วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 26 (ฉบับที่ 2) พฤษภาคม – สิงหาคม พ.ศ. 2564
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 26 (No.2) May – August 2021
บทความวิจัย

# ศึกษาเวลาเพิ่มและลดระดับน้ำในหอสุญญากาศต่อการกำจัดความขุ่นในถังตกตะกอนชนิดชั้นตะกอน

# Study on Rising Time and Falling Time in Vacuum Chamber on Turbidity Removal by Sludge Blanket Clarifier

วิวัฒน์ อ่อนนาคคล้ำ*
Wiwat Onnakklum*
*โรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ การประปานครหลวง*
*Mahasawat Water Treatment Plant, Metropolitan Waterworks Authority*

Received : 16 September 2020
Revised : 30 September 2020
Accepted : 7 October 2020

## บทคัดย่อ

บทความนี้ศึกษาผลของเวลาเพิ่มและลดระดับน้ำในหอสุญญากาศต่อการกำจัดความขุ่นสำหรับถังตกตะกอนชนิดชั้นตะกอน ดำเนินการทดลองเวลาเพิ่มระดับน้ำ 40 และ 50 วินาที เวลาลดระดับน้ำ 10, 12 และ 14 วินาทีและควบคุมอัตราผิวน้ำล้น 3.22 เมตร/ชั่วโมง และอัตราการเติมสารส้ม 20 มิลลิกรัม/ลิตร จากผลการทดลองพบว่า เวลาเพิ่มระดับน้ำ เวลาลดระดับน้ำและผลร่วมของทั้ง 2 ตัวแปร ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเมื่อเวลาเพิ่มระดับน้ำมากขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเพิ่มขึ้น และเมื่อเวลาลดระดับน้ำเพิ่มขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเพิ่มขึ้นเช่นกัน ยกเว้นกรณีเวลาลดระดับน้ำ 14 วินาทีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นจะไม่เปลี่ยนแปลง ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของถังตกตะกอนมีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 90.61±0.89% ในกรณี เวลาเพิ่มระดับน้ำ 50 วินาทีและเวลาลดระดับน้ำ 12 วินาที

**คำสำคัญ** : ถังตกตะกอนชนิดชั้นตะกอน ; ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น

## Abstract

This paper aims to study effect of rising time and falling time in vacuum chamber on turbidity removal by sludge blanket clarifier. A 40-second and a 50-second of rising time and a 10-second, a 12-second and a 14-second of falling time were experimented. By controlling surface loading rate, 3.22 m/hr., and aluminum sulphate adding rate, 20 mg/l. Experiment found that rising time, falling time and interaction between rising time and falling time were significantly affected on turbidity removal efficiency. Turbidity removal efficiency increased as rising time was increased or falling time was increased. But, turbidity removal efficiency was not increased for a 14-second of falling time. The highest turbidity removal efficiency of clarifier was 90.61±0.89% in case rising time was 50 second and falling time was 12 second.

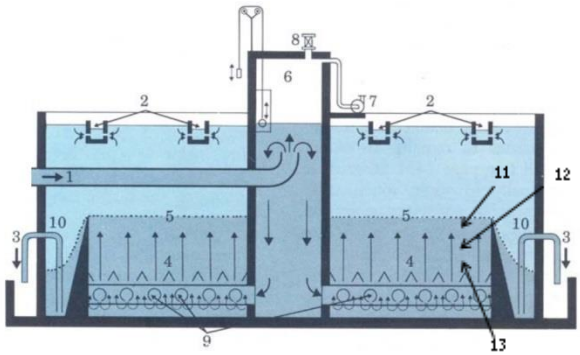
**Keywords** : sludge blanket clarifier ; turbidity removal efficiency

***Corresponding author. E-mail** : wp_js38@hotmail.com

**บทนำ**

ถังตกตะกอนเป็นเครื่องจักรสำหรับลดความขุ่นของน้ำดิบในกระบวนการผลิตน้ำประปา โดยอาศัยการเติมสารตกตะกอน เช่น สารส้ม โพลิเมอร์ เพื่อทำลายเสถียรภาพของตะกอนในน้ำดิบร่วมกับการควบคุมอัตราการกวนให้มีความเหมาะสม จนทำให้ตะกอนในน้ำรวมตัวกันจากอนุภาคขนาดเล็กเป็นอนุภาคขนาดใหญ่ และแยกตัวออกจากน้ำส่วนที่ใสได้ ประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน คือ 1. การสร้างแกนตะกอนหรือการกวนเร็ว เป็นการกวนเพื่อผสมน้ำดิบและสารเคมีให้เป็นเนื้อเดียวกัน 2. การรวมตะกอนหรือการกวนช้า เป็นการกวนเพื่อให้ตะกอนในน้ำดิบรวมกันจากอนุภาคขนาดเล็กจนกลายเป็นอนุภาคขนาดใหญ่ขึ้น และ 3. การตกตะกอน เป็นการให้น้ำไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดขนาดใหญ่ด้วยความเร็วต่ำ เพื่อให้ตะกอนเกิดการแยกชั้นออกจากน้ำส่วนที่ใส โดยทั่วไปความขุ่นของน้ำหลังผ่านการตกตะกอนควรมีค่าไม่เกิน 10 NTU(Nephelometric Turbidity Unit) (Wangpaisarn, 2003)

ถังตกตะกอนชนิดชั้นตะกอน (Sludge blanket clarifier) เป็นถังตกตะกอนชนิดที่รวมการสร้างแกนตะกอนและการตกตะกอนอยู่ในเครื่องจักรเพียงเครื่องเดียว ถังตกตะกอนชนิดชั้นตะกอนอาศัยการสร้างชั้นตะกอนจากสารแขวนลอยที่ปนมากับน้ำดิบ มาสร้างเป็นชั้นสำหรับดักจับตะกอนต่อไป หลักการทำงานของถังตกตะกอนชนิดชั้นตะกอนดังแสดงในภาพที่ 1 จะเริ่มจาก น้ำดิบที่ผ่านการผสมกับสารตกตะกอนด้วยการกวนเร็วแล้ว จะไหลเข้าสู่ถังตกตะกอนทางท่อทางเข้า หมายเลข 1 เข้าสู่หอสุญญากาศหมายเลข 6 ระดับน้ำในหอสุญญากาศจะถูกยกให้เหนือกว่าระดับน้ำปกติโดยอาศัยแรงยกจากพัดลมดูดอากาศ หมายเลข 7 เมื่อระดับน้ำในหอสุญญากาศอยู่ในระดับที่กำหนดวาล์วหมายเลข 8 จะเปิดออกทำให้อากาศจากภายนอกไหลเข้าสู่หอสุญญากาศทำให้ระดับน้ำในหอสุญญากาศลดระดับลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้น้ำดิบที่ผสมสารตกตะกอนแล้วภายในหอสุญญากาศ ตกลงตามแรงโน้มถ่วงของโลกและกระจายไปตามท่อกระจายน้ำหมายเลข 9 และถูกบังคับให้อนุภาคของตะกอนเกิดการชนกันโดย Stilling baffles หมายเลข 4 ส่งผลให้อนุภาคตะกอนจับตัวกันเป็นชั้นตะกอน และชั้นตะกอนที่เกิดขึ้นจะทำหน้าที่เป็นตัวดักจับตะกอนใหม่ ให้ติดอยู่กับชั้นตะกอนจนเมื่อตะกอนสะสมจะเกินระดับความสูงหมายเลข 5 ตะกอนส่วนเกินจะล้นลงรางรับตะกอนหมายเลข 10 และถูกระบายออกจากถังตกตะกอนโดยท่อระบายตะกอนหมายเลข 3 และส่วนน้ำใสจะผ่านชั้นตะกอนมาได้ จะไหลล้นลงรางน้ำล้นหมายเลข 2 และไหลเข้าสู่กระบวนการถัดไป คือ การกรอง



1. ท่อน้ำเข้า
2. รางน้ำล้น
3. ท่อระบายตะกอน
4. Stilling baffles
5. ระดับความสูงของชั้นตะกอน
6. หอสุญญากาศ
7. พัดลมดูดอากาศ
8. วาล์วระบายล
9. ท่อกระจายน้ำ
10. รางรับตะกอน
11. จุดวัดตะกอนชั้น T
12. จุดวัดตะกอนชั้น M
13. จุดวัดตะกอนชั้น B

***ภาพที่ 1*** ส่วนประกอบของถังตกตะกอนชนิดชั้นตะกอน (Degremont, 1991)

หลักการควบคุมถังตกตะกอนชนิดชั้นตะกอน มีอยู่ด้วยกัน 2 ข้อ คือ 1.การเลือกชนิดสารตกตะกอน ให้มีความเหมาะสมกับน้ำดิบที่นำมาบำบัดโดยพิจารณาความสามารถในการกำจัดความขุ่นร่วมกับค่าใช้จ่ายในการบำบัด (Eardprapan, 2002; Panatampon, 1997; Tantipalakul *et al*., 2018) โดยทั่วไป สารตกตะกอนที่นิยมใช้ในงานผลิตน้ำประปา คือ สารส้ม(Dorea, 2009) และควบคุมอัตราการเติมสารตกตะกอนให้มีอัตราการเติมที่เหมาะสม(Chomsuwan, 2009) 2.การควบคุมค่าความเร็วเกรเดียนต์ (Velocity gradient) ควบคุมโดยการปรับตั้งค่า ระดับน้ำ, เวลาลดระดับน้ำและเวลาเพิ่มระดับน้ำในหอสุญญากาศให้เหมาะสมกับอัตราผิวล้นและอัตราการเติมสารตกตะกอนและจะตรวจสอบผลของการปรับตั้งถังตกตะกอนด้วยการวัดความเข้มข้นของชั้นตะกอน ชั้น B, M และ T ให้มีความเป็นเนื้อเดียวกัน(AWWA & ASCE, 1990)

เวลาเพิ่มระดับน้ำในหอสุญญากาศ คือ ระยะเวลาที่ระดับน้ำในหอสุญญากาศเพิ่มขึ้นจากระดับผิวน้ำปกติ มาสู่ระดับที่เหนือกว่าผิวน้ำปกติ การปรับตั้งเวลาเพิ่มระดับที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้การกำจัดความขุ่นได้เพิ่มขึ้น(Al-Dawery *et al*., 2007) โดยทั่วไปจะปรับตั้งค่าประมาณ 50-60 วินาที(Twort *et al*., 2006)

เวลาลดระดับน้ำในหอสุญญากาศ คือ ระยะเวลาที่ระดับน้ำในหอสุญญากาศลดลงจากระดับเหนือผิวน้ำปกติ มาสู่ระดับผิวน้ำปกติ โดยทั่วไปจะปรับตั้งเวลาลดระดับประมาณ 8-10 วินาที(Twort *et al*., 2006)

การควบคุมค่าความเร็วเกรเดียนต์ เป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญในการตกตะกอน การกำจัดความขุ่นอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่ดีจะส่งผลให้ความขุ่นน้ำหลังตกตะกอนในอยู่ในเกณฑ์ควบคุม จะนำไปสู่การผลิตน้ำประปาที่มีคุณภาพ เพราะหากการตกตะกอนไม่สามารถควบคุมคุณภาพน้ำหลังตกตะกอนได้ตามเกณฑ์ควบคุม จะส่งผลให้เป็นภาระของกระบวนการถัดไป ที่จะต้องทำงานหนักมากขึ้น ซึ่งอาจส่งผลให้ได้น้ำประปาที่ไม่มีคุณภาพ

จุดประสงค์ของบทความนี้คือ ศึกษาผลของเวลาเพิ่มระดับน้ำและเวลาลดระดับน้ำในหอสุญญากาศต่อการกำจัดความขุ่นของถังตกตะกอนชนิดชั้นตะกอน

**วิธีดำเนินการวิจัย**

การศึกษาผลของเวลาเพิ่มระดับน้ำและเวลาลดระดับน้ำในหอสุญญากาศ จะแบ่งปัจจัยที่ศึกษาออกเป็น เวลาเพิ่มระดับน้ำ 40 และ 50 วินาที และเวลาลดระดับน้ำ 10, 12 และ 14 วินาที ตามลำดับ โดยควบคุมอัตราผิวน้ำล้นที่ 3.22 เมตร/ชั่วโมง, ใช้สารตกตะกอนคือ สารส้มและ ควบคุมอัตราการเติมที่ 20 มิลลิกรัม/ลิตร ทดลองในถังตกตะกอนชนิดชั้นตะกอนขนาดกว้าง 40.5 เมตร ยาว 67.5 เมตร มีความสูง 5 เมตร มีหอสุญญากาศขนาด 25 ตารางเมตรจำนวน 2 หอ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. วัดค่าความขุ่นน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบ คุณภาพน้ำดิบดังแสดงในตารางที่ 1
2. สูบน้ำเข้าสู่ถังตกตะกอนด้วยอัตราการสูบน้ำ 2.4 ลูกบาศก์เมตร/วินาที คิดเป็นอัตราผิวน้ำล้นเป็น 3.22 เมตร/ชั่วโมง
3. เติมสารส้มที่อัตราการเติม 263 ลิตร/ชั่วโมง คิดเป็นสัดส่วนปริมาณสารส้มต่อปริมาณน้ำดิบ 20 มิลลิกรัม/ลิตร
4. วัดค่าความขุ่นน้ำหลังการตกตะกอน
5. วัดความเข้มข้นชั้นตะกอน ชั้น B, M และ T

6. คำนวณ ค่าประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น คือ อัตราส่วนระหว่างค่าความขุ่นที่ถังตกตะกอนสามารถกำจัดออกไปต่อค่าความขุ่นน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบ ดังสมการ (1)

$$\eta = \frac{T_{RW} - T_{CW}}{T_{RW}} \times 100\ \% \qquad (1)$$

โดยที่ $\eta$ คือ ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น (%)
$T_{RW}$ คือ ความขุ่นน้ำดิบ (NTU)
$T_{CW}$ คือ ความขุ่นน้ำหลังตกตะกอน (NTU)

***ตารางที่ 1*** ดัชนีคุณภาพน้ำดิบ

| *ดัชนีคุณภาพน้ำดิบ* | ช่วงใช้งาน |
|---|---|
| ความขุ่น (NTU) | 25-35 |
| pH | 7.9-8.2 |
| อุณหภูมิ ($^{o}$C) | 26-28 |
| Total Organic Carbon (mg/l) | 1.8-2.0 |
| Alkalinity (mg/l) | 90-110 |

**ผลการวิจัย**

ผลการศึกษาเวลาเพิ่มระดับน้ำและเวลาลดระดับน้ำในหอสุญญากาศต่อการกำจัดความขุ่นพบว่า กรณีเวลาเพิ่มระดับน้ำ 40 วินาที และเวลาลดระดับน้ำ 10, 12 และ 14 วินาที ถังตกตะกอนจะมีค่าประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น(%) เท่ากับ 86.31±1.22, 87.71±1.11 และ 87.79±0.89 ตามลำดับ ส่วนกรณีเวลาเพิ่มระดับน้ำ 50 วินาที และเวลาลดระดับน้ำ 10, 12 และ 14 วินาที ถังตกตะกอนจะมีค่าประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น(%) เท่ากับ 90.16±0.63, 90.61±0.89 และ 88.14±0.73 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2 ดำเนินการวิเคราะห์ผลของตัวแปรต้นต่อตัวแปรตามด้วย ANOVA ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า เวลาเพิ่มระดับน้ำ เวลาลดระดับน้ำและผลร่วมระหว่างเวลาเพิ่มระดับน้ำและเวลาลดระดับน้ำ ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95%

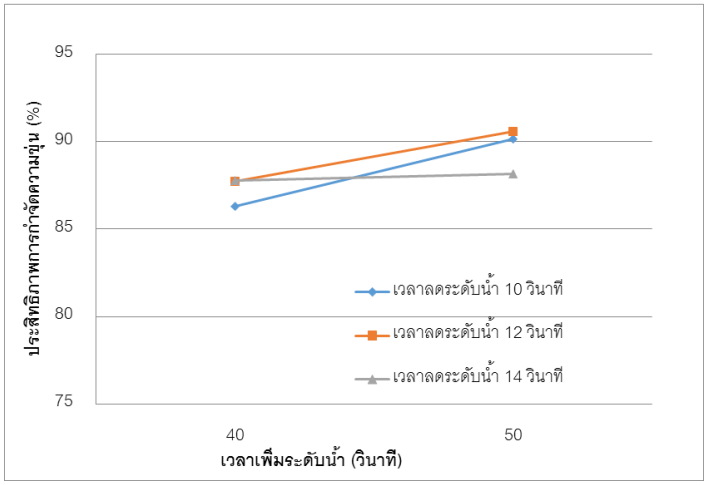
***ตารางที่ 2*** ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของถังตกตะกอน(%) ที่เวลาเพิ่มและลดระดับน้ำค่าต่าง ๆ

| *เวลาลดระดับน้ำ* | เวลาเพิ่มระดับน้ำ (วินาที) | |
|---|---|---|
| *(วินาที)* | 40 | 50 |
| 10 | 86.31±1.22 | 90.16±0.63 |
| 12 | 87.71±1.11 | 90.61±0.89 |
| 14 | 87.79±0.89 | 88.14±0.73 |

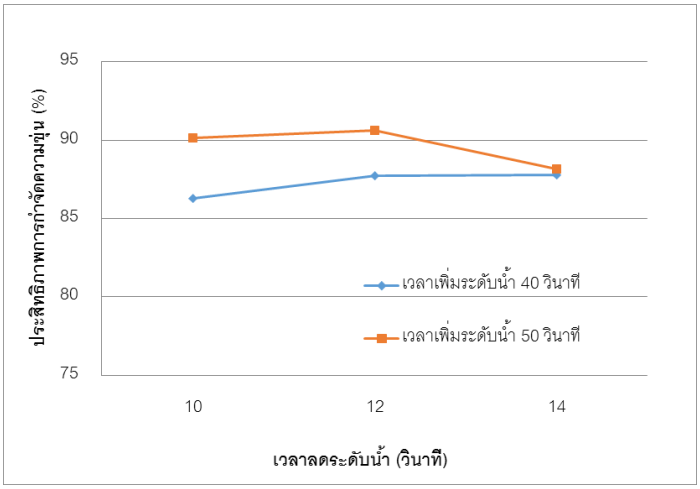
จากการทดลองจะพบว่า เมื่อเวลาเพิ่มระดับน้ำเพิ่มขึ้นจาก 40 เป็น 50 วินาที จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเพิ่มสูงขึ้น ทั้งในกรณีเวลาลดระดับน้ำ 10 และ 12 วินาที ยกเว้น กรณีเวลาลดระดับน้ำ 14 วินาที ผลปรากฏว่าประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเพิ่มสูงขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับกรณีเวลาลดระดับน้ำ 10 และ 12 วินาทีดังแสดงในภาพที่ 2 เมื่อเวลาลดระดับน้ำเพิ่มขึ้นจาก 10 เป็น 12 วินาที พบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นจะเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเวลาลดระดับเพิ่มขึ้นเป็นจาก 12 เป็น 14 วินาทีพบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกลับมีค่าลดน้อยลง ทั้งในกรณีเวลาเพิ่มระดับน้ำ 40 และ 50 วินาที ดังแสดงในภาพที่ 3

***ตารางที่ 3*** การวิเคราะห์ผลของเวลาเพิ่มและลดระดับน้ำต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นด้วย ANOVA

| *ตัวแปร* | p-value |
|---|---|
| เวลาเพิ่มระดับน้ำ | 0.000 |
| เวลาลดระดับน้ำ | 0.022 |
| ผลร่วมของเวลาเพิ่มและลดระดับน้ำ (Interaction) | 0.001 |




***ภาพที่ 2*** ผลของเวลาเพิ่มระดับน้ำต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น




***ภาพที่ 3*** ผลของเวลาลดระดับน้ำต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น

## วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการทดลองจะพบว่า เวลาเพิ่มระดับน้ำ เวลาลดระดับน้ำและผลร่วมของทั้ง 2 ตัวแปรส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาร่วมกับความเข้มข้นของชั้นตะกอนชั้น B, M และ T ดังแสดงในตารางที่ 3 จะพบว่า เวลาลดระดับน้ำ 12 วินาทีจะส่งผลให้ความเข้มข้นของชั้นตะกอนมีความเป็นเนื้อเดียวกันมากที่สุด และมีค่าพิสัยของความเข้มข้นชั้นตะกอนต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับเวลาลดระดับน้ำ 10 และ 14 วินาที ส่วนเวลาเพิ่มระดับน้ำที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ความเข้มข้นของชั้นตะกอนเพิ่มสูงขึ้น ยกเว้นเวลาลดระดับน้ำ 15 วินาที

***ตารางที่ 3*** ค่าความเข้มข้นของชั้นตะกอน (%) ชั้น B, M และ T

| *เวลาลดระดับน้ำ (วินาที)* | ชั้นตะกอน | เวลาเพิ่มระดับน้ำ (วินาที) | |
|---|---|---|---|
| | | 40 | 50 |
| 10 | B | 12.2 | 11.8 |
| | M | 11.4 | 11.8 |
| | T | 11.2 | 11.4 |
| | ค่าเฉลี่ย | 11.6 | 11.7 |
| | ค่าพิสัย | 1.0 | 0.4 |
| 12 | B | 12.8 | 12.8 |
| | M | 12.8 | 12.8 |
| | T | 12.0 | 12.4 |
| | ค่าเฉลี่ย | 12.5 | 12.7 |
| | ค่าพิสัย | 0.8 | 0.4 |
| 14 | B | 13.0 | 13.2 |
| | M | 12.4 | 12.0 |
| | T | 12.0 | 12.0 |
| | ค่าเฉลี่ย | 12.5 | 12.4 |
| | ค่าพิสัย | 1.0 | 1.2 |

*หมายเหตุ* : จุดวัดความเข้มข้นชั้นตะกอน

- B คือ ระดับความลึก 1.44 เมตรจากผิวน้ำ
- M คือ ระดับความลึก 0.9 เมตรจากผิวน้ำ
- T คือ ระดับความลึก 0.48 เมตรจากผิวน้ำ
- ค่าเฉลี่ย คือ ค่าความเข้มข้นชั้นตะกอนเฉลี่ยของชั้น B, M และ T
- ค่าพิสัย คือ ค่าความแตกต่างของความเข้มข้นชั้นตะกอนระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด

เวลาลดระดับน้ำจะส่งผลให้ เกิดแรงกระแทกในหอสุญญากาศ ทำให้ตะกอนเกิดการจับตัวกันเป็นชั้นตะกอนขึ้น เวลาลดระดับน้ำที่น้อยเกินไปจะทำให้เกิดแรงกระแทกของน้ำในหอสุญญากาศมากเกินไป ทำให้ความเข้มข้นของตะกอนแต่ละชั้นมีความแตกต่างกันและมีความเข้มข้นของชั้นตะกอนเฉลี่ยน้อยที่สุด ส่วนเวลาลดระดับน้ำที่มากเกินไป จะส่งผลให้แรงกระแทกของน้ำในหอสุญญากาศน้อยเกินไปทำให้ตะกอนรวมตัวอยู่ชั้น B เป็นส่วนใหญ่ ไม่สามารถสร้างชั้นตะกอนชั้น M และ T ให้มีความเป็นเนื้อเดียวกันได้ เวลาเพิ่มระดับน้ำจะส่งผลด้านการรักษาชั้นตะกอนให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสม เวลาเพิ่มระดับน้ำ

ที่น้อยจะส่งผลให้ความเข้มข้นของชั้นตะกอนลดน้อยลง เวลาเพิ่มระดับน้ำที่มากจะทำให้ชั้นตะกอนสามารถสร้างและรักษาชั้นตะกอนได้ดี แต่การปรับเวลาเพิ่มระดับน้ำจะได้รับอิทธิพลจากเวลาลดระดับน้ำด้วย เวลาลดระดับน้ำที่น้อย จะมีแรงกระแทกน้ำที่น้อย ทำให้ไม่สามารถสร้างชั้นตะกอนได้เช่นกัน(Intrto, 2005; Hurst *et al*., 2010) เมื่อพิจารณาเวลาเพิ่มระดับน้ำ 50 วินาทีและเวลาลดระดับน้ำ 10-12 วินาที ซึ่งมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงที่สุด โดยมีค่าไม่น้อยกว่า 90% พบว่าจะมีค่าพิสัยของความเข้มข้นชั้นตะกอนน้อยที่สุด เท่ากับ 0.4 แสดงให้เห็นว่าการปรับตั้งถังตกตะกอนชนิดชั้นตะกอนที่ดี จะส่งผลให้ชั้นตะกอนแต่ละชั้นมีความเป็นเนื้อเดียวกันมากที่สุด มีความแตกต่างของความเข้มข้นชั้นตะกอนแต่ละชั้นน้อยที่สุด และจะส่งผลให้มีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ดี

## สรุปผลการวิจัย

ถังตกตะกอนชนิดชั้นตะกอน เป็นเครื่องจักรสำหรับลดความขุ่นของน้ำในกระบวนผลิตน้ำประปา โดยอาศัยการควบคุมความเร็วเกรเดียนต์ ด้วยการปรับเวลาเพิ่มระดับน้ำและเวลาลดระดับน้ำในหอสุญญากาศ เพื่อควบคุมความแรงการกระแทกน้ำให้เหมาะสม ผลการทดลองพบว่า เวลาเพิ่มระดับน้ำ เวลาลดระดับน้ำและผลร่วมของเวลาเพิ่มและลดระดับน้ำส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นอย่างมีนัยสำคัญ เวลาลดระดับน้ำจะส่งผลให้เกิดแรงกระแทกของน้ำในหอสุญญากาศ แรงกระแทกที่มากหรือน้อยเกินไปจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นลดลง เวลาเพิ่มระดับน้ำที่เพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลให้ความแตกต่างของความเข้มข้นของชั้นตะกอนแต่ละชั้นลดลง และส่งผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเพิ่มสูงขึ้น

จากการทดลองได้สรุปได้ว่า การปรับเวลาเพิ่มระดับน้ำและเวลาลดระดับน้ำที่มีความเหมาะสมจะส่งผลให้ความเข้มข้นของชั้นตะกอนแต่ละชั้นมีค่าแตกต่างน้อยที่สุด และจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเพิ่มสูงขึ้นด้วย ในการทดลองนี้ เวลาเพิ่มระดับน้ำ 50 วินาทีและเวลาลดระดับน้ำ 10-12 วินาที จะให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงที่สุดประมาณ 90%

## เอกสารอ้างอิง

Al-Dawery, S. K., Hussain, R. M. & Shibeeb, K. M. (2007). Performance of pulsator clarifier (low turbidity). *Iraqi Journal of Chemical and and Petroleum Engineering, 18*, 9-17.

American Water Work Authority(AWWA) & American Society of Civil Engineer(ASCE). (1990). *Water Treatment Plant Design. 4th ed.* New York: McGraw Hill.

Chomsuwan, C. (2009). *Improvement turbidity removal efficiency of clarifier in water treatment.* M.E.dissertation(Industrial Engineering). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)

Degremont, G. (1990). *Water Treatment Handbook. Vol.2.* Paris: Lavoisier Publishing.

Dorea, C.C. (2009). Coagulant-based emergency water treatment. *Desalination, 248*, 83-90.

Eardprapan, S. (2002). *Investigation of Operating Criteria and Efficiency of Sludge Blanket Clarifier at Pangpuay Water Treatment Plant, Ratchaburi province.* M.E.dissertation(Environmental Engineering). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)

Hurst, M., Weber-Shirk, M. & Lion, L. W. (2010). Parameter affecting steady-state floc blanket performance. Iraqi Journal of Water Supply: *Research and Technology-AQUA*, *59.5*, 312-323.

Intrto, S. (2005). *Effect of pulsation rate, surface overflow rate and suction height on turbidity removal efficiency of pulsator clarifier.* M.Sc.dissertation(Environmental Technology). Nakorn Pathom: Mahidol University. (in Thai)

Panatampon, R. (1997). *The Feasibility Study on High Turbidity and Poorly Settleable Raw Water for Water Supply Production by Coagulation*. M.E.dissertation(Civil Engineering). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)

Tantipalakul, Y., Palawatwichai, K., Detchakan, T. & Khaisan, J. (2018). The study of optimal coagulants for water treatment process of Metropolian Waterworks Authority. *Burapha Science Journal, 23(1)*, 207-220.

Twort, A. C., Ratnayaka, D. D. & Brandt, M. J. (2006). *Water Supply. 5th ed.* Oxford: Butterworth-Heinamann.

Wangpaisarn, T. (2003). *Water Supply Engineering. 2nd ed.* Bangkok: Chulalongkorn University press. (in Thai)