

ความสามารถในการจมตัวของตะกอนเลนจากระบบแอกทีเวทเตดสลัดจ์
แบบบีเอพพี ที่ใช้บำบัดน้ำทิ้งจากโรงงาน เบียร์



นาย อธิ เชี่ยวชาญวิทย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

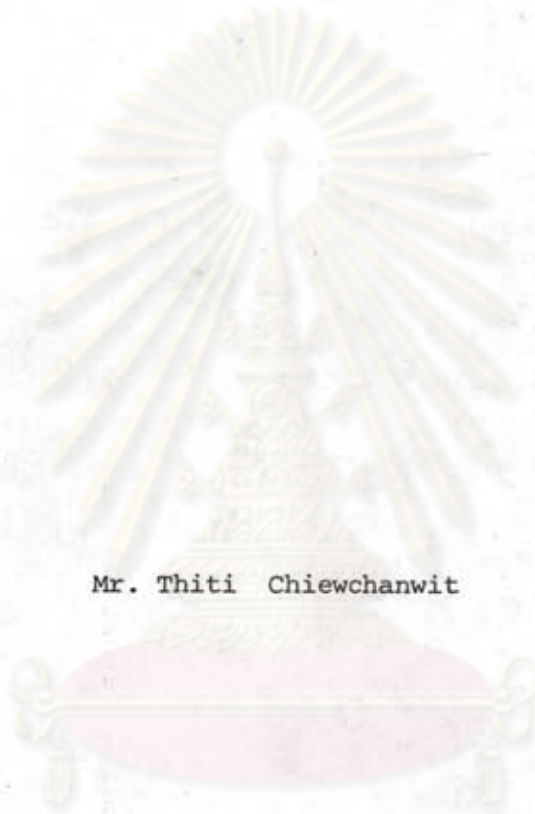
พ.ศ. ๒๕๒๗

ISBN 974-563-192-2

009439

I 15834460

SETTLEABILITY OF SLUDGE FROM BFP ACTIVATED SLUDGE
SYSTEM TREATING A BREWERY WASTEWATER



Mr. Thiti Chiewchanwit

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Sanitary Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University

1984

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ความสามารถในการจมตัวของตะกอน เอนจากระบบแอกทิ เวท เตด

โดย

นาย ธิติ เชี่ยวชาญวิทย์

ภาควิชา

วิศวกรรมสุขาภิบาล

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. ชีระ เกรอด



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

๒๕๖๓/๒๗ ๒๕๖๓

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุณนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(Handwritten signature)

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทวี จิตโมตร)

(Handwritten signature)

..... กรรมการ อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชีระ เกรอด)

(Handwritten signature)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.มันลิน ตัญญาเวศม์)

(Handwritten signature)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ความสามารถในการจมตัวของตะกอนเลนจากระบบแอคทีเวทเดค สลัดจ์ แบบบีเอพพี ที่ใช้บำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานเปียร์
ชื่อ	นาย ชิติ เชี่ยวชาญวิทย์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เกรอต
ภาควิชา	วิศวกรรมสุขาภิบาล
ปีการศึกษา	๒๕๒๖



บทคัดย่อ

ความสามารถในการจมตัว ของตะกอนเลนจากถังเติมอากาศทิ้งหกถังของโรงบำบัดน้ำทิ้ง แอคทีเวทเดคสลัดจ์ แบบบีเอพพี ที่ใช้บำบัดน้ำทิ้งจากโรงเปียร์ของบริษัทปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด ได้ถูกตรวจสอบโดยการวัดความเร็วในการตกตะกอนแบบชั้น (ZSV) พบว่าโดยปกติถังเติมอากาศที่ ๑ จะมีความเร็วในการตกตะกอนสูงสุด แล้วจะค่อย ๆ ลดลงตามลำดับจนถึงถังเติมอากาศที่ ๔ และจะตกตะกอนเร็วขึ้นอีกครั้งในถังเติมอากาศถังที่ ๔ และถังที่หก ทั้งนี้พบว่า เกิดจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะประชากรจุลชีพ ในแต่ละถังเติมอากาศ. รูปของสมการถดถอยของความเร็วในการตกตะกอนที่เหมาะสมที่สุดคือ สมการเอกซโปเนนเชียล. ถังเติมอากาศถังที่ ๑ จะมีค่าอัตราการกำจัดสารอาหารต่อมวลจุลชีพสูงสุด ๒.๘ กก.บีโอดี/กก.จุลชีพ-วัน ตามหลักการของกระบวนการบีเอพพี.

สมการถดถอยที่เหมาะสมที่สุดของความเร็วในการตกตะกอนคือ

$$\text{ถังเติมอากาศหมายเลข ๑ ; } V = \text{Exp} (2.9924 - 0.4050 C)$$

$$\text{ถังเติมอากาศหมายเลข ๒ ; } V = \text{Exp} (2.9508 - 0.4416 C)$$

$$\text{ถังเติมอากาศหมายเลข ๓ ; } V = \text{Exp} (2.7838 - 0.4406 C)$$

$$\text{ถังเติมอากาศหมายเลข ๔ ; } V = \text{Exp} (2.9272 - 0.4782 C)$$

$$\text{ถังเติมอากาศหมายเลข ๕ ; } V = \text{Exp} (2.9747 - 0.4885 C)$$

$$\text{ถังเติมอากาศหมายเลข ๖ ; } V = \text{Exp} (2.8847 - 0.4333 C)$$

เมื่อ V = ความเร็วในการตกตะกอนแบบชั้น (ซม./นาที) และ C = ความเข้มข้นของตะกอนเลน (กก./ม.^๓)

จ

ในรอบสัปดาห์ ความเร็วในการตกตะกอนแบบชั้นของตะกอนเลนมักจะทำในช่วงวันหยุด ซึ่งมีปริมาณน้ำที่น้อย และจะค่อย ๆ เพิ่มสูงขึ้น ในช่วงกลางสัปดาห์ เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณอาหารของแบคทีเรียที่เข้าสู่ระบบ.

ลักษณะประชากรจุลชีพในแต่ละถังเดิมอากาศ จะเปลี่ยนแปลงโดยถังแรกจะมีแบคทีเรียที่ทำให้เกิดก้อนปุยมากที่สุด พร้อมทั้งมีการเติบโตระบบกระจาย (dispersed growth) ซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดความขุ่นที่ไม่ตกตะกอน ถังถัดมาจะมีแบคทีเรียแบบเส้นใยเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ส่วนในถังใกล้สุดท้ายก็จะเริ่มมีจุลชีพในระดับสูงเช่น โปรโตซัว, โรติเฟอร์ เป็นต้น.

ในการพยายามหาตัววัดความสามารถในการจมของตะกอนเลนอื่น ๆ ที่ตรวจสอบง่าย และรวดเร็ว เหมาะสมกับที่จะใช้ในโรงบำบัดน้ำทิ้ง พบว่าความเร็วต้นของการตกตะกอนแบบชั้นที่ความเข้มข้น ๔๐๐๐ มก./ล. และดัชนีปริมาตรตะกอนเลน (SVI) ที่ความเข้มข้น ๓๐๐๐ มก./ล. อาจใช้เปรียบเทียบความสามารถในการจมของตะกอนเลนในแต่ละวันได้.

ผลการตรวจสอบ การทำงานของถังตกตะกอนภายใต้สภาวะการทำงานจริง พบว่าแนวความเข้มข้นของชั้นตะกอนเลนจะเพิ่มสูงขึ้น อย่างต่อเนื่องเมื่อความลึกเพิ่มขึ้น. โดยเริ่มตั้งแต่ความเข้มข้น ๒๐๐๐ - ๔๐๐๐ มก./ล. ณ ส่วนบนของชั้นตะกอนเลน แล้วค่อย ๆ เพิ่มขึ้นโดยอัตราที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ จนเท่ากับ ความเข้มข้นของตะกอนเลนเวียนกลับ ณ ก้นถังตกตะกอน.

ค่าสัดส่วนอัตราการรับมวลแข็งจำกัด (limiting flux) ของถังตกตะกอนจริงกับที่ได้จากการทดสอบ โดยใช้กระบอกตกตะกอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ๑๔ ซม. อยู่ในอัตราส่วน ๑.๒๖ - ๒.๓๓. ดังนั้นการออกแบบโดยใช้ข้อมูลจากกระบอกตกตะกอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ๑๔ ซม. จะมีค่าความปลอดภัย (safety factor) ที่อยู่ในช่วง ๑.๒๖ - ๒.๓๓ ด้วย.

การเพิ่มอัตราเวียนตะกอน (recycle rate) เมื่ออัตราน้ำล้นผิวและความเข้มข้นของมวลแขวนลอยคงที่ แทบจะไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของถังตกตะกอน เมื่อมองโดยรวมเพราะการรับมวลแข็งที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการเพิ่มอัตราเวียนตะกอนนั่นเอง.

9

Thesis Title Settleability of Sludge from BFP Activated Sludge
System Treating a Brewery Wastewater

Name Thiti Chiewchanwit

Thesis Advisor Associate Professor Theera Karot, Ph.D.

Department Sanitary Engineering

Academic Year 1983

ABSTRACT

Settleability of sludges from six aeration tanks of BFP activated sludge wastewater treatment plant treating brewery wastewater of Boonrawd Brewery Co.ltd.were measured by zone settling velocity (ZSV). It is found that the ZSV of sludge is usually highest in the first aeration tank and decreases gradually in the consequence tank until the forth tank then increases again in the last two tanks. The situation is caused by the variation of microbial population in each tanks. Th most suitable form of ZSV regression equations are exponential equation. The first aeration tank has the maximum substrate removal rate (2.8 kg BOD/kg microorganism-day) as stated by the principles of BFP process.

The most suitable regression equations are

1. for A-1 ; $V = \text{Exp} (2.9924 - 0.4050 C)$
2. for A-2 ; $V = \text{Exp} (2.9508 - 0.4416 C)$
3. for A-3 ; $V = \text{Exp} (2.7838 - 0.4406 C)$
4. for A-4 ; $V = \text{Exp} (2.9272 - 0.4782 C)$
5. for A-5 ; $V = \text{Exp} (2.9747 - 0.4885 C)$
6. for A-6 ; $V = \text{Exp} (2.8847 - 0.4333 C)$

When $V = \text{ZSV}$ in cm./min. and $C =$ concentration of sludge in kg/m^3 .

During a week the ZSV of sludge tended to be lower in non-working day which has low wastewater quantity and higher in the midst of week. It is caused by the fluctuation of the influent.

The microbial population in each aeration tanks varied in such a way that the first tank had highest number of floc forming bacteria and a portion of dispersed growth bacteria which caused the unsettle turbidity. The number of filamentous bacteria increased in the consequence tanks. In the last two there were microbial species of higher level such as protozoa, rotifer etc.

In the effort to find another settleability parameters that are simple and easy to be used in wastewater treatment plant, it is found that the ZSV of 4000 mg/l sludge and the SVI of 3000 mg/l sludge can be used in comparing the settleability in each day.

In the operation of a full scale sedimentation tank the concentration of sludge blanket increased continually with depth. The sludge concentration started at about 2000-4000 mg/l and increased nearly linear with depth until it equaled the concentration of recycle sludge at the bottom of sedimentation tank.

The ratios of limiting flux obtained from full scale sedimentation tank to that calculated from column settling test using 15 cms. diameter column varied between 1.26-2.33. So the Sedimentation tank designed by Yoshioka's method using data of the column settling test would have safety factors between 1.26 - 2.33.

Increasing the recycle rate with fixed overflow rate and MLSS concentration scarcely effects the efficiency of sedimentation tank when considered as a whole because the increase in solid loading is resulted from the increase in recycle rate.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าวิจัยครั้งนี้ได้รับการอุดหนุนเกี่ยวกับค่าใช้จ่าย จากบริษัทนุญรอดบรีวเวอรี จำกัด โดย รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เกรอด อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นผู้ดำเนินการนำเสนอโครงการวิจัย และได้รับการอำนวยความสะดวกทุกอย่างจากคุณ อมร ปาริยะ-ประเสริฐ หัวหน้าแผนกโรงบำบัดน้ำทิ้ง บริษัทนุญรอดบรีวเวอรี จำกัด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างยิ่ง ในความช่วยเหลือเกื้อกูลต่าง ๆ ที่ได้รับทั้งหมด ไว้ ณ ที่นี้.

ผู้วิจัยขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.มันลิน ตันจุลเวศม์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย พรรณสวัสดิ์ ที่ได้กรุณาให้คำวิจารณ์และข้อคิดเห็นต่าง ๆ, พนักงานโรงบำบัดน้ำทิ้ง บริษัทนุญรอดบรีวเวอรี จำกัด ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและร่วมมือเป็นอย่างดี, และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องอันเป็นองค์ประกอบที่ทำให้การค้นคว้าวิจัยครั้งนี้เสร็จสิ้นลงทุกท่าน.

คุณอันใดที่จะพึงได้จากการวิจัยครั้งนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาแด่บุพการีทั้งสอง บุรพจารย์ทั้งหลาย และกัลยาณมิตรทุกท่าน ผู้มีส่วนเสริมสร้างความเชื่อมั่น ความพากเพียร ความระลึกรู้สมาธิ และปัญญาแก่ผู้วิจัย.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
กิตติกรรมประกาศ	ฅ
สารบัญเรื่อง	ญ
สารบัญเรื่องโดยละเอียด	ฉ
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญรูปประกอบ	ค
สารบัญภาคผนวก	ฉ
บทที่	
๑. บทนำ	๑-๕
๒. หลักการ ทฤษฎีและรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง	๖-๒๒
๓. เครื่องมือทดสอบและการเก็บข้อมูล	๒๓-๒๔
๔. การตรวจสอบสภาพการทำงานของระบบแอดมิเนชันเวทเทคสัจจ์ แบบ พีเอฟพีที่ใช้บำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานเบียร์ของบริษัทบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด	๒๕-๕๕
๕. ผลการทดลองและวิจารณ์	๖๐-๕๖
๖. สรุปผลการค้นคว้าวิจัย	๕๗-๕๘
๗. ความสำคัญในด้านวิศวกรรม	๕๙
๘. ข้อเสนอแนะสำหรับการค้นคว้าวิจัยต่อไป	๑๐๐
เอกสารอ้างอิง	๑๐๑-๑๐๖
ภาคผนวก	๑๐๗-๒๓๒
อัครชีวประวัติ	๒๓๓

สารบัญเรื่องโดยละเอียด

บทที่		หน้า
บทที่ ๑	บทนำ	๑
	๑.๑ ความ เป็นมา	๑
	๑.๒ มูลเหตุของการวิจัย	๔
	๑.๓ วัตถุประสงค์ของการวิจัย	๔
	๑.๔ ขอบเขตของการวิจัย	๔
	๑.๕ ประโยชน์ที่จะได้จากการวิจัย	๕
บทที่ ๒	หลักการ ทฤษฎีและรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง	๖
	๒.๑ ระบบแอกทีเวทเตดสลัดจ์ แบบธรรมดา	๖
	๒.๒ องค์ประกอบและลักษณะการทำงานโดยสังเขป ของระบบแอกทีเวทเตดสลัดจ์	๗
	๒.๒.๑ ถังเติมอากาศ	๗
	๒.๒.๒ ถังตกตะกอน	๗
	๒.๓ ข้อมูลเกี่ยวกับจุลชีพบางอย่างที่พบในระบบแอกทีเวทเตดสลัดจ์	๙
	๒.๓.๑ แบคทีเรีย	๙
	๒.๓.๒ โปรโตซัว	๙
	๒.๔ การเกิดตะกอนเบา	๙
	๒.๔.๑ ลักษณะโครงสร้างภายในของตะกอนเบา	๑๐
	๒.๔.๒ สาเหตุของการเกิดตะกอนเบาในระบบแอกทีเวทเตดสลัดจ์	๑๑
	๒.๔.๓ การแก้ไขการเกิดตะกอนเบา	๑๒
	๒.๕ ระบบแอกทีเวทเตดสลัดจ์ แบบบีเอพี	๑๒
	๒.๕.๑ องค์ประกอบของระบบ	๑๒
	๒.๕.๒ หลักการทำงานของขบวนการบีเอพี	๑๔
	๒.๕.๓ การควบคุมระบบแอกทีเวทเตดสลัดจ์ แบบบีเอพี โดยสังเขป	๑๔
	๒.๖ ลักษณะการตกตะกอนของมวลแขวนลอยในระบบแอกทีเวทเตดสลัดจ์	๑๗
	๒.๖.๑ การเกิดก้อนปุย	๑๗
	๒.๖.๒ แบบของการตกตะกอน	๑๗

๒.๗	การออกแบบดังตดตะกอนสุดท้ายของระบบแอกทิเวตเตดสลัดจ์	๑๗
๒.๗.๑	การออกแบบโดยการหาพื้นที่ในการทำให้ใส	๑๘
๒.๗.๒	การออกแบบโดยการหาพื้นที่ในการอัดตัว	๑๘
๒.๗.๓	การคำนวณโดยใช้จุดหมุน	๒๐
๒.๘	การเลือกตัวแปรควบคุม เพื่อใช้ในการตรวจสอบและควบคุมระบบแอกทิ- เวทเตดสลัดจ์ แบบปีเอพี	๒๑
บทที่ ๓	เครื่องมือทดสอบและการเก็บข้อมูล	๒๓
๓.๑	กระบวนการเก็บข้อมูล	๒๓
๓.๑.๑	การวัดความสามารถในการจมตัวของตะกอนเลน จากถังเติม อากาศแต่ละถัง	๒๓
๓.๑.๒	การตรวจสอบการทำงานของดังตดตะกอน	๒๓
๓.๑.๓	การบันทึกข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง	๒๓
๓.๒	การวัดความเร็วในการตกตะกอนแบบขั้น	๒๓
๓.๒.๑	การออกแบบกระบอกตกตะกอน	๒๓
๓.๒.๒	วิธีการทดสอบ	๒๔
๓.๓	การวัดดัชนีปริมาตรตะกอน	๒๔
๓.๔	การวัดความขุ่น	๒๔
๓.๕	การวัดความเข้มข้นของมวลแขวนลอย ณ จุดต่าง ๆ ในดังตดตะกอน	๒๗
๓.๕.๑	การออกแบบเครื่องมือเก็บตัวอย่าง	๒๗
๓.๕.๒	การเก็บตัวอย่างน้ำ	๒๗
๓.๖	การหาค่าสัดส่วนอัตราการรับมวลแข็งจำกัด ของดังตดตะกอนภายใต้ สภาวะการทำงานจริง	๒๗
๓.๗	การวัดความเร็วในการตกตะกอนแบบขั้นของตะกอนเลนก่อนเข้าดังต ตะกอน	๒๗

บทที่ ๔ การตรวจสอบสภาพการทำงานของระบบแอกทิเวทเดคสตัคจ์ แบบบีเอฟพีที่ใช้
 บำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานเบียร์ของบริษัทบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด ๒๔

๔.๑ คุณลักษณะของน้ำทิ้ง ๒๔

 ๔.๑.๑ ปริมาณการไหล ๒๔

 ๔.๑.๒ ความเข้มข้นของสารอาหาร ๔๔

 ๔.๑.๓ สารแขวนลอย ๔๔

 ๔.๑.๔ พีเอช ๔๔

๔.๒ ดัชนีชี้วัด ๔๔

 ๔.๒.๑ พีเอช ๔๔

 ๔.๒.๒ ซีไอที ที่ละลายในน้ำ ๔๔

 ๔.๒.๓ มวลสารแขวนลอย ๔๔

๔.๓ ดัชนีชี้วัดอากาศอื่นที่เหลือ ๔๔

 ๔.๓.๑ พีเอช ๔๔

 ๔.๓.๒ ซีไอทีที่ละลายในน้ำ ๔๔

 ๔.๓.๓ มวลสารแขวนลอย ๔๔

๔.๔ ลักษณะของประชากรจุลชีพในแต่ละถัง เติบโตอากาศ ๔๔

 ๔.๔.๑ ดัชนีชี้วัด ๔๔

 ๔.๔.๒ ดัชนีชี้วัดอากาศอื่น ๆ ๔๔

๔.๕ ดัชนีชี้วัดตะกอน ๔๔

 ๔.๕.๑ การรับน้ำจากถัง เติบโตอากาศ ๔๔

 ๔.๕.๒ การเวียนตะกอนกลับ ๔๔

 ๔.๕.๓ ความสูงของชั้นตะกอนเลน ๕๐

๔.๖ การเวียนตะกอนกลับ เข้าสู่ถัง เติบโตอากาศ ๕๐

 ๔.๖.๑ ดัชนีชี้วัด (A-1) ๕๐

 ๔.๖.๒ ถัง A-2 ๕๐

 ๔.๖.๓ ถัง A-3 ๕๐

๔.๗ คุณลักษณะของน้ำที่บำบัดแล้ว ๕๐

 ๔.๗.๑ พีเอช ๕๐

 ๔.๗.๒ บีโอดี ๕๐

 ๔.๗.๓ สารแขวนลอย ๕๑

๔.๘ ตะกอนเลนส่วนเกิน ๕๑

๔.๙ การประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ๕๑

 ๔.๙.๑ ข้อควรสัง เกตบางอย่างเกี่ยวกับการกำจัดสารอาหารในน้ำ
 ทิ้งจากโรงงานเปียร์ ๕๑

 ๔.๙.๒ ค่าตัวแปรควบคุมต่าง ๆ ๕๗

 ๔.๙.๓ การประเมินการทำงานของระบบแอกทีเวทเดคสลิคจ์
 แบบบีเอพพี ๕๗

บทที่ ๕ ผลการทดลองและการวิจารณ์ ๖๐

 ๕.๑ ลักษณะประชากรจุลชีพในถัง เดิมอากาศ ๖๐

 ๕.๒ ความขุ่น ๖๓

 ๕.๓ ดัชนีปริมาณตะกอนเลน ๖๖

 ๕.๓.๑ ปริมาณตะกอนเลนเมื่อเวลา ๓๐ นาที ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ๖๖

 ๕.๓.๒ การเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีปริมาณตะกอนเลนเนื่องจากความ
 เข้มข้น ๖๖

 ๕.๓.๓ ดัชนีปริมาณตะกอนเลนจำเพาะ ๖๖

 ๕.๔ ความเร็วในการตกตะกอนแบบขึ้น ๖๘

 ๕.๔.๑ ข้อสัง เกตบางประการเกี่ยวกับการทดสอบการจมของ
 ตะกอนเลน ๖๘

 ๕.๔.๒ สมการความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกตะกอนกับ
 ความเข้มข้นของน้ำตะกอน ๖๘

 ๕.๔.๓ การเปรียบเทียบความเร็วในการตกตะกอน ของตะกอนเลน
 จากถังเดิมอากาศแต่ละถัง โดยใช้ค่าเฉลี่ยจากสมการถดถอย ๗๔

๔.๔.๔	การเปรียบเทียบความเร็วในการตกตะกอน ในแต่ละวัน	
	โดยใช้ค่าความเร็วในการตกตะกอนจำเพาะ	๗๕
๔.๕	องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการจมของตะกอนเลน	๗๗
	๔.๕.๑ ลักษณะประชากรจุลชีพ	๗๗
	๔.๕.๒ สภาวะอื่น ๆ ของโรงบำบัดน้ำทิ้ง	๗๙
๔.๖	แนวคิดในการปรับปรุงระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบปีเอพี.....	๘๐
๔.๗	ความเข้มข้น ณ จุดต่าง ๆ ภายในถังตกตะกอน	๘๑
๔.๘	การหาค่าสัดส่วนอัตราการรับมวลแข็งจำกัด (limiting flux)	
	ของถังตกตะกอนจริง เปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จาก การทดสอบ	
	โดยใช้กระบอกตกตะกอน	๘๖
๔.๙	การประยุกต์ทฤษฎีสัดส่วนอัตราการรับมวลแข็งในการควบคุมและ	
	ออกแบบถังตกตะกอนสุดท้าย	๘๖
บทที่ ๖	สรุปผลการค้นคว้าวิจัย	๙๗
บทที่ ๗	ความสำคัญในด้านวิศวกรรม	๙๙
บทที่ ๘	ข้อเสนอแนะสำหรับการค้นคว้าวิจัยต่อไป	๑๐๐

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
๔.๑ ตารางแสดงสภาวะโดยทั่วไปของโรงบำบัดน้ำทิ้ง	๔๒
๔.๒ ตารางแสดงการคำนวณหัวแปรต่าง ๆ ในการตรวจสอบการทำงาน ของระบบแอกทิเวทเตดสลัดจ์ แบบปีเอพี	๔๔
๔.๓ ตารางเปรียบเทียบการทำงานของระบบแอกทิเวทเตดสลัดจ์แบบ ธรรมดา กับแบบปีเอพี	๔๘
๔.๑ แสดงผลการวิเคราะห์การถดถอยตามรูปสมการต่าง ๆ (Log-Hyp- Power-Exp) พร้อมทั้งสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (correlation factor)	๗๓
๔.๒ แสดงสภาวะการทำงานของถังตกตะกอน ขณะทำการตรวจสอบการ ทำงานของถังตกตะกอนบางวัน	๘๕
๔.๓ ผลการทดสอบหาค่าสัดส่วนอัตราการรับมวลแข็งจำกัด ของถังตกตะกอน จริง และตามที่ คำนวณได้จากกรทดสอบโดยใช้กรบอกตกตะกอน	๘๘
๔.๔ แสดงความเข้มข้นของตะกอนเลนใต้ถังตกตะกอน ณ อัตราน้ำล้นผิวและ อัตราเวียนตะกอนคู่หนึ่ง เมื่อความเข้มข้นของน้ำตะกอนก่อนข้างคองที่ ประมาณ ๕๐๐๐ มก./ล.	๘๘
๔.๕ เปรียบเทียบเกณฑ์ของถังตกตะกอนปกติและจากกรทดสอบ	๘๒
๕.๖ อัตราเวียนตะกอนที่เหมาะสม (m^3/m^2 -ชม.) โดยทฤษฎีสัดส่วน อัตราการรับมวลแข็ง	๘๘
๖.๑ สมการที่เหมาะสมที่สุดของความเร็วในการตกตะกอนของถัง เติมอากาศ แต่ละถัง	๘๗

สารบัญรูปประกอบ

รูปที่

หน้า

๑.๑	โรงบำบัดน้ำทิ้งแอกทีเวทเตดสลัดจ์ แบบบีเอฟพีของบริษัทบุญรอด บริวเวอรี่ จำกัด	๒
๑.๒	ผังการไหลของโรงบำบัดน้ำทิ้ง บริษัทบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด	๓
๒.๑	แบบแสดงระบบแอกทีเวทเตดสลัดจ์แบบธรรมดา	๖
๒.๒	แสดงภาพวาดของโปรโตชีวชนิดมิชานบางตัว	๔
๒.๓	ก. ก้อนปุ๋ยปกติ	๑๐
	ข. ตะกอนเบาเนื่องจากจุลชีพจำพวกเส้นใย	๑๐
	ค. ตะกอนเบาเนื่องจากจุลชีพจำพวกเส้นใย	๑๐
๒.๔	ก. แบบแสดงระบบแอกทีเวทเตดสลัดจ์ แบบบีเอฟพี	๑๓
	ข. แบบแสดงกลุ่มถังหมักกวนแบบอนุกรมที่มีการเติม เชื้อตลอดเวลา	๑๓
๒.๕	แสดงการจัดทางเดิน (flow) ของน้ำทิ้งในขบวนการบีเอฟพี และ การเปลี่ยนแปลงของบีโอดีในถัง	๑๕
๒.๖	แสดงการทำงานของถังตกตะกอนสุดท้าย	๑๘
๒.๗	แสดงการหาลัดส่วนอัตราการจมต่ำสุดโดยวิธีกราฟ	๑๙
๒.๘	แสดงการใช้จุดหมุน	๒๑
๓.๑	กระบอกตกตะกอนและการจัดตั้งอุปกรณ์ทดลอง	๒๔
๓.๒	เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำจากจุดต่าง ๆ ภายในถังตกตะกอน	๒๖
๓.๓	ถังตกตะกอนที่ใช้หาค่าลัดส่วนอัตราการรับมวลแห้งจำกัด	๒๘
๔.๑	แสดงสภาวะการทำงานของโรงบำบัดน้ำทิ้ง บริษัทบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด	๓๐
๔.๒	แสดงสภาวะการทำงานของโรงบำบัดน้ำทิ้ง บริษัทบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด	๓๑
๔.๓	แสดงสภาวะการทำงานของโรงบำบัดน้ำทิ้ง บริษัทบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด	๓๔

รูปที่

หน้า

๔.๔	แสดงสภาวะการทำงานของโรงบำบัดน้ำทิ้ง บริษัทหุญรอดบรีวเวอรี จำกัด	๓๗
๔.๕	แสดงสภาวะการทำงานของโรงบำบัดน้ำทิ้ง บริษัทหุญรอดบรีวเวอรี จำกัด	๔๐
๔.๖	แสดงจุลชีพจากส่วนต่าง ๆ ของระบบแอกทีเวทเดคสลิคจ์แบบปีเอฟพี ของบริษัทหุญรอดบรีวเวอรี จำกัด	๔๖
๕.๑	แสดงภาพวาดของจุลชีพบางตัวที่พบในถัง เติมอากาศ	๖๒
๕.๒	แสดงความขุ่นของน้ำจากถัง เติมอากาศแต่ละถัง หลังจากทิ้งไว้ ๓๐ นาที	๖๔
๕.๓	แสดงตัวอย่างค่าปริมาตรตะกอนเลน เมื่อเวลา ๓๐ นาที ที่ความ เข้มข้นต่าง ๆ กัน	๖๗
๕.๔	แสดงค่าดัชนีปริมาตรตะกอนเลน (SVI) ของน้ำตะกอนที่มีความ เข้มข้น ต่าง ๆ กัน	๖๗
๕.๕	แสดงตัวอย่างกราฟของการตกตะกอน ของน้ำตะกอนที่มีความ เข้มข้น ต่าง ๆ	๖๘
๕.๖	แสดงปรากฏการณ์ของการตกตะกอนในกระบอกตกตะกอน	๖๘
๕.๗	ความเร็วในการตกตะกอน ของถัง A-1	๗๐
๕.๘	ความเร็วในการตกตะกอน ของถัง A-2	๗๐
๕.๙	ความเร็วในการตกตะกอน ของถัง A-3	๗๑
๕.๑๐	ความเร็วในการตกตะกอนของถัง A-4	๗๑
๕.๑๑	ความเร็วในการตกตะกอนของถัง A-5	๗๒
๕.๑๒	ความเร็วในการตกตะกอนของถัง A-6	๗๒
๕.๑๓	แสดง เส้นโค้ง เจลลี่ของความเร็วในการตกตะกอนของถัง เติมอากาศ แต่ละถัง	๗๔
๕.๑๔	แสดงแนวเดียวกันของ เส้นโค้งของความเร็วในการตกตะกอน	๗๔
๕.๑๕	ความเร็วในการตกตะกอนแบบขั้นของตะกอน เเลนจากถัง เติมอากาศ แต่ละถัง ที่ความ เข้มข้น ๔๐๐๐ มก./ล.	๗๖

รูปที่

หน้า

๔.๑๖	ตัวแปรอื่นที่อาจมีผลต่อความเร็วในการตกตะกอน	๗๘
๔.๑๗	แสดงแนวความคิดในการปรับปรุงระบบบีเอพี ในช่วงถังเติมอากาศ...	๘๐
๔.๑๘	แผนผังแสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำ	๘๒
๔.๑๘	แนวความเข้มข้นของชั้นตะกอนเลน	๘๒
๔.๒๐	ความเร็วในการตกตะกอนแบบชั้นของตะกอนเลน ในช่วงทำการทดสอบ หาค่าสัดส่วนอัตราการรับมวลแข็งจำกัด	๘๖
๔.๒๑	ความสูงของชั้นตะกอนเลน ณ สัดส่วนอัตราการรับมวลแข็ง และอัตรา เวียนตะกอนต่าง ๆ กัน	๘๗
๔.๒๒	แสดงเส้นความเข้มข้นตะกอนเลนคงที่	๘๐
๔.๒๓	แสดงการหาค่าสัดส่วนอัตราการรับมวลแข็งจำกัด และอัตราเวียน ตะกอนที่เหมาะสม โดยมีขีดความเชื่อมั่น ๘๕ %	๘๓
๔.๒๔	สภาวะการทำงานของถังตกตะกอนที่เหมาะสม โดยมีขีดความเชื่อมั่น ๘๕ เปอร์เซ็นต์	๘๔

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาคผนวก

ภาคผนวกที่	หน้า
๑. ตารางแสดงสภาวะของโรงบำบัดน้ำทิ้งในระหว่างที่ทำการวิจัย	๑๐๗
๒. ตารางแสดงค่าความเร็วในการตกตะกอนแบบชั้นความขุ่น ปริมาตรตะกอน เลน และดัชนีปริมาตร ตะกอนเลน จากการทดสอบ	๑๓๔
๓. กราฟของความเร็วในการตกตะกอนกับความเข้มข้นของน้ำตะกอน	๑๔๑
๔. กราฟของปริมาตรตะกอนเลนเมื่อเวลา ๓๐ นาทีและกราฟดัชนีปริมาตร ตะกอนเลนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	๑๔๗
๕. ตารางแสดงความเร็วจำเพาะในการตกตะกอนแบบชั้นกับดัชนีปริมาตร ตะกอนเลนจำเพาะ	๑๗๖
๖. ตารางแสดงข้อมูลแนวความเข้มข้นของชั้นตะกอนเลนในถังตกตะกอน	๑๗๔
๗. บันทึกการตรวจจุดลักษณะประชากรจุลชีพในถัง เดิมอากาศ	๑๘๑
๘. ตารางแสดงข้อมูลในการหาสัดส่วนอัตราการผลิตแข็งจำกัดของถังตก ตะกอนในสภาวะการทำงานจริง	๑๙๐
๙. ขบวนการผลิต เบียร์และแหล่งกำเนิดของน้ำทิ้ง	๑๙๔
๑๐. ข้อมูลบางอย่าง เกี่ยวกับโรงบำบัดน้ำทิ้งของบริษัทบุญรอดบริวเวอรี่จำกัด	๒๐๓
๑๑. ทฤษฎีและวิธีการวิเคราะห์ในทางสถิติที่ใช้ในการวิจัยโดยสรุป	๒๐๗
๑๒. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์การถดถอยแบบต่าง ๆ	๒๒๓
๑๓. การคำนวณหาช่วงความเชื่อมั่น (Confidence interval) ๙๐ เปอร์เซ็นต์ ของความเร็วในการตกตะกอน	๒๒๗
๑๔. ศัพท์เทคนิคภาษาไทย ที่แปลมาจากภาษาอังกฤษที่ใช้ในการ เขียนวิทยานิพนธ์ ๒๓๐	