประปา - การสัมผัสกับฝุ่นของสารส้ม ทำให้เกิดอาการระคายเคือง อักเสบ ผิวหนัง ดวงตา ทางเดินหายใจ

ตารางที่ 3-1 แสดงชนิด คุณสมบัติ ข้อดีและข้อควรระวังของสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการสร้างตะกอน (Coagulant) (ต่อ)

ชนิดสารเคมี	ช่วง pH ที่เหมาะสม	คุณสมบัติ	ข้อดี	ข้อควรระวังการใช้งาน
2) โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl หรือ Polyaluminum chloride) $Al_2(OH)_xCl_{(6-x)}$ เมื่อ $x = 0-6$	กว้างกว่า 5.5-8.0	1. ชนิดผง คุณสมบัติทางด้านเคมี - อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ไม่น้อยกว่า 29% (w/w) - เบสิกซิตี (Basicity) 85 ถึง 65% (w/w) - ความเป็นกรดต่าง 3.5 ถึง 5.0 - ซัลเฟต 10.5 % (w/w) - เหล็ก (Fe) 1.0 % (w/w) - เหล็กแอมโมเนียม (N) 300 มก.ต่อกก. - สารหนู (As) 3.0 มก.ต่อกก. - แมงกานีส (Mn) 45 มก.ต่อกก. - แคดเมียม (Cd) 3.0 มก.ต่อกก. - ตะกั่ว (Pb) 15 มก.ต่อกก. -ปรอท (Hg) 0.3 มก.ต่อกก. -โครเมียม (Cr) 15 มก.ต่อกก.	- เหมาะสำหรับน้ำที่มีความขุ่นสูง หรือน้ำที่มีคุณสมบัติตกตะกอนยากด้วยสารส้ม - ละลายน้ำได้เร็วกว่า สารส้ม ใช้งานได้ดีในน้ำมีอุณหภูมิต่ำ - ใช้ในปริมาณน้อยกว่าสารส้ม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำ - การใช้สาร PACl แทนสารส้มสามารถเพิ่มกำลังผลิตโดยไม่ปรับโครงสร้างระบบผลิต ลดระยะเวลาการเตรียมสารและการใช้พลังงาน - เหมาะสำหรับ กบ.สาขขนาดใหญ่ ซึ่งใช้สารเคมีปริมาณมาก น้ำดิบมีความขุ่นสูง หรือตกตะกอนยากด้วยสารส้ม - การเปลี่ยนแปลงของ pH Alkalinity น้อยกว่าการใช้สารส้ม ทำให้ลดปริมาณการใช้สารเคมีในการปรับ pH	- PACl ชนิดผงมีอายุการเก็บรักษาชนิดผงไม่เกินกว่า 2 ปี - PACl ชนิดเหลวมีอายุการเก็บรักษาไม่เกินกว่า 1 ปี - กรณีเป็นของเหลว ให้เก็บในภาชนะประเภทพลาสติก หรือโฟเบอร์กลาส - การสัมผัสฝุ่นหรือไอเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคืองและกัดกร่อนต่อผิวหนัง ตาและทางเดินหายใจ
		2. ชนิดเหลว คุณสมบัติทางด้านเคมี - อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ไม่น้อยกว่า 10- 11 % (w/w) - ความถ่วงจำเพาะ ที่ 20°C 1.19 - เบสิกซิตี (Basicity) 45 ถึง 65% (w/w) - ความเป็นกรดต่าง 3.5 ถึง 5.0 - ซัลเฟต 35. % (w/w) - เหล็ก (Fe) 100 มก.ต่อกก. - เหล็กแอมโมเนียม (N) 100 มก.ต่อกก.		

ตารางที่ 3-1 แสดงชนิด คุณสมบัติ ข้อดีและข้อควรระวังของสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการสร้างตะกอน (Coagulant) (ต่อ)

ชนิดสารเคมี	ช่วง pH ที่เหมาะสม	คุณสมบัติ	ข้อดี	ข้อควรระวังการใช้งาน
2) พอลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl) (ต่อ)	กว้างกว่า 5.5-8.0	ชนิดเหลว (ต่อ) - สารหนู (As) 1.0 มก.ต่อกก. - แมงกานีส (Mn) 15 มก.ต่อกก. - แคดเมียม (Cd) 10. มก.ต่อกก. - ตะกั่ว (Pb) 5.0 มก.ต่อกก. - ปรอท (Hg) 0.1 มก.ต่อกก. - โครเมียม (Cr) 5.0 มก.ต่อกก.		
3) เฟอริกคลอไรด์ (Ferric Chloride) (FeCl ₃ ·6H ₂ O)	5.0 – 11.0	- มีทั้งเป็นผลึกสีน้ำตาล และของเหลวสีน้ำตาลแกมเหลือง - ละลายน้ำได้ดี มีความเข้มข้น 46 % - ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นจะได้ตะกอนเฟอริกไฮดรอกไซด์สูงถึง 46 %	- ใช้ได้ดีกับน้ำอ่อนที่มีสีสูง และใช้แก้ไขปัญหาคูณภาพน้ำมีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ - ทำปฏิกิริยากับความเป็นด่างในน้ำ - สามารถกำจัดเหล็กและแมงกานีสในน้ำที่มี pH สูงๆ	- เป็นกรดและมีฤทธิ์กัดกร่อนสูง จึงไม่ควรเก็บในถังเหล็ก - การสัมผัส สูดดมฝุ่นหรือไอ จะทำให้ระคายเคือง ต่อทางเดินหายใจ ดวงตาและผิวหนัง
4) เฟอรัสซัลเฟต Ferrous sulfate (FeSO ₄ ·7H ₂ O)	8.5- 11.0	ชนิดผง - เป็นกรดและมีฤทธิ์กัดกร่อน - เฟอรัสซัลเฟต 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ต้องใช้ ปูนขาว 0.27 มิลลิกรัมต่อลิตร	- ใช้กับน้ำที่มีความเป็นด่างสูงเพื่อให้เกิดเป็นเฟอริกไฮดรอกไซด์ ซึ่งละลายอยู่ในน้ำ จึงต้องมีการเติมอากาศหรือใส่คลอรีนเพื่อออกซิไดซ์เป็นเฟอริกไฮดรอกไซด์ จึงจะตกตะกอนได้ - ในน้ำธรรมชาติที่มีความเป็นด่างไม่เพียงพอที่จะทำปฏิกิริยากับเฟอรัสซัลเฟต เพื่อให้เกิดเป็นเฟอริกไฮดรอกไซด์ จึงต้องเติมปูนขาวลงไปเพื่อปรับ pH สูงขึ้นเป็น 8.5	- ใช้งานยากและมีฤทธิ์กัดกร่อนสูง - .ในน้ำที่มีค่าความเป็นด่างน้อย ต้องใช้งานเฟอรัสซัลเฟต ร่วมกับปูนขาวปรับ pH ให้สูงกว่า 8.5 เพื่อให้เกิดเป็นเฟอริกไฮดรอกไซด์

ตารางที่ 3-2 แสดงชนิด คุณสมบัติ ข้อดีและข้อควรระวังการใช้งานสารเคมีช่วยตกตะกอน (Coagulation aid)

ชนิดสารเคมี	คุณสมบัติ	ข้อดี	ข้อควรระวังการใช้งาน
1) โพลีอิเล็กโทรไลต์ (Polyelectrolyte)	- มีทั้งชนิดเป็นเม็ดและเป็นของเหลว - เป็นสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ เกิด ขึ้นจากการรวมตัวกันของ โมโนเมอร์เป็นสายยาว ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมระหว่างอนุภาค หรือฟล็อกให้เกิดเป็นฟล็อกขนาดใหญ่ และตกตะกอนได้ง่าย - มี 3 ประเภท ได้แก่ 1) โพลีเมอร์ประจุบวก (Cationic Polymer) สามารถรวมตัวกับตะกอนที่มี ประจุลบได้เป็นอย่างดี นิยมใช้ในการปรับสภาพตะกอน 2) โพลีเมอร์ประจุลบ (Anionic Polymer) เป็นสารที่มีประจุลบเมื่อละลายน้ำ ทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมต่อระหว่างอนุภาคคอลลอยด์หลายๆ ตัว ทำให้มี ขนาดใหญ่ เกาะกันแน่นและตกตะกอนได้ง่าย 3) โพลีเมอร์ที่ไม่มีประจุ (NonIonic Polymer) ส่วนใหญ่ไม่ละลายน้ำแต่ทำให้ ตะกอนรวมกลุ่มกันได้ดี ทำให้ฟล็อกมีขนาดใหญ่ เกาะกันแน่น และตกตะกอน ได้ง่าย	- เหมาะสำหรับน้ำดิบที่มีความขุ่นสูง หรือน้ำดิบที่มี คุณสมบัติตกตะกอนยาก ตะกอนมีน้ำหนักเบา - โพลีเมอร์แบบประจุลบและแบบไม่มีประจุทำหน้าที่เป็น สะพานเชื่อมต่อระหว่างอนุภาคคอลลอยด์หลายๆ ตัว ทำ ให้มีขนาดใหญ่ เกาะกันแน่นและตกตะกอนได้ง่าย โดย เติมหลังการสร้างตะกอน - โพลีเมอร์ประจุบวก สามารถใช้ร่วมกับสารส้ม โดยเติม ร่วมกับสารส้ม ซึ่งช่วยลดการใช้สารส้มลงได้	- โพลีเมอร์มีราคาแพง - การเติมโพลีเมอร์แต่ละชนิด ต้องเลือกจุด จ่ายให้เหมาะสม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ สูงสุด

ตารางที่ 3-3 แสดงชนิด คุณสมบัติ ข้อดีและข้อควรระวัง การใช้งานของสารเคมีปรับสภาพน้ำ ก่อนและหลังตกตะกอนหรือเปลี่ยนอออนจากรูปละลายน้ำให้เป็นรูปผลึก

ชนิดสารเคมี	คุณสมบัติ	ข้อดี	ข้อควรระวังการใช้งาน
1) ปูนขาว (Lime)	- เป็นผงสีขาว มีฤทธิ์เป็นด่างอ่อน มี pH 12 - มีความสามารถในการละลายน้ำได้น้อยมาก ประมาณ 0.2 % - ปูนสุก มีปริมาณเนื้อเทียบเป็น CaO ไม่น้อยกว่า 85% โดยปูนสุกละลายน้ำจะเกิดความร้อน - ปูนขาวมีปริมาณเนื้อเทียบเป็น (Ca(OH)₂) ไม่น้อยกว่า 85% เทียบเป็นเนื้อ CaO ไม่น้อยกว่า 65%	- ละลายน้ำได้น้อยมาก 0.2 % ดังนั้นการจ่ายปูนขาวจึงต้องจ่ายเป็นทั้งเนื้อและน้ำ (Slurry) ควรใช้ใบพัดกวนอย่างช้าๆตลอดเวลา รวมทั้งควรมีการล้างท่อด้วยน้ำประปา (Auto fushing หรือ manual fushing) เมื่อหยุดจ่ายปูนขาว เพื่อป้องกันปูนขาวตกค้างในท่อจ่าย และโรงจ่ายปูนขาวไม่ควรห่างไกลจากจุดเติมสาร เพราะอาจเกิดอุดตันภายในท่อภายหลังได้ - ปรับปรุงสภาพความเป็นกรด-ด่างในน้ำ และดิน ของแหล่งน้ำดิบ - ใช้ในการกำจัดความกระด้างในน้ำ - ใช้ในการปรับ pH ให้สูงกว่า 9.0 เพื่อกำจัดแมงกานีส	- การสัมผัสจะก่อให้เกิดการระคายเคืองและมีฤทธิ์กัดกร่อนต่อผิวหนัง ดวงตา ทางเดินหายใจ
2) โซดาแอช (Soda Ash) (Sodium carbonate) Na ₂ CO ₃	- มีลักษณะเป็นผงสีขาว ไม่มีกลิ่น สามารถดูดความชื้นจากอากาศได้ดี - ละลายได้ในน้ำ - มีฤทธิ์เป็นด่างแก่เมื่อละลายน้ำ	- ช่วยเพิ่มค่าความเป็นด่าง (เพิ่มค่าpH) ในน้ำ - ใช้ร่วมกับปูนขาวในระบบกำจัดความกระด้าง - เก็บในภาชนะบรรจุที่ปิดแน่น ในที่เย็นและแห้ง เพื่อป้องกันความชื้น	- การกลืนหรือกิน อาจทำให้เกิดความระคายคอ เวียนศีรษะ - การหายใจ สูดดม ก่อให้เกิดอันตราย ควรหลีกเลี่ยง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการได้รับเป็นเวลานาน - การสัมผัสทางผิวหนัง ก่อให้เกิดความระคายเคือง อาจเกิดอาการแสบไหม้ - หากเข้าตา จะเกิดอาการระคายเคืองอย่างรุนแรง เป็นอันตรายได้

ตารางที่ 3-3 แสดงชนิด คุณสมบัติ ข้อดีและข้อควรระวัง การใช้งานของสารเคมีปรับสภาพน้ำก่อนและหลังตกตะกอนหรือเปลี่ยนอออนจากรูปละลายน้ำให้เป็นรูปผลึก(ต่อ)

ชนิดสารเคมี	คุณสมบัติ	ข้อดี	ข้อควรระวังการใช้งาน
3) โซดาไฟ (Sodium Hydroxid) (Caustic soda ; NaOH)	- มีทั้งที่เป็นของแข็ง (เป็นก้อนหรือเกล็ด) และเป็นของเหลว (ซึ่งมีความเข้มข้นต่างกัน) - ถ้าอยู่ในรูปของสารละลาย มีฤทธิ์ในการกัดกร่อน เนื่องจากเป็นด่างแก่ - ถ้าอยู่ในรูปของของแข็ง จะดูดความชื้นได้ดีมาก เมื่อเอาออกมาจากภาชนะจะกลายเป็นของเหลว	- ใช้ประโยชน์ในการปรับ pH ในระบบผลิตน้ำ	- หลีกเลี่ยงการเตรียมโซดาไฟในภาชนะพลาสติก เนื่องจากจะเกิดความร้อนในขณะที่ทำให้เป็นสารละลาย - หลังจากการเตรียมเป็นสารละลายควรทิ้งไว้ให้เย็นก่อนทำการจ่าย - ถ้าหายใจเข้าไป จะเกิดอันตรายต่อร่างกาย ระคายเคืองต่อทางเดินหายใจ และดวงตา - เก็บในภาชนะบรรจุที่ปิดแน่น สนิท
4) กรดเกลือ (Hydrochloric Acid) (HCL)	- เป็นสารที่ไม่มีสี กลิ่นฉุน มีฤทธิ์ผุกร่อนอย่างรุนแรง - ในรูปของเหลว เรียกว่ากรดเกลือ (Hydrochloric acid) - ถ้ามีสถานะเป็นก๊าซ เรียกว่า Hydrogen chloride	- ใช้ในการปรับลดความเป็นกรดในน้ำ	- หากสัมผัสหรือ การหายใจเอาไอกรดเข้าไป จะก่อให้เกิดระคายเคืองต่อดวงตา ผิวหนัง และทำลายระบบทางเดินหายใจอย่างรุนแรง - ควรเก็บในภาชนะที่มีการปิดผนึกอย่างดี มีฉลากกำกับอย่าง ชัดเจน เวลาใช้ต้องสวมถุงมือ หน้ากากป้องกันไอกรด - เก็บให้ห่างจากแหล่งกำเนิดความร้อน ถ่ายเทอากาศที่ดี เย็นและแห้ง ควรนำมาใช้ในปริมาณที่ต้องการเท่านั้น

ตารางที่ 3-3 แสดงชนิด คุณสมบัติ ข้อดีและข้อควรระวัง การใช้งานของสารเคมีปรับสภาพน้ำก่อนและหลังตกตะกอนหรือเปลี่ยนอ็อกซิเจนจากรูปละลายน้ำให้เป็นรูปผลึก(ต่อ)

ชนิดสารเคมี	คุณสมบัติ	ข้อดี	ข้อควรระวังการใช้งาน
5) ด่างทับทิม (KMnO ₄) (Potassium Permanganate)	- เป็นเกล็ดสีม่วงเข้ม มีฤทธิ์เป็นด่าง เมื่อละลายน้ำ pH อยู่ในช่วง 7-9 - ละลายน้ำได้ดีที่ 6.38 g/100 mL (20 °C) - เป็นสาร oxidant อย่างแรง	- ใช้กำจัดเหล็ก แมงกานีส สี กลิ่น ก๊าซไข่เน่า และเชื้อราบางชนิดได้	- จะรบกวนการหาคอลอรีนคงเหลือในการใช้สาร DPD - การสัมผัสเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง ดวงตา และทางเดินหายใจ - สารละลายด่างทับทิมไม่เสถียร สลายตัวเองได้เมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ หรือโดนความร้อน แสงแดด กลายเป็น MnO₂ - เมื่อทำปฏิกิริยาในน้ำจะเปลี่ยนรูปเป็น MnO₂ เป็นตะกอนสีดำ จึงต้องควบคุมปริมาณการใช้และเวลาการเกิดปฏิกิริยาให้เหมาะสม เพื่อป้องกันแมงกานีสตกค้างเกินเกณฑ์ที่กำหนด
6) โอโซน (Ozone) (O ₃)	- โอโซนเป็นก๊าซที่สลายตัวเป็นออกซิเจนได้อย่างรวดเร็ว มีสีน้ำเงินอ่อนและมีกลิ่นเฉพาะตัว	- ทำปฏิกิริยาต่อสารต่าง ๆ ได้รุนแรงกว่าคลอรีน เช่น กำจัดซัลไฟด์ ไนไตรท์ ไซยาไนต์ และโลหะบางชนิด เช่น เหล็ก แมงกานีส เป็นต้น - เป็นสารฆ่าเชื้อโรคในน้ำที่ดี และยังมีประสิทธิภาพสูงในการทำกำจัดกลิ่น สี ทำให้น้ำมีรสชาติที่ดีขึ้น - ใช้ทำลายสปอร์ของเชื้อโรคบางชนิดได้ ซึ่งคลอรีนไม่สามารถทำลายได้ เช่น <i>Giardia lamblia</i> และ <i>Cryptosporidium spp.</i>	- เมื่อโอโซนอยู่ในน้ำจะสลายตัวเป็นออกซิเจนและสารละลายในน้ำจะเร่งให้โอโซนสลายตัวได้รวดเร็วยิ่งขึ้น ทำให้ไม่มีโอโซนตกค้างเพื่อการฆ่าเชื้อโรคในระบบท่อส่งน้ำประปา - ภาชนะบรรจุต้องเป็นวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนเช่น แก้ว เซรามิกส์, Stainless steel 316 เป็นต้น เพราะเป็นสารเติมออกซิเจนที่แรงมาก (Oxidizing agent) - โอโซนเป็นก๊าซพิษที่ก่อให้เกิดการระคายเคืองอย่างรุนแรง อาจถึงแก่ชีวิตได้

ตารางที่ 3-4 แสดงชนิด คุณสมบัติ ข้อดีและข้อควรระวังการใช้งานสารเคมีกำจัด สาหร่าย สี กลิ่นและฆ่าเชื้อโรคในน้ำ

ชนิดสารเคมี	คุณสมบัติที่เหมาะสม	ข้อดี	ข้อควรระวังการใช้งาน
1). ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)	- เป็นผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วย คาร์บอน ที่ได้จาก ถ่าน เป็นวัสดุที่มีโครงสร้างรูพรุนขนาดเล็ก (microporosity) เกิดขึ้นจำนวนมากและขนาดรูพรุนแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการผลิต และวัตถุประสงค์การใช้งาน ถ่านที่มีพื้นที่ผิวการดูดซับสูงมากจะทำให้ มีคุณสมบัติดูดซับที่ดี เนื่องจากสามารถกำจัดสี กลิ่น ก๊าซได้อย่างมีประสิทธิภาพ มี 3 ชนิดคือถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด ชนิดผง และชนิดแท่ง ทุกชนิดต้องเป็นสีดำ ปราศจากสิ่งแปลกปลอมที่มองเห็นได้ -มีความสามารถในการละลายน้ำต่ำ	- ใช้เป็นสารในการกำจัดกลิ่นและสีได้ดี หาซื้อง่าย ราคาไม่แพง	- ปริมาณการใช้ในระบบผลิตน้ำประปาขึ้นอยู่กับคุณภาพแหล่งน้ำ โดยนำมาใช้งาน 2 ชนิด คือ - ชนิดผง ควรเติม ผงถ่าน คลอรีน /สารปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง และสารสร้างตะกอนตามลำดับจะเกิดประสิทธิภาพมากกว่าเดิมหลังสารส้ม ส่วนชนิดเม็ด ใช้เป็นสารกรองน้ำได้ - ควรสวมแว่นตาและหน้ากากเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจาย และการระคายเคือง ตา ทางเดินหายใจ - หากต้องใช้ในบริเวณพื้นที่ปิด ควรมีการระบายอากาศ หรือมีเครื่องช่วยหายใจ เพื่อป้องกันการขาดออกซิเจน
2) คอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO ₄) Copper Sulfate หรือจุนสี	- เกลือนี้จะอยู่ในรูปสารประกอบที่มีน้ำ(CuSO₄5H₂O) มีสีเทา ส่วนในรูปไม่มีน้ำ (CuSO₄)อยู่ในโมเลกุล จะมีสีน้ำเงิน	- ใช้เป็นสารป้องกันการเกิดตะไคร่น้ำและสาหร่ายได้ แต่ต้องควบคุมปริมาณการใช้งานให้เหมาะสมด้วย เนื่องจากอาจมีสารตกค้างและส่งผลกระทบท่อสัตว์น้ำ พืชน้ำและระบบนิเวศน์ได้	

ตารางที่ 3-4 แสดงชนิด คุณสมบัติ ข้อดีและข้อควรระวังการใช้งานสารเคมีกำจัด สาหร่าย สี กลิ่นและฆ่าเชื้อโรค ในน้ำ(ต่อ)

ชนิดสารเคมี	คุณสมบัติ	ข้อดี	ข้อควรระวังการใช้งาน
3) คลอรีน (Chlorine)	- คลอรีนสามารถดำรงอยู่ในสภาพของเหลวและก๊าซ - มีเนื้อคลอรีน 99.5% w/w - ก๊าซจะมีสีเหลืองแกมเขียว ของเหลวมีสีเหลืองอำพัน กลิ่นฉุนแสบจมูก - คลอรีนก๊าซหนักกว่าอากาศ 2.5 เท่า ส่วนคลอรีนเหลวหนักกว่าน้ำ 1.5 เท่า - ที่ความดันปกติคลอรีนเหลว มีจุดเดือด -34°C และจุดหลอมเหลว -101°C - การละลายน้ำที่ 20°C: 0.7 % - ไม่ติดไฟแต่ช่วยให้เกิดการลุกไหม้ - การขยายตัวจากของเหลวเป็นก๊าซ 460 เท่า	- ความดันของคลอรีนก๊าซในภาชนะบรรจุเท่ากับ 10 เท่าของความดันบรรยากาศที่อุณหภูมิ 35°C เมื่ออุณหภูมิสูง ความดันภายในภาชนะบรรจุจะสูงขึ้นด้วย ถ้าอุณหภูมิสูงถึง 65°C ความดันในภาชนะบรรจุจะสูงถึง 20 เท่าของบรรยากาศ ดังนั้นต้องเก็บภาชนะไว้ในที่ร่ม มีอากาศถ่ายเทสะดวก - คลอรีนใช้ฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ราคาไม่แพง - คลอรีนใช้ในการป้องกันการเจริญเติบโตของสาหร่าย - คลอรีนใช้เป็นสารเคมีปรับเปลี่ยนสีของเหล็กและแมงกานีสให้อยู่ในรูปของตะกอน	- คลอรีนเมื่อมีความเข้มข้นจะกัดกร่อนโลหะเกือบทุกชนิด - เป็นอันตรายต่ออวัยวะของร่างกาย เช่น ตา จมูก ผิวหนัง เกิดอาการอักเสบและบวมพอง หายใจไม่สะดวกและอาจตายได้ถ้าหายใจเข้าไปในปริมาณ - ต้องมีพื้นที่ใช้งานได้สะดวกและมีมาตรการป้องกันภัยจากคลอรีน และปฏิบัติตามคู่มือความปลอดภัยการใช้คลอรีนก๊าซ
4) โซเดียมไฮโปคลอไรต์ $\text{Na}(\text{OCl})_2$	- เป็นสารละลายสีเหลืองอมเขียว มีเนื้อคลอรีน 10 % มีเสถียรต่ำกว่าแคลเซียมไฮโปคลอไรต์ ($\text{Na}(\text{OCl})_2$) - $\text{pH} > 11$	- มีราคาถูก การใช้งานเหมาะกับระบบประปา ขนาดเล็กหรือเติมระหว่างทางในระบบจ่ายน้ำในกรณีที่ระบบท่อจ่ายน้ำมีระยะทางไกล	- แคลเซียมไฮโปคลอไรต์และโซเดียมไฮโปคลอไรต์ทำปฏิกิริยาได้กับโลหะ ฉะนั้นภาชนะที่ใช้เก็บต้องเป็นพลาสติก ทำด้วยพอลิเอทิลีน วัสดุที่ใช้ตัดต้องไม่ใช่โลหะ - อายุในการเก็บไม่เกิน 2 เดือน - ไรระเหยของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ทำให้เกิดระคายเคืองต่อทางเดินหายใจและ ผิวหนัง

ตารางที่ 3-4 แสดงชนิด คุณสมบัติ ข้อดีและข้อควรระวังการใช้งานสารเคมีกำจัด สาหร่าย สี กลิ่นและฆ่าเชื้อโรค ในน้ำ (ต่อ)

ชนิดสารเคมี	คุณสมบัติ	ข้อดี	ข้อควรระวังการใช้งาน
5) แคลเซียมไฮโปคลอไรต์ ชนิดเม็ด $\text{Ca}(\text{OCl})_2$	- เป็นชนิดผงหรือเม็ด สีขาว หรือ อมเหลือง - มีสารประกอบด้วยเนื้อคลอรีนในช่วง 60-65 %	- เหมาะกับระบบผลิตน้ำขนาดเล็ก มีสถานที่ และพนักงานประจำ	- ควรเก็บรักษาในภาชนะที่ปิดสนิท เนื้อคลอรีนเสื่อมสลายได้ง่าย - การเตรียมสารละลายคลอรีน ควรเติมสารนี้ลงในน้ำ
6) คลอรีนไดออกไซด์ (Chlorine dioxide) (ClO_2)	- มีกลิ่นฉุนคล้ายกลิ่นคลอรีน ไม่เสถียรเมื่ออยู่ในสถานะก๊าซ มีจุดเดือดที่ 11 °C - คลอรีนไดออกไซด์เหลว เกิดระเบิดได้ เมื่อมีความเข้มข้นมากกว่า 11 % ในอากาศ - เมื่อละลายน้ำจะได้สารละลายสีเหลือง ค่อนข้างเสถียร - การกำจัดเชื้อโรคของคลอรีนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นเมื่อ pH เพิ่มขึ้นและอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ช่วงของ pH ที่เหมาะสมในการกำจัดเชื้อโรคอยู่ในช่วง 5-9	- มีประสิทธิภาพในการออกซิไดซ์มากกว่าคลอรีนก๊าซ (Cl_2) 2.5 เท่า - ไม่ทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์เกิดเป็น ไตรฮาโลมีเทน (THMs) - ไม่ทำปฏิกิริยากับสาร Phenol ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดกลิ่นในน้ำ - กำจัด Biofilm และกลิ่นในน้ำ และ ทำลายเชื้อ Protozoa (<i>Giardia lamblia</i> และ <i>Cryptosporidium spp.</i>) ได้ดีกว่าคลอรีนชนิดอื่น	- เมื่ออยู่ในสารละลายที่เป็นเบส จะเกิดแตกตัวได้คลอไรท์ และ คลอเรท ซึ่งเป็นข้อจำกัดของการใช้คลอรีนไดออกไซด์ในการกำจัดเชื้อโรค จึงต้องควบคุมการใช้คลอรีนไดออกไซด์เพื่อลดการเกิดคลอไรท์

3.3 การรับและจัดเก็บสารเคมี

การรับและจัดเก็บสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำประปามีความสำคัญ เพื่อให้มีสารเคมีใช้มีคุณภาพตามมาตรฐานตลอดอายุการใช้งาน และสะดวกในการตรวจสอบปริมาณการใช้งานจริง ตามยอดคงเหลือในแบบฟอร์มที่เกี่ยวข้อง จึงควรปฏิบัติ ดังนี้

3.3.1 การรับสารเคมี ให้ตรวจสอบเครื่องหมายและฉลากบนภาชนะบรรจุ เป็นไปตามที่ กปภ. กำหนด และทำการตรวจนับปริมาณสารเคมีให้ตรงกับใบส่งของ

3.3.2 การจัดเก็บสารเคมีที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปา ตามตัวอย่างในตารางที่ 3-5 ดังนี้
ตารางที่ 3-5 แสดงภาพการจัดเรียงสารเคมีในโรงเก็บจ่ายสารเคมีของกปภ.สาขา

การเก็บสารเคมีในระบบผลิต	การปฏิบัติงาน
สารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอน     	1) อาคารเก็บ-จ่ายสารเคมีต้องสะอาด ➢ จัดวางสิ่งของให้เป็นระเบียบเรียบร้อย สามารถเดินเข้า-ออกได้สะดวก ➢ ไม่มีหยากไย่ หรือขยะ บริเวณภายนอกและภายในโรงเก็บสารเคมี ➢ จัดช่องทางให้สะดวกต่อการเคลื่อนย้ายสารเคมี ➢ ควรเก็บในภาชนะที่มีการปิดผนึกอย่างดี มีฉลากกำกับอย่าง ชัดเจน เวลาใช้ต้องสวมถุงมือ หน้ากาก ป้องกันไอกรด 2) การจัดวางและจัดเรียงสารเคมี ➢ ตามวันที่ส่งของ หรือตามรุ่น (Lot.) ที่จัดส่ง สามารถเบิกใช้ตามหลักการเข้าก่อน-ออกก่อน (First in -First out) และแยกพื้นที่จัดเก็บไว้เป็นสัดส่วนระหว่างของใช้แล้วกับของยังไมใช้ ➢ จัดวางสารเคมีบน Pallet อย่างเป็นระเบียบ สามารถตรวจสอบ หรือเบิกใช้ได้ง่ายและสะดวก ➢ แบ่งประเภท/ชนิดของสารเคมี ➢ ติดรหัสและชื่อสารเคมี ➢ มีบัตรคุม Stock โดยปริมาณสารเคมีคงเหลือในบัตร/ชั้นวาง ต้องเท่ากับปริมาณสารเคมีที่มีอยู่จริงและในระบบ Template/SAP ➢ แยกสารเคมีสภาพดีและชำรุดออกจากกัน

ตารางที่ 3-5 แสดงภาพการจัดเรียงสารเคมีเพื่อใช้ในการปฏิบัติงานในระบบผลิต (ต่อ)

การเก็บและจัดเรียงสารเคมี	การปฏิบัติงาน
1) สารเคมีที่ใช้ในระบบกรองและฆ่าเชื้อโรค  ท่อก๊าซใหม่  ท่อก๊าซ ใช้งานแล้ว  ห้องก๊าซ	1) อาคารเก็บถังคลอรีน ➢ ควรตั้งอยู่บนระดับเดียวกับพื้นดิน ➢ ภายในอาคารต้องแห้ง และเย็น มีประตูแบบเปิดออกและควรมีทางเข้ามากกว่า 1 ทาง พื้นภายในต้องเรียบ ➢ มีหน้าต่างเพื่อตรวจสอบการทำงาน โดยไม่ต้องเข้าไปในห้องคลอรีน ➢ ระบบระบายอากาศ ต้องติดตั้งอยู่ในระดับใกล้เคียงพื้นดิน ➢ ขณะใช้ควรสวมแว่นตา ถุงมือ และชุดป้องกันอย่างรัดกุม ➢ ผู้ควบคุมไฟควรมีการจัดวางนอกห้องคลอรีนเพื่อป้องกันการกรัดกร่อน 2) การเก็บรักษาภาชนะบรรจุคลอรีน ➢ วางถังคลอรีนบนพื้นเรียบ ➢ แยกถังเปล่าและถังที่มีคลอรีนออกจากกันพร้อมมีป้ายแสดง ➢ ห้ามวางไว้ใกล้ระบบระบายอากาศของตัวอาคาร หรือในที่ที่อาจถูกของหนักกดทับได้ ➢ ไม่ควรเก็บถังที่มีคลอรีนไว้นานเกิน 6 เดือน 3) อุปกรณ์ความปลอดภัย ➢ ควรมีอุปกรณ์ความปลอดภัย เช่น อ่างล้างตา และฝักบัวฉุกเฉิน เป็นต้น ➢ อุปกรณ์แก้ไข กรณีคลอรีนก๊าซรั่ว อยู่ใกล้อาคารเก็บถังคลอรีน ➢ ป้ายแสดงสถานที่เก็บ ป้ายแสดงการปฐมพยาบาล ➢ ห้ามผู้ไม่มีหน้าที่เกี่ยวข้องเข้าอาคารเก็บถังคลอรีน

3.4. การเตรียมสารเคมี

3.4.1 การหาปริมาณสารเคมีที่เหมาะสม

3.4.1.1 การทดสอบหาปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการตกตะกอนด้วยเครื่องจาร์เทสต์ (Jar Test) สามารถนำมาใช้ในการศึกษากระบวนการกวนเร็วและกวนช้า เพื่อจำลองสถานะที่เกิดขึ้นในระบบประปาได้ โดยความเร็วใบพัดทั้งการกวนเร็ว ระยะเวลาการกวนเร็ว การกวนช้า และระยะเวลาการกวนช้า จะต้องคำนวณให้สอดคล้องกับค่า velocity Gradient (G) และเวลา ปัจจัยในการตกตะกอนขึ้นกับ พีเอช สี ความขุ่น ส่วนประกอบที่อยู่ในน้ำ ชนิดของสารตกตะกอน อุณหภูมิ อัตราเร็วของการกวน ระยะเวลาในการกวน ซึ่งน้ำดิบแต่ละแห่ง ต้องการปริมาณสารที่เหมาะสมในการตกตะกอนที่ต่างกัน ปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมสามารถกำจัดความขุ่น สี สำหรับในน้ำให้ลดลงได้

การทดสอบจาร์เทสต์ให้ปฏิบัติงานตามวิธีปฏิบัติงาน การทำจาร์เทสต์ และการคำนวณปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอนและบันทึกลงในแบบฟอร์มจาร์เทสต์ และวิธีปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง

3.4.1.2 การใช้สถิติข้อมูลย้อนหลังที่ผ่านมา เพื่อหาปริมาณการใช้สารเคมีในระบบผลิตน้ำ โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับปริมาณการใช้ / อัตราการจ่าย/เปอร์เซ็นต์การเตรียมสารเคมี ทำให้งานผลิตสามารถปรับจ่ายสารเคมีได้อย่างสะดวก โดยเฉพาะกรณีที่คุณภาพน้ำดิบเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันในช่วงฤดูน้ำหลาก ซึ่งคุณภาพน้ำอาจแปรเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาในรอบวันได้

นอกจากนี้การเปรียบเทียบข้อมูลการใช้สารเคมีกับระหว่างผลทดสอบจาร์เทสต์ ประจำเดือนกับคุณภาพน้ำ (ความขุ่น) จะเห็นการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำดิบในรอบปี สามารถตรวจสอบความสอดคล้องปริมาณการใช้สารเคมีที่ใช้จริงกับผลจาร์เทสต์ เมื่อคุณภาพน้ำเปลี่ยนไปได้

3.4.2 การเตรียมสารเคมี

3.4.2.1 การเบิกสารเคมี ให้เบิกชนิด ปริมาณสารเคมี และทำการตัดยอดสารเคมีคงเหลือใน บัตรคุม Stock และลงบันทึกในแบบฟอร์มการใช้สารเคมีและสมุด ป44ผ.

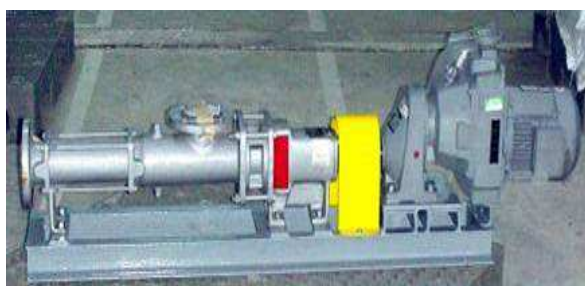
3.4.2.2 การเตรียมสารเคมีเพื่อใช้ในการตกตะกอน ให้เป็นไปตามวิธีปฏิบัติงาน การเตรียมจ่ายสารเคมี (สารส้มหรือ PACl ปูนขาว คลอรีน หรืออื่นๆ) โดยบันทึกในแบบฟอร์มบันทึกการปฏิบัติงานประจำวัน เพื่อทำการจ่ายสารเคมีเข้าในระบบผลิตน้ำต่อไป



A เครื่องจ่ายสารเคมีชนิดไดอะแฟรม
(Diaphragm Dosing Pump)



B เครื่องจ่ายสารเคมีชนิดลูกสูบ
(Piston Dosing Pump)



C เครื่องจ่ายสารเคมีชนิดสกรู
(Screw Dosing Pump)



D เครื่องจ่ายสารเคมีแบบหอยโข่ง
(Centrifugal pump)

รูปที่ 3-10 A-D แสดงลักษณะเครื่องจ่ายสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำประปา

3.5 เครื่องจ่ายสารเคมี

เครื่องจ่ายสารเคมี มีหน้าที่สำหรับสูบน้ำจ่ายสารเคมี เข้าสู่ระบบการผลิตประปาหรือการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ในสถานีผลิตน้ำประปา ดังนี้

3.5.1 เครื่องจ่ายสารเคมีชนิดไดอะแฟรม (Diaphragm Dosing Pump)

ปั๊มไดอะแฟรม (Diaphragm Pump) การทำงานของไดอะแฟรมปั๊มเหมือนกับปั๊มลูกสูบ เพียงแต่ลูกสูบไม่มีการสัมผัสกับของเหลวโดยตรง แต่มีการติดตั้งแผ่นวัสดุที่มีความยืดหยุ่นคั่นเอาไว้ระหว่างลูกสูบกับของเหลว ดังนั้นสามารถป้องกันการรั่วไหลของสารที่ทำการปั๊มและป้องกันไม่ให้สารที่ใช้หล่อลื่นระหว่างลูกสูบกับกระบอกสูบเข้าไปปนเปื้อนสารที่ทำการปั๊มด้วย ปั๊มพวกนี้บางชนิดสามารถทำงานกับของเหลวที่สามารถกัดกร่อนโลหะได้เพราะตัวลูกสูบและกระบอกสูบที่ทำจากโลหะนั้นไม่ได้มีการสัมผัสกับของเหลวโดยตรง ในกรณีที่ของเหลวที่ทำการปั๊มนั้นมีของแข็งแขวนลอยอยู่ โอกาสที่ของแข็งที่แขวนลอยจะเข้าไปแทรกอยู่ในช่องว่างระหว่างกระบอกสูบและลูกสูบจะไม่มี ปั๊มพวกนี้ก็ให้พฤติกรรมการไหลเป็นจังหวะเช่นเดียวกับปั๊มลูกสูบ

การใช้งานทั่วไปจะเป็นปั๊ม ที่ใช้สำหรับ ดูดของเหลวที่มีความหนืดเช่น น้ำ มันหรือสารเคมี เป็นจุดเด่นของ ปั๊มไดอะแฟรม เพราะจะทำให้ควบคุมปริมาณของเหลวได้ง่ายและค่อนข้างแม่นยำ จึงทำให้ นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรม ข้อจำกัดของปั๊มพวกนี้อยู่ตรงที่วัสดุที่ใช้ทำแผ่นไดอะแฟรม ทำให้ไม่สามารถผลิตความดันได้สูงมาก และต้องคำนึงถึงของเหลวที่ใช้ในการปั๊มด้วยว่าจะเข้าไปทำลายวัสดุที่ใช้ทำแผ่นไดอะแฟรมหรือไม่ด้วย (<http://tamagozilla.blogspot.com/2013/03/mo-memoir-saturday-23-march-2556.html>, 15 ธันวาคม 2557)

3.5.2 เครื่องจ่ายสารเคมีชนิดลูกสูบ (Piston Dosing Pump) ได้รับการออกแบบอย่างละเอียด ประณีต และใช้เครื่องจักรการผลิตที่มีความแม่นยำสูง ป้อนแบบลูกสูบอย่างง่าย ให้ลองนึกถึงหลอดฉีดยา ซึ่งมีแกนเปรียบเสมือนเป็นลูกสูบของปั๊ม เมื่อเราดึงแกนหลอดฉีดยาออกหลังจากจะทำให้เกิดโพรงอากาศ (ปริมาตร) ขนภายในหลอดฉีดยาทำให้ของเหลวถูกดูดเข้าไปอยู่ในหลอดฉีดยาและเมื่อเราดันแกนหลอดฉีดยาไปข้างหน้า ซึ่งเปรียบเหมือนกับลูกสูบเคลื่อนตัวไปแทนที่ปริมาตรของเหลวที่เกิดขึ้นก่อนหน้านั้นจะทำให้ของเหลวในหลอด ฉีดยาเคลื่อนตัวออกจากหลอดสู่ภายนอก

เหมาะกับการสูบจ่ายของเหลวที่มีความหนืดยิ่งของเหลวที่มีความหนืดมากยิ่งเป็นผลดีเพราะความหนืด จะช่วยให้เกิดการซีลภายในปั๊ม ทำให้การดูดและการอัดของเหลวผ่านปั๊มชนิดนี้เกิดขึ้นอย่างเต็มประสิทธิภาพ ปั๊มชนิดนี้จึงเหมาะสำหรับสับจ่ายของเหลวหนืด เช่นน้ำมันเครื่อง, สารเคมีต่างๆ, ยางมะตอย, กาว, โฟม, ปากตะกอน (งานน้ำเสีย), ยางธรรมชาติ

(<http://www.siamrajpump.com/files/pumpguru/0dEAyhLXlzThu123535...pdf> ,20 ธันวาคม 2557)

3.5.3 เครื่องจ่ายสารเคมีชนิดสกรู (Screw Dosing Pump)

สกรูป้อนอาศัยการหมุนของแท่งสกรูในท่อทรงกระบอก (cylinder) ซึ่งอาจมีสกรูเพียงตัวเดียว หมุนอยู่ในกระบอก หรือมีสกรูสองตัวขบกับและหมุนอยู่ในกระบอกเดียวกัน การปั๊มด้วยสกรูนี้ใช้ได้ตั้งแต่ ของเหลวที่มีความหนืดสูง (เช่นพลาสติกหลอมเหลวในเครื่อง extruder หรือเครื่องฉีดพลาสติก) วัตถุของแข็ง ที่เป็นผงละเอียดหรือชิ้นอ่อนนุ่ม (เช่นวัสดุผง หรือเนื้อมะพร้าว) ไปจนถึงการอัดก๊าซ (มักเป็นแบบสกรูคู่ - twin screw compressor)

สกรูป้อนใช้งานได้ดีกับของเหลวที่มีความหนืดสูงและต้องการปั๊มให้มีความดันสูง และยังให้การไหลที่ราบเรียบกว่าปั๊มลูกสูบเกียร์ปั๊ม โรตารีปั๊มชนิด lobe และสกรูป้อนให้การไหลที่ราบเรียบมากกว่าปั๊ม ลูกสูบ แต่จะให้ความดันในการอัดตัวที่ต่ำกว่า ปั๊มพวกนี้ทำงานกับของเหลวที่หนืดได้ดี และยังสามารถใช้กับ พวกของเหลวกึ่งของแข็ง (เช่นครีม เจล) ของแข็งที่ลึกลงให้ไหลได้ (เช่นพวกผงอนุภาค เนื้อมะพร้าว ฯลฯ ได้ดี)

3.5.4 เครื่องจ่ายสารเคมีแบบเหวี่ยง (Centrifugal pump)

ปั๊มประเภทนี้ทำงานโดยใช้ใบพัดดูดของเหลวเข้ามาตรงบริเวณแกนกลางใบพัด และเหวี่ยง ออกไปทางขอบใบพัด ดังนั้นความดันที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับรอบการหมุนและขนาดของใบพัด กล่าวคือรอบการ หมุนที่สูงและขนาดใบพัดที่ใหญ่ก็จะทำให้ได้ความดันด้านขาออกมากขึ้น แต่ถ้าเทียบกับการอัดเพิ่มความดันใน จังหวะเดียวแล้ว พวกปั๊มเหวี่ยงจะสร้างความดันได้น้อยกว่าพวก positive displacement pump ข้อดีของ ปั๊มเหวี่ยงคือจะให้รูปแบบการไหลที่ราบเรียบปั๊มเหวี่ยงไม่เหมาะกับการของเหลวที่มีความหนืดสูง การใช้ปั๊ม เหวี่ยงในการสูบของเหลวที่มีอุณหภูมิใกล้จุดเดือดก็ต้องระวัง

(<http://tamagozilla.blogspot.com/2014/10/ph-probe-mo-memoir-friday-31-october.html>, 15 ธันวาคม 2557)

3.6 การจ่ายสารเคมี

3.6.1 ระบบตกตะกอน

นำข้อมูลผลทดสอบจาร์เทส กำลังผลิต เปอร์เซนต์ของสารละลายเคมี เพื่อคำนวณหาอัตรา จ่ายสารเคมีแต่ละชนิด โดยปรับเครื่องจ่ายสารเคมีให้ได้ตามปริมาณที่คำนวณไว้ ตรวจวัดคุณภาพน้ำใน กระบวนการผลิต และองค์ประกอบอื่นๆ เพื่อควบคุมให้ระบบผลิตน้ำสามารถผลิตน้ำได้มาตรฐานอย่าง ประสิทธิภาพและต่อเนื่อง

3.6.2 ระบบการกรอง

การเติมคลอรีนก่อนเข้ากรอง มีจุดประสงค์เพื่อกระตุ้นให้ทรายกรองเป็น Mn-sand รวมทั้งกำจัดสาหร่ายและแมงกานีส ซึ่งควรควบคุมปริมาณคลอรีนอิสระคงเหลือหลังกรองอยู่ในช่วง 0.5 มก./ล. โดยปริมาณคลอรีนที่เติมก่อนเข้าระบบกรอง ได้จากการทดสอบหาค่าความต้องการคลอรีนในน้ำ

3.6.3 ระบบฆ่าเชื้อโรค

- Post-Chlorination เป็นการเติมคลอรีนในน้ำที่ผ่านการกรองแล้ว เพื่อกำจัดเชื้อโรคในน้ำหลังกรอง ก่อนส่งจ่ายบริการไปยังผู้ใช้น้ำ

- Re-chlorination เป็นการเติมคลอรีนระหว่างกลาง โดยติดตั้งสถานีสำหรับเติมคลอรีนเพื่อรักษาระดับปริมาณคลอรีนคงเหลือตกค้างให้ครอบคลุมทั่วทุกพื้นที่ในระบบจ่ายน้ำ

1) การหาค่าความต้องการคลอรีนของน้ำ (Chlorine Demand)

กปภ.ใช้คลอรีนก๊าซและสารประกอบคลอรีนในระบบฆ่าเชื้อโรค(Disinfection) คลอรีนเป็นสารออกซิเจนอย่างแรง เมื่อเติมลงในน้ำจะทำปฏิกิริยากับสารต่างๆในน้ำได้อย่างรวดเร็ว ถ้าเติมคลอรีนน้อยเกินไปก็จะมีคลอรีนคงเหลือในน้ำ แต่ถ้าเติมคลอรีนให้มากพอหลังจากทำปฏิกิริยากับสารต่างๆในน้ำแล้ว จะมีคลอรีนคงเหลืออยู่ในน้ำ ทำให้สามารถใช้ฆ่าเชื้อโรคในน้ำได้ ปริมาณคลอรีนที่ใช้ในการทำปฏิกิริยากับสารในน้ำเรียกว่า “Chlorine Demand”

ค่าความต้องการคลอรีนของน้ำเป็นค่าคลอรีนที่ต้องการเพื่อทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์หรือพวกสารลดออกซิเจนในน้ำ เมื่อใดที่คลอรีนที่เติมลงไปทำปฏิกิริยากับสารเหล่านั้นหมดเรียบร้อยแล้ว จะเริ่มแสดงคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรคทันที ค่าความต้องการคลอรีนของน้ำเป็นผลต่างระหว่างปริมาณคลอรีนที่เติมและปริมาณของ free combined หรือ total residual chlorine ที่เหลือภายหลังจากที่ทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยากับสารในน้ำในเวลาที่กำหนดให้ ค่าความต้องการคลอรีนของน้ำแต่ละชนิดจะต่างกัน แม้แต่น้ำชนิดเดียวกัน ค่านี้ยังเปลี่ยนไปแล้วแต่ปริมาณคลอรีนที่เติม ค่า residual Chlorine ที่ต้องการ เวลาของการสัมผัส ฟิเอช และอุณหภูมิ

ค่าความต้องการคลอรีนของน้ำและปริมาณของคลอรีนที่จะต้องเติมลงไปให้น้ำนั้นๆ เพื่อให้ได้ residual chlorineตามที่ต้องการ อาจหาได้โดยการเติมคลอรีน (อาจในรูปคลอรีนก๊าซ สารละลายคลอรีน สารประกอบคลอรีน) ในปริมาณต่าง ๆ กันจากน้อยไปมากในอนุกรมของน้ำ ตั้งทิ้งไว้ในเวลาที่ต้องการ จากนั้นทำการหาค่า residual chlorine (ในรูป free combined และ Total) ในน้ำ เมื่อนำมาพล็อตระหว่าง curve chlorine dose (chlorine added) เป็นมิลลิกรัมต่อลิตรกับ residual chlorine (ในรูปต่างๆ ดังกล่าว) เป็นมิลลิกรัมต่อลิตร จาก curve (ซึ่งเรียกว่า breakpoint chlorination curve) เมื่อได้จุดที่มีการลดลงของ combined ได้ residual chlorineต่ำสุดอย่างทันที ในขณะที่ free residual chlorine เริ่มตรวจพบในน้ำ และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามปริมาณคลอรีนที่เติมที่เพิ่มขึ้น จุดนี้เรียกว่า Break point จากนั้นก็สามารถหา chlorine dose ที่ใช้และค่าความต้องการคลอรีนของน้ำได้ ดังนี้

$$\text{Residual chlorine} = \text{Chlorine added} - \text{Free residual chlorine}$$

2) ปริมาณการเตรียมหรือจ่ายคลอรีน

คลอรีนก๊าซ หรือสารประกอบคลอรีน ให้เป็นไปตามวิธีปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง

บรรณานุกรม

1. คณะทำงานคู่มือหลักขององค์กร คณะที่ 1. (2552). **คู่มือระบบงานผลิต. การประปาส่วนภูมิภาค พ.ศ.2552** กรุงเทพมหานคร
2. ฝ่ายยุทธศาสตร์ องค์กร กปภ. **คู่มือการจัดทำแผนงานโครงการและการวิเคราะห์โครงการปรับปรุงระบบประปา ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3**
3. "ความหมายสิ่งแวดล้อม" 2551. [ระบบออนไลน์].
แหล่งที่มา http://local.environtnet.in.th/formal_data.php (24 ธันวาคม 2557).
4. "แหล่งน้ำ". . [ระบบออนไลน์].
แหล่งที่มา <http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=7&chap=7&page=t7-7-infodetail05.html> (24 ธันวาคม 2557).
5. "ประเทศไทยแบ่งลุ่มน้ำออกเป็น 25 ลุ่มน้ำหลักและ 254 ลุ่มน้ำย่อย". [ระบบออนไลน์].
แหล่งที่มา <http://www.dwr.go.th/basin/basin1.swf> (25 ธันวาคม 2557).
6. "ทรัพยากรน้ำ" 2554. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.haii.or.th/wiki/index.php> (25 ธันวาคม 2557)
7. อุดร จารุรัตน์ จารุรัตน์ วรนิสรากุล และศักดิ์ชัย สุริยจันทร์ทอง. (2542) **วิศวกรรมการประปา และการจัดการน้ำเสีย เล่มที่ 1** กรุงเทพมหานคร.: เรือนแก้วการพิมพ์
8. ทวีศักดิ์ วิ่งไพศาล. (2554) **วิศวกรรมการประปา. กรุงเทพมหานคร.: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**
9. กรมควบคุมมลพิษ. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.pcd.go.th/info_serv/Datasmell/design_absorbtion.htm. (15 ธันวาคม 2557)
10. เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2549. **วิศวกรรมประปา. พิมพ์ครั้งที่ 3. มิตรนราการพิมพ์. กรุงเทพมหานคร:**
11. มั่นสิน ตันทุลเวศม์. 2526. **วิศวกรรมประปาเล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.**
12. มั่นสิน ตันทุลเวศม์. 2537. **วิศวกรรมการประปา เล่ม 1. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยกรุงเทพมหานคร. 305 หน้า**
13. มั่นสิน ตันทุลเวศม์. 2535. **วิศวกรรมประปาเล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 2 โรงพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร**
14. มั่นสิน ตันทุลเวศม์. 2539. **วิศวกรรมประปาเล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร**
15. มั่นสิน ตันทุลเวศม์. 2545. **เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย, พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร. 608 หน้า**

