การประปานครหลวง
METROPOLITAN WATERWORKS AUTHORITY

คู่มือการควบคุมถังตกตะกอน

Lamellae Clarifier

ประเภท Vacuum Type

โดย

นายพรศักดิ์ สมรไกรสรกิจ

ผู้อำนวยการกองวิชาการและข้อมูลผลิตน้ำ

การประปานครหลวง

สิงหาคม 2559

ประปา เพื่อประชาชน
Quality Water for Quality Life

คำนำ

ถังตกตะกอน Lamellae Pulsator Clarifier ประเภท Vacuum Type เป็นถังตกตะกอนที่รวบรวมกระบวนการกวนเร็ว กวนช้าและตกตะกอนเข้ามาไว้ในถังเดียวกันเพื่อประหยัดพื้นที่ในการก่อสร้าง และมีแผ่น Lamellae Module ติดตั้งอยู่ในถังตกตะกอนเพื่อใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการตกตะกอน ลักษณะของระบบจะมีการเลี้ยงชั้นตะกอน (Sludge Blanket) และต้องรักษาให้มีชั้นตะกอนคงอยู่ตลอดเวลาเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แตกกระจายหรืออัดตัวเกาะกันแน่นบริเวณก้นถัง ตะกอนที่อยู่ในถังจะทำหน้าที่กรองตะกอนใหม่ที่เข้ามาและยังช่วยลดความเร็วของน้ำที่จะขึ้นไปด้านบนได้อีกด้วย น้ำใสจะแยกออกจากตะกอนเพื่อไหลไปยังถังกรองต่อไป ถังตกตะกอนชนิดนี้ใช้หลักการสร้างพลังงานจากระดับน้ำโดยอาศัยปั๊มลมเพื่อยกระดับน้ำให้สูงขึ้นในห้องสูญญากาศ “Vacuum Chamber” แล้วปล่อยให้เกิดการกระแทกด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก การทำงานไม่ซับซ้อนทำให้การบำรุงรักษาค่อนข้างง่าย

เอกสารที่เขียนขึ้นมาฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ควบคุมระบบผลิตน้ำประปามีความเข้าใจหลักการทำงานของถังตกตะกอนดังกล่าวและสามารถประยุกต์ใช้งานจากเอกสารฉบับนี้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดเพื่อให้การผลิตน้ำประปามีคุณภาพตามเกณฑ์ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อองค์กรและประชาชนผู้บริโภคน้ำต่อไป

นายพรศักดิ์ สมรไกรสรกิจ
ผู้อำนวยการกองวิชาการและข้อมูลผลิตน้ำ
การประปานครหลวง
สิงหาคม 2559

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทนำ	1
วัตถุประสงค์ของระบบ	1
หลักการทำงานของถังตกตะกอน	1
การเริ่มต้นเดินระบบ Pulsator เบื้องต้น	5
การจ่ายน้ำดิบเข้าสู่ถัง Pulsator	5
การปรับอัตราการทิ้งตะกอน (Sludge Draw-Off)	6
การปรับอุปกรณ์ควบคุม Pulsator เบื้องต้น	6
การเริ่มเดินระบบ Pulsator	7
การปรับอัตรา Pulsation และเวลาระบายตะกอน	8
การปรับเปลี่ยนอัตราการระบายตะกอนออกจากถัง Pulsator	13
การเกิด Sludge Blanket	16
การปรับเปลี่ยนระบบให้เหมาะสม	16
ขั้นตอนการปรับเปลี่ยนการทำงานของถังตกตะกอน Pulsator ให้เหมาะสมกับคุณภาพน้ำดิบ	18
กรณีลดอัตราการไหลของน้ำดิบเข้าถังตกตะกอน	19
การแปลผลทดสอบ	19
รายละเอียดการออกแบบถังตกตะกอน Lamellae Pulsator Clarifier โรงงานผลิตน้ำสามเสน 4	20
การเก็บตัวอย่างตะกอน	20
การหยุดเดินระบบ	21
เปรียบเทียบลักษณะน้ำถังตกตะกอน Lamellae Pulsator และถังตกตะกอน Solid Contact	21
กรณีน้ำเสียปนเปื้อนลงแหล่งน้ำดิบ	
การแก้ไขปัญหาเรื่องความขุ่นและสีของน้ำประปากรณีใช้ถังตกตะกอน Pulsator หรือ Lamellae Pulsator กรณีน้ำเสียปนเปื้อนลงในแหล่งน้ำดิบ	22
ข้อจำกัดของการควบคุมถังตกตะกอนแบบ Pulsator หรือ Lamellae Pulsator	22
ข้อดี-ข้อเสีย ของถังตกตะกอนแบบ Pulsator และ Lamellae Pulsator	23
ปัญหาการไหลลัดทางในถังตกตะกอน	25
ปัญหาและการแก้ไขการควบคุมคุณภาพน้ำในถังตกตะกอน	27
องค์ประกอบสำคัญที่จะทำให้การควบคุมถังตกตะกอนมีประสิทธิภาพสูงสุด	29

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
เกณฑ์การออกแบบ	30
เอกสารอ้างอิง	31

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1 แสดงโครงสร้างถังตกตะกอนแบบ Pulsator Clarifier 3
2 แสดงโครงสร้างถังตกตะกอนแบบ Lamellae Pulsator Clarifier 4
3 แสดงลักษณะแผ่น Lamellae Module หรือ Tube Settler 4
4 แสดงอุปกรณ์ในการควบคุมการทำงานถังตกตะกอน Pulsator และ Lamellae Pulsator 7
5 แสดงเปอร์เซ็นต์ของชั้นตะกอนส่วนล่างใกล้เคียงกับชั้นตะกอนส่วนกลาง 8
6 แสดงเปอร์เซ็นต์ของชั้นตะกอนส่วนล่างมากกว่าชั้นตะกอนส่วนกลาง 9
7 แสดงเปอร์เซ็นต์ของชั้นตะกอนส่วนกลางมากกว่าชั้นตะกอนส่วนล่าง 10
8 แสดงลักษณะน้ำที่ออกมาจาก sludge sampling valve กรณีที่มีการควบคุมที่ดี 11
9 แสดงลักษณะน้ำที่ออกมาจาก sludge sampling valve กรณีที่มีการควบคุมที่ไม่ดี 12
10 แสดงลักษณะสีของตะกอนในแต่ละช่วงฤดูกาล 13
11 แสดงสีของตะกอนในสภาพน้ำดิบปกติ และแสดงสีของตะกอนในสภาพน้ำดิบปนเปื้อนน้ำ 15
12 แสดง Sludge Blanket ในถัง Pulsator Clarifier 16
13 แสดง Imhoff Cone สำหรับดูการตกตะกอนของชั้นตะกอนในระดับต่างๆของถัง Pulsator 17
14 แสดงลักษณะตะกอนถังตกตะกอน Lamellae Pulsator ตะกอนเป็นฝุ่นเล็กๆเปรียบเทียบ 22
กับลักษณะตะกอนบนถังตกตะกอน Solid Contact Tank ตะกอนจะมีลักษณะเม็ดใหญ่
15 แสดงลักษณะสีน้ำบนถังตกตะกอน Pulsator หรือ Lamellae Pulsator มีการปนเปื้อน 24
น้ำเสีย
16 แสดงลักษณะตะกอนด้านบนเกิดการกระเพื่อม 24

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 แสดงค่าตัวอย่างเปอร์เซ็นต์ของตะกอนที่ควรระบายออกจากถัง	14
2 แสดงการบริหารจัดการตะกอนในถังตกตะกอน Pulsator	21

คู่มือการควบคุมถังตกตะกอน Lamellae pulsator Clarifier ประเภท Vacuum Type

1. บทนำ

กระบวนการตกตะกอนเป็นวิธีการแยกอนุภาคของแข็งหรือกลุ่มตะกอนออกจากน้ำใส สภาพน้ำนิ่งโดยใช้แรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งหลังจากผ่านการตกตะกอนแล้วจะได้ส่วนน้ำใสและตกตะกอนของแข็งเข้มข้นเพื่อกำจัดต่อไป การใช้กระบวนการตกตะกอนมีวัตถุประสงค์ 2 อย่างคือ เพื่อกำจัดของแข็งแขวนลอยออกจากน้ำ (Clarification) ใช้ในกระบวนการปรับคุณภาพน้ำ จะต้องให้ความสำคัญกับคุณภาพน้ำ อีกกรณีคือเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของตะกอน (Thickening) โดยใช้ในกระบวนการกำจัดตะกอน ซึ่งจะให้ความ สำคัญกับความเข้มข้นของตะกอน

2. วัตถุประสงค์ของระบบ

ถังตกตะกอนแบบ Vertical Flow Sludge Blanket หรือ Pulsator Clarifier เป็นถังกลมหรือสี่เหลี่ยม ภายในติดตั้งช่องรับตะกอนส่วนเกิน ท่อกระจายน้ำดิบทางด้านล่างและท่อรับน้ำใสด้านบน โดยถังตกตะกอนแบบมีชั้นตะกอน (Sludge Blanket) นี้ เป็นแบบที่ไม่ต้องหมุนเวียนตะกอนและต้องรักษาให้มีชั้นตะกอนคงอยู่ตลอดเวลาเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แตกกระจายหรืออัดตัวเกาะกันแน่นบริเวณก้นถัง

น้ำดิบเมื่อจ่ายสารเคมีเพื่อทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์แล้วจะไหลเข้าบริเวณตอนกลางถังซึ่งเป็นบริเวณที่สร้างสุญญากาศ “Vacuum Chamber” เพื่อสร้างระดับน้ำขึ้น-ลงแล้วไหลเข้าสู่ถังตกตะกอนทางด้านล่างด้วยแรงดันจะเกิดกระบวนการกวนเร็ว (Flash mixing) ขึ้นในบริเวณนี้ น้ำจะไหลลงด้านล่างถังผ่านช่องเปิดของท่อกระจ่ายน้ำดิบเริ่มเกิดกระบวนการกวนช้า (Slow mixing) ขึ้นในบริเวณนี้โดยผ่านท่อกระจายน้ำ (Manifold Pipe) กระจายผ่านท่อก้างปลา (Lateral Pipe) น้ำดิบจะไหลผ่านชั้นตะกอนเก่าขึ้นไปด้านบน โดยส่วนที่เป็นน้ำใสจะไหลขึ้นด้านบนและเข้าสู่ท่อรับน้ำซึ่งเจาะเป็นรูรับน้ำและไหลเข้าสู่ถังกรองต่อไป

วัตถุประสงค์เพื่อให้อนุภาคสารแขวนลอยในน้ำ ซึ่งได้ทำปฏิกริยากับสารเคมีแล้ว มีการรวม ตัวกันเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและตกลงสู่ข้างล่างหรือส่วนที่เป็นชั้นตะกอนของถังทำให้ส่วนที่เป็นน้ำใสแยกออกจากตะกอนเพื่อไหลไปยังถังกรองต่อไป

3. หลักการทำงานของถังตกตะกอน

หลักการทำงานของถังตกตะกอนชนิดนี้คือเมื่อน้ำดิบที่ผสมกับสารเคมีในท่อน้ำดิบก่อนเข้าสู่ถังตกตะกอน น้ำดิบจะไหลเข้าสู่ถังสุญญากาศ “Vacuum Chamber” ซึ่งเปรียบเสมือนศูนย์ควบคุมกลางเพื่อสร้างระดับน้ำขึ้น-ลงแล้วไหลเข้าสู่บริเวณตกตะกอนทางด้านล่างถัง โดยไหลออกจากท่อที่วางตามแนวพื้นด้านล่างและเจาะเป็นรูเล็กๆทำหน้าที่กระจายน้ำให้ไหลขึ้นไปทั่วพื้นที่ของถัง

น้ำใหม่ที่ไหลเข้ามาซึ่งมีการจับรวมตัวกันของอนุภาคคอลลอยด์กับสารเคมีกลายเป็นกลุ่มก้อนของอนุภาค เมื่อไหลผ่านชั้นตะกอนซึ่งมีการเลี้ยงชั้นตะกอนไว้ในส่วนล่างของถังมีลักษณะเป็นชั้นตะกอนเข้มข้นจะเกิดการชนสัมผัสกันของตะกอนใหม่กับตะกอนเดิม มีผลทำให้เกิดการเร่งให้มีการรวมตัวกันของตะกอนเพื่อให้ตะกอนตกลงด้านล่างและมีแรงเกาะกันกลายเป็นกลุ่มตะกอนที่มีขนาดใหญ่ขึ้น นอกจากนี้แล้วชั้นตะกอนยังทำหน้าที่เป็นตัวกรองขั้นต้นโดยจะดักจับตะกอนที่เข้ามาใหม่ไว้ไม่ให้ผ่านขึ้นไปได้และยังช่วยลดความเร็วของน้ำตะกอนขึ้นด้านบนอีกด้วย(ทิศทางการไหลตรงกันข้าม)

จากกระบวนการทั้งหมดดังกล่าวทำให้กระบวนการเกิดน้ำใสสามารถทำได้เร็วขึ้นและทำให้อนุภาคชนสัมผัสกันได้มากขึ้นมีการเกาะรวมตัวกลายเป็นกลุ่มก้อนตะกอนได้มากขึ้นถึงแม้ว่าในน้ำดิบจะมีอนุภาคแขวนลอยในปริมาณน้อยทำให้สามารถรับอัตราน้ำไหลสูงกว่าถังตกตะกอนโดยทั่วๆไป

ห้องสุญญากาศ “Vacuum Chamber” ทำงานโดยมีปั๊มลมเพื่อดูดลมออกจากห้องทำให้ระดับน้ำในห้องสุญญากาศสูงขึ้นมากกว่าระดับน้ำในถังตกตะกอนด้านนอกห้อง ประมาณ 60 – 80 เซนติเมตร (60 ถึง 100 เซนติเมตร , Degremont Volume 2 (1991)) อัตราการดูดอากาศของปั๊มลมจะต้องมีค่าประมาณครึ่งหนึ่งของอัตราการไหลของน้ำเข้าถัง Pulsator Clarifier, Degremont Volume 2 (1991) เมื่อระดับน้ำในห้องสุญญากาศนี้สูงถึงระดับที่กำหนด วาล์วควบคุมจะเปิดออกเพื่อให้อากาศจากบรรยากาศด้านนอกไหลเข้าทำให้ระดับน้ำถูกผลักให้ลดต่ำลงน้ำจะไหลเข้าสู่ท่อด้านล่าง เมื่อระดับน้ำในถังสุญญากาศลดลงเหลือที่ระดับประมาณ 20 เซนติเมตรเหนือระดับน้ำภายนอกวาล์วควบคุมอากาศจากภายนอกจะปิด ปั๊มลมดูดอากาศจะเริ่มทำงานเพื่อดูดอากาศในถังใหม่อีกครั้ง ซึ่งจะทำงานเช่นนี้สลับกันไปเรื่อยๆ

ระยะเวลาที่ใช้ดูดอากาศออกจากถัง ประมาณ 20 – 50 วินาที (20 ถึง 40 วินาที , Degramont Volume 2 (1991)) การปรับเวลาสามารถทำได้โดยปรับแต่งประตูระบายอากาศบนถังสุญญากาศและระยะเวลาที่อากาศจากภายนอกไหลเข้าถังประมาณ 5 – 10 วินาที (5 ถึง 20 วินาที , Degramont Volume 2 (1991)) ซึ่งจะเป็นเวลาที่ประตูระบายน้ำอัตโนมัติแบบผีเสื้อ (Solenoid butterfly valve) เปิด ระยะเวลาการทำงานนี้ สามารถกำหนดได้โดยการปรับอัตราการไหลเข้า-ออกของอากาศที่ประตูน้ำแบบลิ้นซึ่งอยู่ติดกับประตูน้ำอัตโนมัติแบบผีเสื้อ

ในการทดลองครั้งแรกนี้ ถ้าระดับน้ำในถังสุญญากาศเพิ่มขึ้นตลอดเวลา เช่น ในกรณีที่อุปกรณ์ควบคุมการทำ Pulsation ไม่ทำงานให้เปิดประตูระบายอากาศทันทีเพื่อป้องกันน้ำเข้าเครื่องสุญญากาศ

ตรวจการทำงานของ Safety siphon โดยปิดประตูระบายอากาศซึ่งจะทำให้ระดับน้ำในถังสุญญากาศสูงขึ้นเรื่อยๆจนถึงระดับที่ Safety siphon ทำงานระดับน้ำจะลดลง

วัตถุประสงค์ของระบบ Vacuum Chamber ที่ทำให้เกิดการดึงน้ำขึ้นและปล่อยลงสลับกันไปเพื่อ ให้น้ำที่ไหลต่อไปเข้าทางด้านล่างของถังตกตะกอนมีแรงที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของชั้นตกตะกอนในถังทำให้ตะกอนมีการเคลื่อนและหมุนตัวตลอดเวลา เป็นการป้องกันไม่ให้มีการสะสมของตะกอนเก่า อันอาจเกิดการเน่าเสียในชั้นตะกอนได้และทำให้ชั้นตะกอนเข้มข้นใกล้เคียงกันตลอดทั้งชั้น

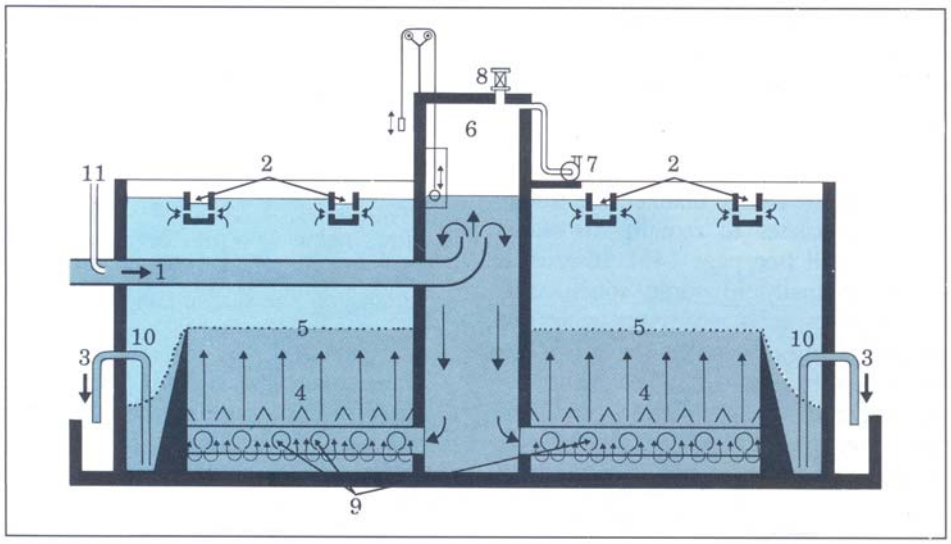
การเริ่มใช้งานถังตกตะกอน จำเป็นต้องมีการสร้างชั้นตะกอนขึ้นมาก่อน ซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้อัตราการผลิตไม่เกิน 50 % ของอัตราการผลิตสูงสุด ถ้าใช้อัตราการผลิตสูงกว่านี้จะทำให้ตะกอนไม่มีการ

รวมตัวกันอยู่ในถังจะหลุดลอยไปกับน้ำ ระยะเวลาการสร้างชั้นตะกอนขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำดิบและปริมาณสารเคมีที่ใช้อาจใช้เวลาตั้งแต่ 3 ชั่วโมงขึ้นไปแต่โดยทั่วไปมักไม่เกิน 24 ชั่วโมง

ในกรณีที่ต้องหยุดเดินระบบผลิตเกิน 3 วัน จำเป็นต้องระบายตะกอนในถังทิ้งให้หมด เพื่อป้องกันตะกอนเกิดการเน่าเสีย ตะกอนจะไหลไปบ่อตากตะกอนและเก็บตะกอนเพื่อรอการกำจัดต่อไป

ระยะเวลาที่น้ำดิบอยู่บริเวณตรงกลางถัง(Flocculation Zone) ประมาณ 20 - 40 นาที โดยทั่วไปใช้ค่า 20 นาที Kawamura (2000) และระยะเวลาของน้ำที่อยู่บริเวณ Sedimentation Zone ประมาณ 1 – 2 ชั่วโมง ค่า Surface loading ระหว่าง 2 – 4 เมตร/ชั่วโมง Degremont Volume 2 (1991) ค่า Surface loading ระหว่าง 0.625 – 4.75 เมตร/ชั่วโมง ASCE&AWWA (1990)

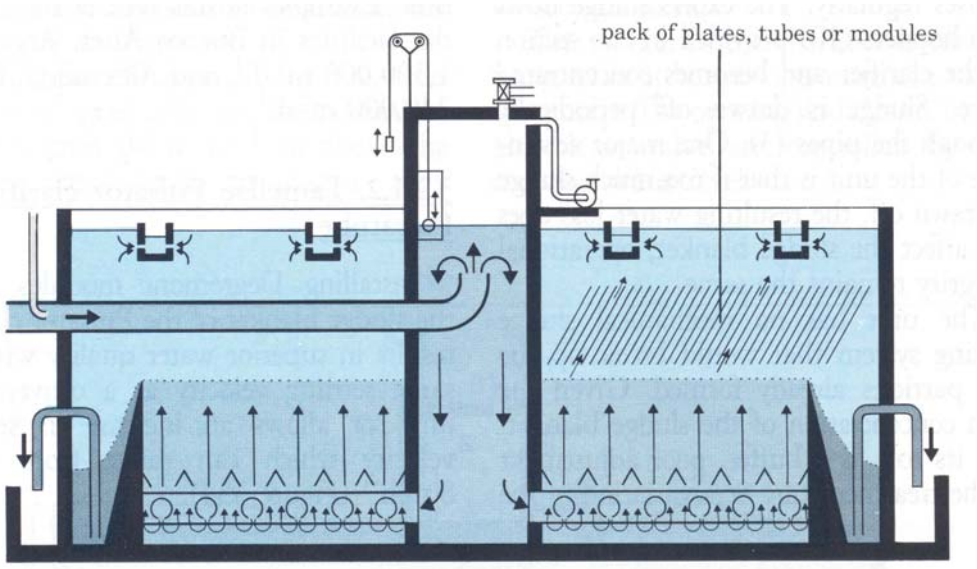
แต่ถ้าต้องการอัตราการผลิตน้ำให้เพิ่มขึ้นโดยใช้ขนาดถังเท่าเดิมสามารถใส่ tube หรือ lamellae module ลงไปในถัง Pulsator จึงเรียกชื่อใหม่ว่า “Lamellae pulsator” สามารถเพิ่มค่า Surface loading ได้เป็น 4 – 8 เมตร/ชั่วโมง Degremont Volume 2 (1991)



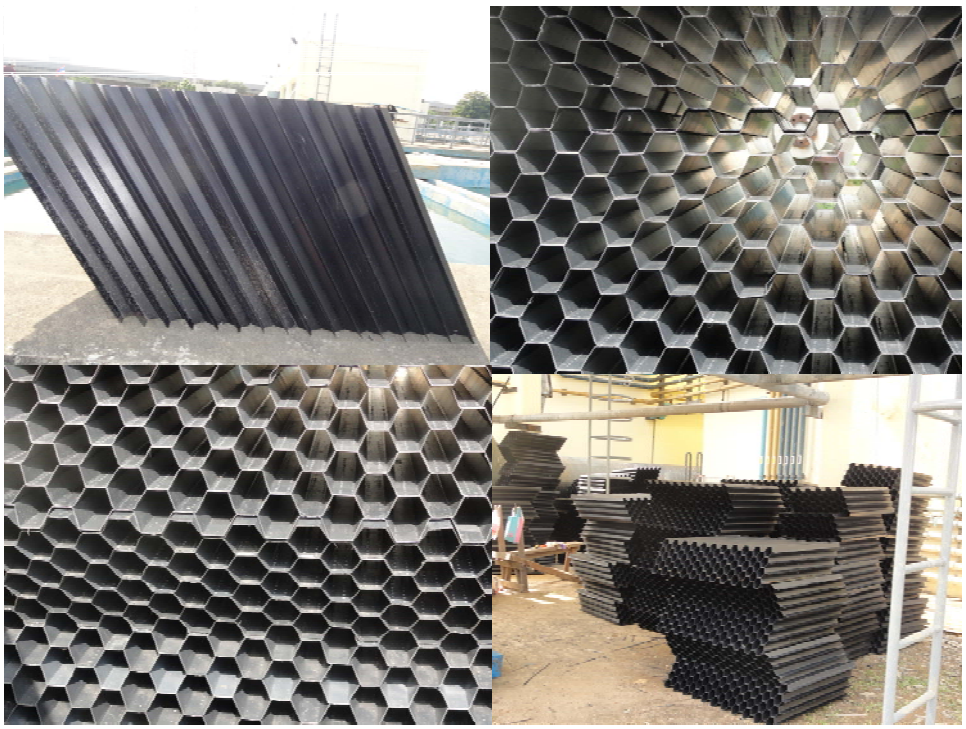
1 – Raw water inlet.
2 – Clarified water outlet.
3 – Sludge removal.
4 – Stilling baffles.
5 – Upper level of sludge blanket.
6 – Vacuum chamber.
7 – Vacuum pump.
8 – Air release valve.
9 – Raw water distribution system.
10 – Sludge concentrators.
11 – Reagent feed.

Figure 332. Pulsator clarifier.

รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างถังตกตะกอนแบบ Pulsator Clarifier ,Degremont Volume 2 (1991)



รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างถังตกตะกอนแบบ Lamellae pulsator Clarifier ,Degremont Volume 2 (1991)



รูปที่ 3 แสดงลักษณะแผ่น Lamellae Module หรือ Tube Settler

4. การเริ่มต้นเดินระบบ Pulsator เบื้องต้น

ตรวจสอบให้แน่ใจว่าเราได้ทำความสะอาดโครงสร้างทั้งหมดในส่วนต่างๆอย่างถูกต้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านล่างของช่องดักตะกอน (Sludge Concentrator) ด้านล่างของถังตกตะกอน ห้องสุญญากาศ (Vacuum Chamber) และอุโมงค์จ่ายน้ำต่างๆ ของโครงสร้างตลอดจนท่อในส่วนอื่นๆ

ตรวจสอบสวิทช์ลูกลอยในห้องสุญญากาศ (Vacuum Chamber Float Switch) ทำงานอย่างถูกต้อง ไม่มีการเกี่ยวพันหรือขัดสีอยู่กับสายคอนโทรล

ทดสอบความดันและการทำงานของวาล์ทิ้งตะกอนอัตโนมัติ (Automatic Sludge Draw-Off Valve) ตลอดจนการหยุดอุปกรณ์อัตโนมัติซึ่งถูกควบคุมโดยวาล์วตัวนี้

การปิด-เปิดวาล์วด้วยมือ(Manual Valves) เพื่อที่จะให้น้ำดิบเข้าสู่ถัง Pulsator และเพื่อเป็นการตรวจสอบการทำงานที่เหมาะสมของวาล์วทั้งหมดทุกตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งวาล์วน้ำทิ้ง (Drain valves)

ตรวจท่อทางออกของน้ำใสและท่อระบายตะกอนไม่ให้มีสิ่งอุดตัน

ตรวจดูความดันน้ำที่ใช้กับอุปกรณ์ระบายตะกอนอยู่ในช่วงเหมาะสม(ประมาณ 1.5 – 2.0 kg/cm^2) แล้วปิดสวิทช์การทำงานระบบควบคุมการระบายตะกอนอัตโนมัติ

เปิดน้ำเข้าถังตกตะกอนแล้วทำความสะอาดก้นถังโดยเปิดประตูระบายตะกอนช่องดักตะกอน(Sludge concentrator) และเปิดประตูระบายตะกอนก้นถัง (Bottom drain)

5. การจ่ายน้ำดิบเข้าสู่ถัง Pulsator

เริ่มปล่อยน้ำดิบเข้าถัง Pulsator ขณะเดียวกันให้เริ่มตั้งระบบปั๊มจ่ายสารเคมี ปิดวาล์วน้ำทิ้งต่างๆ หลังจากทำการทดสอบแล้วว่าปกติ เมื่อระดับน้ำในถังตกตะกอนค่อยๆเพิ่มขึ้น ทำการตรวจสอบว่าไม่มีการรั่วจากผนังหรือวาล์วน้ำทิ้ง ปิด Concentrator drain valves เมื่อทดสอบแล้วว่าทำงานได้ปกติ ปิด Concentrator manual sludge draw-off valve เมื่อทดสอบแล้วว่ามันทำงานได้ปกติ

ให้เริ่มทำการจับเวลาที่ใช้ในการเติมน้ำดิบเข้าระบบเมื่อระดับน้ำสูง 20 เซนติเมตรเหนือ Concentrator weir ข้อสำคัญการจับเวลาต้องทำก่อนที่ระดับน้ำจะสูงถึงระดับต่ำสุดของอุโมงค์

การคำนวณอัตราไหลของน้ำดิบเข้าถัง Pulsator

T	=	เวลาที่ใช้ในการจ่ายน้ำเข้าถัง Pulsator ให้สูงที่ระดับ 20 เซนติเมตร
S1	=	พื้นที่ผิวของถัง Pulsator ทั้งหมด หน่วยเป็นตารางเมตร
S2	=	พื้นที่ผิวภายในผนังห้องสุญญากาศ หน่วยเป็นตารางเมตร
S3	=	พื้นที่ผิวทั้งหมดของเสา หน่วยเป็นตารางเมตร
Q	=	อัตราน้ำดิบเข้าถัง หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

การวัดอัตราการไหลของน้ำเข้าถัง Pulsator จะเท่ากับ

$$Q = \frac{(S1 - S2 - S3)x0.2x3600}{T} \quad m^3/hr$$

6. การปรับอัตราการทิ้งตะกอน (Sludge Draw-Off)

เมื่อระดับน้ำขึ้นมาถึงรางรับน้ำในถัง Pulsator ให้หยุดปั๊มจ่ายสารเคมีและหยุดจ่ายน้ำดิบเข้าถัง(ถ้าระดับน้ำขึ้นมาสูงกว่ารางรับน้ำให้ปล่อยน้ำทิ้งเพื่อให้ต่ำกว่าระดับรางรับน้ำ) หลังจากนั้นให้ทำการเปิดวาล์วน้ำทิ้งทีละตัวนาน 5 นาที และทำการวัดความลึกของน้ำทิ้งที่ออกไป วัดพื้นที่ผิวของถัง Pulsator และให้ลบออกจากพื้นที่ผิวของเสาและพื้นที่ผิวภายในผนังห้องสุญญากาศและนำไปคูณกับความลึกของน้ำทิ้งที่ออกไป ผลที่ได้คือปริมาตรของน้ำทิ้งที่ 5 นาที ของวาล์วระบายตะกอนแต่ละตัว ด้วยวิธีนี้เราจะสามารถหาอัตราน้ำทิ้งต่อชั่วโมงได้และสามารถหาปริมาตรของน้ำทิ้งในแต่ละครั้งได้เช่นกัน

พื้นที่ผิว = พื้นที่ผิวของถังตกตะกอน – พื้นที่ผิวของช่องสุญญากาศ – พื้นที่ผิวเสา

ปริมาตรของน้ำทิ้งที่ 5 นาที = พื้นที่ผิว x ความลึกของน้ำทิ้ง

7. การปรับอุปกรณ์ควบคุม Pulsator เบื้องต้น

- ตรวจดูว่าที่อัตราการไหลต่ำสุด ช่องรับน้ำใสยังคงจมอยู่ในถัง Pulsator ให้ปรับแผ่นกั้นน้ำ (sill) ที่ปลายรางรับน้ำใสขึ้นเพื่อทำให้สามารถรับน้ำที่มีอัตราการไหลสูงสุดได้

- ให้สังเกตุ ความแตกต่างของระดับน้ำด้านใน Vacuum chamber และ บริเวณด้านปลายรางรับน้ำเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจากอัตราการไหลต่ำสุดเป็นอัตราการไหลสูงสุด

- เปิดเครื่องทำสุญญากาศ ค่อยๆปิดประตูระบายอากาศบนถังสุญญากาศนับจำนวนรอบตั้งแต่เปิดจนปิด จับเวลาที่น้ำในถังสุญญากาศขึ้นถึงระดับสูงสุดซึ่งควรจะได้ประมาณ 45 วินาที การปรับเวลาทำได้โดยปรับแต่งประตูระบายอากาศบนถังสุญญากาศ

- ให้จับเวลาที่น้ำไหลจากระดับสูงสุดถึงต่ำสุด ซึ่งจะเป็นเวลาที่ประตูน้ำอัตโนมัติแบบผีเสื้อ (Solenoid butterfly valve) เปิด ระยะเวลาควรจะเป็น 10 วินาที การปรับเวลาทำได้โดยปรับอัตราการไหลเข้า-ออกของอากาศที่ประตูน้ำแบบลิ้นซึ่งติดกับประตูน้ำอัตโนมัติแบบผีเสื้อ

- เมื่อมีการปรับอุปกรณ์ควบคุม Pulsator จะทำให้

7.1 ระดับความแตกต่างของน้ำสูงสุดจะประมาณ 0.65 เมตร เหนือระดับน้ำสูงสุดที่ปลายรางรับน้ำด้านนอก

7.2 ระดับความแตกต่างของน้ำต่ำสุดจะประมาณ 0.20 เมตร เหนือระดับน้ำสูงสุดที่ปลายรางรับน้ำด้านนอก

8. การเริ่มเดินระบบ Pulsator

- เมื่อถัง Pulsator เต็มให้เริ่มเปิดห้องพัดลมสุญญากาศ(Vacuum Fan)

- ให้ตรวจดูว่า Vacuum Breaker เปิดเมื่อระดับน้ำขึ้นถึงระดับบน(upper level) และปิดเมื่อระดับน้ำถึงระดับต่ำ(low level)

- ให้ตรวจดูการทำงานของ Safety Siphon ด้วยการปรับไปที่ high level ในห้องสุญญากาศที่ 1.2 เมตรเหนือระดับน้ำ เช็คดูว่า siphon ล่อน้ำอย่างถูกต้องก่อน Relief valve เปิด เตรียมพร้อมที่จะหยุดระบบสุญญากาศถ้า siphon ไม่ล่อน้ำ

8.1 การควบคุมการทำงานของถัง Pulsator

- การปรับระยะยก(Suction) ให้สูงหรือต่ำ ให้ปรับตำแหน่งวาล์วด้านหน้าปั้มลมให้กว้างขึ้นหรือแคบลง

- การปรับระยะทิ้งตัว(Flushing) ให้เร็วหรือช้า ให้ปรับตำแหน่งวาล์วด้านที่ติดกับวาล์วปีกผีเสื้อที่ควบคุมอากาศจากภายนอกให้เข้าสู่ Vacuum Chamber

- การควบคุมเวลาการเปิด-ปิดวาล์วระบายตะกอน ให้ตั้งเวลาจากตู้ควบคุม PLC การควบคุมเวลาขึ้นอยู่กับสภาพน้ำดิบ ณ เวลานั้น แต่ส่วนใหญ่แล้วจะควบคุมเวลาในการวนรอบของวาล์วระบายตะกอนจะไม่เกิน 4 ชั่วโมง ส่วนระยะเวลาในการเปิดวาล์วให้ระบายตะกอนขึ้นอยู่กับสภาพน้ำดิบแต่ต้องควบคุมไม่ให้ตะกอนไต่ระดับจนเกินวาล์ว sampling sludge ด้านบนสุด

รูปที่ 4 แสดงอุปกรณ์ในการควบคุมการทำงานถังตกตะกอน Pulsator และ Lamellae pulsator

9. การปรับอัตรา Pulsation และเวลาระบายตะกอน

การปรับเวลาเฉลี่ยเมื่อเริ่มแรกคือ

- ระยะเวลาระบายน้ำ(Flushing) : 7 ถึง 10 วินาที
- ระยะเวลายกตัว(Suction) : 30 ถึง 40 วินาที

ถ้าเริ่มมีการเกิด Sludge blanket ขึ้นให้ทำการปรับจนให้ผลดีที่สุด

การปรับระยะเวลาการทำ Pulse และความสูงของการ Flush ครั้งสุดท้าย

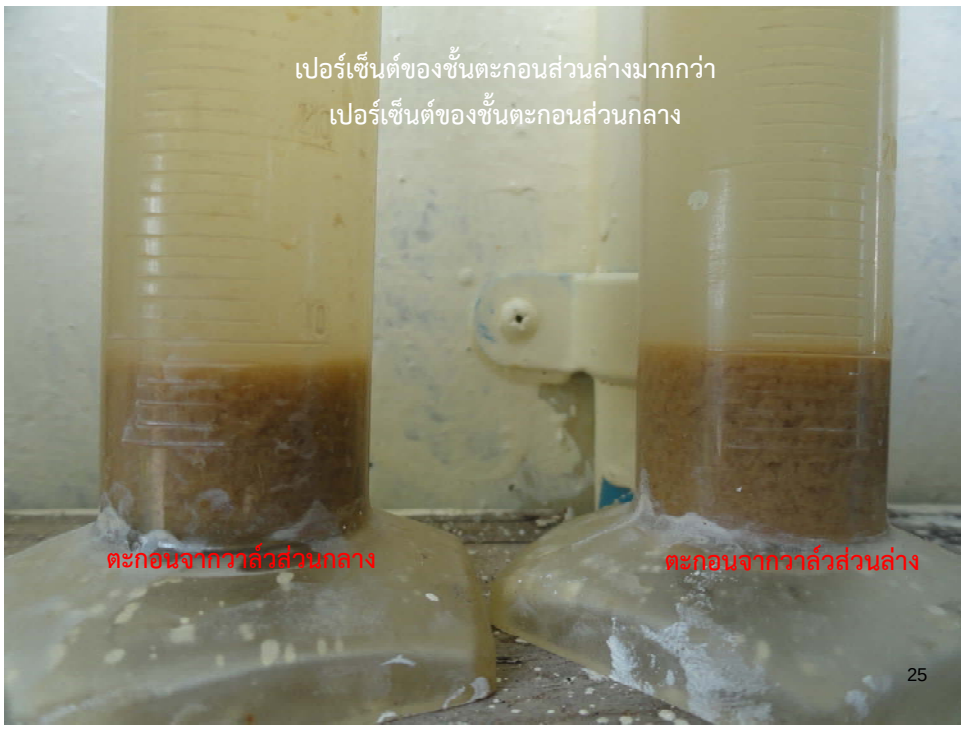
ถ้าความเข้มข้นของชั้นตะกอนแตกต่างกันไม่เกินกว่า 4 – 7 % อัตราการยกตะกอนอาจถือได้ว่าถูกต้องแล้ว แต่ถ้าความเข้มข้นต่างกันมากกว่านี้ก็ควรปรับอัตราการยกตะกอนใหม่ โดยเริ่มปรับที่อัตรา Flushing Time ซึ่งสามารถลดลงมาที่ 5 วินาทีได้ ถ้ายังไม่พอให้ลดอัตราการดูด (Suction time) โดยอัตราการดูดต้องน้อยกว่าอัตราการไหลเข้าเสมอ

การตรวจค่าเปอร์เซ็นต์ของตะกอนในส่วนบนและล่างของชั้นตะกอนเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับอัตราการ Flush และระยะความสูงในการ Suction ให้รอดูผลหลังการปรับอัตราแล้ว 3 ชั่วโมงก่อนเก็บข้อมูลใหม่เพื่อดูผลการตรวจอีกครั้ง

ก. ผลต่างระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ของชั้นตะกอนในส่วนบนและค่าเปอร์เซ็นต์ของชั้นตะกอนในส่วน ล่างจะต้องมีค่าไม่เกิน 7% โดยค่าเปอร์เซ็นต์ในส่วนล่างมีค่ามากกว่า

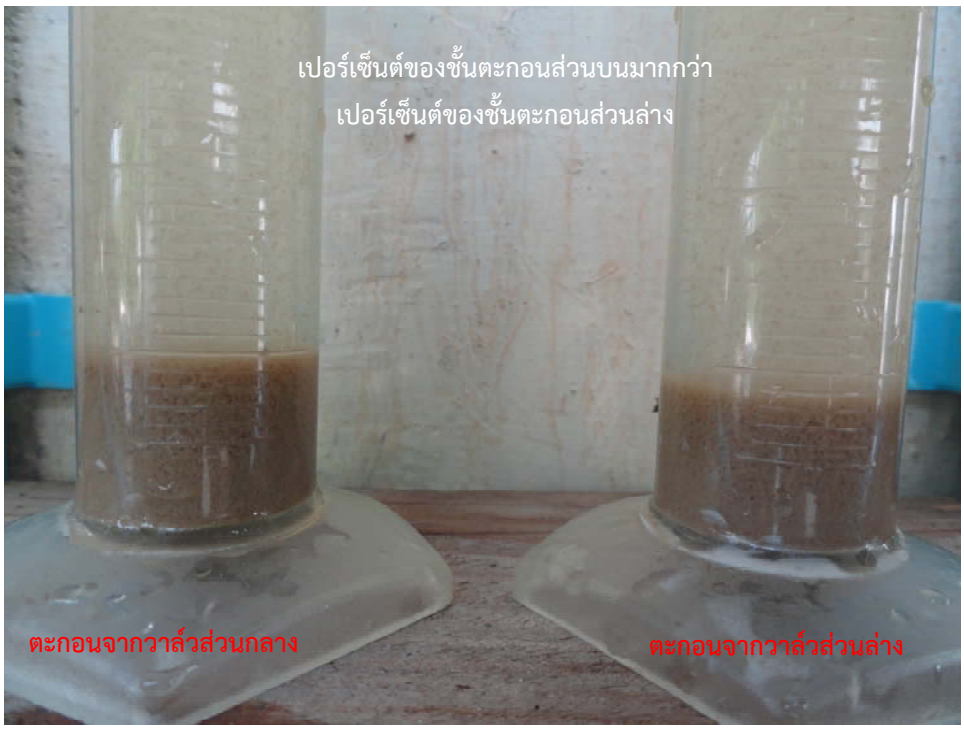
รูปที่ 5 แสดงเปอร์เซ็นต์ของชั้นตะกอนส่วนล่างใกล้เคียงกับชั้นตะกอนส่วนกลาง

- ถ้ามากกว่า 7 % แสดงว่าระยะเวลาในการทำ Pulse ช้าเกินไปหรือความสูงของการทำ Flush ต่ำเกินไปในขั้นต้นให้ลดเวลาในการ Flushing Time ลง (ซึ่งสามารถลดได้เหลือ 5 วินาที)
- ถ้าเปอร์เซ็นต์ของตะกอนยังมากกว่า 7 % อยู่อีกให้เพิ่มระยะความสูงของการ Flush ขึ้น 5 เซนติเมตร ซึ่งยังคงมีระยะเวลาการทำ Pulse คงเดิม (Flushing Time : 5 วินาที ระยะเวลาการทำสุญญากาศ(Suction Time) : 45 วินาที) ระยะความสูงของการ Flush สามารถเพิ่มสูงขึ้นได้ถึง 0.8 เมตร
- ถ้าเปอร์เซ็นต์ของตะกอนยังมากกว่า 7 % อีกให้ลดระยะเวลาการทำสุญญากาศ (Suction Time) ลงครั้งละ 5 วินาทีแต่ไม่เกิน 20 วินาที



รูปที่ 6 แสดงเปอร์เซ็นต์ของชั้นตะกอนส่วนล่างมากกว่าชั้นตะกอนส่วนกลาง

ข. ผลต่างของเปอร์เซ็นต์ของชั้นตะกอนส่วนบนมากกว่าเปอร์เซ็นต์ของชั้นตะกอนส่วนล่างแสดงว่าเวลาการทำ Pulse เร็วเกินไปหรือไม่ก็ความสูงของการ Flush สูงเกินไป ขั้นแรกลดความสูงของการ Flush ลง 5 เซ็นติเมตรถ้ายังไม่ได้ผลเพิ่มระยะเวลาการทำสุญญากาศขึ้นครั้งละ 1 วินาที (ซึ่งสามารถเพิ่มขึ้นได้สูงสุด 15 วินาที) ตรวจดูอัตราการจ่ายสารเคมีใหม่



รูปที่ 7 แสดงเปอร์เซ็นต์ของชั้นตะกอนส่วนกลางมากกว่าชั้นตะกอนส่วนล่าง

ค. ถ้ายังไม่สำเร็จให้ระบายน้ำออกจากถัง Pulsator ให้หมดและทำความสะอาดใหม่ ตรวจสอบความถูกต้องของระบบทั้งหมด แล้วปรับเวลาและระยะยกน้ำของการ Suction และ Flushing ใหม่

ง. ถ้าความแตกต่างและความเข้มข้นของชั้นตะกอนถูกต้องแต่ยังมีฟล็อคลอยขึ้นมาที่ผิวน้ำอีกมากให้เพิ่มเวลาการดูด(Suction time) ถึงเวลาสูงสุดประมาณ 45 วินาที ถ้าจำเป็นให้เพิ่มเวลา Flushing แต่ยังคงไว้ที่ไม่เกิน 10 วินาที

ทุกครั้งที่ทำการปรับเปลี่ยนให้รออย่างน้อย 3 ชั่วโมงเพื่อรอดูที่สภาวะสมดุลย์ไม่เปลี่ยนแปลงแล้วเสียก่อน

โดยทั่วไปในการปรับเปลี่ยนอัตราต่างๆเหล่านี้ ขึ้นอยู่กับหลักการที่ว่า ถ้าน้ำดิบยิ่งขุ่นมากเท่าไร มีการใช้สารเคมีมากเท่าไร อัตราการยกตะกอนก็จะยิ่งสูงขึ้นและทำซ้ำมากขึ้นเพื่อที่จะให้ได้ชั้นตะกอนที่เป็นเนื้อเดียวกัน ในทางกลับกันถ้าฟล็อคมีลักษณะเบา suction rate ก็ควรจะช้าลง suction time ก็จะนานขึ้นและลดความรุนแรงในการ flushing เนื่องจากจะมีฟล็อคเล็กๆลอยตัวขึ้นสู่ผิวน้ำมากถ้าการยกตัวของตะกอนถี่หรือรุนแรงเกินไป

อัตราการยกตะกอนจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมให้ชั้นตะกอนเป็นเนื้อเดียวกันซึ่งอัตรานี้สามารถหาได้จาก :

- การวัดอัตราการไหลโดยเฉลี่ยระหว่างการยกตะกอนซึ่งเท่ากับปริมาตรที่น้ำไหลออกจาก Vacuum chamber หารด้วย Flushing Time และคูณด้วย 3600 วินาที
- บวกอัตราการไหลของน้ำที่ผลิตได้
- หารด้วยพื้นที่ผิวของ Pulsator หลังจากลบพื้นที่ผิวของช่องดักตะกอน (concentrators)แล้ว

โดยทั่วไปอัตราการยกตะกอนจะอยู่ระหว่าง 7-8 เมตร/ชั่วโมง สามารถเพิ่มขึ้นได้ถึง 10 เมตร/ชั่วโมง หรืออาจสูงถึง 12 เมตร/ชั่วโมง ที่ทุกช่วงความขุ่น

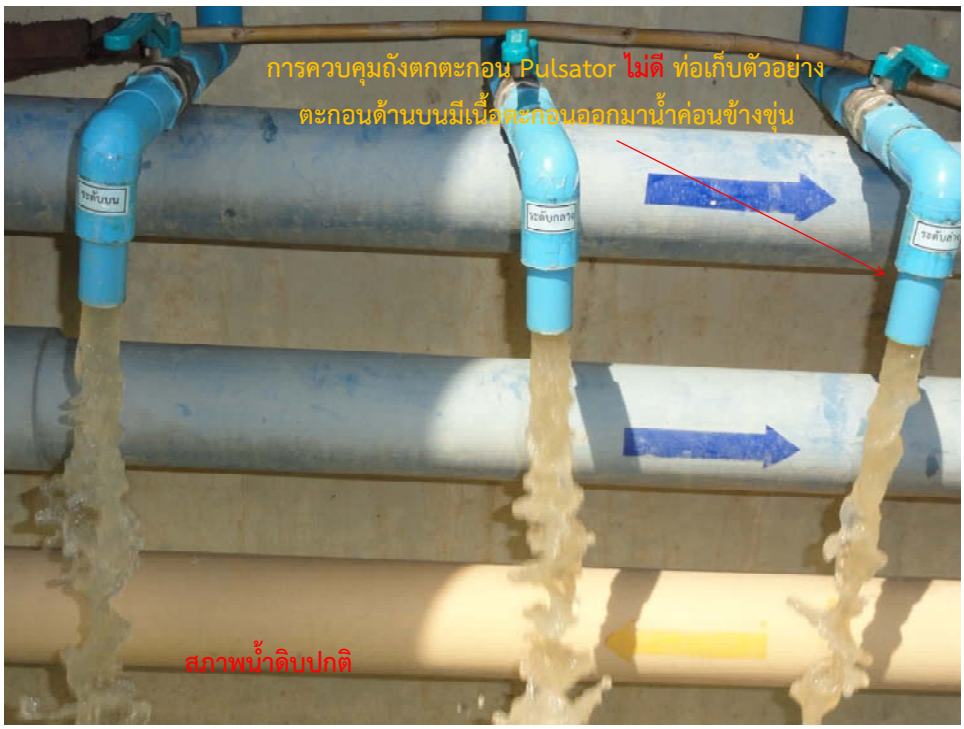
<u>หมายเหตุ</u>

1. ส่วนใหญ่เปอร์เซ็นต์ชั้นตะกอนส่วนบนจะน้อยกว่าเปอร์เซ็นต์ชั้นตะกอนส่วนล่างเสมอ
2. ในกรณีที่มีการปรับถังตกตะกอนให้แน่ใจว่า อัตราการทำสุญญากาศของเครื่องทำสุญญากาศจะต้องน้อยกว่าอัตราการไหลของน้ำดิบ(โดยทั่วไปประมาณครึ่งหนึ่งของอัตราการไหลน้ำดิบ)
3. ถึงแม้ว่าจะมีฟล็อคเบาเกิดขึ้นและชั้นตะกอนมีความเข้มข้นต่ำ ก็ต้องทำ Pulsation หรือการยกตะกอนอยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้เพื่อป้องกันตะกอนสะสมอยู่ก้นถังและอาจถึงทำให้ stilling plates แตกหักได้เพราะน้ำหนักของตะกอนดังกล่าวนั้นเอง

การควบคุมถังตกตะกอน Pulsator หรือ Lamellae pulsator ที่ดีนั้น Sludge sampling valve ด้านบนเวลาเก็บตัวอย่างตะกอนต้องไม่มีตะกอนอยู่ ลักษณะน้ำต้องใส ดังรูปที่ 8

รูปที่ 8 แสดงลักษณะน้ำที่ออกมาจาก sludge sampling valve กรณีที่มีการควบคุมที่ดี

การควบคุมถังตกตะกอน Pulsator หรือ Lamellae pulsator ที่ไม่ดีนั้น sludge sampling valve ด้านบนเวลาเก็บตัวอย่างตะกอนจะมีตะกอนอยู่ ลักษณะน้ำขุ่น ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 แสดงลักษณะน้ำที่ออกมาจาก sludge sampling valve กรณีที่มีการควบคุมที่ไม่ดี

การปรับอัตราการทำ Pulse ของน้ำดิบลักษณะต่างๆ

ก. สำหรับน้ำดิบที่มีความขุ่นน้อย

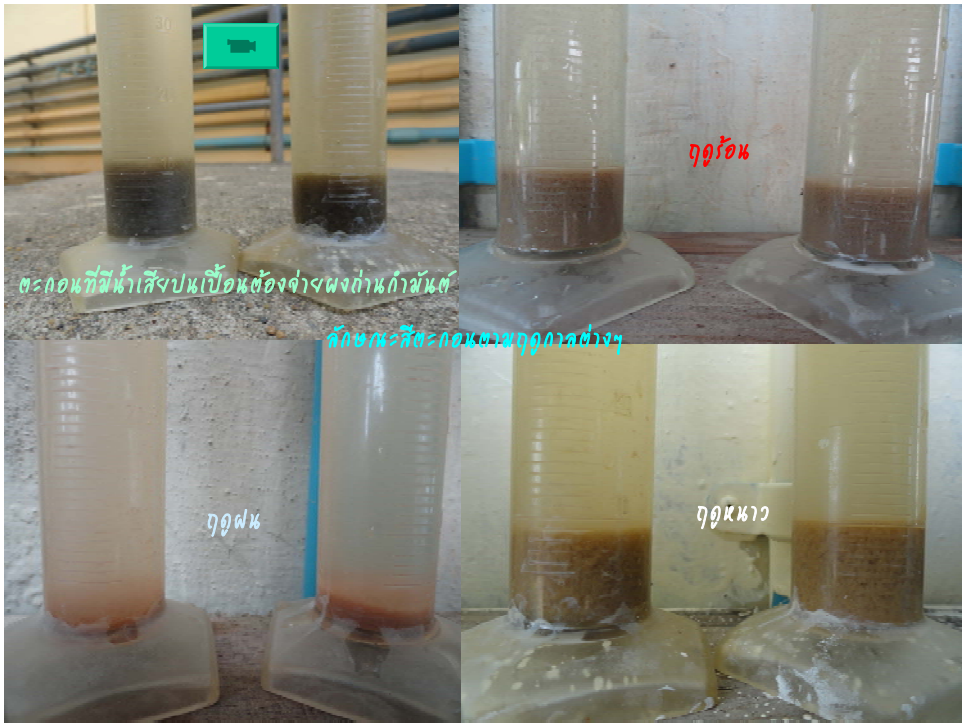
- ระยะเวลาการ Flush	=	7 – 10	วินาที
- ระยะเวลาการทำสุญญากาศ	=	20 – 40	วินาที
- ระยะความสูงของการทำ Flush	=	0.6 $\pm$ 0.05	เมตร

ข. สำหรับน้ำดิบที่มีความขุ่นปานกลาง

- ระยะเวลาการ Flush	=	5 – 7	วินาที
- ระยะเวลาการทำสุญญากาศ	=	20 – 40	วินาที
- ระยะความสูงของการทำ Flush	=	0.6 $\pm$ 0.05	เมตร

ค. สำหรับน้ำดิบที่มีความขุ่นสูง

- ระยะเวลาการ Flush	=	7 – 9	วินาที
- ระยะเวลาการทำสุญญากาศ	=	25 – 30	วินาที
- ระยะความสูงของการทำ Flush	=	0.75 $\pm$ 0.05	เมตร



รูปที่ 10 แสดงลักษณะสีของตะกอนในแต่ละช่วงฤดูกาล

10. การปรับเปลี่ยนอัตราการระบายตะกอนออกจากถัง Pulsator

เมื่อมีชั้นตะกอนสะสมสูงถึงขอบบนของช่องดักตะกอน ต้องมีการระบายตะกอนทันที อัตราการระบายตะกอนออกและความถี่ของการระบายตะกอนออกจากถัง Pulsator ขึ้นอยู่กับสารแขวนลอยในน้ำดิบและสารเคมีที่เติมลงไป ความสามารถในการจับกันเป็นก้อนตะกอน และความสามารถของวาล์วระบายตะกอนแต่ละตัว

10.1 การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การระบายตะกอน

เปอร์เซ็นต์ของตะกอนที่ต้องระบายอาจหาได้คราวๆจากปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นในการรวมตะกอน (Flocculation) ในน้ำดิบที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยใช้บีคเกอร์ขนาด 1 ลิตร จำนวน 5 ใบใส่น้ำดิบแล้วเติมสารเคมีในปริมาณที่เหมาะสม หลังจากทำ Jar Test แล้วทิ้งไว้ให้ตัวอย่างน้ำตกตะกอนนาน 10 นาที แล้วดูดเอาน้ำส่วนใสออก รวบรวมตะกอนจากทั้ง 5 ใบ ใสรวมในกระบอกตวงขนาดบรรจุ 1 ลิตร ค่อยๆ เทตะกอนช้าๆเพื่อไม่ให้ตะกอนแตกตัวค่อยๆกวนตะกอนให้เข้ากัน โดยหมุนกระบอกตวงช้าๆหลายรอบ แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที จดบันทึกปริมาตรของตะกอนที่นอนก้น เช่น P มิลลิลิตร

$$\therefore \%\ \text{ของตะกอน} = \frac{P}{5000} x100$$

ตารางที่ 1 แสดงค่าตัวอย่างเปอร์เซ็นต์ของตะกอนที่ควรระบายออกจากถัง

สารแขวนลอยในน้ำดิบ+สารเคมี (มิลลิกรัม/ลิตร)	ไม่มีการเติมสารใดๆอีก % การระบาย	มีการเติมสารเคมีเพิ่ม % การระบาย
50	1.5	1
100	2.0	1.33
200	2.85	1.9
500	5.0	3.0
1000	8.0	5.0

10.2 การปรับเปลี่ยนอัตราการระบายตะกอน

เมื่อระดับชั้นตะกอนสูงถึงขอบช่องดักตะกอน ให้ปฏิบัติดังนี้
เปิดสวิทซ์อุปกรณ์ควบคุมการระบายตะกอนอัตโนมัติและปรับอัตราการระบายตะกอนดังนี้

: ระยะเวลาการเปิดประตูน้ำระบายตะกอน 15 วินาที

: ความถี่ของการระบาย 30 นาที

การปรับที่เหมาะสมสามารถหาได้จากอัตราการระบายและเปอร์เซ็นต์ระบายตะกอนดังกล่าวข้างต้น หรือไม่ก็ปรับเปลี่ยนโดยการทดลอง ซึ่งอาจทำได้โดยการเช็คความเข้มข้นของตะกอนที่ระบายออกหรือโดยการวัดระดับของตะกอนในช่องดักตะกอน

10.3 การวัดความเข้มข้นของตะกอน

เก็บตัวอย่างตะกอนที่ระบายออกประมาณ 250 มิลลิลิตร หลังจากเปิดประตูน้ำ 2 วินาที และอีก 250 มิลลิลิตร หลังจากเปิดประตูน้ำ 3 วินาที กวนตะกอนให้เข้ากันแล้ววางทิ้งไว้ จดบันทึกเปอร์เซ็นต์ของตะกอนหลังวางทิ้งไว้ 5, 10 และ 30 นาที ตามลำดับ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ตะกอน(\%)} = \frac{\text{ปริมาตรตะกอน (มิลลิลิตร)} \times 100}{250}$$

ค่าที่ได้ควรมีค่า :

- หลังตั้งทิ้งไว้ 5 นาที = 99 % (โดยประมาณ)
- หลังตั้งทิ้งไว้ 10 นาที = 90 % (เป็นอย่างน้อย)

ทั้ง 2 ตัวอย่างควรมีค่าใกล้เคียงกัน

ถ้าหลังจาก 30 นาทีเปอร์เซ็นต์ตะกอนต่างกันมากกว่า 10 % ให้ลดการระบายตะกอนลง ถ้ายังไม่ได้ผลให้ลดระยะเวลาระหว่างการระบายแต่ละครั้งลง (เพิ่มความถี่ของการระบายขึ้นนั้นเอง)

รูปที่ 11 แสดงสีของตะกอนในสภาพน้ำดิบปกติ และแสดงสีของตะกอนในสภาพน้ำดิบปนเปื้อนน้ำเสีย

10.4 การปรับเปลี่ยนตามระดับในช่องดักตะกอน (Concentrators)

ถ้าชั้นตะกอนคงที่และเพื่อลดปริมาณน้ำสูญเสียลง ให้วัดระดับของตะกอนในช่องดักตะกอนและเปิดประตูน้ำให้ถี่ขึ้นจนกระทั้งระดับตะกอนในช่องดักตะกอนสูงขึ้นเกือบถึงขอบบนของช่องดักตะกอน อัตราการปรับดังกล่าวจะใช้ได้ก็ต่อเมื่ออัตราการไหลคงที่และมีการตรวจเช็คระดับตะกอนอยู่เสมอ ถ้าตรวจเช็คไม่เพียงพอ ควรระบายให้บ่อยขึ้นดีกว่าระบายไม่พอเพียง

10.5 การปรับเปลี่ยน Frequency และ Duration ของถัง Pulsator

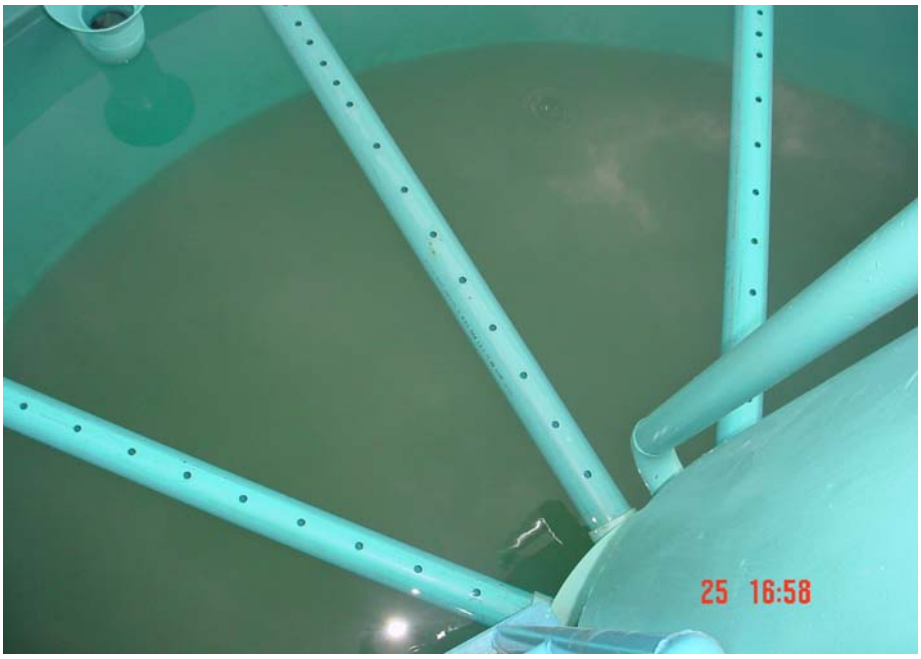
ก่อนปรับเปลี่ยน Frequency และ Duration ถังตกตะกอนให้วัดเปอร์เซ็นต์ตะกอนของท่อ Side drain ก่อนทุกครั้ง เพื่อดูว่าได้ตามเกณฑ์กำหนดหรือไม่ ถ้าหากปรับไปโดยที่ไม่ดูเปอร์เซ็นต์ตะกอนก่อนจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการควบคุมถังตกตะกอนได้

11. การเกิด Sludge Blaket

ประมาณ 50 % ของอัตราการไหลสูงสุด จะถูกทำให้เกิดเป็น Sludge Blanket ความเร็วของการเกิด Sludge Blanket ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำและปริมาณสารเคมีที่เติมลงไปเพื่อทำให้เกิดการตกตะกอนบางครั้ง Sludge Blanket อาจเกิดขึ้นภายใน 3 ชั่วโมง ถ้าน้ำดิบขุ่นและมีการเติมสารเคมีในปริมาณมากๆ ในทางตรงกันข้ามการเกิด Sludge Blanket อาจใช้เวลามากกว่า 24 ชั่วโมง เพื่อที่จะให้น้ำใสและใช้สารเคมีในปริมาณน้อย ระหว่างการทดสอบให้ทำการบันทึกข้อมูลดังนี้เป็นระยะๆ คือ

- การไหลของน้ำดิบ
- ความสูงของน้ำในห้องสุญญากาศ
- ระยะเวลาการ Flush
- ระยะเวลาการ Suction

หลังจากเดินระบบแล้ว 3 ชั่วโมงให้ตรวจเช็คทุกๆชั่วโมงและเริ่มเช็คเปอร์เซ็นต์ของ Sludge Blanket



รูปที่ 12 แสดง Sludge Blanket ในถัง Pulsator Clarifier

12. การปรับเปลี่ยนระบบให้เหมาะสม

เมื่อระบบเริ่มทำงานที่อัตราการไหลปกติแล้ว รอจนกระทั่งชั้นตะกอนสูงถึงระดับขอบด้านบนของช่องดักตะกอน (Concentrators) และความเข้มข้นของชั้นตะกอนคงที่ ทำการตรวจวัดความเข้มข้นของชั้นตะกอนโดยการใช้ขวดเก็บตัวอย่างน้ำหย่อนลงในถัง Pulsator แล้วกระตุกฝาขวดให้ปิดที่ระดับต่างๆกันเพื่อเก็บตัวอย่างน้ำตะกอน แต่อีกวิธีหนึ่งใช้สายยางที่ถ่วงน้ำหนักอยู่ข้างหนึ่งแล้วทำกาลักน้ำเก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับต่างๆกัน ทำการเก็บตัวอย่างตะกอนที่ระดับความลึก 50 เซนติเมตร, 1 เมตร และ 1.5 เมตร วัดจากระดับปาก

ช่องดักตะกอน (Concentrator) (ไม่ควรเก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับตื้นกว่า 15 เซนติเมตร จากชั้นขอบบนของตะกอน เก็บตัวอย่างน้ำตะกอนใสกระบอกตวงรูปกรวย (Imhoff Cone) ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วจับเวลาโดยปล่อยทิ้งไว้ 10 นาที บันทึกปริมาตรตะกอน

รูปที่ 13 แสดง Imhoff Cone สำหรับดูการตกตะกอนของชั้นตะกอนในระดับต่างๆของถัง Pulsator

ความเข้มข้นของตะกอน(Sludge Concentration) = ปริมาตรตะกอน (มิลลิลิตร) x (100/250) หน่วย %

12.1 กรณีคุณภาพน้ำดิบปกติ (ตามแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3)

12.1.1 กรณีค่าความขุ่นสูง

- Suction Level ปรับให้สูง
- Flushing Time ปรับให้ต่ำ
- Frequency of the Sludge blanket ปรับให้ต่ำ
- Duration of the Sludge blanket ปรับให้สูง

12.1.2 กรณีคุณภาพน้ำดิบต่ำ

- Suction Level ปรับให้ต่ำ
- Suction Time ปรับให้สูง
- Flushing Time ปรับให้สูง
- Frequency of the Sludge blanket ปรับให้สูง
- Duration of the Sludge blanket ปรับให้ต่ำ

12.2 กรณีคุณภาพน้ำดิบผิดปกติ (น้ำเสีย)

12.2.1 กรณีคุณภาพน้ำดิบสูง

- Suction Level ปรับให้ต่ำ
- Suction Time ปรับให้สูง

- Flushing Time ปรับให้สูง
- Frequency of the Sludge blanket ปรับให้สูง
- Duration of the Sludge blanket ปรับให้ต่ำ

12.2.2 กรณีคุณภาพน้ำดิบต่ำ

- Suction Level ปรับให้สูง
- Suction Time ปรับให้ต่ำ
- Flushing Time ปรับให้ต่ำ
- Frequency of the Sludge blanket ปรับให้ต่ำ
- Duration of the Sludge blanket ปรับให้สูง

การปรับเปลี่ยนการทำงานถังตกตะกอนแบบ Pulsator และ Lamellae pulsator ให้เหมาะสมกับคุณภาพน้ำดิบ ณ เวลานั้นๆ ต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขว่า sludge sampling ด้านล่างและตรงกลางต้องได้ค่าเปอร์เซ็นต์ตะกอนไม่ต่างกันเกิน 7 %(Volume/Volume) ควรจะให้ค่าที่ใกล้เคียงกันและด้านล่างต้องมากกว่าด้านบนส่วนวาล์วด้านบนสุดต้องไม่มีตะกอนเกิดขึ้นและวัดค่าเปอร์เซ็นต์ตะกอน Side drain ต้องมีค่ามากกว่า 90 % (Volume/Volume)

13. ขั้นตอนการปรับเปลี่ยนการทำงานของถังตกตะกอน Pulsator ให้เหมาะสมกับคุณภาพน้ำดิบ

13.1 กรณีคุณภาพน้ำดิบด้านความขุ่นเพิ่มขึ้น

ขั้นตอนที่ 1 : ปรับอัตราการจ่ายสารส้มและโพลีเมอร์เพิ่มขึ้น
ขั้นตอนที่ 2 : ปรับความสูงของการทำ Flush เพิ่มขึ้น
ขั้นตอนที่ 3 : ลดระยะเวลาของการทำ Suction ลง
ขั้นตอนที่ 4 : ปรับอัตราการระบายตะกอน(Drain)เพิ่มขึ้น
ขั้นตอนที่ 5 : ปรับความถี่การระบายตะกอน(Freq)ลดลง

- หากคุณภาพน้ำออกจากถังตกตะกอนไม่เป็นไปตามเกณฑ์

ขั้นตอนที่ 6 : ลดอัตราการไหลของน้ำดิบลงและปรับอัตราการจ่ายสารเคมีให้สัมพันธ์กับคุณภาพน้ำ ณ เวลานั้นๆ

- หากคุณภาพน้ำออกจากถังตกตะกอนเป็นไปตามเกณฑ์

ขั้นตอนที่ 7 : ค่อยๆเพิ่มอัตราการไหลของน้ำดิบขึ้น
ขั้นตอนที่ 8 : ปรับอัตราการระบายตะกอน(Drain)ลดลง
ขั้นตอนที่ 9 : ปรับความถี่การระบายตะกอน(Freq)เพิ่มขึ้น

- ทำการสร้างชั้นตะกอนใหม่(Sludge Blanket)

ท่อ Side Drain > 90 %(Volume/Volume) ที่เวลา 10 นาที

วาล์ว Sludge Sampling

1. Bottom และ Middle ให้มีชั้นตะกอน ที่เวลา 10 นาที
2. Top ต้องไม่มีชั้นตะกอน ที่เวลา 10 นาที

14. กรณีลดอัตราการไหลของน้ำดิบเข้าถังตกตะกอน

จะต้องทำการตรวจสอบให้แน่ใจว่าอัตราการดูดอากาศของปั๊มลม(ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง)จะต้องน้อยกว่าอัตราการไหลของน้ำดิบเข้าถังตกตะกอน(ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง)โดยใช้สูตรดังนี้

$$q = \frac{A(m^2)xH(cm)x36}{t(\sec)} \quad m^3/hr$$

$where$:

$$q = suction\ air\ \ flow\ rate(m^3/hr)$$

$$A = inner\ surface\ area\ of\ \ vaccum\ chamber(m^2)$$

$$t = suction\ time(\sec)$$

$$H = suction\ level(cm)$$

ถ้าอัตราการไหลของน้ำดิบ(Q)(ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง)น้อยกว่าอัตราการดูดอากาศของ Vacuum Fan (q) ต้องปรับเพิ่มเวลาการทำสุญญากาศ(suction time)ให้สูงขึ้นโดยคงระยะความสูงของการทำ Flush คงที่ จนกระทั่งได้อัตราการไหลของน้ำดิบ(Q)มากกว่าอัตราการดูดอากาศของ Vacuum Fan (q)

การปรับเพิ่มเวลาการทำสุญญากาศ(suction time)ให้สูงขึ้นแล้วต้องรอเวลาประมาณ 3 ชั่วโมงแล้วตรวจวัดความเข้มข้นของตะกอน(%)ที่ระดับความสูง bottom, medium, high ถ้าความเข้มข้นของตะกอนที่ระดับ bottom สูงขึ้นให้ปรับลดระยะเวลาการ flushing ลง แต่ถ้าไม่มีปัญหาดังกล่าวให้กำหนดระยะยก (suction level) ให้อยู่ที่ค่าสูงสุดแต่ต้องไม่ต่ำกว่า 50 เซ็นติเมตร เมื่อได้ค่าของอัตราการดูดอากาศของ Vacuum Fan (q) น้อยกว่าอัตราการไหลของน้ำดิบ(Q)(ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง)

15. การแปลผลทดสอบ

ความเป็นเนื้อเดียวกันของชั้นตะกอนเกิดจากอัตราการยกตะกอน (Pulsation rate) ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อให้ตะกอนเป็นเนื้อเดียวกัน ถ้าอัตราการยกตะกอนช้าเกินไป ชั้นตะกอนก็จะค่อนข้างแน่นและความเข้มข้นของชั้นตะกอนส่วนล่างก็จะสูงกว่าของชั้นตะกอนส่วนบนมาก แต่ถ้าอัตราการยกตะกอนเร็วเกินไป ชั้นตะกอนก็จะแตกตัวทำให้ความเข้มข้นของตะกอนชั้นบนสูงกว่าชั้นล่าง ในขณะเดียวกันฟล็อคก็จะหลุดออกไปกับน้ำใสได้ เราไม่ควรด่วนสรุปผลเร็วเกินไป แต่ควรจะทำการตรวจวัดผลหลายๆครั้งที่อัตราการไหลคงที่ ถ้าอัตราการไหล

ลดลงตะกอนก็มักจะอัดตัวกันแน่น ทำให้ผลการวัดความเข้มข้นของตะกอนชั้นล่างสูงขึ้นได้ และอาจจะลอยได้ เนื่องจากตะกอนอยู่นานเกินไป ในทางกลับกันถ้าอัตราการไหลเพิ่มขึ้นตะกอนก็จะขยายตัวและทำให้ความเข้มข้นของตะกอนชั้นล่างจางลง โดยเหตุผลนี้ เราจึงควรเชื่อถือผลการทดสอบหลังจากเริ่มเดินระบบไปแล้ว 3 ชั่วโมง

16. รายละเอียดการออกแบบถังตกตะกอน Lamellae pulsator Clarifier แบบ Vacuum Type โรงงานผลิตน้ำสามเสน 4 ฝ่ายโรงงานผลิตน้ำสามเสน

- ปริมาณน้ำที่เข้าสู่ระบบการผลิต	=	6,720		ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง
- จำนวนถังตกตะกอน	=	2		ชุด
- อัตราการผลิตแต่ละชุด	=	3,125		ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง
- ขนาด Clarifier 1	= กว้าง	21.85	เมตร ยาว 26 เมตร	น้ำสูง 5 เมตร
- ปริมาตรถังตกตะกอน Clarifier 1	=	2,195		ลูกบาศก์เมตร
- ขนาด Clarifier 2	= กว้าง	20.45	เมตร ยาว 28 เมตร	น้ำสูง 5 เมตร
- ปริมาตรถังตกตะกอน Clarifier 2	=	2,225		ลูกบาศก์เมตร
- ระยะเวลากักเก็บประมาณ	=	45		นาที
- พื้นที่ผิวถังตกตะกอน Clarifier 1	=	439		ตารางเมตร
- พื้นที่ผิวถังตกตะกอน Clarifier 2	=	445		ตารางเมตร
- ภาระบรรทุกน้ำล้น (ความเร็วในชั้นน้ำใส)=		5.6		เมตร/ชั่วโมง
- ความเร็วในชั้นตะกอน Clarifier 1	=	7.1		เมตร/ชั่วโมง
- ความเร็วในชั้นตะกอน Clarifier 2	=	7.05		เมตร/ชั่วโมง
- อัตราการดูดลมออกจากถัง	=	1,335		ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

17. การเก็บตัวอย่างตะกอน

ถังตกตะกอนแต่ละใบจะมีท่อระบายตะกอนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 - 200 มิลลิเมตร ติดตั้งวาล์วอัตโนมัติจำนวน 4 - 8 ชุด โดยระบายตะกอนออกจากช่องรับตะกอนส่วนเกินภายในถังตกตะกอน

การตรวจหาเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของตะกอนที่ระบายจากถังตกตะกอนทำได้โดยใช้กระบอกตวงขนาด 1000 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างตะกอนจากท่อระบายตะกอน วัดเปอร์เซ็นต์ตะกอนโดยทิ้งไว้ 10 ถึง 30 นาที

18. การหยุดเดินระบบ

ถ้ามีการหยุดเดินถังตกตะกอน Pulsator ระบบ pulsation ก็ควรจะหยุดเดินระบบด้วยเช่นกัน (ถ้าไม่เช่นนั้นชั้นตะกอน (sludge blanket) จะหยุดอยู่ในห้องสุญญากาศ) เมื่อมีการหยุดเดินระบบ การรักษาตะกอนให้อยู่ในถัง Pulsator ขึ้นอยู่กับความสามารถในการเกิดตะกอนอีกครั้งและแนวโน้มของการหมัก แม้ว่ากฎข้างต้นจะสามารถใช้ได้แต่จะสมบูรณ์หลังจากเริ่มเดินระบบแล้ว

ตารางที่ 2 แสดงการบริหารจัดการตะกอนในถังตกตะกอน Pulsator

เวลาที่หยุด	Pulsation	การทิ้งตะกอน	
		ชั้นตะกอน	ช่องดักตะกอน
1. ไม่กี่ชั่วโมง	หยุด	เก็บไว้	เก็บไว้
2. น้อยกว่า 3 วัน	หยุด	เก็บไว้	ทิ้ง
3. มากกว่า 3 วัน	หยุด	ทิ้ง	ทิ้ง

19. เปรียบเทียบลักษณะน้ำถังตกตะกอน Lamellae pulsator และถังตกตะกอน Solid Contact กรณีน้ำเสียปนเปื้อนลงแหล่งน้ำดิบ

ความเหมือน :

1 ความขุ่นที่ออกจากถังตกตะกอนทั้ง 2 ใกล้เคียงกัน

ความแตกต่าง :

1. ขนาดของตะกอนที่ลอยอยู่บนถังตกตะกอน Solid Contact จะใหญ่กว่าแบบ Pulsator ซึ่งมีขนาดเล็กและละเอียด

2. ความขุ่นที่ออกจากถังกรอง: น้ำที่ออกจากถังตกตะกอน Solid Contact ให้ค่าความขุ่นน้ำหลังกรองต่ำกว่าแบบ Lamellae pulsator ซึ่งให้ค่าความขุ่นน้ำก่อนกรองและหลังกรองใกล้กัน ดังนั้นถ้าเจอสภาพน้ำดิบแบบนี้ควรกำหนดให้ค่าความขุ่นน้ำก่อนกรองให้ต่ำ (ระหว่าง 1 – 2 NTU)

3.การกำจัดสีออกจากน้ำของถังตกตะกอน Solid Contact Clarifier กำจัดได้ดีกว่าถังตกตะกอน Pulsator หรือ Lamellae pulsator เนื่องจากความขุ่นที่ออกจากบ่อกรองที่รับน้ำจากถัง Solid Contact Clarifier จะต่ำกว่า บ่อกรองที่รับน้ำจากถัง Pulsator หรือ Lamellae pulsator

ถังตกตะกอน Lamellae pulsator Clarifier ถังตกตะกอน Solid Contact Clarifier

รูปที่ 14 แสดงลักษณะตะกอนถังตกตะกอน Lamellae pulsator ตะกอนเป็นฝุ่นเล็กๆเปรียบเทียบกับลักษณะตะกอนบนถังตกตะกอน Solid Contact Tank ตะกอนจะมีลักษณะเม็ดใหญ่

20. การแก้ไขปัญหาเรื่องความขุ่นและสีของน้ำประปา กรณีใช้ถังตกตะกอน Pulsator หรือ Lamellae pulsator น้ำเสียปนเปื้อนลงแหล่งน้ำดิบ

20.1 ถังตกตะกอน: ปรับระดับความขุ่นของน้ำที่ออกจากถังตกตะกอนแบบ Pulsator หรือ Lamellae pulsator ให้ต่ำระหว่าง 1.5 – 2.0 NTU เพื่อให้เกิดการลดสีให้ได้มากขึ้นแต่ตะกอนจะมีขนาดเล็กและสังเกตุพฤติกรรมการตกของตะกอนว่าตกได้รวดเร็วหรือช้าซึ่งจะส่งผลต่อการปรับการการทำงานของถังตกตะกอนทางด้านระยะยกของน้ำและเวลา Suction และ Flushing ต้องใช้วิธีที่ 2 ช่วยคือ

20.2 ถังกรอง: สร้างฟิล์มขึ้นในบ่อกรอง โดยในช่วงแรกของการ Backwash ความขุ่นที่ออกจากบ่อกรองจะให้ค่าที่ใกล้เคียงกับน้ำก่อนกรองเนื่องจากยังไม่มีฟิล์มไปเคลือบที่ผิวหน้าทรายกรอง ให้เดินระบบกรองไปเรื่อยๆจนกระทั่งค่า headloss ค่อยๆเพิ่มขึ้นนั้นหมายถึงมีการสร้างฟิล์มเกิดขึ้นแล้วจะทำให้สามารถกำจัดความขุ่นของน้ำก่อนกรองลงได้ สีในน้ำประปาก็จะลดลง

21. ข้อจำกัดของการควบคุมถังตกตะกอนแบบ Pulsator หรือ Lamellae pulsator

21.1 : อัตราการผลิตน้ำต้องคงที่ห้ามเปลี่ยนแปลงบ่อย

21.2 : คุณภาพน้ำดิบน้ำต้องคงที่ห้ามเปลี่ยนแปลงบ่อย

21.3 : กรณีคุณภาพน้ำดิบเปลี่ยนแปลง ต้องปรับการทำงานของถังตกตะกอนให้สามารถทำงานรองรับกับสภาพน้ำดิบในเวลานั้นๆได้(สร้างสมดุลย์ในระบบให้เกิดขึ้น)

21.4 : ระบบการระบายตะกอนต้องทำงานต่อเนื่อง

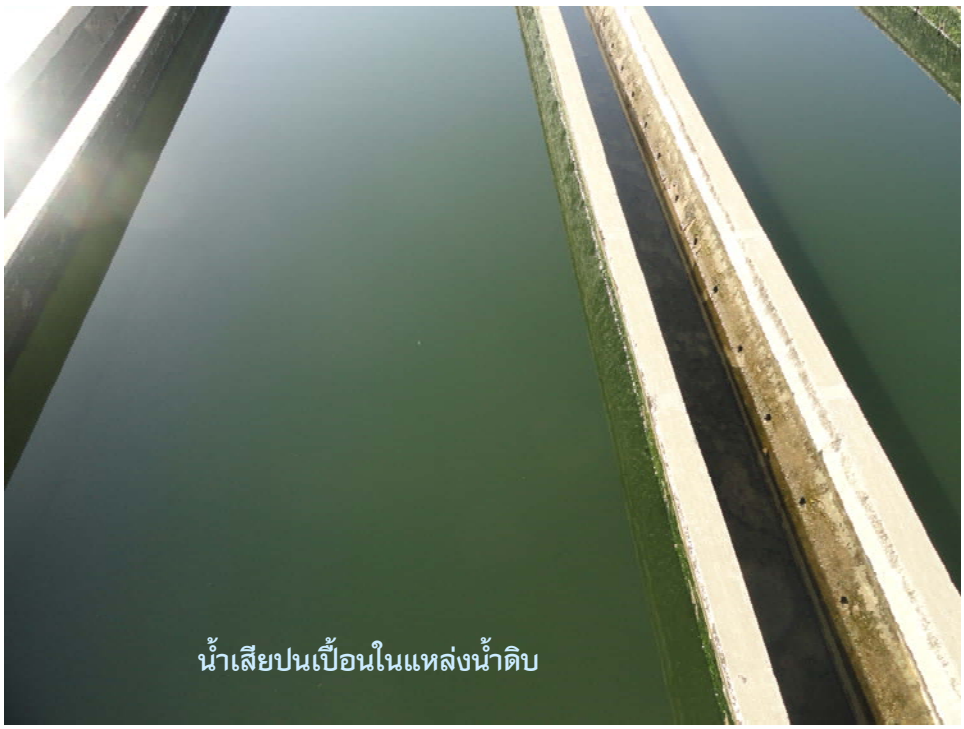
22. ข้อดี-ข้อเสีย ของถังตกตะกอนแบบ Pulsator และแบบ Lamellae pulsator

ข้อดี

1. ขนาดกะทัดรัด (รวมกระบวนการ Coagulation Flocculation and Sedimentation)
2. เนื่องจากระบบเป็นแบบใช้ชั้นตะกอน ดังนั้นตะกอนเก่าจึงทำหน้าที่เป็น Buffer ตะกอนใหม่ทำให้ตะกอนไม่ฟุ้งขึ้นด้านบนและช่วยลดความเร็วของน้ำลง
3. ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาต่ำ
4. การระบายตะกอนส่วนเกินออกจากถังไม่มีผลกระทบกับชั้นตะกอน
5. อัตราการไหลล้นของน้ำสะอาดออกจากถัง (rising rate) ระหว่าง 2-4 m/hr กรณีเป็นถังตกตะกอนแบบ Pulsator และ4 - 8 m/hr กรณีเป็นถังตกตะกอนแบบ Lamellae pulsator
6. ใช้ระยะเวลาในการรวมตะกอนสั้น ประมาณ 45 ถึง 90 นาที (ลดขนาดก่อสร้าง)
7. คุณภาพน้ำดิบที่เข้าระบบคงที่จะทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพสูง
8. ไม่เกิดปัญหาน้ำมันเกียร์และน้ำมันเครื่องไหลลงถังเนื่องจากไม่มีการใช้ Motor gear

ข้อเสีย

1. ชั้นตะกอนจะกระเพื่อม ถ้ามีตะกอนหนักปนเปื้อนมากับน้ำดิบ
2. ระบบจะทำงานผิดพลาดถ้าระบบการจ่ายสารเคมีไม่ทำงาน
3. อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลงมากๆจะมีผลทำให้เกิดการไหลรัดวงจร
4. ไม่เหมาะสำหรับน้ำที่มีสาหร่าย
5. ในสภาพปกติไม่สามารถรับ Shock loading ได้ (อัตราการไหลและความขุ่นน้ำดิบที่มีการเปลี่ยนแปลงบ่อย)
6. ใช้ระยะเวลาในการสร้างชั้นตะกอนนาน 2 – 4 วัน(บางกรณีมากกว่า 7 วัน)
7. บริเวณด้านล่างถังมีโอกาสเกิดการกัดกร่อนสูงถ้าถังทำจากเหล็ก
8. กรณีมีน้ำเสียปนเปื้อนในแหล่งน้ำดิบจะทำให้ตะกอนที่ออกมาจากถังตกตะกอนมีขนาดเล็กมีผลทำให้บ่อกรองไม่สามารถกรองความขุ่นได้
9. กรณีมีน้ำเสียปนเปื้อนในแหล่งน้ำดิบการกำจัดสีออกจากน้ำทำได้ไม่ดี



รูปที่ 15 แสดงลักษณะสีน้ำบนถังตกตะกอน Pulsator หรือ Lamellae pulsator มีการปนเปื้อนน้ำเสีย

รูปที่ 16 แสดงลักษณะตะกอนด้านบนเกิดการกระเพื่อม

23. ปัญหาการไหลลัดทางในถังตกตะกอน (มั่นสิน,2537)

ถังตกตะกอนแบบอุดมคติต้องมีการไหลของน้ำเป็นแบบปลักโฟลว์ (Plug Flow) กล่าวคือน้ำจะใช้ระยะเวลาอยู่ในถังนานเท่ากับเวลากักน้ำตามทฤษฎีพอดี อย่างไรก็ตาม ปัจจัยหลายๆอย่างทำให้น้ำบาง ส่วนไหลออกจากถังก่อนหรือหลังเวลากักน้ำอย่างยากที่จะหลีกเลี่ยงได้ ปัญหามักเกิดขึ้นเมื่อน้ำใช้เวลาอยู่ในถังน้อยเกินไปหรือที่เรียกว่าเกิดการไหลลัดทางหรือไหลลัดวงจร (Short Circuiting) ผลที่ติดตามการไหลลัดทางคือน้ำมักพาตะกอนแขวนลอยหลุดออกไปจากถังตกตะกอนด้วย

23.1 สาเหตุของการไหลลัดทาง

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการไหลลัดทางได้แก่ กระแสความหนาแน่น (Density Current) ซึ่งหมายความถึงการไหลในน้ำที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน กระแสความหนาแน่นเกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุใหญ่ 4 ประการคือ อุณหภูมิ, ความขุ่น, สารละลาย, และกระแสลม

23.1.1 อิทธิพลของอุณหภูมิ

น้ำที่มีอุณหภูมิต่างกันจะมีความหนาแน่นไม่เท่ากัน น้ำเย็นจะหนักกว่าน้ำร้อน เมื่อน้ำอุ่นไหลเข้ามาในถังตกตะกอนที่มีน้ำเย็นกว่า น้ำที่เข้ามาใหม่จะไหลลัดทางตามผิวน้ำและออกไปจากถังโดยใช้เวลาเพียงเสี้ยวเดียวของเวลากักน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำอุ่นมีความหนาแน่นน้อยกว่านั้นเอง การที่น้ำใช้เวลาน้อยอยู่ในถังตกตะกอนจึงเชื่อได้ว่าโอกาสที่จะเกิดการตกตะกอนไม่มีทางที่จะเกิดขึ้นตามที่ออกแบบไว้ สำหรับในประเทศไทย การไหลลัดทางที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิของน้ำอาจเกิดขึ้นได้ในช่วงฤดูร้อน ความร้อนจากแสงอาทิตย์อาจทำให้อุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้นในอัตราสูงกว่า 1 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมง ทำให้เกิดกระแสความหนาแน่นภายในถัง ซึ่งจะรุนแรงในเวลาเที่ยงหรือขณะที่อุณหภูมิสูงสุด

กรณีน้ำเย็นไหลเข้าถังตกตะกอนที่มีน้ำอุ่นกว่าก็อาจเกิดปัญหาเรื่องการไหลลัดทางที่เกิดจากกระแสความหนาแน่นได้เช่นเดียวกัน แต่ในกรณีนี้น้ำที่เข้าใหม่(น้ำเย็น) จะไหลดิ่งลงไปตามก้นถังอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีน้ำหนักมากกว่าและใช้เวลาน้อยกว่าเวลากักน้ำในการเคลื่อนที่ออกจากถังตกตะกอน การไหลไปตามก้นถังทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของ Sludge ที่ตกตะกอนอยู่ก่อนแล้ว ถ้าถังมีความลึกน้อยความขุ่นที่ฟุ้งกระจายอาจลอยขึ้นผิวน้ำและหนีออกไปกับน้ำล้นทำให้การตกตะกอนไม่ได้ผล แสงอาทิตย์อาจทำให้น้ำในถังตกตะกอน (โดยเฉพาะถังโซลิดซ์คอนแทคท์) มีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำที่เข้าใหม่ ทำให้เกิดกระแสความหนาแน่นที่มีผลเสียต่อถังตกตะกอน ถังตกตะกอนที่ไม่ได้คิดถึงปัญหาเหล่านี้และไม่ได้หาวิธีป้องกันเอาไว้ก่อนจะมีประสิทธิภาพแปรปรวนตามแต่อุณหภูมิและปัจจัยอื่นๆที่มีอิทธิพลต่อกระแสความหนาแน่น

23.1.2 อิทธิพลของความขุ่นหรือตะกอนแขวนลอย

ความขุ่นทำให้มีความหนาแน่นแตกต่างกัน การเพิ่มความขุ่นของน้ำดิบอย่างกะทันหันก่อให้เกิดกระแสความหนาแน่นในถังตกตะกอนและมีการไหลลัดเกิดขึ้น น้ำที่มีความขุ่นสูงจะไหลจมลงก้นถังเหมือนในกรณีของน้ำเย็น ทำให้มีการฟุ้งกระจายของสลัดจ์และทำให้ความขุ่นหนีออกไปจากถังได้

23.1.3 อิทธิพลของความเค็มหรือสารละลาย(TDS)

น้ำที่มีเกลือแร่ละลายอยู่มากจะมีน้ำหนักมากกว่าน้ำที่มีสารละลายน้อย อิทธิพลของความเค็มหรือสารละลายน้ำจึงคล้ายกับอิทธิพลของความขุ่นหรือตะกอนแขวนลอย

23.1.4 อิทธิพลของกระแสลม

ถังตกตะกอนที่มีพื้นที่หน้าตัดกว้างเกินไปจะอยู่ในอิทธิพลของกระแสลมทั้งนี้เพราะกระแสลมทำให้เกิดความปั่นป่วนต่อตอนบนของน้ำในถังและอาจทำให้น้ำไหลออกจากถังเร็วเกินควร ด้วยเหตุนี้วิศวกรจึงไม่ควรออกแบบถังตกตะกอนใบเดียวมีขนาดใหญ่มากๆ

23.1.5 วิธีการแก้ไขและป้องกันการไหลลัดทาง

การปิดฝาถังตกตะกอนอาจช่วยบรรเทาผลเสียหายที่เกิดจากการไหลลัดทาง แต่ไม่ใช่วิธีที่เป็นไปได้เสมอในทางปฏิบัติ วิธีที่ยอมรับและนิยมใช้กันมากกว่ามี 4 วิธีดังนี้

23.1.5.1 ติดรางน้ำล้นบนผิวน้ำให้ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของถัง

23.1.5.2 ปรับปรุงทางน้ำเข้า

23.1.5.3 ใช้ท่อตกตะกอนหรือแผ่นตกตะกอน

23.1.5.4 ใช้ถังแบบโซลิดซ์คอนแทคท์

ในกรณีที่น้ำไหลลัดทางลงสู่ก้นถัง ความขุ่นจะถูกคุ้ยให้กระจายขึ้นสู่ผิวน้ำ ในบริเวณทาง ออกของถัง(ไม่ว่าเป็นถังกลมหรือผืนผ้า) มักปรากฏว่าผิวน้ำในบริเวณตอนกลางของถังมักเป็นเขตที่มีน้ำใสเพราะความขุ่นฟุ้งไปไม่ถึงดังนั้นวิธีแก้ไขปัญหาการลัดทางลงสู่ก้นถัง จึงกระทำได้โดยการติดตั้งรางน้ำล้นให้ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของถัง การปรับปรุงทางน้ำเข้า โดยใช้แผ่นกั้นน้ำเพื่อบังคับน้ำให้ไหลลงข้างล่างและกระจายให้ส่วนต่างๆของถัง

การติดตั้งท่อตกตะกอนหรือแผ่นตกตะกอนสามารถช่วยบรรเทาการไหลลัดทางได้ทั้งนี้ด้วยเหตุผล 2 ประการคือ ทำให้การไหลของน้ำมีความฝืดเพิ่มขึ้นมากและทำให้การไหลถูกบังคับให้มีทิศ ทางอย่างแน่นอน

วิธีป้องกันผลเสียที่เกิดจากการไหลลัดทางที่ได้ผลดีกว่าวิธีอื่นคือ การหมุนเวียนน้ำตะกอน (Slurry Recirculation) มาผสมกับน้ำเข้าและติดรางน้ำล้นให้ครอบคลุมให้ทั่วพื้นผิวน้ำ การหมุนเวียนน้ำตะกอนช่วยทำให้น้ำเข้ามีตะกอนแขวนลอยสูงเสมอเป็นการบังคับให้น้ำไหลลงข้างล่าง การสัมผัสระหว่างความขุ่นใหม่และความขุ่นเก่าทำให้มีการจับตัวเป็นก้อนใหญ่ตกตะกอนได้ดี จนพลังงานของกระแสความหนาแน่นไม่อาจทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของความขุ่น ถังตกตะกอนแบบโซลิดซ์คอนแทคท์ สามารถป้องกันกระแสความหนาแน่นได้ดีเนื่องจากการไหลของน้ำเข้าถูกบังคับให้มีทิศทางอย่างแน่นอน(ปัจจัยนี้เป็นข้อหนึ่งที่ทำให้มีการซื้อถังสำเร็จรูปมาใช้มากกว่าที่จะออกแบบถังโซลิดซ์คอนแทคท์มาใช้) ไม่ว่าจะมีกระแสความหนาแน่นเกิดขึ้นหรือไม่ก็ตาม นอกจากนี้การสร้างชั้นสลัดจ์หรือการหมุนเวียนน้ำตะกอนที่เกิดขึ้นในถังโซลิดซ์คอนแทคท์ยังช่วยทำลายพลังงานของกระแสความหนาแน่นจนไม่สามารถทำให้เกิดการฟุ้งกระจายได้ การติดตั้งท่อตกตะกอน

หรือหรือแผ่นตกตะกอนให้กับถังโซลิดซ์คอนแทคท์อาจเป็นการป้องกันผลเสียจากกระแสความหนาแน่นเป็นมาตรการสุดท้าย

24. ปัญหาและการแก้ไขการควบคุมคุณภาพน้ำในถังตกตะกอน

24.1 สารสร้างตะกอนจ่ายไม่เพียงพอ โดยไม่สามารถทำปฏิกริยากับน้ำดิบแยกสารแขวนลอยออกได้หมดทำให้ขนาดของ Floc มีขนาดเล็ก

การแก้ไข ปรับอัตราการจ่ายสารสร้างตะกอนให้ได้ค่าที่เหมาะสมตามประมาณการจาก Jar Test

24.2 คุณภาพน้ำดิบมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยมีความขุ่นสูงขึ้น ในขณะที่จ่ายสารสร้างตะกอนปริมาณปกติ ตามผลการทดลอง Jar Test

การแก้ไข เพิ่มอัตราการจ่ายสารสร้างตะกอนให้มากขึ้น

24.3 ชั้นของ Sludge สูงเกินไปซึ่งสามารถวัดได้ที่จุด Top ทำให้ Sludge ลอยตัวขึ้นสู่ผิวน้ำได้ง่ายเนื่องจากอัตราการ Drain ไม่เหมาะสม

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

24.4 มี Sludge ฟุ้งกระจายบนผิวน้ำโดยรอบถังตกตะกอนเมื่อ Sample ที่ชั้นของ Bottom และ Middle ไม่มีหรือมีน้อย ซึ่งอาจเกิดจากอุณหภูมิของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงกระทันหันทำให้ Sludge ขยายตัวและลอยขึ้นมาบนผิวน้ำเรียกว่าเกิดการไหลลัด (Short Circuiting) อันเนื่องมาจากกระแสความหนาแน่น (Density Current) ของน้ำที่แตกต่างกัน สามารถสังเกตุ Sludge ได้โดยดูขนาดของ Sludge ว่ามีขนาดเล็กหรือใหญ่

การแก้ไข - เมื่อ Sludge ไม่ยอมตกลงสู่พื้นล่างซึ่งขนาดของ Floc มีขนาดใหญ่ให้ลดน้ำเข้าถังตกตะกอนเพื่อปรับอุณหภูมิภายในถังตกตะกอนลง

24.5 ค่าความขุ่นของน้ำที่ออกจากถังตกตะกอนสูงเกินค่าควบคุม

สาเหตุ - ไม่มีชั้นตะกอน

การแก้ไขปัญหา - ให้เริ่มเดินระบบใหม่ หลังจากระบายชั้นตะกอนทิ้งไปหมดแล้วเริ่มเดินระบบใหม่โดยเริ่มเดินที่ครึ่งหนึ่งของอัตราการไหลที่ออกแบบไว้จนกระทั่งเกิดชั้นตะกอน

สาเหตุ - ความผิดปกติของอัตราการจ่ายสารเคมี

การแก้ไขปัญหา - ให้ทำ Jar Test และเปรียบเทียบค่า pH ที่ได้จากน้ำที่ออกจากถังตกตะกอนและปรับอัตราการจ่ายสารเคมีใหม่

สาเหตุ - อายุของตะกอนหลังจากหยุดเดินระบบนาน (ปริมาณสารอินทีย์ของน้ำออกจากถังตกตะกอนสูงกว่าน้ำเข้าถังตกตะกอน)

การแก้ไขปัญหา - ให้ระบายน้ำในถัง Pulsator ทิ้งให้หมดแล้วทำความสะอาดด้วยน้ำแรงดันสูง

24.6 การลอยของตะกอนมีลักษณะเหมือนเมฆ (Sludge cloud rise)

สาเหตุ – เกิดการ pulse รุนแรงและมากเกินไปเหตุเพราะตะกอนเบา (light floc) และมีความเข้มข้นเป็นเนื้อเดียวกัน ถ้าการ pulse เกิดบ่อยและรุนแรงเกินไปตะกอนจำนวนมากจะลอยสู่ผิวน้ำ

การแก้ไขปัญหา – ให้ทำการปรับ pulse ใหม่ในครั้งแรกให้ลดเวลาการระบาย (flushing time) มากสุด 50 วินาทีก่อนที่จะลดระดับความสูงของการะบายหลังจากเปลี่ยนแปลงให้ตรวจความเป็นเนื้อเดียวกันของชั้นตะกอนอีกครั้งเพราะนี้คือจุดสำคัญ

สาเหตุ – อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นโดยแสงอาทิตย์หรือจากสาเหตุอื่น

การแก้ไขปัญหา - ให้ตรวจอุณหภูมิน้ำเข้าถังตกตะกอนแล้วหาสาเหตุของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงและหาทางแก้ไข

สาเหตุ – ค่า pH ของน้ำในถังตกตะกอนแต่ละโซนแตกต่างกัน

การแก้ไขปัญหา - ให้ตรวจดูปริมาณการเติมและจ่ายสารเคมีให้ตรวจดูว่าไม่มีการรวมตัวของตะกอนของโซนใดโซนหนึ่งในถัง Pulsator มากกว่ากันถ้ามีให้ทำการะบายทิ้งและทำความสะอาดถัง

24.7 ชั้นตะกอนลอย (Sludge blanket rise)

สาเหตุ – อัตราการไหลมากเกินไป

การแก้ไขปัญหา – ให้ปรับอัตราการไหลของน้ำดิบ

สาเหตุ – การกระจัดกระจาย (แตกแยก) ของตะกอนที่มีค่า cohesion ต่ำเมื่อเปรียบเทียบค่า cohesion ของตะกอนใหม่ที่ได้รับจากการทำ Jar Test

การแก้ไขปัญหา – ระบายน้ำในถังตกตะกอนทิ้ง

สาเหตุ – อัตราการระบายตะกอน (sludge draw off flow rate)

การแก้ไขปัญหา – ให้ปรับการระบายตะกอนโดยมือ (manual) เพื่อกำจัดตะกอนโดยเร็ว

สาหตุ – ที่ทิ้งตะกอน (sludge draw off) เสีย ท่อน้ำทิ้ง (draw off pipe) อุดตันและวาล์วน้ำทิ้ง (draw off valve) ทำงานผิดปกติ

การแก้ไขปัญหา - ให้ตรวจอัตราการไหลของวาล์วแต่ละตัวถังจำเป็นให้ระบายน้ำในถังตกตะกอนสู่ท่อที่ไม่มีการอุดตันให้ตรวจระบบควบคุมอัตโนมัติและตรวจดูการทำงานของวาล์ว

25. องค์ประกอบสำคัญที่จะทำให้การควบคุมถังตกตะกอนมีประสิทธิภาพสูงสุดควรคำนึงถึงปัจจัยดังนี้

25.1 คุณภาพน้ำดิบ ความขุ่นและสารแขวนลอยที่จะทำให้เกิดการตกตะกอน

- ค่าความขุ่นน้ำดิบ (Turbidity) ถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจะมีผลทำให้น้ำในถังตกตะกอนเกิดการฟุ้งกระจายได้ง่าย

- ค่า pH มีผลต่อความสามารถในการทำปฏิกริยาระหว่างสารสร้างตะกอนและอนุภาคคอลลอยด์ที่แขวนลอยในน้ำดิบค่า pH ของน้ำดิบควรจะอยู่ในช่วงกล่างๆระหว่าง 6.5 – 7.5

25.2 อัตราการไหลของน้ำดิบ

- ถ้าอัตราการไหลของน้ำดิบมีค่ามากกว่าที่ออกแบบไว้จะทำให้ตะกอนเกิดการฟุ้งกระจายได้ง่ายเนื่องจากกระบวนการตกตะกอนใช้หลักแรงโน้มถ่วงของโลก น้ำหนักตะกอนจะมีค่าน้อยกว่าแรงต้านจากการไหลของน้ำดิบ

25.3 ชนิดและปริมาณสารเคมีที่จ่ายให้กับถังตกตะกอน

- ปรับอัตราการจ่ายและชนิดของสารสร้างตะกอนให้เหมาะสมกับสภาพน้ำดิบ ณ เวลานั้นๆ โดยพิจาณาจากการทำ Jar Test ประกอบ

25.4 เวลาในการระบายตะกอน (Sludge Drain) และความถี่

- ความถี่และเวลาที่ใช้ในการระบายตะกอนมีส่วนสำคัญที่จะทำให้คุณาพน้ำที่ออกจากถังตกตะกอน Lamellae pulsator Clarifier มีคุณภาพน้ำที่ได้ตามเกณฑ์ควบคุมกล่าวคือไม่ว่าคุณภาพน้ำดิบจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรจะต้องพยายามสร้างสมดุลย์ของตะกอนให้เกิดขึ้นในถังดังกล่าวให้ได้เพื่อให้เกิดวัฏจักรตะกอนให้เกิดขึ้น

25.5 อุณหภูมิของน้ำดิบแต่ละวัน

- อุณหภูมิของน้ำมีผลต่อการเคลื่อนตัวของตะกอนดังนั้นผู้ควบคุมระบบผลิตน้ำประปาต้องสังเกตลักษระตะกอนที่เกิดขึ้นมาว่าจะสามารถควบคุมการฟุ้งของตะกอนในช่วงอุรภูมิต่างๆในแต่ละวันได้อย่างไร

26. เกณฑ์การออกแบบ

26.1 Kawamura (2000)

- Flocculation Time : approx 20 min
- Setting Time : 1 – 2 hr
- Surface Loading : 2 – 3 m/hr
- Weir Loading : 7.3 – 15 m^3/m.hr
- Upflow Velocity : < 10 mm/min

26.2 AWWA & ASCE (1990)

- Surface Loading : 0.625 – 4.75 m/hr (average: 2.5 m/hr)

26.3 Culp & Wesner (1968)

- Surface Loading : 2.44 – 4.88 m/hr

26.4 EPB (2002)

- Flocculation Time : approx 20 min
- Surface Loading : 2 – 3 m/hr
- Setting Time : 1 – 2 hr
- Weir Loading : 7 – 15 m^3/m.hr
- Upflow Velocity : < 0.6 m/hr

26.5 Degremont (1991)

- Surface Loading : 2 – 4 m/hr (lamellae pulsator : 4 – 8 m/hr)

เอกสารอ้างอิง :

1. คู่มือการควบคุมระบบผลิตน้ำประปา โรงงานผลิตน้ำประปาหนองจอก การประปานครหลวง
2. คู่มือการควบคุมระบบผลิตน้ำประปา โรงงานผลิตน้ำประปามหาสวัสดิ์ การประปานครหลวง
3. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. พ.ศ. 2537. วิศวกรรมการประปา เล่ม 1. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร. 305 หน้า
4. American Society of Civil Engineers & American Water Works Association. 1990. Water treatment Plant Design (second edition), United States of America. 598 p.
5. Culp & Wesner. 1986. Hand Book of Public Water Systems. New York United States of America. 1113p.
6. Degremont. 1991. Water Treatment Handbook, France. 1459 p.
7. Environmental Protection Branch. 2002. A Guide to Waterworks Design, Regina SK. 47p.
8. Susumu Kawamura. 2000. Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities second edition, New York United States of America. 691p.