การกำจัดไนโตรเจนด้วยระบบแอกทิเวตเตดสลัดจ์แบบดีไนตริฟิเคชันเกิดทีหลัง

นางสาวทัศนีย์ แซ่เตีย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2530

ISBN 974-567-900-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

012722 I1029546X

Nitrogen Removal by Post-Denitrification Activated Sludge System

Miss Tassanee Sae-Tia

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
1987

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การกำจัดไนโตรเจนด้วยระบบแอกทิเวตเตดสลัดจ์แบบดีไนตริฟิเคชันเกิดทีหลัง
โดย	นางสาวทัศนีย์ แซ่เตีย
ภาควิชา	วิศวกรรมสุขาภิบาล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย พรรณสวัสดิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ วีรวรรณ ปัทมาภิรัต)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ สุรพล สายพานิช)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การกำจัดไนโตรเจนด้วยระบบแอกทิเวตเตดสลัดจ์แบบดีไนตริฟิเคชันเกิดทีหลัง

ชื่อนิสิต นางสาวทัศนีย์ แซ่เตีย

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์

ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

ปีการศึกษา 2529

บทคัดย่อ

ความมุ่งหมายในการศึกษางานวิจัยนี้ เพื่อนำเอาระบบแอกทิเวตเตดสลัดจ์แบบดีไนตริฟิเคชันเกิดทีหลัง มาใช้ในการกำจัดสารประกอบไนโตรเจนที่มีอยู่ในน้ำเสีย โดยทำการทดลองกับน้ำเสียสังเคราะห์ ที่เตรียมขึ้นจากน้ำตาลและสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย โดยกำหนดให้ความเข้มข้นของ ซีโอดี มีค่าคงที่ในทุกการทดลอง ประมาณ 500 มก./ล. และความเข้มข้นของสารประกอบไนโตรเจน ประมาณ 25 , 50 และ 100 มก./ล. เพื่อให้อัตราส่วนระหว่าง ซีโอดี และสารประกอบไนโตรเจน มีค่าเท่ากับ 100 : 5 , 100 : 10 และ 100 : 20 ตามลำดับ

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า ระบบแอกทิเวตเตดสลัดจ์แบบดีไนตริฟิเคชันเกิดทีหลัง มีประสิทธิภาพในการกำจัด ซีโอดี ได้ประมาณ 94 - 100 % สำหรับความสามารถในการกำจัดสารประกอบไนโตรเจนของระบบนั้น ในกรณีที่น้ำเสียสังเคราะห์มีอัตราส่วนระหว่าง ซีโอดี ต่อ สารประกอบไนโตรเจน เท่ากับ 100 : 5 และ 100 : 10 ระบบฯ จะสามารถกำจัดสารประกอบไนโตรเจนได้ประมาณ 65 - 85 % และเมื่ออัตราส่วนระหว่าง ซีโอดี ต่อ สารประกอบไนโตรเจน เพิ่มขึ้นเป็น 100 : 20 ระบบฯ จะกำจัดสารประกอบไนโตรเจนในน้ำเสียได้น้อยมาก แต่อย่างไรก็ตาม ในทุกการทดลองระดับของการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันจะมีค่าสูง

Thesis Title	Nitrogen Removal by Post-Denitrification Activated Sludge System
Name	Miss Tassanee Sae-Tia
Thesis Advisor	Associate Professor Munsin Tuntoolvest, Ph.D.
Department	Sanitary Engineering
Academic Year	1986

ABSTRACT

The purpose of this study was to utilize the post denitrification activated sludge system for the removal of the nitrogen compounds (N) in the wastewaters. The synthetic wastewaters was prepared from the ordinary cane sugar and other necessary mineral nutrients. In all experiment , the COD concentration of the wastewaters was fixed constant at approximate 500 mg/l . However, the TKN content was varied at 3 levels, i.e 25 , 50 and 100 mg/l which made the COD:N ratio varying at 100:5 , 100:10 and 100:20 respectively.

The experiment results revealed that the system could removal approximate 94 - 100 % of COD. However the nitrogen removal was approximate 65 - 85 % at two experiments having the COD:N ratio of 100:5 and 100:10 . When the COD:N ratio was increased to 100:20 , only small proportion of the nitrogen was removed. Nevertheless , in all cases the nitrification reactions occursed very well.

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ด้วยความเคารพอย่างสูง ที่ท่านได้กรุณาให้คำชี้แนะแนวทางในการวิจัย อีกทั้งอบรมสั่งสอนให้เกิดวิจารณญาณในเชิงวิชาการและความใฝ่รู้ อันเป็นผลให้งานวิจัยนี้ลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาลทุกท่าน ด้วยความเคารพอย่างสูง ที่กรุณาประสิทธิ์ประสาทวิทยาการต่างๆ และได้ให้ความอนุเคราะห์แก่ผู้วิจัยด้วยดีเสมอมา

ขอขอบคุณกัลยาณมิตรทุกท่านที่ช่วยเหลือ และให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา

ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา - มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงิน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

คุณความดีอันพึงมีจากงานวิจัยครั้งนี้ ขอมอบแด่ บิดา - มารดา และคณาจารย์ทุกท่าน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญเรื่อง

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญเรื่อง ..... ช

สารบัญภาพ ..... ญ

สารบัญตาราง ..... ฏ

บทที่ 1. บทนำ 1

1.1 คำนำ 1

1.2 การควบคุมปริมาณสารประกอบไนโตรเจนในน้ำเสีย 1

1.2.1 วิธี Breakpoint Chlorination หรือ Superchlorination 1

1.2.2 วิธีการแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange) 2

1.2.3 วิธี Air Stripping 2

1.2.4 การกำจัดสารประกอบไนโตรเจนด้วยกระบวนการไนตริฟิเคชันและกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน 3

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 5

บทที่ 2. ทฤษฎี 6

2.1 สารประกอบไนโตรเจน และวัฏจักรของไนโตรเจน 6

2.2 ชนิดของสารประกอบของไนโตรเจนที่อยู่ในน้ำเสีย 7

2.3 ระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์แบบดีไนตริฟิเคชันเกิดทีหลัง (Post - Denitrification Activated Sludge System) 8

2.3.1 ถังปฏิกิริยาแอเรชัน 10

2.3.2 ถังปฏิกิริยาแอนนอกซิค 10

หน้า

2.3.3 ถังตกตะกอน 10
2.3.4 ระบบการเวียนตะกอนและระบายตะกอน 10
2.4 กระบวนการแอโรบิคออกซิเดชัน (Aerobic Oxidation Process) 11
2.4.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการแอโรบิคออกซิเดชัน ... 11
2.4.2 การควบคุมกระบวนการแอโรบิคออกซิเดชัน (ในระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์) 12
2.5 กระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification Process) .. 13
2.5.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการไนตริฟิเคชัน 15
2.5.2 การควบคุมปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน 22
2.6 กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification Process) 22
2.6.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน 28
2.6.2 การควบคุมปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน 29
บทที่ 3. แผนงานและการดำเนินการวิจัย 32
3.1 แผนงานการวิจัย 32
3.2 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ 33
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง 34
3.3.1 ถังพักน้ำเสียสังเคราะห์ 34
3.3.2 เครื่องสูบน้ำเสียแบบไดอะแฟรม 34
3.3.3 ถังปฏิกิริยาแอเรชัน 34
3.3.4 ถังปฏิกิริยาแอนนอกซิค 35
3.3.5 ถังตกตะกอน 37
3.3.6 เครื่องสูบน้ำชนิดรีดสาย (Peristaltic Pump) . 37
3.3.7 ถังน้ำทิ้ง 37
3.4 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ 40
3.4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ 40

3.4.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ ..... หน้า

3.4.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ 40

3.5 การควบคุมและตรวจสอบระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์
แบบดีไนตริฟิเคชันเกิดทีหลัง 41

บทที่ 4 ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผล 44

4.1 การเริ่มเลี้ยงจุลชีพ 44

4.2 สภาพของระบบที่อยู่ในสภาวะคงตัวและประสิทธิภาพของระบบ .. 45

4.3 ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผล 46

4.3.1 ค่าพีเอช (pH) 46

4.3.2 ระดับดีโอ (DO) 49

4.3.3 ค่าโออาร์พี (ORP) 49

4.3.4 ค่า V_{30} และ SVI 54

4.3.5 ปริมาณจุลชีพแขวนลอย 60

4.3.6 ปริมาณซีโอดีและประสิทธิภาพในการกำจัด 64

4.3.7 สารประกอบไนโตรเจนและประสิทธิภาพในการกำจัด . 72

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 100

เอกสารอ้างอิง 101

ภาคผนวก 109

ประวัติผู้เขียน 128

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	ระบบแอกทิเวตเตดสลัดจ์ ซึ่งดัดแปลงเพื่อการกำจัดสารประกอบไนโตรเจนร่วมกับการกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอนที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย	4
2.1	วัฏจักรของไนโตรเจน	6
2.2	แสดงระบบกำจัดน้ำเสียแอกทิเวตเตดสลัดจ์แบบดีไนตริฟิเคชันเกิดทีหลัง	9
2.3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการเจริญเติบโตของจุลชีพไนตริฟายอิงแบคทีเรีย และ อุณหภูมิ	16
2.4	กราฟแสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อการเจริญเติบโตของจุลชีพแขวนลอยในระบบไนตริฟิเคชัน	17
2.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับ ดีโอ และ อัตราการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน	19
2.6	ผลกระทบของ พีเอช ที่มีต่อการกำจัดสารไนโตรเจนของจุลชีพชนิดไนโตรโซโมนาส และชนิดไนโตรแบคเตอร์	20
2.7	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช และอัตราการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน	21
2.8	กราฟแสดงผลกระทบของ พีเอช ที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน	30
3.1	แสดงลักษณะ และขนาดของถังแอเรชัน	35
3.2	แสดงลักษณะ และขนาดของถังแอนนอกซิค	36
3.3	แสดงลักษณะของถังตกตะกอนขนาดต้นแบบ	37
3.4	แสดงอุปกรณ์และการติดตั้งระบบแอกทิเวตเตดสลัดจ์แบบดัดแปลง	38
4.1	แสดงค่าระดับ พีเอช ของน้ำเสียสังเคราะห์	46

รูปที่ หน้า

4.2 แสดงค่าระดับ พีเอช ของน้ำในถังแอเรชัน 47

4.3 แสดงค่าระดับ พีเอช ของน้ำในถังแอนนอกซิค 48

4.4 แสดงค่าระดับ ดีโอ ของน้ำในถังแอเรชัน 50

4.5 แสดงค่าระดับ ดีโอ ของน้ำในถังแอนนอกซิค 51

4.6 แสดงค่าระดับ โออาร์พี ของน้ำในถังแอเรชันและถังแอนนอกซิค ของการทดลองที่ 1 53

4.7 แสดงค่าระดับ โออาร์พี ของน้ำในถังแอเรชันและถังแอนนอกซิค ของการทดลองที่ 2 55

4.8 แสดงค่าระดับ โออาร์พี ของน้ำในถังแอเรชันและถังแอนนอกซิค ของการทดลองที่ 3 56

4.9 แสดงค่า เอส วี ไอ ของการทดลองที่ 1 57

4.10 แสดงค่า เอส วี ไอ ของการทดลองที่ 2 58

4.11 แสดงค่า เอส วี ไอ ของการทดลองที่ 3 59

4.12 แสดงค่าระดับปริมาณตะกอนจุลชีพแขวนลอยในถังแอเรชัน และถังแอนนอกซิค ของการทดลองที่ 1 61

4.13 แสดงค่าระดับปริมาณตะกอนจุลชีพแขวนลอยในถังแอเรชัน และถังแอนนอกซิค ของการทดลองที่ 2 62

4.14 แสดงค่าระดับปริมาณตะกอนจุลชีพแขวนลอยในถังแอเรชัน และถังแอนนอกซิค ของการทดลองที่ 3 63

4.15 แสดงปริมาณ ซีโอดี ของการทดลองที่ 1 65

4.16 แสดงปริมาณ ซีโอดีเปรียบเทียบ ของการทดลองที่ 1 66

4.17 แสดงปริมาณ ซีโอดี ของการทดลองที่ 2 67

4.18 แสดงปริมาณ ซีโอดีเปรียบเทียบ ของการทดลองที่ 2 68

4.19 แสดงปริมาณ ซีโอดี ของการทดลองที่ 3 69

4.20 แสดงปริมาณ ซีโอดีเปรียบเทียบ ของการทดลองที่ 3 70

4.21 แสดงปริมาณ สารเจลคัลไนโตรเจนรวม ของการทดลองที่ 1 73

รูปที่ หน้า

4.22 แสดงปริมาณ สารประกอบไนโตรเจนทั้งหมด เปรียบเทียบ ของการทดลองที่ 1 74
4.23 แสดงปริมาณ สารประกอบแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ของการทดลองที่ 1 75
4.24 แสดงปริมาณ สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน ของการทดลองที่ 1 76
4.25 แสดงปริมาณ สารประกอบไนไตรต์-ไนโตรเจน ของการทดลองที่ 1 77
4.26 แสดงปริมาณ สารประกอบไนเตรต-ไนโตรเจน ของการทดลองที่ 1 78
4.27 แสดงปริมาณ สารประกอบไนโตรเจนทั้งหมด ของการทดลองที่ 1 79
4.28 แสดงปริมาณ สารเจลดัลไนโตรเจนรวม ของการทดลองที่ 1 ..
4.29 แสดงปริมาณ สารประกอบไนโตรเจนทั้งหมด เปรียบเทียบ ของการทดลองที่ 2 83
4.30 แสดงปริมาณ สารประกอบแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ของการทดลองที่ 2 84
4.31 แสดงปริมาณ สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน ของการทดลองที่ 2 85
4.32 แสดงปริมาณสารประกอบไนไตรต์-ไนโตรเจน ของการทดลองที่ 2 86
4.33 แสดงปริมาณ สารประกอบไนเตรต-ไนโตรเจน ของการทดลองที่ 2 87
4.34 แสดงปริมาณ สารประกอบไนโตรเจนทั้งหมด ของการทดลองที่ 2 88
4.35 แสดงปริมาณ สารเจลดัลไนโตรเจนรวม ของการทดลองที่ 3 .. 91

รูปที่ หน้า

4.36 แสดงปริมาณ สารประกอบไนโตรเจนทั้งหมด เปรียบเทียบ ของการทดลองที่ 3 92
4.37 แสดงปริมาณ สารประกอบแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ของการทดลองที่ 3 93
4.38 แสดงปริมาณ สารประกอบแอมโมเนีย-ไนโตรเจน เปรียบเทียบ ของการทดลองที่ 3 94
4.39 แสดงปริมาณ สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน ของการทดลองที่ 3 95
4.40 แสดงปริมาณ สารประกอบไนไตรต์-ไนโตรเจน ของการทดลองที่ 3 96
4.41 แสดงปริมาณ สารประกอบไนเตรต-ไนโตรเจน ของการทดลองที่ 3 97
4.42 แสดงปริมาณ สารประกอบไนโตรเจนทั้งหมด ของการทดลองที่ 3 98

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	สารอินทรีย์ต่างๆ ที่ยับยั้งปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันในระบบแอกทิเวตเตดสลัดจ์	23
2.2	สารประกอบอินทรีย์ที่เป็นพิษต่อปฏิกิริยาการออกซิเดชันของแอมโมเนีย - ไนโตรเจน	25
3.1	สภาวะทำงานต่างๆ ที่กำหนดเป็นแผนการวิจัย	33
3.2	สูตรน้ำเสียสังเคราะห์	34
3.3	แผนการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ	39
4.1	ค่าพีเอชเฉลี่ย ในแต่ละการทดลอง	45
4.2	ค่าระดับดีโอเฉลี่ยของแต่ละการทดลอง	49
4.3	ค่าโออาร์พีเฉลี่ย ที่สภาวะคงตัว	52
4.4	ปริมาณตะกอนจุลชีพแขวนลอยที่สภาวะคงตัว	60
4.5	ค่าซีโอดีเฉลี่ย ณ สภาวะคงตัว และประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของถังปฏิกิริยา	71
4.6	ปริมาณสารประกอบไนโตรเจนในรูปต่าง ๆ ณ สภาวะคงตัวของการทดลองที่ 1	80
4.7	ปริมาณสารประกอบไนโตรเจนในรูปต่าง ๆ ณ สภาวะคงตัวของการทดลองที่ 2	89
4.8	ปริมาณเฉลี่ยของสารประกอบไนโตรเจนในรูปต่าง ๆ ของการทดลองที่ 3	99
4.9	แสดงผลการทดลอง การกำจัดสารประกอบไนโตรเจน ของระบบแอกทิเวกเตดสลัดจ์แบบดีไนตริฟิเคชันเกิดทีหลัง ณ สภาวะคงตัว	100