

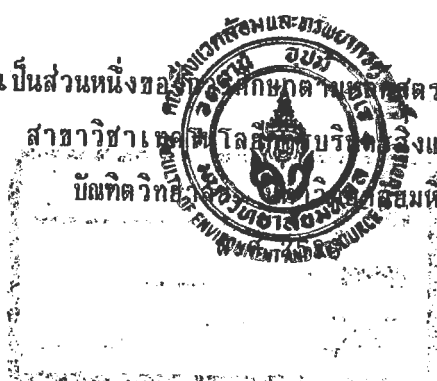


ประสิทธิภาพของกระบวนการรวมตะกอนในท่อพีวีซีและท่อเหล็กอาบสังกะสี
THE EFFICIENCY OF COAGULATION IN POLYVINYL CHLORIDE PIPE
AND GALVANIZED STEEL PIPE



อภิรักษ์พานิช
รองศาสตราจารย์
ห้องสมุดคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยที่สนับสนุนโดย
สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล



๖๗
๓๑๒๒๖
๕๕๓๖
๗.๘

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ประสิทธิภาพของกระบวนการรวมตะกอนในท่อพีวีซีและท่อเหล็กอาบสังกะสี

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ประสิทธิภาพของกระบวนการรวมตะกอนในท่อพีวีซีและท่อเหล็กอาบสังกะสี

ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม

วันที่ 27 พฤษภาคม 2536



.....
คณา จงจรรณ
ผู้วิจัย



.....
เทพนม เมืองแมน, B.A., M.D., M.P.H.,
Dr.P.H.

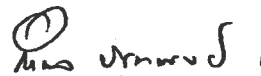
ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



.....
ธนากร อ้วนอ่อน, D. Engr.
กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



.....
บุญส่ง ไช้เกษ, วท.บ. (เกียรตินิยม), วศ.ม.
M.P.H., Doctorat de Génie Chimique
กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



.....
กำพล นันทพงษ์, วท.บ. (สุชาภิบาล)
วท.ม. (เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม)
กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



.....
เทพนม เมืองแมน, B.A., M.D., M.P.H.,
Dr.P.H.



คณา จงจรรณ
มหาวิทยาลัยมหิดล


(ต้นฉบับ ๒๓๓๖)

.....
มนตรี จุลสมัย, พ.บ., Ph.D.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยมหิดล

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ

นางสาวคนธา จงวารรณ

วัน เดือน ปี เกิด

18 ตุลาคม พ.ศ.2509

สถานที่เกิด

จังหวัดนครปฐม ประเทศไทย

ประวัติการศึกษา

มหาวิทยาลัยมหิดล, พ.ศ. 2526-2529:

วิทยาศาสตรบัณฑิต(สาธารณสุขศาสตร์)

มหาวิทยาลัยมหิดล, พ.ศ. 2530-2536:

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต(เทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม)

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

พ.ศ.2532-2535 สำนักงานเขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร

พ.ศ.2535-ปัจจุบัน กองควบคุมน้ำเสีย สำนักงานระบายน้ำ

กรุงเทพมหานคร

ตำแหน่ง : นักวิชาการสุขาภิบาล 4



กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์นี้ผู้วิจัยได้รับความร่วมมือจากบุคคลและหน่วยงานต่างๆทำให้สามารถทำงานสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ดร.ชนากร อ้วนอ่อน ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และ
ดร.บุญส่ง ไช้เกษ กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูง ที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือตลอด
การทำวิจัยขอขอบคุณคุณคุณเจริญ วีระอาชากุล หัวหน้างานตรวจสอบ กองควบคุมน้ำเสีย สำนักงานการ
ระบายน้ำ คุณชัชชาติ ยภาพลาณกุล โรงกรองน้ำชนบุรี การประปานครหลวง อาจารย์กำพล
นันทพงษ์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์และคุณอดิศักดิ์ รุจิสารกร ฝาวิเคราะห้เชื้อเพลิง กองเชื้อเพลิง
กรมทรัพยากรธรณีที่ดูแลช่วยเหลือพร้อมสนับสนุนผู้วิจัยมาตลอด ขอขอบคุณคุณประโชติ กราบกราน
ที่ช่วยเหลือจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสมบูรณ์ และวิทยานิพนธ์นี้ยังได้รับความร่วมมืออย่างดี
จากพนักงานของโรงกรองน้ำชนบุรี การประปานครหลวง เพื่อนผู้ท้าวหาญ ET14 และผู้ร่วมงาน
ตรวจสอบทุกท่าน

ขอขอบคุณคุณแม่ ทุกคนในครอบครัวและนพ. เอกสิทธิ์ วงศ์ศิริกุล ซึ่งเป็นกำลังใจและ
ให้การสนับสนุนมาโดยตลอด

คนสา จงวารรณ

ชื่อวิทยานิพนธ์ ประสิทธิภาพของกระบวนการรวมตะกอนในท่อพีวีซีและท่อเหล็กอาบสังกะสี

ผู้วิจัย ดนยา จงยาวรรณ

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม)

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

ศนากร อ้วนอ่อน, D.Engr.

บุญส่ง ไข่มุข, Doctorat de Génie Chimique

วันที่สำเร็จการศึกษา 27 พฤษภาคม พ.ศ. 2536

บทคัดย่อ

กระบวนการรวมตะกอนเป็นหน่วยที่สำคัญของการกำจัดความขุ่นในน้ำผิวดิน ประสิทธิภาพการทำงานของกระบวนการรวมตะกอนจะมีผลกระทบต่อกระบวนการตกตะกอนและการกรองในระบบผลิตน้ำประปาผิวดิน

การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลของเกรเดียนต์ความเร็วและเวลากักน้ำที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นในน้ำผิวดินด้วยการรวมตะกอนในท่อพีวีซีและท่อเหล็กอาบสังกะสี และเนื่องจากการศึกษาในห้องปฏิบัติการจึงศึกษาถึงความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคในการกำจัดความขุ่นของน้ำผิวดินด้วยกระบวนการรวมตะกอนในท่อ พารามิเตอร์ควบคุมการรวมตะกอนในท่อที่ทำการศึกษาคือ เกรเดียนต์ความเร็ว (G) และเวลากักน้ำ (t) โดยในท่อพีวีซีแปรค่า G จาก 12 ถึง 420 วินาที⁻¹ และแปรค่า t จาก 3.98 ถึง 612.81 วินาที ในท่อเหล็กอาบสังกะสีแปรค่า G จาก 26 ถึง 550 วินาที⁻¹ และแปรค่า t จาก 3.71 ถึง 285.71 วินาที



ผลการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเนื่องจากการกระบวนรวมตะกอนในท่อ ขึ้นกับค่า G และ t ค่า G ของท่อพีวีซีที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงสุด (G') คือ 130 วินาที⁻¹ ที่เวลากักน้ำ (t') 102.33 วินาที ค่า G ของท่อเหล็กอาบสังกะสีที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงสุด (G') คือ 340 วินาที⁻¹ ที่เวลากักน้ำ (t') 5.19 วินาที โดยให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่า 80% นอกจากนี้ผลการศึกษายังแสดงว่ากระบวนการรวมตะกอนในท่อสามารถกำจัดความขุ่นให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับการกรอง เมื่อความขุ่นของกระแสเข้ากระบวนการรวมตะกอนในท่อต่ำกว่าหรือเท่ากับ 50 NTU

นอกจากนี้ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าการรวมตะกอนในท่อพีวีซีมีความปั่นป่วนในน้ำต่ำกว่าในท่อเหล็กอาบสังกะสี ทั้งนี้เนื่องจากผิวภายในท่อเหล็กอาบสังกะสีมีความขรุขระมากกว่า และเวลากักน้ำในท่อพีวีซีสูงกว่าในท่อเหล็กอาบสังกะสี 19.72 เท่า ขณะที่ราคาท่อพีวีซีต่ำกว่าท่อ 2.74 เท่า แต่ท่อเหล็กอาบสังกะสีมีข้อเสียที่ผุกร่อนง่าย

Thesis Title The Efficiency of Coagulation in Polyvinyl Chloride
pipe and Galvanized Steel pipe

Name Danaya Jayawan

Degree Master of Science (Technology of Environmental
Management)

Thesis Supervisory Committee

Thanakorn Uan-on, D.Engr.

Boonsong Kaigate, Doctorat de Génie Chimique

Date of Graduation 27 May B.E.2536(1993)

ABSTRACT

Coagulation is the important step for removal of turbidity in surface water. Effective operation of the coagulation considerably affects sedimentation and filtration in surface water supply system.

This research was intended to study the effects of velocity gradient and detention time on the coagulation in polyvinyl chloride pipe and galvanized steel pipe and feasibility study in technic for coagulation in pipe. The parameters under study were velocity gradient(G) and detention time(t).

The experiment were conducted on a lab-scale unit which made

of polyvinyl chloride pipe and galvanized steel pipe. The range of G in polyvinyl chloride pipe varied from 12 to 420 sec^{-1} and t varied from 3.98 to 612.81 sec. The range of G in galvanized steel pipe varied from 26 to 550 sec^{-1} and t varied from 3.71 to 285.71 sec.

The experimental results revealed that the efficiency of turbidity removal depended on G and t . Coagulation in polyvinyl chloride pipe, the velocity gradient which gave the maximum efficiency for turbidity removal(G') was 130 sec^{-1} at t 102.33 sec. In galvanized steel pipe, the velocity gradient which gave the maximum efficiency for turbidity removal(G') was 340 sec^{-1} at t 5.19 sec. Over 80 percent of turbidity was removed at that G and t .

Moreover, the results showed that coagulation in pipe could remove turbidity down to the acceptable level for filtration when raw turbid water was not over than 50 NTU.

Finally, according to this research, coagulation in polyvinyl chloride pipe had less turbulence than coagulation in galvanized steel pipe because the inner surface of polyvinyl chloride pipe had less roughness than galvanized steel pipe and this

effected the less detention time in polyvinyl chloride pipe.

The detention time of coagulation in polyvinyl chloride pipe were 19.72 over than coagulation in galvanized steel pipe while the price of polyvinyl chloride pipe were 2.74 less than galvanized steel pipe but galvanized steel pipe is easily corroded.



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ญ
บทที่	
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 แนวความคิด ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
บทที่ 3 การดำเนินการศึกษา	31
บทที่ 4 ผลการทดลอง	45
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา วิจัย ผลการศึกษาและข้อเสนอแนะในการศึกษาเพิ่มเติม	107
บรรณานุกรม	111
ภาคผนวก ก	
ภาคผนวก ข	

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 ค่า G และ t ที่อัตราไหลและจุดเก็บตัวอย่างน้ำต่างๆสำหรับท่อพีวีซี	32
ตารางที่ 3.2 ค่า G และ t ที่อัตราไหลและจุดเก็บตัวอย่างน้ำต่างๆสำหรับท่อเหล็ก อาบสังกะสี	33
ตารางที่ 3.3 การแปรค่าเวลาที่ใช้ในการตกตะกอนและระยะห่างจากผิวน้ำในแต่ละ การทดลอง	34
ตารางที่ 4.1 แสดงค่า G และ t ของการรวมตะกอนในท่อพีวีซีที่ให้ประสิทธิภาพ การกำจัดความขุ่นเท่ากับหรือมากกว่า 80% ที่เวลาตกตะกอน 80 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำ	90
ตารางที่ 4.2 แสดงค่า G และ t ของการรวมตะกอนในท่อพีวีซีที่ให้ประสิทธิภาพ การกำจัดความขุ่นเท่ากับหรือมากกว่า 80% ที่เวลาตกตะกอน 100 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำเท่ากับ 0.05 0.10 และ 0.20 เมตร	91
ตารางที่ 4.3 แสดงค่า G และ t ของการรวมตะกอนในท่อพีวีซีที่ให้ประสิทธิภาพ การกำจัดความขุ่นเท่ากับหรือมากกว่า 80% ที่เวลาตกตะกอน 100 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำ 0.25 เมตร	93
ตารางที่ 4.4 แสดงค่า G และ t ของการรวมตะกอนในท่อพีวีซีที่ให้ประสิทธิภาพ การกำจัดความขุ่นเท่ากับหรือมากกว่า 80% ที่เวลาตกตะกอน 100 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำ 0.15 เมตร และที่เวลาตกตะกอน 120 นาที ระยะห่างจากผิวน้ำ 0.05 0.10 0.15 และ 0.20 เมตร	94
ตารางที่ 4.5 แสดงค่า G และ t ของการรวมตะกอนในท่อพีวีซีที่ให้ประสิทธิภาพ การกำจัดความขุ่นเท่ากับหรือมากกว่า 80% ที่เวลาตกตะกอน 120 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำเท่ากับ 0.25 เมตร	96

ตารางที่ 4.6	แสดงค่า G และ t ของการรวมตะกอนในท่อเหล็กอบสังกะสีที่ให้ ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับหรือมากกว่า 80% ที่เวลา ตกตะกอน 80 นาทีที่ระยะห่างจากผิวน้ำ	99
ตารางที่ 4.7	แสดงค่า G และ t ของการรวมตะกอนในท่อเหล็กอบสังกะสีที่ให้ ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับหรือมากกว่า 80% ที่เวลา ตกตะกอน 100 นาทีและที่ระยะห่างจากผิวน้ำ และที่เวลาตกตะกอน 120 นาที ระยะห่างจากผิวน้ำ 0.20 และ 0.25 เมตร	100
ตารางที่ 4.8	แสดงค่า G และ t ของการรวมตะกอนในท่อเหล็กอบสังกะสีที่ให้ การกำจัดความขุ่นเท่ากับหรือมากกว่า 80% ที่เวลาตกตะกอน 120 นาที ที่ระยะห่างจากผิวน้ำ 0.05 0.10 และ 0.15 เมตร	101
ตารางที่ 4.9	แสดงประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงสุดของกระบวนการรวมตะกอน ในท่อนิววีและท่อเหล็กอบสังกะสีที่เวลาที่ใช้ในการตกตะกอนและระยะ ห่างจากผิวน้ำต่างๆ	102
ตารางที่ 4.10	แสดงค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ ความเร็วการไหล เซดิมูเอนส์เล็ย เกรเดียนต์ความเร็วที่อัตราไหลต่างๆของท่อนิววีและท่อเหล็ก อบสังกะสี	105
ตารางที่ ๕.1	แสดงค่าผลการทดลองกำจัดความขุ่นด้วยกระบวนการรวมตะกอนในท่อ นิววีที่ Parameters ต่างๆ	5
ตารางที่ ๕.2	แสดงค่าผลการทดลองกำจัดความขุ่นด้วยกระบวนการรวมตะกอนในท่อ เหล็กอบสังกะสีที่ Parameters ต่างๆ	48
ตารางที่ ๕.3	แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ของผลการทดลองกำจัดความขุ่นด้วยกระบวนการรวม ตะกอนในท่อนิววีที่ Parameters ต่างๆ	85

ตารางที่ ข.3 แสดงค่าเฉลี่ย($\bar{X}$)ของผลการทดลองกำจัดความชื้นด้วยกระบวนการรวม
ตะกอนในท่อเหล็กอาบสังกะสีที่ Parameters ต่างๆ

100



สารบัญภาพ

		หน้า
รูปที่ 2.1ก	ถึงปฏิกรณ์ไหลตรงแบบท่อ	24
รูปที่ 2.1ข	ถึงปฏิกรณ์กวนสมบูรณ์ที่ใช้ใบพัด	25
รูปที่ 2.2	ความสัมพันธ์ระหว่าง K_{obs} และ G ของถึงปฏิกรณ์ผสมเร็วแบบต่างๆ ตามรูปที่ 2.1	25
รูปที่ 2.3	ทอสมานตะกอนวนเวียนในกระบวนการกรองโดยตรงตามการทดลองของ Sawang Notthakun	27
รูปที่ 2.4	ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดตะกอนกับ HRT และ G ของทอสมานตะกอน วนเวียน	28
รูปที่ 2.5	ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดสูงสุดของตะกอนกับ G ของทอสมานตะกอน วนเวียน	28
รูปที่ 2.6	กระบวนการรวมตะกอนโดยทั่วไป การผสมเร็วหรือการรวมตะกอนในทอ ของกระบวนการกรองโดยตรงและกระบวนการรวมตะกอนในทอของการวิจัยนี้	30
รูปที่ 3.1	แสดงกระบวนการต้นแบบ	37
รูปที่ 3.2	แสดงระบบป้อนสารเคมีเข้ากระบวนการต้นแบบ	38
รูปที่ 3.3	แสดงจุดจ่ายสารเคมีเข้าทอรวมตะกอน	39
รูปที่ 3.4	แสดงแผนผังการดำเนินการทดลอง	43
รูปที่ 4.1	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของทอพีวีซีที่เวลาตกตะกอน 80 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำ 0.05 เมตร	46
รูปที่ 4.2	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของทอพีวีซีที่เวลาตกตะกอน 80 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำ 0.10 เมตร	48
รูปที่ 4.3	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของทอพีวีซีที่เวลาตกตะกอน 80 นาที	

	และระยะห่างจากผิวน้ำ 0.15 เมตร	49
รูปที่ 4.4	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อพีวีซีที่เวลาตกตะกอน 80 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำ 0.20 เมตร	50
รูปที่ 4.5	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อพีวีซีที่เวลาตกตะกอน 80 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำ 0.25 เมตร	52
รูปที่ 4.6	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อพีวีซีที่เวลาตกตะกอน 100 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำ 0.05 เมตร	53
รูปที่ 4.7	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อพีวีซีที่เวลาตกตะกอน 100 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำ 0.10 เมตร	55
รูปที่ 4.8	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อพีวีซีที่เวลาตกตะกอน 100 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำ 0.15 เมตร	56
รูปที่ 4.9	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อพีวีซีที่เวลาตกตะกอน 100 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำ 0.20 เมตร	58
รูปที่ 4.10	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อพีวีซีที่เวลาตกตะกอน 100 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำ 0.25 เมตร	59
รูปที่ 4.11	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อพีวีซีที่เวลาตกตะกอน 120 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำ 0.05 เมตร	60
รูปที่ 4.12	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อพีวีซีที่เวลาตกตะกอน 120 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำ 0.10 เมตร	62
รูปที่ 4.13	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อพีวีซีที่เวลาตกตะกอน 120 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำ 0.15 เมตร	63
รูปที่ 4.14	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อพีวีซีที่เวลาตกตะกอน 120 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำ 0.20 เมตร	65

รูปที่ 4.15	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อพีวีซีที่เวลาตกตะกอน 120 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำ 0.25 เมตร	66
รูปที่ 4.16	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กอบสังกะสีที่เวลาตกตะกอน 80 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำ 0.05 เมตร	69
รูปที่ 4.17	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กอบสังกะสีที่เวลาตกตะกอน 80 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำ 0.10 เมตร	70
รูปที่ 4.18	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กอบสังกะสีที่เวลาตกตะกอน 80 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำ 0.15 เมตร	71
รูปที่ 4.19	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กอบสังกะสีที่เวลาตกตะกอน 80 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำ 0.20 เมตร	73
รูปที่ 4.20	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กอบสังกะสีที่เวลาตกตะกอน 80 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำ 0.25 เมตร	74
รูปที่ 4.21	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กอบสังกะสีที่เวลาตกตะกอน 100 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำ 0.05 เมตร	75
รูปที่ 4.22	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กอบสังกะสีที่เวลาตกตะกอน 100 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำ 0.10 เมตร	77
รูปที่ 4.23	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กอบสังกะสีที่เวลาตกตะกอน 100 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำ 0.15 เมตร	78
รูปที่ 4.24	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กอบสังกะสีที่เวลาตกตะกอน 100 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำ 0.20 เมตร	79
รูปที่ 4.25	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กอบสังกะสีที่เวลาตกตะกอน 100 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำ 0.25 เมตร	80
รูปที่ 4.26	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กอบสังกะสีที่เวลาตกตะกอน	

	120 นาที และระยะห่างจากผิวหน้า 0.05 เมตร	82
รูปที่ 4.27	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กอบสังกะสีที่เวลาตกตะกอน 120 นาที และระยะห่างจากผิวหน้า 0.10 เมตร	83
รูปที่ 4.28	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กอบสังกะสีที่เวลาตกตะกอน 120 นาที และระยะห่างจากผิวหน้า 0.15 เมตร	84
รูปที่ 4.29	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กอบสังกะสีที่เวลาตกตะกอน 120 นาที และระยะห่างจากผิวหน้า 0.20 เมตร	86
รูปที่ 4.30	ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กอบสังกะสีที่เวลาตกตะกอน 120 นาที และระยะห่างจากผิวหน้า 0.25 เมตร	87
รูปที่ 4.31	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า G และ t ของการรวมตะกอนในท่อพีวีซีที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับหรือมากกว่า 80% ที่เวลาตกตะกอน 100 นาทีและระยะห่างจากผิวหน้าเท่ากับ 0.05 0.10 และ 0.20 เมตร	92
รูปที่ 4.32	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า G และ t ของการรวมตะกอนในท่อพีวีซีที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับหรือมากกว่า 80% ที่เวลาตกตะกอน 100 นาทีและระยะห่างจากผิวหน้า 0.15 เมตร และที่เวลาตกตะกอน 120 นาทีระยะห่างจากผิวหน้า 0.05 0.10 0.15 และ 0.20 เมตร	95
รูปที่ 4.33	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า G และ t ของการรวมตะกอนในท่อพีวีซีที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับหรือมากกว่า 80% ที่เวลาตกตะกอน 120 นาทีและระยะห่างจากผิวหน้าเท่ากับ 0.25 เมตร	97

บทที่ 1

บทนำ

แหล่งน้ำดิบที่นำมาผลิตน้ำประปาแบ่งออกได้เป็นแหล่งน้ำใต้ดินและแหล่งน้ำผิวดิน ระบบผลิตน้ำประปาชุมชนมักจะใช้แหล่งน้ำดิบจากน้ำผิวดินทั้งนี้เนื่องจากปริมาณการใช้น้ำค่อนข้างสูง(1)

องค์ประกอบส่วนหนึ่งของระบบผลิตน้ำประปาผิวดิน มีวัตถุประสงค์ในการกำจัดความขุ่นตลอดจนมลทินแขวนลอยต่างๆ เพราะความขุ่นสามารถสะสมตกค้าง จึงเป็นปัจจัยเบื้องต้นในการตัดสินใจของผู้บริโภคว่าต้องการใช้น้ำจากแหล่งนี้หรือไม่(2) ส่วนใหญ่แล้วจะมีลำดับการทำงานเริ่มจากกระบวนการรวมตะกอน(Coagulation) การตกตะกอน(Sedimentation)และการกรองตะกอนที่ยังหลุดรอดจากการตกตะกอนอีกครั้งหนึ่ง

กระบวนการรวมตะกอนประกอบด้วยการทำงาน 2 ขั้นตอน คือขั้นผสมเร็ว(Rapid mix stage)และขั้นสมานตะกอน(Flocculation stage) ขั้นผสมเร็วทำหน้าที่ทำลายสภาวะคงตัวของคอลลอยด์(Colloid)ซึ่งเป็นสาเหตุของความขุ่นในน้ำ ขั้นสมานตะกอนทำหน้าที่สมานคอลลอยด์ที่ไม่คงตัวและอนุภาคตะกอน(Microfloc)ที่ได้จากขั้นผสมเร็ว ให้มีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะแยกออกจากน้ำด้วยกระบวนการตกตะกอนและการกรองต่อไป กระบวนการรวมตะกอนที่ใช้อยู่ทั่วไปจำแนกเป็นกระบวนการรวมตะกอนแบบพื้นฐาน(Convention coagulation process) และกระบวนการรวมตะกอนในถังตะกอนสัมผัส(Solid contact clarifier) กระบวนการรวมตะกอนแบบพื้นฐานประกอบด้วยขั้นผสมเร็วและขั้นสมานตะกอนในถังปฏิกรณ์ที่แยกออกจากกัน กระแสเข้าและออกของกระบวนการไหลในแนวระดับ อนุภาคตะกอนและตะกอนในถังปฏิกรณ์มีความเข้มข้นใกล้เคียงกันและไม่มีการหมุนเวียนตะกอน ถึงปฏิกรณ์ที่ใช้โดยทั่วไปคือถังปฏิกรณ์กวนสมบูรณ์(Complete stirred tank reactor)ซึ่งอาศัยเครื่องมือกลสำหรับสร้างความ

ปั่นป่วนในน้ำ เช่น เทอร์ไบน์ (Turbine) หรือใบพัดเรือ (Propeller) ในถังปฏิกรณ์ผสมเร็ว ใบพาย (Paddle) ในถังปฏิกรณ์สามตะกอน เป็นต้น ข้อดีของกระบวนการรวมตะกอนแบบพื้นฐาน ดังกล่าวคือสามารถแปรค่าพารามิเตอร์ควบคุมที่สำคัญคือเกรเดียนต์ความเร็ว (G) โดยแปรการทำงาน of เครื่องมือกล และสามารถควบคุมให้ชั้นผสมเร็วและชั้นสามตะกอนมีประสิทธิภาพสูงสุดในแต่ละชั้น เนื่องจากถังปฏิกรณ์แยกออกจากกัน อย่างไรก็ตามกระบวนการรวมตะกอนแบบพื้นฐานก็มีข้อด้อยที่สำคัญกล่าวคือสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายขึ้นต้น เนื่องจากถังปฏิกรณ์มีขนาดใหญ่และต้องติดตั้งเครื่องมือกล สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานโดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าไฟฟ้า และต้องใช้ผู้มีความรู้ความชำนาญสูงในการควบคุมระบบให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

กระบวนการรวมตะกอนในถังตะกอนสัมผัสเป็นกระบวนการรวมตะกอนที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้มีขนาดเล็กกลงและใช้เครื่องมือกลน้อยลงเมื่อเทียบกับกระบวนการรวมตะกอนแบบพื้นฐาน การลดขนาดถึงปฏิกรณ์กระทำโดยเพิ่มความเข้มข้นของตะกอนในชั้นสามตะกอนด้วยการหมุนเวียนตะกอนในตัว (Solid recirculation clarifier) หรือด้วยการสร้างคูลสภาพให้เกิดชั้นตะกอนในถังชั้นตะกอน (Sludge blanket clarifier) ทำให้ชั้นสามตะกอนมีขนาดเล็กกลง การใช้เครื่องมือกลให้น้อยลงกระทำโดยใช้ถังปฏิกรณ์แบบปลั๊กโฟล (Plug flow reactor) แบบท่อสำหรับชั้นผสมเร็ว อย่างไรก็ตามกระบวนการรวมตะกอนในถังตะกอนสัมผัสมีข้อด้อยที่สำคัญคือควบคุมยากและต้องใช้ผู้มีความรู้ความชำนาญควบคุม กระบวนการดังกล่าวจึงนิยมใช้เฉพาะในระบบประปาขนาดใหญ่ที่มีบุคลากรและอุปกรณ์พร้อมมูล

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่ากระบวนการรวมตะกอนโดยทั่วไป ซึ่งได้แก่กระบวนการรวมตะกอนแบบพื้นฐานและกระบวนการรวมตะกอนในถังตะกอนสัมผัส มีลักษณะร่วมที่สำคัญคือถึงปฏิกรณ์ของชั้นผสมเร็วและชั้นสามตะกอนแยกออกจากกัน ถึงปฏิกรณ์ผสมเร็วเป็นถึงปฏิกรณ์ทวนสมบูรณ์หรือถึงปฏิกรณ์ไหลตรง และถึงปฏิกรณ์ของชั้นสามตะกอนโดยทั่วไปได้แก่ถึงปฏิกรณ์แบบ

ใบพัดคววน ลักษณะเช่นนี้ทำให้เกิดข้อด้อยบางประการได้แก่ค่าใช้จ่ายสูงขึ้นต้นและขึ้นดำเนินงานสูง และต้องใช้ผู้มีความรู้ความชำนาญสูงสำหรับควบคุมให้กระบวนการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการประยุกต์กระบวนการรวมตะกอนในท่อ (Coagulation in pipe) มาใช้ในระบบผลิตน้ำประปาผิวดิน เพื่อให้ได้กระบวนการรวมตะกอนที่ประหยัด ควบคุมง่ายและมีประสิทธิภาพควร ตอบสนองเป้าหมายการผลิตน้ำประปาที่นอกจากจะต้องผลิตให้เพียงพอ กับความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและคุณภาพที่ได้มาตรฐานแล้ว ยังต้องคำนึงถึงต้นทุน การผลิตที่ควรจะต่ำสุดเท่าที่จะทำได้

1.1 วัตถุประสงค์

1.1.1 เพื่อศึกษาผลของเกรเดียนต์ความเร็วและเวลากักน้ำที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัด ความขุ่นของน้ำผิวดินด้วยการรวมตะกอนในท่อพีวีซี

1.1.2 เพื่อศึกษาผลของเกรเดียนต์ความเร็วและเวลากักน้ำที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัด ความขุ่นของน้ำผิวดินด้วยการรวมตะกอนในท่อเหล็กอาบสังกะสี

1.1.3 เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการกำจัดความขุ่นของน้ำผิวดินด้วยกระบวนการรวมตะกอนในท่อ

1.2 ขอบเขตการศึกษา

1.2.1 การศึกษากระทำโดยกระบวนการต้นแบบ

1.2.2 สารรวมตะกอนที่ใช้ในการศึกษาคือสารส้ม

1.2.3 ตัวอย่างน้ำดิบที่ใช้ในการศึกษาคือน้ำผิวดินที่เตรียมไว้สำหรับการผลิตน้ำประปาของ โรงกรองน้ำชนบุรี การประปานครหลวง ซึ่งยังมิได้ผ่านกระบวนการกำจัดความขุ่นของระบบผลิต น้ำประปา

1.2.4 ประสิทธิภาพในการกำจัดความชื้นพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นของน้ำก่อนผ่านกระบวนการต้นแบบเปรียบเทียบกับภายหลังผ่านกระบวนการต้นแบบ

1.2.5 เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาในกระบวนการต้นแบบภายในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นการพิจารณาความเป็นไปได้ในการกำจัดความชื้นของน้ำผิวดินด้วยกระบวนการรวมตะกอนในท้องจึ่งศึกษาถึงความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค



บทที่ 2

แนวความคิด ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลักษณะที่เห็นได้ชัดอย่างหนึ่งซึ่งทำให้น้ำเป็นที่น่าสนใจก็คือความขุ่นหรืออนุภาคคอลลอยด์ ถ้ากำจัดความขุ่นหรืออนุภาคคอลลอยด์ออกจากน้ำได้ ลักษณะของน้ำจะดีขึ้นมากและทำให้น้ำใช้ความขุ่นของน้ำอาจกำจัดได้ง่ายหรือยากทั้งขึ้นกับขนาดเป็นสำคัญ เช่นความขุ่นที่เกิดจากอนุภาคขนาดใหญ่ย่อมสามารถกำจัดออกจากน้ำได้ง่ายกว่าขนาดเล็กเป็นต้น ในปัจจุบันยังไม่มีข้อกำหนดขนาดที่แน่นอนของอนุภาคคอลลอยด์ ซึ่งโดยทั่วไปถือว่าอนุภาคที่มีขนาดอยู่ในช่วง 10^{-6} มิลลิเมตร จนถึง 10^{-3} มิลลิเมตรเป็นอนุภาคคอลลอยด์(2)

อนุภาคคอลลอยด์ได้รับการจำแนกออกเป็นประเภทโดยทฤษฎีที่แตกต่างกัน ทฤษฎีแรกพิจารณาจากสมบัติทางสัมพรรคภาพ(Affinity)ของคอลลอยด์ที่มีต่อน้ำ โดยแบ่งออกเป็นไฮโดรโฟบิกคอลลอยด์(Hydrophobic colloid) และไฮโดรฟิลิกคอลลอยด์(Hydrophilic colloid) ทฤษฎีหลังพิจารณาจากระดับความสามารถที่จะดำรงอยู่อย่างกระจายในน้ำ หรือระดับความคงตัว(Stable)โดยตรงโดยแบ่งออกเป็นคอลลอยด์ที่ทวนกลับ(Reversible colloid) ซึ่งเป็นคอลลอยด์ที่มีความคงตัวอยู่เสมอ และคอลลอยด์ที่ไม่ทวนกลับ(Irreversible colloid) ซึ่งเป็นคอลลอยด์ที่ไม่คงตัว นอกจากนี้ยังจำแนกคอลลอยด์ที่ไม่คงตัวหรือไม่ทวนกลับเป็น 2 ประเภทได้แก่ดิเวอร์นัล(Diuturnal)หมายถึงคอลลอยด์ที่ไม่คงตัวประเภทที่มีการรวมตัวกันอย่างช้าๆและคาดูคัส(Caducous)หมายถึงคอลลอยด์ที่ไม่คงตัวประเภทที่มีการรวมตัวกันอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปถือว่าคอลลอยด์ที่คงตัวคือดิเวอร์นัลและคอลลอยด์ที่ไม่คงตัวคือคาดูคัส(3) นั่นคือพิจารณาความคงตัวและไม่คงตัวของคอลลอยด์จากอัตราเร็วในการรวมตัวกันระหว่างอนุภาคนั้นเอง

2.1 สภาวะคงตัวของคอลลอยด์

สภาวะคงตัวของอนุภาคคอลลอยด์ที่กระจายในน้ำมีความสัมพันธ์โดยตรงกับประจุไฟฟ้าที่ผิวของอนุภาค ประจุไฟฟ้าเหล่านี้อาจเกิดจากความไม่สมบูรณ์ของหน่วยแลททิซ(Lattice unit) ของอนุภาค หรือเกิดจากไอออน(Ion)ในน้ำที่ถูกดูดซับ(Adsorp)ที่ผิวของอนุภาค หรือเกิดจากกลุ่มที่สามารถแตกตัวเป็นไอออน(Ionizable group)ของอนุภาค โดยทั่วไปชนิดและขนาดของประจุไฟฟ้าขึ้นกับปริมาณไอออนและพีเอช(pH) ของน้ำ อย่างไรก็ตามอนุภาคคอลลอยด์ที่กระจายในน้ำตามธรรมชาติมักมีประจุลบ

โดยที่ระบบคอลลอยด์ซึ่งประกอบด้วยอนุภาคของแข็งและน้ำจะมีประจุไฟฟ้ารวมกันเป็นศูนย์ ดังนั้นประจุไฟฟ้าที่ผิวของคอลลอยด์จึงถูกควบคุมโดยประจุไฟฟ้าตรงข้ามภายในน้ำเพื่อคงความเสถียรทางไฟฟ้าของระบบ ปรากฏการณ์ทำให้เกิดทฤษฎีที่ว่าประจุไฟฟ้า 2 ชั้น (Electrical-double layer) ล้อมรอบอนุภาคคอลลอยด์ ซึ่งได้แก่ชั้นตรึง(Fixed layer) และชั้นกระจาย(Diffuse layer) ชั้นตรึงประกอบด้วยประจุไฟฟ้าตรงข้ามที่เกาะติดอยู่บนผิวของอนุภาคโดยแรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิตย์ที่เกิดขึ้นระหว่างประจุไฟฟ้าของอนุภาคคอลลอยด์กับประจุไฟฟ้าตรงข้ามในน้ำและแรงแวนเดอร์วาลส์(Van der waals force) ถัดจากชั้นตรึงการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำเนื่องจากความร้อนทำให้ประจุไฟฟ้าตรงข้ามซึ่งถูกดึงดูดเข้าสู่ผิวของอนุภาคคอลลอยด์มีความหนาแน่นน้อยลงตามระยะที่ห่างจากผิว ชั้นที่ประจุไฟฟ้าตรงข้ามกระจายอยู่ในน้ำดังกล่าวนี้คือชั้นกระจาย ขนาดหรือลักษณะของชั้นกระจายขึ้นอยู่กับประจุไฟฟ้าของคอลลอยด์ ตลอดจนชนิดและปริมาณของไอออนในน้ำ

ประจุไฟฟ้าของอนุภาคคอลลอยด์ทำให้เกิดศักย์ไฟฟ้า(Electrical potential) ระหว่างผิวของอนุภาคกับน้ำที่อนุภาคกระจายอยู่ ศักย์ไฟฟ้ามีค่าสูงสุดบริเวณผิวและมีค่าลดลงตามระยะทางที่ห่างจากผิว เมื่ออนุภาคคอลลอยด์ที่มีประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันเคลื่อนที่เข้าใกล้กัน

แรงผลักเนื่องจากประจุไฟฟ้าจะเกิดขึ้นและมีความมากขึ้นตามระยะระหว่างอนุภาคที่ลดน้อยลง แรงผลักดังกล่าวนี้จะต้านทานแรงแวนเดอร์วาลส์ ซึ่งเป็นแรงดึงดูดระหว่างอนุภาคและมีความมากขึ้นเมื่อระยะระหว่างอนุภาคลดลง ดังนั้นถ้าศักย์ไฟฟ้าหรือแรงผลักมีความมากในขณะที่แรงแวนเดอร์วาลส์มีค่าน้อยเนื่องจากยังเข้าใกล้กันไม่เพียงพอ อนุภาคคอลลอยด์จะไม่สามารถสัมผัสและรวมตัวกันได้ จึงยังคงกระจายอยู่ในน้ำหรืออยู่ในสภาวะคงตัวนั่นเอง

2.2 สภาวะไม่คงตัวของคอลลอยด์

ปรากฏการณ์ที่ทำให้อนุภาคคอลลอยด์ในน้ำเปลี่ยนจากสภาวะคงตัวมาเป็นสภาวะไม่คงตัวที่มีการรวมตัวระหว่างอนุภาคเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว จำแนกออกได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่ การอัดตัวของชั้นกระจาย (Compression of Diffuse layer) การดูดติดและการสะเทินประจุไฟฟ้า (Adsorption and Charge Neutralization) การดูดติดและเชื่อมต่อนระหว่างอนุภาค (Adsorption and Interparticle bridging) และการห่อหุ้มในผลึก (Enmeshment in a particle) หรือการกวาด (Sweep mechanism)

การอัดตัวของชั้นกระจายเกิดขึ้นเมื่อประจุไฟฟ้าตรงข้ามในน้ำมีมากขึ้น ประจุไฟฟ้าตรงข้ามในชั้นกระจายจะมีปริมาณมากขึ้นด้วย ซึ่งผลให้ปริมาตรหรือความหนาของชั้นกระจายที่ทำหน้าที่สะเทินประจุไฟฟ้าของคอลลอยด์ลดลง การอัดตัวของชั้นกระจายเช่นนี้ทำให้อนุภาคคอลลอยด์มีโอกาสเข้าใกล้กันมากขึ้นจนแรงแวนเดอร์วาลส์สามารถเอาชนะแรงผลักระหว่างอนุภาคเกิดการรวมตัวระหว่างอนุภาคคอลลอยด์ในที่สุด

การดูดติดและสะเทินทางไฟฟ้าเกิดขึ้นเมื่อประจุไฟฟ้าตรงข้ามนอกเหนือจากที่มีอยู่ในชั้นตึงและชั้นกระจายถูกดูดติดที่ผิวของอนุภาคคอลลอยด์ ประจุไฟฟ้าตรงข้ามเหล่านี้จะสะเทินประจุไฟฟ้าของคอลลอยด์ทำให้ศักย์ไฟฟ้าที่ผิวลดลงจนชั้นกระจายลดลง ลักษณะเช่นนี้ทำให้แรงแวนเดอร์

วาล์วสามารถเอาชนะแรงผลักดันระหว่างอนุภาคที่อ่อนตัวลงได้ จนเกิดการรวมตัวระหว่างอนุภาคขึ้น

การดูดติดและการเชื่อมต่อระหว่างอนุภาคเริ่มจากการดูดติดด้วยบอนด์ทางเคมี (Chemical bond) ระหว่างผิวของอนุภาคคอลลอยด์กับโมเลกุลของสารโพลีเมอร์ อนุภาคคอลลอยด์เหล่านี้จะถูกเชื่อมต่อกับโมเลกุลของสารโพลีเมอร์และแยกออกจากน้ำในลักษณะที่เป็นตะกอนร่วมกับสารโพลีเมอร์ในที่สุด

การทอหุ้มในผลึกเกิดจากการตกผลึกอย่างรวดเร็วของสารประกอบเกลือของโลหะบางชนิดที่เติมลงไปใต้น้ำในปริมาณที่พอเพียงที่จะมีการตกผลึกอย่างรวดเร็ว อนุภาคคอลลอยด์อาจเป็นแกนในของผลึกดังกล่าวเพื่อทำให้ผลึกมีขนาดใหญ่ หรืออาจจับตัวรวมกับผลึก ลักษณะที่เกิดขึ้นอาจถือเป็นการเพิ่มขนาดหรือน้ำหนักให้กับอนุภาคคอลลอยด์ เป็นผลให้อนุภาคคอลลอยด์สูญเสียเสถียรภาพและสามารถตกตะกอนได้

สภาวะไม่คงตัวของอนุภาคคอลลอยด์อาจเกิดขึ้นจากปรากฏการณ์ดังกล่าวประเภทใดประเภทหนึ่งหรือหลายประเภทรวมกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งลักษณะทางเคมีกายภาพของน้ำและชนิดสารเคมีที่ใช้ การสร้างสภาวะไม่คงตัวหรือการทำลายสภาวะคงตัวของอนุภาคคอลลอยด์จากปรากฏการณ์ดังกล่าวเป็นลำดับการทำงานเริ่มแรกของกระบวนการรวมตะกอน

2.3 ทฤษฎีของชั้นผสมเร็ว

ทฤษฎีชั้นพื้นฐานของชั้นผสมเร็วคือทฤษฎีที่ว่าด้วยสภาวะคงตัวและไม่คงตัวของอนุภาคคอลลอยด์และกลไกทำลายสภาวะคงตัวของอนุภาคคอลลอยด์ที่เกิดขึ้นในชั้นผสมเร็ว รวมถึงพารามิเตอร์ควบคุมประสิทธิภาพของชั้นผสมเร็ว

2.3.1 กลไกทำลายสภาวะคงตัวของอนุภาคคอลลอยด์

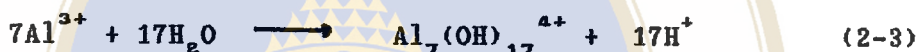
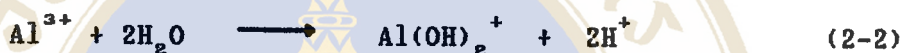
กลไกทำลายสภาวะคงตัวของอนุภาคคอลลอยด์ที่เกิดขึ้นในชั้นผสมเร็วขึ้นกับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ธรรมชาติและความเข้มข้นของอนุภาคคอลลอยด์ ลักษณะเคมีของน้ำดิบโดยเฉพาะอย่างยิ่งคือพีเอช ชนิดและปริมาณสารรวมตะกอน ตลอดจนระดับความปั่นป่วนของน้ำ ปัจจัยดังกล่าวมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันอย่างแนบแน่นในกลไกทำลายสภาวะคงตัวของอนุภาคคอลลอยด์ที่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตามอาจพิจารณาได้ว่าชนิดของสารรวมตะกอนเป็นปัจจัยพื้นฐานที่กำหนดประเภทของกลไกในชั้นผสมเร็ว

สารรวมตะกอนที่ใช้ในกระบวนการรวมตะกอน จำแนกออกเป็นเกลือของโลหะและสารโพลีเมอร์ ชนิดสารรวมตะกอนดังกล่าวมานี้มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับประเภทของกลไกที่เกิดขึ้น กล่าวคือสารรวมตะกอนที่เป็นเกลือของโลหะอาจเกิดกลไกแบบกวาด (Sweep mechanism) หรือกลไกดูดติดและสะเทินทางไฟฟ้า (Adsorption and Charge Neutralization mechanism) ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณสารรวมตะกอนที่ใช้ ความเข้มข้นของอนุภาคคอลลอยด์ ลักษณะทางเคมีของน้ำคือพีเอชและปริมาณไอออนในน้ำ และระดับความปั่นป่วนของน้ำซึ่งมีความสัมพันธ์กับเวลาผสม (Mixing time) ในขณะที่สารรวมตะกอนที่เป็นสารโพลีเมอร์จะทำให้เกิดกลไกแบบดูดติดและเชื่อมต่อน้ำ (Adsorption and Bridging mechanism) ทั้งนี้ในกรณีของสารโพลีเมอร์ประจุบวกจะเกิดกลไกดังกล่าวรวมทั้งการสะเทินทางไฟฟ้าอีกด้วย

สารรวมตะกอนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือสารส้ม ดังนั้นจะกล่าวถึงกลไกการทำลายสภาวะคงตัวของอนุภาคคอลลอยด์ด้วยเกลือของโลหะคือสารส้ม ได้แก่กลไกแบบดูดติดผิวและสะเทินทางไฟฟ้าและกลไกแบบกวาด

2.3.1.1 กลไกแบบดูดติดและสะท้อนทางไฟฟ้า

เมื่อเติมสารส้มลงในน้ำ อลูมิเนียมไฮดรอกไซด์จาก $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ จะถูกล้อมรอบด้วยโมเลกุลของน้ำได้ $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ หรือ Al^{3+} ไฮโดรไลซิส(Hydrolysis)ของ Al^{3+} จะเกิดขึ้นทันที โดยไลแกนด์(Ligand)ชนิดต่างๆที่มีอยู่ในน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่ง OH^- จะเข้าแทนที่โมเลกุลของน้ำ เกิดเป็นสารคอมเพล็กซ์(Complex)ระหว่างอลูมิเนียมกับไฮดรอกไซด์ไอออน(3,4,5)ดังสมการต่อไปนี้(6)



ในกรณีที่ความเข้มข้นของสารส้มสูงกว่าความเข้มข้นที่จุดอิ่มตัว(Saturation point) ไฮโดรไลซิสจะดำเนินต่อไปจนได้ผลของปฏิกิริยา(Product)สุดท้ายเป็นผลึก $\text{Al}(\text{OH})_3$



กลไกดูดติดและสะท้อนทางไฟฟ้าเกิดจากสารคอมเพล็กซ์ประจุบวก โดยเริ่มจากการดูดติดระหว่างสารดังกล่าวกับผิวของอนุภาคคอลลอยด์ด้วยโควาเลนต์บอนด์(Covalent bond) จากนั้นประจุบวกของสารคอมเพล็กซ์จะสะท้อนประจุลบของอนุภาคคอลลอยด์ ทำให้แรงผลักระหว่างอนุภาคลดลงจนแรงแวนเดอร์วาลส์มีค่ามากกว่าและเกิดการรวมตัวระหว่างอนุภาคคอลลอยด์ขึ้น(4)

อนึ่งในกลไกประเภทนี้ปริมาณสารรวมตะกอนมีความสัมพันธ์เป็นสโตอิชิโอเมตริก(Stoichiometric)กับความเข้มข้นของอนุภาคคอลลอยด์(4) นอกจากนี้ปริมาณสารรวมตะกอนพีเอช ความเข้มข้นของอนุภาคคอลลอยด์และระดับความปั่นป่วนของน้ำยังมีอิทธิพลต่อกลไกโดยตรง กล่าวคือปริมาณสารรวมตะกอนและพีเอชกำหนดชนิดและปริมาณของสารคอมเพล็กซ์(3,4) ในขณะที่

ความเข้มข้นของอนุภาคคอลลอยด์และระดับความปั่นป่วนของน้ำกำหนดโอกาสที่สารคอมเพล็กซ์จะทำปฏิกิริยากับอนุภาคคอลลอยด์

2.3.1.2 กลไกแบบกวาด

เมื่อเติมสารส้มลงในน้ำจะมีความเข้มข้นมากกว่าความเข้มข้นที่จุดอิ่มตัว ไฮโดรลิซิสจะเริ่มจาก Al^{3+} จนได้ $Al(OH)_3(s)$ ดังแสดงในสมการ (2-4) กลไกแบบกวาดจะเกิดโดยผลึก $Al(OH)_3$ ห่อหุ้มอนุภาคคอลลอยด์ซึ่งทำหน้าที่เป็นแกนการตกผลึก ตลอดจนกวาดอนุภาคคอลลอยด์ที่ยังกระจายอยู่ในน้ำให้อยู่ในกลุ่มผลึก โดยลักษณะนี้อนุภาคคอลลอยด์จะถูกกำจัดออกจากน้ำพร้อมกับผลึกที่รวมตัวกันเป็นตะกอนขนาดใหญ่ในชั้นสมานตะกอนและถูกแยกออกจากน้ำโดยการตกตะกอน

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกลไกแบบกวาดอย่างเด่นชัดคือปริมาณสารรวมตะกอนและความเข้มข้นของอนุภาคคอลลอยด์ กล่าวคือการตกผลึกจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วมากถ้าระดับเกินการอิ่มตัว (Extent of oversaturation) ของผลึกที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 100 ระดับดังกล่าวนี้แปรตามปริมาณสารรวมตะกอน นอกจากนี้อัตราการตกผลึกยังขึ้นกับความเข้มข้นของอนุภาคคอลลอยด์ซึ่งมีหน้าที่เป็นแกนในการตกผลึก อนึ่งในกลไกประเภทนี้ปริมาณสารรวมตะกอนไม่มีความสัมพันธ์เป็นสโตอิชิโอเมตริกกับความเข้มข้นของคอลลอยด์ (3, 4, 5)

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่ากลไกการทำลายสภาวะคงตัวของอนุภาคคอลลอยด์ในขั้นผสมเร็วทั้งสองประเภท มีความแตกต่างกันโดยพื้นฐานหลายประการ อย่างไรก็ตามลักษณะรวมกันที่เด่นชัดประการหนึ่งคือผลของปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส ซึ่งทำหน้าที่ทำลายสภาวะคงตัวของอนุภาคคอลลอยด์เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วมาก กล่าวคือ ในกรณีของกลไกแบบคอลลอยด์และสะเทินทางไฟฟ้า สารคอมเพล็กซ์จะเกิดขึ้นภายใน 10^{-10} ถึง 1 วินาที และการดูดซับระหว่างสารคอมเพล็กซ์กับผิวของคอลลอยด์จะเกิดขึ้นภายใน 10^{-4} วินาที (3, 9) ในกรณีของกลไกแบบกวาดผลึกที่ได้จาก

ไฮดรอลิกของสารรวมตะกอนจะเกิดขึ้นภายใน 1 ถึง 7 วินาที(3,10) ดังนั้นจึงต้องสร้างความปั่นป่วนของน้ำในชั้นผสมเร็วให้เกิดขึ้นอย่างรุนแรง ทั้งนี้เพื่อให้ผลของปฏิกิริยาไฮดรอลิกดังกล่าวสามารถสัมผัสและทำลายสภาวะคงตัวของอนุภาคคอลลอยด์ได้ทันทั่วทั้ง โดยอาจใช้วิธีการอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น กวนด้วยเครื่องมือกล(Mechanism mixer)ทำให้เกิดไฮดรอลิกจัมป์ (Hydraulic jump) ให้น้ำไหลผ่านคิฟิวเซอร์(Diffuser)ที่มีแผ่นเจาะรู(Orifice) ซึ่งเป็นตำแหน่งป้อนสารรวมตะกอน หรือใช้เครื่องปั่นตัดในเส้นท่อ(In-line blender) ซึ่งเป็นวิธีทำให้เกิดความปั่นป่วนของน้ำอย่างรุนแรงมาก เหมาะสำหรับกลไกคอลลอยด์และสะเทินทางไฟฟ้าโดยตรง

2.3.2 พารามิเตอร์ควบคุมชั้นผสมเร็ว

โดยที่ลักษณะการทำงานของชั้นผสมเร็วคือ การสร้างความปั่นป่วนให้เกิดขึ้นในน้ำอย่างรุนแรงในขณะที่เติมสารรวมตะกอนเพื่อทำลายสภาวะคงตัวของอนุภาคคอลลอยด์ ดังนั้น ระดับความปั่นป่วนและเวลาผสม(Mixing time)ซึ่งเป็นเวลาที่น้ำอยู่ภายใต้ความปั่นป่วน เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลหรือควบคุมการทำงานของชั้นผสมเร็ว พารามิเตอร์ที่นิยมใช้เป็นดัชนีบอกระดับความปั่นป่วนของน้ำในกระบวนการรวมตะกอนคือเกรเดียนต์ความเร็ว(Velocity of gradient,G) Camp & Stein(11)ได้ให้นิยามและเสนอสมการคำนวณค่า G (วินาที⁻¹)ดังต่อไปนี้

$$G = (P/Vu)^{1/2} \quad (2-5)$$

โดย P คือกำลังงานที่เข้าสู่เนื้อของเหลว

V คือปริมาตรของของเหลว

u คือความหนืดพลศาสตร์ของของเหลว(Dynamic viscosity)

สำหรับพารามิเตอร์เวลาผสมหรือ t เป็นที่น่าสังเกตว่าการพิจารณาที่มีทฤษฎีที่แตกต่างกันไปโดยทฤษฎีแรกพิจารณาจากเวลาที่เกิดกลไก ทฤษฎีที่สองพิจารณาครอบคลุมไป

ถึงผลกระทบที่มีต่อชั้นสมานตะกอน โดยในทฤษฎีแรก Hudson & Wolfer (12) Vrale & Jorden (13) และ Kawamura (14) เสนอว่า t ที่เหมาะสมควรมีค่าน้อยกว่า 1 นาทีทั้งนี้พิจารณาจากเวลาของการเกิดสารคอมเพลกซ์ในกลไกดูดติดและสะเทินทางไฟฟ้าซึ่งเกิดขึ้นภายใน 10^{-10} ถึง 1 วินาที สำหรับอีกทฤษฎีหนึ่ง Camp (15) ทำการทดลองและเสนอว่าค่า t ที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 2 ถึง 2.5 นาที ทั้งนี้เพื่อให้ได้ความเข้มข้นเชิงปริมาตรของตะกอนสูงสุดก่อนที่จะสมานตะกอนในชั้นสมานตะกอนต่อไป นอกจากนี้ Letterman & Quon & Gemmel (10) ทำการทดลองพบว่า t ที่เหมาะสมมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 7 นาทีและสรุปว่า t ควรมีค่าอยู่ในระดับนาทีโดยให้เหตุผลสนับสนุนว่าเวลาที่นอกเหนือจากเวลาในการเกิดสารคอมเพลกซ์และผลึกเป็นเวลาสำหรับการสมานตะกอนขั้นต้น (Initial flocculation) ซึ่งทำให้การสมานตะกอนในลำดับต่อไปคือในชั้นสมานตะกอนมีประสิทธิภาพสูงขึ้น และยังทำให้ได้ตะกอนที่จมน้ำตัวดีขึ้นอีกด้วย อย่างไรก็ตาม Brathy (16) ระบุจากผลการทดลองว่าค่า t ที่มากกว่า 2 นาทีนอกจากจะไม่เกิดผลดีต่อชั้นสมานตะกอนแล้วยังทำลายสมรรถนะของชั้นสมานตะกอนอีกด้วย ที่กล่าวมานี้เป็นทฤษฎี 2 ด้านที่แตกต่างกันไป อนึ่ง ASCE & AWWA (17) และ Ten State Standards (18) ยังได้เสนอค่า G ที่เหมาะสม ซึ่งแตกต่างจากที่กล่าวมาแล้วอีกด้วยโดยเสนอค่า t 10 ถึง 30 วินาทีตามลำดับ

โดยทั่วไปพารามิเตอร์ G และ t จะได้รับการพิจารณาควบคู่กันไปในการออกแบบและควบคุมชั้นผสมเร็ว ค่าที่นำมาใช้มักจะกำหนดจากประสบการณ์หรือเป็นค่าเชิงเอ็มไพริคัล (Empirical value) และขึ้นกับชนิดเครื่องมือที่ทำให้เกิดความปั่นป่วนในน้ำ

ในกรณีที่ใช้ใบพัดแบบใบพัดเรือ (Propeller impeller) ASCE & AWWA (17) แนะนำให้ใช้ G 1000 วินาที⁻¹ ที่ t 20 วินาที ไปจนถึง G 700 วินาที⁻¹ ที่ t มากกว่า 40 วินาที Camp (15) แนะนำให้ใช้ G 700 ถึง 1000 วินาที⁻¹ ที่ t 2 ถึง 2.5 นาที และ Letterman &

Quon & Gemmel (10)แนะนำค่า t ที่เหมาะสม 2.5 นาทีที่ G 1000 วินาที⁻¹ ในกรณีที่ใช้ไฮดรอลิคจัมพ์ค่า G ที่ใช้โดยทั่วไป(7)คือ 800 วินาที⁻¹ ที่ t 2 วินาที ในกรณีที่ใช้ดิฟฟิวเซอร์และเติมสารรวมตะกอนด้วยหัวฉีด(Nozzle) Kawamura(19)แนะนำให้ใช้ G 750 ถึง 1000 วินาที⁻¹ ที่ t 1 วินาที และกรณีที่ใช้เครื่องปั่นตัดในเส้นท่อ Hudson & Wolfner(12)แนะนำให้ใช้ t น้อยกว่า 30 วินาทีโดย G มีค่าระหว่าง 3000 ถึง 5000 วินาที⁻¹

นอกจากนี้พารามิเตอร์ G และ t ยังได้รับการเสนอให้ใช้ร่วมกับปริมาณสารรวมตะกอนในการควบคุมการทำงานของชั้นผสมเร็ว โดย Letterman & Quon & Gemmel(10)ได้ทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ทั้งสามโดยใช้น้ำขุ่นสังเคราะห์ด้วยผงแอคติเวทคาร์บอน (Activated carbon power) และใช้สารส้มเป็นสารรวมตะกอนผลการทดลองได้ความสัมพันธ์ในเชิงเอมไพริคัลดังต่อไปนี้

$$Gt_{0.95} C^{1.48} = 5.9 \times 10^6 \quad (2-6)$$

โดยที่ $t_{0.95}$ คือ เวลาผสมที่เหมาะสม(วินาที)

C คือ ปริมาณของสารส้ม(กรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

2.4 ทฤษฎีของชั้นสมานตะกอน

ทฤษฎีของชั้นสมานตะกอนที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ ได้แบ่งกลไกสมานตะกอนและพารามิเตอร์ควบคุมชั้นสมานตะกอน

2.4.1 กลไกการสมานตะกอน

การสมานตะกอนคือการที่อนุภาคคอลลอยด์ซึ่งถูกทำลายสภาวะคงตัวแล้วตลอดจนอนุภาคคอลลอยด์ที่ประกอบด้วยกลุ่มอนุภาคคอลลอยด์และโพลีเมอร์ของสารรวมตะกอน เกิดการชนและรวมตัวกันเป็นตะกอนที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ปรากฏการณ์ซึ่งทำให้เกิดการสมานตะกอนอาจจำแนกออก

เป็น 3 ประเภทได้แก่(3) การเคลื่อนที่เนื่องจากความร้อน(Thermal motion) การจมตัวด้วยอัตราเร็วที่แตกต่างกัน(Differential setting) และการเคลื่อนที่ของเนื้อของเหลว(Bulk fluid motion) ปรากฏการณ์แต่ละประเภทมีพฤติกรรมที่ต่างกันดังต่อไปนี้

2.4.1.1 การเคลื่อนที่เนื่องจากความร้อน

ความร้อนภายในน้ำซึ่งแปรรูปเป็นพลังงานจลน์ทำให้โมเลกุลของน้ำเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วและชนอนุภาคที่กระจายอยู่ในน้ำ ลักษณะเช่นนี้ทำให้อนุภาคมีการเคลื่อนที่แบบสุ่ม(Random motion) จนเกิดการชนหรือการสัมผัสกันระหว่างอนุภาคขึ้น(3,21) การสั่นกันระหว่างกลุ่มของอนุภาคภายหลังการสัมผัสทำให้ได้ตะกอนที่มีขนาดใหญ่

การสั่นตะกอนในลักษณะดังกล่าวมานี้เรียกว่า การสั่นตะกอนแบบเพอริไคเนซิส(Perikinesis) อัตราสั่นตะกอนแบบเพอริไคเนซิสขึ้นกับลักษณะทางกายภาพของน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งคืออุณหภูมิ และขึ้นกับจำนวนของอนุภาค อนึ่งการสั่นตะกอนประเภทนี้จะมีอัตราสั่นตะกอนสูงกว่าการสั่นตะกอนประเภทอื่นเมื่ออนุภาคมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 1 ไมครอน(3) การสั่นตะกอนแบบเพอริไคเนซิสจะลดบทบาทลงจนเหลือน้อยมากเมื่ออนุภาคตะกอนเพิ่มขนาดจนใหญ่กว่า 1 ไมครอน(20)

2.4.1.2 การจมตัวด้วยอัตราเร็วที่แตกต่างกัน

การสั่นตะกอนโดยปรากฏการณ์เช่นนี้เกิดขึ้นในน้ำที่อยู่ในภาวะสถิตย์ หรือปราศจากความปั่นป่วน(Static or non-turbulent fluid) โดยอนุภาคตะกอนหรือตะกอนที่มีขนาดใหญ่จะมีอัตราการจมตัวสูงกว่าอนุภาคตะกอนที่มีขนาดเล็กกว่า จนเกิดการชนและสั่นกันขึ้นในระหว่างการจมตัว(21) การสั่นตะกอนโดยการจมตัวด้วยอัตราเร็วที่ต่างกันดังกล่าวนี้ โดยทั่วไปจะเกิดขึ้นในถังชั้นตะกอน(Sludge blanket clarifier)และถังตกตะกอน

2.4.1.3 การเคลื่อนที่ของเนื้อของเหลว

เมื่อเกิดสภาวะการกวนขึ้นในของเหลวคือน้ำ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของน้ำจะแปรไปตามตำแหน่งต่างๆและเวลา อนุภาคคอลลอยด์ซึ่งเคลื่อนที่ไปกับน้ำก็จะมีความเร็วแตกต่างกันไป ทำให้เกิดการชนและสมานตะกอนในที่สุด การสมานตะกอนที่เกิดจากปรากฏการณ์ทางไฮโดรไดนามิกส์เช่นนี้เรียกว่าการสมานตะกอนแบบออร์โธไคเนซิส(Orthokinesis) เมื่อเปรียบเทียบอัตราการสมานตะกอนโดยพิจารณาจากขนาดของอนุภาค ปรากฏว่าการสมานตะกอนประเภทนี้มีอัตราการสมานตะกอนสูงกว่าการสมานตะกอนแบบเพอริไคเนซิส เมื่ออนุภาคมีขนาดใหญ่กว่า 1 ไมครอน

โดยที่อนุภาคตะกอนและตะกอนในชั้นสมานตะกอนมีขนาดตั้งแต่ 100 ถึง 200 ไมครอน (22) ดังนั้นกลไกหลักในชั้นสมานตะกอนของกระบวนการรวมตะกอนจึงได้แก่กลไกสมานตะกอนแบบออร์โธไคเนซิส การสร้างสภาวะการเคลื่อนที่ของน้ำให้ความเร็วที่แตกต่างกันไปตามตำแหน่งต่างๆในน้ำเพื่อให้เกิดกลไกดังกล่าวขึ้น อาจใช้วิธีทางกลศาสตร์ด้วยการปล่อยให้น้ำไหลผ่านผนังกัน(Baffle) หรือใช้วิธีทางกลโดยกวนน้ำด้วยใบพัดแบบต่างๆ ได้แก่แบบใบพาย(Paddle) แบบเทอร์ไบน์(Turbine)และแบบใบพัด(Axial flow propeller)

การสมานตะกอนแบบออร์โธไคเนซิสนี้ เริ่มจากทฤษฎีที่ว่าด้วยการชนกันระหว่างอนุภาคซึ่งเสนอโดย Smoluchowski(23) และ Camp & Stein (11)ได้พัฒนาขึ้นเป็นสมการที่แสดงว่า อัตราชนระหว่างอนุภาคขึ้นอยู่กับจำนวนและขนาดของอนุภาคตลอดจนเกรเดียนต์ความเร็ว ดังนี้

$$\frac{dn}{dt} = \frac{G}{6} (d_1 + d_2)^3 n_1 n_2 \quad (2-7)$$

โดยที่ $\frac{dn}{dt}$ คืออัตราการชนต่อหน่วยปริมาตรน้ำ

อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่าสมการดังกล่าวพัฒนามาจากทฤษฎีที่ว่าด้วยการการชนกันระหว่างอนุภาค ซึ่งกำหนดขึ้นจากการไหลแบบลามินาร์(Laminar flow) นอกจากนี้พารามิเตอร์ G ซึ่งเสนอโดย Camp & Stein(11)และนำมาใช้ในสมการนี้ก็กำหนดหรือนิยามจากการไหลแบบลามินาร์เช่นกัน ในขณะที่การไหลของน้ำในชั้นสมานตะกอนเป็นการไหลแบบปั่นป่วน(Turbulent flow)(24) หรือบางกรณีเป็นการไหลในช่วงเปลี่ยน(Transition zone)(7) ลักษณะเช่นนี้ทำให้สมการ(2-7)มีความเบี่ยงเบนโดยพื้นฐาน ต่อมา Levich(24)ได้เสนอสมการแสดงอัตราการชนระหว่างอนุภาคภายใต้การไหลแบบปั่นป่วนดังต่อไปนี้

$$\frac{dn}{dt} = 12 \pi K G (d_1 + d_2)^3 n_1 n_2 \quad (2-8)$$

โดยที่ K คือค่าคงที่และมีค่าประมาณ $1/\sqrt{5}$ จากผลการทดลองของFuchs(22)

ดังนั้นอัตราการชนระหว่างอนุภาคภายใต้การไหลแบบปั่นป่วนคือ

$$\frac{dn}{dt} = \frac{12 \pi G (d_1 + d_2)^3 n_1 n_2}{\sqrt{5}} \quad (2-9)$$

จากสมการ(2-7)และ(2-9)จะเห็นว่าอัตราการชนภายใต้การไหลแบบลามินาร์มีค่าน้อยกว่าอัตราการชนแบบปั่นป่วน ซึ่งเป็นสภาวะที่เกิดขึ้นจริงประมาณ 7 เท่า อย่างไรก็ตาม Tambo(25)พบว่าเมื่อใช้เครื่องมือกลในการกวนน้ำ กำลังงานที่กระจายเข้าสู่ น้ำทั้งระบบจะมีค่าเพียงประมาณ 10% โดยส่วนใหญ่ของกำลังงานจะอยู่ในน้ำบริเวณขอบใบพัด ทำให้ค่าพลังงานเข้าสู่ น้ำที่นำไปคำนวณในสมการค่า G ของ Camp & Stein(11) สูงเกินความจริงและได้ค่า G สูงเกินความจริงในที่สุด ดังนั้นความเบี่ยงของสมการ(2-7)จึงลดน้อยลงและพอที่จะใช้ทำนายอัตราการชนระหว่างอนุภาคภายใต้การไหลแบบปั่นป่วนได้ในกรณีที่ใช้เครื่องมือกลกวนน้ำ

โดยพิจารณาจากผลการศึกษาของ Robeck(22) ที่พบว่าน้ำดิบที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปา ประกอบด้วยอนุภาคความขุ่นที่ขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในขณะที่อนุภาคตะกอนและตะกอนในชั้น สม่ำเสมอมีขนาดตั้งแต่ 100 ไมครอนถึง 200 ไมครอน Hudson (20) ได้พัฒนาสมการ (2-7) ให้ง่ายขึ้น โดยถือว่าขนาดของอนุภาคในน้ำคือ d_1 มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับขนาดของอนุภาค ตะกอนและตะกอนคือ d_2 นอกจากนี้ยังได้เปลี่ยนเทอม $\frac{dn}{dt}$ ซึ่งหมายถึงอัตราการชนระหว่าง อนุภาคมาเป็นอัตราสม่ำเสมอ โดยเพิ่มอัตราส่วนเกาะติด α ซึ่งหมายถึงอัตราส่วนของจำนวน อนุภาคที่สม่ำเสมอทันทีหลังการชน เข้าไว้ในเทอมขวามือของสมการ (2-7) ดังนี้

$$\frac{dn}{dt} = \frac{-G}{6} d_2^3 n_1 n_2 \alpha \quad (2-10)$$

จากสมการ (2-10) Hudson (20) เปลี่ยนจำนวนและขนาดของอนุภาคตะกอนหรือตะกอน คือ n_2 และ d_2 มาอยู่ในรูปของความเข้มข้นเชิงปริมาตรของตะกอนคือ ϕ ซึ่งมีค่าเท่ากับ $n_2 d_2^3 / 6$

$$\frac{dn}{dt} = \frac{G}{\pi} n_1 \phi \alpha \quad (2-11)$$

เมื่ออินทิเกรต (Integrate) สมการ (2-11) จะได้สมการแสดงประสิทธิภาพของชั้น สม่ำเสมอตามดังนี้

$$\frac{n}{n_0} = \exp \left(\frac{-G \phi \alpha t}{\pi} \right) \quad (2-12)$$

โดยที่ n คือจำนวนอนุภาคต่อปริมาตรน้ำที่เวลา t
 n_0 คือจำนวนอนุภาคต่อปริมาตรน้ำเมื่อ $t=0$

สมการที่ (2-12) ทำให้เห็นว่าประสิทธิภาพของชั้นสม่ำเสมอแปรตามเกรเดียนต์ของ ความเร็ว ความเข้มข้นเชิงปริมาตรของตะกอน อัตราส่วนเกาะติดและเวลาสม่ำเสมอ

หนึ่งปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นควบคู่กับการสमानตะกอนในชั้นสमानตะกอนคือการกร่อน (Erosion) หรือการแตกตัว (Break up) ของตะกอนอันเกิดจากแรงเฉื่อยภายใต้เกรเดียนต์ความเร็วที่เกิดขึ้นในน้ำ (26, 27) Argaman & Kaufman (28) ได้เสนอสมการสำหรับชั้นสमानตะกอน ซึ่งครอบคลุมถึงการแตกตัวของตะกอนในเทอมค่าคงที่ K_u ดังต่อไปนี้

$$\frac{n}{n_0} = \frac{1 + K_a G^2 t}{1 + K_u G t} \quad (2-13)$$

โดยที่ K_a คือค่าคงที่ในการรวมตัว (Aggregation constant)

K_u คือค่าคงที่ในการแตกตัว (Break-up constant)

2.4.2 พารามิเตอร์ควบคุมชั้นสमानตะกอน

จากสมการหลักทางจลนพลศาสตร์ของชั้นสमानตะกอน ดังที่ได้กล่าวมาจะเห็นว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของชั้นสमानตะกอนครอบคลุมตั้งแต่ระดับความปั่นป่วนของน้ำ ซึ่งแสดงในเทอมเกรเดียนต์ความเร็ว เวลาสमानตะกอนซึ่งแสดงในเทอมเวลากักน้ำ ปริมาณตะกอนซึ่งแสดงในเทอมของความเข้มข้นเชิงปริมาตรของตะกอน ความสามารถในการสमानตัวภายหลังการชนซึ่งแสดงในเทอมของอัตราส่วนเกาะติด ไปจนถึงการแตกตัวของตะกอนซึ่งแสดงในเทอมค่าคงที่ของการแตกตัว อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปในทางปฏิบัติปัจจัยที่ได้รับการนำมาใช้เป็นพารามิเตอร์ในการออกแบบและควบคุมการทำงานของชั้นสमानตะกอนคือเกรเดียนต์ความเร็ว (G) และเวลากักน้ำ (HRT, Hydraulic residence time) ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่เป็นตัวแปรอิสระของชั้นสमानตะกอนและไม่ขึ้นกับการทำงานของชั้นผสมเร็ว เช่นพารามิเตอร์อื่นแต่อย่างใด

พารามิเตอร์ G และ HRT มีบทบาทโดยตรงในการกำหนดประสิทธิภาพของชั้นสमानตะกอน นอกจากนี้ยังมีอิทธิพลต่อลักษณะทางกายภาพและขนาดของตะกอน กล่าวคือตะกอนมีขนาดจำกัดที่ค่า G หนึ่งๆและขนาดของตะกอนจะแปรตามค่า HRT ในขณะที่แปรกลับกับค่า G อย่าง

ไรก็ตาม แม้ว่าที่ค่า G สูงๆจะทำให้ได้ตะกอนขนาดเล็กแต่ตะกอนที่ได้จะมีความแน่น(Dense)กว่า ตะกอนขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้นภายใต้ค่า G ที่ต่ำกว่า(20, 26, 29, 30, 31)ที่กล่าวมาจะเห็นว่า G และ HRT ที่มากขึ้นทำให้ประสิทธิภาพขึ้นสมานตะกอนสูงขึ้นเสมอ แต่เมื่อพิจารณาครอบคลุมไปถึง การตกตะกอนซึ่งเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นในระบบผลิตน้ำประปา ค่า G และ HRT จะต้องในช่วงค่า จำกัดที่เหมาะสมจึงจะให้ตะกอนที่จับตัวได้ดี ดังนั้นเมื่อ Camp(32)ทำการวิเคราะห์ขึ้นสมาน ตะกอนในระบบผลิตน้ำประปา จึงพบว่าพารามิเตอร์ไร้มิติที่เกิดจากผลคูณระหว่าง G และ HRT จะมีค่าเหมาะสมอยู่ระหว่าง 2×10^4 ถึง 2×10^5 และค่า G ที่เหมาะสมคือ 20 ถึง 70 วินาที⁻¹ ต่อมา Fair & Geyer & Okun(33) Gemmel(34)และ O'Melia(3) ได้เสนอว่า $G \cdot HRT$ ที่เหมาะสมควรมีค่าระหว่าง 10^4 ถึง 10^5 โดยที่ G ควรมีค่าจาก 10 ถึง 1000 วินาที⁻¹ ช่วงค่า $G \cdot HRT$ และ G ดังกล่าวมานี้เป็นเกณฑ์ออกแบบและควบคุมขึ้นสมานตะกอนที่ใช้กันโดยทั่วไป นอกจากนี้ Andreu-Villegas & Letterman(19) ยังได้ทำการทดลองโดยใช้สารส้มเป็นสารรวม ตะกอน และใช้น้ำขุ่นสังเคราะห์ด้วยคาโอลิไนท์(Kaolinite)ปรากฏผลว่าค่า G ที่เหมาะสมอยู่ ในช่วง 20 ถึง 50 วินาที⁻¹ ค่า HRT ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 20 ถึง 30 นาที โดยระบุว่า HRT ที่มากไปกว่านี้จะไม่เพิ่มสมรรถนะของการสมานตะกอนแต่อย่างใด นอกจากนี้ยังได้เสนอสมการ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า G ที่เหมาะสมกับ HRT และปริมาณสารส้มในเชิงเอ็มไพริคัลดังนี้

$$(G^*)^{2.8} HRT \cdot C = 44 \times 10^5 \quad (2-14)$$

โดยที่ G^* คือ ค่า G ที่ให้ความขุ่นภายหลังการสมานตะกอน และตกตะกอนน้อยที่สุดมีหน่วยเป็นวินาที⁻¹

HRT มีหน่วยเป็นนาที

C เป็นปริมาณสารส้มในช่วง 0 ถึง 50 กรัมต่อ

ลูกบาศก์เมตร

สมการ (2-14) เป็นตัวอย่างที่ดีที่แสดงถึงการพัฒนาพารามิเตอร์ G ซึ่งใช้ออกแบบและควบคุมชั้นสमानตะกอนให้มีความสัมพันธ์ครอบคลุมไปถึงการทำงานของชั้นผสมเร็ว

2.5 แนวความคิดของกระบวนการรวมตะกอนในท่อ

กระบวนการรวมตะกอนในท่อของการวิจัยนี้หมายถึงกระบวนการซึ่งรวมการการผสมเร็ว และการสमानตะกอนไว้ในถึงปฏิกรณ์เดียวกันคือท่อ แนวความคิดของกระบวนการรวมตะกอนในท่อ เริ่มจากการพิจารณากระบวนการรวมตะกอนโดยทั่วไป ตลอดจนพิจารณาการผสมเร็วในท่อและการสमानตะกอนในท่อ เพื่อพัฒนาให้ได้กระบวนการรวมตะกอนที่ประหยัด ควบคุมได้ง่ายและมีประสิทธิภาพพอควร

2.5.1 กระบวนการรวมตะกอนโดยทั่วไป

กระบวนการรวมตะกอนโดยทั่วไปจำแนกเป็นกระบวนการรวมตะกอนแบบพื้นฐาน และกระบวนการรวมตะกอนในถังตกตะกอนสัมผัส (Solid contact clarifier)

กระบวนการรวมตะกอนแบบพื้นฐานประกอบด้วยชั้นผสมเร็วและชั้นสमानตะกอนที่แยกออกจากกัน กระแสเข้าและออกของกระบวนการไหลในแนวระดับ อนุภาคตะกอนและตะกอนในถึงปฏิกรณ์มีความเข้มข้นใกล้เคียงกันและไม่มีการหมุนเวียนตะกอน ถึงปฏิกรณ์ที่ใช้โดยทั่วไปคือถึงปฏิกรณ์กวนสมบูรณ์ (Complete stirred tank reactor) ซึ่งอาศัยเครื่องมือกลสำหรับสร้างความปั่นป่วนในน้ำ เช่น เทอร์ไบน์ (Turbine) หรือใบพัด (Propeller) ในถึงปฏิกรณ์ผสมเร็ว ใบพาย (Paddle) ในถึงปฏิกรณ์สमानตะกอน เป็นต้น ข้อดีของกระบวนการรวมตะกอนแบบพื้นฐานคือสามารถแปรค่าพารามิเตอร์ควบคุมที่สำคัญคือ G โดยแปรค่าการทำงานของเครื่องมือกล และสามารถควบคุมให้ชั้นผสมเร็วและชั้นสमानตะกอนมีประสิทธิภาพสูงสุดในแต่ละชั้น เนื่องจากถึงปฏิกรณ์แยกออกจากกัน อย่างไรก็ตามกระบวนการรวมตะกอนแบบพื้นฐานก็มีข้อด้อยที่สำคัญคือ

สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายขึ้นต้นเนื่องจากถึงปฏิกรณ์มีขนาดใหญ่และต้องติดตั้งเครื่องมือกล สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายขึ้นต้นดำเนินการโดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าไฟฟ้าและต้องใช้ผู้ควบคุมที่มีความรู้ความชำนาญสูงเพื่อควบคุมให้กระบวนการมีประสิทธิภาพสูงสุด ได้มีความพยายามปรับปรุงเพื่อแก้ไขข้อด้อยดังกล่าว โดยอาศัยวิธีทางชลศาสตร์สำหรับสร้างความปั่นป่วนในน้ำบนเครื่องมือกล เช่น ไฮโดรลิกจัมป์ (Hydraulic jump) ในขั้นผสมเร็ว ผกักัน(Baffle)ในขั้นส่มาณะตอน ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายขึ้นต้นและขึ้นต้นดำเนินการในระดับหนึ่ง และควบคุมการทำงานของกระบวนการได้ง่ายขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ต้องใช้เครื่องมือกล

กระบวนการรวมตะกอนในถังตะกอนสัมผัสเป็นกระบวนการรวมตะกอนที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้มีขนาดเล็กลงและใช้เครื่องมือกลน้อยลงเมื่อเทียบกับกระบวนการรวมตะกอนแบบพื้นฐาน การลดขนาดถึงปฏิกรณ์กระทำโดยเพิ่มความเข้มข้นของตะกอนในขั้นส่มาณะตอนด้วยการหมุนเวียนตะกอนในถังหมุนเวียนตะกอนในตัว(Solid recirculation clarifier) หรือด้วยการสร้างดุลยภาพให้เกิดชั้นตะกอนในถังชั้นตะกอน(Sludge blanket clarifier) ทำให้ขั้นส่มาณะตอนมีขนาดเล็กลงการใช้เครื่องมือกลให้น้อยลงกระทำโดยใช้ถึงปฏิกรณ์แบบปลั๊กโฟล(Plug flow reactor) แบบท่อสำหรับขั้นผสมเร็ว อย่างไรก็ตามกระบวนการรวมตะกอนในถังตะกอนสัมผัสมีข้อด้อยที่สำคัญคือควบคุมยากหรือต้องใช้ผู้ควบคุมที่มีความรู้ความชำนาญเป็นพิเศษ กระบวนการดังกล่าวจึงนิยมใช้เฉพาะในระบบประปาขนาดใหญ่ซึ่งมีบุคลากรและอุปกรณ์พร้อมมูล

2.5.2 การผสมเร็วในท่อและการส่มาณะตอนในท่อ

การผสมเร็วในท่อใช้กันในการรวมตะกอนของถังตะกอนสัมผัส ในขณะที่การส่มาณะตอนในท่อยังมิได้รับการนำมาประยุกต์ใช้ในการรวมตะกอนอย่างจริงจัง หนึ่งในกรณีของท่อน้ำเข้ากระบวนการกรองโดยตรง(Direct filtration process) ซึ่งมีการเติมสารรวมตะกอน อาจอนุมานได้ว่าเป็นการผสมเร็วในท่อหรือรวมถึงการส่มาณะตอนในท่อ อย่างไรก็ตาม

ก็ตามผลที่ได้คือสารที่กรองได้ง่าย(Filtrable solid)มีใช้สารที่ตกตะกอนได้ง่าย(Settleable solid) เช่นที่ได้จากกระบวนการรวมตะกอน

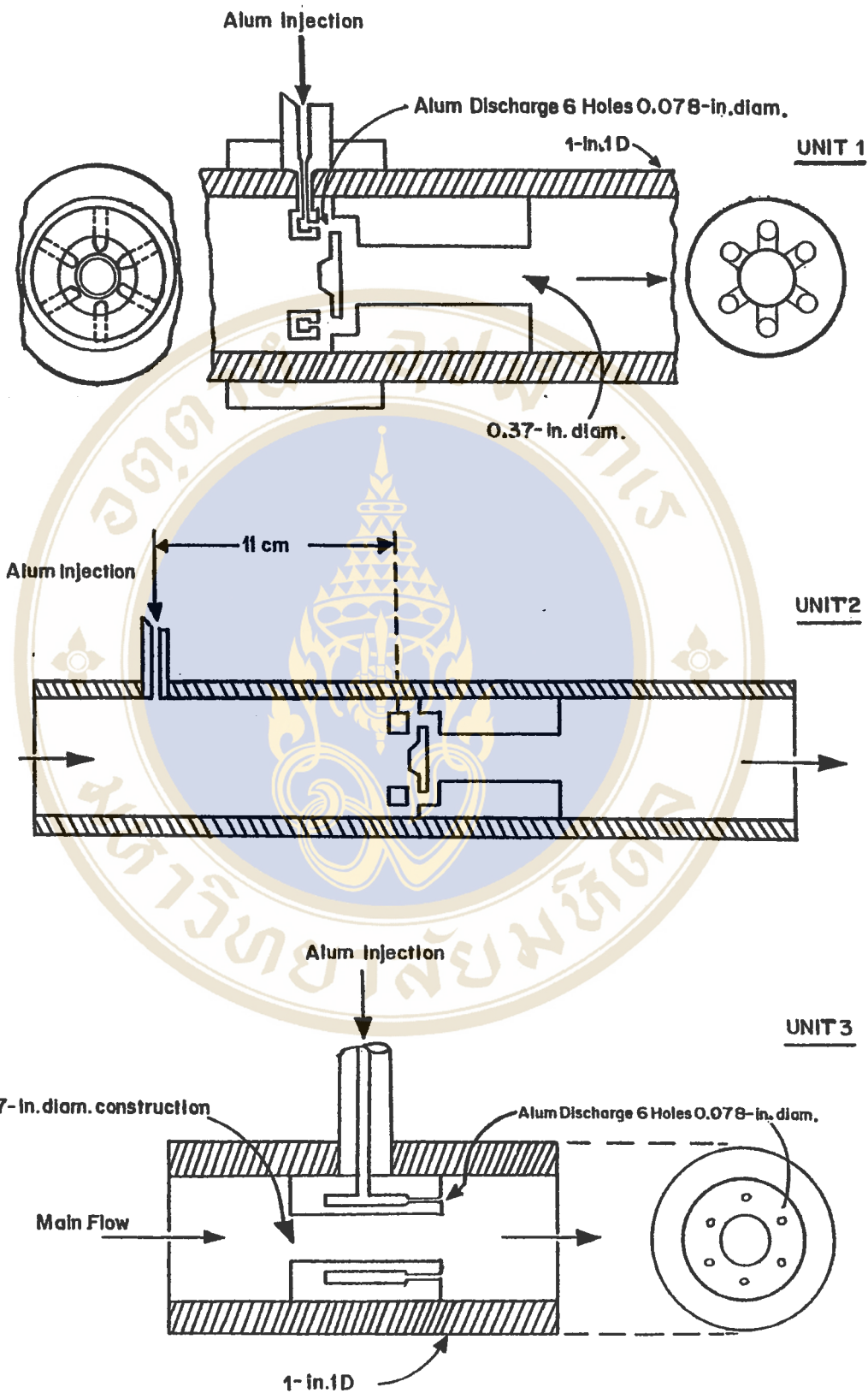
Vrale & Jorden(13)ได้ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการผสมเร็วในถังปฏิกรณ์ไหลตรงแบบท่อที่มีลักษณะการเติมสารเคมีแตกต่างกันกับการผสมเร็วในถังปฏิกรณ์กวนผสมรูปที่ใช้ใบพัดเป็นเครื่องมือกลดังแสดงในรูปที่ 2.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพกระทำโดยเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ของอัตรารวมตะกอนปรากฏหรือ K_{app} (Apparent aggregation rate coefficient) หลังจากผ่านการสมานตะกอนแบบจารซึ่งกำหนดให้คงที่ทุกการทดลอง ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 2.2 จะเห็นว่าการผสมเร็วในถังปฏิกรณ์แบบปลั๊กโฟลทุกชนิดให้ประสิทธิภาพการผสมเร็วสูงกว่าถังปฏิกรณ์กวนผสม นอกจากนี้ Vrale & Jorden(13)ประเมินจากผลการทดลองว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผสมเร็วให้สูงขึ้นไม่ต่ำกว่า 3.5 เท่า โดยใช้ถังปฏิกรณ์ปลั๊กโฟลแบบท่อแทนที่ถังปฏิกรณ์กวนผสมที่ใช้เครื่องมือกล อนึ่งสุรินทร์ พลสมบูรณ์ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการผสมเร็วในท่อเพื่อหาค่าที่เหมาะสมของ G และ t โดยการไหลของน้ำในท่อผสมเร็วเป็นการไหลแบบปั่นป่วน(Turbulent flow) ซึ่งมีค่า Re แปรจาก 8,000 ถึง 40,000 ผลการทดลองปรากฏว่า G ที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 400 วินาที⁻¹ ที่ $20 < t < 60$ วินาที และเท่ากับ 2,600 วินาที⁻¹ ที่ $1 < t < 20$ วินาที t ที่เหมาะสมมีค่าแปรจาก 2 ถึง 100 วินาที โดยแปรกลับกับค่า G และ C Gt ที่เหมาะสมมีค่าแปรจาก 10,000 ถึง 20,000 โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง G t และ C ในรูปสมการเอมไพริคัลคือ

$$Gt_{opt} C^{0.84} = 100,000$$

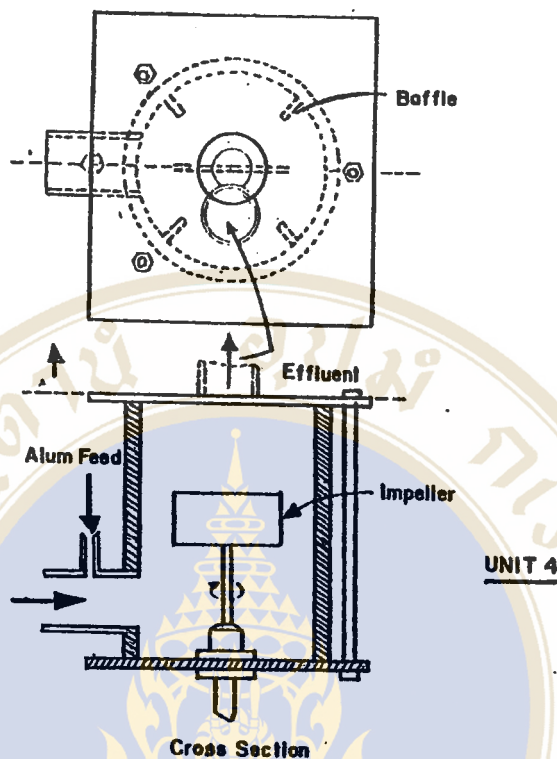
โดยที่ t_{opt} คือ t ที่เหมาะสม

C คือ ปริมาณสารส้มที่ใช้(Alum dosage)

และเมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายขั้นต่ำและขึ้นดำเนินการระหว่างการผสมเร็วในท่อกับการใช้ถังปฏิกรณ์กวนผสมพบว่าการผสมเร็วในท่อกมีค่าใช้จ่ายขั้นต่ำและขึ้นดำเนินการต่ำกว่า

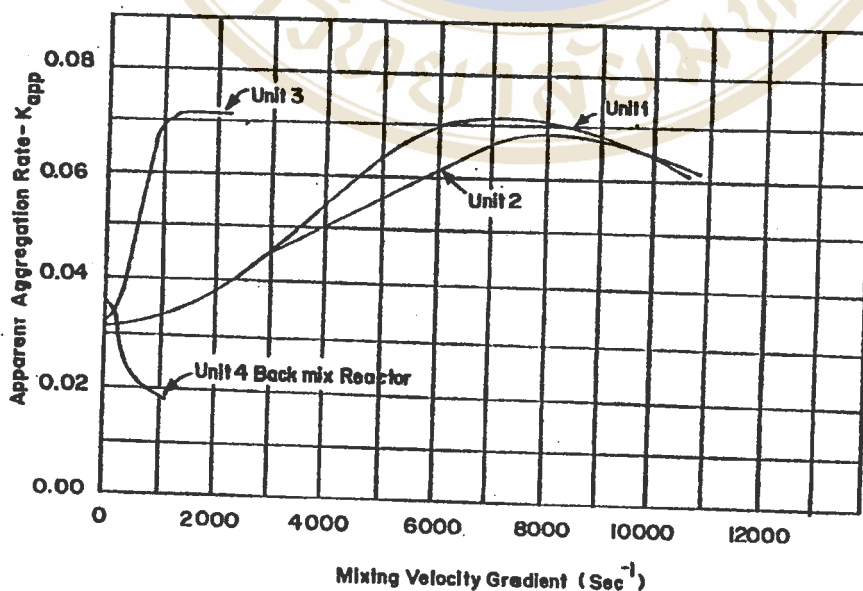


รูปที่ 2.1(ก) ดังปฏิกิริยาไหลตรงแบบท่อ



รูปที่ 2.1(ข) ดังปฏิกิริยาการรวมตัวของสารที่ใช้บำบัด

รูปที่ 2.1 (ก) และ (ข) ดังปฏิกิริยาไหลตรงแบบท่อและดังปฏิกิริยาการรวมตัวของสาร



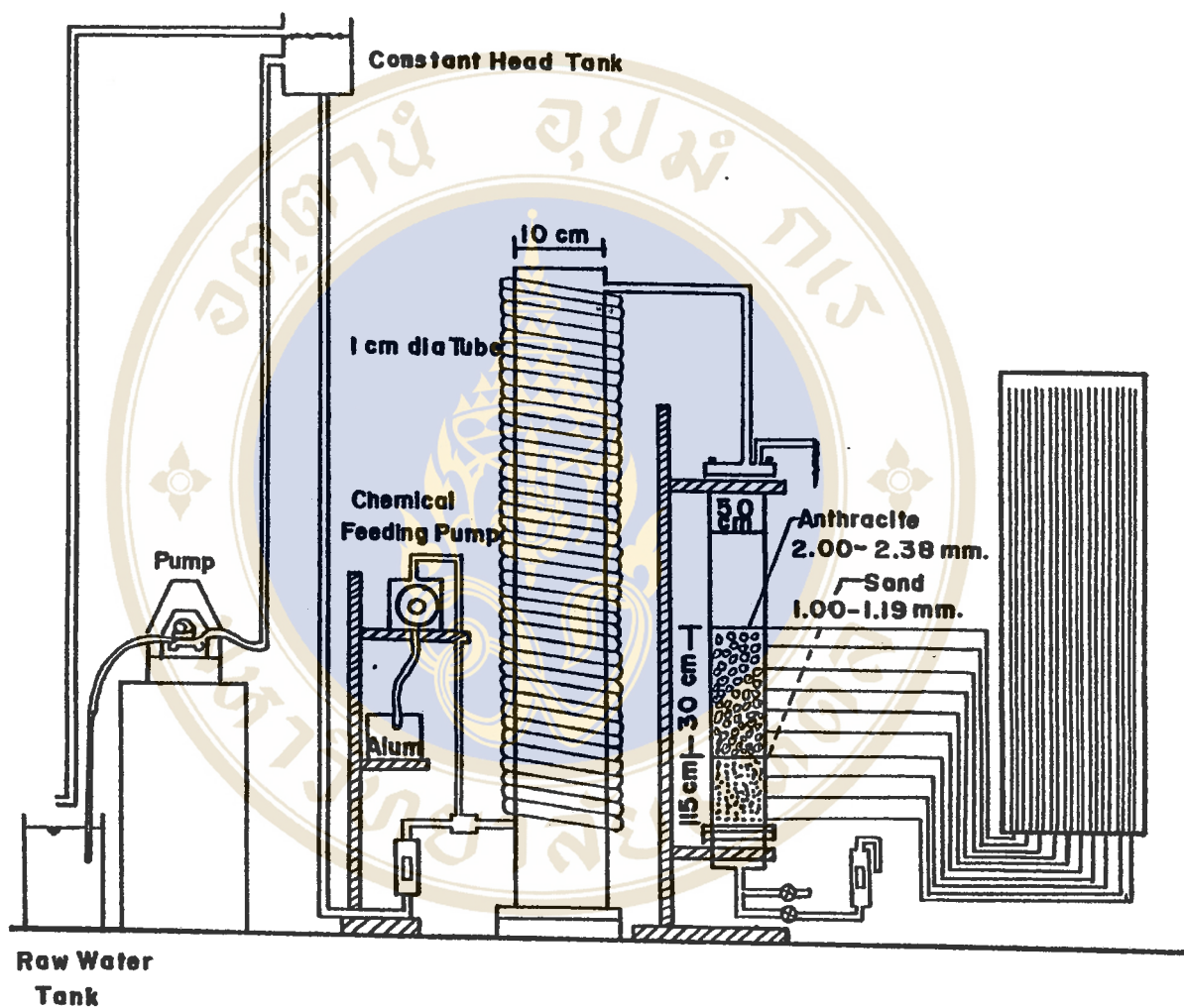
รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง K_{app} และ G ของดังปฏิกิริยาผสมเร็วแบบต่างๆ ตามรูปที่ 2.1 (13)

Sawang Natthakun (31) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับกระบวนการกรองโดยตรง ที่ประกอบด้วยท่อสมานตะกอนวนเวียน (Spiral tube flocculator) ดังแสดงในรูป 2.3 การไหลของน้ำในท่อสมานตะกอนเป็นแบบลามินาร์ (Laminar flow) โดยมี R_u แปรจาก 404 ถึง 917 ผลการทดลองในส่วนของการสมานตะกอนพบว่าประสิทธิภาพการสมานตะกอนแปรตามขนาดของตะกอน โดยขนาดของตะกอนแปรตาม HRT และแปรกลับกับ G ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ขนาดสูงสุดของตะกอน (Ultimate floc size) ถูกกำหนดโดยค่า G ดังแสดงในรูป 2.5 และพบว่าตะกอนที่ได้จากท่อสมานตะกอนแบบวนเวียนโดยทั่วไปจะมีขนาดสม่ำเสมอที่ค่า HRT และ G หนึ่งๆ

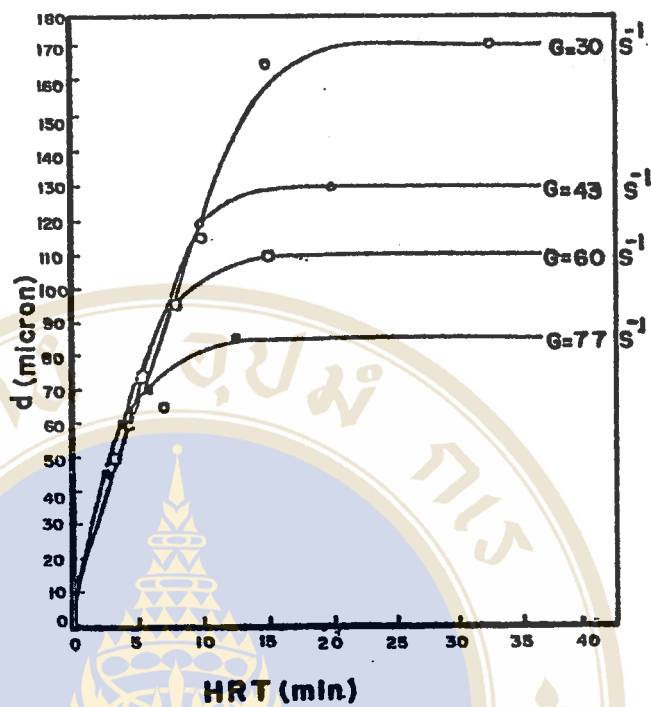
2.5.3 กระบวนการรวมตะกอนในท่อ

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่ากระบวนการรวมตะกอนโดยทั่วไป ซึ่งได้แก่กระบวนการรวมตะกอนแบบพื้นฐาน และกระบวนการรวมตะกอนในถังตะกอนสัมผัส มีลักษณะร่วมที่สำคัญคือ ถึงปฏิกรณ์ของถังผสมเร็วและถังสมานตะกอนแยกออกจากกัน ถึงปฏิกรณ์ของถังผสมเร็วเป็นถึงปฏิกรณ์กวนสมบูรณ์หรือถึงปฏิกรณ์แบบปลิกโฟล และถึงปฏิกรณ์ถังสมานตะกอนโดยทั่วไปได้แก่ถึงปฏิกรณ์แบบใบพัดกวน ลักษณะเช่นนี้ทำให้เกิดข้อด้อยบางประการ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายขึ้นต้นและขึ้นดำเนินการสูง และต้องให้ผู้มีความรู้ความชำนาญสูงสำหรับควบคุมให้กระบวนการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

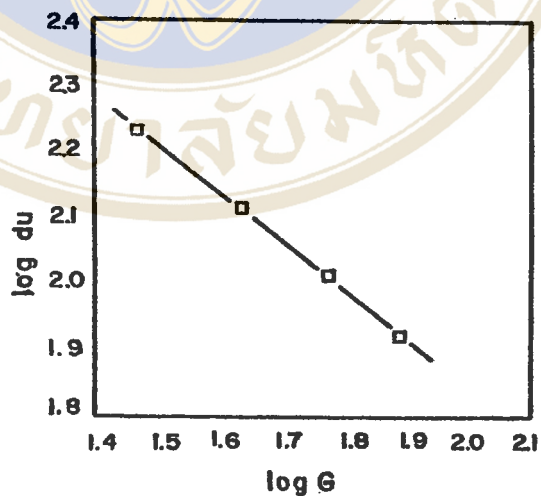
ถาวร ลีลาตระกูล (1) ทดลองรวมการผสมเร็วและการสมานตะกอนไว้ในถังปฏิกรณ์เดียวกัน คือท่อเหล็กอาบสังกะสีทำงานแบบไหลต่อเนื่อง โดยแปรค่าความเร็วเกรเดียนต์ (G) จาก 30 ถึง 3600 วินาที⁻¹ แปรค่าเวลากักน้ำ (T) จาก 1 ถึง 552 วินาที และแปรค่าความเข้มข้นของสารส้ม (C) จาก 10 ถึง 40 มิลลิกรัมต่อลิตร จากผลการทดลองพบว่ากระบวนการรวมตะกอนในท่อก็มีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นมากกว่าหรือเท่ากับ 80% เมื่อใช้ C เท่ากับหรือมากกว่า



รูปที่ 2.3 ท่อลมานตะกอนวนเวียนในกระบวนการกรองโดยตรง
 ตามการทดลองของ Sawang Notthakun (31)



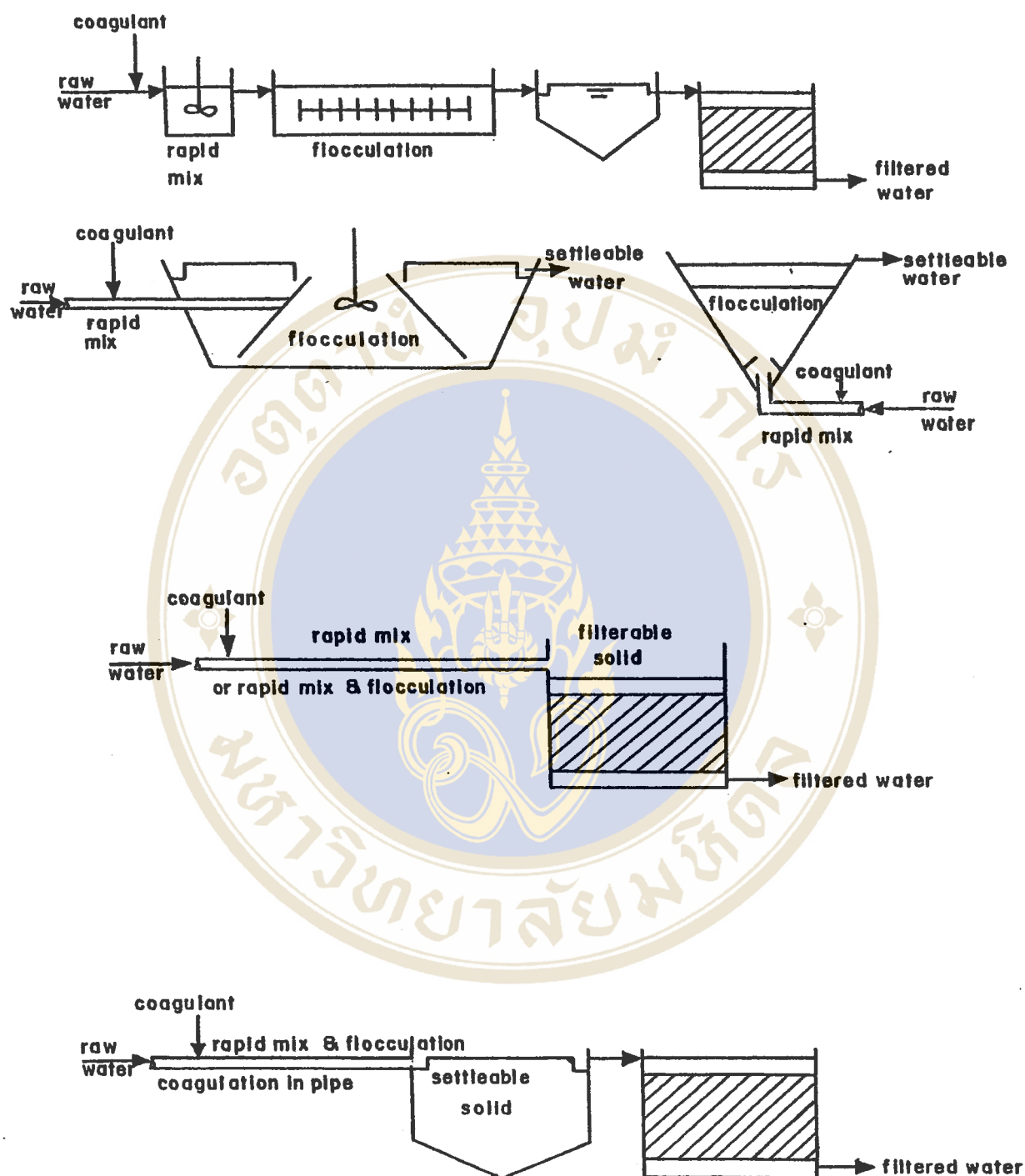
รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดตะกอนกับ HRT และ G ของท่อลมวนตะกอนวนเวียน (31)



รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดจุดของตะกอนกับ G ของท่อลมวนตะกอนวนเวียน (31)

C ที่เหมาะสมจากการทดลองแบบจาร์(Jar test) ผลคูณ Gt ซึ่งให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงสุดมีค่าอยู่ในช่วง 15000 ถึง 30000 เมื่อใช้ค่า G อยู่ในช่วง 30 ถึง 180 วินาที⁻¹ และค่า $T = 5130.6 G^{-0.670}$ เมื่อ t แปรค่าจาก 90-180 วินาที นอกจากนี้ผลการทดลองยังแสดงว่าค่า G ที่เหมาะสมของกระบวนการรวมตะกอนในท่อมี่ค่าแปรจาก 180 ถึง 360 วินาที⁻¹ ช่วงค่า G ดังกล่าวนี้นี้ต่ำกว่าค่า G ของขั้นผสมเร็ว ซึ่งมีค่าอยู่ในลำดับ 10^{-3} วินาที⁻¹ และสูงกว่า G ของขั้นสมานตะกอนซึ่งมีค่าต่ำกว่าลำดับ 10^2 วินาที⁻¹ สำหรับกระบวนการรวมตะกอนในท่อมี่โดยทั่วไป ที่เห็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะรวมการทำลายสภาวะคงตัวและการสมานตะกอนเข้าด้วยกัน

รูปที่ 2.6 แสดงถึงความแตกต่างระหว่างกระบวนการรวมตะกอนโดยทั่วไป การผสมเร็วหรือการผสมเร็วและการสมานตะกอนในกระบวนการกรองโดยตรง และกระบวนการรวมตะกอนในท่อมี่ (1) จะเห็นว่ากระบวนการรวมตะกอนในท่อมี่แตกต่างจากกระบวนการรวมตะกอนโดยทั่วไป เนื่องจากถึงปฏิกิริยาปลุกไฟคือท่อมี่รวมขั้นผสมเร็วและขั้นสมานตะกอนเข้าด้วยกัน และแตกต่างจากท่อมี่ผสมเร็วหรือท่อมี่รวมตะกอนในกระบวนการกรองโดยตรงเนื่องจากผลที่ได้คือตะกอนที่ตกตะกอนง่ายมีไ้ตะกอนที่กรองได้ง่าย



รูปที่ 2.6 กระบวนการรวมตะกอนโดยทั่วไป การผสมเร็วหรือการรวมตะกอนในท่อ
ของกระบวนการกรองโดยตรง และกระบวนการรวมตะกอนในท่อของการวิจัยนี้

บทที่ 3

การดำเนินการศึกษา

3.1 แผนการศึกษา

แผนการศึกษาได้รับการกำหนดให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา โดยแบ่งออกเป็นพารามิเตอร์ในการทดลอง ลำดับการทดลอง และการพิจารณาความเป็นไปได้ ทางด้านเทคนิคในการกำจัดความขุ่นของน้ำผิวดินด้วยกระบวนการรวมตะกอนในท้องดังนี้

3.1.1 พารามิเตอร์ในการทดลอง

โดยที่การศึกษารั้งนี้เป็นการศึกษาถึงประสิทธิภาพการรวมตะกอนในท้องภายใต้สภาวะ ต่างๆ ดังนั้นจึงดำเนินการแปรค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการรวมตะกอนในท้องได้แก่ค่า เกรเดียนต์ความเร็ว(G) เวลาพักน้ำ(t)และชนิดของท้องรวมตะกอน ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และ 3.2 และแปรค่าพารามิเตอร์การตกตะกอนได้แก่เวลาที่ใช้ในการตกตะกอนและระยะห่าง จากผิวน้ำดังแสดงในตารางที่ 3.3

3.1.2 ลำดับการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่การทดลองขั้นเตรียมการและการทดลอง กับกระบวนการต้นแบบ การทดลองขั้นเตรียมการได้แก่ การเตรียมสารละลายสารส้ม และการ ทดสอบแบบจาร์(Jar test) เพื่อวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารละลายสารส้มที่เหมาะสม สำหรับ น้ำดิบ และการทดลองกับกระบวนการต้นแบบได้แก่การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพการกำจัด ความขุ่นในน้ำผิวดินด้วยกระบวนการรวมตะกอนในท้องพีวีซีและท้องเหล็กอาบสังกะสี โดยแปรค่า พารามิเตอร์ G t เวลาที่ใช้ในการตกตะกอนและระยะห่างจากผิวน้ำ

ตาราง 3.1 ค่า G และ t ที่อัตราไหลและจุดเก็บตัวอย่างน้ำต่างๆ สำหรับก้อตัว

อัตราการไหล (ลิตรต่อนาที)	G (วินาที ⁻¹)	T (วินาที)					
		จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (เมตร)					
		2	6	10	14	18	22
0.5	12	55.71	167.13	278.55	389.97	501.39	612.81
1	24	27.89	83.68	139.47	195.26	251.05	306.83
3	130	9.30	27.91	46.51	65.12	83.72	102.33
4	180	6.97	20.91	34.84	48.78	62.72	76.66
5	260	5.57	16.71	27.86	39.00	50.14	61.28
6	340	4.65	13.95	23.26	32.56	41.86	51.16
7	420	3.98	11.95	19.92	27.89	35.86	43.82



ตาราง 3.2 ค่า G และ t ที่อัตราไหลและจุดเก็บตัวอย่างน้ำต่างๆ สำหรับท่อเหล็กกล้าบั้งกะลี

อัตราการไหล (ลิตรต่อวินาที)	G (วินาที ⁻¹)	T (วินาที)					
		จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (เมตร)					
		2	6	10	14	18	22
1	26	25.97	77.92	129.87	181.82	233.77	285.71
3	170	8.66	25.97	43.29	60.61	77.92	95.24
4	240	6.49	19.48	32.47	45.45	58.44	71.43
5	340	5.19	15.58	25.97	36.36	46.75	57.14
6	450	4.33	12.99	21.65	30.30	38.86	47.62
7	550	3.71	11.13	18.55	25.97	33.40	40.82

ตาราง 3.3 การแปลค่าเวลาที่ใช้ในการตกตะกอนและระยะห่างจากผิวน้ำในแต่ละการทดลอง

เวลาที่ใช้ในการ ตกตะกอน (นาที)	ระยะห่างจากผิวน้ำ (เมตร)				
	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
80					
100	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
120	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25

3.1.3 การพิจารณาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคในการกำจัดความขุ่นของน้ำผิวดินด้วยกระบวนการรวมตะกอนในท่อพีวีซีและท่อเหล็กอาบสังกะสี

การพิจารณาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคในการกำจัดความขุ่นของน้ำผิวดินด้วยกระบวนการรวมตะกอนในท่อพีวีซีและท่อเหล็กอาบสังกะสี พิจารณาจากประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของกระบวนการรวมตะกอนในท่อที่ค่า G และ t ต่างๆเปรียบเทียบกับความขุ่นในกระแสเข้าที่ถึงกรองยอมรับได้

3.2 วัสดุอุปกรณ์ในการศึกษา

อุปกรณ์ที่ใช้ได้แก่ น้ำดิบ สารเคมี อุปกรณ์การทดสอบแบบจาร์ กระบวนการต้นแบบ และอุปกรณ์การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 น้ำดิบ

สาเหตุสำคัญของความขุ่นในน้ำผิวดินที่นำมาผลิตน้ำประปาส่วนใหญ่ได้แก่อนุภาคดินเหนียว เช่น คาโอลินไท์ (Kaolinite) เบ็นโทไนท์ (Bentonite) และเวอร์มิคูลไลท์ (Vermiculite) (10, 37, 38) การศึกษาครั้งนี้ใช้น้ำดิบที่เป็นน้ำดิบเพื่อการผลิตน้ำประปาของโรงกรองน้ำธนบุรี ซึ่งมีค่าความขุ่น 31 ถึง 72 NTU พีเอช 7.20 ถึง 8.13 ค่าความเป็นด่าง 90 ถึง 108 mg/l as CaCO_3 และอุณหภูมิ 30 ถึง 32 องศาเซลเซียส

3.2.2 สารเคมี

สารเคมีที่สำคัญซึ่งใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่สารส้ม ซึ่งใช้เป็นสารรวมตะกอน สารส้มที่ใช้ตลอดการทดลองเป็น Filter Alum ของโรงกรองน้ำธนบุรี มีลักษณะเป็นน้ำใสสีน้ำตาล ประกอบด้วย Al_2O_3 6.7809% Fe_2O_3 0.3418% มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.272 ในการวิจัยจะทำการเตรียมสารละลายสารส้มสำรอง (Stock alum solution) ความเข้มข้น 10%

ก่อนนำไปใช้ในการทดลอง

3.2.3 อุปกรณ์ทดสอบแบบจาร์(Jar test)

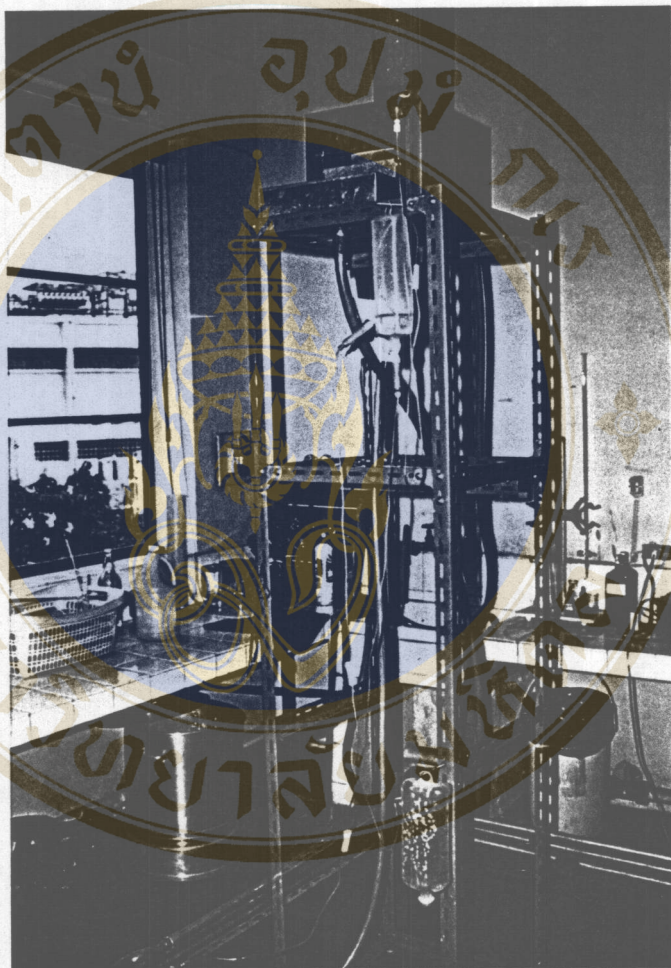
ในการหาความเข้มข้นของสารละลายสารส้มที่เหมาะสมสำหรับการรวมตะกอน ใช้การทดสอบแบบจาร์เป็นตัวกำหนด อุปกรณ์ประกอบด้วยถ้วยจาร์ขนาด 1 ลิตร จำนวน 6 ใบและเครื่องกวนน้ำความเร็วรอบ 1-100 RPM ของ PHIPPS & BIRD NO.7790-500

3.2.4 กระบวนการต้นแบบ

ประกอบด้วยส่วนต่างๆดังรายละเอียดต่อไปนี้

ถังจ่ายน้ำดิบ เป็นถังเหล็กอาบสังกะสีขนาด $0.3 \times 0.5 \times 0.3$ เมตร สำหรับป้อนน้ำดิบเข้าสู่กระบวนการต้นแบบ ภายในมีผนังกันแบ่งเป็น 3 ตอน ตอนที่ 1 เป็นส่วนรับน้ำดิบขนาด $0.3 \times 0.1 \times 0.25$ เมตรบริเวณผนังด้านบนมีท่อรับน้ำดิบเข้าสู่ถึง ตอนที่ 2 เป็นส่วนจ่ายน้ำดิบเข้าที่รวมตะกอน จะเป็นส่วนที่รับน้ำล้นจากตอนที่ 1 แล้วจ่ายเข้าที่รวมตะกอนโดยท่อนำน้ำออกด้านกันถึง อัตราการไหลของน้ำดิบถูกควบคุมโดยวาล์วของท่อนำน้ำออก ตอนที่ 3 เป็นส่วนที่รับน้ำล้นจากตอนที่ 2 เพื่อระบายทิ้งโดยมีท่อนำน้ำออกด้านล่างเพื่อรักษาระดับน้ำในตอนที่ 2 ให้คงที่ตลอดการทดลอง

ระบบป้อนสารเคมี ประกอบด้วยขวดพลาสติกใสขนาด 1000 มิลลิลิตรจำนวน 3 ขวด โดยขวดแรกทำหน้าที่เก็บสารละลายสารส้ม (Stock solution) ด้านล่างมีท่อจ่ายสารละลายลงสู่ขวดที่ 2 ซึ่งเป็นขวดที่ป้อนสารละลายสารส้มให้ที่รวมตะกอน โดยมีท่อจ่ายเข้าบริเวณต้นที่รวมตะกอนและควบคุมอัตราการไหลโดยวาล์วเปิดปิด ด้านบนขวดที่ 2 จะมีท่อนำสารละลายสารส้มส่วนเกินไหลลงสู่ขวดที่ 3 เพื่อรักษาระดับสารส้มในขวดที่ 2 ให้คงที่ตลอดการทดลอง



รูปที่ 3.1 แสดงกระบวนการต้นแบบ



รูปที่ 3.2 แสดงระบบป้อนสารเคมีเข้ากระบวนการต้นแบบ



รูปที่ 3.3 แสดงจุดจ่ายสารเคมีเข้าที่อรวมตะกอน

ระบบวัดระดับน้ำสูญเสียในท่อรวมตะกอน ประกอบด้วยท่อพลาสติกใสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.0035 เมตร ความยาว 2 เมตรจำนวน 3 ท่อ ทำการยึดติดผนังโดยท่อที่ 1 จะต่อเข้ากับท่อรวมตะกอนที่ความยาว 4 เมตรท่อที่ 2 และ 3 ต่อเข้าที่ความยาว 12 และ 20 เมตรตามลำดับ

ท่อรวมตะกอน เป็นท่อพีวีซี(Polyvinyl chloride)ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.0172 เมตร และท่อเหล็กอบสังกะสีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.0166 เมตร มีความยาวชนิดละ 24 เมตร โดยในการทดลองจะเลือกทำการทดลองที่ละชนิด ท่อรวมตะกอนจะมีจุดเก็บน้ำตัวอย่างตามความยาวท่อจำนวน 6 จุดได้แก่ ที่ความยาว 2 6 10 14 18 และ 22 เมตรตามลำดับ และมีจุดต่อเข้าระบบวัดระดับน้ำสูญเสียในท่อจำนวน 3 จุดคือที่ 4 12 และ 20 เมตรตามลำดับ ท่อรวมตะกอนจะวางอยู่ในแนวราบขนานกับพื้นดิน น้ำดิบไหลเข้าสู่ท่อรวมตะกอนทางสายยางซึ่งต่อกับต้นท่อรวมตะกอน และไหลออกจากท่อรวมตะกอนออกสู่รางระบายน้ำทั้งต่อไปสารละลายสารส้มไหลเข้าสู่ท่อรวมตะกอนทางสายยางซึ่งต่อเข้ากับต้นท่อรวมตะกอนเช่นเดียวกัน ตัวอย่างน้ำเก็บจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำดังกล่าวข้างต้นโดยการปิดเปิดวาล์ว

อุปกรณ์สำหรับตกตะกอน ประกอบด้วยกระบอกตวงขนาด 1000 มิลลิเมตรของ Vitri ความสูงที่ 1000 มิลลิเมตรเท่ากับ 0.37 เมตรและเส้นผ่าศูนย์กลางภายในเท่ากับ 0.059 เมตร

3.2.5 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณสมบัติน้ำ

พารามิเตอร์แสดงคุณสมบัติของน้ำที่ทำการวิเคราะห์ได้แก่ ความขุ่น พีเอช อุณหภูมิและค่าความเป็นด่าง ความขุ่นทำการวัดโดยเครื่องวัดความขุ่นของ DR.BRUNO LANAGE GMBTL-BERLIN NO. LPG 138 พีเอชทำการวัดโดยเครื่องวัดพีเอชของ ORION รุ่น 230 A อุณหภูมิทำการวัดโดยเทอร์โมมิเตอร์ขนาด 0-50 องศาเซลเซียส ความเป็นด่างของน้ำทำการ

วิเคราะห์ตามวิธี Indicator method

3.3 การดำเนินการทดลอง

การดำเนินการทดลองเริ่มด้วยการทดลองในขั้นเตรียมการและการทดลองกับกระบวนการ

การต้นแบบ

3.3.1 การทดลองขั้นเตรียมการ

ได้แก่การเตรียมสารละลายสารส้มและการทดสอบแบบจาร์

การเตรียมสารละลายสารส้ม เนื่องจากสารส้มที่ใช้ในการวิจัยเป็นสารส้มน้ำประกอบด้วย Al_2O_3 6.7809% และมีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.272 การนำมาใช้จะเตรียมสารละลายสารส้มความเข้มข้น 10% ก่อน โดยนำสารส้มน้ำ 17.75 มิลลิลิตร มาเจือจางในน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วกวนด้วยเครื่องกวนเป็นเวลา 15 นาที ก่อนนำไปใช้ในการทดลอง

การทดสอบแบบจาร์มีขั้นตอนต่างๆดังนี้

1. วิเคราะห์น้ำดิบเพื่อหาค่าความขุ่น พีเอชและความเป็นด่าง
2. เติมน้ำดิบ 600 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์แต่ละใบจำนวน 6 ใบ วางในเครื่องสำหรับกวนแล้วเติมสารละลายสารส้มในปริมาณต่างๆที่ต้องการลงในใบที่ 2 ถึง 6 ตามลำดับ สำหรับบีกเกอร์ใบแรกไม่ต้องเติมสารส้มเนื่องจากจะใช้ในการเปรียบเทียบผล
3. กวนอย่างรวดเร็วด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที
4. ลดความเร็วของเครื่องกวนลงให้เหลือประมาณ 30 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 20 นาที

5. สังเกตดูเวลาที่เกิด Flocculation ขึ้นเป็นครั้งแรกของแต่ละบีกเกอร์ ตลอดจนขนาดและปริมาณของ Flocculation

6. ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมงให้ตกตะกอน

7. สังเกตดูตะกอนที่เกิดขึ้นตลอดจน Flocculation ที่เหลือซึ่งไม่นอนก้นในบีกเกอร์ทั้ง 6

8. ดูเอาแต่น้ำใสด้านบนมาวิเคราะห์หาค่าความขุ่น พีเอช และความเป็นด่าง

9. เลือกใช้ความเข้มข้นของสารละลายสารส้มต่ำสุดที่ทำให้ค่าความขุ่นต่ำกว่า 10 หน่วย แต่ถ้าไม่ปรากฏบีกเกอร์ใดที่มีความขุ่นต่ำกว่า 10 หน่วยจะทิ้งน้ำทั้ง 6 บีกเกอร์ แล้วทำใหม่โดยเปลี่ยนปริมาณสารเคมีที่ใช้

3.3.2 การทดลองในกระบวนการค้นแบบ

มีลำดับการทดลองดังนี้

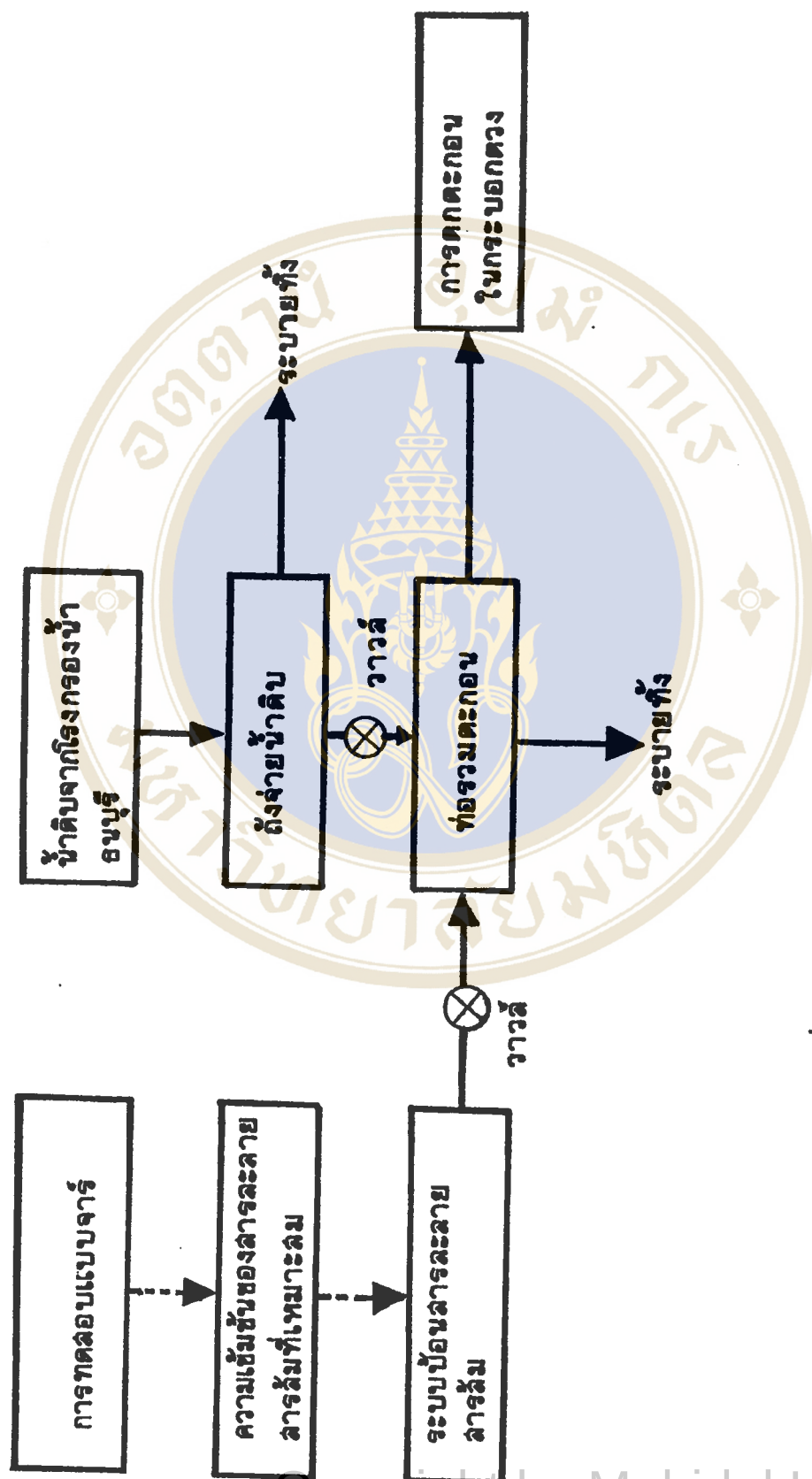
1. เลือกชนิดของท่อรวมตะกอนที่ใช้

2. เลือกค่าอัตราไหลของน้ำดิบเข้าท่อรวมตะกอนที่ให้ค่า G ตามต้องการ

3. เปิดน้ำดิบเข้าถึงจ่ายน้ำดิบ รอกจนกระทั่งมีน้ำไหลผ่านเข้าสู่ตอนที่ 3 ของถังถังจึงเปิดวาล์วให้น้ำไหลจากถังจ่ายเข้าท่อรวมตะกอน ปรับวาล์วให้น้ำไหลเข้าสู่ท่อรวมตะกอนตามอัตราไหลที่ต้องการ พร้อมวัดอุณหภูมิของน้ำ

4. เปิดวาล์วให้สารละลายสารส้มไหลจากขวดที่ 1 ลงสู่ขวดที่ 2 รอกจนกระทั่งมีสารละลายสารส้มไหลผ่านเข้าสู่ขวดที่ 3 จึงเปิดวาล์วให้สารละลายสารส้มไหลจากขวดที่ 2 เข้าท่อรวมตะกอน โดยปรับวาล์วให้สารละลายสารส้มไหลตามอัตราไหลที่ทำให้ความเข้มข้นเท่ากับการทดลองแบบจาร์

5. ปลอ่ยให้ระบบทำงานประมาณ 15 นาที เริ่มตรวจสอบสภาวะคงที่(Steady state) ของการรวมตะกอน โดยเก็บน้ำจากปลายท่อรวมตะกอนนำมาปลอ่ยให้ตกตะกอนในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตรเป็นเวลา 5 นาที ดูค่าน้ำจากบริเวณต่ำกว่าผิวหน้า



รูปที่ 3.4 แสดงแผนผังการดำเนินงานการตลาด

ประมาณ 1 เซนติเมตรขึ้นมามีค่าความชื้น ทำเช่นนี้เป็นระยะทุก 5 นาที จนกระทั่งความชื้นของน้ำที่วัดได้คงที่ ถือว่าการรวมตะกอนเข้าสู่สภาวะคงที่ ทั้งไว้ประมาณ 15 นาที เปิดวาล์วที่จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 22 เมตร ปล่อยให้ระบบทำงานต่อไปอีกประมาณ 5 นาที จึงเริ่มเก็บตัวอย่างน้ำ

6. ทำการเก็บตัวอย่างน้ำที่จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 22 เมตรลงในกระบอกตวงขนาด 1000 มิลลิลิตร จำนวน 3 กระบอกตวง แล้วเปิดวาล์วที่จุดเก็บตัวอย่างน้ำ 18 เมตร ปล่อยให้ระบบทำงานอีกประมาณ 5 นาที จึงเริ่มเก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 3 กระบอกตวงเช่นเดียวกับที่จุดเก็บตัวอย่างน้ำ 22 เมตร ปิดวาล์ว ทำเช่นนี้จนกระทั่งเก็บตัวอย่างน้ำได้ครบทั้ง 6 จุด
7. ปล่อยตัวอย่างน้ำแต่ละตัวอย่างตกตะกอนในกระบอกตวงเป็นเวลา 80 100 และ 120 นาที จากนั้นจึงคูลน้ำใส่จากบริเวณต่ำกว่าผิวหน้า 5 10 15 20 และ 25 เซนติเมตร ในแต่ละกระบอกตวงมาทำการวัดค่าความชื้น
8. ทำการล้างกระบอกตวงการต้นแบบโดยใช้น้ำประปาไหลผ่านเข้าระบบแทนน้ำดิบ
9. เริ่มทำการทดลองใหม่โดยใช้ G เดิมจนครบ 3 ครั้งแล้วจึงเปลี่ยนค่า G จนครบทุกค่า G แล้วจึงเปลี่ยนชนิดท่อรวมตะกอนท้าวเข้าเช่นเดิมจนครบ
10. ผลการทดลองที่ได้นำมาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) ที่แต่ละค่า G และ t

ผลการทดลองและการวิจารณ์

ในการศึกษามุ่งพิจารณาถึงผลของพารามิเตอร์ควบคุมหรือเกรเดียนต์ความเร็ว (G) และ เวลาพักน้ำ (t) ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของกระบวนการรวมตะกอนในท่อพีวีซีและท่อ เหล็กอาบสังกะสี และประเมินถึงความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคในการใช้กระบวนการรวมตะกอน ในท่อทั้ง 2 ชนิดสำหรับกำจัดความขุ่นให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ก่อนเข้าสู่กระบวนการกรองต่อไป

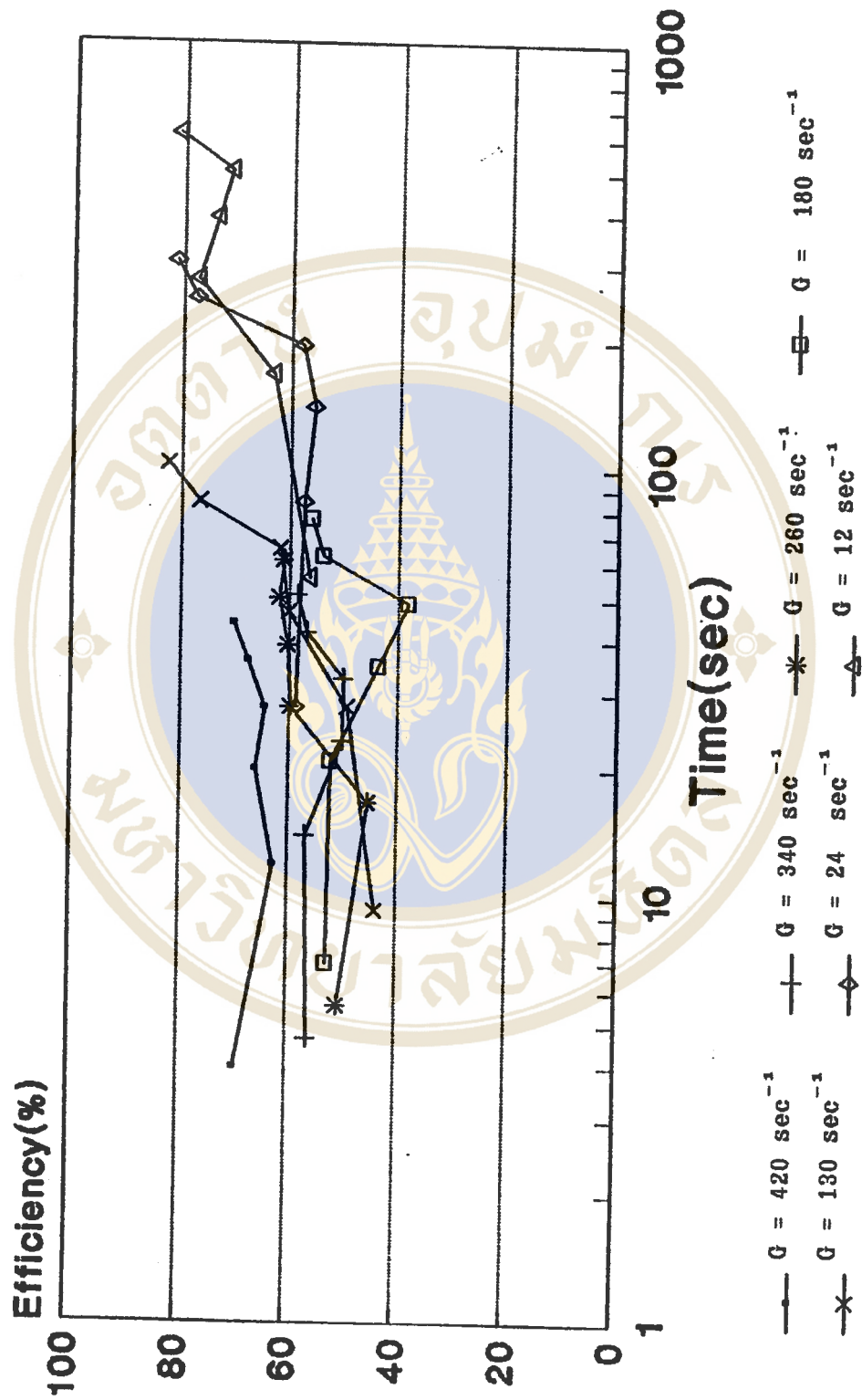
กำหนดให้

$$\text{ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น(\%)} = \frac{\text{ความขุ่นในกระแสดำเข้า} - \text{ความขุ่นในกระแสน้ำออก}}{\text{ความขุ่นในกระแสดำเข้า}} \times 100$$

4.1 ผลของค่า G และ t ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นในท่อพีวีซี

ผลของ G และ t ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นในช่วงค่า G แปรจาก 12 ถึง 420 วินาที⁻¹ t แปรจาก 3.98 ถึง 612.81 วินาที แสดงไว้ในรูปที่ 4.1 ถึง 4.15 กำหนดให้ G' คือค่า G ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงสุด และ t' คือค่า t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงสุด

รูปที่ 4.1 ที่เวลาตกตะกอน 80 นาที ระยะห่างจากผิวหน้า 0.05 เมตร G' มีค่าเท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t' มีค่าเท่ากับ 102.33 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 82.38% G และ t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่า 80% คือ G เท่ากับ 12 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 612.81 วินาที G เท่ากับ 24 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 306.83 วินาทีและ G เท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 102.33 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 80.91 81.18 และ 82.38% ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมีแนวโน้มคงที่



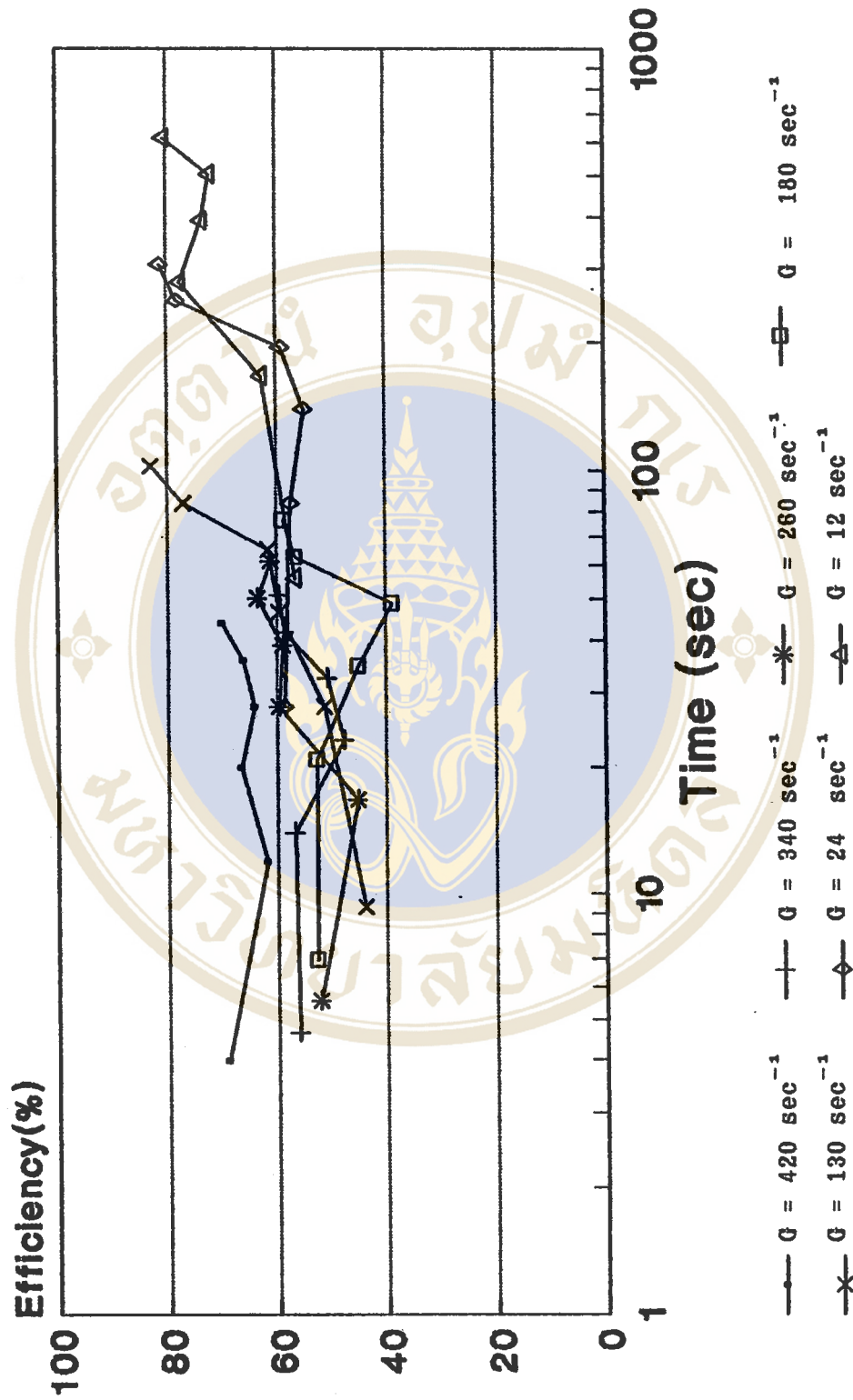
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อพีวีซีที่เวลาตกตะกอน 80 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.05 เมตร

ตามค่า t ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 12 ถึง 130 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้น

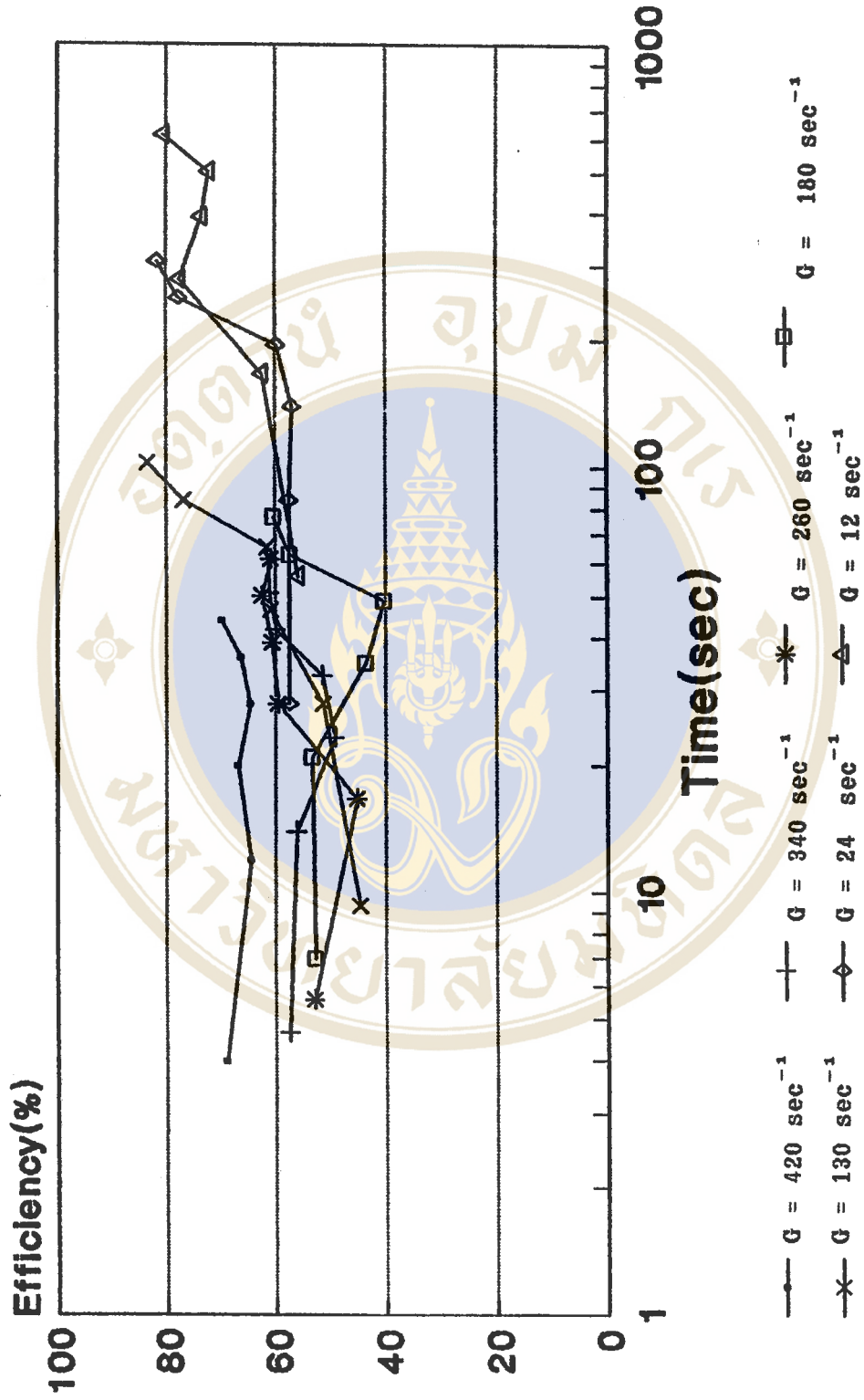
รูปที่ 4.2 ที่เวลาตกตะกอน 80 นาที ระยะห่างจากผิวน้ำ 0.10 เมตร G มีค่าเท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t มีค่าเท่ากับ 102.33 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 82.86% G และ t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่า 80% คือ G เท่ากับ 12 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 612.81 วินาที G เท่ากับ 24 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 306.83 วินาทีและ G เท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 102.33 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 80.47 81.19 และ 82.86% ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมีแนวโน้มคงที่ตามค่า t ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 12 ถึง 130 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้น

รูปที่ 4.3 ที่เวลาตกตะกอน 80 นาที ระยะห่างจากผิวน้ำ 0.15 เมตร G มีค่าเท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t มีค่าเท่ากับ 102.33 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 83.33% G และ t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่า 80% คือ G เท่ากับ 12 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 612.81 วินาที G เท่ากับ 24 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 306.83 วินาทีและ G เท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 102.33 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 80.42 81.48 และ 83.33% ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมีแนวโน้มคงที่ตามค่า t ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 12 ถึง 130 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้น

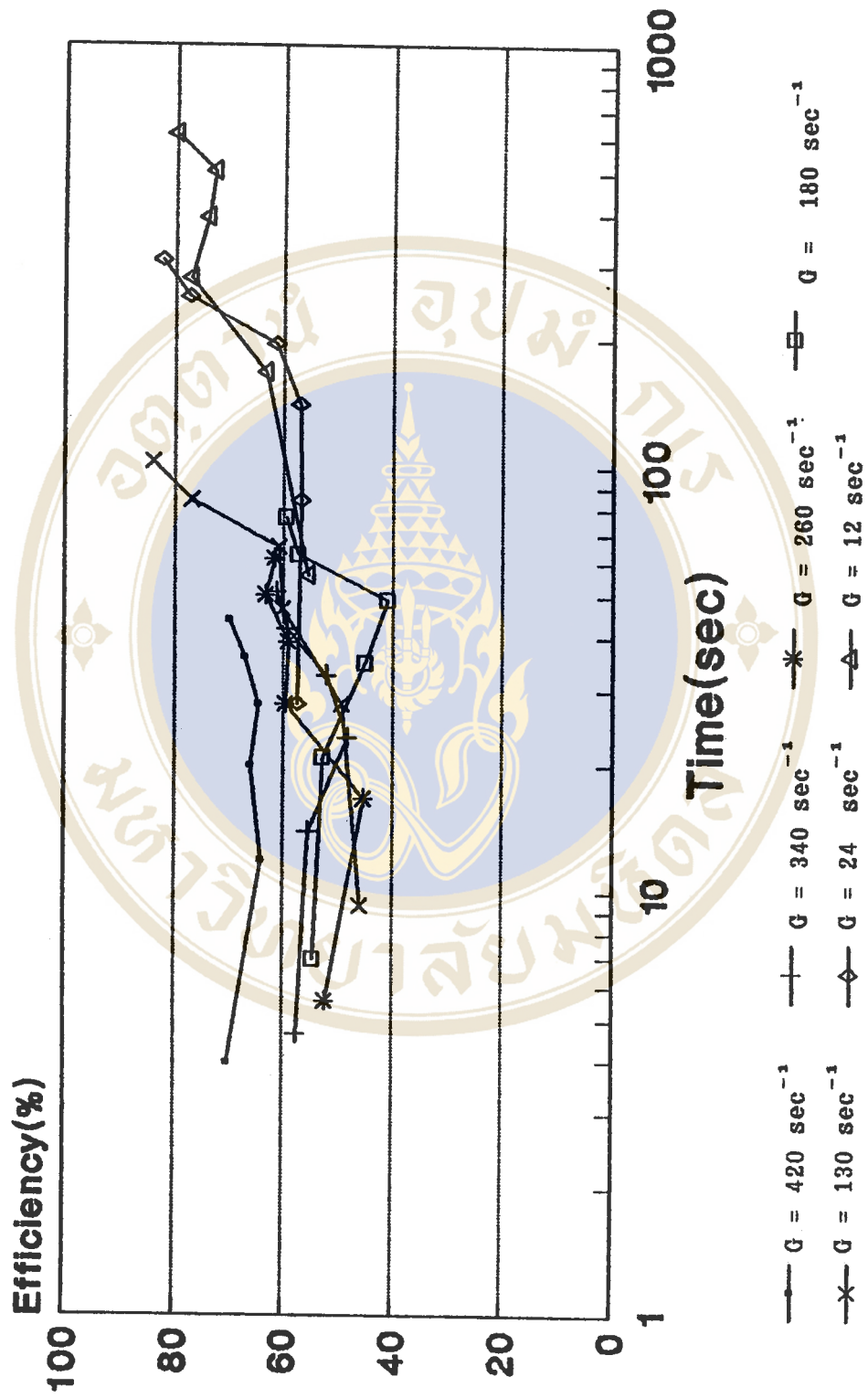
รูปที่ 4.4 ที่เวลาตกตะกอน 80 นาที ระยะห่างจากผิวน้ำ 0.20 เมตร G มีค่าเท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t มีค่าเท่ากับ 102.33 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อพีวีซีที่เวลาตกตะกอน 80 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.10 เมตร



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของทอพีวียที่เวลาตกตะกอน 80 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.15 เมตร

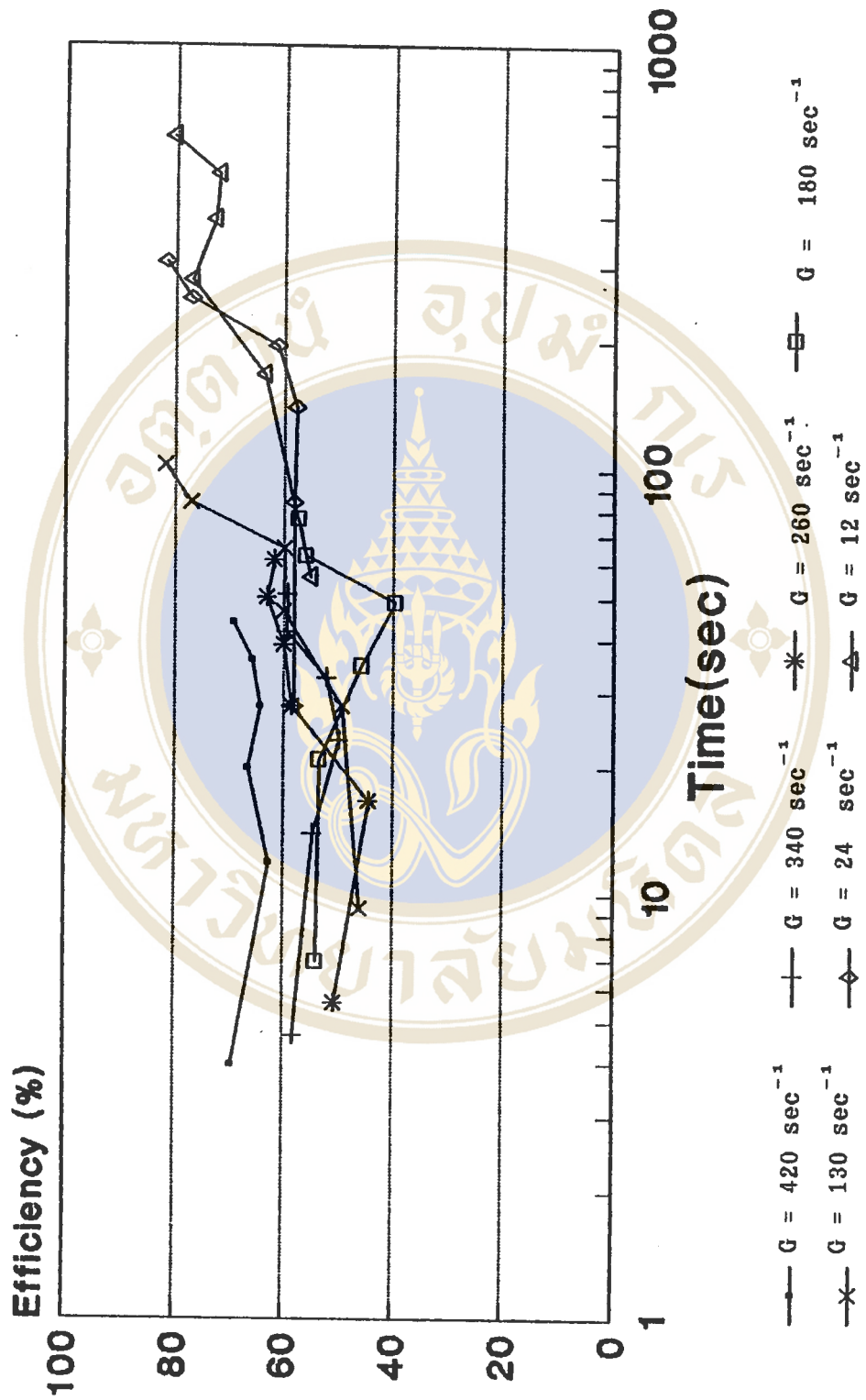


รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อพีวีซีที่เวลาตกตะกอน 80 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.20 เมตร

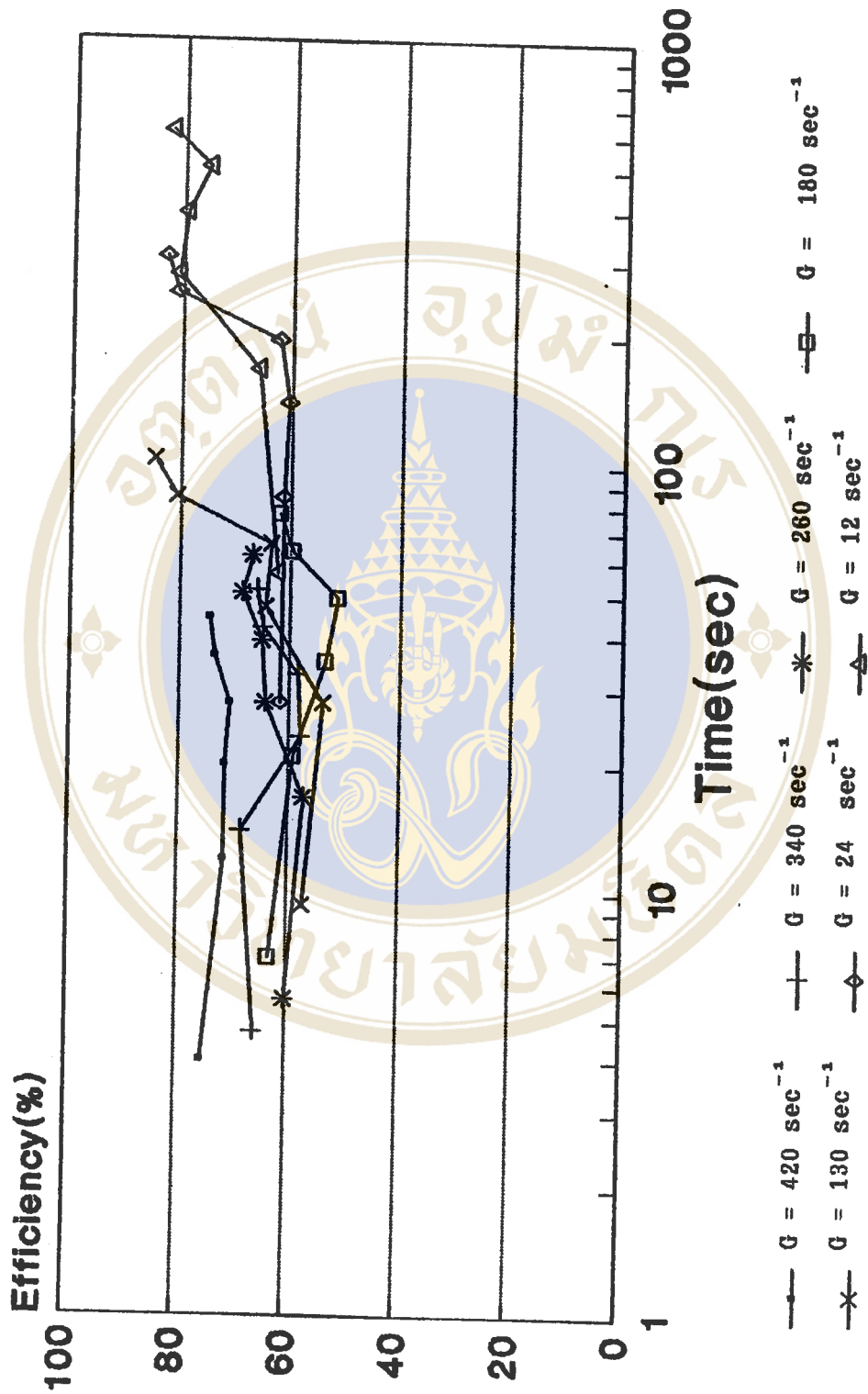
83.78% G และ t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่า 80% คือ G เท่ากับ 12 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 612.81 วินาที G เท่ากับ 24 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 306.83 วินาทีและ G เท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 102.33 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 80.00 82.23 และ 83.78% ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมีแนวโน้มคงที่ตามค่า t ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 12 ถึง 130 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้น

รูปที่ 4.5 ที่เวลาตกตะกอน 80 นาที ระยะห่างจากผิวน้ำ 0.25 เมตร G' มีค่าเท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t' มีค่าเท่ากับ 102.33 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 81.68% G และ t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่า 80% คือ G เท่ากับ 12 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 612.81 วินาที G เท่ากับ 24 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 306.83 วินาทีและ G เท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 102.33 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 80.30 81.48 และ 81.68% ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมีแนวโน้มคงที่ตามค่า t ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 12 ถึง 130 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้น

รูปที่ 4.6 ที่เวลาตกตะกอน 100 นาที ระยะห่างจากผิวน้ำ 0.05 เมตร G' มีค่าเท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t' มีค่าเท่ากับ 102.33 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 84.65% G และ t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่า 80% คือ G เท่ากับ 12 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 612.81 วินาที G เท่ากับ 24 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 251.05 และ 306.83 วินาที และ G เท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 83.72 และ 102.33 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 82.19 80.75 82.88 80.56 และ 84.65% ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมีแนวโน้มคงที่ตามค่า t ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 12 ถึง 130



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อพีวีซีเวลาตกตะกอน 80 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.25 เมตร

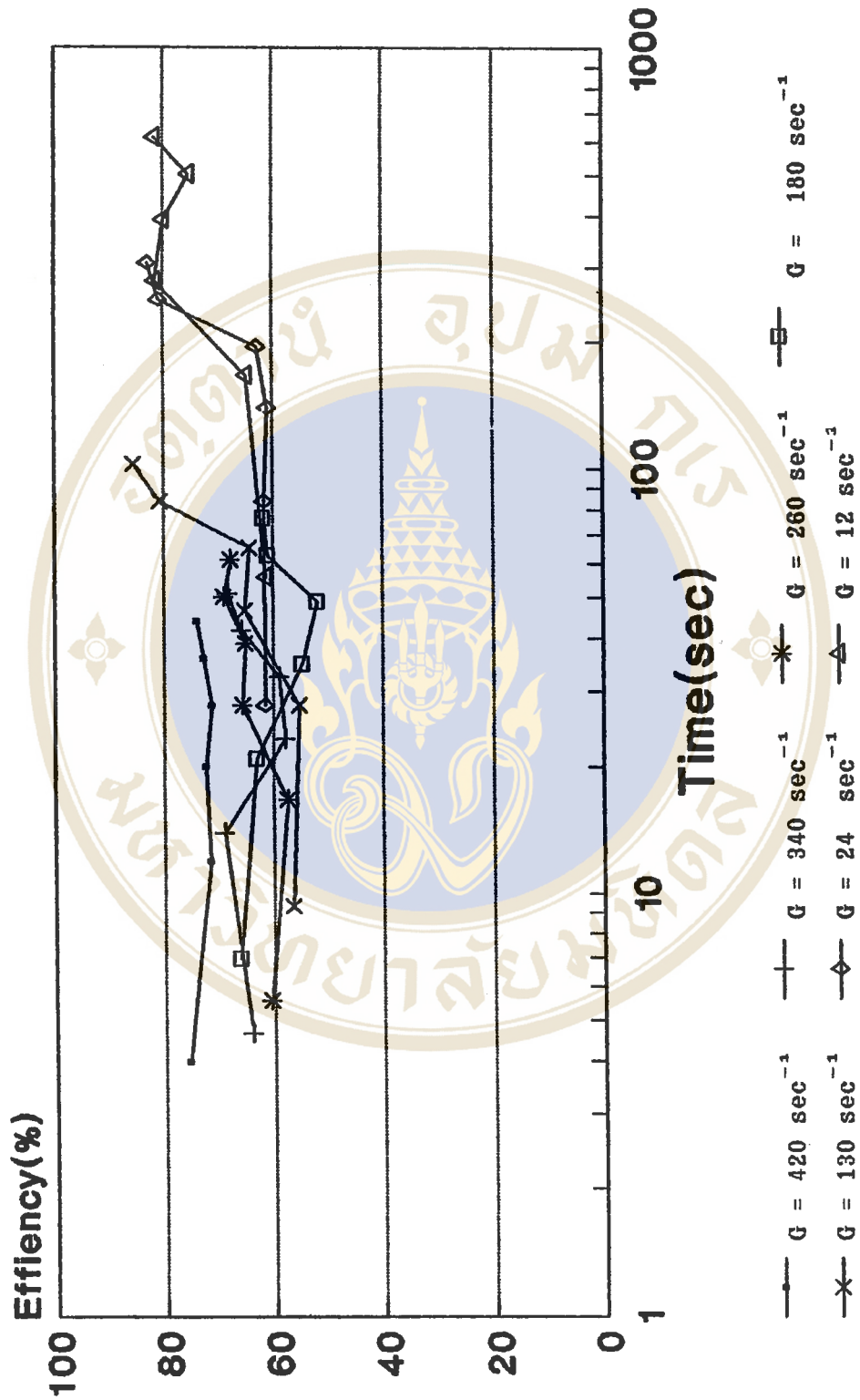


รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อพีวีซีที่เวลาตกตะกอน 100 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.05 เมตร

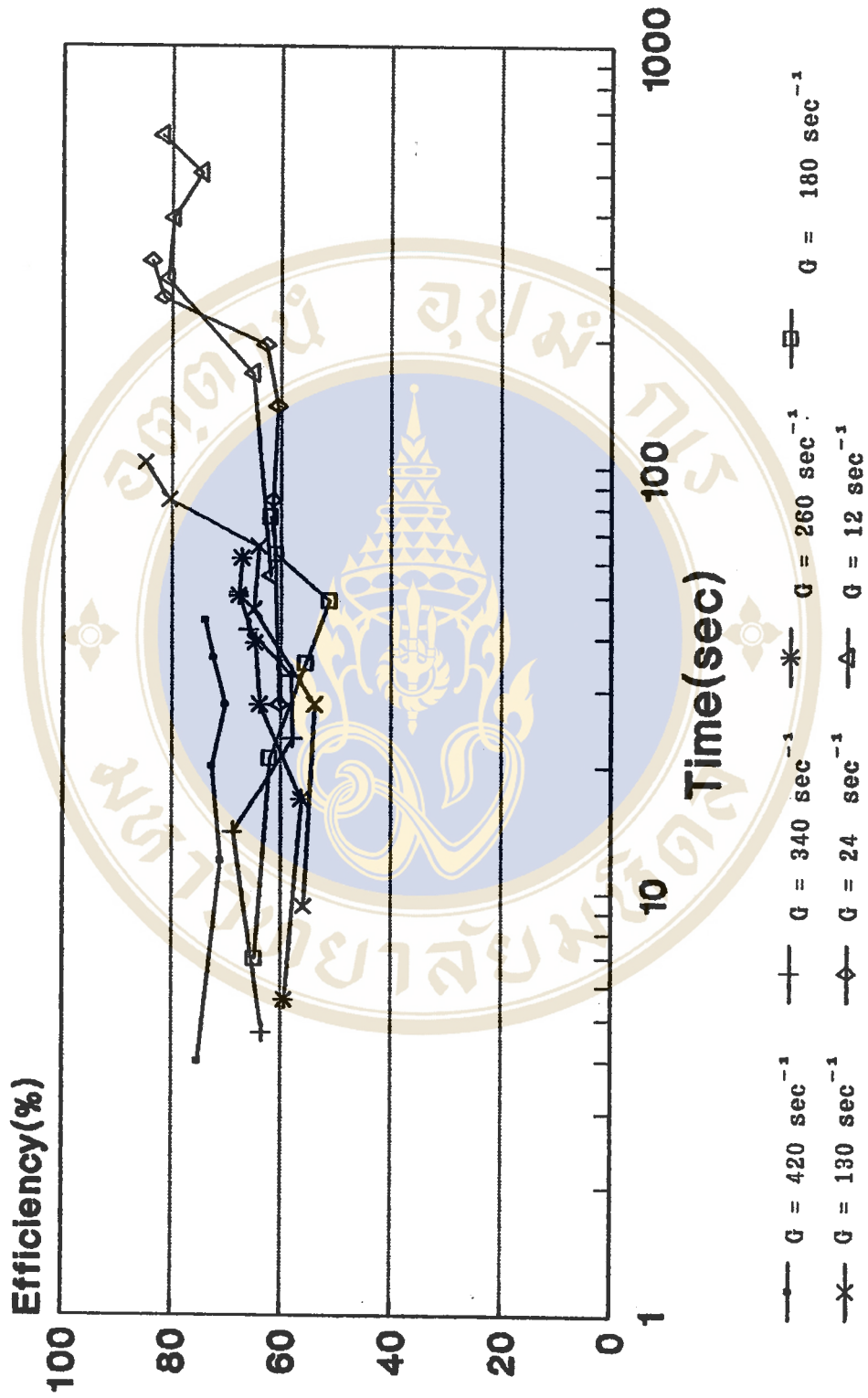
วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้น

รูปที่ 4.7 ที่เวลาตกตะกอน 100 นาทีระยะห่างจากผิวน้ำ 0.15 เมตร G' มีค่าเท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t' มีค่าเท่ากับ 102.33 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 84.81% G และ t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่า 80% คือ G เท่ากับ 12 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 612.81 วินาที G เท่ากับ 24 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 251.05 และ 306.83 วินาที และ G เท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 83.72 และ 102.33 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 81.74 81.36 83.51 80.40 และ 84.81% ตามลำดับ ทั้งนี้ ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นส่วนใหญ่มีแนวโน้มคงที่ตามค่า t ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 12 ถึง 130 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้น

รูปที่ 4.8 ที่เวลาตกตะกอน 100 นาทีระยะห่างจากผิวน้ำ 0.15 เมตร G' มีค่าเท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t' มีค่าเท่ากับ 102.33 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 85.45% G และ t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่า 80% คือ G เท่ากับ 12 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 278.55 389.97 และ 612.81 วินาที G เท่ากับ 24 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 251.05 และ 306.83 วินาที และ G เท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 83.72 และ 102.33 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 81.36 80.00 81.61 80.71 82.76 80.61 และ 85.45% ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมีแนวโน้มคงที่ตามค่า t ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 12 ถึง 130 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้น



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อพีวีซีที่เวลาตกตะกอน 100 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.10 เมตร

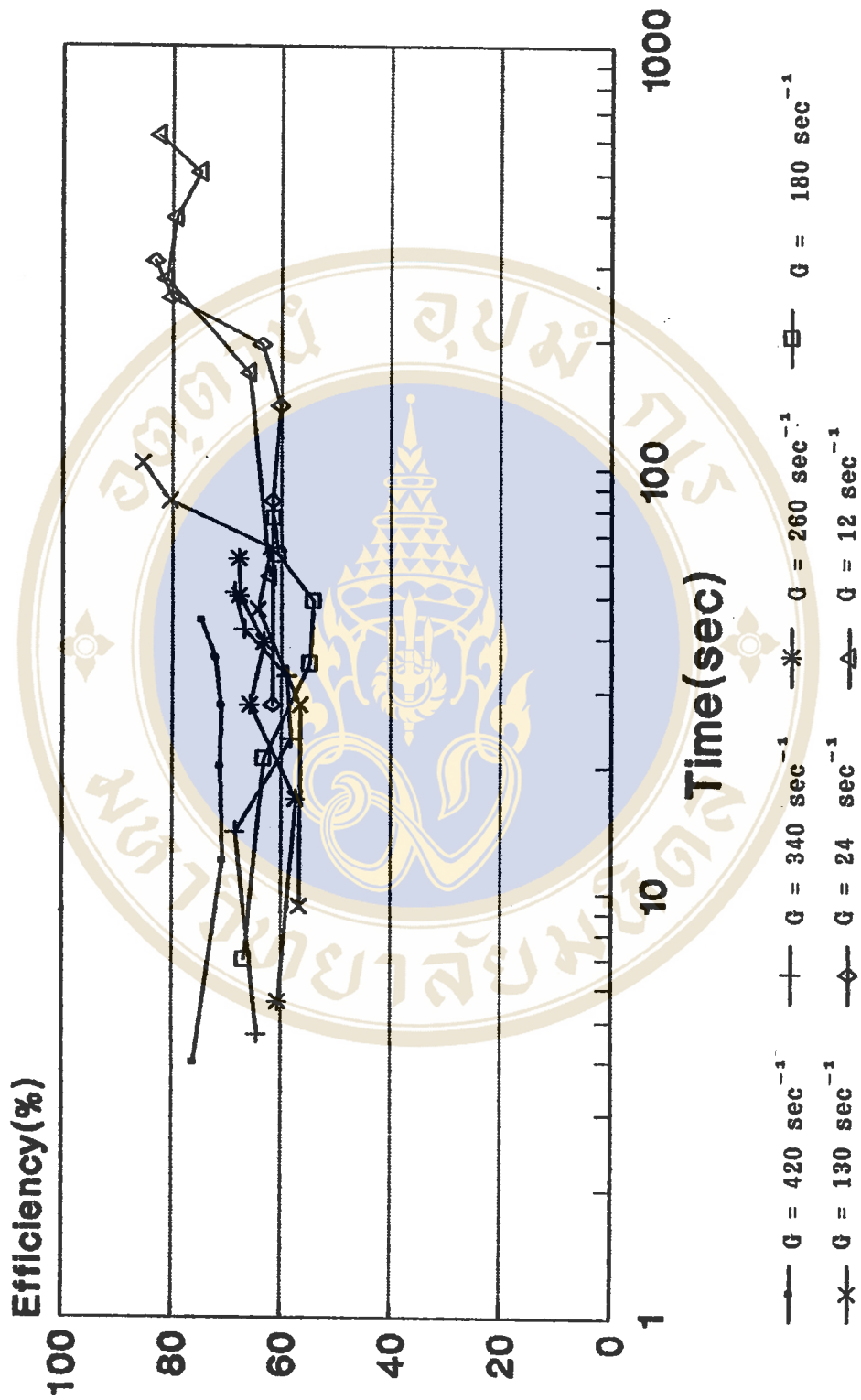


รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อพีวีซีที่เวลาตกตะกอน 100 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.15 เมตร

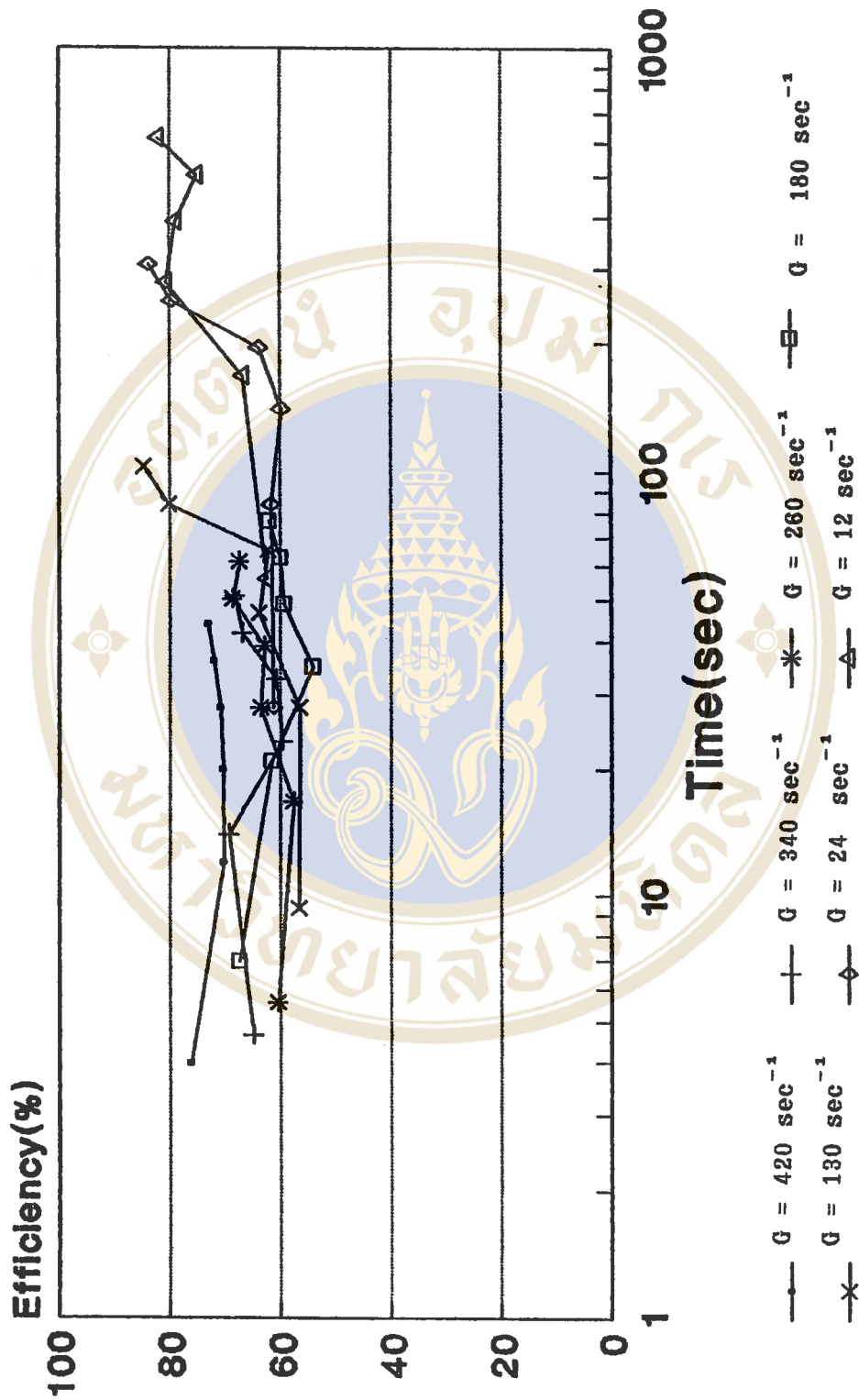
รูปที่ 4.9 ที่เวลาตกตะกอน 100 นาทีระยะห่างจากผิวหน้า 0.20 เมตร G' มีค่าเท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t' มีค่าเท่ากับ 102.33 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 85.35% G และ t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่า 80% คือ G เท่ากับ 12 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 612.81 วินาที G เท่ากับ 24 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 251.05 และ 306.83 วินาที และ G เท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 83.72 และ 102.33 วินาทีโดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 82.30 80.11 82.98 80.31 และ 85.35% ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมีแนวโน้มคงที่ตามค่า t ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 12 ถึง 130 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้น

รูปที่ 4.10 ที่เวลาตกตะกอน 100 นาทีระยะห่างจากผิวหน้า 0.25 เมตร G' มีค่าเท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t' มีค่าเท่ากับ 102.33 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 84.64% G และ t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่า 80% คือ G เท่ากับ 12 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 612.81 วินาที G เท่ากับ 24 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 306.83 วินาทีและ G เท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 83.72 และ 102.33 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 82.13 83.74 80.08 และ 84.645% ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมีแนวโน้มคงที่ตามค่า t ที่สูงขึ้นยกเว้น G เท่ากับ 12 ถึง 130 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้น

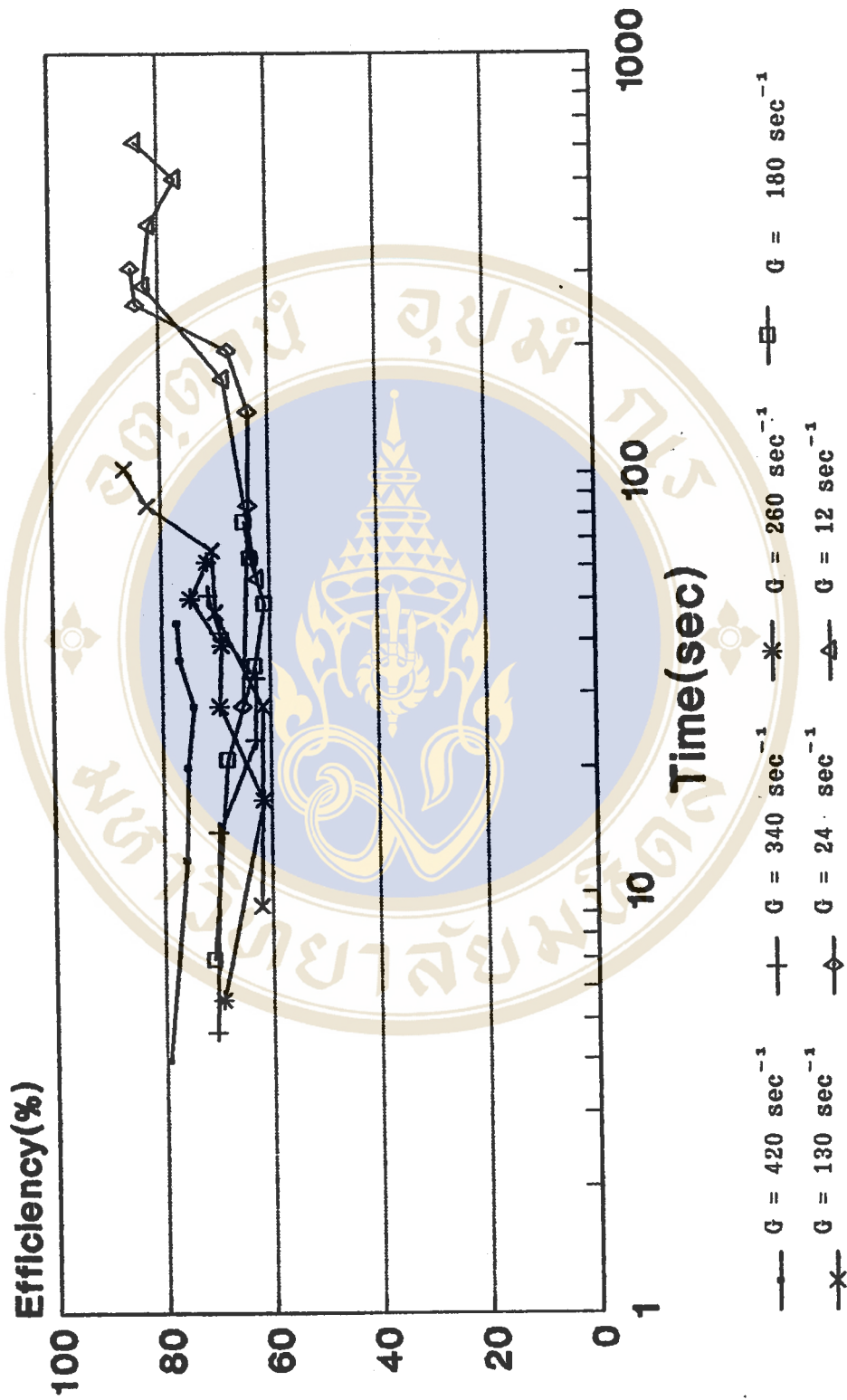
รูปที่ 4.11 ที่เวลาตกตะกอน 120 นาทีระยะห่างจากผิวหน้า 0.05 เมตร G' มีค่าเท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t' มีค่าเท่ากับ 102.33 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 86.50% G และ t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่า 80% คือ G เท่ากับ 12 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 278.55 389.97 และ 612.81 วินาที G เท่ากับ 24 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 251.05 และ 306.83 วินาที และ G เท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 83.72 และ 102.33



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อพีวีซีที่เวลาตกตะกอน 100 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.20 เมตร



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อพีวีซีที่เวลาตกตะกอน 100 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.25 เมตร

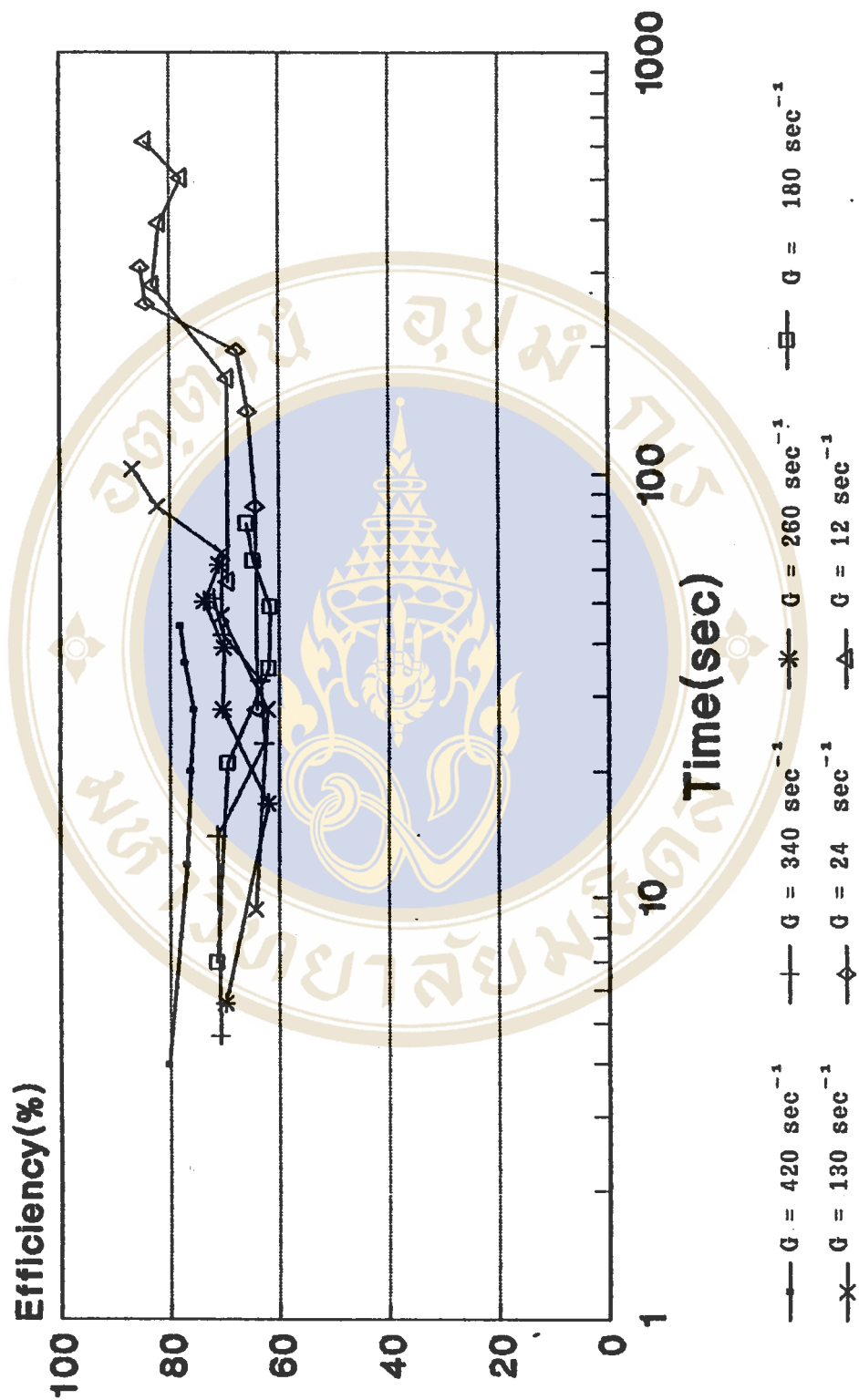


รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อพีวีซีที่เวลาตกตะกอน 120 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.05 เมตร

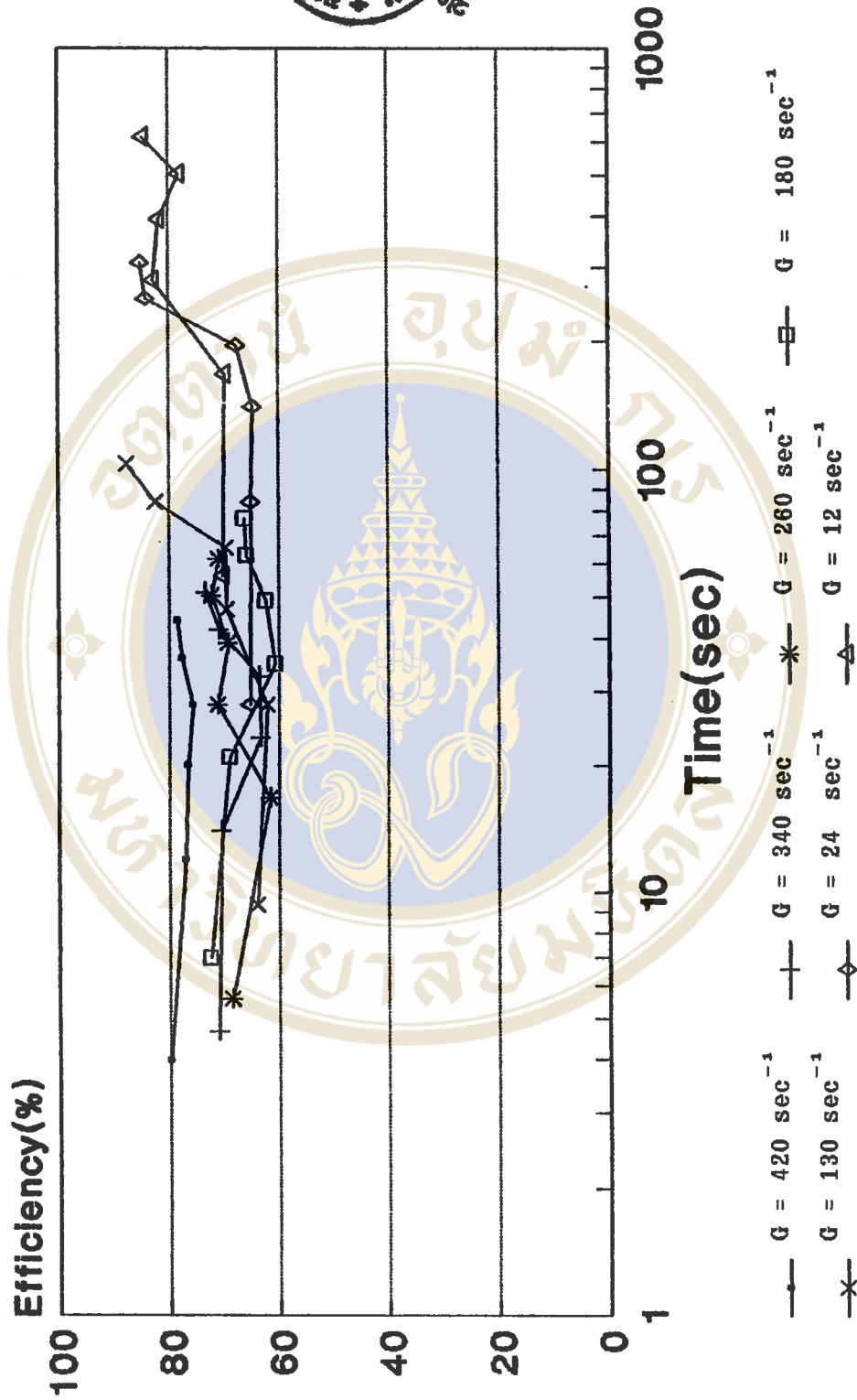
วินาทีโดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 82.61 81.56 83.90 84.12 84.87
82.30 และ 86.50% ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมีแนวโน้มคงที่ตามค่า t
ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 12 ถึง 130 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t
ที่สูงขึ้น

รูปที่ 4.12 ที่เวลาตกตะกอน 120 นาทีระยะห่างจากผิวหน้า 0.10 เมตร G' มีค่าเท่ากับ
130 วินาที⁻¹ t' มีค่าเท่ากับ 102.33 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ
86.82% G และ t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่า 80% คือ G เท่ากับ 12
วินาที⁻¹ t เท่ากับ 278.55 389.97 และ 612.81 วินาที G เท่ากับ 24 วินาที⁻¹ t เท่ากับ
251.05 และ 306.83 วินาที และ G เท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 83.72 และ 102.33
วินาทีโดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 83.08 81.87 84.33 84.25 85.19
82.25 และ 86.82% ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมีแนวโน้มคงที่ตามค่า t
ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 12 ถึง 130 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่
สูงขึ้น

รูปที่ 4.13 ที่เวลาตกตะกอน 120 นาทีระยะห่างจากผิวหน้า 0.15 เมตร G' มีค่าเท่ากับ
130 วินาที⁻¹ t' มีค่าเท่ากับ 102.33 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ
87.56% G และ t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่า 80% คือ G เท่ากับ 12
วินาที⁻¹ t เท่ากับ 278.55 389.97 และ 612.81 วินาที G เท่ากับ 24 วินาที⁻¹ t เท่ากับ
251.05 และ 306.83 วินาที และ G เท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 83.72 และ 102.33
วินาทีโดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 82.77 81.72 84.64 84.14 85.00
82.31 และ 87.56% ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมีแนวโน้มคงที่ตามค่า t
ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 12 ถึง 130 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่



รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อพีวีซีที่เวลาตกตะกอน 120 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.10 เมตร



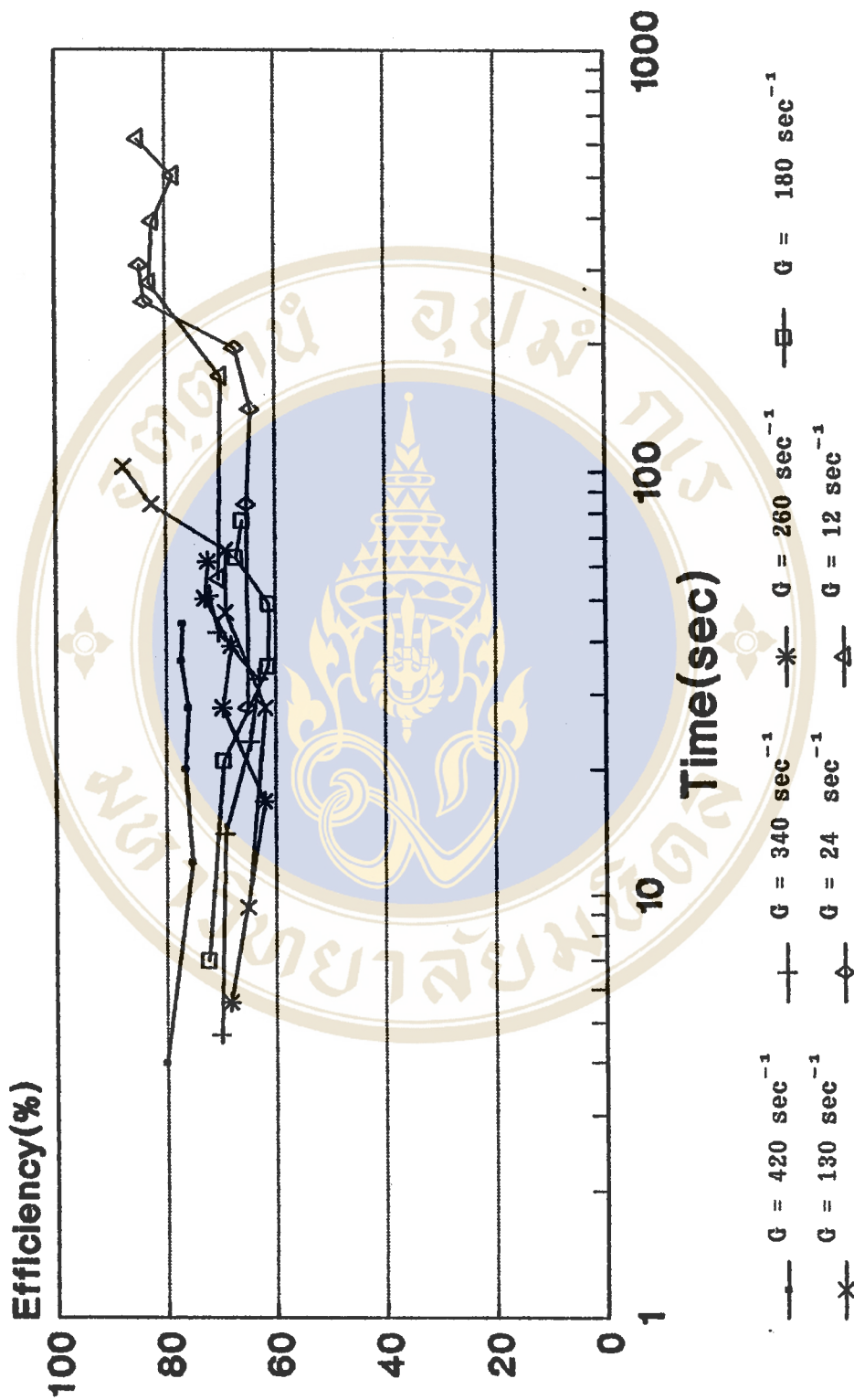
รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของก๊อพอพวิธิเวลาตกตะกอน 120 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.15 เมตร

สูงขึ้น

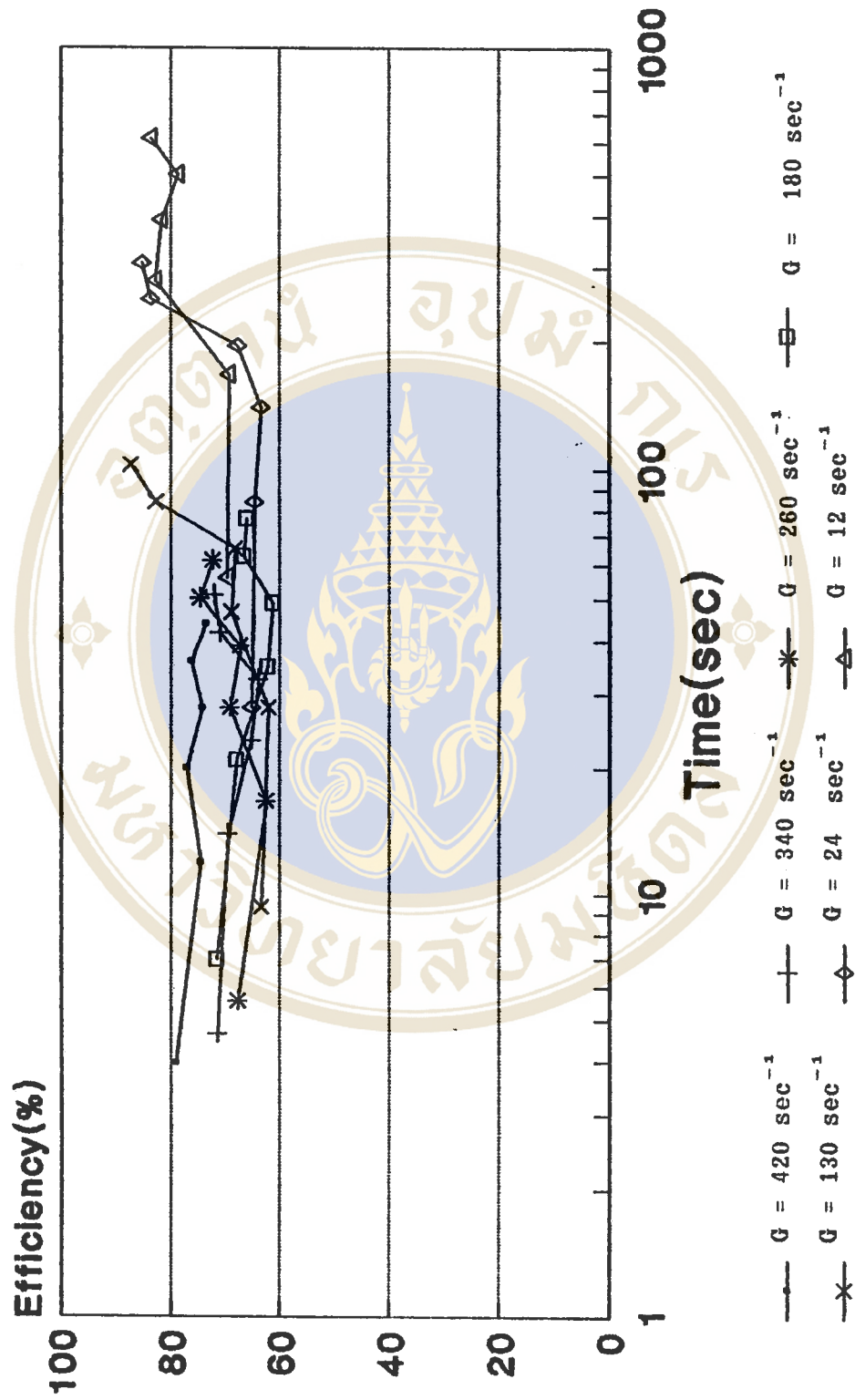
รูปที่ 4.14 ที่เวลาตกตะกอน 120 นาที ระยะห่างจากผิวน้ำ 0.20 เมตร G' มีค่าเท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t' มีค่าเท่ากับ 102.33 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 87.52% G และ t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่า 80% คือ G เท่ากับ 12 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 278.55 389.97 และ 612.81 วินาที G เท่ากับ 24 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 251.05 และ 306.83 วินาที และ G เท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 83.72 และ 102.33 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 82.69 82.18 84.84 83.70 84.48 82.52 และ 87.52% ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมีแนวโน้มคงที่ตามค่า t ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 12 ถึง 130 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้น

รูปที่ 4.15 ที่เวลาตกตะกอน 120 นาที ระยะห่างจากผิวน้ำ 0.25 เมตร G' มีค่าเท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t' มีค่าเท่ากับ 102.33 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 87.19% G และ t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่า 80% คือ G เท่ากับ 12 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 389.97 และ 612.81 วินาที G เท่ากับ 24 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 251.05 และ 306.83 วินาที และ G เท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 83.72 และ 102.33 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 81.72 83.54 83.52 85.10 82.56 และ 87.19% ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมีแนวโน้มคงที่ตามค่า t ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 12 ถึง 130 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้น

จากผลการทดลองดังกล่าวข้างต้นประเมินได้ว่ากระบวนการรวมตะกอนในท่อพีวีซี G' มีค่าเท่ากับ 130 วินาที⁻¹ t' มีค่าเท่ากับ 102.33 วินาที ทุกเวลาตกตะกอนและระยะห่างจาก



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อพีวีซีที่เวลาตกตะกอน 120 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.20 เมตร



รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อพริชิตเวลาตกตะกอน 120 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.25 เมตร

ผิวน้ำ โดยประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นจะสูงขึ้นตามเวลาตกตะกอนที่เพิ่มขึ้น

อนึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าที่ค่า G สูงตั้งแต่ 180 ถึง 420 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพกำจัดความขุ่นมีค่าคงที่ตามค่า t ที่เพิ่มขึ้น และที่ค่า G เท่ากับ 12 ถึง 130 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่า t ที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากพารามิเตอร์ G และ t มีบทบาทโดยตรงในการกำหนดประสิทธิภาพการรวมตะกอนในท่อพีวีซี ค่า G และ t หนึ่งๆจะให้ประสิทธิภาพการรวมตะกอนระดับหนึ่ง ค่า G และ t ที่เหมาะสมจะให้ประสิทธิภาพการรวมตะกอนสูงสุดยังผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงสุด ที่ค่า G ต่ำประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงขึ้นตามค่า t ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจาก t ที่เพิ่มขึ้นจะเพิ่มโอกาสให้ตะกอนมีโอกาสสัมผัสและจับตัวกันทำให้ได้ตะกอนขนาดใหญ่เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น ขณะที่ค่า G สูง ประสิทธิภาพการรวมตะกอนสูงสุดที่ t ต่ำ ดังนั้นค่า t ที่เพิ่มขึ้นจึงไม่เพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น

4.2 ผลของค่า G และ t ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดความชื้นในท่อเหล็กอาบสังกะสี

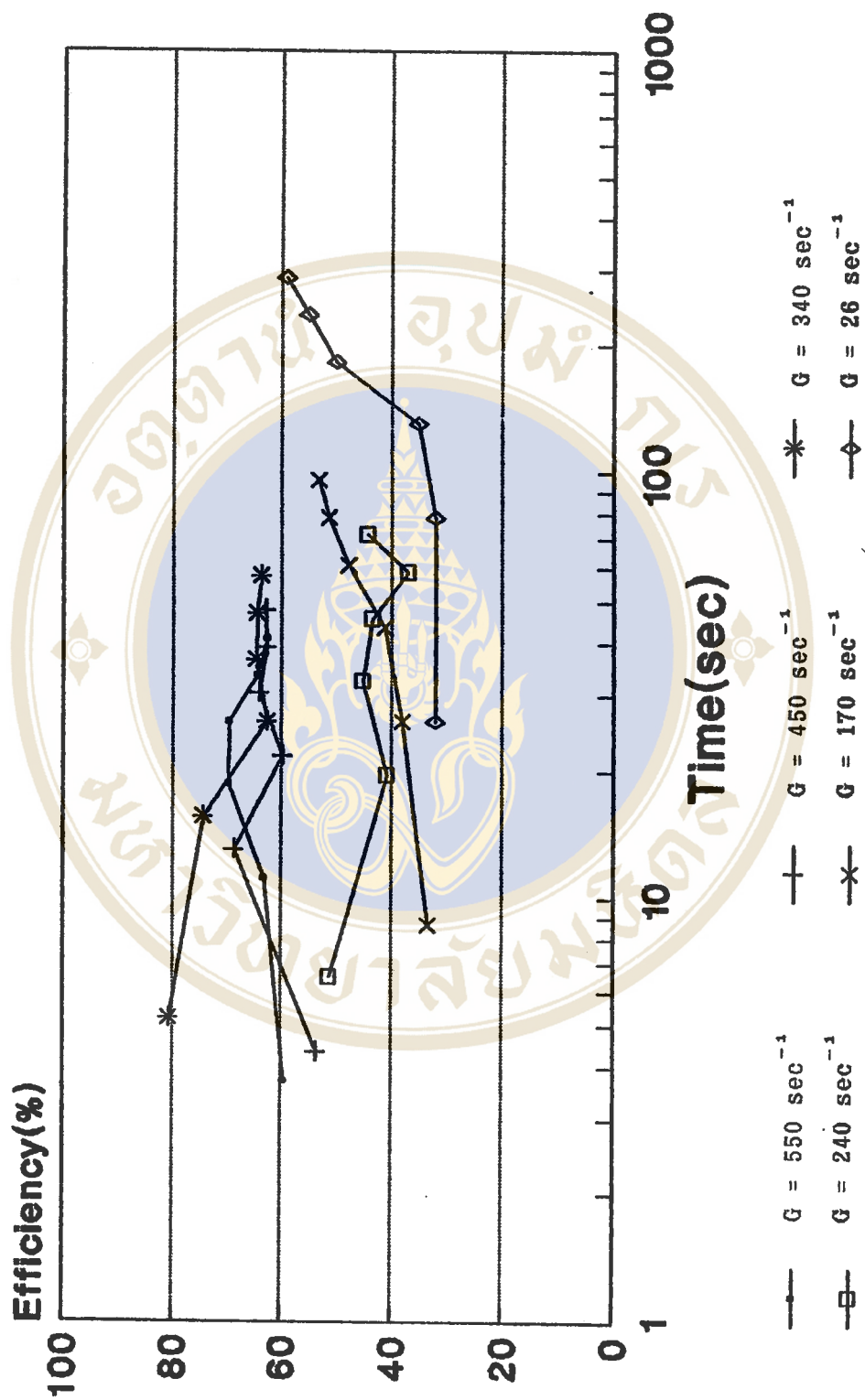
ผลของ G และ t ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดความชื้นในช่วงค่า G แปรจาก 26 ถึง 550 วินาที⁻¹ t แปรจาก 3.71 ถึง 285.71 วินาที แสดงไว้ในรูปที่ 4.16 ถึง 4.30 กำหนดให้ G' คือค่า G ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความชื้นสูงสุด และ t' คือค่า t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความชื้นสูงสุด

รูปที่ 4.16 ที่เวลาตกตะกอน 80 นาที ระยะห่างจากผิวหน้า 0.05 เมตร G' มีค่าเท่ากับ 340 วินาที⁻¹ t' มีค่าเท่ากับ 5.19 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความชื้นเท่ากับ 88.59% ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความชื้นมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 240 ถึง 340 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มลดลงตามค่า t ที่สูงขึ้น

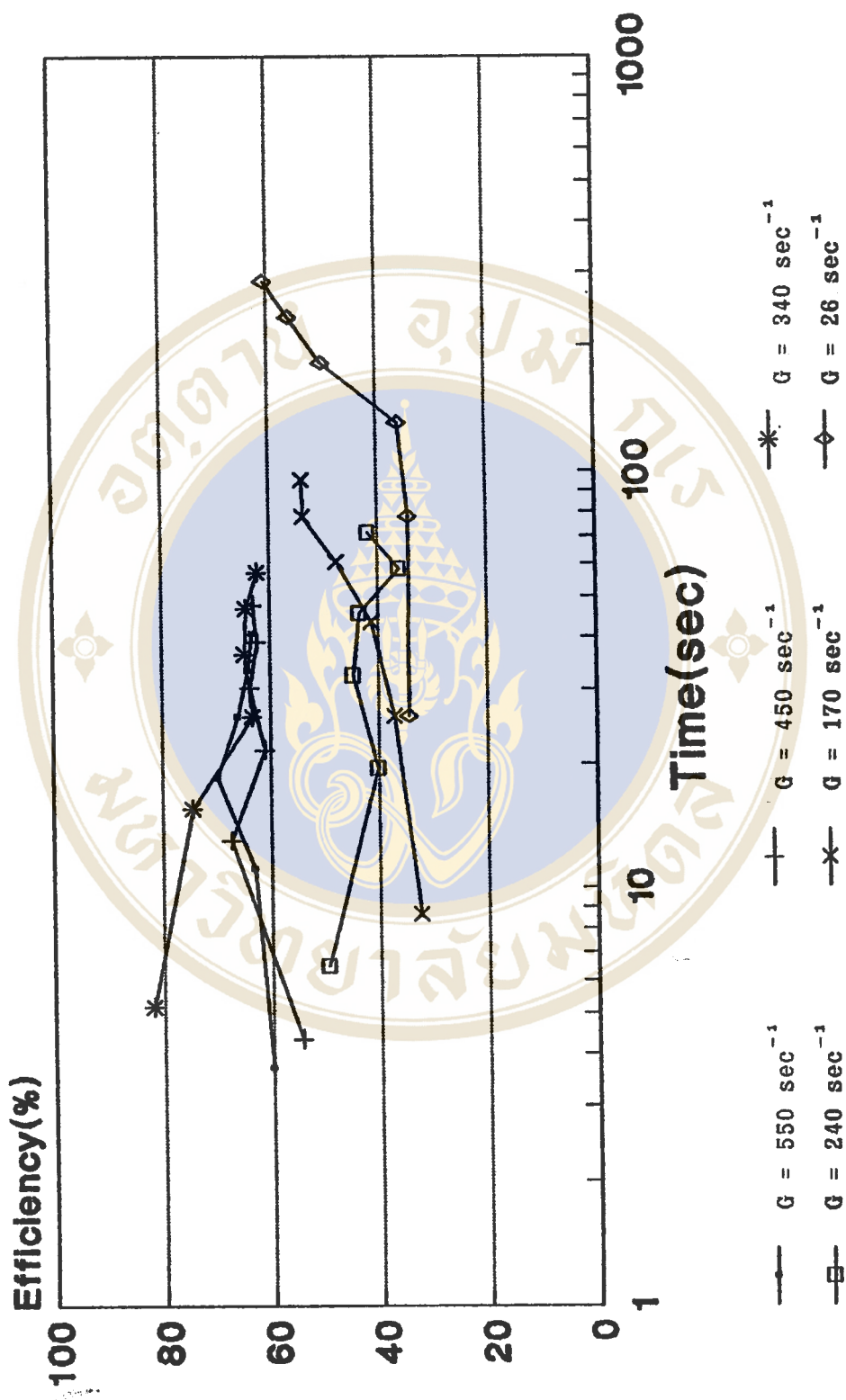
รูปที่ 4.17 ที่เวลาตกตะกอน 80 นาที ระยะห่างจากผิวหน้า 0.10 เมตร G' มีค่าเท่ากับ 340 วินาที⁻¹ t' มีค่าเท่ากับ 5.19 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความชื้นเท่ากับ 81.88% ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความชื้นมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 240 ถึง 340 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มลดลงตามค่า t ที่สูงขึ้น

รูปที่ 4.18 ที่เวลาตกตะกอน 80 นาที ระยะห่างจากผิวหน้า 0.15 เมตร G' มีค่าเท่ากับ 340 วินาที⁻¹ t' มีค่าเท่ากับ 5.19 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความชื้นเท่ากับ 82.10% ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความชื้นมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 240 ถึง 340 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มลดลงตามค่า t ที่สูงขึ้น

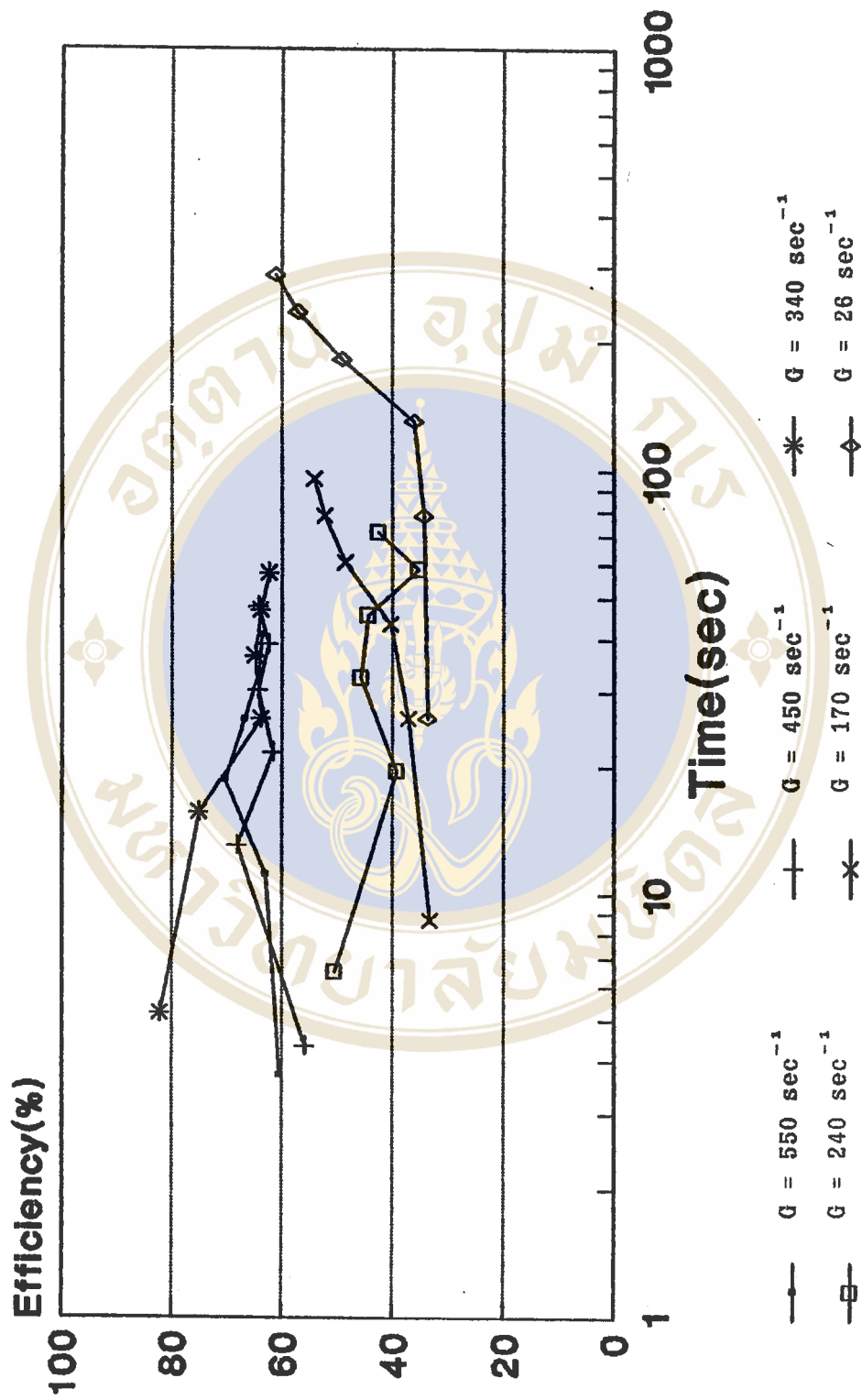
รูปที่ 4.19 ที่เวลาตกตะกอน 80 นาที ระยะห่างจากผิวหน้า 0.20 เมตร G' มีค่าเท่ากับ 340 วินาที⁻¹ t' มีค่าเท่ากับ 5.19 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความชื้นเท่ากับ



รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กอบสังกะสีที่เวลาตกตะกอน 80 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.05 เมตร



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กอบสังกะสีที่เวลาตกตะกอน 80 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.10 เมตร



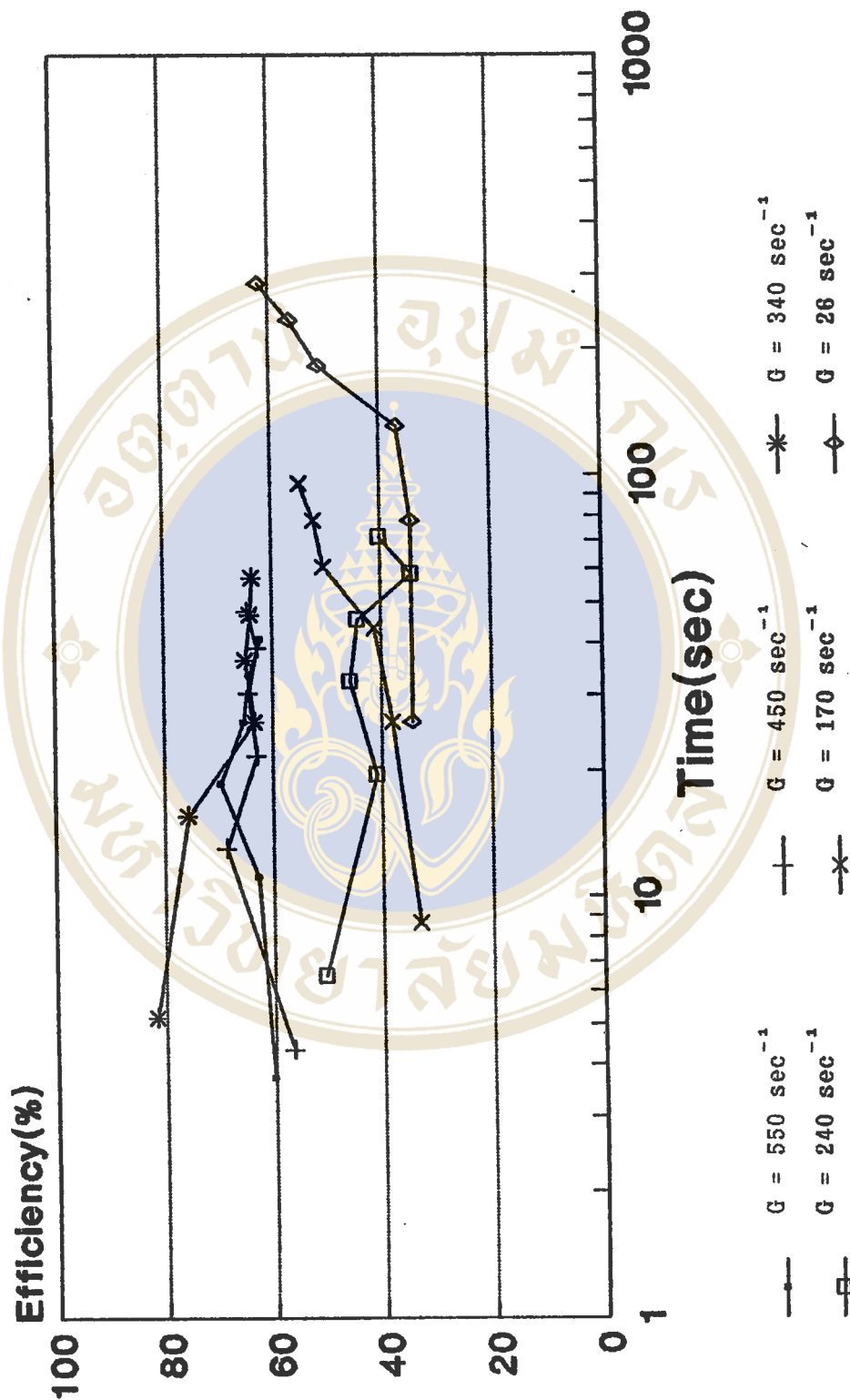
รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กภายในซึ่งกะลี่ยเวลาตกตะกอน 80 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.15 เมตร

81.58% ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 240 ถึง 340 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มลดลงตามค่า t ที่สูงขึ้น

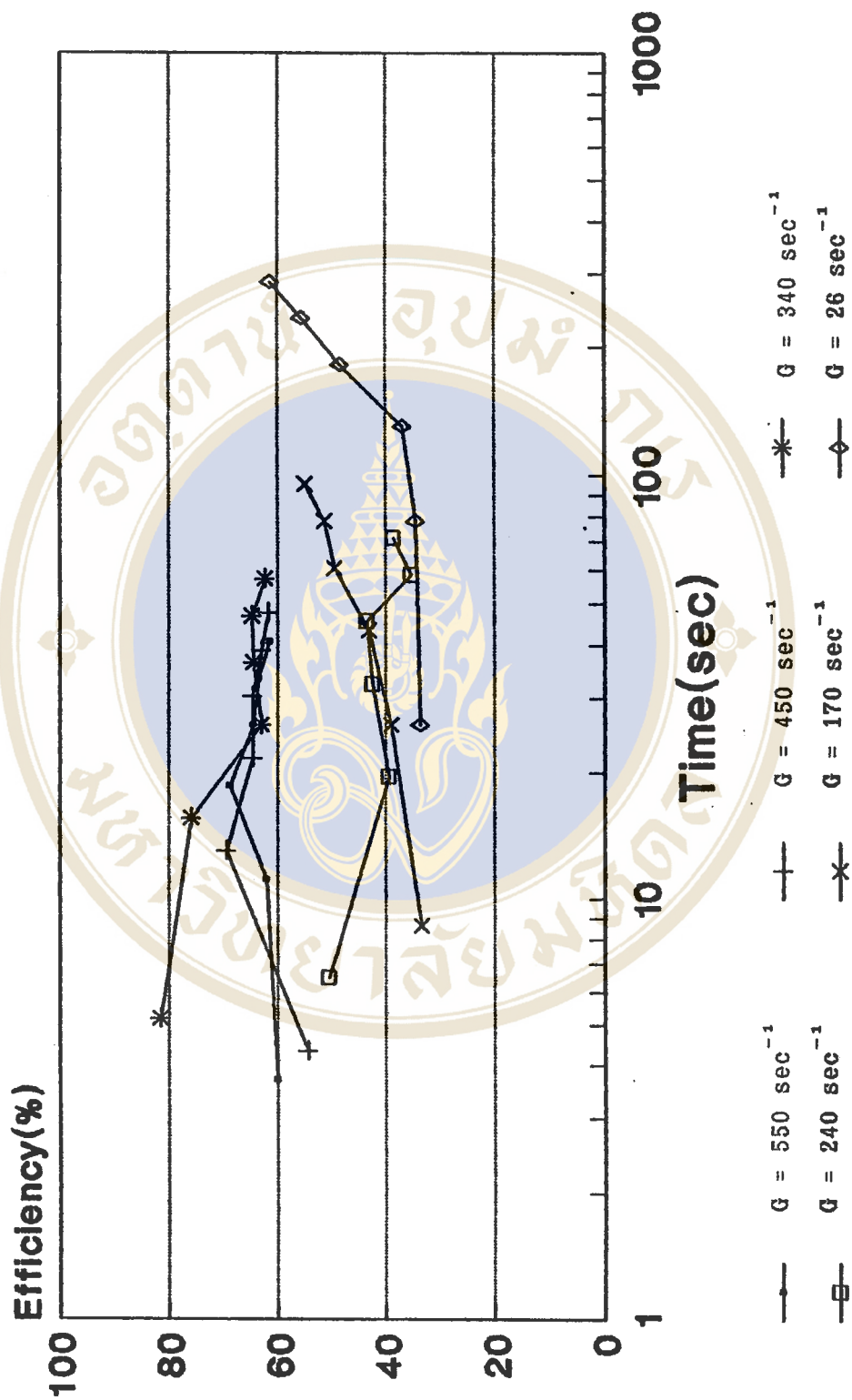
รูปที่ 4.20 ที่เวลาตกตะกอน 80 นาที ระยะห่างจากผิวน้ำ 0.25 เมตร G มีค่าเท่ากับ 340 วินาที⁻¹ t มีค่าเท่ากับ 5.19 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 81.35% ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 240 ถึง 340 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มลดลงตามค่า t ที่สูงขึ้น

รูปที่ 4.21 ที่เวลาตกตะกอน 100 นาที ระยะห่างจากผิวน้ำ 0.05 เมตร G มีค่าเท่ากับ 340 วินาที⁻¹ t มีค่าเท่ากับ 5.19 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 86.11% G และ t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่า 80% คือ G เท่ากับ 340 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 5.19 และ 15.58 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 86.11 และ 81.32% ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 240 ถึง 340 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มลดลงตามค่า t ที่สูงขึ้น

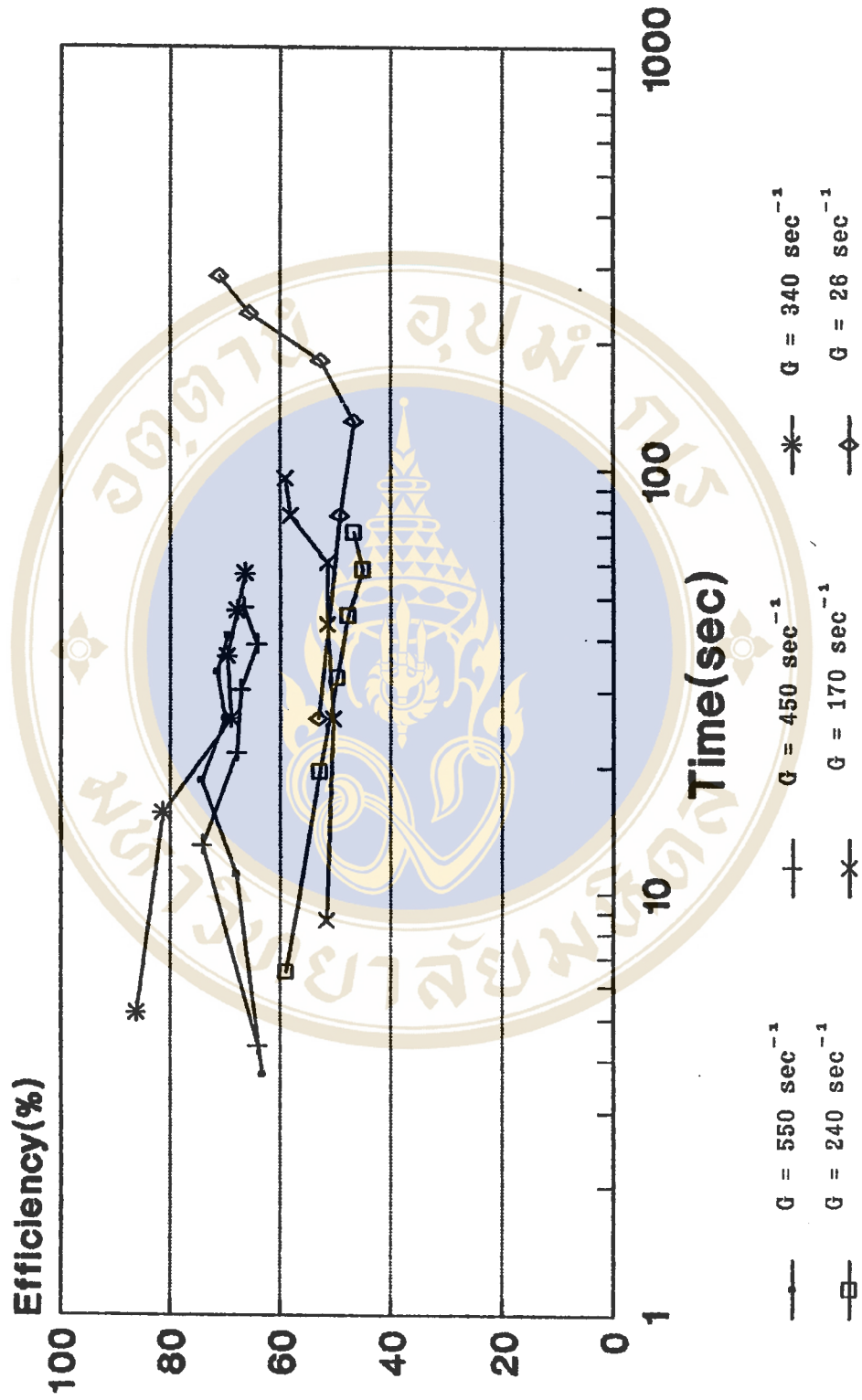
รูปที่ 4.22 ที่เวลาตกตะกอน 100 นาที ระยะห่างจากผิวน้ำ 0.10 เมตร G มีค่าเท่ากับ 340 วินาที⁻¹ t มีค่าเท่ากับ 5.19 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 85.73% G และ t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่า 80% คือ G เท่ากับ 340 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 5.19 และ 15.58 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 85.73 และ 81.02% ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 240 ถึง 340 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มลดลงตามค่า t ที่สูงขึ้น



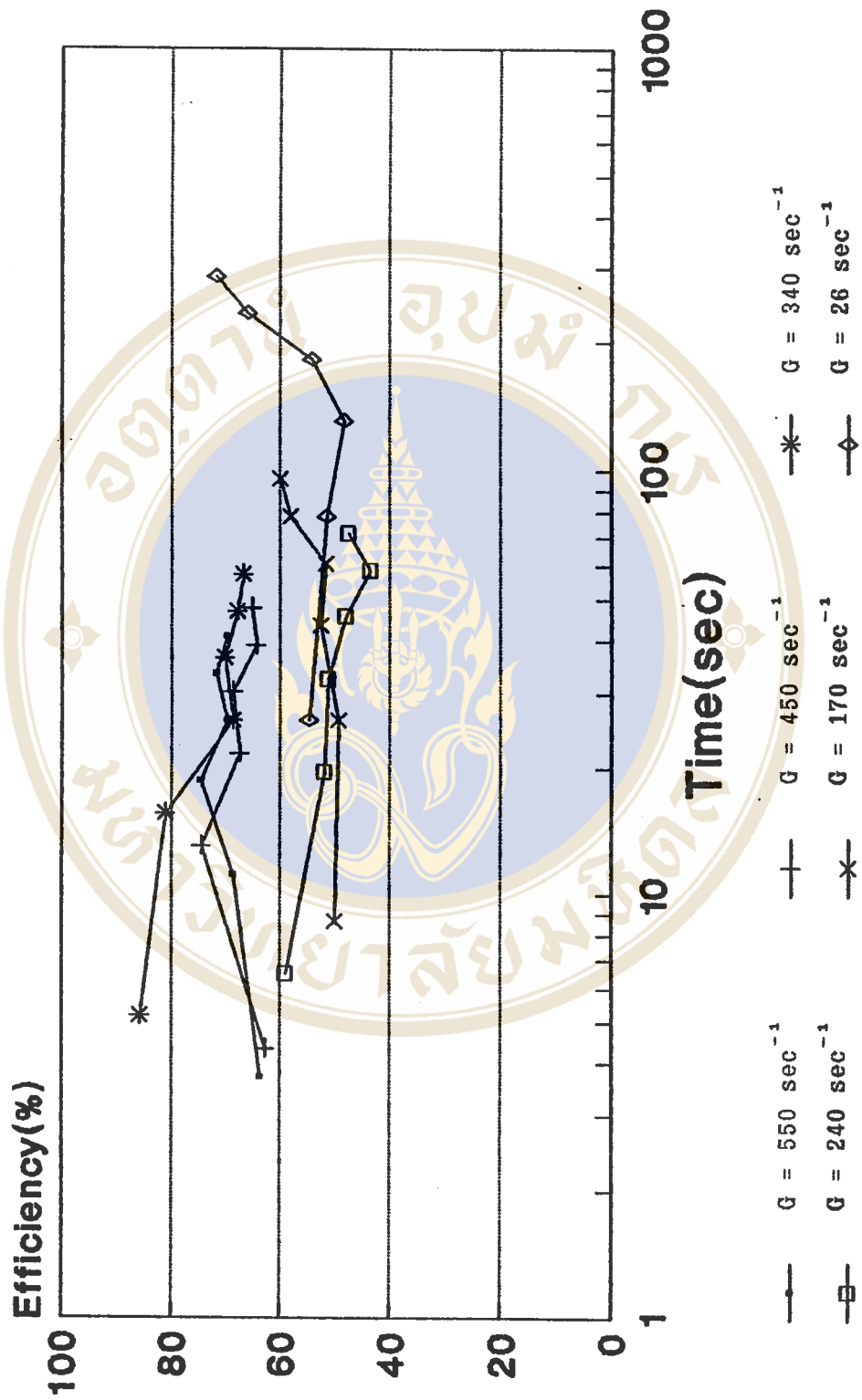
รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กอบสังกะสีที่เวลาตกตะกอน 80 นาทีและระยะห่างจากลิ้นน้ำ 0.20 เมตร



รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กอบดังกะลิกเวลาดกตะกอน 80 นาทีและระยะห่างจากผิวหน้า 0.25 เมตร



รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กอบสังกะสีที่เวลาตกตะกอน 100 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.05 เมตร

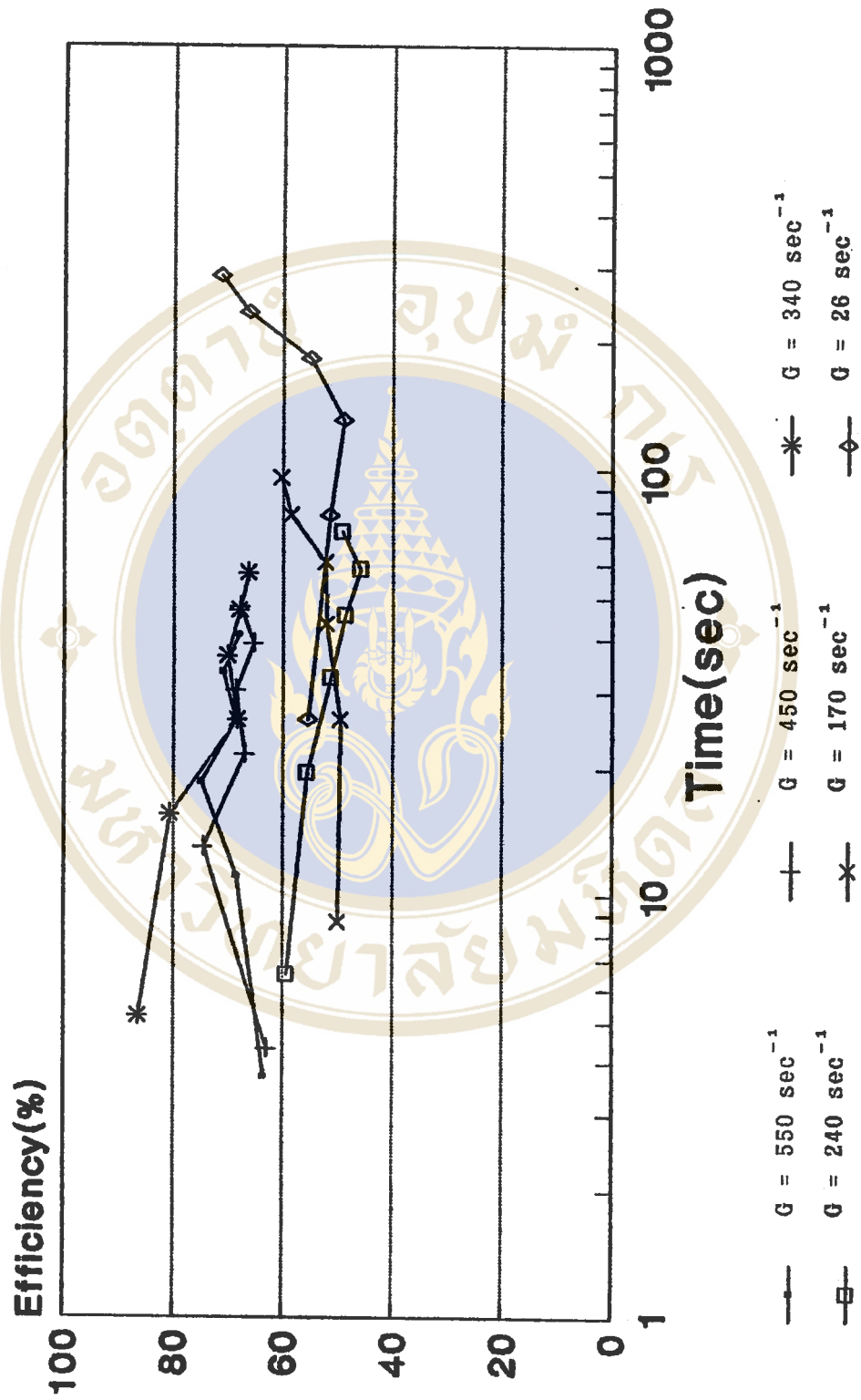


รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กอบสังกะสีที่เวลาตกตะกอน 100 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.10 เมตร

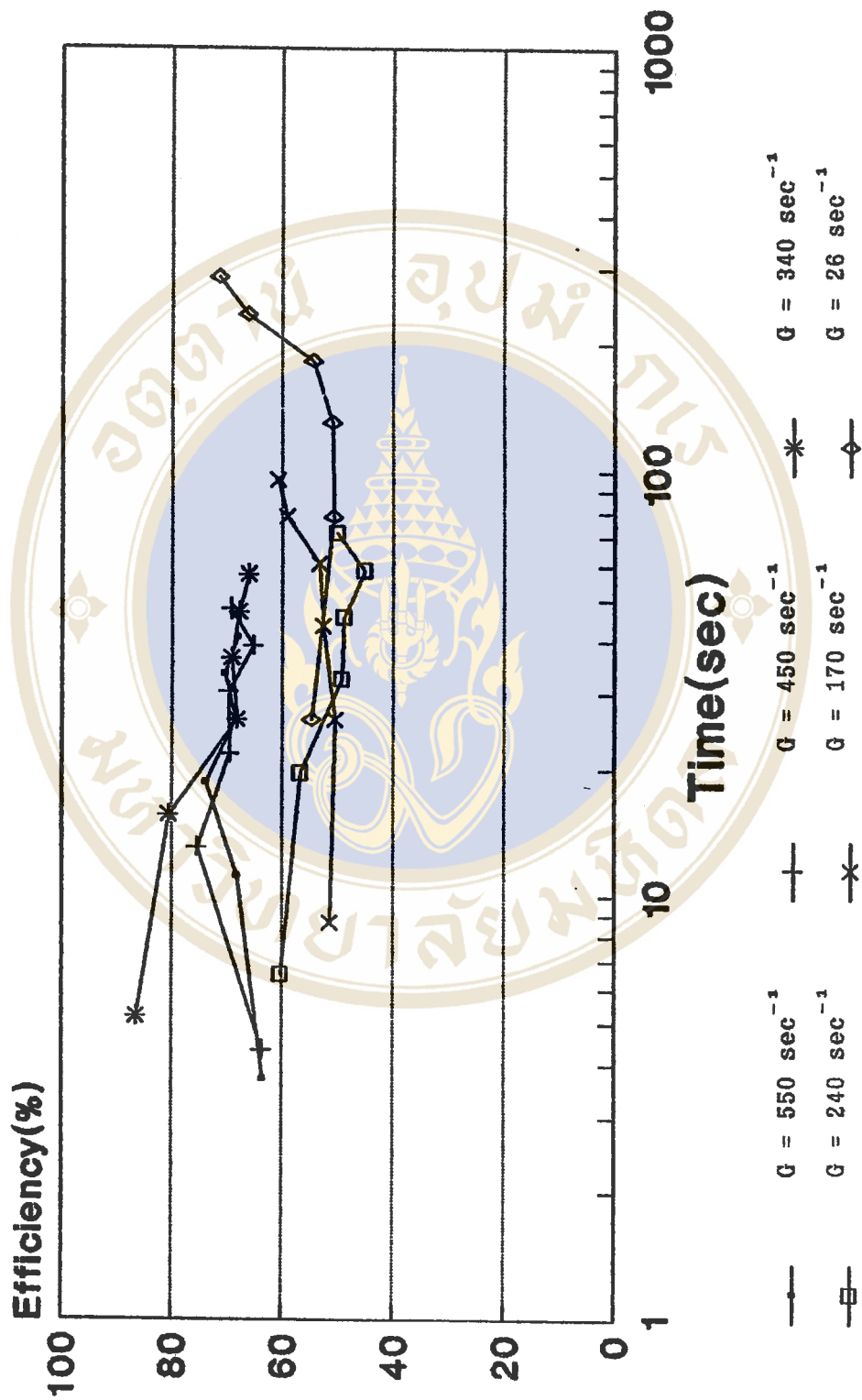
รูปที่ 4.23 ที่เวลาตกตะกอน 100 นาทีระยะห่างจากผิวน้ำ 0.15 เมตร G' มีค่าเท่ากับ 340 วินาที⁻¹ t' มีค่าเท่ากับ 5.19 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 86.33% G และ t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่า 80% คือ G เท่ากับ 340 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 5.19 และ 15.58 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 86.33 และ 80.64% ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 240 ถึง 340 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มลดลงตามค่า t ที่สูงขึ้น

รูปที่ 4.24 ที่เวลาตกตะกอน 100 นาทีระยะห่างจากผิวน้ำ 0.20 เมตร G' มีค่าเท่ากับ 340 วินาที⁻¹ t' มีค่าเท่ากับ 5.19 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 86.33% G และ t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่า 80% คือ G เท่ากับ 340 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 5.19 และ 15.58 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 86.33 และ 80.42% ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 240 ถึง 340 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มลดลงตามค่า t ที่สูงขึ้น

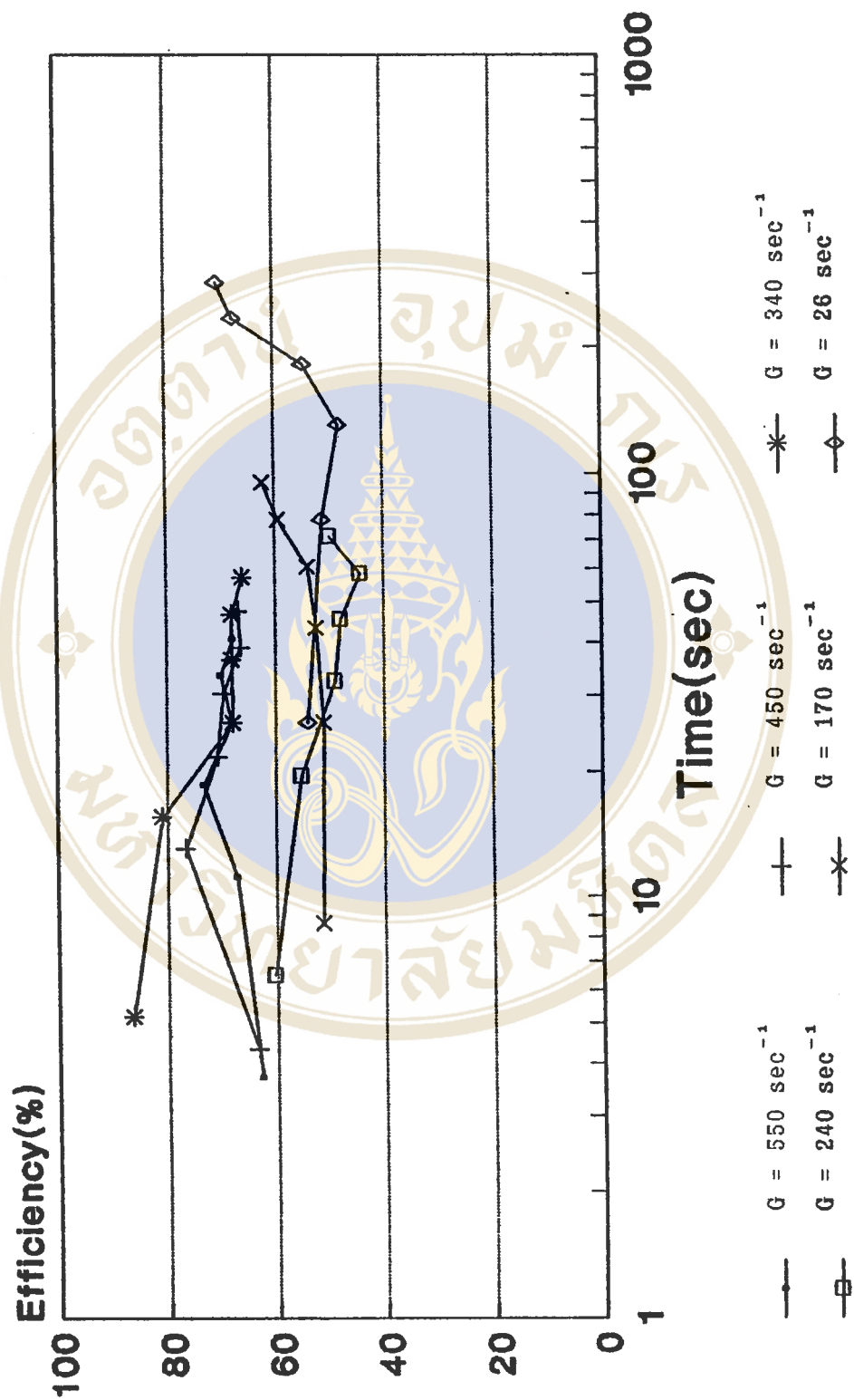
รูปที่ 4.25 ที่เวลาตกตะกอน 100 นาทีระยะห่างจากผิวน้ำ 0.25 เมตร G' มีค่าเท่ากับ 340 วินาที⁻¹ t' มีค่าเท่ากับ 5.19 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 86.32% G และ t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่า 80% คือ G เท่ากับ 340 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 5.19 และ 15.58 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 86.32 และ 80.94% ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 240 ถึง 340 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มลดลงตามค่า t ที่สูงขึ้น



รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กอวบน้ำที่เวลาตกตะกอน 100 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.15 เมตร



รูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กกล้าสี่เหลี่ยมที่เวลาตกตะกอน 100 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.20 เมตร

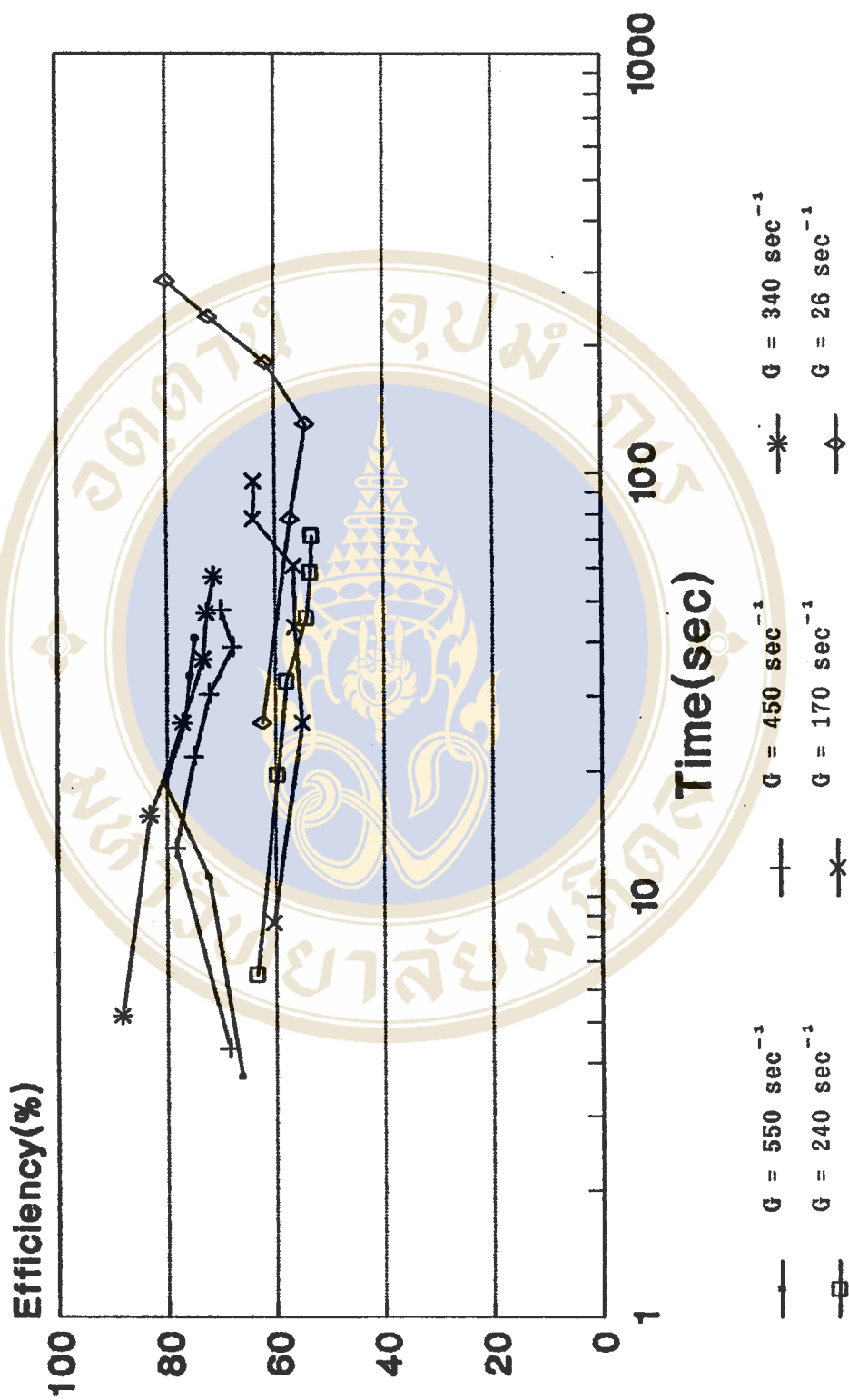


รูปที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กอบสังกะสีที่เวลาตกตะกอน 100 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.25 เมตร

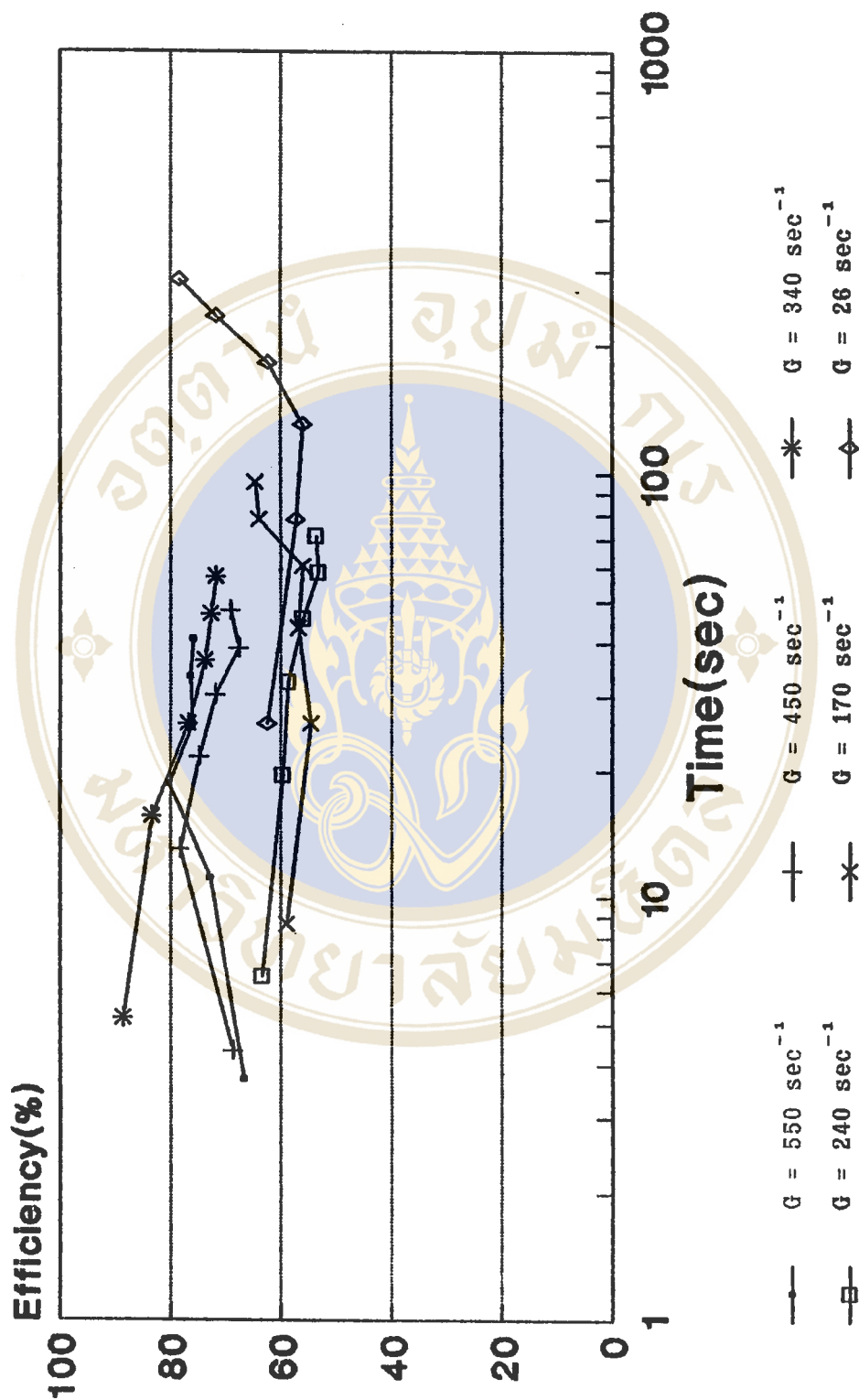
รูปที่ 4.26 ที่เวลาตกตะกอน 120 นาทีระยะห่างจากผิวน้ำ 0.05 เมตร G' มีค่าเท่ากับ 340 วินาที⁻¹ t' มีค่าเท่ากับ 5.19 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 88.05% G และ t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่า 80% คือ G เท่ากับ 340 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 5.19 และ 15.58 วินาที และ G เท่ากับ 550 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 18.55 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 88.05 82.97 และ 80.94% ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 240 ถึง 340 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มลดลงตามค่า t ที่สูงขึ้น

รูปที่ 4.27 ที่เวลาตกตะกอน 120 นาทีระยะห่างจากผิวน้ำ 0.10 เมตร G' มีค่าเท่ากับ 340 วินาที⁻¹ t' มีค่าเท่ากับ 5.19 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 88.43% G และ t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่า 80% คือ G เท่ากับ 340 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 5.19 และ 15.58 วินาที และ G เท่ากับ 550 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 18.55 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 88.43 83.35 และ 80.22% ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 240 ถึง 340 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มลดลงตามค่า t ที่สูงขึ้น

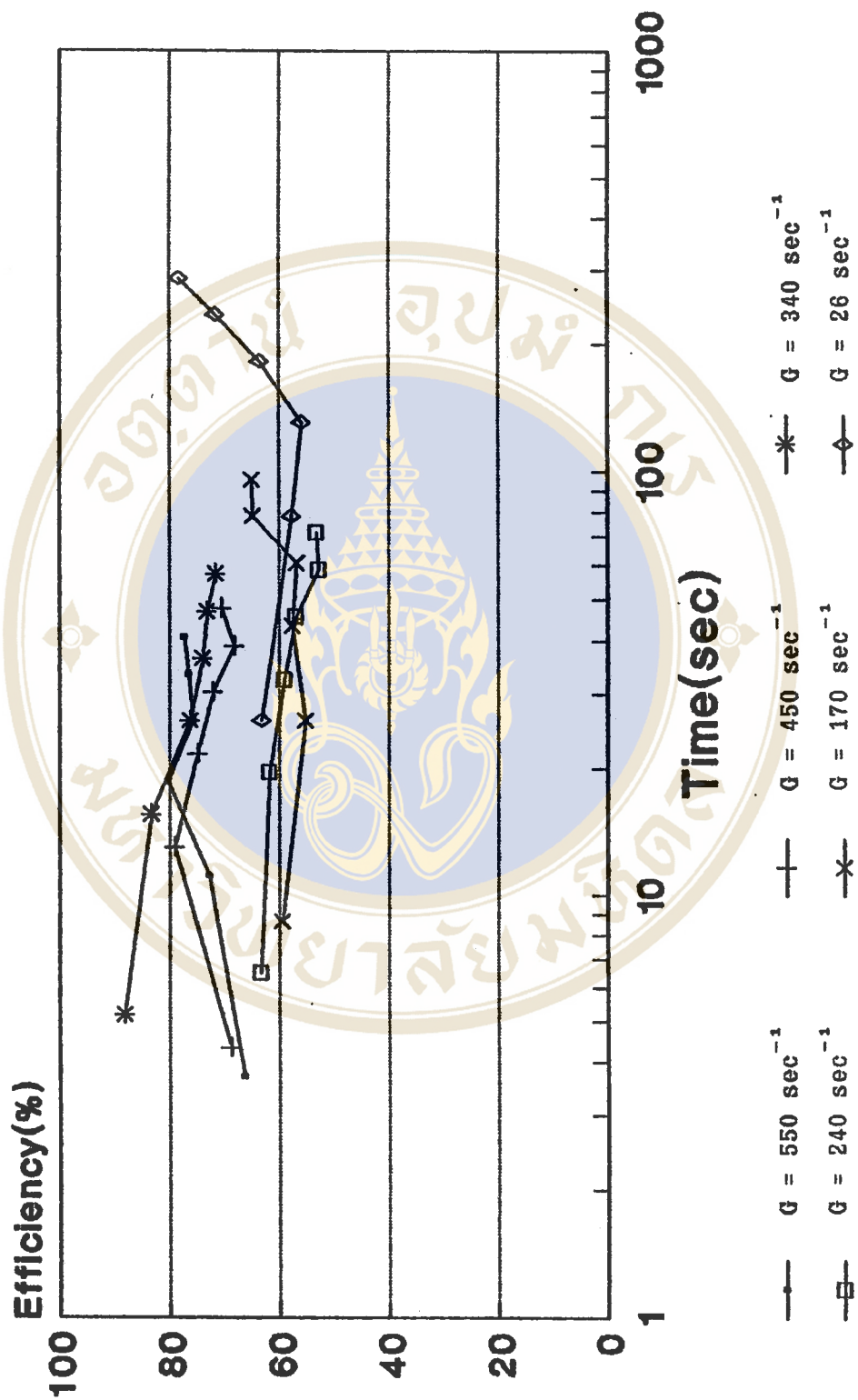
รูปที่ 4.28 ที่เวลาตกตะกอน 120 นาทีระยะห่างจากผิวน้ำ 0.15 เมตร G' มีค่าเท่ากับ 340 วินาที⁻¹ t' มีค่าเท่ากับ 5.19 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 88.05% G และ t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่า 80% คือ G เท่ากับ 340 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 5.19 และ 15.58 วินาที และ G เท่ากับ 550 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 18.55 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 88.05 83.34 และ 80.21% ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 240 ถึง 340 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มลดลงตามค่า t ที่สูงขึ้น



รูปที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กกล้าสี่เหลี่ยมขนาดภายใน 120 มม. และระยะห่างจากผิวหน้า 0.05 เมตร



รูปที่ 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กอบสังกะสีที่เวลาตกตะกอน 120 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.10 เมตร



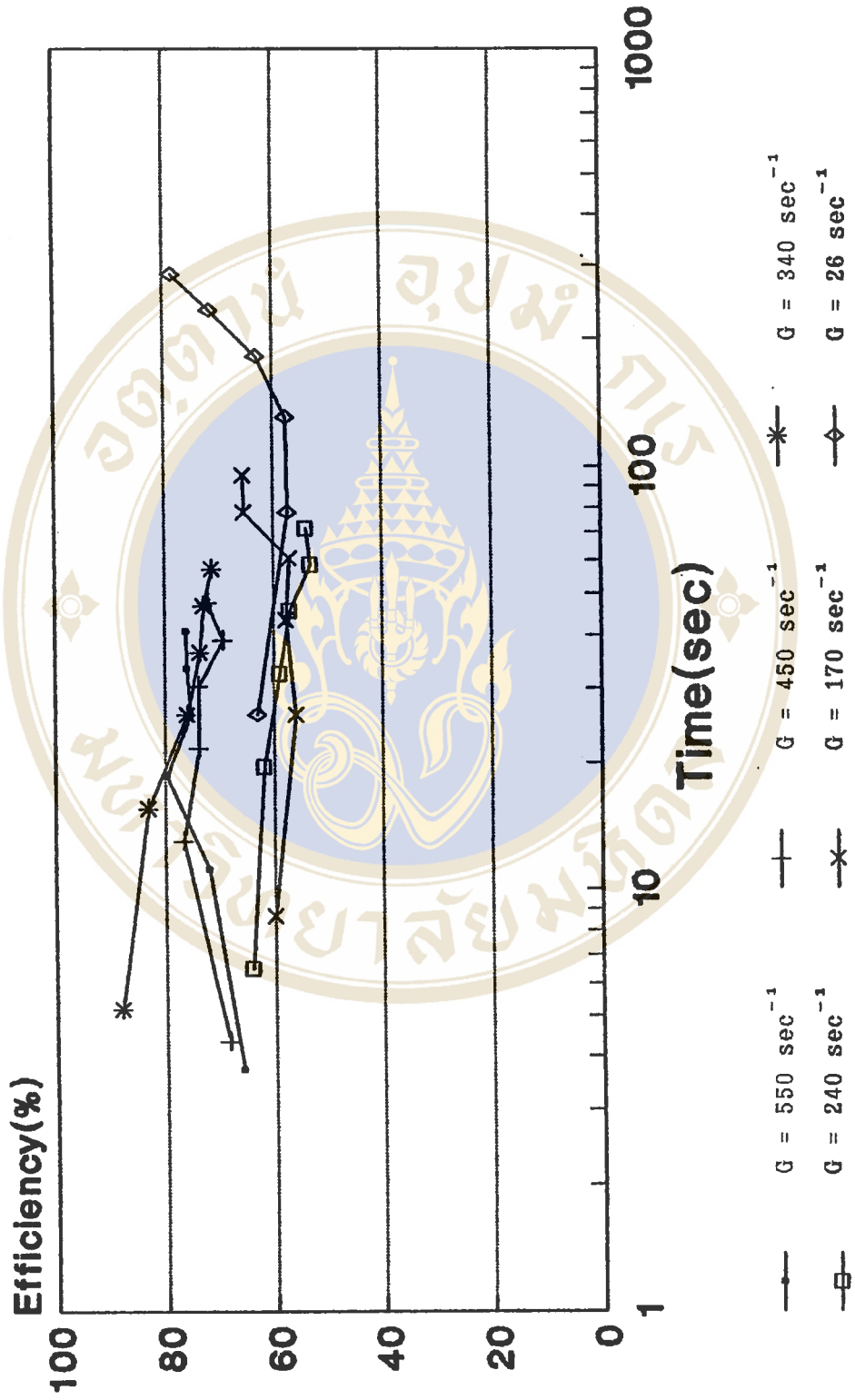
รูปที่ 4.28 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กอบสังกะสีที่เวลาตกตะกอน 120 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.15 เมตร

รูปที่ 4.29 ที่เวลาตกตะกอน 120 นาทีระยะห่างจากผิวน้ำ 0.20 เมตร G' มีค่าเท่ากับ 340 วินาที⁻¹ t' มีค่าเท่ากับ 5.19 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 87.91% G และ t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่า 80% คือ G เท่ากับ 340 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 5.19 และ 15.58 วินาทีโดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 87.91 และ 82.97% ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 240 ถึง 340 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มลดลงตามค่า t ที่สูงขึ้น

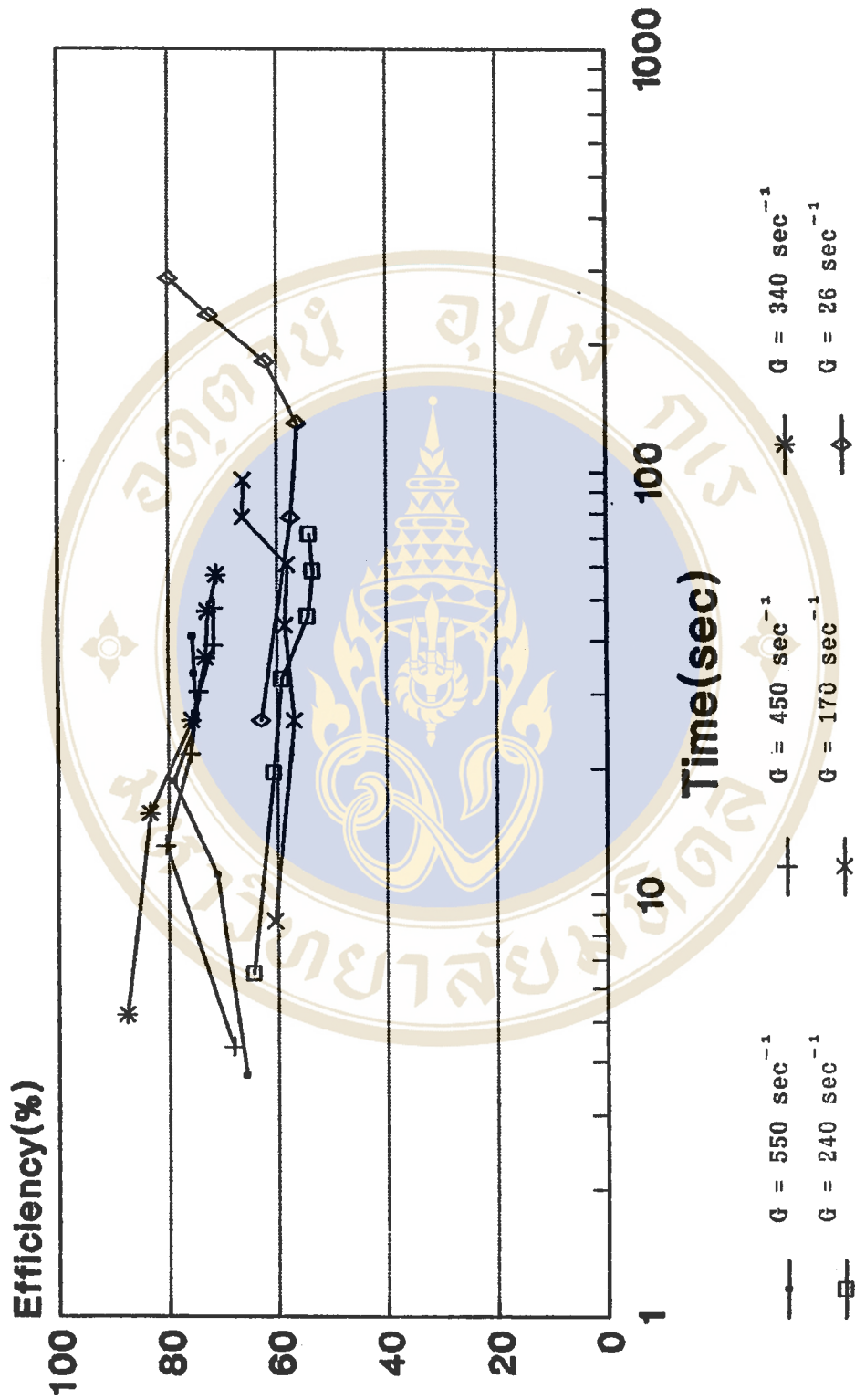
รูปที่ 4.30 ที่เวลาตกตะกอน 120 นาทีระยะห่างจากผิวน้ำ 0.25 เมตร G' มีค่าเท่ากับ 340 วินาที⁻¹ t' มีค่าเท่ากับ 5.19 วินาที โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 87.59% G และ t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่า 80% คือ G เท่ากับ 340 วินาที⁻¹ t เท่ากับ 5.19 และ 15.58 วินาทีโดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 87.59 และ 83.27% ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้น ยกเว้น G เท่ากับ 240 ถึง 340 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มลดลงตามค่า t ที่สูงขึ้น

จากผลการทดลองดังกล่าวข้างต้นประเมินได้ว่ากระบวนการรวมตะกอนในท่อเหล็กอาบสังกะสี G' มีค่าเท่ากับ 340 วินาที⁻¹ t' มีค่าเท่ากับ 5.19 วินาที ทุกเวลาตกตะกอนและระยะห่างจากผิวน้ำ โดยประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นจะสูงขึ้นตามเวลาตกตะกอนที่เพิ่มขึ้น

อนึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพกำจัดความขุ่นในน้ำผิวดินด้วยกระบวนการรวมตะกอนในท่อเหล็กอาบสังกะสีมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่เพิ่มขึ้น ยกเว้นในช่วงค่า G เท่ากับ 240 ถึง 340 วินาที⁻¹ ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมีค่าลดลงเมื่อค่า t เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่อง



รูปที่ 4.29 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กอบสังกะสีที่เวลาตกตะกอน 120 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.20 เมตร



รูปที่ 4.30 ความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของท่อเหล็กกล้าบั้งกะสิทเวลาตกตะกอน 120 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.25 เมตร

จากพารามิเตอร์ G และ t มีบทบาทโดยตรงในการกำหนดประสิทธิภาพการรวมตะกอนในท่อ
 เหล็กอาบสังกะสี ค่า G และ t หนึ่งๆจะให้ประสิทธิภาพการรวมตะกอนระดับหนึ่ง ค่า G และ t
 ที่เหมาะสมจะให้ประสิทธิภาพการรวมตะกอนสูงสุด ยังผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงสุด
 การเพิ่มค่า t สำหรับ G หนึ่งๆนั้น จะเพิ่มโอกาสให้ตะกอนมีโอกาสสัมผัสและจับตัวกันทำให้ได้
 ตะกอนขนาดใหญ่ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นจึงมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่เพิ่มขึ้น สำหรับค่า
 G เท่ากับ 240 ถึง 340 วินาที⁻¹ นั้นประสิทธิภาพการรวมตะกอนสูงสุดที่ค่า t ต่ำ ดังนั้นค่า t
 ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ตะกอนที่จับตัวกันไม่แน่นต้องตกอยู่ภายใต้ความปั่นป่วนของน้ำจึงทำให้เกิดการ
 แตกตัวของตะกอนसान ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นจึงมีแนวโน้มลดลงตามค่า t ที่เพิ่มขึ้น



4.3 ความเป็นไปได้ในการกำจัดความขุ่นของน้ำฟิวดินให้อยู่ในเกณฑ์ที่อมรับได้ของการกรองด้วย กระบวนการรวมตะกอนในท่อ

การพิจารณาความเป็นไปได้ในการกำจัดความขุ่นโดยกระบวนการรวมตะกอนในท่อให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับเข้าสู่การกรองต่อไป ดำเนินการโดยกำหนดให้ความขุ่นในกระแสเข้าของกระบวนการกรองไม่ควรเกิน 10 NTU (2) และประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงสุดของกระบวนการรวมตะกอนในท่อฟีชีและท่อเหล็กอาบสังกะสีมีค่าอยู่ระหว่าง 80 ถึง 90% ดังนั้นความขุ่นในกระแสเข้าของกระบวนการรวมตะกอนในท่อฟีชีและท่อเหล็กอาบสังกะสีโดยตรงจึงไม่ควรเกิน 50 NTU เพื่อให้ความขุ่นในกระแสเข้าของกระบวนการกรองไม่เกิน 10 NTU ตามกำหนด

ในกรณีที่น้ำดิบมีความขุ่นมากกว่า 50 NTU นั้นการรวมตะกอนในท่ออาจเกิดขึ้นภายหลังกระบวนการตกตะกอนขั้นต้น (Presedimentation) เพื่อลดความขุ่นในน้ำดิบลงขั้นหนึ่งก่อนเข้าสู่กระบวนการรวมตะกอนในท่อ หรืออาจกระทำโดยเข้าสู่กระบวนการรวมตะกอนโดยตรงเลยเช่นเดียวกับน้ำดิบที่มีความขุ่นเท่ากับหรือต่ำกว่า 50 NTU แต่น้ำดิบที่ผ่านกระบวนการรวมตะกอนในท่อและการตกตะกอนแล้วจะต้องผ่านการกรองขั้นหนึ่งก่อนซึ่งอาจใช้กรวดหยาบเป็นสารกรองเพื่อลดความขุ่นในกระแสน้ำลงก่อนเข้าสู่ถังกรองเร็วต่อไป

ตารางที่ 4.1 ถึง 4.6 แสดงค่า G t เวลาที่ใช้ในการตกตะกอนและระยะห่างจากผิวน้ำต่างๆที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นด้วยกระบวนการรวมตะกอนในท่อฟีชีมากกว่าหรือเท่ากับ 80%

รูปที่ 4.31 ที่เวลาตกตะกอน 100 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.05 เมตร 0.10 เมตรและ 0.20 เมตร ค่า G และ t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับหรือมากกว่า 80% มีความสัมพันธ์ตามสมการ $t = 455.03 - 2.87G$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

(Coefficient of correlation) เท่ากับ -0.81

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า G และ t ของการรวมตะกอนในท้องฟ้าที่ประสิทธิภาพการกำจัดความชื้นเท่ากับหรือมากกว่า 80% ที่เวลาตะกอน 80 นาที และทฤษฎีห่างจากผิวหน้า

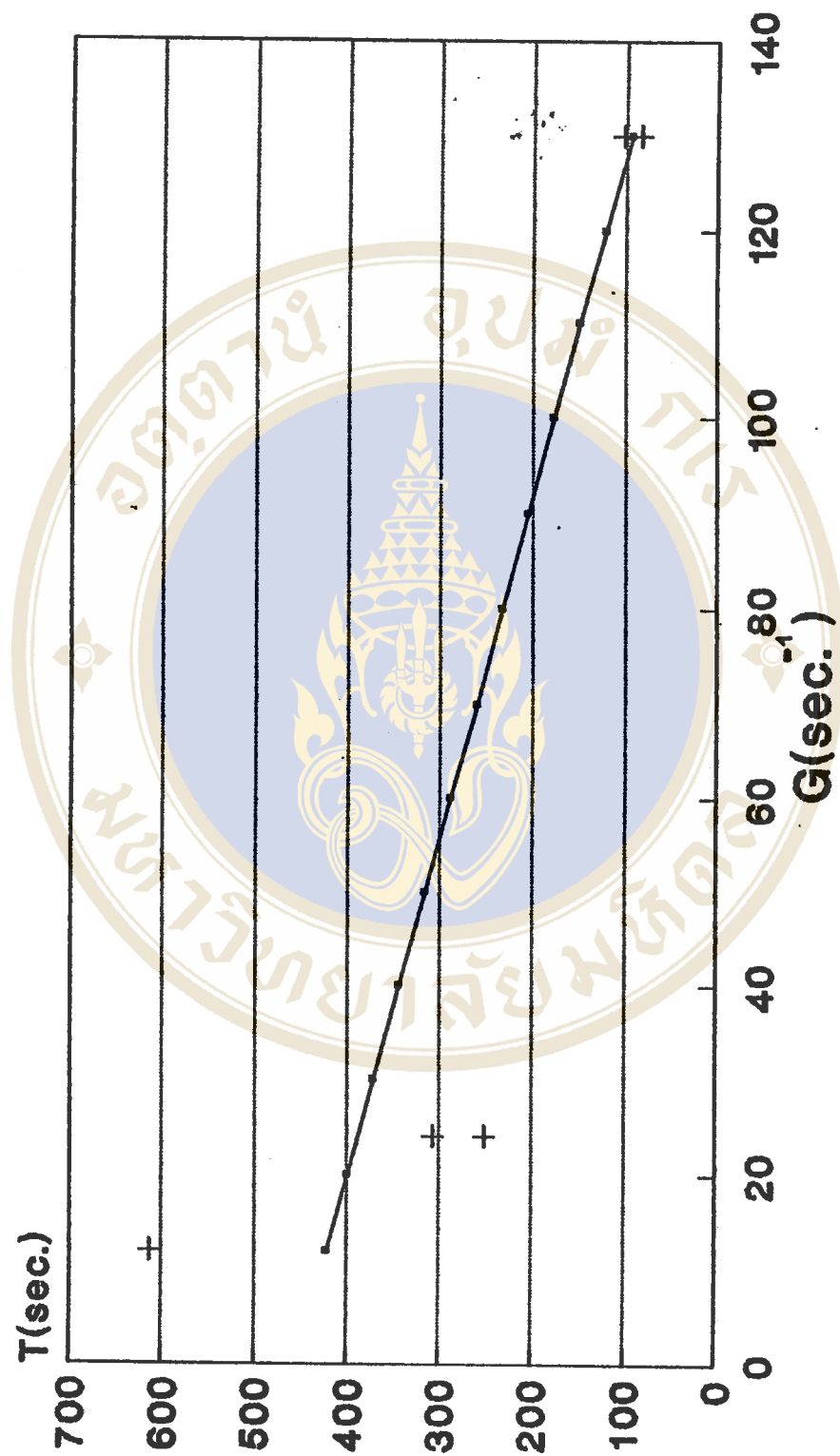
$G(\text{วินาที}^{-1})$	$t(\text{วินาที}^{-1})$	ประสิทธิภาพการกำจัดความชื้น(%) ที่ระยะห่างจากผิวหน้า (เมตร)			
		0.05	0.10	0.15	0.20
12	612.81	80.91	80.47	80.42	82.33
24	306.83	81.18	81.19	81.48	83.78
130	102.33	82.38	82.86	83.33	83.78

ตารางที่ 4.2 แสดงค่า G และ t ของการรวมตะกอนในท่อพีวีซีที่เพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น

เท่ากับหรือมากกว่า 80% ที่เวลาตกตะกอน 100 นาที และที่ระยะห่างจากผิวหน้า

เท่ากับ 0.05 เมตร 0.10 เมตรและ 0.20 เมตร

G (วินาที ⁻¹)	t (วินาที ⁻¹)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น(%) ที่ระยะห่างจากผิวหน้า (เมตร)		
		0.05	0.10	0.20
12	612.81	82.19	81.74	82.30
24	251.05	80.75	81.36	80.11
24	306.83	82.88	83.51	82.98
130	83.72	80.56	80.40	80.31
130	102.33	84.65	84.81	85.35



รูปที่ 4.31 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของการรวมตะกอนในท้องฟุ้งที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่าหรือเท่ากับ 80% ที่เวลาตกตะกอน 100 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำเท่ากับ 0.05 0.10 และ 0.20 เมตร

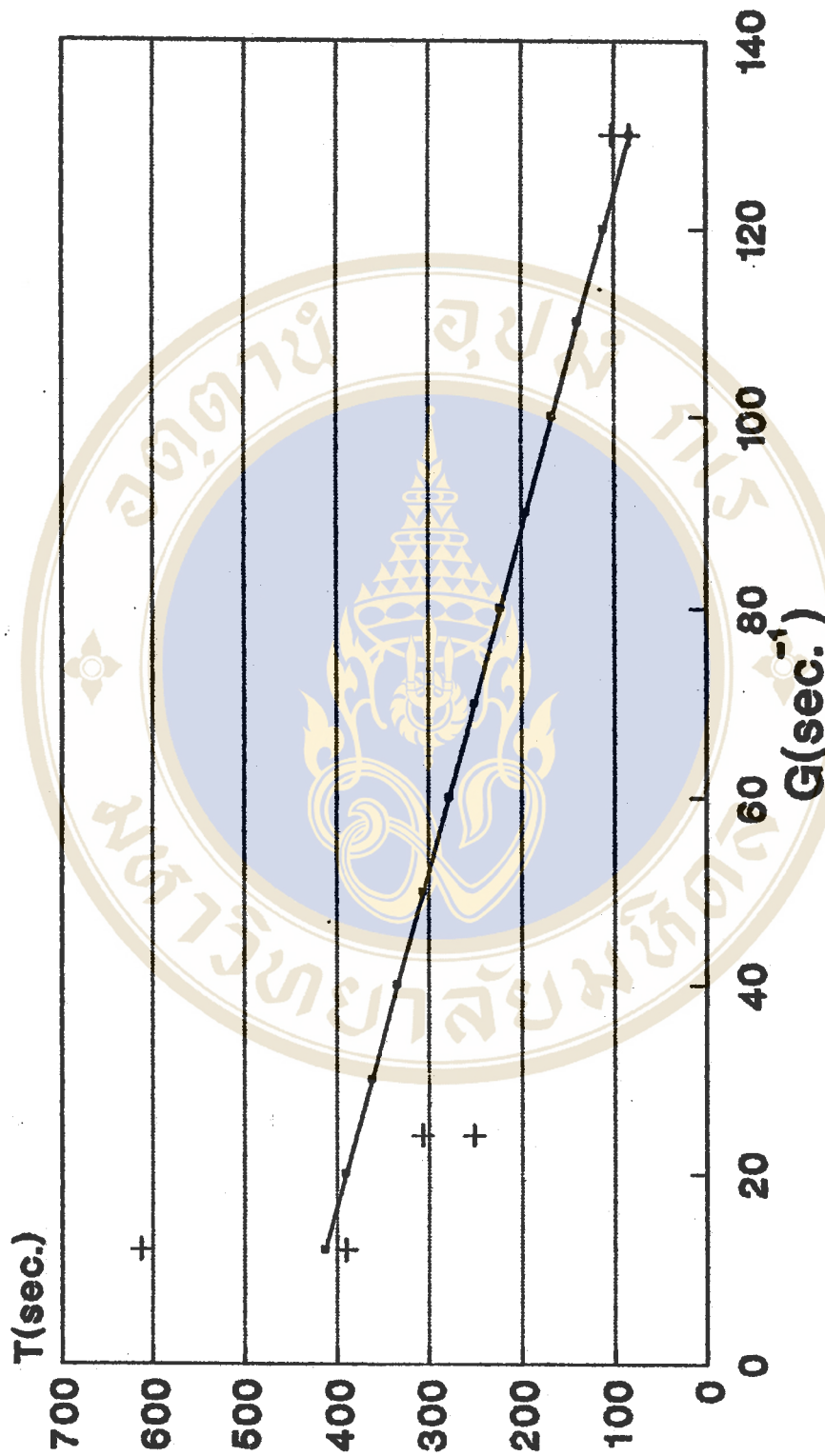
ตารางที่ 4.3 แสดงค่า G และ t ของการรวมตะกอนในท่อพีวีซีที่ประสิทธิภาพการกำจัด
ความเข้มข้นเท่ากับหรือมากกว่า 80% ที่เวลาตกตะกอน 100 นาที และระยะห่าง
จากผิวหน้าเท่ากับ 0.25 เมตร

$G(\text{วินาที}^{-1})$	$t(\text{วินาที})$	ประสิทธิภาพการกำจัดความเข้มข้น ที่ระยะห่างจากผิวหน้า 0.25 เมตร
12	612.81	82.13
24	306.83	83.74
130	83.72	80.08
130	102.33	84.64



ตารางที่ 4.4 แสดงค่า G และ t ของการรวมตะกอนในท่อพิวี่ที่ใช้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับหรือมากกว่า 80% ที่เวลาตกตะกอน 100 นาทีและระยะห่างจากผิวน้ำ 0.15 เมตร และที่เวลาตกตะกอน 120 นาทีระยะห่างจากผิวน้ำ 0.05 เมตร 0.10 เมตร และ 0.20 เมตร

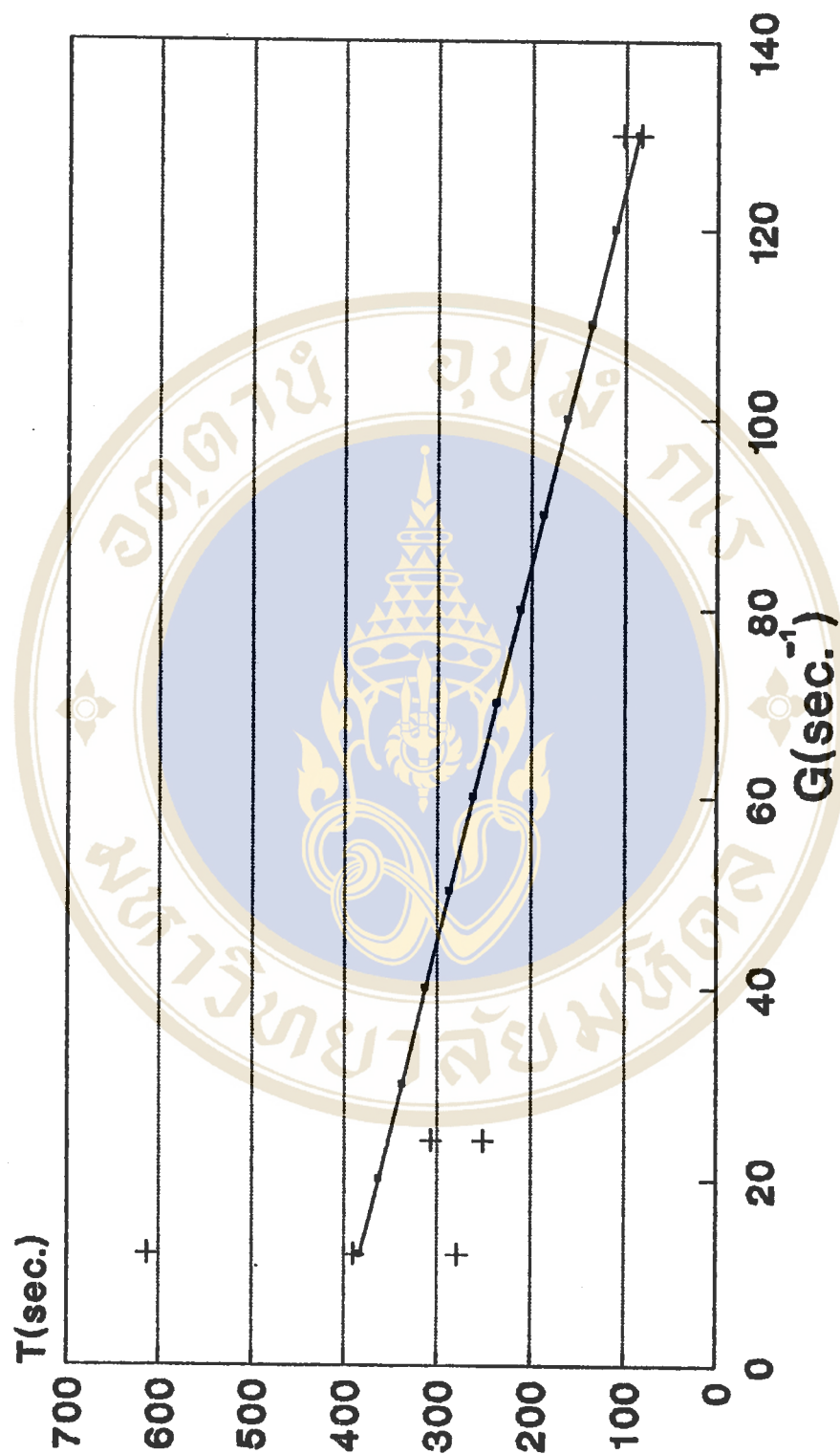
G (วินาที ⁻¹)	t (วินาที ⁻¹)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น(%) ที่เวลาตกตะกอน100นาทีระยะห่าง จากผิวน้ำ(เมตร)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น(%)ที่เวลาตกตะกอน 120 นาทีระยะห่างจากผิวน้ำ			
			0.05	0.10	0.15	0.20
12	278.55	81.36	82.61	83.08	82.77	82.69
12	389.97	80.00	81.56	81.87	81.72	82.18
12	612.81	81.61	83.90	84.33	84.64	84.84
24	251.05	80.71	84.12	84.25	84.14	83.70
24	306.83	82.76	84.87	85.19	85.00	84.48
130	83.72	80.61	82.30	82.25	82.31	82.52
130	102.33	85.45	86.50	86.82	87.56	87.52



รูปที่ 4.32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของการรวมตะกอนในท่อพีวีซีที่ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่าหรือเท่ากับ 80% ที่เวลาตกตะกอน 100 นาที และระยะห่างจากผิวน้ำเท่ากับ 0.15 เมตร และที่เวลาตกตะกอน 120 นาที ระยะห่างจากผิวน้ำ 0.05 0.10 0.15 และ 0.20 เมตร

ตารางที่ 4.5 แสดงค่า G และ t ของการรวมตะกอนในท่อพิวธิที่ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับหรือมากกว่า 80% ที่เวลาตะกอน 120 นาที และที่ระยะห่างจากผิวน้ำเท่ากับ 0.25 เมตร

G (วินาที ⁻¹)	t (วินาที ⁻¹)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น(%) ที่ระยะห่างจากผิวน้ำ 0.25 เมตร
12	389.97	81.72
12	612.81	83.54
24	251.05	83.52
24	306.83	85.10
130	83.72	82.56
130	102.33	87.19



รูปที่ 4.33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง G และ t ของการรวมตะกอนในท่อพีวีซีที่ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นมากกว่าหรือเท่ากับ 80% ที่เวลาตกตะกอน 120 นาที และระยะห่างจากผิวหน้าเท่ากับ 0.20 เมตร

รูปที่ 4.32 ที่เวลาตกตะกอน 100 นาทีและระยะห่างจากผิวหน้า 0.15 เมตร และที่เวลาตกตะกอน 120 นาทีระยะห่างจากผิวหน้า 0.05 เมตร 0.10 เมตร 0.15 เมตรและ 0.20 เมตร ค่า G และ t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับหรือมากกว่า 80% มีความสัมพันธ์ตามสมการ $t = 413.15 - 2.52G$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.78

รูปที่ 4.33 ที่เวลาตกตะกอน 120 นาที และระยะห่างจากผิวหน้า 0.15 เมตร ค่า G และ t ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับหรือมากกว่า 80% มีความสัมพันธ์ตามสมการ $t = 445.49 - 2.79G$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.82

ตารางที่ 4.7 ถึง 4.8 แสดงค่า G t เวลาที่ใช้ในการตกตะกอนและระยะห่างจากผิวหน้าต่างๆที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นด้วยกระบวนการรวมตะกอนในท่อเหล็กอาบสังกะสีมากกว่าหรือเท่ากับ 80%

จากตารางที่ 4.9 และ 4.10 พบว่าการรวมตะกอนในท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $1.72 \cdot 10^{-2}$ เมตร G' มีค่าเท่ากับ 130 วินาที^{-1} และ t' มีค่าเท่ากับ 102.33 วินาทีทุกเวลาการตกตะกอนและระยะห่างจากผิวหน้า ขณะที่การรวมตะกอนในท่อเหล็กอาบสังกะสีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในเท่ากับ $1.66 \cdot 10^{-2}$ เมตร G' มีค่าเท่ากับ 340 วินาที^{-1} และ t' มีค่าเท่ากับ 5.19 วินาที ทุกเวลาตกตะกอนและระยะห่างจากผิวหน้า โดยประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นในท่อพีวีซีและท่อเหล็กอาบสังกะสีมีค่าใกล้เคียงกัน และสูงขึ้นตามเวลาที่ใช้ในการตกตะกอนที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.6 แสดงค่า G และ t ของการรวมตะกอนในท่อเหล็กภายใต้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับหรือมากกว่า 80% ที่เวลาตกตะกอน 120 นาที และที่ทุกระยะห่างจากผิวหน้า

G (วินาที ⁻¹)	t (วินาที ⁻¹)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น (%) ที่เวลาตกตะกอน 120 นาที ระยะห่างจากผิวหน้า (เมตร)			
		0.05	0.10	0.15	0.20
340	5.19	80.59	81.88	82.10	81.58
					81.35

ตารางที่ 4.7 แสดงค่า G และ t ของการรวมตะกอนในท่อไหลภายใต้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับหรือมากกว่า 80% ที่เวลาตกตะกอน 100 นาทีที่ระยะห่างจากผิวน้ำ และที่เวลาตกตะกอน 120 นาที ระยะห่างจากผิวน้ำ 0.20 เมตร และ 0.25 เมตร

G (วินาที ⁻¹)	t (วินาที ⁻¹)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น(%) ที่เวลาตกตะกอน 100 นาทีที่ระยะห่างจากผิวน้ำ(เมตร)				ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น(%) ที่เวลาตกตะกอน 120 นาทีที่ระยะห่างจากผิวน้ำ(เมตร)	
		0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.25
340	5.19	86.11	85.73	86.33	86.33	86.32	87.91
340	15.58	81.32	81.02	80.64	80.42	80.94	82.97

ตารางที่ 4.8 แสดงค่า G และ t ของการรวมตะกอนในท่อเหล็กกล้าที่ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับหรือมากกว่า 80% ที่เวลาตกตะกอน 120 นาที ที่ระยะห่างจากผิวน้ำ 0.05 เมตร 0.10 เมตร และ 0.15 เมตร

G (วินาที ⁻¹)	t (วินาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น(%) ที่เวลาตกตะกอน 120 นาทีที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (เมตร)		
		0.05	0.10	0.15
340	5.19	88.05	88.43	88.05
340	15.58	82.97	83.35	83.34
550	18.55	80.30	80.22	80.21

ตารางที่ 4.9 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นส่งผลกระทบต่อกระบวนการรวมตะกอนในท่อพีวีซี และท่อเหล็กอาบสังกะสีที่เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน และระยะห่างจากผิวหน้าต่างๆ

เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (นาที)	ระยะห่างจากผิวหน้า (เมตร)	๘' (วินาที)			๕' (วินาที)			ประสิทธิภาพการกำจัด ความขุ่น(%)	
		พีวีซี	เหล็กอาบ สังกะสี	พีวีซี	เหล็กอาบ สังกะสี	พีวีซี	เหล็กอาบ สังกะสี	พีวีซี	เหล็กอาบ สังกะสี
80	0.05	130	340	102.33	5.19	82.38	80.59		
	0.10	130	340	102.33	5.19	82.86	81.88		
	0.15	130	340	102.33	5.19	83.33	82.10		
	0.20	130	340	102.33	5.19	83.78	81.58		
	0.25	130	340	102.33	5.19	81.68	81.35		

ตารางที่ 4.9 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดความเข้มข้นสูงสุดของกระบวนการรวมตะกอนในท่อพีวี และท่อ เหล็กอาบสังกะสีเป็นเวลาที่ใช้ในการตกตะกอน และระยะห่างจากผิวต่างๆ (ต่อ).

เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (นาที)	ระยะห่างจากผิวหน้า (เมตร)	๘' (วินาที ⁻¹)		๕' (วินาที ⁻¹)		ประสิทธิภาพการกำจัด ความขุ่น(%)	
		สูง พีวี	เหล็กอาบ สังกะสี	สูง พีวี	เหล็กอาบ สังกะสี	สูง พีวี	เหล็กอาบ สังกะสี
100	0.05	130	340	102.33	5.19	84.65	86.11
	0.10	130	340	102.33	5.19	84.81	85.73
	0.15	130	340	102.33	5.19	84.45	86.33
	0.20	130	340	102.33	5.19	85.35	86.33
	0.25	130	340	102.33	5.19	84.64	86.32

ตารางที่ 4.9 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดความเข้มข้นสูงสุดของกระบวนการรวมตะกอนในท่อพีวีซี และท่อเหล็กอาบสังกะสีที่ใช้ในการตกตะกอน และระยะห่างจากผิวหน้าต่างๆ (ต่อ)

เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (นาที)	ระยะห่างจากผิวหน้า (เมตร)	G' (วินาที ⁻¹)		t' (วินาที ⁻¹)		ประสิทธิภาพการกำจัด ความขุ่น (%)	
		จีพีวีซี	เหล็กอาบ สังกะสี	จีพีวีซี	เหล็กอาบ สังกะสี	จีพีวีซี	เหล็กอาบ สังกะสี
120	0.05	130	340	102.33	5.19	86.50	88.05
	0.10	130	340	102.33	5.19	86.82	88.43
	0.15	130	340	102.33	5.19	87.56	88.05
	0.20	130	340	102.33	5.19	87.52	87.91
	0.25	130	340	102.33	5.19	87.19	87.59

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ ความเร็วการไหล เชดส์ลูเลียมเจลลี่ เกรเดียนต์ความเร็วที่อัตราไหลต่าง ๆ ของท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.72×10^{-2} เมตร และท่อเหล็กอบสังกะสีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.66×10^{-2} เมตร

อัตราการใช้ ของน้ำ(ลูกบาศก์ เมตรต่อวินาที)	เรย์โนลด์นัมเบอร์		ความเร็วการไหลในท่อ (เมตรต่อวินาที)		เชดส์ลูเลียมเจลลี่ (เมตรต่อเมตร)		เกรเดียนต์ความเร็ว (วินาที ⁻¹)	
	พีวีซี	เหล็กอบสังกะสี	พีวีซี	เหล็กอบสังกะสี	พีวีซี	เหล็กอบสังกะสี	พีวีซี	เหล็กอบสังกะสี
7.0×10^{-3}	11210	11130	0.502	0.539	0.027	0.046	420	550
6.0×10^{-3}	9545	9744	0.430	0.462	0.022	0.035	340	450
5.0×10^{-3}	8177	7948	0.359	0.385	0.015	0.025	260	340
4.0×10^{-3}	6272	6496	0.287	0.308	0.009	0.015	180	240
3.0×10^{-3}	4897	4770	0.215	0.231	0.006	0.010	130	170

สรุปผลการศึกษา วิจัย ผลการศึกษาและข้อเสนอแนะในการศึกษาเพิ่มเติม

5.1 สรุปผลการศึกษา

ผลการวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการรวมตะกอนในท่อพีวีซีและท่อเหล็กอาบสังกะสี สำหรับกำจัดความขุ่นสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ค่าความเร็วเกรเดียนต์ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงสุด (G') ของกระบวนการรวมตะกอนในท่อพีวีซีมีค่าเท่ากับ 130 วินาที^{-1}
2. ค่าความเร็วเกรเดียนต์ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงสุด (G') ของกระบวนการรวมตะกอนในท่อเหล็กอาบสังกะสีมีค่าเท่ากับ 340 วินาที^{-1}
3. เวลาพักน้ำที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงสุด (t') ของกระบวนการรวมตะกอนในท่อพีวีซีมีค่าเท่ากับ 102.33 วินาที
4. เวลาพักน้ำที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงสุด (t') ของกระบวนการรวมตะกอนในท่อเหล็กอาบสังกะสีมีค่าเท่ากับ 5.19 วินาที
5. ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของกระบวนการรวมตะกอนในท่อพีวีซีมีแนวโน้มคงที่ตามค่า t ที่สูงขึ้นเมื่อ G มีค่าอยู่ระหว่าง 180 ถึง 420 วินาที^{-1} และมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้นเมื่อค่า G อยู่ระหว่าง 12 - 130 วินาที^{-1}
6. ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของกระบวนการรวมตะกอนในท่อเหล็กอาบสังกะสี

มีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า t ที่สูงขึ้น ยกเว้นในช่วงค่า G เท่ากับ 240 ถึง 340 วินาที⁻¹

ประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มลดลงตามค่า t ที่สูงขึ้น

7. กระบวนการรวมตะกอนในท่อพีวีซีและท่อเหล็กอาบสังกะสีสามารถกำจัดความขุ่นให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับการกรอง ทั้งนี้โดยใช้ค่า G และ t ให้เหมาะสมตามตารางที่ 4.1 ถึง 4.8 และความขุ่นของกระแสเข้าที่รวมตะกอนเท่ากับหรือต่ำกว่า 50 NTU ในกรณีที่ความขุ่นของกระแสเข้ามากกว่า 50 NTU กระบวนการรวมตะกอนในท่อพีวีซีหรือท่อเหล็กอาบสังกะสีสามารถนำมาใช้ได้เมื่อมีการตกตะกอนขึ้นต้นในน้ำดิบชั้นหนึ่งก่อนเข้าสู่กระบวนการรวมตะกอนในท่อหรือเพิ่มถึงกรองกรวดหยาบก่อนเข้าสู่ถึงกรองเร็วต่อไป

5.2 วิจัยรณผลการศึกษา

5.2.1 กระบวนการรวมตะกอนในท่อพีวีซี ค่า G ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงสุดเท่ากับ 130 วินาที⁻¹ ที่เวลาพักน้ำ 102.33 วินาที ขณะที่กระบวนการรวมตะกอนในท่อเหล็กอาบสังกะสีค่า G ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงสุดเท่ากับ 340 วินาที⁻¹ ที่เวลาพักน้ำ 5.19 วินาที แสดงว่ากระบวนการรวมตะกอนในท่อเหล็กอาบสังกะสีมีความปั่นป่วนในน้ำสูงกว่ากระบวนการรวมตะกอนในท่อพีวีซี จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเฮดสูญเสียเฉลี่ยเนื่องจากการไหลของน้ำภายในท่อพีวีซีต่ำกว่าท่อเหล็กอาบสังกะสีเนื่องจากผิวภายในท่อพีวีซีมีความขรุขระน้อยกว่า จึงทำให้ความปั่นป่วนของน้ำภายในท่อพีวีซีน้อยกว่าภายในท่อเหล็กอาบสังกะสี

5.2.2 กระบวนการรวมตะกอนในท่อพีวีซีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงสุดที่เวลาพักน้ำ 102.33 วินาทีที่ G เท่ากับ 130 วินาที⁻¹ ขณะที่กระบวนการรวมตะกอนในท่อเหล็กอาบสังกะสีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงสุดที่เวลาพักน้ำ 5.19 วินาทีที่ G เท่ากับ 340 วินาที⁻¹ จะเห็นได้ว่ากระบวนการรวมตะกอนในท่อเหล็กอาบสังกะสีต้องการเวลาพักน้ำต่ำกว่ากระบวนการรวม

ตะกอนในท่อพีวีซี ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการรวมตะกอนในท่อเหล็กอาบสังกะสีมีความปั่นป่วนของน้ำในท่อซึ่งแสดงในรูปของ G สูงกว่า การรวมตะกอนจึงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วแต่ตะกอนสมานที่ได้จับตัวกันไม่ดีนัก ทำให้เมื่อเวลาผ่านไปน้ำที่เพิ่มขึ้นตะกอนสมานจะแตกตัวภายใต้ความปั่นป่วนของน้ำในท่อ ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ G เท่ากับ 340 วินาที^{-1} จึงมีแนวโน้มลดลงตามค่าเวลาพักน้ำที่เพิ่มขึ้น ขณะที่กระบวนการรวมตะกอนในท่อพีวีซีมีความปั่นป่วนของน้ำในท่อดำกว่า การรวมตะกอนเกิดขึ้นอย่างช้าๆและสูงสุดที่เวลาพักน้ำเท่ากับ 102.33 วินาที แต่ได้ตะกอนสมานที่จับตัวแน่นไม่แตกตัวภายใต้ความปั่นป่วนของน้ำในท่อ ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นจึงมีแนวโน้มคงที่ตามค่าเวลาพักน้ำที่เพิ่มขึ้น

5.2.3 เมื่อพิจารณาเวลาพักน้ำภายในท่อรวมตะกอนทั้งพีวีซีและท่อเหล็กอาบสังกะสีพบว่าท่อพีวีซีต้องการเวลาพักน้ำสูงกว่าท่อเหล็กอาบสังกะสี 19.72 เท่า ขณะที่ราคาท่อพีวีซีต่ำกว่าท่อเหล็กอาบสังกะสี 2.74 เท่า โดยประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่เวลาตกตะกอนและระยะห่างจากผิวน้ำต่างๆมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ท่อเหล็กอาบสังกะสีมีข้อเสียคือผุกร่อนง่าย (ราคาท่อพีวีซีและท่อเหล็กอาบสังกะสีของห้างจัดการโซคัลญู เมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2536)

5.3 ข้อเสนอแนะในการศึกษาเพิ่มเติม

ประเด็นการวิจัยที่น่าจะได้มีการศึกษาเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

5.3.1 ศึกษาถึงกระบวนการรวมตะกอนในท่อเมื่ออยู่ในแนวตั้ง

5.3.2 ศึกษาถึงกระบวนการรวมตะกอนในท่อที่มีการหมุนเวียนตะกอนกลับเข้ามาใช้ใหม่

5.3.3 ศึกษาถึงกระบวนการรวมตะกอนในท่อขนาดต่างๆ

5.3.4 ศึกษาถึงความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการกำจัดความขุ่นของน้ำผิวดินด้วย
กระบวนการรวมตะกอนในท่อ



บรรณานุกรม

1. ดาวร ลีลาตระกูล. กระบวนการรวมตะกอนในท้องสำหรับกำจัดความขุ่น. วิทยานิพนธ์
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. บัณฑิตวิทยาลัย,
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529.
2. มั่นสิน ตัณฑุเวศน์. วิศวกรรมการประปาเล่ม 1. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชา
วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526.
3. O'Melia CR. Physiochemical process for water quality control.
New York: WW. Weber Wiley-Interscience, 1972.
4. Stumm W, O'Melia CR. Stiochiometry of coagulation. J Am Wat Wks
Ass 1968; 60: 514-539.
5. Stumm W, Morgan JJ. Aquatic chemistry. New York: WW. Weber
Wiley-Interscience, 1970.
6. O'Melia CR. Coagulation. Water treatment plant design. Michigan:
An Arbor Science, 1978.
7. Amirtharajah A. Design of rapid mix units. Michigan: An Arbor
Science, 1978.
8. Packham RF. Some Studies of the coagulation of dispersed clays
with hydrolizing salt. J Colloid Sci 1965; 20: 81-82.
9. Hahn HH, Stumm W. Kinetic of coagulation with hydrolyzed
Al(III) the rate-determining step. J Colloid Interface Sci
1968; 28: 133.
10. Letterman RD, Quon JE, Gemmel RS. Influence of rapid mix parameters

- on flocculation. J Am Wat Wks Ass 1973; 65: 716-722.
11. Camp TR, Stein PC. Velocity gradient and internal work in fluid motion. J Boston Sci Civil Eng 1943; 30:219-237.
 12. Hudson HE, Wolfner JP. Design of mixing and flocculating basins. J Am Wat Wks Ass 1967; 59: 1257-1267.
 13. Vrale L, Jorden RM. Rapid mixing in water treatment. J Am Wat Wks Ass 1971; 65: 52-58.
 14. Kavamura S. Coagulation considerations. J Am Wat Wks Ass 1973; 65: 417-423.
 15. Camp TR. Floc volume concentration. J Am Wat Wks Ass 1968;60: 656-673.
 16. Brathy JR. Interpreting Laboratory results for the design of rapid mixing and flocculation system. J Am Wat Wks Ass 1981; 73: 318-325.
 17. American Society of Civil Engineers, American Water Works Association. Water treatment Plant Design. Third printing. New York: American Water Works Assosiation Inc,1969.
 18. Health Education Service. Recommended standards for water works. New York: Albany, 1972.
 19. Kawamura S. Consideration on improving flocculation. J Am Wat Wks Ass 1976; 68: 328-336.
 20. Hudson HE. Physical aspects of flocculation. J Am Wat Wks Ass 1965; 57: 885-892.

21. Ives KJ. The scientific basis of flocculation. Rijn-Netherlands:
Sijthoff and Noordhoff alphan ann den, 1978.
22. Robeck GG. High rate filtration study at Gaffney, South
Carolina water plant. Cincinnati: RA. Taft Sanitation
Engineering Canter, 1963.
23. Smoluchonski M. Versuch einer mathematischen theorie der
koagulations-kinetik kolloider losungen 2. Chemic: Physik,
1916: 129.
24. Levich VG. Physiochemical hydrodynamics. Englewood Cliffs:
Prentice-Hall Inc, 1962.
25. Tambo HB, Watanabe Y. Physical aspect of floccation process .
Water Res 1979; 13: 429-439.
26. Fair GM, Gemmel RS. A mathematical model of coagulation.
J Colloid Sci 1964; 19: 360-372.
27. Thomas DG. Turbulent disruption of floc in small particle size
suspension. J Am Inst Chem Eng 1964; 10: 517-523.
28. Argaman Y, Kaufman WJ. Turbulence and flocculation. J ASCE E
Div 1970; 96: 223-241.
29. Lagavanker AL, Gemmell RS. A size-density relationship for
flocs. J Am Wat Wks Ass 1968; 9: 1040.
30. Kao SV, Manson SG. Dispersion of particle by sher. Nature 1975;
65: 417-423.
31. Notthakun S. Optimization of direct filtration. Master Thesis.

AIT, 1984.

32. Camp TR. Floccution and Flocculation basins. Trans ASCE 1955;
120: 1-16.

33. Fair GM, Geyer JC, Okun DA. Water and Wastewater Engineering
volume 2. New York: John wiley and Sons Inc, 1968.

34. Gemmel RS. Water quality and treatment. New York: AWWA Inc,
1971.

35. สุรินทร์ พลสมบูรณ์. พารามิเตอร์ควบคุมการกวนเร็วในท่อแนวระดับ. วิทยานพนธ์ปริญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. บัณฑิตวิทยาลัย,
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529.

36. Hanna GD, Rubin AJ. Effect of sulfate and other ions in coagulation
with Aluminium(III). J Am Wat Wks Ass 1970; 5: 315.

37. Letterman RD, Mojdeh T, Ameg RS. The effect of the Bicarbonate ion
concentration on flocculation with Aluminium sulfate. J Am
Wat Wks Ass 1979; 71: 467.



รายการคำนวณที่ ผ.1 ค่าเกณฑ์ความเร็วเมื่อลักษณะการไหลเป็นแบบราบเรียบ

จากสมการของ Reynolds number $R = VD\rho/\mu$

โดยที่ V = ความเร็วการไหลในท่อ (เมตรต่อวินาที)

D = เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (เมตร)

ρ = ความหนาแน่นของน้ำ
(กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

μ = ความหนืดพลศาสตร์ของน้ำ
(นิวตัน-วินาทีต่อตารางเมตร)

ที่อัตราการไหลของน้ำ 1×10^{-3} ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ความเร็วการไหลในท่อ 0.0717 เมตร

ต่อวินาที ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อรวมตะกอน 1.72×10^{-2} เมตร ที่อุณหภูมิ 33.0°C

$\mu = 0.7511 \times 10^{-3}$ นิวตัน-เมตรต่อตารางเมตร $\rho = 994.73$ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

$$R = \frac{(0.0717)(1.72 \times 10^{-2})(994.73)}{(0.7511 \times 10^{-3})}$$

$$= 1633.26$$

$$\text{และ } G = 5.66 \text{ (V/D)}$$

$$\text{โดยที่ } G = \text{ความเร็วเกรเดียนต์ (วินาที}^{-1}\text{)}$$

$$G = 5.66(0.0717)$$

$$(1.72 \times 10^{-2})$$

$$= 23.59 \text{ วินาที}^{-1}$$



รายการคำนวณที่ ผ.2 ค่าเกรเดียนต์ความเร็วเมื่อลักษณะการไหลเป็นแบบปั่นป่วน

จากสมการของ Reynolds number $R = VD\rho/u$

ที่อัตราการไหลของน้ำ 3×10^{-3} ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ความเร็วการไหลในท่อ 0.215 เมตร

ต่อวินาที ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อรวมตะกอน 1.72×10^{-2} เมตร ที่อุณหภูมิ 33.0°C

$\mu = 0.7511 \times 10^{-3}$ นิวตัน-เมตรต่อตารางเมตร $\rho = 994.73$ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

$$R = \frac{(0.215)(1.72 \times 10^{-2})(994.73)}{(0.7511 \times 10^{-3})}$$

$$= 4897.5$$

และ $G = (\underline{g} \underline{V} \underline{H})^{1/2}$
 $\searrow$ L

โดยที่ $g =$ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
 (เมตรต่อวินาที²)

$\searrow$ = ความหนืดจลศาสตร์ (ตารางเมตรต่อวินาที)

$H/L =$ เซ็คชันเสียเฉลี่ย (เมตรต่อเมตร)

ที่อัตราการไหลของน้ำ 3×10^{-3} ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ความเร็วการไหลในท่อ 0.215 เมตร

ต่อวินาที $g = 9.81$ เมตรต่อวินาที² ที่ $33.0^\circ\text{C} = 0.7511 \times 10^{-6}$ ตารางเมตรต่อวินาที

$H/L = 0.094/16$ เมตรต่อเมตร

$$G = \left[\frac{(9.81)(0.215)(0.094)}{(0.7511 \times 10^{-6}) \cdot 16} \right]^{1/2}$$

$$= 128.10$$

≈ 130 วินาที⁻¹

รายการคำนวณที่ ผ.3 การหาค่าเวลากักน้ำ(t) ที่อัตราไหลหนึ่งๆ

$$\text{จากสมการทั่วไป} \quad t = L/V$$

$$\text{โดยที่} \quad L = \text{ความยาวท่อ(เมตร)}$$

$$V = \text{ความเร็วเฉลี่ยของน้ำในท่อ(เมตรต่อเมตร)}$$

ที่อัตราการไหลของน้ำ 1×10^{-3} ลูกบาศก์เมตรต่อนาที $L = 22$ เมตร $V = 0.0717$ เมตรต่อเมตร

$$t = \frac{(22)}{(0.0717)}$$

$$= 306.83$$

วินาที



ตารางที่ ข.1 แสดงค่าผลการทดลองการจัดความชื้นด้วยกระบวนการรวมตะกอนในท่อพีวีซีที่

Parameter ต่างๆ



อัตราการไหล ของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่น ของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิ ของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่าง ของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้น ของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บ ตัวอย่าง น้ำ (m)	เวลาที่ ใช้ในการ ตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
7	47	7.55	32.0	95	20	2	80	70.00	68.51	68.72	70.21	69.36
							100	75.74	75.74	74.89	76.60	75.96
							120	78.30	79.57	78.72	80.21	77.23
7	55	7.42	32.0	95	20	2	80	69.45	69.82	69.27	70.73	69.27
							100	74.73	74.36	75.64	77.09	76.36
							120	80.18	80.73	80.73	80.36	79.64
7	50	7.64	32.5	98	20	2	80	69.00	69.00	69.00	69.80	69.80
							100	75.20	75.20	76.00	74.60	76.00
							120	79.20	80.40	79.80	79.80	80.20

อัตราการไหล ของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่น ของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิ ของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่าง ของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้น สารส้ม (mg/l)	จุดเก็บ ตัวอย่าง น้ำ (m)	เวลาที่ ใช้ในการ ตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
7	47	7.55	32.0	95	20	6	80	64.26	62.77	65.53	64.68	64.26
							100	72.77	71.06	72.55	69.79	69.79
							120	76.17	77.23	78.38	75.04	74.26
7	55	7.42	32.0	95	20	6	80	61.82	61.82	63.64	63.64	61.82
							100	70.00	70.36	70.18	71.45	70.73
							120	75.42	77.45	70.18	71.45	70.73
7	50	7.64	32.5	98	20	6	80	62.00	61.20	64.00	64.00	62.00
							100	71.80	71.60	71.80	71.20	70.20
							120	75.40	76.00	77.60	72.80	72.60

อัตราการไหล ของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่น ของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิ ของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่าง ของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้น ของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ ใช้ในการ ตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
7	48	7.63	32.6	97	20	10	80	66.88	66.88	67.71	66.46	66.67
							100	72.92	73.54	73.53	72.50	70.42
							120	76.25	76.67	77.29	77.29	77.71
7	48	7.63	32.5	96	20	10	80	66.04	66.67	67.08	66.67	67.71
							100	71.46	72.50	72.29	71.40	70.42
							120	75.42	76.25	77.08	76.88	77.29
7	48	7.63	32.6	97	20	10	80	65.21	66.04	65.83	65.00	65.42
							100	70.21	71.67	71.25	70.42	70.21
							120	74.58	75.83	75.63	75.42	75.83

อัตราการไหล ของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่น ของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิ ของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นค่า ของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของ สารส้ม (mg/l)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ ใช้ในการ ตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
7	48	7.65	31.3	96	20	14	80	62.50	64.58	65.00	64.79	65.83
							100	69.58	68.96	70.42	70.83	71.25
							120	73.13	74.79	74.38	74.79	74.79
7	48	7.63	32.5	96	20	14	80	64.58	64.17	64.58	64.58	64.38
							100	70.42	70.00	70.83	70.83	70.83
							120	74.17	75.21	75.63	75.83	75.00
7	48	7.63	32.6	97	20	14	80	66.25	63.96	64.17	64.58	63.75
							100	72.08	71.67	72.50	71.88	70.21
							120	75.21	76.88	77.08	77.08	73.33

อัตราการไหล ของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่น ของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิ ของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็น ด่าง ของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้น ของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บ ตัวอย่าง น้ำ (m)	เวลาที่ ใช้ในการ ตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
7	52	7.56	32.8	96	15	18	80	70.96	70.19	70.19	70.19	67.50
								75.77	75.19	74.81	72.50	71.92
								78.85	79.23	79.81	79.62	77.31
7	50	7.58	33.4	96	15	18	80	65.00	63.00	63.60	64.80	64.80
								71.80	70.20	71.40	72.60	72.60
								75.40	76.00	76.20	75.60	75.60
7	49	7.58	33.2	96	15	18	80	66.73	65.31	65.31	66.33	64.90
								72.86	71.63	72.04	71.43	71.22
								76.12	76.73	77.14	76.73	75.51

อัตราการไหล ของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่น ของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิ ของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่าง ของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของ สารส้ม (mg/l)	จุดเก็บ ตัวอย่าง น้ำ (m)	เวลาที่ ใช้ในการ ตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
7	52	7.56	32.8	96	15	22	80	71.73	73.08	71.15	71.54	70.19
							100	76.35	74.62	75.58	75.77	73.85
							120	79.04	78.65	79.62	77.31	75.58
7	50	7.58	33.4	96	15	22	80	69.40	68.20	69.20	69.20	69.20
							100	73.60	73.40	72.80	74.20	72.80
							120	76.00	78.00	78.00	77.20	74.60
7	49	7.58	33.2	96	15	22	80	69.39	68.78	69.98	69.18	68.37
							100	73.47	73.47	73.27	74.08	72.24
							120	76.53	77.55	77.96	76.33	74.08

อัตราการไหล ของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่น ของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิ ของน้ำดิบ (°C)	ค่าความ เป็นด่าง ของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้น ของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บ ตัวอย่าง น้ำ (m)	เวลาที่ ใช้ในการ ตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
6	45	7.58	32.0	94	15	2	80	57.78	57.78	57.78	57.78	55.56
								68.44	68.89	68.89	68.22	68.89
								70.00	72.22	71.11	70.89	70.67
6	48	7.65	32.0	95	15	2	80	56.25	56.25	54.17	52.08	52.08
								68.33	68.54	68.75	67.92	68.75
								70.00	71.46	70.63	67.71	68.13
6	53	7.66	32.2	96	15	2	80	56.60	56.60	56.60	56.60	56.60
								68.49	68.67	69.25	69.25	70.00
								69.43	70.19	69.81	69.25	69.81

อัตราการใช้ ของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่น ของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิ ของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่าง ของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของ สารส้ม (mg/l)	จุดเก็บ ตัวอย่าง น้ำ (m)	เวลาที่ ใช้ในการ ตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
6	45	7.58	32.0	94	15	6	80	55.56	55.56	57.78	57.78	57.78
								85.58	63.56	63.56	64.44	64.86
								70.44	70.67	70.89	70.00	70.89
6	48	7.65	32.0	95	15	6	80	56.25	56.25	58.33	58.33	58.33
								65.83	63.54	64.58	64.38	65.00
								70.42	70.63	71.04	70.00	71.58
6	53	7.66	32.2	96	15	6	80	56.60	56.60	56.60	56.60	58.49
								65.66	63.58	64.15	64.72	64.90
								70.38	70.75	70.94	70.00	71.70

อัตราการไหล ของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่น ของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิ ของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่าง ของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของ สารส้ม (mg/l)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ ใช้ในการ ตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
6	45	7.55	31.7	90	20	10	80	46.67	46.67	46.67	43.48	43.48
							100	55.56	55.56	55.56	55.56	57.78
							120	60.89	60.44	60.89	71.78	63.33
6	50	7.55	31.5	95	15	10	80	50.00	48.00	50.00	50.00	50.00
							100	58.00	60.00	60.00	60.00	62.00
							120	62.80	62.40	62.80	64.00	66.00
6	41	7.59	31.5	96	20	10	80	53.66	48.78	51.22	51.22	51.22
							100	59.27	58.05	58.05	59.27	59.27
							120	64.88	65.37	66.59	68.29	66.59

อัตราการไหล ของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่น ของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิ ของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นค่า ของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้น ของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บ ตัวอย่าง น้ำ (m)	เวลาที่ ใช้ในการ ตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
6	45	7.55	31.7	90	20	14	80	48.89	51.11	53.33	53.33	53.33
							100	57.78	57.78	57.78	57.11	60.00
							120	61.11	61.33	62.67	62.22	63.33
6	50	7.55	31.5	95	15	14	80	50.00	50.00	50.00	52.00	52.00
							100	58.00	58.00	60.00	60.00	62.00
							120	62.80	63.40	64.00	62.80	63.60
6	41	7.59	31.5	96	20	14	80	51.22	51.22	51.22	51.22	51.22
							100	58.54	58.78	59.26	60.00	60.24
							120	64.39	65.61	64.15	64.15	64.88

อัตราการไหล ของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่น ของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิ ของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่าง ของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของ สารส้ม (mg/l)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (๒)	เวลาที่ ใช้ในการ ตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
6	49	7.20	32.0	90	20	18	80	55.10	57.14	59.18	59.18	59.18
							100	63.27	62.24	62.45	64.29	64.90
							120	68.37	68.57	69.59	68.78	69.39
6	44	7.88	31.0	96	20	18	80	58.41	59.32	59.77	59.77	60.23
							100	66.36	67.27	67.95	68.41	67.05
							120	70.23	71.36	72.50	72.27	72.95
6	42	7.65	31.7	97	20	18	80	56.90	59.76	60.71	59.05	59.05
							100	65.00	67.86	66.90	67.86	68.57
							120	69.27	70.71	70.48	70.48	70.71

อัตราการไหล ของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่น ของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิ ของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่าง ของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้น ของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ ใช้ในการ ตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
6	49	7.20	32.0	90	20	22	80	61.22	61.22	63.27	61.22	61.22
							100	64.49	65.92	67.35	67.96	67.14
							120	71.43	70.82	72.65	71.63	72.24
6	44	7.68	31.0	96	20	22	80	55.91	59.10	58.86	59.32	58.41
							100	67.27	68.86	69.32	68.64	67.95
							120	71.59	72.73	75.00	73.18	72.95
6	42	7.65	31.7	97	20	22	80	58.57	58.57	61.19	63.33	58.57
							100	65.95	68.33	68.33	69.28	69.52
							120	71.67	72.14	72.38	71.43	71.19

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
5	46	7.60	32.0	96	15	2	80	52.17	54.35	54.35	52.17	52.17
								59.38	59.57	61.09	60.43	60.22
								69.13	69.57	69.39	67.61	66.96
5	42	7.86	31.7	96	20	2	80	50.00	52.38	52.38	52.38	50.00
								60.71	59.05	59.76	60.24	60.24
								68.57	69.52	70.71	69.52	68.89
5	42	7.58	32.7	94	20	2	80	50.00	50.00	52.38	52.38	50.00
								60.71	59.52	60.71	61.19	60.71
								70.24	70.48	67.62	67.86	67.14

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
5	46	7.60	32.0	96	15	6	80	47.83	50.00	50.00	47.83	50.00
								58.70	58.70	58.70	58.49	58.70
								63.26	64.13	62.83	64.57	63.91
5	42	7.86	31.7	96	20	6	80	42.86	42.86	40.48	42.86	38.10
								54.76	52.38	54.76	54.76	54.76
								59.76	59.76	60.95	60.48	60.71
5	42	7.58	32.7	94	20	6	80	45.24	42.86	45.24	45.24	45.24
								58.33	57.86	59.05	59.05	59.52
								61.67	62.38	61.67	61.19	62.86

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
5	44	7.68	33.0	96	20	10	80	60.89	62.95	60.89	60.91	60.89
							100	66.59	67.05	68.18	68.18	65.45
							120	70.23	72.27	72.73	71.59	71.14
5	45	7.70	32.5	96	15	10	80	60.00	58.44	60.00	60.00	58.00
							100	63.78	62.89	63.33	63.78	62.44
							120	69.11	69.33	70.67	69.11	69.11
5	40	7.99	32.5	94	20	10	80	58.50	57.50	57.50	58.00	57.00
							100	62.50	61.75	65.50	65.00	62.50
							120	68.75	69.25	70.00	68.25	67.25

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
5	44	7.68	33.0	96	20	14	80	62.05	60.23	61.82	61.36	61.36
							100	66.82	66.59	68.18	65.91	65.91
							120	69.32	71.14	70.00	70.68	69.77
5	45	7.70	32.5	96	15	14	80	60.00	59.33	60.00	57.78	60.00
							100	64.57	64.22	63.78	62.67	62.00
							120	69.11	69.33	69.33	67.78	67.78
5	40	7.99	32.5	94	20	14	80	58.75	57.50	59.75	58.25	58.75
							100	63.50	63.25	63.50	61.25	60.75
							120	68.75	69.50	68.50	66.25	64.25

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นกรดของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
5	43	7.86	32.5	96	20	18	80	60.93	63.72	62.09	63.72	62.79
							100	66.98	68.14	67.91	67.91	67.91
							120	74.42	71.86	71.40	72.33	72.56
5	48	7.60	32.0	95	15	18	80	63.54	64.17	63.54	63.75	64.17
							100	70.83	69.92	70.83	68.13	69.80
							120	75.21	76.04	73.54	73.96	77.08
5	44	7.68	32.0	96	20	18	80	61.14	62.73	61.59	62.50	62.27
							100	67.95	67.05	68.41	67.05	67.95
							120	74.09	73.18	71.59	72.27	74.09

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
5	43	7.86	32.5	96	20	22	80	60.70	60.70	59.77	62.09	61.86
							100	65.12	65.58	65.35	67.44	64.88
							120	70.23	70.23	70.23	71.16	71.16
5	48	7.60	32.0	95	15	22	80	62.50	62.50	62.71	62.08	62.71
							100	69.17	69.38	70.83	68.96	70.83
							120	73.13	72.50	72.29	74.17	73.96
5	44	7.68	32.0	96	20	22	80	60.23	60.23	60.00	60.68	60.91
							100	66.14	66.59	67.05	67.05	66.36
							120	70.91	70.45	70.45	71.82	71.82

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
4	56	7.50	31.0	96	15	2	80	51.79	51.79	51.79	53.57	55.36
								62.50	64.29	65.36	66.07	66.07
								69.29	69.82	70.54	70.36	69.64
4	60	7.73	31.0	96	15	2	80	53.33	53.33	53.33	56.67	53.33
								63.33	66.67	67.67	68.17	69.50
								72.83	73.17	74.00	73.67	72.83
4	58	7.66	33.5	96	15	2	80	53.45	53.45	53.45	53.45	53.45
								63.79	63.79	65.52	66.38	66.72
								70.52	71.03	72.93	73.10	72.07

อัตราการใช้ของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ดำเนินการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวหน้า (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
4	56	7.50	31.0	96	15	6	80	51.79	53.57	53.57	53.57	53.57
								58.93	62.50	62.50	64.29	60.71
								67.86	68.93	68.21	68.75	67.68
4	60	7.73	31.0	96	15	6	80	53.33	53.33	55.00	53.33	53.33
								60.00	65.00	66.67	63.33	61.67
								68.33	70.00	69.83	70.33	67.50
4	58	7.66	33.5	96	15	6	80	51.72	51.72	51.72	51.72	53.45
								58.62	58.62	60.34	62.07	62.07
								68.10	63.31	68.79	69.66	68.62

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
4	47	7.60	31.0	96	15	10	80	40.43	44.68	42.55	44.68	44.68
								53.19	53.19	53.19	53.19	53.19
								61.70	60.00	59.57	59.57	60.21
4	47	7.58	31.0	96	15	10	80	40.43	40.43	40.43	42.55	42.55
								53.19	57.45	57.45	57.45	55.32
								62.34	61.70	59.15	59.57	60.85
4	50	7.75	31.5	98	15	10	80	50.00	50.00	48.00	48.00	50.00
								54.00	56.00	54.00	54.00	54.00
								64.40	64.00	63.40	65.00	65.60

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
4	47	7.60	31.0	96	15	14	80	40.43	40.43	40.43	42.55	40.43
								51.06	51.06	53.19	53.19	53.19
								59.57	59.57	61.70	58.94	59.57
4	47	7.58	31.0	96	15	14	80	36.17	36.17	38.30	38.30	38.30
								48.94	46.61	48.94	53.19	53.19
								60.21	60.43	60.85	60.64	60.64
4	50	7.75	31.5	98	15	14	80	38.00	40.00	42.00	42.00	40.00
								54.00	56.00	54.00	56.00	58.00
								63.00	64.80	65.00	64.00	63.60

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
4	44	7.78	31.5	96	20	18	80	47.73	50.00	52.27	52.27	50.00
								56.82	56.82	56.82	56.82	56.82
								60.45	61.59	62.27	61.82	62.05
4	50	7.55	31.5	104	15	18	80	56.00	60.00	60.00	60.00	60.00
								62.00	64.00	64.00	64.80	63.20
								66.60	67.40	69.00	72.00	70.00
4	50	7.73	31.0	100	15	18	80	58.00	60.00	60.00	60.00	60.00
								60.00	62.00	62.00	60.00	60.00
								63.40	65.00	66.40	67.80	67.80

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นค่าของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ทำการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
4	44	7.78	31.5	96	20	22	80	52.27	54.55	56.82	54.55	52.27
								59.09	58.18	57.73	57.27	59.09
								60.45	61.82	62.73	63.41	62.50
4	50	7.55	31.5	104	15	22	80	58.00	62.00	62.00	62.00	60.00
								64.00	64.20	65.40	63.80	64.00
								68.40	64.20	65.40	63.80	64.00
4	50	7.73	31.0	100	15	22	80	58.00	60.00	62.00	62.00	60.00
								62.60	62.20	62.20	63.00	63.20
								65.00	66.60	67.20	66.00	66.40

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (๓)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
3	50	7.42	33.0	94	15	2	80	44.00	44.00	44.00	46.00	46.00
								56.00	56.00	56.00	56.00	56.00
								62.20	64.00	63.40	65.20	63.60
3	52	7.20	33.0	90	15	2	80	46.15	46.15	46.15	48.08	46.15
								59.62	57.69	59.62	57.69	57.69
								63.46	65.96	66.15	65.96	64.04
3	48	7.55	33.0	95	15	2	80	41.67	41.67	43.75	43.75	45.83
								56.25	54.17	54.17	56.25	56.25
								60.42	62.92	62.50	64.58	62.50

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
3	50	7.42	33.0	94	15	6	80	48.00	50.00	50.00	48.00	48.00
								54.00	54.00	56.00	58.00	58.00
								62.00	62.00	62.00	62.00	62.20
3	52	7.20	33.0	90	15	6	80	50.00	51.92	50.00	50.00	50.00
								55.77	55.77	55.77	57.69	59.69
								61.54	63.46	63.46	63.46	63.46
3	48	7.55	33.0	95	15	6	80	50.00	52.08	54.17	50.00	50.00
								52.08	52.08	54.17	54.17	54.17
								60.83	61.04	61.04	60.42	60.42

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวหน้า (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
3	46	7.65	33.0	96	15	10	80	58.70	57.39	58.91	58.70	59.13
							100	64.35	64.78	64.78	63.91	63.48
							120	69.78	70.00	69.57	69.13	68.91
3	46	7.53	33.0	96	15	10	80	58.70	58.70	58.70	58.70	59.78
							100	63.26	63.91	64.13	63.04	62.39
							120	67.83	69.35	68.40	67.17	66.30
3	54	7.75	33.0	98	15	10	80	62.96	62.96	64.81	62.96	61.11
							100	65.93	66.30	67.04	66.11	65.37
							120	72.59	72.04	71.67	71.11	71.30

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
3	46	7.65	33.0	96	15	14	80	60.87	58.70	58.70	58.70	58.26
							100	62.17	62.83	63.04	60.22	61.09
							120	68.70	68.70	67.83	69.57	67.39
3	46	7.53	33.0	96	15	14	80	60.87	60.87	60.87	60.87	58.70
							100	63.26	63.91	64.35	62.39	61.96
							120	69.57	69.35	68.91	67.39	66.74
3	54	7.75	33.0	98	15	14	80	63.52	64.81	64.81	62.96	62.96
							100	65.19	65.56	65.74	63.52	63.52
							120	73.52	72.96	72.41	70.56	70.37

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
3	60	7.60	31.0	98	15	18	80	75.50	76.83	76.33	77.00	77.00
								79.83	79.67	80.00	80.17	79.50
								82.00	82.00	82.17	82.33	82.33
3	64	7.63	33.0	96	15	18	80	82.50	82.97	83.90	84.23	81.72
								84.53	84.53	85.63	85.00	84.84
								86.72	87.03	87.97	88.13	87.50
3	66	7.85	33.0	96	15	18	80	77.27	77.27	76.97	77.27	77.27
								81.06	81.06	81.21	80.91	80.91
								82.88	82.88	82.88	82.88	83.33

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
3	60	7.60	31.0	98	15	22	80	81.17	81.67	82.00	83.00	80.00
							100	83.67	84.00	84.67	85.00	83.33
							120	85.67	86.00	86.67	87.00	86.33
3	64	7.63	33.0	96	15	22	80	82.50	82.97	83.90	84.23	81.72
							100	84.53	84.53	85.63	85.00	84.84
							120	86.72	87.03	87.97	88.13	87.50
3	66	7.85	33.0	96	15	22	80	83.48	83.94	84.10	84.10	83.33
							100	85.76	85.91	86.06	86.06	85.76
							120	87.12	87.42	88.03	87.42	87.73

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
1	48	7.60	33.0	96	15	2	80	56.25	56.25	56.25	56.25	56.25
								60.42	58.33	60.42	60.42	60.42
								62.50	62.08	62.29	62.92	63.13
1	48	7.58	33.0	96	15	2	80	58.33	58.33	56.25	56.25	58.33
								60.42	60.42	60.42	60.42	60.42
								62.92	62.29	63.33	62.50	62.71
1	50	7.73	33.0	94	15	2	80	62.00	61.60	60.00	60.00	60.00
								64.40	62.20	63.60	64.20	63.00
								70.00	67.80	70.00	70.00	69.60

อัตราการใช้ น้ำดิบ (l/min)	ความขุ่น ของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิ ของน้ำดิบ (°C)	ค่าความ เป็นด่าง ของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้น ของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บ ตัวอย่าง น้ำ (m)	เวลาที่ ใช้ในการ ตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวหน้า (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
1	48	7.60	33.0	96	15	6	80	56.25	56.25	56.25	56.25	58.33
								60.42	60.42	60.42	60.42	60.42
								62.29	62.50	62.92	63.33	63.33
1	48	7.58	33.0	96	15	6	80	56.25	56.25	56.25	54.17	56.25
								60.42	60.42	60.42	60.42	60.83
								62.71	63.33	64.58	62.50	61.88
1	50	7.73	33.0	94	15	6	80	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
								63.20	63.60	64.00	64.00	63.60
								66.20	67.20	67.80	70.00	68.40

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
1	44	7.65	32.7	96	20	10	80	54.55	54.55	56.82	56.82	56.82
								58.64	57.95	58.64	58.18	58.86
								63.64	65.23	64.32	64.32	64.32
1	48	7.59	32.0	95	15	10	80	56.25	54.17	56.25	56.25	58.33
								60.63	61.88	61.46	60.42	60.42
								62.50	64.17	63.75	63.13	61.88
1	50	7.58	32.0	96	15	10	80	56.00	56.00	58.00	58.00	58.00
								62.60	62.00	63.00	62.00	60.00
								65.00	67.60	66.20	66.00	63.80

อัตราการใช้ของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นน้ำด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวหน้า (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
1	44	7.65	32.7	96	20	14	80	59.56	59.10	59.10	59.77	60.91
								62.27	62.95	61.82	62.05	62.50
								68.18	68.18	68.18	65.68	66.82
1	48	7.59	32.0	95	15	14	80	56.25	56.25	58.33	60.42	60.42
								61.88	61.25	62.29	62.71	62.92
								65.21	65.83	66.04	67.92	68.67
1	50	7.58	32.0	96	15	14	80	58.00	62.00	62.00	64.00	64.00
								63.00	64.00	64.40	65.80	66.00
								68.40	68.80	68.60	68.00	69.60

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
1	57	7.62	33.0	96	15	18	80	75.44	75.79	75.26	75.09	75.44
								79.12	80.70	79.30	78.25	77.89
								82.46	82.63	82.46	82.11	82.30
1	65	7.89	33.0	96	15	18	80	77.54	78.15	77.08	76.92	76.31
								80.62	80.31	79.23	79.85	78.92
								84.62	84.15	83.85	84.00	83.69
1	72	7.65	32.5	108	15	18	80	79.17	80.28	80.69	79.86	79.44
								82.50	83.06	83.61	82.22	81.94
								85.28	85.97	86.11	85.00	84.58

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
1	57	7.62	33.0	96	15	22	80	78.60	78.25	79.30	80.70	79.12
							100	80.18	80.88	80.00	80.70	81.40
							120	83.33	83.86	83.68	83.33	83.86
1	65	7.89	33.0	96	15	22	80	82.31	82.00	81.54	83.08	83.23
							100	84.15	84.92	85.08	84.62	85.38
							120	85.85	86.15	86.31	85.38	86.31
1	72	7.65	32.5	108	15	22	80	82.64	83.33	83.61	82.92	82.08
							100	84.31	84.72	83.19	83.61	84.44
							120	85.42	85.56	85.00	84.72	85.14

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวหน้า (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
0.5	43	7.87	33.0	96	20	2	80	55.81	55.81	55.81	54.88	55.81
								61.63	60.70	60.23	61.40	61.40
								68.37	68.84	69.07	69.77	68.84
0.5	49	7.75	33.0	98	15	2	80	59.18	59.18	57.14	59.18	57.14
								63.27	63.06	61.23	61.22	62.24
								70.20	70.61	71.23	71.02	71.22
0.5	42	7.54	33.0	96	20	2	80	54.05	54.76	54.76	52.38	52.38
								62.14	61.90	62.38	62.86	63.57
								69.29	68.57	70.24	70.48	69.05

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
0.5	43	7.87	33.0	96	20	6	80	63.26	63.02	63.49	64.42	63.95
							100	67.44	65.81	66.51	66.51	67.44
							120	68.37	69.77	69.77	69.77	69.30
0.5	49	7.75	33.0	98	15	6	80	64.90	64.29	64.69	64.90	65.92
							100	66.33	65.51	65.10	66.33	67.35
							120	70.20	71.63	72.04	71.43	71.02
0.5	42	7.54	33.0	96	20	6	80	61.67	60.95	59.29	60.24	61.19
							100	64.29	64.05	63.10	65.00	65.48
							120	66.19	66.67	67.62	68.57	67.62

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวหน้า (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
0.5	41	7.58	32.5	94	20	10	80	77.32	77.80	77.32	77.80	77.32
								80.00	80.00	80.00	80.00	79.51
								81.95	81.95	81.71	81.71	81.95
0.5	45	7.55	32.5	90	20	10	80	78.22	78.89	79.11	78.22	78.22
								82.44	82.89	82.67	82.89	82.44
								83.56	83.56	83.33	83.33	82.89
0.5	43	7.86	32.5	96	20	10	80	76.28	76.05	76.05	75.58	75.35
								80.00	79.30	81.40	80.23	80.00
								82.33	83.72	83.26	83.02	83.49

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
0.5	41	7.58	32.5	94	20	14	80	73.90	73.17	73.17	74.39	73.17
							100	80.73	80.98	80.98	79.76	80.73
							120	82.68	82.68	82.44	82.93	82.44
0.5	45	7.55	32.5	90	20	14	80	74.89	74.22	74.00	73.33	73.33
							100	79.33	80.22	80.44	80.00	79.11
							120	81.77	82.00	81.33	82.67	81.78
0.5	43	7.86	32.5	96	20	14	80	72.79	73.26	73.26	74.42	72.09
							100	78.14	77.91	78.60	77.91	76.74
							120	80.23	80.93	81.40	80.93	80.83

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นกรดของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
0.5	66	7.89	32.0	96	15	18	80	72.58	73.79	73.79	74.24	73.79
							100	76.36	76.36	76.52	76.06	76.36
							120	77.73	78.79	79.09	79.09	79.09
0.5	48	7.73	32.5	96	15	18	80	70.21	70.63	71.04	71.88	70.00
							100	74.38	73.96	73.13	73.54	73.54
							120	75.21	76.67	77.50	77.08	77.08
0.5	49	7.55	33.0	104	15	18	80	71.02	71.63	71.84	72.65	72.86
							100	75.51	76.12	76.33	74.89	75.10
							120	77.14	77.76	77.76	79.18	79.59

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
0.5	66	7.89	32.0	96	15	22	80	82.12	82.73	82.27	81.67	81.97
								82.27	83.33	82.73	83.18	83.33
								84.09	84.55	84.85	84.85	84.24
0.5	48	7.73	32.5	96	15	22	80	80.00	79.58	80.00	78.33	77.92
								81.25	81.88	82.50	81.67	80.83
								83.33	83.75	84.17	83.96	82.08
0.5	49	7.55	33.0	104	15	22	80	80.61	79.18	78.98	80.00	81.02
								83.06	80.00	79.59	82.04	82.24
								84.29	84.69	84.90	85.71	84.29

ตารางที่ ข.2 แสดงค่าผลการทดลองการจัดความชื้นด้วยกระบวนการรวมตะกอนในท่อเหล็กอาบสังกะสี
ที่ Parameter ต่างๆ



อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นกรดของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
7	43	7.86	30.0	96	20	2	80	59.77	60.47	60.23	60.47	60.93
							100	63.92	64.19	63.95	63.95	63.02
							120	66.74	66.98	66.74	66.28	65.81
7	41	7.65	30.0	97	20	2	80	58.54	59.02	60.98	60.24	59.76
							100	62.44	63.41	63.66	63.41	63.41
							120	65.85	66.10	66.34	65.61	65.85
7	45	7.73	31.5	90	20	2	80	59.77	60.47	60.23	60.47	60.93
							100	63.72	64.19	63.95	63.95	63.02
							120	66.74	66.98	66.74	66.28	65.81

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
7	43	7.86	30.0	96	20	6	80	63.33	63.33	63.33	62.89	62.22
							100	68.44	68.89	68.22	68.44	67.78
							120	73.77	74.44	74.00	73.33	72.67
7	41	7.65	30.0	97	20	6	80	62.93	63.41	62.68	63.17	62.20
							100	67.32	68.29	68.54	67.80	66.59
							120	70.73	70.98	71.22	70.24	69.51
7	45	7.73	31.5	90	20	6	80	63.02	62.79	63.02	62.33	61.63
							100	68.14	68.60	68.84	68.14	67.44
							120	72.33	72.79	72.79	72.09	71.16

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
7	40	7.59	30.5	94	20	10	80	69.25	70.00	69.75	69.25	68.50
								74.00	74.50	75.00	73.75	73.00
								79.75	80.00	79.25	79.25	78.75
7	40	7.54	30.0	96	20	10	80	68.75	68.00	68.25	67.50	67.00
								73.50	74.00	74.50	73.25	72.50
								79.00	79.00	79.50	78.50	78.00
7	48	7.60	31.0	96	15	10	80	71.08	71.88	72.92	72.08	70.83
								74.93	75.42	75.00	74.58	74.38
								82.14	81.67	81.88	81.46	80.42

อัตราการไหล ของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่น ของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิ ของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็น ด่าง ของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้น ของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บ ตัวอย่าง น้ำ (m)	เวลาที่ ใช้ในการ ตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
7	40	7.59	30.5	94	20	14	80	65.25	64.50	65.00	63.75	63.75
							100	69.50	68.75	68.25	68.00	67.75
							120	77.50	75.50	75.25	75.00	74.75
7	40	7.54	30.0	96	20	14	80	65.00	66.00	66.50	64.25	62.50
							100	69.00	68.75	65.75	66.75	66.00
							120	75.25	75.00	74.75	74.00	73.75
7	48	7.60	31.0	96	15	14	80	67.08	67.71	68.75	68.33	67.29
							100	71.25	71.67	71.88	70.83	70.42
							120	77.50	77.50	77.08	76.88	76.25

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวหน้า (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
7	40	7.99	32.0	94	20	18	80	63.50	62.50	62.00	63.25	62.75
							100	70.75	71.25	70.00	69.75	69.25
							120	75.00	75.25	75.50	74.50	73.75
7	43	7.70	32.0	96	20	18	80	64.42	65.12	65.58	65.12	63.95
							100	71.16	70.93	70.47	69.77	70.00
							120	76.05	76.98	76.74	76.74	76.05
7	43	7.68	31.0	96	20	18	80	65.12	64.88	65.12	64.65	63.95
							100	72.33	72.79	72.09	71.63	70.93
							120	76.51	76.74	77.21	76.51	76.05

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
7	40	7.99	32.0	94	20	22	80	62.25	62.00	62.50	60.75	60.00
								69.75	70.00	68.75	68.75	68.25
								75.75	75.00	75.75	75.50	75.25
7	43	7.70	32.0	96	20	22	80	63.02	65.12	64.88	64.19	63.26
								68.84	68.60	65.81	66.74	66.05
								74.19	77.67	80.47	78.37	76.74
7	43	7.68	31.0	96	20	22	80	62.56	63.02	63.72	61.86	61.40
								69.77	70.23	69.53	68.60	68.84
								74.65	74.65	75.58	74.42	74.65

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
5	43	7.86	30.0	96	20	2	80	80.23	82.33	82.33	81.86	81.86
							100	85.58	84.65	85.35	85.35	85.35
							120	87.67	88.37	87.91	87.91	86.74
5	45	7.80	31.0	96	20	2	80	80.89	81.78	82.22	81.78	81.33
							100	86.22	86.44	86.67	86.67	86.44
							120	88.00	87.78	87.33	87.56	87.33
5	46	7.50	30.5	96	15	2	80	80.65	81.52	81.74	81.09	80.87
							100	86.52	86.09	86.96	86.96	87.17
							120	88.48	89.13	88.91	88.26	88.70

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
5	43	7.86	30.0	96	20	6	80	73.49	73.49	74.19	74.88	74.88
								80.47	79.77	79.30	78.84	79.30
								82.33	83.26	82.79	82.09	82.33
5	45	7.80	31.0	96	20	6	80	74.22	74.44	74.67	75.56	75.76
								81.33	81.33	81.11	81.56	82.22
								82.67	82.44	83.11	83.11	83.56
5	46	7.50	30.5	96	15	6	80	75.43	75.65	76.09	76.52	76.74
								82.17	81.96	81.52	80.87	81.30
								83.91	84.35	84.13	83.70	83.91

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ทำการทดลอง (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
5	40	7.99	30.0	90	20	10	80	62.50	64.25	64.50	64.25	64.00
							100	68.25	68.00	68.00	68.25	68.00
							120	75.75	75.00	74.50	75.00	74.25
5	44	7.80	30.0	96	20	10	80	63.18	63.64	64.09	63.86	63.41
							100	68.86	68.64	68.18	67.95	67.50
							120	78.64	78.41	77.95	77.27	76.82
5	41	8.05	31.0	100	20	10	80	61.95	62.44	62.68	62.20	61.71
							100	69.51	69.27	68.78	68.29	68.29
							120	77.07	76.83	76.34	75.61	75.85

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (นาที)	ประสิทธิภาพการจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
5	40	7.99	30.0	90	20	14	80	64.50	64.25	64.25	65.25	64.50
							100	69.00	69.75	69.75	68.25	66.00
							120	72.75	72.75	72.75	72.50	72.25
5	44	7.80	30.0	96	20	14	80	65.23	65.91	65.91	65.68	65.45
							100	70.68	71.14	71.14	70.45	69.32
							120	74.09	75.00	75.23	74.55	74.09
5	41	8.05	31.0	100	20	14	80	63.90	64.15	64.39	64.15	63.41
							100	68.78	69.27	69.27	68.78	68.80
							120	73.17	73.41	73.66	73.41	72.93

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
5	53	7.83	30.0	96	15	18	80	64.15	64.15	64.72	65.09	66.04
							100	67.74	67.74	69.06	68.68	69.81
							120	72.45	72.26	73.58	72.64	72.64
5	49	7.53	31.0	95	15	18	80	63.88	63.88	63.27	63.67	62.86
							100	67.17	67.35	66.94	66.73	65.92
							120	71.63	71.43	71.43	71.02	70.41
5	52	7.89	31.0	104	15	18	80	65.38	65.38	63.46	63.46	65.38
							100	68.46	68.27	67.88	68.08	68.46
							120	74.04	74.23	74.23	75.00	75.00

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวหน้า (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
5	53	7.83	30.0	96	15	22	80	64.15	64.15	64.15	66.04	66.04
							100	66.42	67.17	67.17	66.98	67.17
							120	71.32	71.51	71.70	71.51	71.70
5	49	7.53	31.0	95	15	22	80	63.27	61.22	63.27	63.27	61.22
							100	65.92	66.33	65.71	65.71	65.31
							120	70.20	70.41	70.41	70.00	69.39
5	52	7.89	31.0	104	15	22	80	63.46	61.54	59.62	61.54	59.62
							100	66.54	66.54	66.15	65.58	65.58
							120	72.69	73.08	72.50	72.31	72.12

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (ม)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
6	43	7.70	32.0	96	20	2	80	51.16	55.81	55.81	55.81	53.49
							100	62.79	60.00	61.40	61.86	61.40
							120	66.98	66.98	67.67	67.44	67.44
6	52	7.20	31.5	90	15	2	80	55.77	55.77	57.69	57.69	55.77
							100	65.38	63.46	63.46	65.38	65.77
							120	70.19	69.81	69.42	69.23	69.04
6	48	7.55	32.0	95	15	2	80	54.17	52.08	54.17	56.25	54.17
							100	63.96	64.58	64.17	63.54	63.54
							120	68.54	69.17	68.96	68.75	67.92

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นค่าของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
6	43	7.70	32.0	96	20	6	80	67.14	64.42	65.81	66.98	68.37
							100	72.79	72.56	73.95	73.49	75.58
							120	77.21	76.98	78.84	79.30	79.77
6	52	7.20	31.5	90	15	6	80	70.19	68.85	69.23	69.81	70.38
							100	75.38	76.54	75.96	76.92	77.50
							120	79.62	80.19	79.42	82.31	81.54
6	48	7.55	32.0	95	15	6	80	68.54	68.75	69.17	68.96	69.38
							100	73.96	74.38	73.54	75.83	76.67
							120	78.33	77.50	78.75	78.13	79.79

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
6	40	7.86	32.0	96	20	10	80	60.50	63.25	63.25	65.25	66.50
							100	68.75	68.50	67.25	70.25	72.25
							120	76.00	75.25	75.25	74.75	76.75
6	39	7.99	32.0	94	20	10	80	58.97	59.49	59.74	62.82	64.10
							100	66.67	66.15	65.38	69.23	69.49
							120	73.85	73.85	73.59	73.08	74.62
6	38	7.45	32.0	94	20	10	80	60.00	60.53	61.84	61.05	63.06
							100	67.89	67.63	68.42	69.21	70.53
							120	75.00	75.26	75.79	73.68	76.32



อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ดำเนินการทดสอบ (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
6	40	7.86	32.0	96	20	14	80	65.25	64.50	65.75	66.25	67.00
							100	69.50	69.00	70.00	72.50	73.25
							120	73.75	74.50	74.00	75.25	76.00
6	39	7.99	32.0	94	20	14	80	64.36	64.10	64.10	63.59	62.82
							100	67.95	68.21	69.23	69.23	68.46
							120	74.36	73.08	72.56	74.62	74.62
6	38	7.45	32.0	94	20	14	80	62.37	62.63	63.16	63.95	63.95
							100	63.95	68.42	66.58	67.11	67.37
							120	68.68	67.63	69.74	71.58	72.37

อัตราการ กรอง น้ำดิบ (l/min)	ความขุ่น ของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิ ของน้ำดิบ (°C)	ค่าความ เป็นด่าง ของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้น ของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บ ตัวอย่าง น้ำ (m)	เวลาที่ ใช้ในการ ตกตะกอน (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวหน้า (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
6	40	7.99	31.0	94	20	18	80	64.50	64.25	64.25	65.00	64.75
							100	65.25	65.25	66.50	66.50	68.25
							120	69.75	69.25	70.75	72.50	74.00
6	35	7.56	32.0	94	20	18	80	56.86	56.57	56.57	56.57	57.14
							100	59.43	60.00	61.14	61.14	61.17
							120	61.43	61.14	62.86	63.71	68.86
6	45	7.60	31.5	96	20	18	80	66.89	66.44	66.44	66.89	67.11
							100	67.78	67.56	68.67	68.22	69.56
							120	72.44	72.00	71.11	71.56	72.22

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวหน้า (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
6	40	7.99	31.0	94	20	22	80	65.00	65.25	66.00	66.25	62.00
							100	68.25	66.75	69.50	71.25	68.50
							120	71.50	70.50	72.00	74.25	73.75
6	35	7.56	32.0	94	20	22	80	57.43	56.86	58.00	59.14	59.14
							100	61.71	60.29	62.29	62.86	61.43
							120	64.86	64.29	64.86	66.00	65.71
6	45	7.60	31.5	96	20	22	80	66.22	67.33	68.67	68.22	64.22
							100	70.00	68.44	71.56	73.56	70.67
							120	73.78	72.22	74.67	76.00	75.56

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
3	42	8.00	30.0	100	20	22	80	52.38	54.76	54.52	54.52	54.76
							100	58.10	59.05	58.57	58.81	62.14
							120	63.33	62.62	63.57	64.29	65.48
3	37	7.63	32.0	98	25	22	80	52.16	51.89	52.70	52.43	52.97
							100	57.84	59.46	58.92	59.73	60.00
							120	62.43	64.32	64.86	65.14	65.95
3	49	7.68	30.0	96	15	22	80	55.10	55.10	55.10	57.14	57.14
							100	61.22	61.22	63.27	63.67	64.29
							120	65.92	66.73	66.53	66.94	67.35

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำดิบ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
3	42	8.00	30.0	100	20	18	80	52.38	54.76	52.38	54.76	52.38
								59.05	57.62	58.81	60.00	60.95
								64.05	63.81	65.00	64.52	67.38
3	37	7.63	32.0	98	25	18	80	48.65	51.35	51.35	48.65	48.65
								53.14	55.14	56.22	55.95	55.41
								62.43	62.43	63.51	64.86	64.05
3	49	7.68	30.0	96	15	18	80	53.06	55.10	53.06	53.06	53.06
								60.20	61.22	60.82	61.43	61.63
								65.51	65.71	65.92	66.94	67.75

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
3	38	7.45	30.0	92	25	14	80	47.37	50.00	50.00	52.63	50.00
							100	51.58	50.53	50.26	51.32	53.68
							120	55.00	53.53	56.84	56.58	58.95
3	35	7.45	30.0	94	25	14	80	48.57	42.86	45.71	45.71	48.57
							100	52.86	53.14	54.29	54.57	55.71
							120	57.14	54.29	55.14	56.29	57.43
3	36	8.13	30.0	105	25	14	80	47.22	50.00	50.00	52.78	50.00
							100	50.00	51.39	52.22	53.61	52.78
							120	57.50	58.33	58.61	58.33	58.33

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
3	38	7.45	30.0	92	25	10	80	42.11	42.11	42.11	42.11	44.74
							100	52.11	52.63	52.11	52.63	53.42
							120	57.11	57.37	57.63	57.89	59.21
3	35	7.45	30.0	94	25	10	80	40.00	40.00	37.14	40.00	42.86
							100	52.29	52.86	51.43	51.71	50.86
							120	56.86	57.43	59.43	58.57	59.14
3	36	8.13	30.0	105	25	10	80	41.67	41.67	41.67	41.67	41.67
							100	50.28	52.22	52.78	53.33	53.61
							120	55.28	55.56	55.83	56.94	57.22

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการทดสอบ (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวหน้า (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
3	37	7.52	30.0	96	25	6	80	37.84	32.43	35.14	37.84	37.84
							100	48.65	45.95	48.65	50.54	51.35
							120	55.95	54.86	55.68	56.22	58.11
3	36	7.23	30.0	90	25	6	80	38.89	38.99	36.11	36.11	38.89
							100	52.22	50.56	50.00	50.83	51.67
							120	55.28	55.56	55.56	56.94	57.22
3	35	7.63	31.0	94	25	6	80	37.14	40.00	40.00	40.00	40.00
							100	50.57	51.43	50.29	50.00	50.86
							120	54.00	53.43	54.29	55.14	55.71

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
3	37	7.52	30.0	96	25	2	80	35.14	35.14	37.84	37.84	35.14
							100	52.97	51.35	51.89	54.86	54.32
							120	61.35	58.11	59.19	60.81	62.70
3	36	7.23	30.0	90	25	2	80	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33
							100	51.94	50.56	50.00	50.28	50.56
							120	60.00	58.33	57.78	59.17	59.44
3	35	7.63	31.0	94	25	2	80	31.43	28.57	28.57	28.57	31.43
							100	50.00	48.00	48.29	49.14	49.43
							120	60.00	60.57	61.43	60.00	59.43

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นค่าของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
4	41	8.10	31.0	96	20	22	80	43.90	41.46	43.90	41.46	39.02
							100	46.34	48.78	51.22	51.22	51.22
							120	51.22	52.20	53.66	56.10	53.66
4	41	8.10	30.0	96	20	22	80	46.34	43.90	43.90	41.46	39.02
							100	48.78	46.34	46.34	48.78	48.78
							120	53.66	56.10	53.66	53.66	53.66
4	40	7.64	30.5	96	20	22	80	42.50	40.00	40.00	37.50	37.50
							100	45.00	47.50	50.00	50.00	50.00
							120	55.00	52.50	52.50	52.50	55.00

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
4	41	8.10	31.0	96	20	18	80	36.59	36.59	36.59	34.15	36.59
							100	46.34	43.90	46.34	46.34	46.34
							120	53.66	53.66	53.66	56.10	54.15
4	41	8.10	30.0	96	20	18	80	36.59	36.59	36.59	36.59	36.59
							100	43.90	43.90	46.34	46.34	43.90
							120	53.90	53.66	52.44	53.66	53.66
4	40	7.64	30.5	96	20	18	80	37.50	35.00	32.50	32.50	32.50
							100	45.00	42.50	45.00	42.50	42.50
							120	53.00	52.50	52.50	50.00	52.50

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวหน้า (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
4	36	7.35	31.0	94	25	14	80	41.67	41.67	44.44	41.67	41.67
							100	41.67	44.44	44.44	44.44	44.44
							120	50.00	52.78	55.56	53.61	49.72
4	42	7.65	31.0	97	20	14	80	42.86	42.86	42.86	45.24	42.86
							100	47.62	47.62	47.62	50.00	47.62
							120	52.38	54.76	54.76	57.14	55.24
4	48	7.63	32.0	96	18	14	80	45.83	45.83	45.83	45.83	45.83
							100	54.17	52.08	54.17	52.08	52.08
							120	60.42	60.63	60.42	60.42	58.33

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
4	36	7.35	31.0	94	25	10	80	44.44	38.89	41.67	41.67	36.11
							100	47.22	47.22	47.22	45.56	47.22
							120	55.28	55.83	55.56	56.67	56.94
4	42	7.65	31.0	97	20	10	80	45.24	45.24	47.62	47.62	45.24
							100	50.00	52.38	54.76	50.00	50.00
							120	58.57	59.52	59.29	59.76	60.24
4	48	7.63	32.0	96	15	10	80	45.83	50.00	47.92	47.92	45.83
							100	52.08	54.17	52.08	52.08	50.00
							120	60.42	60.83	62.50	60.42	60.42

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
4	37	7.45	32.0	96	25	6	80	37.84	37.84	35.14	40.54	37.84
							100	51.35	48.65	53.51	52.70	52.70
							120	57.30	58.11	61.62	61.89	60.54
4	48	7.43	32.0	94	15	6	80	41.67	41.67	39.58	39.58	39.58
							100	54.17	52.08	54.17	58.33	58.33
							120	60.42	60.42	62.50	62.50	62.50
4	49	7.70	31.0	95	15	6	80	42.86	40.82	42.86	42.86	40.82
							100	53.06	55.10	59.18	59.18	55.10
							120	61.22	61.22	61.22	61.22	59.18

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
1	41	7.41	30.0	92	20	2	80	31.71	34.15	34.15	34.15	31.71
							100	51.22	53.66	53.66	53.66	52.20
							120	60.73	62.20	62.20	62.44	62.44
1	42	7.40	30.0	94	20	2	80	33.33	35.71	35.71	35.71	35.71
							100	52.38	54.76	57.14	54.76	54.76
							120	61.19	59.52	60.95	60.71	60.71
1	45	7.65	31.0	94	20	2	80	31.11	33.33	31.11	33.33	33.33
							100	55.56	55.56	55.56	55.56	55.56
							120	65.33	65.78	66.67	66.22	66.00

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
4	37	7.45	32.0	96	25	2	80	48.65	45.95	48.65	48.65	48.65
							100	57.30	57.84	58.38	58.92	60.54
							120	61.62	61.89	61.89	62.97	63.24
4	48	7.43	32.0	94	15	2	80	52.08	50.00	50.00	50.00	50.00
							100	59.58	60.00	60.42	60.63	61.46
							120	64.17	64.79	64.58	65.21	65.63
4	49	7.70	31.0	95	15	2	80	53.06	53.06	53.06	53.06	53.06
							100	60.20	59.18	59.18	61.22	59.18
							120	64.90	63.67	63.88	64.29	64.49

อัตราการใช้ น้ำดิบ (l/min)	ความขุ่น ของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิ ของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็น ด่าง ของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้น ของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บ ตัวอย่าง น้ำ (m)	เวลาที่ ใช้ในการ ตกตะกอน (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
1	41	7.41	30.0	92	20	6	80	31.71	34.15	34.15	34.15	34.15
							100	48.78	48.78	48.78	48.78	46.34
							120	54.15	55.12	56.10	55.85	56.59
1	42	7.40	30.0	94	20	6	80	30.95	30.95	30.95	33.33	33.33
							100	47.62	52.38	52.38	50.00	52.38
							120	58.33	58.57	59.52	57.14	56.67
1	45	7.65	31.0	94	20	6	80	33.33	37.78	37.78	35.56	35.56
							100	51.11	53.33	53.33	53.33	55.56
							120	59.11	58.22	57.78	59.11	59.33

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นของสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
1	37	7.50	31.0	96	25	10	80	32.43	35.14	35.14	37.84	37.84
							100	45.95	48.65	48.11	48.65	48.65
							120	52.70	55.95	55.95	58.11	55.95
1	37	7.33	31.0	94	25	10	80	37.84	37.84	37.84	35.14	35.14
							100	46.49	48.65	48.65	51.35	45.95
							120	54.05	54.86	54.59	56.76	55.41
1	40	7.80	30.0	96	20	10	80	35.00	35.00	35.00	37.50	37.50
							100	47.50	47.50	50.00	52.50	50.00
							120	56.25	57.50	57.00	58.00	57.50

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
1	37	7.50	31.0	96	25	14	80	48.65	48.65	48.65	51.35	49.19
							100	51.62	54.86	55.68	55.95	55.95
							120	59.46	60.00	62.43	63.51	61.89
1	37	7.33	31.0	94	25	14	80	51.35	51.35	48.65	51.35	48.65
							100	53.51	52.70	54.05	54.59	55.41
							120	61.35	62.97	63.51	60.00	58.92
1	40	7.80	30.0	96	20	14	80	50.00	50.00	50.00	50.00	47.50
							100	53.00	55.00	55.00	52.50	52.50
							120	64.00	65.00	64.50	63.50	65.25

อัตราการไหลของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้นสารส้ม (mg/l)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวหน้า (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
1	31	7.58	31.0	94	25	18	80	54.19	55.16	57.10	56.77	55.48
							100	64.19	65.16	66.13	66.45	65.81
							120	70.32	70.65	71.61	71.61	72.90
1	35	7.50	30.0	96	25	18	80	56.29	57.43	58.00	57.43	57.14
							100	65.43	65.71	65.71	64.57	64.00
							120	72.57	71.71	70.86	71.43	72.00
1	36	7.73	30.0	96	25	18	80	55.00	55.56	56.11	54.44	54.17
							100	66.94	66.94	66.67	67.50	72.22
							120	73.33	72.50	72.22	71.11	72.22

อัตราการใช้ ของน้ำดิบ (l/min)	ความขุ่น ของน้ำดิบ (NTU)	pH	อุณหภูมิ ของน้ำดิบ (°C)	ค่าความเป็นด่าง ของน้ำดิบ (mg/l as CaCO ₃)	ความเข้มข้น สารส้ม (mg/l)	จุดเก็บ ตัวอย่าง น้ำ (m)	เวลาที่ ใช้ในการ ตกตะกอน (นาที)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำ (%)				
								5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
1	31	7.58	31.0	94	25	22	80	57.74	59.35	60.65	61.61	60.65
							100	66.13	68.06	68.39	68.71	67.42
							120	76.29	73.55	74.19	73.87	73.87
1	35	7.50	31.0	96	25	22	80	60.29	62.29	62.86	63.14	61.71
							100	74.29	73.14	71.71	72.86	71.43
							120	80.86	80.00	79.43	80.00	79.43
1	36	7.73	30.0	96	25	22	80	59.44	60.28	60.00	61.11	61.67
							100	72.50	73.89	73.61	72.78	72.22
							120	82.22	81.39	81.11	81.11	80.56

ตารางที่ ข.3 แสดงค่าเฉลี่ย($\bar{X}$)ของผลการทดลองกำจัดความชื้นด้วยกระบวนการรวมตะกอนในท่อ
พืชรูที่ Parameter ต่างๆ



อัตราการ การไหลของน้ำ (m^3/min)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้น การตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำต่างๆ				
			5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
7	2	80	69.48	69.11	69.00	70.25	69.48
		100	75.32	75.10	75.51	76.10	76.11
		120	79.23	80.23	79.75	80.12	79.02
	6	80	62.69	61.93	64.39	64.10	62.29
		100	71.52	71.01	71.51	70.81	70.24
		120	75.80	76.89	76.96	75.34	74.47
	10	80	66.04	66.53	66.87	66.04	66.60
		100	71.53	72.57	72.29	71.32	70.32
		120	75.42	76.25	76.67	76.53	76.94

อัตราการ การไหลของน้ำ (m^3/min)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (๓)	เวลาที่ใช้น การตกตะกอน (๓min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำต่างๆ				
			5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
7	14	80	64.44	64.24	64.58	64.65	64.32
		100	70.69	70.21	71.25	71.18	70.76
		120	74.17	75.63	75.70	75.90	74.27
	18	80	67.56	66.17	66.37	67.11	65.73
		100	73.48	72.34	72.75	72.18	71.91
		120	76.79	77.32	77.72	77.32	76.14
	22	80	70.17	70.20	69.78	69.97	69.25
		100	74.47	73.83	73.88	74.68	72.96
		120	77.19	78.07	78.53	76.95	73.54

อัตราการ การไหลของน้ำ (m^3/min)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (ม.)	เวลาที่ใช้น การตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำต่างๆ				
			5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
6	2	80	56.14	56.14	57.47	57.57	58.20
		100	65.76	63.56	64.10	64.51	64.92
		120	70.41	70.68	70.96	70.00	71.39
	6	80	56.88	56.88	56.18	55.49	54.75
		100	68.42	68.70	68.96	68.46	69.21
		120	69.81	71.29	70.52	69.28	69.54
	10	80	50.11	47.82	49.30	48.23	49.90
		100	57.94	57.87	57.87	58.28	59.68
		120	62.86	62.74	63.43	64.69	65.31

อัตราการ การไหลของน้ำ (m^3/min)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้น การตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำต่างๆ				
			5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
6	14	80	50.04	50.78	51.52	52.18	52.18
		100	58.44	58.19	59.01	59.04	60.75
		120	62.77	63.45	63.61	63.06	63.94
	18	80	56.80	58.74	59.89	59.33	59.49
		100	64.88	65.79	65.77	66.85	66.84
		120	69.30	70.21	70.86	70.51	71.02
	22	80	58.57	59.63	61.11	61.29	59.40
		100	65.90	67.70	68.33	68.63	68.20
		120	71.46	71.90	73.34	72.08	72.13

อัตราการ การไหลของน้ำ (m^3/min)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (ม)	เวลาที่ใช้น การตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำต่างๆ				
			5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
5	2	80	50.72	52.24	53.04	52.31	50.72
		100	60.27	59.38	60.52	60.62	60.39
		120	69.31	69.86	68.57	68.33	67.64
	6	80	45.31	45.24	45.24	45.31	44.45
		100	57.26	56.31	57.50	57.43	57.66
		120	61.56	62.09	61.67	62.08	62.49
	10	80	59.80	59.63	59.46	59.64	58.63
		100	64.29	63.90	65.67	65.85	63.46
		120	69.36	70.28	71.13	69.65	69.17

อัตราการ การไหลของน้ำ (m^3/min)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำต่างๆ				
			5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
5	14	80	60.27	59.02	60.52	59.13	60.04
		100	65.00	64.69	65.15	63.28	62.89
		120	69.06	70.00	69.28	68.24	67.27
	18	80	61.87	63.54	62.41	63.32	63.08
		100	68.59	67.70	69.05	67.70	68.55
		120	74.57	73.69	72.18	72.85	74.58
	22	80	61.14	61.14	60.83	61.62	61.83
		100	66.81	67.18	67.74	67.82	67.36
		120	71.48	71.06	70.99	72.38	72.31

อัตราการ การไหลของน้ำ (m^3/min)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้น การตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำต่างๆ				
			5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
4	2	80	52.86	52.88	52.86	54.56	54.05
		100	63.21	64.92	66.18	66.87	67.43
		120	70.88	71.34	72.49	72.38	71.51
	6	80	52.28	52.87	53.43	52.87	53.45
		100	59.18	62.04	63.17	63.23	61.48
		120	68.10	69.41	68.94	69.58	67.93
	10	80	43.62	45.04	43.66	45.08	45.74
		100	53.46	55.56	54.88	54.88	54.17
		120	62.81	61.90	60.71	61.38	62.22

อัตราการ การไหลของน้ำ (m^3/min)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (๓)	เวลาที่ใช้น การตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำต่างๆ				
			5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
4	14	80	38.20	38.87	40.24	40.95	39.58
		100	51.33	51.29	52.04	54.13	59.40
		120	60.93	61.60	62.52	61.19	61.27
	18	80	53.91	56.67	57.42	57.42	56.00
		100	59.61	60.94	60.94	60.54	60.00
		120	63.48	64.66	65.89	67.21	66.62
	22	80	56.09	58.85	60.27	59.52	57.42
		100	61.90	61.86	61.78	61.36	62.10
		120	64.62	65.87	66.38	66.07	66.03

อัตราการ การไหลของน้ำ (ม ³ /min)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้น การตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำต่างๆ				
			5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
3	14	80	61.75	61.46	61.46	60.84	59.97
		100	63.54	64.10	64.38	62.04	62.19
		120	70.60	70.34	69.72	69.17	68.17
	18	80	76.55	77.04	76.73	76.84	76.94
		100	80.56	80.40	80.61	80.31	80.08
		120	82.30	82.25	82.31	82.52	82.56
	22	80	82.38	82.86	83.33	83.78	81.68
		100	84.65	84.81	85.45	85.35	84.64
		120	86.50	86.82	87.56	87.52	87.19

อัตราการ การไหลของน้ำ (m^3/min)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (ม)	เวลาที่ใช้ใน การตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำต่างๆ				
			5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
3	2	80	43.94	43.94	44.63	45.94	45.99
		100	57.29	55.95	56.60	56.65	56.65
		120	62.03	64.29	64.02	65.18	63.38
	6	80	49.33	51.33	51.39	49.33	49.33
		100	53.95	53.95	55.31	56.62	56.62
		120	61.46	62.17	62.17	61.96	62.03
	10	80	60.12	59.68	60.81	60.12	60.01
		100	64.51	65.00	65.32	64.35	63.75
		120	70.07	70.46	69.46	69.14	68.84

อัตราการไหลของน้ำ (m^3/min)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ (๓)	เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำต่างๆ				
			5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
1	2	80	58.86	58.73	57.50	57.50	58.19
		100	61.61	60.32	61.48	61.68	61.28
		120	65.14	64.06	65.21	65.14	65.15
	6	80	57.50	57.50	57.50	56.81	58.19
		100	61.35	61.48	61.61	61.61	61.62
		120	63.73	64.34	65.10	65.28	64.54
	10	80	55.60	54.91	57.02	57.02	57.72
		100	60.62	60.61	61.03	60.20	59.76
		120	63.71	65.67	64.76	64.48	63.33

อัตราการ การไหลของน้ำ (m^3/min)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (ม)	เวลาที่ใช้ใน การตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำต่างๆ				
			5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
1	14	80	57.94	59.12	59.81	61.40	61.24
		100	62.38	62.73	62.84	63.52	63.81
		120	67.26	67.60	67.61	67.20	67.70
	18	80	77.38	78.07	77.68	77.29	77.06
		100	80.75	81.36	80.71	80.11	79.58
		120	84.12	84.25	84.14	83.70	83.52
	22	80	81.18	81.19	81.48	82.23	81.48
		100	82.88	83.51	82.76	82.96	83.74
		120	84.87	85.19	85.00	84.48	85.10

อัตราการ การไหลของน้ำ (m^3/min)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (ม)	เวลาที่ใช้น การตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำต่างๆ				
			5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
0.5	2	80	56.35	56.68	55.90	55.48	55.11
		100	62.35	61.89	61.41	62.16	62.40
		120	69.29	69.34	70.18	70.42	69.70
	6	80	63.28	62.75	62.49	63.19	63.69
		100	66.02	65.12	64.90	65.95	66.76
		120	68.25	69.36	69.81	69.62	69.31
	10	80	77.27	77.58	77.49	77.20	76.96
		100	80.81	80.73	81.36	81.04	80.65
		120	82.61	83.08	82.77	82.69	82.78

อัตราการไหลของน้ำ (m^3/min)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (ม)	เวลาที่ใช้ในการ การตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำต่างๆ				
			5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
0.5	14	80	73.86	73.55	73.48	74.05	72.86
		100	79.40	79.70	80.00	79.22	78.86
		120	81.56	81.87	81.72	82.18	81.72
	18	80	71.27	72.02	72.22	72.92	72.22
		100	75.42	74.48	75.33	74.83	75.00
		120	76.69	77.77	78.12	78.45	78.59
	22	80	80.91	80.47	80.42	80.00	80.30
		100	82.19	81.74	81.61	82.30	82.13
		120	83.90	84.33	84.64	84.84	83.54

ตารางที่ ข.3 แสดงค่าเฉลี่ย($\bar{X}$)ของผลการทดลองกำจัดความชื้นด้วยกระบวนการรวมตะกอนในท่อ
เหล็กอาบสังกะสีที่ Parameter ต่างๆ



อัตราการ การไหลของน้ำ (m^3/min)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้น การตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำต่างๆ				
			5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
7	2	80	59.58	59.98	60.40	60.16	60.08
		100	63.24	63.64	63.50	63.49	62.88
		120	66.34	66.58	66.36	65.96	65.74
	6	80	63.09	63.18	63.01	62.80	62.02
		100	67.97	68.59	68.53	68.13	67.27
		120	72.28	72.74	72.67	71.89	71.11
	10	80	69.69	69.96	70.31	69.61	68.78
		100	74.14	74.64	74.83	73.86	73.29
		120	80.30	80.22	80.21	79.74	79.06

อัตราการ การไหลของน้ำ (m ³ /min)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้น การตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำต่างๆ				
			5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
7	14	80	69.58	66.07	66.75	65.44	64.51
		100	69.92	69.72	68.63	68.53	68.06
		120	76.75	76.00	75.69	75.29	74.92
	18	80	64.35	64.17	64.23	64.34	63.55
		100	71.41	71.66	70.85	70.38	70.06
		120	75.85	76.32	76.48	75.92	75.28
	22	80	62.61	63.38	63.70	62.27	61.55
		100	69.45	69.61	68.03	68.03	67.94
		120	74.86	75.77	77.27	76.10	75.55

อัตราการ การไหลของน้ำ (ม ³ /min)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้น การตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำต่างๆ				
			5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
6	2	80	53.70	54.55	55.89	56.58	54.48
		100	64.04	62.68	63.01	63.59	63.57
		120	68.57	68.65	68.68	68.47	68.13
	6	80	68.62	67.34	68.07	68.58	69.38
		100	74.04	74.49	74.48	75.41	76.58
		120	78.39	78.22	79.00	76.58	80.37
	10	80	59.82	61.09	61.61	63.04	64.59
		100	67.77	67.43	67.02	69.52	70.76
		120	74.95	74.79	74.88	73.84	75.90

อัตราการ การไหลของน้ำ (m^3/min)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (๓)	เวลาที่ใช้น การตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำต่างๆ				
			5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
6	14	80	63.99	63.74	64.34	64.48	64.59
		100	67.13	68.54	68.60	69.61	69.69
		120	72.26	71.74	72.10	73.82	74.33
	18	80	62.75	62.42	62.42	62.82	63.00
		100	64.15	64.27	65.44	65.29	66.51
		120	67.87	67.46	68.24	69.26	71.69
	22	80	62.88	63.15	64.22	64.54	61.79
		100	66.65	65.16	67.78	69.22	66.87
		120	70.05	69.00	70.51	72.08	71.67

อัตราการ การไหลของน้ำ (m^3/min)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้น การตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำต่างๆ				
			5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
5	2	80	80.59	81.88	82.10	81.58	81.35
		100	86.11	85.73	86.33	86.33	86.32
		120	88.05	88.43	88.05	87.91	87.59
	6	80	74.38	74.53	74.98	75.65	75.79
		100	81.32	81.02	80.64	80.42	80.94
		120	82.97	83.35	83.34	82.97	83.27
	10	80	62.54	63.44	63.76	63.44	63.04
		100	68.87	68.64	68.32	68.16	67.93
		120	77.15	76.75	76.26	75.96	75.64

อัตราการ การไหลของน้ำ (ม ³ /min)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้น การตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำต่างๆ				
			5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
5	14	80	64.54	64.77	64.85	65.03	64.45
		100	69.49	70.05	70.05	69.16	68.04
		120	73.34	73.72	73.88	73.49	73.09
	18	80	64.47	64.47	63.82	64.07	64.76
		100	67.78	67.79	67.96	67.83	68.06
		120	72.71	72.64	73.08	72.89	72.68
	22	80	63.63	62.30	62.35	63.62	62.29
		100	66.29	66.68	66.34	66.09	66.02
		120	71.40	71.67	71.54	71.27	71.07

อัตราการ การไหลของน้ำ (m^3/min)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้น การตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำต่างๆ				
			5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
4	2	80	51.26	49.67	50.57	50.57	50.57
		100	59.03	59.00	59.33	60.26	60.39
		120	63.56	63.45	63.45	64.16	64.45
	6	80	40.79	40.11	39.19	40.99	39.41
		100	52.86	51.94	55.62	56.74	55.38
		120	59.65	59.62	61.78	61.87	60.74
	10	80	45.17	44.71	45.74	45.74	42.39
		100	49.77	51.26	51.35	49.21	49.07
		120	58.09	58.73	59.12	58.95	59.20

อัตราการ การไหลของน้ำ (m^3/min)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ใน การตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำต่างๆ				
			5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
4	14	80	43.45	43.45	44.38	44.25	43.45
		100	47.82	48.05	48.74	48.84	48.05
		120	54.27	56.06	56.91	57.06	54.43
	18	80	36.89	36.06	35.23	34.41	35.23
		100	45.08	43.43	45.89	45.06	44.25
		120	53.52	53.27	52.87	53.25	53.44
	22	80	44.25	41.79	42.60	40.14	38.51
		100	46.71	47.54	49.19	50.00	50.00
		120	53.29	53.60	53.27	54.09	54.11

อัตราการ การไหลของน้ำ (m^3/min)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (ม)	เวลาที่ใช้น การตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำต่างๆ				
			5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
3	2	80	33.30	32.35	33.25	33.25	33.30
		100	51.64	49.97	50.06	51.43	51.44
		120	60.45	59.00	59.47	59.99	60.52
	6	80	37.96	37.11	37.08	37.98	38.91
		100	50.48	49.31	49.65	50.46	51.29
		120	55.08	54.62	55.18	56.10	57.01
	10	80	41.26	41.26	40.31	41.26	43.09
		100	51.56	52.57	52.11	52.56	52.63
		120	56.42	56.79	57.63	57.80	58.52

อัตราการ การไหลของน้ำ (m^3/min)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้ใน การตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำต่างๆ				
			5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
3	14	80	47.72	47.62	48.57	50.37	49.52
		100	51.48	51.69	52.26	53.17	54.06
		120	56.55	56.05	56.86	57.07	58.24
	18	80	51.36	53.74	52.26	52.16	51.36
		100	58.13	57.99	58.62	59.13	59.33
		120	64.00	63.98	64.81	65.44	66.39
	22	80	53.21	53.92	54.11	54.70	54.96
		100	59.05	59.91	60.25	60.74	62.14
		120	63.89	64.56	64.99	65.46	66.26

อัตราการ การไหลของน้ำ (m^3/min)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้น การตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำต่างๆ				
			5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
1	2	80	32.05	34.40	33.67	34.40	33.58
		100	53.05	54.66	55.45	54.66	54.17
		120	62.42	62.50	63.27	63.12	63.05
	6	80	32.00	34.29	34.29	34.35	34.35
		100	49.17	51.50	51.50	50.70	51.43
		120	57.20	57.30	57.80	57.37	57.53
	10	80	35.09	35.99	35.99	36.83	36.83
		100	46.65	48.27	48.92	50.83	48.20
		120	54.33	56.10	55.85	57.62	56.29



อัตราการ การไหลของน้ำ (m ³ /min)	จุดเก็บ ตัวอย่างน้ำ (m)	เวลาที่ใช้น การตกตะกอน (min)	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นที่ระยะห่างจากผิวน้ำต่างๆ				
			5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
1	14	80	50.00	50.00	49.10	50.90	48.45
		100	52.71	54.19	54.91	54.35	54.62
		120	61.60	62.32	63.48	63.00	62.02
	18	80	55.16	56.05	57.07	56.21	55.60
		100	65.52	65.94	66.17	66.17	67.34
		120	72.07	71.62	71.56	71.38	72.37
	22	80	59.16	60.64	61.17	61.95	61.34
		100	70.97	71.70	71.24	71.45	70.36
		120	79.79	78.31	78.24	78.33	79.62

