



การประปานครหลวง
METROPOLITAN WATERWORKS AUTHORITY

การควบคุมกระบวนการผลิตน้ำประปา

1. ชื่อ : พรศักดิ์ สมรไกรสรกิจ

2. ตำแหน่ง : ผู้อำนวยการกองธุรกิจเสริมด้านระบบผลิต

3. สถานที่ทำงาน : การประปานครหลวง

- การศึกษา :

1. ระดับปริญญาตรี สาขา วิทยาศาสตร์สุขภาพ จาก มหาวิทยาลัยมหิดล

2. ระดับปริญญาโท สาขา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จาก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- การฝึกอบรมต่างประเทศ

1. Training course Yokohama Training Program 2001 in Japan

ข้อมูลเบื้องต้นที่ต้องทราบก่อนเดินระบบผลิตน้ำประปา

1. ต้องทราบโครงสร้างหลักของระบบผลิตน้ำประปาที่จะควบคุม

1.1 ระบบสูบ-ส่งน้ำดิบ เช่น ตะแกรงดักขยะ, ปั๊มน้ำดิบ แรงดันต่ำ

1.2 ระบบผลิตน้ำประปา เช่น กระบวนการกวนเร็ว กวนช้า ตกตะกอน การกรอง ฆ่าเชื้อโรค เป็นต้น

1.3 ระบบสูบส่ง-สูบจ่ายน้ำ เช่น ปั๊มแรงดันสูง ระบบสูบส่ง หรือระบบสูบจ่าย

2. ต้องทราบหน้าที่และการทำงานของแต่ละกระบวนการผลิต

3. ต้องทราบระบบการสั่งงานควบคุมอุปกรณ์ต่างๆว่าทำงานอย่างไร

การเตรียมการเบื้องต้น

1. ตรวจสอบระบบไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่างๆให้พร้อมทำงาน
2. ตรวจสอบการเปิด-ปิดวาล์วอุปกรณ์ต่างๆให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง เช่น วาล์วระบายตะกอน วาล์วหน้าถังกรอง เป็นต้น
3. ตรวจสอบชุดอุปกรณ์ปั้มน้ำดิบ ปั้มน้ำสะอาดให้พร้อมใช้งาน
4. ตรวจสอบชุดอุปกรณ์จ่ายสารเคมี เช่น **ระดับสารเคมีในถังเตรียม**
ตำแหน่งอัตราการจ่ายของปั้ม เป็นต้น
5. ตรวจสอบชุดอุปกรณ์วัดระดับน้ำในตำแหน่งต่างๆ เช่น สถานีสูบน้ำดิบ ถังกรองน้ำ(ถ้ามี) ถังเก็บน้ำใส เป็นต้น

การเตรียมการเบื้องต้น (ต่อ)

อุปกรณ์วัดระดับน้ำหรือชั้นตะกอนนิยมใช้ดังนี้

- ประเภท Ultrasonic Level Detector
- ประเภท Electrical Floating Level Switch

ตำแหน่งที่ติดตั้ง :

- ระดับน้ำหน้าสถานีสูบน้ำดิบ เพื่อป้องกัน run dry
- ระดับชั้นตะกอนในถังตกตะกอน
- ระดับน้ำถังกรอง เพื่อวัด head loss ในถังกรองน้ำ
- ระดับน้ำในถังเก็บน้ำสะอาด เพื่อส่งสัญญาณควบคุมปั๊มน้ำดิบ และปั๊มจ่ายสารเคมี

6. ตรวจสอบตำแหน่ง Selector Switch ของตู้ควบคุมไฟฟ้า
ต่างๆให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง

FLOW SPLITTER BOX

Flocculation Basin

Sedimentation Basin

Filtration Tank

Static Mixer

RAW WATER PUMPING STATION

Chlorine Feeder

PAClor ALUM Feeder

Chemical Feeder

CLEAR WATER TANK

Sludge Lagoon

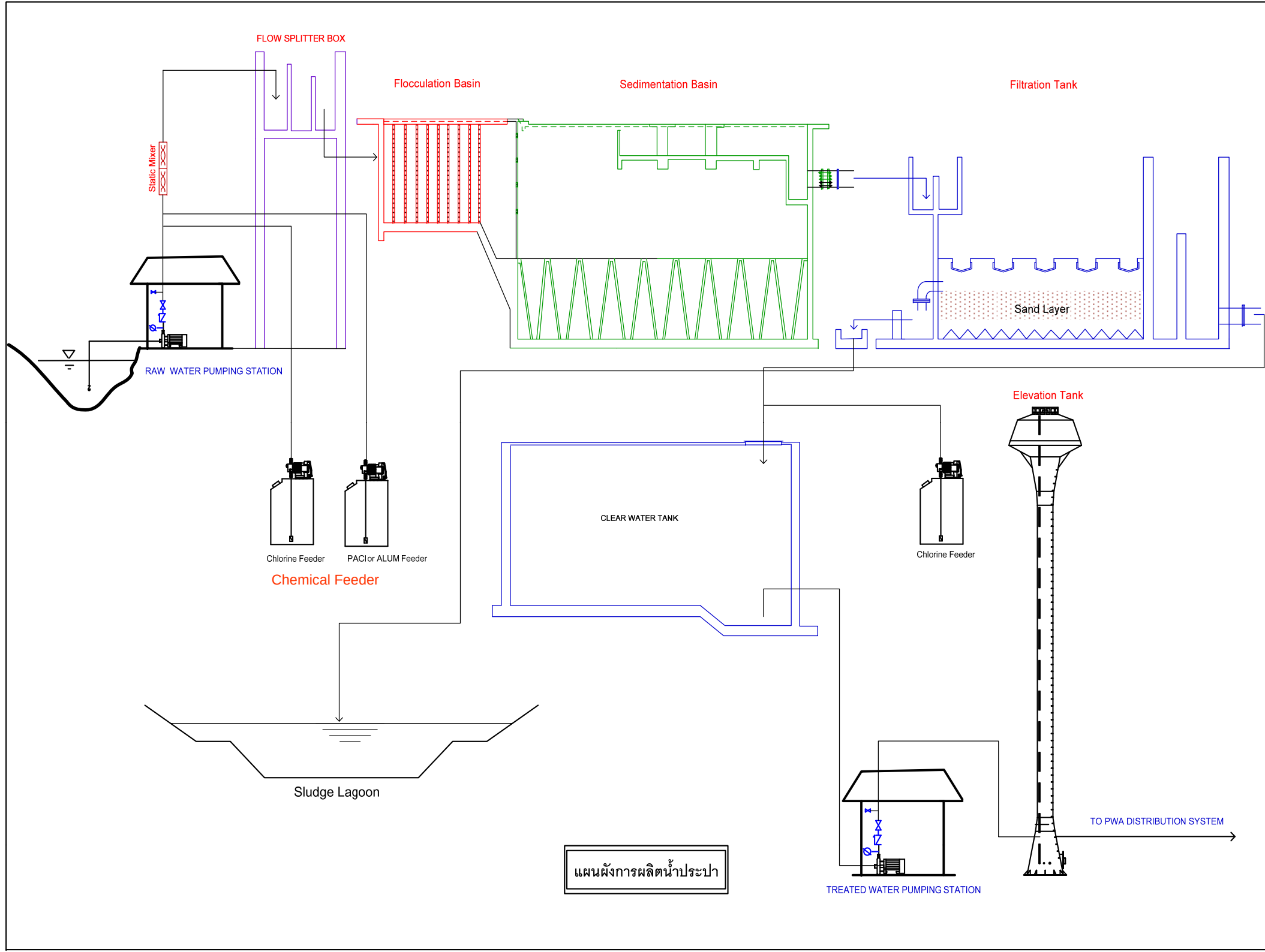
Elevation Tank

Chlorine Feeder

TO PWA DISTRIBUTION SYSTEM

TREATED WATER PUMPING STATION

แผนผังการผลิตน้ำประปา



ระบบสูบ-ส่งน้ำดิบ

(RAW WATER INTAKE, PUMPING, CONVEYANCE,
AND FLOW MEASUREMENT)

สถานีสูบน้ำดิบ (Raw Water Pumping Station)

ตำแหน่งที่ตั้งของโรงสูบน้ำดิบ

- ตั้งอยู่บริเวณพื้นดิน
 - ใช้ในกรณีที่ระดับน้ำขึ้น – ลงไม่แตกต่างกันมาก

องค์ประกอบของโรงสูบน้ำดิบ

- ระบบท่อสูบ – ส่งน้ำดิบชนิด HDPE Ø มิลลิเมตร

- ปั๊มน้ำดิบ

1. เป็นปั๊มน้ำชนิดแรงดันต่ำ (Low Life Pump)

2. ลักษณะปั๊ม

- 2.1 Horizontal Pump (หัวปั๊มไม่เปียกน้ำ)

- 2.2 Vertical Pump (หัวปั๊มเปียกน้ำ)

3. แบ่งตามการปรับรอบการหมุน

- 3.1 Fix Speed Pump (ปรับรอบการหมุนไม่ได้)

- 3.2 Variable Speed Pump (ปรับรอบการหมุนได้)

4. ชนิดปั๊ม : ปั๊มหอยโข่ง จำนวน 3 ชุด

- Run 2 ชุด

- Stand by 1 ชุด

5. อัตราการสูบน้ำ ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

6. Head = เมตร

- ระบบไฟฟ้าและการควบคุม

1. ปกติจะใช้ไฟฟ้าแบบ 3 เฟส

2. ควบคุมด้วยระบบ PLC (**P**rogrammable **L**ogic **C**ontroller)

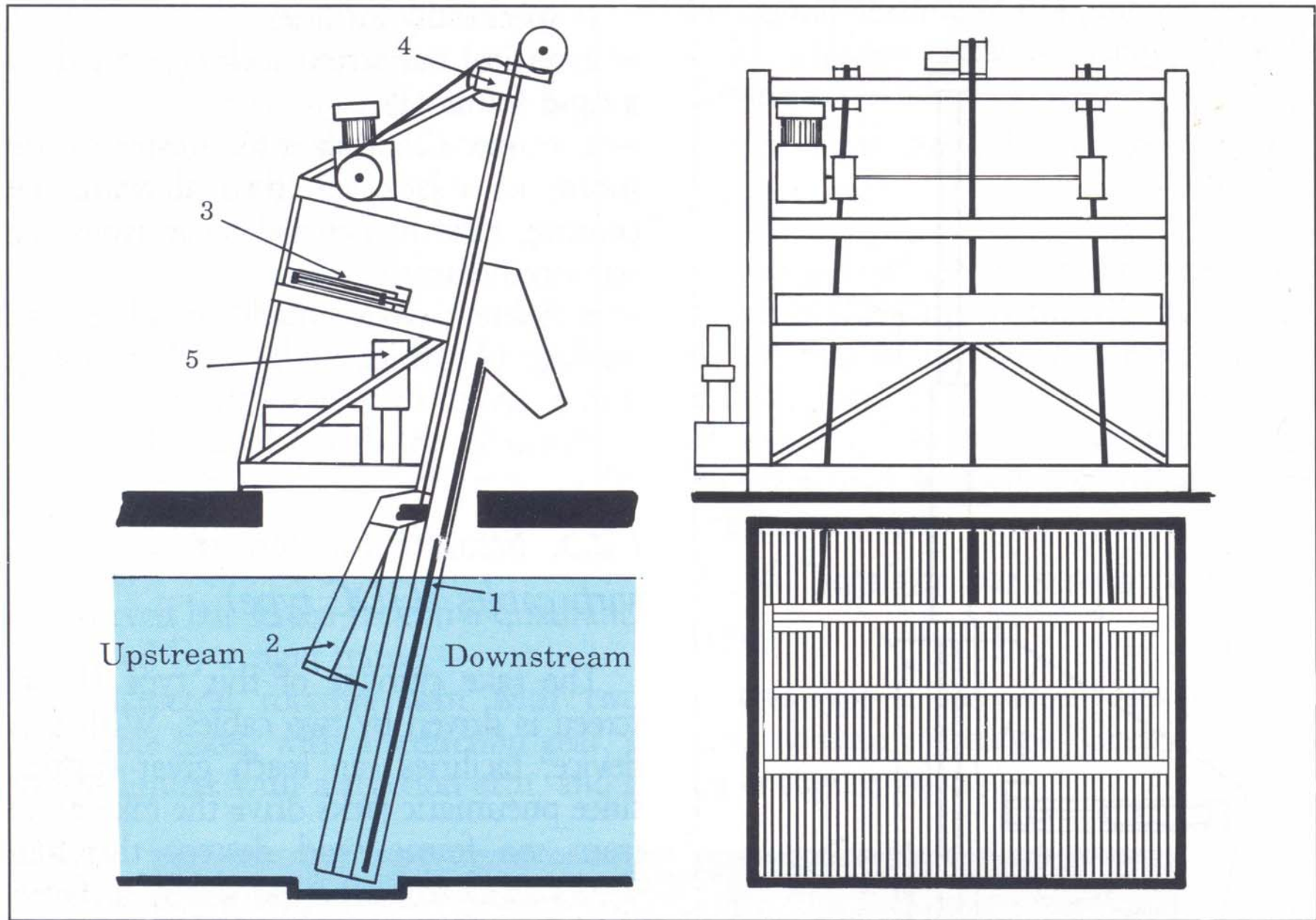
- การควบคุมการทำงานปั๊มสูบน้ำดิบ

➤ แบบ **Automatic** – บิด selector switch ของตู้ควบคุมไฟฟ้ามายังตำแหน่ง **AUTO**
โดยควบคุมการเดินและหยุดด้วยลูกลอยไฟฟ้าที่ติดตั้งบริเวณถังเก็บน้ำใส

Mobile Trash Rake



24 4 2002



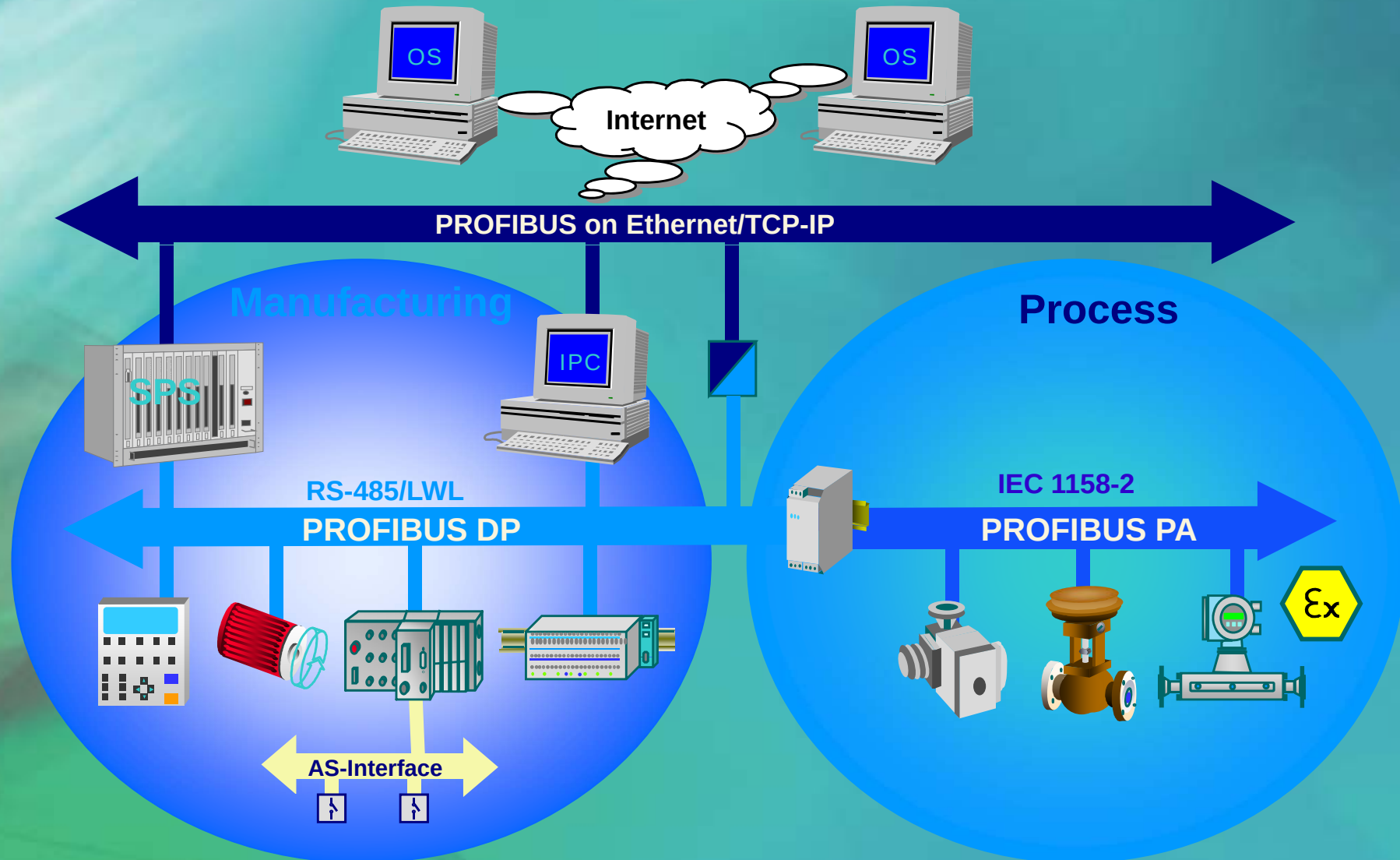
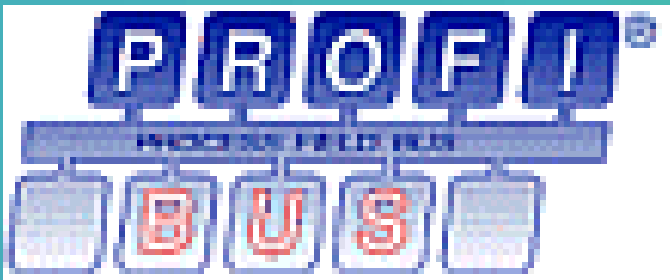
ที่มา : จากหนังสือ Water Treatment Handbook, Degremont Volume 2 (1991)

Rotary Band Screen



➤ **แบบ Manual** – บิด selector switch ของตู้ควบคุมไฟฟ้ามายังตำแหน่ง **MANUAL** สามารถหยุดการทำงานของปั๊มมายังตำแหน่ง **OFF** โดยใน **MODE** การทำงานนี้สามารถสั่งทำงานและหยุดปั๊มได้อย่างอิสระจากลูกลอยไฟฟ้า





ระบบผลิตน้ำประปา

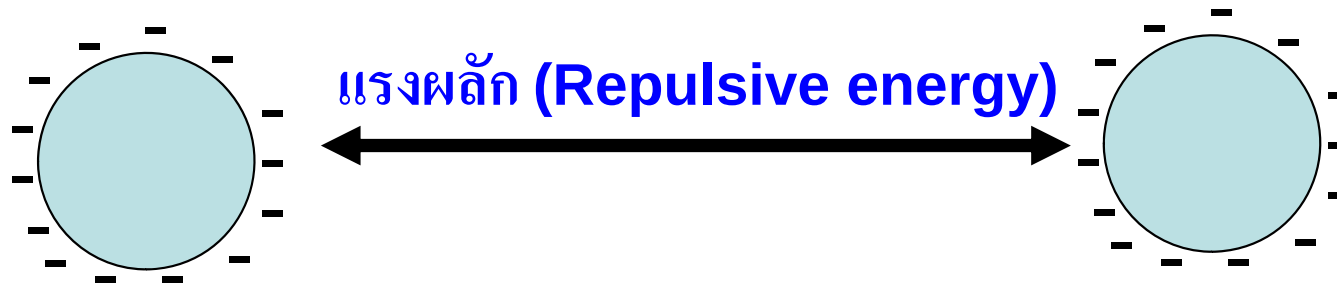
(WATER TREATMENT SYSTEM)

การสร้างตะกอน (Coagulation)

คือกระบวนการเติมสารเคมีลงไป在水里เพื่อทำลายเสถียรภาพอนุภาคคอลลอยด์ (destabilization) และให้อนุภาคคอลลอยด์ต่างๆ เคลื่อนที่มาสัมผัสกันให้มากที่สุด (Transport of Colloidal Particles) โดยจ่ายพลังงานเข้าไปเพื่อให้เกิดการสัมผัสกันระหว่างสารเคมีและอนุภาคคอลลอยด์ในน้ำ

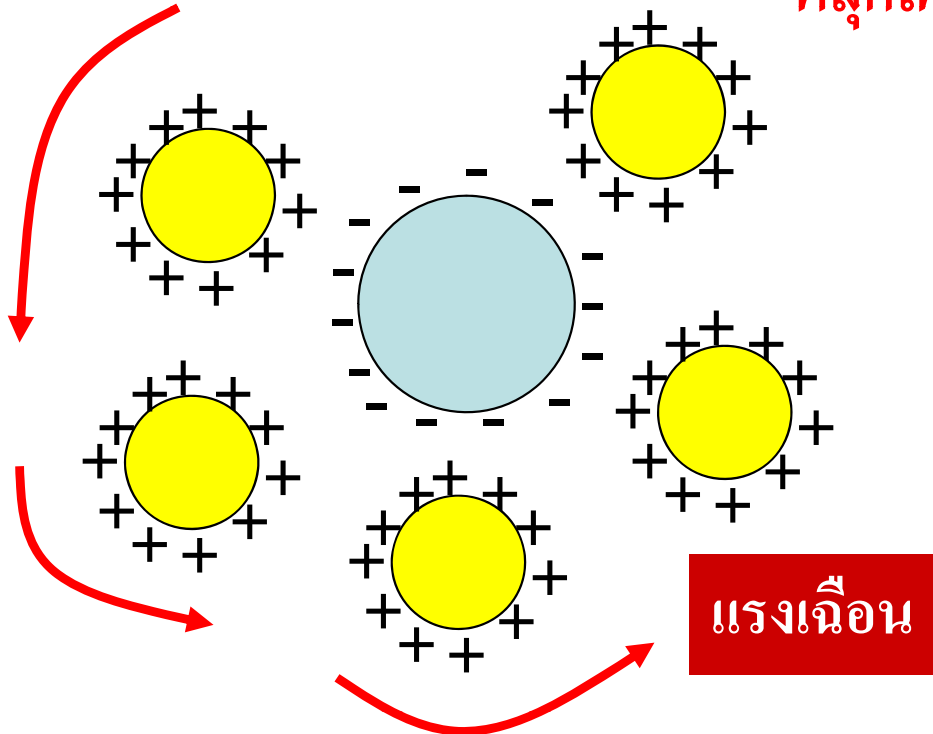
ตำแหน่งการเติมสารเคมีจะอยู่ก่อนกระบวนการกวนเร็ว

หลักการของกระบวนการกวนเร็ว (Rapid Mixing)



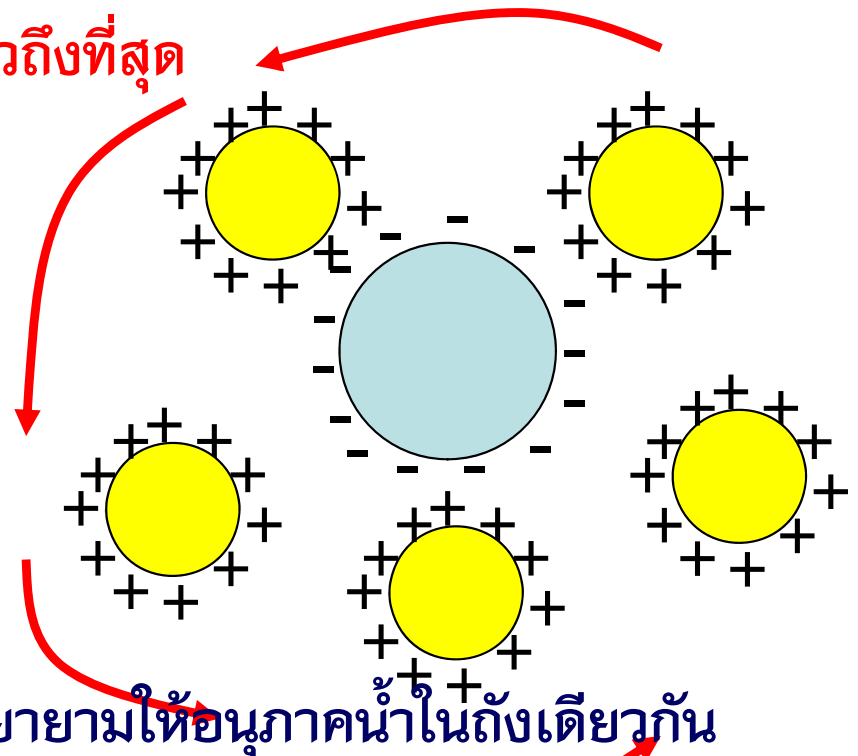
แรงเฉือน

1. ต้องให้สารเคมีและน้ำดิบมีโอกาสสัมผัส
คลุกเคล้ากันได้ทั่วถึงที่สุด



แรงเฉือน

2. ต้องพยายามให้นุภาคน้ำในถังเดียวกัน
เคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน
เพื่อจะได้มีโอกาสปะทะกันมาก



ระบบการกวนเร็ว (Flash Mixer)

- ระบบการกวนเร็วใช้แบบ Static Mixer
- ระยะเวลาการกวนเร็ว (Detention Time) ประมาณ 1 – 2 วินาที
- อัตราการกวนเร็ว (G-value) ระหว่าง 700 – 1,500 วินาที⁻¹





INLINE STATIC MIXER



มิลลิเมตร

INLINE STATIC MIXER

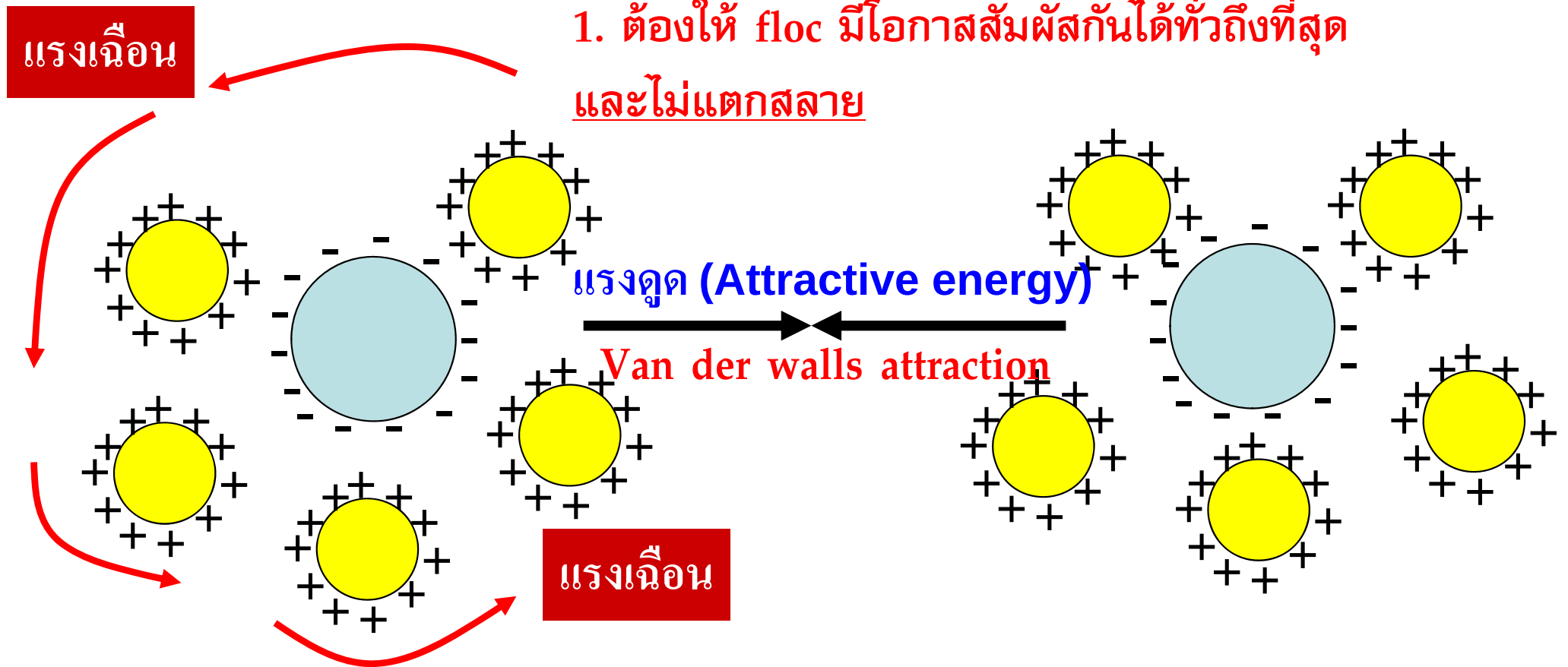


ที่มา : จากหนังสือแคตตาล็อกบริษัท แพคโก้ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

การรวมตะกอนหรือการสมานตะกอน (Flocculation)

Flocculation คือกระบวนการรวมตัวกันของกลุ่มอนุภาค คอลลอยด์ที่ถูกทำลายเสถียรภาพแล้วเคลื่อนที่มากกระทบหรือสัมผัสกันเพื่อรวมตัวเป็นกลุ่มตะกอนขนาดใหญ่ที่สามารถตกตะกอนได้ง่ายหรือเรียกว่าขั้นตอนการกวนช้า กระบวนการนี้ เกิดหลังจากกระบวนการ Coagulation

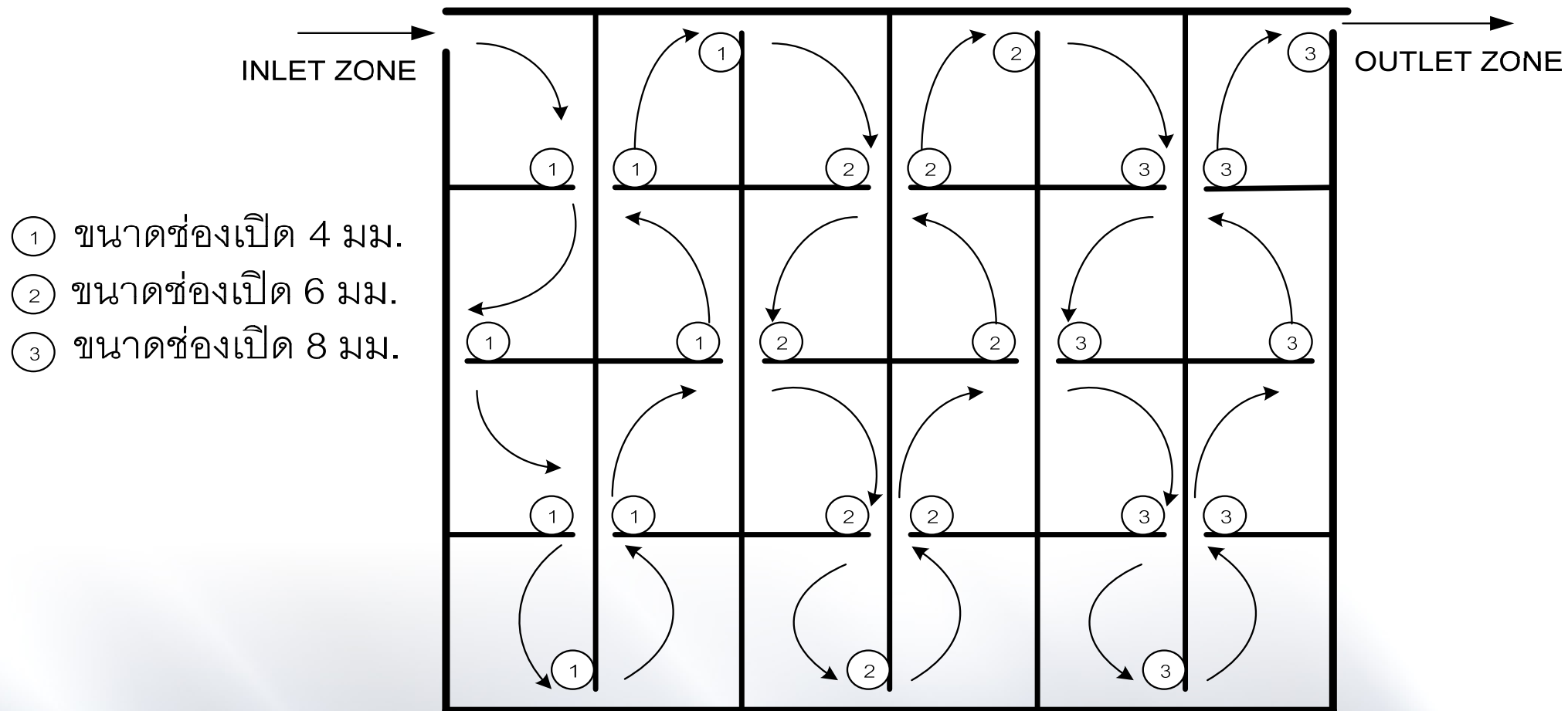
หลักการของถังกวนช้า (Slow Mixing)



2. ต้องพยายามให้อนุภาคน้ำในถังเดียวกันเคลื่อนที่
ด้วยความเร็วที่แตกต่างกันแต่ต้องไม่มากเกินไป

ระบบการกวนช้า (Slow Mixer)

- ลักษณะการกวน : ใช้แผงกั้นน้ำ (Baffle) แบ่งขั้นตอนการกวนออกเป็น 3 ช่วง (stages) แต่ละช่วงกำหนดให้มีอัตราการกวน (G-value) ดังนี้
 - ช่วงที่ 1 : ค่า $G = 50 - 60 \text{ วินาที}^{-1}$
 - ช่วงที่ 2 : ค่า $G = 30 - 45 \text{ วินาที}^{-1}$
 - ช่วงที่ 3 : ค่า $G = 10 - 20 \text{ วินาที}^{-1}$
- ระยะเวลาการกวนช้า (Detention Time) ประมาณ 20 – 40 นาที
- อัตราการกวนช้า (G-value) ระหว่าง 10 – 70 วินาที^{-1}



Hydraulic Flocculation Basin



การตกตะกอน (Sedimentation)

Sedimentation คือกระบวนการที่แยกอนุภาคแขวนลอยที่อยู่ในน้ำออกจากของเหลวด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกโดยการลดความเร็วการไหลให้ต่ำลงจนถึงจุดที่สารแขวนลอยนั้นจะจมลง

- ชนิด Rectangular Horizontal Flow
- ค่าอัตราการน้ำล้นผิวดิน (Surface Loading) 0.75 – 1.2 ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตร/ชั่วโมง
- ระยะเวลาการตกตะกอน (Detention Time) 2 – 4 ชั่วโมง
- ความเร็วเฉลี่ย (Mean Flow Velocity) 0.1 – 1.0 เมตร/นาที่

- อัตราส่วนระหว่างความกว้างต่อความยาวของถังอยู่ในช่วง 4 ถึง 6
- การระบายตะกอนเป็นแบบ manual
- ผนังกระจายน้ำ ความเร็วผ่านช่องกระจายน้ำ 0.15 – 0.2 เมตร/วินาที ระยะระหว่างช่อง 0.4 – 0.7 เมตร ขนาดช่องไม่เกิน 100 มิลลิเมตร
- ความลึกน้ำ (Water Depth) = 2.5 – 4.5 เมตร
- รางรับน้ำ (Weir Loading) ไม่เกิน 7.2 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตรของความยาวราง

ขั้นตอนการควบคุมระบบ

1. ขั้นตอนเตรียมการก่อนการเดินเครื่อง

1.1 ประสานงานสถานีสูบน้ำดิบและสถานีสูบน้ำจ่ายสารเคมีเพื่อเตรียมความพร้อมในการเดินเครื่อง

1.2 เตรียมความพร้อมของถังตกตะกอนให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำดิบที่เข้าถังตกตะกอน

- เปิดวาล์วน้ำเข้า (Influent valve) 100 เปอร์เซนต์ (กรณีเดินระบบปกติ)

- เปิดวาล์วจ่ายสารเคมีสร้างตะกอนเข้าระบบเส้นท่อน้ำดิบ ปรับอัตราการจ่ายเข้าถังให้เหมาะสมกับสภาพน้ำในเวลานั้นๆ (กรณีเดินระบบปกติ)

2. การควบคุมถังตกตะกอน (Operation Clarifier) (กรณีเริ่มใช้งานครั้งแรก)

2.1 เปิดน้ำเข้าทาง Influent Valve ให้ได้ปริมาณ 50% ของอัตราการผลิตปกติ

2.2 ปิด Drain Valve ทั้งหมด (Sludge Drain valve และ Bottom Drain)

2.3 ปรับสารเคมีที่ใช้ในการสร้างตะกอนให้มากกว่าอัตราการจ่ายปกติประมาณ 50 % (ขึ้นอยู่กับสภาพและความขุ่นน้ำดิบขณะนั้น อาจสร้างความขุ่นน้ำดิบขึ้นมาโดยใช้ดินก็ได้)



3. การหยุดการใช้งานชั่วคราว กรณีหยุดจ่ายน้ำดิบเข้าถังตกตะกอน

3.1 ให้รักษาระดับของชั้นตะกอน โดยการปิด Drain Valve ทั้งหมดเพื่อป้องกันไม่ให้ตะกอนถูกระบายทิ้ง ระหว่างที่ปิดใช้งานชั่วคราว

3.2 เมื่อมีการใช้งานครั้งต่อไปให้ปรับ Flow Rate ของน้ำดิบทาง Influent Valve ควรปรับช้าๆ เป็นช่วงๆ ประมาณ 5 ถึง 10 นาทีต่อครั้งอย่างสม่ำเสมอเพื่อป้องกันการแตกตัวของตะกอนภายใน Reaction Zone

4. การเก็บตัวอย่างน้ำตะกอน (Sample Sludge)

ควรมีการ Sample และบันทึกผลการวัดค่าตะกอนทุกๆ 3 ชั่วโมงทั้ง 1 จุดคือ

4.1 ในกรณีที่ค่าเปอร์เซ็นต์ตะกอนที่ Bottom เกินค่าที่กำหนดไว้ หรือเกิดค่าที่จุด Middle จะต้องทำการเปิด Sludge Drain Valve เพื่อระบายตะกอนออกจากถัง โดยการเปิด Sludge Drain Valve ทำได้ดังนี้

- เปิด Sludge Drain Valve ทั้ง 2 ตัวเพื่อระบายตะกอน ไม่เกินครั้งละ 10 นาที หรือทำการ Manual Drain มากหรือน้อยตามสภาพความเหมาะสมของปริมาณตะกอนในถัง
- การเปิด Sludge Drain Valve สามารถควบคุมได้ที่ตัว Valve

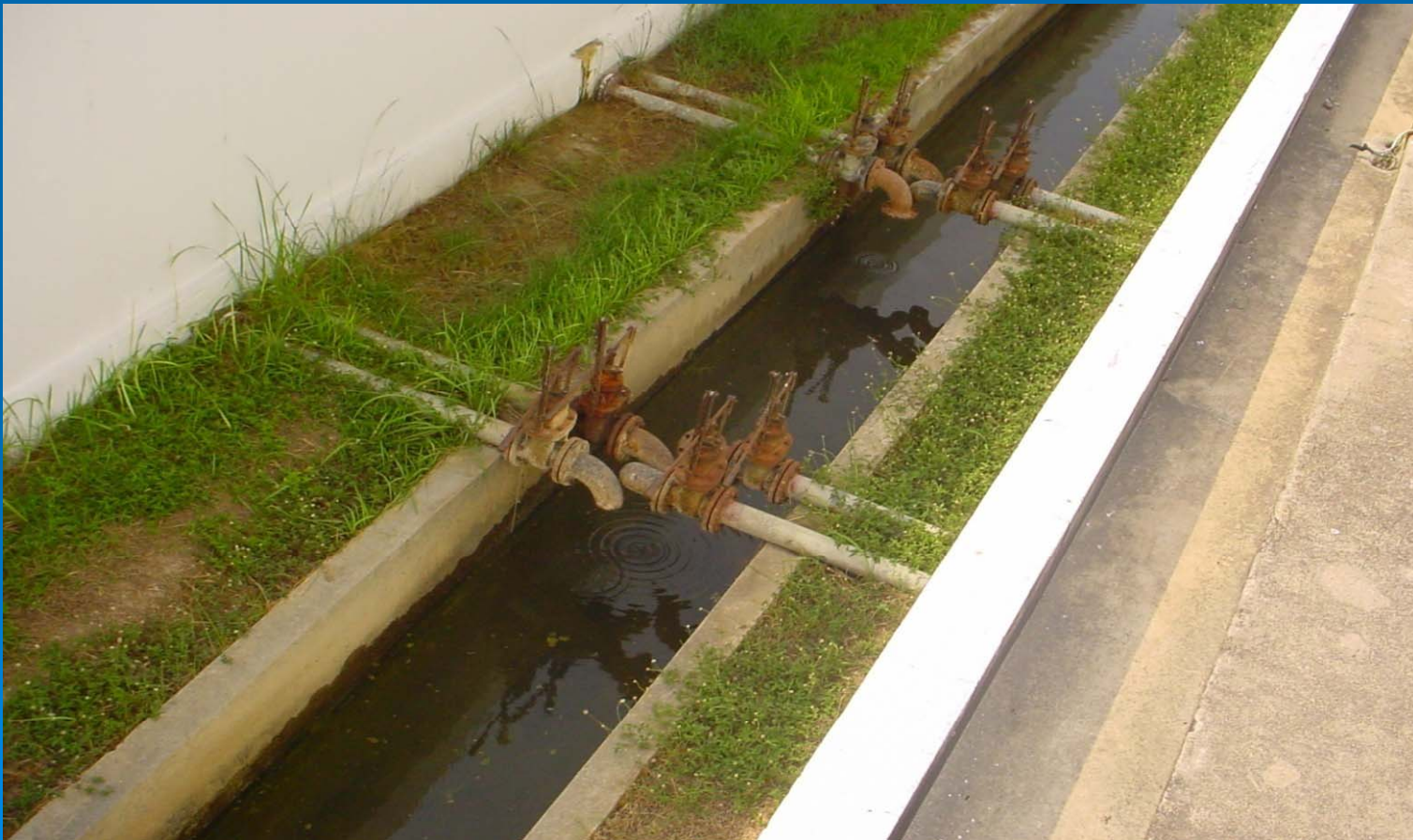
5. การควบคุมคุณภาพน้ำภายในถังตกตะกอน

5.1 สังเกตลักษณะตะกอนที่เคลื่อนตัวจากต้นถังตกตะกอนมายังปลายถัง ตกตะกอนก่อน over flow ไหลลงรางรับน้ำว่ามีตะกอนหลุดมาหรือไม่ ลักษณะตะกอนเป็นอย่างไร เช่น ตะกอนมีลักษณะเม็ดละเอียด แสดงว่าปรับอัตราการจ่ายสารเคมีไม่ถูกต้อง เป็นต้น

5.2 Sludge ที่พื้นถึงด้านล่างสุด (Bottom) ควรรักษาให้อยู่ในระดับ 0.3 ถึง 0.6 เมตร โดยสังเกตจากการ Sample ที่ Bottom และสังเกตตะกอนที่ตกกว่ามีขนาดเท่าใด

ประตูระบายตะกอนแบบ manual

ประตูระบายตะกอนแบบใช้แรงคน เป็นชนิดวาล์วยกขึ้นขับด้วยแรงคน แบบเปิดสุด - ปิดสุด ทำหน้าที่ระบายตะกอนจากถังตกตะกอน ติดตั้งอยู่ที่บริเวณบ่อรับตะกอนของถังตกตะกอน



5.3 ควรรักษาเปอร์เซ็นต์ของ Sludge ที่ Bottom ประมาณ 1 – 10 % แต่ต้องไม่ให้เกิดขึ้นที่ Middle ซึ่งจะทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของ Sludge ได้

5.4 การตั้งเวลาของ Sludge Drain ควรตั้งเวลาให้เหมาะสมกับเปอร์เซ็นต์ของ Sludge ที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้น ถ้าตั้ง Drain บ่อยจะทำให้ Sludge มีน้อยเกินไป แต่ถ้าตั้ง Drain นานหลายๆชั่วโมงอาจทำให้ Sludge ก่อตัวสูงขึ้นและลอยสู่วิวน้ำได้

6. การวัดความเข้มข้นของตะกอน

เก็บตัวอย่างตะกอนที่ระบายออกประมาณ 1000 มิลลิลิตร หลังจากเปิดประตูน้ำ 5 วินาที ทิ้งไปก่อนกวนตะกอนให้เข้ากันแล้ววางทิ้งไว้ จดบันทึกเปอร์เซ็นต์ของตะกอน หลังวางทิ้งไว้ 5 นาที

$$\text{เปอร์เซ็นต์ตะกอน(\%)} = \frac{\text{ปริมาตรตะกอน (มิลลิลิตร)} \times 100}{1000}$$



7. ปัญหาและการแก้ไขการควบคุมคุณภาพน้ำในถังตกตะกอน

7.1 สารสร้างตะกอนจ่ายไม่เพียงพอ โดยไม่สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำดิบแยกสารแขวนลอยออกได้หมด ทำให้ขนาดของ Floc มีขนาดเล็ก

การแก้ไข ปรับอัตราการจ่ายสารสร้างตะกอนให้ได้ค่าที่เหมาะสมตามประมาณการจาก Jar Test

7.2 คุณภาพน้ำดิบมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยมีความขุ่นสูงขึ้น ในขณะที่จ่ายสารสร้างตะกอน ปริมาณปกติ ตามผลการทดลอง Jar Test

การแก้ไข เพิ่มอัตราการจ่ายสารสร้างตะกอนให้มากขึ้น

7.3 ชั้นของ Sludge สูงเกินไปซึ่งสามารถวัดได้ที่จุด Middle ทำให้ Sludge ลอยตัวขึ้นสู่ผิวน้ำได้ง่าย เนื่องจากอัตราการ Drain ไม่เหมาะสม

การแก้ไข ตั้งอัตราการ Drain ตะกอนให้เหมาะสมและ Drain ด้วยระบบ manual เพื่อให้ระดับชั้นของ Sludge ลดลงโดยเร็วจนระดับตะกอนถึงระดับ Bottom แล้วหยุด

7.4 มี Sludge ฟุ้งกระจายบนผิวน้ำโดยรอบถึงตกตะกอนเมื่อ Sample ที่ชั้นของ Bottom และ Middle ไม่มีหรือมีน้อย ซึ่งอาจเกิดจากอุณหภูมิของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงกระทันหันทำให้ Sludge ขยายตัวและลอยขึ้นมาบนผิวน้ำเรียกว่าเกิดการไหลลัด (Short Circuiting) อันเนื่องมาจากกระแสความหนาแน่น (Density Current) ของน้ำที่แตกต่างกัน สามารถสังเกต Sludge ได้โดยดูขนาดของ Sludge ว่ามีขนาดเล็กหรือใหญ่

การแก้ไข - เมื่อ Sludge ไม่ยอมตกลงสู่พื้นล่างซึ่งขนาดของ Floc มีขนาดใหญ่ให้ลดน้ำเข้าถึงตกตะกอนเพื่อปรับอุณหภูมิภายในถังตกตะกอนลง



เงื่อนไขการควบคุมระบบผลิตน้ำ

น้ำออกจากถังตกตะกอน (Effluent Water Quality from Clarifier Tank)

- Turbidity 7 ± 3 NTU
- pH 6.5 – 8.5
- Alkalinity ≥ 50 mg/l

การกรอง(Filtration)

Filtration คือกระบวนการที่แยกอนุภาคแขวนลอยขนาดเล็กออกจากน้ำโดยผ่านน้ำเข้าไปยังชั้นกรองซึ่งมีรูพรุน วัสดุกรองที่นิยมใช้ได้แก่ ทรายแม่น้ำหรือแอนทราไซต์

ถังกรอง (Filter Tank)

ประเภทของถังกรอง แบ่งตามสภาพการไหลผ่านเครื่องกรองดังนี้

1. แบบแรงโน้มถ่วง (Gravity Filter)

- เครื่องกรองช้า (Slow Sand Filter)
- เครื่องกรองเร็ว (Rapid Sand Filter)
- เครื่องกรองล้างกลับอัตโนมัติ (Self Back Washing)

2. แบบใช้ความดัน (Pressure Filter)

- แบบตั้ง (Vertical Pressure Filter)
- แบบนอน (Horizontal Pressure Filter)

ถังกรองเร็ว (Rapid Sand Filter)

- อัตราการกรอง (filter Rate) = 5 – 7 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร
- อัตราการล้างถังกรองน้ำ 0.25 – 1 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที่ต่อตารางเมตร
- การล้างหน้าทรายกรอง :
 - อัตราการล้างหน้าทราย 7.3 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อตารางเมตร
ความดันน้ำที่หัวฉีด 12 – 17 เมตร ความเร็วน้ำ 6 – 8 เมตรต่อวินาที
- วัสดุที่ใช้กรองน้ำ :
 - ทรายกรองขนาด Effective Size 0.45 – 0.65 มิลลิเมตร
Uniformity Coefficient ไม่เกิน 1.5 ความหนาของชั้นทรายกรอง 0.45 – 0.85 เมตร

- ระบบ Under Drain : ระบบพื้น (Perforated Floor)

- ชั้นล่าง ชั้นที่ 1 ขนาด 20 – 40 มิลลิเมตร หนา 100 – 150 มิลลิเมตร
- ชั้นที่ 2 ขนาด 20 – 12 มิลลิเมตร หนา 75 มิลลิเมตร
- ชั้นที่ 3 ขนาด 12 – 6 มิลลิเมตร หนา 75 มิลลิเมตร
- ชั้นที่ 4 ขนาด 6 – 3 มิลลิเมตร หนา 75 มิลลิเมตร
- ชั้นบน ชั้นที่ 5 ขนาด 6 – 1.7 มิลลิเมตร หนา 75 มิลลิเมตร





การควบคุมระบบกรองน้ำ

● การเดินระบบกรองน้ำ

ระหว่างการผลิตน้ำให้ทำการตรวจการทำงานของระบบกรองน้ำโดยการตรวจวัดค่า Head Loss ซึ่งเป็นค่าที่แสดงการอุดตันของระบบกรองน้ำซึ่งแตกต่างกันออกไปตามรูปแบบของถังกรองน้ำ เช่น ถังกรองน้ำประเภท Rapid Sand Filter จะกำหนดค่า head loss ไว้ที่ประมาณ 1.3 ถึง 1.8 เมตรน้ำแล้วให้ทำการ back wash เพื่อล้างถังกรองน้ำ

คุณภาพของน้ำที่ออกจากถังกรอง นอกจากขึ้นกับคุณภาพของน้ำที่เข้าสู่ถังกรองแล้ว ยังขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของถังกรองด้วย ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของถังกรอง ได้แก่

- ขนาดของเม็ดทรายหรือแอนทราไซต์
- ความสูงของชั้นทรายหรือแอนทราไซต์
- อัตราเร็วในการกรอง

ระยะเวลาการเดินระบบถึงกรองน้ำโดยปกติจะมีระยะเวลาการเดินระบบประมาณ 24 – 48 ชั่วโมงแล้วจึงหยุดเดินระบบเพื่อทำการล้างทำความสะอาด

- **การทำความสะอาดถึงกรองน้ำ**

การล้างทำความสะอาดถึงกรองน้ำทำได้โดยการล้างย้อนกลับโดยใช้น้ำและอากาศเข้าไปภายใต้ความดันที่พอเพียงที่จะสามารถขึ้นกรองได้แล้วสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ในชั้นกรองก็จะหลุดออกมา

ขั้นตอนการล้างย้อน

1. หยุดเดินระบบ ให้หยุดถึงกรองน้ำโดยปิด inlet valve และ outlet valve
2. ระบายน้ำบางส่วนออกประมาณ 2 นาที โดยปกติจะระบายน้ำออกจนถึงระดับที่ต้องการ

3. ปล่องลม(Air scour) เข้าถึงกรองบริเวณด้านล่างชั้นกรองทรายหรือแอนทราไซต์เป็นเวลา 30 วินาทีถึง 1 นาที เพื่อทำการล้างย้อนโดยใช้ลมทำความสะอาดชั้นกรอง โดยทำให้ความสกปรกที่ติดค้างบนชั้นกรองเกิดการยกตัวและเม็ดทรายหรือแอนทราไซต์เกิดการขัดสีกัน อัตราการไหลของลมระหว่าง 46 – 55 เมตร/ชั่วโมง Kawamura (2000) ลมถูกนำเข้าไปในถังกรองโดยผ่านระบบอากาศ ขั้นตอนนี้ทำให้เกิดหมอนรองอากาศใต้ (Air cushion) ใต้พื้นกรอง

4. ปล่องลม (Air scour) พร้อมน้ำ พร้อมการกวาดผิวหน้าทราย (surface sweep) ทำการล้างด้วยลมพร้อมน้ำเป็นเวลา 10 นาที หรือมากกว่า

- อัตราการไหลของน้ำประมาณ 7.5 ถึง 10 เมตร/ชั่วโมง (surface wash rate)

Kawamura (2000)

- อัตราการไหลของลม ประมาณ 46 – 55 เมตร/ชั่วโมง Kawamura (2000)



ปล่อยลม(Air scour)



ปล่องขยสม (Air scour) พร้อมน้ำ

ให้แน่ใจว่าไม่มีทรายถูกพัดไปทิ้งตามรางระบายน้ำทิ้ง ถ้าเกิดการพัดพาทรายออกไปให้ลดอัตราการไหลของน้ำลง จนกระทั่งไม่มีทรายถูกพัดพาออกไปทิ้งในรางระบายอีก อัตราการพัด(กวาด)ของน้ำบริเวณผิวหน้าทราย (sweep water flow rate for dual arms 3.25 to 3.75 m/hr. Kawamura (2000))

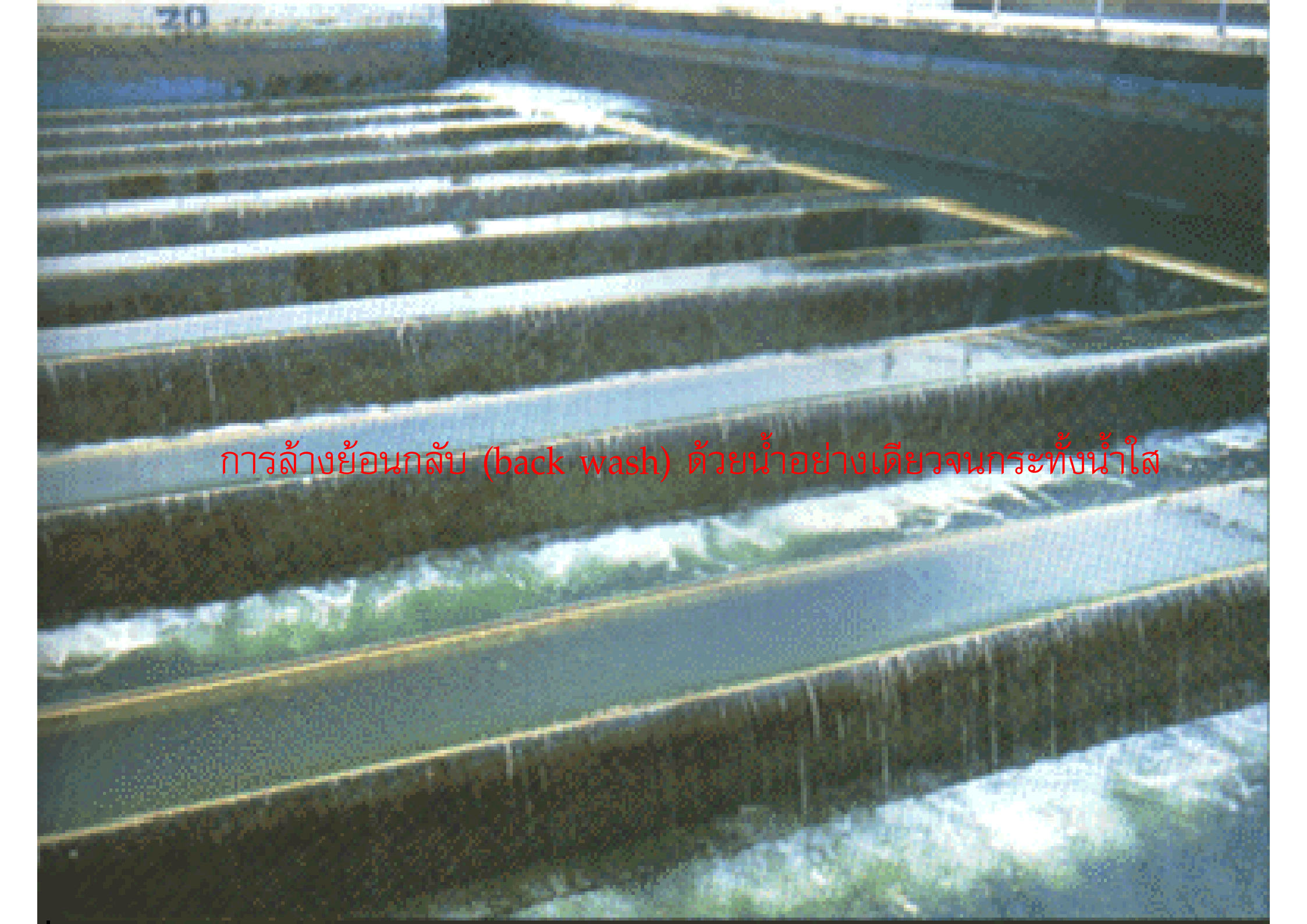
5. การล้างย้อนกลับ (back wash) ด้วยน้ำอย่างเดียวควบคุมไปกับการกวาดพื้นผิว

ให้หยุดลมที่จะเข้าโดยให้ใช้น้ำในการล้างย้อนอย่างเดียว ขั้นตอนนี้ใช้เวลา 10 ถึง 15 นาทีและต้องล้างจนกว่าน้ำที่ไหลเข้าสู่รางน้ำทิ้งเริ่มใส จึงสิ้นสุดกระบวนการล้างย้อนถึงกรองทราย

- อัตราการล้างย้อนกลับประมาณ 15 เมตร/ชั่วโมง
- อัตราการพัด(กวาด)ของน้ำบริเวณผิวหน้าทรายประมาณ 3.25 ถึง 3.75 เมตร/ชั่วโมง



การล้างย้อนกลับ (back wash) ด้วยน้ำอย่างเดียว



การล้างย้อนกลับ (back wash) ด้วยน้ำอย่างเดียวจนกระทั่งน้ำใส

หมายเหตุ

- การหยุดการใช้งาน

สำหรับการหยุดใช้งานถังกรองในระยะเวลาสั้นๆ ไม่จำเป็นต้องทำอะไรเป็นพิเศษ เพียงแต่ปิด Butterfly Valve ทางเข้าและทางออกหน้าถังกรอง แต่ถ้าต้องหยุดใช้งานถังกรองในระยะเวลาหลายๆ ต้องทำการ ล้างถังกรองให้สะอาด แล้วทำการระบายน้ำออกจากถังกรองให้หมดเมื่อจะเริ่มใช้งานใหม่

เงื่อนไขการควบคุมระบบผลิตน้ำ

น้ำออกจากถังกรอง (Effluent Water Quality from Filter Tank)

- Turbidity ≤ 5 NTU

- pH 7.5 ± 1

- สีไม่เกิน 15 TCU

Pressure Drop and Head Loss

Filtration Type	Pressure Drop (Bar)	Head Loss (m. of water)
Pressure Filtration	0.2 – 0.34	2.1 – 3.5
Gravity Filtration	0.18 – 0.24	1.8 – 2.5
Self - Backwash Filters (Gravity Filter)	0.12 – 0.15	1.2 – 1.5
Granular activated carbon	0.21 – 0.34	2.1 – 3.5

หมายเหตุ : 1 Bar = 10 m. of Water

ระบบสูบ-ส่งน้ำประปา

(Clearwell, High-Service Pump)

ถังเก็บน้ำสะอาด (Clear Water Tank)

- เป็นถังคอนกรีตหรือถังเหล็กนียมทำวางไว้บนพื้นเพื่อให้สามารถทำความสะอาดและซ่อมบำรุงได้สะดวก ทำหน้าที่เก็บกักน้ำที่ผ่านการกรองและฆ่าเชื้อโรคแล้ว
- ปริมาตรถังเก็บน้ำใสจะเท่ากับ $1.25 - 1.5 \times Q_{\text{max - day}}$
- $Q_{\text{max - day}} = 1.5 \times Q_{\text{average-day}}$
- $Q_{\text{average-day}}$ เป็นค่าเฉลี่ยอัตราการใช้น้ำหนึ่งวันในรอบปี



สถานีสูบน้ำสะอาด (Clear Water Pumping Station)

- ตั้งอยู่บริเวณพื้นดิน
 - พื้นดินที่มั่นคง แข็งแรง
- ระบบท่อสูบ - ส่งน้ำสะอาดชนิด HDPE Ø มิลลิเมตร
- ระบบไฟฟ้าและการควบคุม
 1. ปกติจะใช้ไฟฟ้าแบบ 3 เฟส
 2. ควบคุมด้วยระบบ PLC

- ปั๊มน้ำใส

1. เป็นปั๊มน้ำชนิดแรงดันสูง (High Life Pump)

2. ลักษณะปั๊ม

- 2.1 Horizontal Pump (หัวปั๊มไม่เปียกน้ำ)

- 2.2 Vertical Pump (หัวปั๊มจมอยู่ในน้ำ)

3. แบ่งตามการปรับรอบการหมุน

- 3.1 Fix Speed Pump (ปรับรอบการหมุนไม่ได้)

- 3.2 Fix Speed Pump (ปรับรอบการหมุนไม่ได้)

4. ชนิด ปั๊มหอยโข่ง จำนวน 3 ชุด

- Run 1 ชุด

- Stand by 2 ชุด

5. อัตราการสูบน้ำ

ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

6. Head = เมตร

- ระบบไฟฟ้าและการควบคุม

1. ปกติจะใช้ไฟฟ้าแบบ 3 เฟส

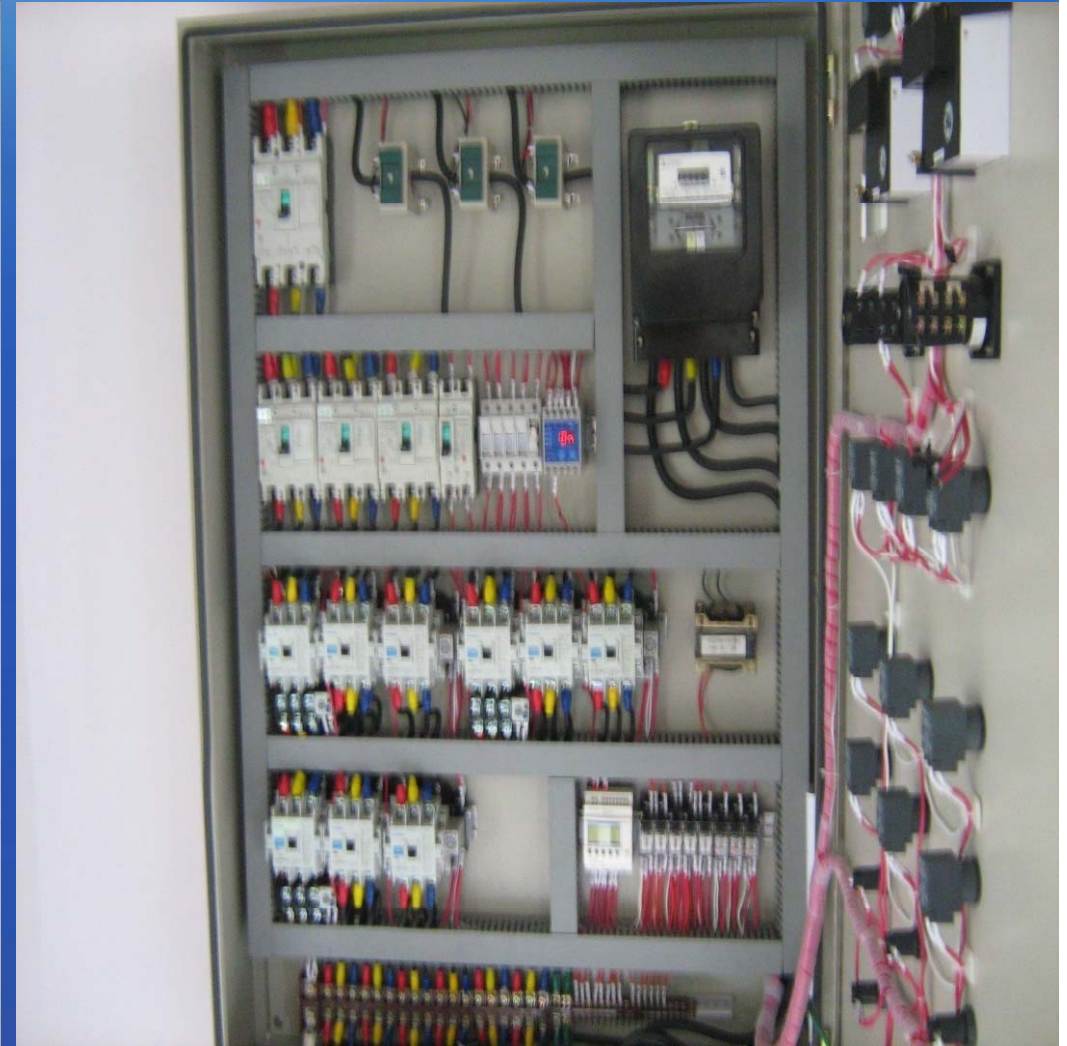
2. ควบคุมด้วยระบบ PLC (**P**rogrammable **L**ogic **C**ontroller)

- การควบคุมการทำงานปั๊มสูบน้ำใส

➤ แบบ **Automatic** – บิด selector switch ของตู้ควบคุมไฟฟ้ามายังตำแหน่ง **AUTO** โดยควบคุมการเดินและหยุดด้วย Pressure Switch ติดอยู่บริเวณหอถังสูง และ ป้องกัน run dry ด้วยลูกลอยไฟฟ้าที่อยู่ในถังเก็บน้ำใส



➤ **แบบ Manual** – บิด selector switch ของตู้ควบคุมไฟฟ้ามายังตำแหน่ง **MANUAL** สามารถหยุดการทำงานของปั๊มมายังตำแหน่ง **OFF** โดยใน **MODE** การทำงานนี้สามารถสั่งทำงานและหยุดปั๊มได้อย่างอิสระจากลูกลอยไฟฟ้า



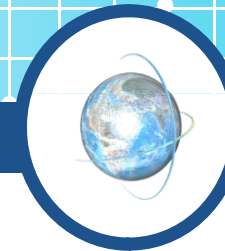
• ตู้ควบคุมไฟฟ้าปั๊มแรงดันสูง

เงื่อนไขการควบคุมระบบผลิตน้ำ

น้ำออกจากโรงงานผลิตน้ำประปา (Tap water Quality)

- Coliform bacteria ไม่พบ
- Residual Cl_2 1.2 ± 0.4 mg/l
- Turbidity ≤ 2.0 NTU

ระบบจ่ายสารเคมีและชนิดสารเคมี ที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปา



- ชนิดของสารเคมี

1. สารสร้างตะกอน

สารสร้างตะกอน(Coagulant) คือ สารเคมีชนิดสารอนินทรีย์ที่ใช้ในการทำลายเสถียรภาพอนุภาคคอลลอยด์และสามารถรวมตัวกันเป็น floc ขนาดใหญ่ขึ้น

- สารส้ม ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) หรือ
- โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ (Polyaluminium Chloride)

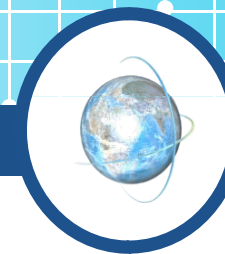
สารส้ม (Aluminium Sulfate) อาจใช้ในรูปแบบของแข็งหรือของเหลว

- สำหรับในรูปแบบของแข็งนั้นมีทั้งชนิดก้อนและชนิดผง (Grains and Powder) มีสูตรทางเคมี $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ โดยทั่วไปจะกำหนดความบริสุทธิ์ ในส่วนของ Al_2O_3 ประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นประมาณ 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร **เตรียมที่ 10 ถึง 20 % (10 ถึง 20 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร)**
- สำหรับในรูปแบบของเหลวนั้น โดยทั่วไปจะกำหนดส่วนของ Al_2O_3 ระหว่าง 8 ถึง 8.5 เปอร์เซ็นต์ หรือ 630 ถึง 650 กรัมของ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ต่อลิตรของสารส้มเหลว

โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ (Polyaluminium Chloride) หรือเรียกอย่างย่อว่า PACI ใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศโดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่น ประเทศจีนและประเทศอินเดีย ทั้งนี้เนื่องจากประเทศเหล่านี้สามารถผลิต PACI ได้เอง

- สำหรับประเทศไทยได้เริ่มมีการผลิตและการนำเข้ามาจำหน่ายแต่ยังไม่นิยมแพร่หลายเท่ากับสารส้ม ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยด้านราคา เพราะ PACI มีราคาสูงกว่าสารส้มประมาณ 3 เท่า
- PACI มีคุณสมบัติในการช่วยตกตะกอนได้ดีกว่าการใช้สารส้มในหลายด้าน โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์เป็นเกลืออะลูมิเนียมที่มีสูตรเคมี คือ $Al_n(OH)_mCl_{(3n-m)}$

2. สารปรับสภาพน้ำ



- การปรับค่า pH ให้สูงขึ้นโดยการเติมโซดาไฟ (NaOH) หรือปูนขาว (CaO)

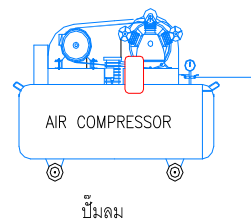
โซดาไฟ (Caustic soda ; NaOH) โซดาไฟที่ใช้มีทั้งที่เป็นของแข็ง(เป็นก้อนหรือเกล็ด) และเป็นของเหลว (ซึ่งมีความเข้มข้นต่างๆ) โซดาเกล็ดมีความหนาแน่น 800 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และประกอบด้วย NaOH ร้อยละ 98 ผลิตจากโรงงานจะมีความเข้มข้นประมาณ 50 % (w/w)

การใช้โซดาไฟต้องระมัดระวัง เนื่องจากจะเกิดความร้อนขึ้นในขณะที่ทำให้เป็นสารละลาย ในการเตรียมสารละลายที่ความเข้มข้น 5% จะมีความร้อนเกิดขึ้นประมาณ 1.066 kJ/kg

ปูนขาวชนิดคwikไลม์ (Quick lime ; CaO) ช่วยทำให้เกิดความเป็นกลาง ทำให้เกิดการตกตะกอนและเป็นการกำจัดพวกคาร์บอนेट คwikไลม์ที่ใช้ในการผลิตน้ำสะอาด จะอยู่ในรูปที่เป็นผง ก่อนนำไปใช้จะต้องทำให้เป็นของเหลวก่อน โดยการผสมกับน้ำในถังผสมปฏิกิริยานี้จะให้ความร้อนออกมา ส่วนผสมที่ได้นี้จะมี ความหนาแน่นตั้งแต่ 800 ถึง 1,200 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร **เตรียมที่ 1 ถึง 2 % (Ca(OH)_2 1 ถึง 2 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร)**

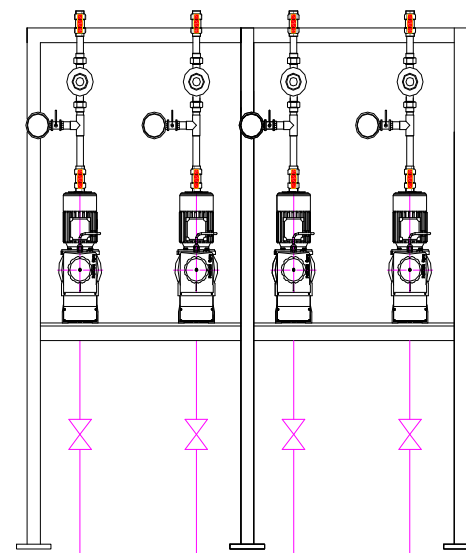
คwikไลม์นี้จะต้องประกอบด้วย **CaO** ไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 และมีสารที่ไม่ละลาย คือ พวก **Calcium carbonate** และ **Silica** ปนอยู่น้อยกว่าร้อยละ 5 ที่อุณหภูมิ 60°C ถึงจุด อิ่มตัวละลายได้มากที่สุด 150 กรัม/น้ำ 0.6 ลิตรที่อุณหภูมิ 20°C (25 %)

ปูนขาวสเลค (Slake lime ; Ca(OH)_2) มีลักษณะเป็นผง ส่วนใหญ่ ประกอบด้วย แคลเซียมไฮดรอกไซด์ แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์และสิ่งเจือปนอื่นๆ (Calcium carbonate และ silica) ความหนาแน่นตั้งแต่ 400 ถึง 600 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร **(Ca(OH)_2 0.05 ถึง 0.1% (0.05 ถึง 0.1 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร))**

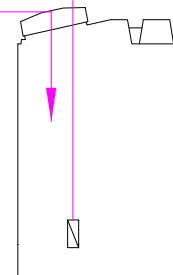


ถังเตรียมสารส้ม

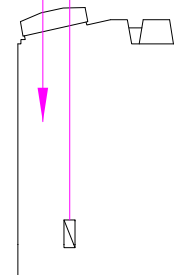
ถังเตรียมโซดาแอช



ระบบจ่ายสารเคมี



ถังจ่ายสารส้มน้ำ

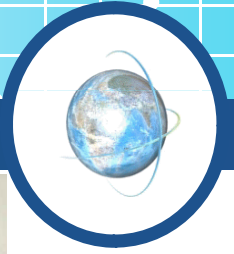


ถังจ่ายโซดาแอช

ภาพแสดงถังเตรียมสารเคมี



ภาพแสดงชุดเครื่องจ่ายสารเคมี

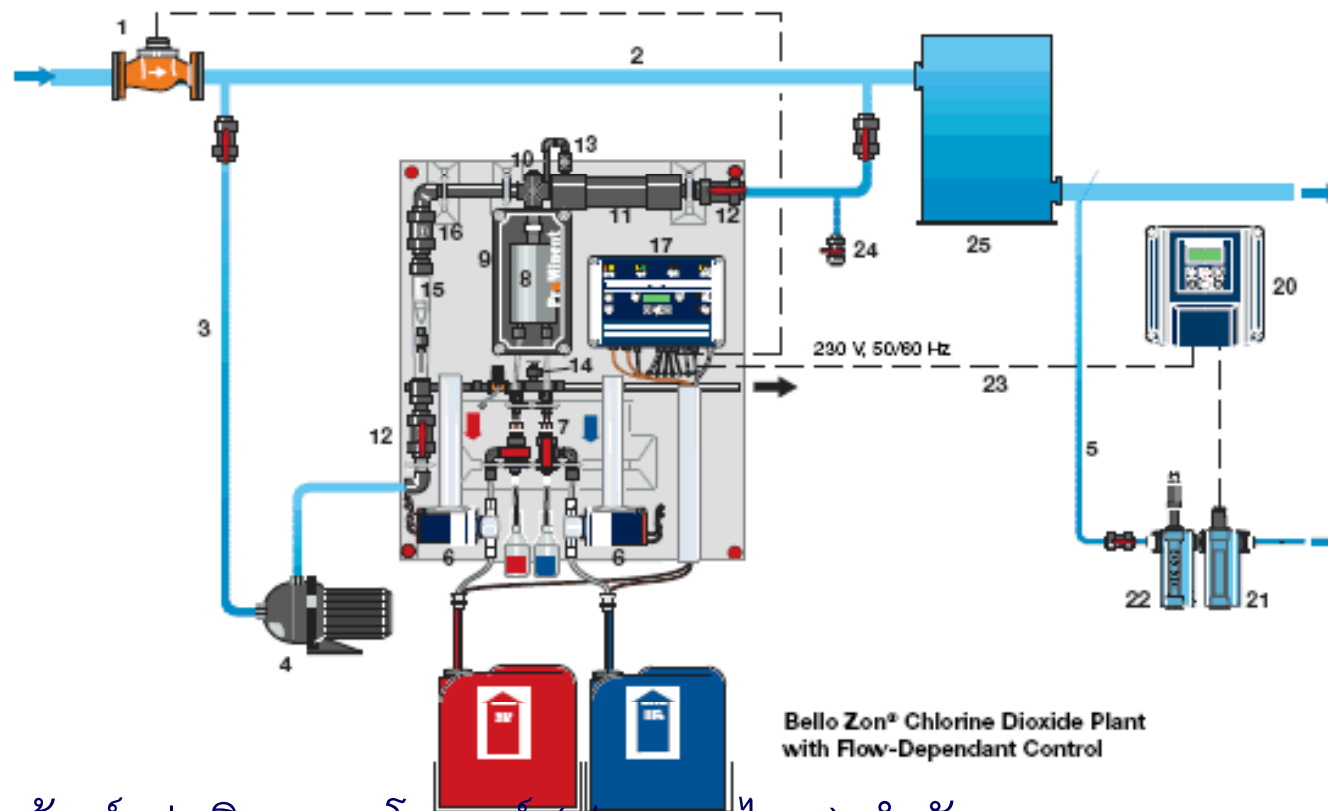


ที่มา : บริษัท โพรมิเนนท์ ฟลuid คอนโทรลส์ (ประเทศไทย) จำกัด

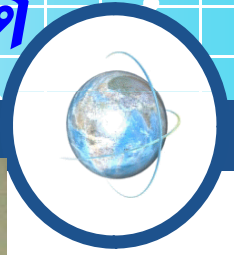


3. เพื่อการฆ่าเชื้อโรค (Disinfection)

3.1 คลอรีนไดออกไซด์ (Chlorine Dioxide)



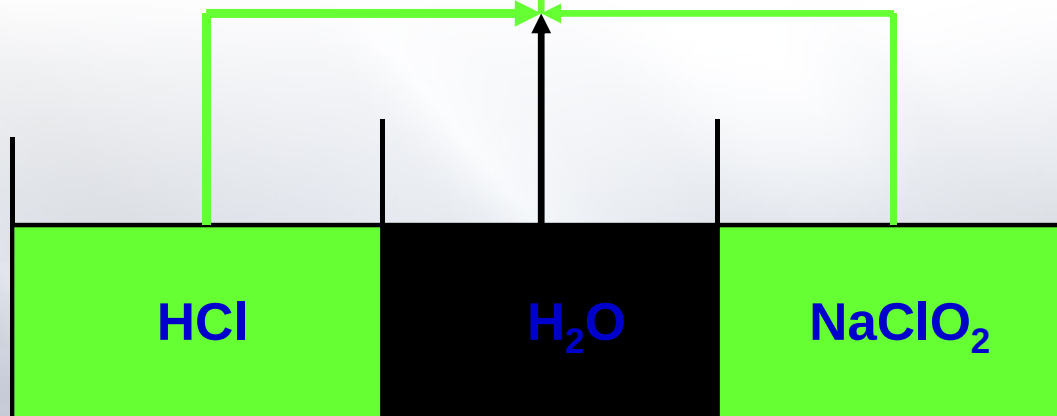
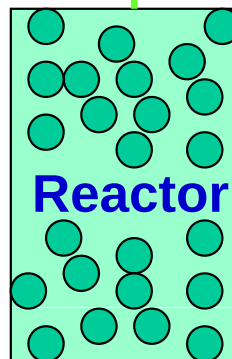
ภาพแสดงเครื่องผลิตคลอรีนไดออกไซด์



ที่มา : บริษัท โพรมิเนนท์ ฟลูอิด คอนโทรลส์ (ประเทศไทย) จำกัด

Schematic of ClO_2 Production

H_2O ClO_2 solution



33 / 9 %

25 / 7.5 %

3.2 คลอรีนน้ำ (Sodium Hypochlorite)

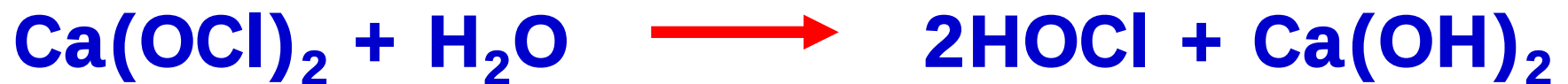
โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (Sodium Hypochlorite ; NaOCl) ใช้เป็นสารฆ่าเชื้อโรค โดยทั่วไปอยู่ในรูปของเหลว ประมาณร้อยละ 20 เติร์มที่ความเข้มข้น 5 ถึง 10 %

3.3 คลอรีนแก๊ส(Chlorine Gas)



คลอรีนในรูป Cl_2 HOCl OCl^- เรียกว่า **Free Residual Chlorine**

ปฏิกิริยาของ Hypochlorite ในน้ำ



NaOCl

Ca(OCl)₂



OCl⁻

pH ~ 11-12

Cl₂



Cl₂ , HOCl

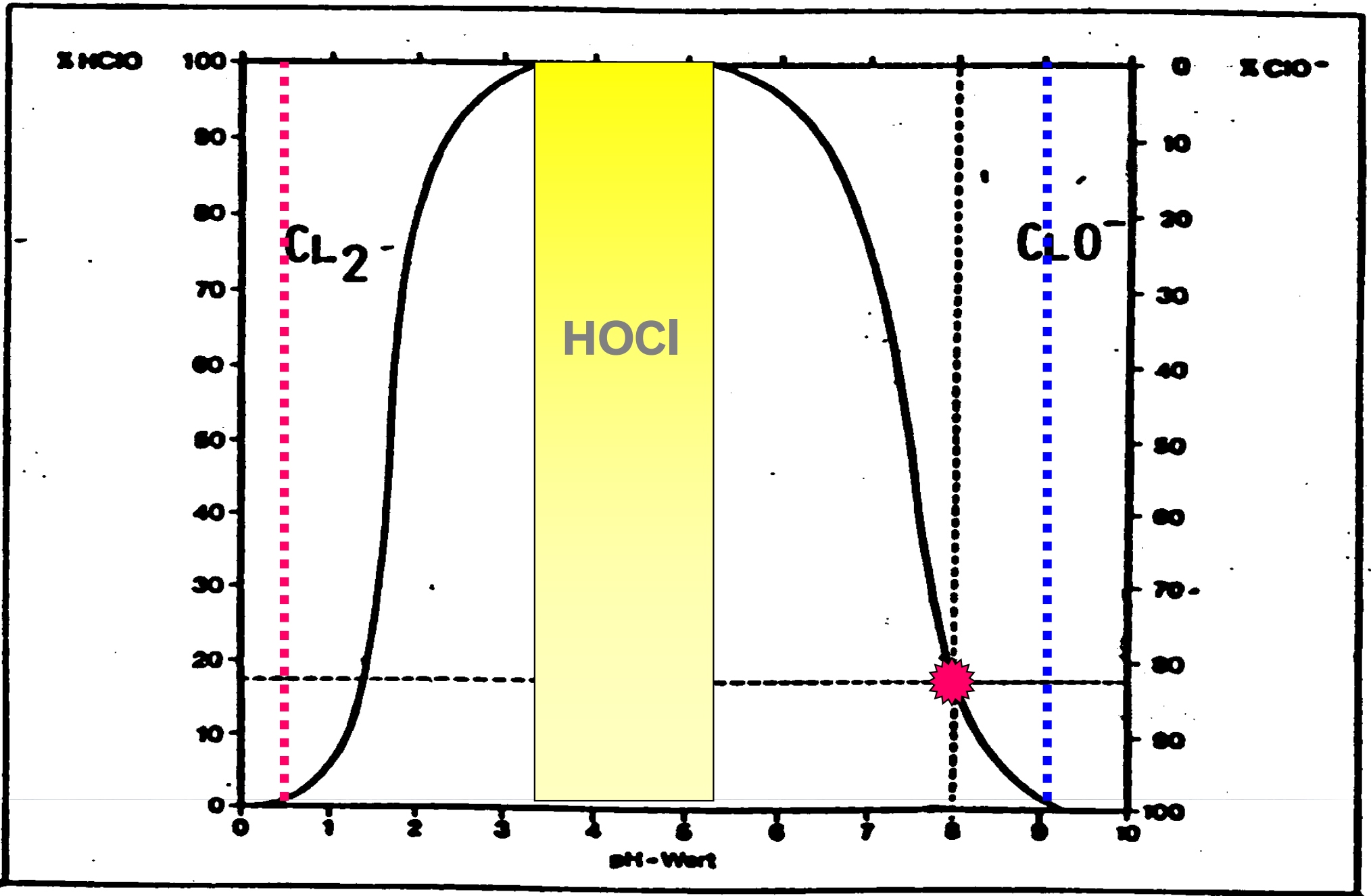
pH ~ 2-3





1 TON Container

Effect of pH on Cl_2 effectiveness (Cl_2 species)



ค่า pH ในน้ำกับค่า Residual Chlorine

1. ค่า pH ในน้ำน้อยกว่า 1 Residual Chlorine อยู่ในรูป Cl_2
2. ค่า pH ในน้ำระหว่าง 1 – 3.5 Residual Chlorine อยู่ในรูป Cl_2 และ HOCl
3. ค่า pH ในน้ำระหว่าง 3.5 – 5.5 Residual Chlorine อยู่ในรูป HOCl ทั้งหมด
4. ค่า pH ในน้ำระหว่าง 5.5 – 9.0 Residual Chlorine อยู่ในรูป HOCl และ OCl^-
5. ค่า pH ในน้ำมากกว่า 9.0 Residual Chlorine อยู่ในรูป OCl^- ทั้งหมด

ข้อดีข้อด้อยของคลอรีน

ข้อดี	ข้อด้อย
ราคาถูก	มีกลิ่นฉุน
หาซื้อได้ง่าย	ทำปฏิกิริยากับ phenol ให้สาร chloro-phenol
วิธีการใช้งานสะดวก	ถ้าในน้ำมีสารอินทรีย์จะทำให้ เกิดสาร THMs และ HAA5
มีให้เลือกหลายรูปแบบ	ในกรณีที่ใช้คลอรีนก๊าซต้องมี ระบบความปลอดภัยที่ดี

เงื่อนไขในการเติมคลอรีน (WHO)

- Free Residual Chlorine not less than 0.5 mg/L
- Contact time 30 min.
- pH must be lower than 8
- Water Turbidity must be less than 1 NTU

ข้อกำหนดคลอรีนคงเหลือในระบบจ่ายน้ำ

- Normal Circumstance : Free Residual Cl_2 0.2 - 0.5 mg/L
- Outbreak : Free Residual Cl_2 must be higher than 0.5 mg/L

วิธีการเตรียม STOCK SOLUTION สารเคมี ที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปา

ชนิดของสารเคมี

1. สารส้ม (Aluminum Sulfate) อาจใช้ในรูปแบบของแข็งหรือของเหลว

- สำหรับในรูปแบบของแข็งนั้นมีทั้งชนิดก้อนและชนิดผง (Grains and Powder) มีสูตรทางเคมี $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ โดยทั่วไปจะกำหนดความบริสุทธิ์ ในส่วนของ Al_2O_3 ประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นประมาณ 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร **เตรียมที่ 10 ถึง 20 % (10 ถึง 20 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร)**

- สำหรับในรูปแบบของเหลวนั้นโดยทั่วไปจะกำหนดส่วนของ Al_2O_3 ระหว่าง 8 ถึง 8.5 เปอร์เซ็นต์ หรือ 630 ถึง 650 กรัมของ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ต่อลิตรของสารส้มเหลว **(ปัจจุบันนิยมใช้ที่ 50 %)**

เนื่องจากสารส้มเป็นเกลือของด่างอ่อน (Aluminium Hydroxide) ผสมกับกรดแก่ (Sulphuric Acid) ดังนั้น สารละลายจึงมีฤทธิ์เป็นกรดมีค่า pH อยู่ระหว่าง 2 ถึง 3.8

2. เฟอริกคลอไรด์ (Ferric Chloride) มีทั้งในรูปของแข็งหรือของเหลว ส่วนใหญ่นิยมใช้ในรูปแบบของเหลว ในรูปของแข็งจะเป็นผลึก (Crystal) สีน้ำตาลเหลืองมีสูตรทางเคมีคือ $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ในรูปของเหลวที่ใช้ในทางการค้าจะประกอบด้วย FeCl_3 บริสุทธิ์ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ สารเฟอริกคลอไรด์นี้เป็นสารกัดกร่อนอย่างแรง ดังนั้นจึงไม่ควรเก็บในถังเหล็ก

3. เฟอรัสซัลเฟต (Ferrous Sulphate ; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) มีลักษณะเป็นผงสีเขียว มีความหนาแน่นประมาณ 900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สามารถละลายน้ำได้อย่างสมบูรณ์ มีส่วนประกอบของเหล็ก 19 เปอร์เซ็นต์ ค่าพีเอชของสารละลายที่มีความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 2.8 เพราะฉะนั้นภาชนะที่ใช้เก็บไม่ควรใช้โลหะถ้าเป็นถังพลาสติกสามารถใช้งานได้

4. เฟอริกซัลเฟต (Ferric Sulphate ; $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) มีลักษณะเป็นผงสีขาว ละลายน้ำได้ดี มีความหนาแน่นประมาณ 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในรูปของสารละลายจะเกิดการ Hydrolysis เกิดเป็นกรดซัลฟูริกได้ ดังนั้นต้องระวังในการใช้งาน

5. โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ (Polyaluminium Chloride) หรือเรียกอย่างย่อว่า PACI ใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศโดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่น ประเทศจีนและประเทศอินเดีย ทั้งนี้เนื่องจากประเทศเหล่านี้สามารถผลิต PACI ได้เอง

- สำหรับประเทศไทยได้เริ่มมีการผลิตและการนำเข้ามาจำหน่ายแต่ยังไม่นิยมแพร่หลายเท่ากับสารส้ม ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยด้านราคา เพราะ PACI มีราคาสูงกว่าสารส้มประมาณ 3 เท่าปัจจุบันราคาเริ่มลดลงมาแข่งขันกับสารส้มแล้ว

- PACI มีคุณสมบัติในการช่วยตกตะกอนได้ดีกว่าการใช้สารส้มในหลายด้าน โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์เป็นเกลืออะลูมิเนียมที่มีสูตรเคมี คือ $Al_n(OH)_mCl_{(3n-m)}$

- ลักษณะทั่วไปของ PACI อาจอยู่ในรูปของสารละลายใสหรือขุ่นเล็กน้อย (ความเข้มข้นประมาณ 33 — 35 %) และอาจอยู่ในรูปของผงสีขาว เติร์มที่ 10 ถึง 20 % (10 ถึง 20 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร)

คุณลักษณะทางเคมีของ Polyaluminium Chloride (มอก. 2150 -2546)

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ร้อยละโดยน้ำหนัก	10.0 ถึง 11.0
2	ความเป็นด่าง ร้อยละโดยน้ำหนัก	45 ถึง 65
3	ความเป็นกรด — ด่าง เมื่อทำเป็นสารละลายที่มีความเข้มข้น 10 กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร	3.5 ถึง 5.0
4	ซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) ร้อยละโดยน้ำหนักไม่เกิน	3.5

6. Cationic Polymer เช่น Polydiallyldimethylammonium มีลักษณะเป็นของเหลว เติรียมที่ 0.2–0.5 % (0.2 – 0.5 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร)

7. Anionic Polymer เช่น Polystyrene sulphonate มีลักษณะในขั้นแรกเป็นผง เติรียมที่ 0.2–0.5 % (0.2 – 0.5 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร)

8. Nonionic Polymer เช่น Polyethylene Oxide มีลักษณะเป็นผง เติรียมที่ 0.2–0.5 % (0.2 – 0.5 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร)

9. โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium Carbonate ; Na_2CO_3) มีลักษณะเป็นผงสีขาว สามารถละลายน้ำได้ มีความหนาแน่นประมาณ 500 ถึง 700 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขึ้นอยู่กับสภาพการอัดตัวแต่ความสามารถในการละลายน้ำต่ำ คือ ประมาณ 100 กรัมต่อลิตรที่อุณหภูมิ 20 °C

10. โซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium Bicarbonate ; NaHCO_3) อยู่ในรูปผง มีความหนาแน่นประมาณ 800 ถึง 1,200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขึ้นอยู่กับสภาพการอัดตัว การละลายน้ำน้อยกว่าโซเดียมคาร์บอเนต คือ ประมาณ 96 กรัมต่อลิตรที่อุณหภูมิ 20 °C

11. โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (Sodium Hypochlorite ; NaOCl) ใช้เป็นสารฆ่าเชื้อโรค โดยทั่วไปอยู่ในรูปของเหลว ประมาณร้อยละ 20 **เตรียมที่ความเข้มข้น 5 ถึง 10 % (5 ถึง 10 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร)** ปัจจุบันโรงงานผู้ผลิตจะเตรียมที่ความเข้มข้น 10 % เพื่อให้สามารถใช้งานได้ทันที

รายการ ที่	คุณลักษณะ	โซเดียมไฮโปคลอไรท์	
		ชั้นคุณภาพ 1	ชั้นคุณภาพ 2
1	อะแวนด์เบิลคลอรีน ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่น้อยกว่า 10	ไม่น้อยกว่า 5
2	เสถียรภาพต่อความร้อน อะแวนด์เบิลคลอรีนที่เหลืออยู่ ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่น้อยกว่า	7.7	4.9
3	สารที่ไม่ละลายในน้ำ ร้อยละโดยน้ำหนักไม่เกิน	-	-
4	ค่าอิสระ (คำนวณเป็น NaOH) ร้อยละโดยน้ำหนักไม่เกิน	1.5	0.5

12.แคลเซียมไฮโปคลอไรท์ (Calcium Hypochlorite ; $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ใช้เป็นสารฆ่าเชื้อโรค โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของแข็ง (เป็นผง) ซึ่งประกอบด้วย $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ร้อยละ 65 ถึง 70 หรือประมาณ 650 ถึง 700 กรัมต่อกิโลกรัมของ Active Chlorine ความหนาแน่นประมาณ 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตรเตรียมที่ความเข้มข้น 5 ถึง 10 % (5 ถึง 10 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร)

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	อะเวละเบิลคลอรีน ร้อยละ โดยน้ำหนัก	ไม่น้อยกว่า 6
2	เสถียรภาพต่อความร้อนอะเวละเบิลคลอรีนที่เหลืออยู่ ร้อยละ โดยน้ำหนักไม่น้อยกว่า	5.0
3	สารที่ไม่ละลายในน้ำ ร้อยละ โดยน้ำหนักไม่เกิน	1.0
4	ด่างอิสระ (คำนวณเป็น NaOH) ร้อยละ โดยน้ำหนัก ไม่เกิน	-

13. ปูนคลอรีน(Chlorinated Lime) มีสูตรทางเคมี คือ CaOCl_2 เป็นผงมีความบริสุทธิ์ 70 % และมี Available Chlorine 27 – 37 % เตรียมที่ความเข้มข้น 5 ถึง 10 % (5 ถึง 10 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร)

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	อะเวละเบิลคลอรีน ร้อยละ โดยน้ำหนัก	27 ถึง 37
2	เสถียรภาพต่อความร้อนอะเวละเบิลคลอรีนที่เหลืออยู่ ร้อยละ โดยน้ำหนักไม่น้อยกว่า	24
3	สารที่ไม่ละลายในน้ำ ร้อยละ โดยน้ำหนักไม่เกิน	-
4	ค่าางอิสระ (คำนวณป็น NaOH) ร้อยละ โดยน้ำหนัก ไม่เกิน	-

14. กรดกำมะถัน (Sulphuric acid ; H_2SO_4) ใช้ในการทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchangers) ปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH correction) และใช้ในการเตรียม Activated Silica

สำหรับกรดกำมะถันที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา มีความหนาแน่น 1,830 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตรและมีเนื้อกรดร้อยละ 92 - 98 โดยน้ำหนัก ความหนืดที่ 20°C 25 mPa/s (25 centipoises)

15. กรดเกลือ (Hydrochloric acid ; HCl) ใช้ในการทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchangers) ปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH correction) และใช้ในการเตรียม Chlorine Dioxide กรดเกลือที่ใช้ในการผลิตน้ำสะอาดเป็นกรดชนิดที่เรียกว่า Technical Grade ซึ่งประกอบด้วยกรดเกลือ ร้อยละ 31 - 36 โดยน้ำหนักและความหนาแน่น 1,170 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

18. โซดาไฟ (Caustic soda ; NaOH) โซดาไฟที่ใช้มีทั้งที่เป็นของแข็ง (เป็นก้อนหรือเกล็ด) และเป็นของเหลว (ซึ่งมีความเข้มข้นต่างๆ) โซดาเกล็ดมีความหนาแน่น 800 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และประกอบด้วย NaOH ร้อยละ 98

การใช้โซดาไฟต้องระมัดระวัง เนื่องจากจะเกิดความร้อนขึ้นในขณะที่ทำให้เป็นสารละลาย ในการเตรียมสารละลายที่ความเข้มข้น 5% จะมีความร้อนเกิดขึ้นประมาณ 1.066 kJ/kg

19. คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide) มีสูตรทางเคมี คือ CO_2 เป็นของเหลวที่มีความเข้มข้น 99.5 %

20. ก๊าซคลอรีน มีสูตรทางเคมี คือ Cl_2 ในการจัดส่งเป็นของเหลวมีความบริสุทธิ์ 99.8 %

21. โอโซน (Ozone) มีสูตรทางเคมี คือ O_3 ใช้งานโดยใช้เครื่องกำเนิดติดตั้งบริเวณที่ใช้งาน ความเข้มข้นที่ใช้งานระหว่าง 1 – 5.3 mg/l (วัด Residual Ozone ให้ได้ 0.5 – 1.0 mg/l)

22. Chlorine Dioxide มีสูตรทางเคมี คือ ClO_2 ใช้งานโดยผสม $NaClO_2$ กับ Cl_2 ซึ่งจะต้องนำไปใช้งานทันที

23. Potassium permanganate มีสูตรทางเคมี คือ $KMnO_4$ ลักษณะเป็นผงมีความบริสุทธิ์ 97 – 99% สำหรับฆ่าเชื้อโรคและกำจัดแมลงกาน้ำในน้ำเตรียมที่ 2 ถึง 5 % (2 ถึง 5 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร) และ Degremont กำหนดความเข้มข้นที่เตรียมระหว่าง 5 กรัม/ลิตร ถึง 30 กรัม/ลิตร (0.5 ถึง 3%) ที่อุณหภูมิ 20° C ที่ระยะเวลาสัมผัส 15 ถึง 60 นาที ถ้าเตรียมมากกว่า 15 กรัม/ลิตร (1.5 %) จะมีโอกาสเกิดการตกตะกอนได้

สูตรคำนวณสารเคมีต่างๆในระบบผลิตน้ำประปา

1. การคำนวณอัตราการจ่ายสารเคมี กรณีสารเคมีอยู่ในรูปของแข็ง 100 % (W/W)

$$\frac{Flow(m^3 / hr) \times ppm}{10 \times \% Stock Solution} = l / hr$$

โดยที่:

Flow = อัตราการไหลของน้ำดิบ (m^3 / hr)

ppm = ความเข้มข้นสารเคมีที่จ่ายเข้าระบบผลิตน้ำประปา

%Stock Solution = เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นสารเคมีที่เตรียม(w/v)

สูตรคำนวณสารเคมีต่างๆในระบบผลิตน้ำประปา

2. การคำนวณอัตราการจ่ายสารเคมี กรณีสารเคมีอยู่ในรูปของแข็ง D % (W/W)

$$\frac{Flow(m^3 / hr) \times ppm \times \%Raw\ Chemical(w / w)}{1,000 \times \%Stock\ Solution(w / v)} = l / hr$$

โดยที่:

Flow = อัตราการไหลของน้ำดิบ (m^3 / hr)

ppm = ความเข้มข้นสารเคมีที่จ่ายเข้าระบบผลิตน้ำประปา

%Stock Solution = เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นสารเคมีที่เตรียม(w/v)

%Raw Chemical = เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นสารเคมีที่นำมาเตรียม(w/w)

สูตรคำนวณสารเคมีต่างๆในระบบผลิตน้ำประปา

3. การคำนวณอัตราการจ่ายสารเคมี กรณีสารเคมีอยู่ในรูปของเหลว D % (W/W)

$$\frac{Flow(m^3 / hr) \times ppm}{9.971 \times \text{specific Gravity} \times \% \text{Raw Chemical}(w/w)} = l / hr$$

โดยที่:

Flow = อัตราการไหลของน้ำดิบ (m^3 / hr)

ppm = ความเข้มข้นสารเคมีที่จ่ายเข้าระบบผลิตน้ำประปา

%Raw Chemical = เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นสารเคมีที่นำมาเตรียม(w/w)

Specific Gravity = ค่าความถ่วงจำเพาะสารเคมีที่นำมาเตรียม

สูตรคำนวณสารเคมีต่างๆในระบบผลิตน้ำประปา

4. การคำนวณอัตราการจ่ายสารเคมี กรณีสารเคมีอยู่ในรูปของเหลว D % (W/W) เตรียมที่ความเข้มข้น E% (W/V)

$$\frac{\text{Flow}(\text{m}^3 / \text{hr}) \times \text{ppm} \times \% \text{Raw Chemical}(\text{w} / \text{w}) \times \text{specific gravity raw chemical}}{1000 \times \% \text{Stock Solution}(\text{W} / \text{V}) \times \text{specific gravity stock solution}} = \text{l} / \text{hr}$$

โดยที่ :

Flow = อัตราการไหลของน้ำดิบ (m^3 / hr)

ppm = ความเข้มข้นสารเคมีที่จ่ายเข้าระบบผลิตน้ำประปา

%Raw Chemical = เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นสารเคมีที่นำมาเตรียม(w/w)

Specific Gravity raw chemical = ค่าความถ่วงจำเพาะสารเคมีที่นำมาเตรียม

%Stock Solution = เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นสารเคมีที่เตรียม(w/v)

Specific Gravity stock solution = ค่าความถ่วงจำเพาะสารเคมีที่เตรียม

สูตรคำนวณสารเคมีต่างๆในระบบผลิตน้ำประปา

5. การคำนวณสารส้มน้ำ

$$= \frac{666.43 \times Y \times 10 \times Z}{101.96} \quad \text{กรัม/ ลิตร}$$

โดยที่

$$Y = \% \text{ Al}_2\text{O}_3$$

$$Z = \text{ความถ่วงจำเพาะ}$$

ตัวอย่าง สารส้มน้ำโรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์

- มีเนื้อ Al_2O_3 6.5 %

- มีความถ่วงจำเพาะ 1.265

$$\text{แทนค่าในสูตร} = \frac{666.43 \times 6.5 \times 10 \times 1.265}{101.96} \quad \text{กรัม/ ลิตร}$$

$$= 537.438 \quad \text{กรัม/ลิตร} = 53.74 \%$$

สูตรคำนวณสารเคมีต่างๆในระบบผลิตน้ำประปา

6. การคำนวณปริมาณปูนขาว (Quick lime)

$$\frac{A \times B \times 56 \times 100}{74 \times C} \quad \text{กิโลกรัม}$$

โดยที่

A = ความเข้มข้นของ Stock Solution Ca(OH)_2 กรัม/ลิตร

B = ปริมาตรของ Stock Solution Ca(OH)_2 ลูกบาศก์เมตร

C = Grade ปูนขาวเป็น industrial grade = C % as CaO

ตัวอย่าง ปูนขาว CaO 90 % ให้ได้ Stock Solution $\text{Ca(OH)}_2 = 30$ กรัม/ลิตร
เตรียมที่ 1 ลูกบาศก์เมตร จะใช้ปูนขาวน้ำหนักเท่าใด

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าลงในสูตร} &= \frac{30 \times 1 \times 56 \times 100}{74 \times 90} \\ &= 25.225 \quad \text{กิโลกรัม} \end{aligned}$$

วิธีการเตรียม STOCK SOLUTION จากสารเคมีในรูปแข็ง(W/W)ยกเว้นปูนขาว

ใช้สำหรับสารส้มชนิดของแข็ง(ก้อนหรือเกล็ด), PACIชนิดผงหรือเกล็ด , โพลีเมอร์ชนิดผง ต่างทั้งชนิดก้อนหรือเกล็ด คลอรีนชนิดผงหรือเกล็ดยกเว้นปูนขาวและโซดาซักผ้า

วิธีทำ

โดยการเตรียมจากสารเคมีชนิดก้อนหรือชนิดเกล็ดหรือผงมีความเข้มข้น 65 % (weight/weight)

หมายถึงสารเคมี 100 กรัม มีเนื้อสารเคมี = 65 กรัม

∴ ถ้าต้องการเตรียม Stock Solution เนื้อสารเคมี = 10 % หมายถึง มีเนื้อสารเคมี
= 10 กิโลกรัม/น้ำ 100 ลิตร
= 100 กรัม/น้ำ 1 ลิตร

จะใช้สารเคมี เท่าใด ?

จากเนื้อสารเคมี = 65 กรัม จะต้องใช้สารเคมี = 100 กรัม

∴ ถ้าต้องการเตรียมเนื้อสารเคมี = 100 กรัม จะต้องใช้สารเคมี = $\frac{100 \times 100}{65}$ กรัม

$$= 153.85 \text{ กรัม}$$

$$\therefore \text{นั่นคือจะต้องใช้สารเคมี} = 153.85 \text{ กรัม ละลายน้ำ } 1 \text{ ลิตรจะได้ความเข้มข้นของสารเคมี}$$
$$= 10 \%$$

$$\text{เตรียมถัง STOCK SOLUTION ที่ปริมาตร} = 200 \text{ ลิตร}$$

$$\text{จะใช้สารเคมี} = 200 \times 153.85$$

$$= 30,769.23 \text{ กรัม}$$

$$= 30.76 \text{ กิโลกรัม}$$

วิธีการเตรียม STOCK SOLUTION จากสารเคมีในรูปของเหลว(W/W)

ใช้สำหรับสารเคมีชนิดของเหลวทุกชนิด เช่น คลอรีนเหลว , ปูนขาวชนิด Slack Lime (Ca(OH)_2) เป็นต้น

1. โดยการเตรียมจากสารเคมี(Raw Chemical)ชนิดเหลวมีความเข้มข้น = 28 % (weight/weight)

หมายถึงสารเคมี 100 กิโลกรัม มีเนื้อสารเคมี = 28 กิโลกรัม

2. สารเคมี(Raw Chemical)มีค่าความถ่วงจำเพาะ(specific gravity)(S.G) = 1.2

3. จากความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสให้ค่า = 997.1 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

4. ต้องการเตรียมสารเคมี (Stock Solution) ที่ความเข้มข้น = 10 % (weight/volume)

หมายถึงเนื้อสารเคมี 10 กิโลกรัม ละลายน้ำให้ได้ = 100 ลิตร

วิธีทำ

จากสมการ

$$\rho = \frac{m(kg)}{V(m^3).(S.G)}$$

ต้องเปลี่ยนหน่วยน้ำหนักของสารเคมี(Raw Chemical) ชนิดเหลว 100 กิโลกรัมให้เป็นปริมาตรดังนี้

$$V(m^3) = \frac{m(kg)}{\rho.S.G}$$

$$\begin{aligned}\therefore \text{ปริมาตรของสารเคมี(Raw Chemical) ชนิดเหลว 100 กิโลกรัม} &= \frac{100}{997.1 \times 1.2} \\ &= 0.083575703 \text{ ลูกบาศก์เมตร} \\ \therefore \text{สารเคมีที่นำมาเตรียม เป็น Stock Solution มีความเข้มข้น} &= \frac{28}{0.083575703} \text{ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร} \\ &= 335.0256 \text{ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร} \\ \text{ดังนั้นสารเคมี Raw Chemicalหนัก } 335.0256 \text{ กิโลกรัมได้สารละลาย} &= 1 \text{ ลูกบาศก์เมตร} \\ \text{ถ้าต้องการสารเคมี Stock Solutionหนัก } 10 \text{ กิโลกรัมได้สารละลาย} &= \frac{10 \times 1}{335.0256} \text{ ลูกบาศก์เมตร}\end{aligned}$$

$$= 0.029848465 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

ดังนั้น Stock Solution ที่ต้องการเตรียมจากสารเคมี(Raw Chemical)

$$= 0.029848465 \text{ ลูกบาศก์เมตร/น้ำ 100 ลิตร}$$

$$= 29.848465 \text{ ลิตร/ละลายน้ำให้ได้ 100 ลิตร}$$

จะได้ความเข้มข้นของ Stock Solution 10 % (weight/volume)

ในทางปฏิบัติการวัดปริมาตร 29.848465 ลิตรทำได้ยากดังนั้นจึงต้องแปลงหน่วยให้เป็นน้ำหนัก โดยนำความถ่วงจำเพาะมาคำนวณดังนี้

$$V(m^3) = \frac{m(kg)}{\rho.S.G}$$

$$0.029848465 = \frac{M \text{ (kg)}}{997.1 \times 1.2}$$

$$\therefore \text{จะต้องใช้สารเคมี} = 35.71 \text{ กิโลกรัม/ละลายน้ำให้ได้ 100 ลิตร}$$

สรุปรายงานประจำวัน โรงงานผลิตน้ำประปา

วันที่ _____ เดือน _____ ปี _____

ก. ปริมาณน้ำ

1. น้ำดิบ

ปริมาณ =

ลูกบาศก์เมตร/วัน

2. น้ำประปา

ปริมาณ =

ลูกบาศก์เมตร/วัน

ข. การใช้ไฟฟ้า

จำนวน =

หน่วย (KW.Hr)

(ยูนิตละ =

บาท)

∴ คิดเป็นค่าใช้จ่าย =

บาท/ลูกบาศก์เมตร

ค. สารเคมี

1. โพสโซลูมิเนียมคลอไรด์ =

ลิตร

(ราคาลิตรละ =

บาท)

2. ความเข้มข้นเฉลี่ย =

มิลลิกรัม/ลิตร

∴ คิดเป็นค่าใช้จ่าย =

บาท/ลูกบาศก์เมตร

3. คลอรีนน้ำ =

กิโลกรัม

(ราคากิโลกรัมละ =

บาท)

4. ความเข้มข้นเฉลี่ย =

มิลลิกรัม/ลิตร

∴ คิดเป็นค่าใช้จ่าย =

บาท/ลูกบาศก์เมตร

ง. คุณภาพน้ำ

1. น้ำดิบ

1.1 ความขุ่น

เอ็นทียู

1.2 pH

2. น้ำประปา

2.1 ความขุ่น

เอ็นทียู

2.2 pH

2.3 คลอรีนอิสระคงเหลือ

มิลลิกรัม/ลิตร

รายงานโดย :

(_____)

ผู้ควบคุมการผลิต

ตรวจสอบโดย :

(_____)

ผู้จัดการโรงงาน

ว/ด/ป	เวลา	ปริมาณน้ำดิบ		ปริมาณน้ำผลิต		ปั๊มน้ำดิบ		ความดัน	ปั๊มน้ำผลิต-จ่าย		ความดัน	ไฟฟ้า	
		เลขมิเตอร์	ปริมาณน้ำ (ลบ.ม.)	เลขมิเตอร์	ปริมาณน้ำ (ลบ.ม.)	ปั้ม 1	ปั้ม 2	(Bar)	ปั้ม 1	ปั้ม 2	(Bar)	เลขมิเตอร์	จำนวนที่ใช้ (หน่วย)

หมายเหตุ

-ปั๊มน้ำ กรณีการทำงานอยู่ในสภาพปกติให้ใส่เครื่องหมายถูก(✓)
กรณีผิดปกติให้บันทึกสภาพที่ผิดปกติ

[illegible]ធានា

- ป้อนน้ำ กรณีการทำงานอยู่ในสภาพปกติให้ใส่เครื่องหมายถูก(✓)

กรณีผิดปกติให้บันทึกสภาพที่ผิดปกติ

ตารางบันทึกคุณภาพน้ำ โรงงานผลิตน้ำประปา

R-004

[illegible]

รวมค่า OPERATING COST และ FIX COST

ปีงบประมาณ 2552

ประจำปี 2552

สถานที่	ปริมาณน้ำ		เงินเดือน, ค่าจ้าง ค่าตอบแทน		ค่าไฟฟ้า		ค่าสารเคมี		ค่าจ้างเหมาดำเนินการ		ค่าวัสดุและอื่น ๆ		ค่าใช้จ่ายการดำเนินงาน (ค่าใช้จ่ายทางตรงบางส่วน)		ต้นทุนการผลิตการดำเนินงาน ต่อปริมาณน้ำผลิตจ่าย		ค่าน้ำดิบ		ค่าเสื่อมราคา, ดอกเบี้ย และค่าธรรมเนียมเงินกู้		ค่าใช้จ่ายอื่นบางส่วน		ต้นทุนผลิตรวม ต่อปริมาณน้ำผลิตจ่าย	
	ลบ.ม.	ลบ.ม./วัน	บาท	บาท/ลบ.ม.	บาท	บาท/ลบ.ม.	บาท	บาท/ลบ.ม.	บาท	บาท/ลบ.ม.	บาท	บาท/ลบ.ม.	บาท	บาท/ลบ.ม.	บาท	บาท/ลบ.ม.	บาท	บาท/ลบ.ม.	บาท	บาท/ลบ.ม.	บาท	บาท/ลบ.ม.	บาท	บาท/ลบ.ม.
โรงงานผลิตน้ำ																								
- โรงงานฯ ก	180,000	6,000	0	0.0000	0	0.0000	780,078	4.3338		0.0000		0.0000		0.0000	780,078	4.3338			43,562	0.2420		0.0000	823,640	4.5758
- โรงงานฯ ข																								
- โรงงานฯ ค																								
- โรงงานฯ จ																								
รวมระบบงานโรงงานผลิตน้ำ	180,000	6,000	0	0.0000	0	0.0000	780,078	4.3338	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	780,078	4.3338	0	0	43,562	0.2420	0	0.0000	823,640	4.5758