



การลดค่าที่เคเอ็นในระบบบำบัดน้ำเสีย: กรณีศึกษาโรงพยาบาลขนาดใหญ่

TKN Reduction in Wastewater Treatment Systems: A Case Study of a Large Hospital



นายเอกสิทธิ์ หิริพงษ์

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา การจัดการงานวิศวกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสยาม

พุทธศักราช 2563

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสยาม



ใบรับรองสารนิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสยาม

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ปริญญา

การจัดการงานวิศวกรรม บัณฑิตวิทยาลัย

(สาขาวิชา)

(คณะ)

เรื่อง การลดค่าที่เคเอ็นในระบบบำบัดน้ำเสีย: กรณีศึกษาโรงพยาบาลขนาดใหญ่
TKN Reduction in Wastewater Treatment Systems: A Case Study of a Large Hospital

ผู้แต่ง นายเอกสิทธิ์ หิริพงษ์
Mr. Akkasit Hiriphong

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธชัย บรรเทงจิตร)


.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธชัย บรรเทงจิตร)

ผู้อำนวยการหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

วันที่ 21 เดือน ๗ พ.ศ. 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง : การลดค่าที่เคเอ็นในระบบบำบัดน้ำเสีย: กรณีศึกษาโรงพยาบาลขนาดใหญ่
 โดย : นายเอกสิทธิ์ หิริพงษ์
 ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
 สาขาวิชา : การจัดการงานวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา :

(รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธชัย บรรเทึงจิตร)

..... 29 / 10 / 63

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อลดค่า Total Kjeldahl Nitrogen หรือ TKN ในระบบน้ำทิ้งของโรงพยาบาลขนาดใหญ่ 400 เตียง จากค่า TKN ในโรงพยาบาลตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ย 6 เดือนหลังของปี 2560 เป็น 39 mg/L ในขณะที่กรมควบคุมมลพิษได้กำหนดมาตรฐานค่า TKN ของน้ำทิ้ง ไม่เกิน 35 mg/L จึงจำเป็นต้องลดค่านี้ลงไปเป็นไปตามเกณฑ์ที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด จึงได้นำวิธี Gap Analysis มาวิเคราะห์ หาสาเหตุที่ทำให้ค่า TKN สูงกว่ากำหนด ซึ่งผลการวิเคราะห์สรุปสาเหตุที่ค่านี้สูงเพราะ (1) ผู้ควบคุมระบบขาดความรู้ในการปฏิบัติงาน (2) วัตถุดิบที่ใช้กับระบบไม่มีประสิทธิภาพ และ (3) เครื่องจักรอุปกรณ์ ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน จึงได้ดำเนินการแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยผู้ควบคุมให้มีความรู้ในการปฏิบัติงาน จัดซื้อวัตถุดิบที่มีมาตรฐาน ได้แก่ คลอรีน น้ำยาชีวภาพ เป็นต้น รวมทั้งได้ติดตั้งปั๊มเติมอากาศ เครื่องเติมคลอรีนให้เพียงพอ ทำให้ค่าผลการวิเคราะห์ใน 6 เดือนแรกของปี 2561 มีค่า TKN เท่ากับ 17.3 mg/L ซึ่งต่ำกว่าค่าที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด หรือลดลงจาก 6 เดือนหลังของปี 2560 คิดเป็นร้อยละ 55.64

คำสำคัญ: การจัดการระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลทั่วไป ที่เคเอ็น

Abstract

Title : TKN Reduction in Wastewater Treatment Systems: A Case Study of a Large Hospital

By : Mr. Akkasit Hiriphong

Degree : Master of Engineering

Major Field : Engineering Management

IS Advisor : *Y. Bjt*
(Assoc. Prof. Dr. Yuthachai Bunternngchit)

..... 29 / 10 / 20
.....

The objective of this research was to reduce Total Kjeldahl Nitrogen or TKN in effluent of a large 400-bed hospital. According to the measurement of the average value in the last 6 month of the year 2017, this value was 39 mg/L which was more than the value of 35 mg/L specified by the Pollution Control Department or PCD. Therefore, the value of effluent TKN of this hospital must be reduced. A Gap Analysis method was utilized to identify the causes of this problem. The analytical results indicated that the causes of the high value of TKN were: (1) lack of suitable knowledge among the wastewater system operators; (2) raw materials used in the system were not comply to standards; and (3) not enough small machineries to be used in the system. To solve the mentioned causes, a few short course trainings were organized, purchasing of standardized raw materials and installation of sufficient small machineries e.g. aerators, submersible pumps and chlorine feed pumps. The average of TKN value in the first 6 month of the year 2018 was 17.3 mg/L, which was lower than the value specified by the PCD. This value showed a 55.64% reduction from the last 6 month of 2017.

Keyword: Wastewater treatment system management, General hospital, Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)

Approved by

.....

Ch

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงของ รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธชัย บรรเทึงจิตร อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ รวมถึงคณาจารย์ บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยามทุกท่าน ซึ่งเป็นผู้ให้คำแนะนำและติดตาม ทั้งในการศึกษา การทำงานวิจัยและการให้ความรู้ต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างสูงสุดมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณทางคณะผู้บริหาร หัวหน้าแผนกและพนักงานทุกท่านของบริษัทกรณิศศึกษา ที่ได้มอบความช่วยเหลือ และสนับสนุนข้อมูลและอนุมัติการดำเนินงานวิจัย รวมถึงยังเป็นທີ່ปรึกษาใน ปัญหาต่างๆ ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีและสามารถนำผลสำเร็จของงานวิจัยนี้สามารถใช้งานได้จริง



นายเอกสิทธิ์ หิริพงษ์
ผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญแผนภูมิ	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ขั้นตอนการศึกษา	1
1.4 ขอบเขตการศึกษา	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 แผนการวิจัย	3
1.7 นิยามศัพท์	3
บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้อง	
2.1 หลักการทั่วไปในการจัดการระบบบำบัดน้ำเสีย	5
2.2 คำจำกัดความระบบบำบัดน้ำเสียตามพระราชบัญญัติ	7
2.3 มาตรฐานน้ำทิ้งจากประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	8
2.4 ปริมาณและอัตราน้ำเสียจากโรงพยาบาล	9
2.5 ไนโตรเจนในน้ำเสีย	10
2.5.1 หน่วยความเข้มข้นของสารประกอบไนโตรเจน	11
2.5.2 แอมโมเนีย	12
2.5.3 ไนไตรต์	12
2.5.4 ไนเตรด	13
2.6 ระบบบำบัดน้ำเสียและลักษณะน้ำเสียโรงพยาบาลตัวอย่าง	13
2.6.1 ส่วนประกอบของระบบ AS	14

สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
2.6.2 ข้อควรรู้เกี่ยวกับระบบ AS	16
2.7 การบริหารงานระบบคุณภาพโรงพยาบาลที่เกี่ยวข้อง	17
2.7.1 คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยในการทำงาน (ENV.)	17
2.7.2 Design Action Learning Improvement (DALI)	18
2.7.3 การบริหารความเสี่ยง	21
2.7.4 การติดตาม ตรวจสอบ และวัดผลการปฏิบัติ	24
2.7.5 การชี้แจงและติดตามกฎหมาย	24
2.7.6 การใช้เครื่องมือและวิธีการทางสถิติเพื่อการควบคุม	26
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	27
บทที่ 3 วิธีการศึกษา	
3.1 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียและน้ำทิ้ง	35
3.2 สถานที่ศึกษาวิจัย/พื้นที่	36
3.3 การศึกษาวิเคราะห์ลักษณะคุณสมบัติน้ำเสีย ค่า TKN ก่อนบำบัดและน้ำทิ้งหลังบำบัด	38
3.4 แนวทางแก้ไขปรับปรุงปัญหาค่า TKN ในระบบบำบัดน้ำเสีย	39
3.4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณเชื้อ	39
3.4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้	40
3.4.3 การควบคุมออกซิเจนละลายน้ำ	41
3.4.4 การเพิ่มปริมาณตะกอนเร่ง	42
3.4.5 ค่าความเข้มข้น Free Chlorine	42
บทที่ 4 ผลการศึกษา	
4.1 การเปรียบเทียบการบำบัดน้ำเสียค่า TKN ของระบบบำบัดน้ำเสียกับมาตรฐาน	51
4.2 ความสามารถในการกำจัด TKN ของระบบบำบัดน้ำเสีย	53
4.3 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดกับมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร	55
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการศึกษา	58
5.1.1 จากการศึกษาความรู้เกี่ยวกับการจัดการระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล	58

สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
5.1.2 จากการศึกษาความสามารถในการกำจัด TKN (Total Kjeldahl Nitrogen)	58
5.1.3 จากการศึกษาผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดกับมาตรฐาน	59
5.2 อภิปรายผล	60
5.3 ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาครั้งต่อไป	60
บรรณานุกรม	62
ประวัติผู้วิจัย	65



สารบัญรูป

	หน้าที่
รูปที่ 2.1 การจำแนกประเภทน้ำเสียจากโรงพยาบาล	4
รูปที่ 2.2 แสดงวัฏจักรของไนโตรเจน	11
รูปที่ 2.3 สมการแสดงการเจริญเติบโตของมนุษย์และจุลินทรีย์	14
รูปที่ 2.4 แผนผังระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Activated Sludge (AS)	15
รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบของจุลินทรีย์ในระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์	16
รูปที่ 2.6 วงล้อแห่งการเรียนรู้และพัฒนา	17
รูปที่ 3.1 แบบอาคารแหล่งปล่อยน้ำเสียทั้งหมดของโรงพยาบาล	36
รูปที่ 3.2 แบบรวมระบบบำบัดน้ำเสียรวมทั้งหมดของโรงพยาบาล	37
รูปที่ 3.3 การวิเคราะห์สารประกอบที่เป็นปัญหาค่า TKN	38
รูปที่ 3.4 การทดลองเติมเชื้อเพื่อลด TKN ระบบบำบัดน้ำเสีย	40
รูปที่ 3.5 การติดตั้งอุปกรณ์การเติมเชื้อจุลินทรีย์และคลอรีนอิสระ	41
รูปที่ 3.6 การตรวจสอบปริมาณ DO ในบ่อเติมอากาศประจำวัน	41
รูปที่ 3.7 การสะสมของตะกอนบริเวณก้นบ่อตกตะกอน	42
รูปที่ 3.8 การใช้เครื่องวัดค่าคลอรีนให้เพียงพอกับปริมาณน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย	43
รูปที่ 3.9 การสูบลากตะกอนในบ่อตกตะกอน	45
รูปที่ 3.10 การใช้เครื่องวัดค่า TDS ในแต่ละระบบบำบัดน้ำเสีย	46
รูปที่ 3.11 การใช้เครื่องวัดค่า pH ในระบบบำบัดน้ำเสีย	47
รูปที่ 3.12 การตักตะกอนบริเวณด้านหน้าตะแกรงก่อนเข้าสู่บ่อเกรอะ	48

สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 1.1 แผนการวิจัย	3
ตารางที่ 2.1 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด	9
ตารางที่ 2.2 การวิเคราะห์ Gap Analysis การจัดการระบบบำบัดน้ำเสีย	20
ตารางที่ 2.3 การกำหนดมาตรการในการลดความเสี่ยง	23
ตารางที่ 2.4 การชี้แจงและติดตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องระบบบำบัดน้ำเสีย	25
ตารางที่ 3.1 ค่าเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งก่อนปรับปรุงเพื่อวิเคราะห์สารประกอบ ค่า TKN	39
ตารางที่ 3.2 แสดงค่าผลน้ำตามพารามิเตอร์ที่ควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล	50
ตารางที่ 4.1 ค่าเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งหลังปรับปรุงเพื่อวิเคราะห์สารประกอบ ค่า TKN	51
ตารางที่ 4.2 ค่าน้ำทิ้งก่อนปรับปรุงเพื่อวิเคราะห์ค่า TKN เดือนมกราคม – มิถุนายน ปี 2560	52
ตารางที่ 4.3 ค่าน้ำทิ้งหลังปรับปรุงเพื่อวิเคราะห์ค่า TKN เดือนมกราคม – มิถุนายน ปี 2561	53
ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์เฉลี่ยทุกพารามิเตอร์ระบบบำบัดน้ำเสีย ปี 2560 และ 2561	55



สารบัญแผนภูมิ

	หน้าที่
แผนภูมิที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง % NH ₃ กับ pH	13
แผนภูมิที่ 3.1 ปริมาณการเติมเชื้อจุลินทรีย์ ในช่วงทดลองเดือนมกราคม ปี 2561	40
แผนภูมิที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์ TKN น้ำเข้า (Influent) และน้ำออก (Effluent) ปี 2560	54
แผนภูมิที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์ TKN น้ำเข้า (Influent) และน้ำออก (Effluent) ปี 2561	54
แผนภูมิที่ 4.3 Control Chart การควบคุมพารามิเตอร์น้ำเสีย TKN ไม่เกิน 35 mg/L ปี 2560	56
แผนภูมิที่ 4.4 Control Chart การควบคุมพารามิเตอร์น้ำเสีย TKN ไม่เกิน 35 mg/L ปี 2561	56



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

โรงพยาบาลเอกชนขนาดใหญ่ 400 เตียง ย่านฝั่งธนบุรี กรุงเทพมหานครมีปัญหาเรื่องการจัดการระบบบำบัดน้ำเสียภายในโรงพยาบาล ซึ่งน้ำเสียที่เกิดขึ้นจะถูกบำบัดและฆ่าเชื้อโรคก่อนระบายออกสู่ชุมชนรอบข้าง ทั้งนี้ปัญหาที่ผู้ศึกษารับทราบข้อมูลจากการประชุมคณะกรรมการความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อมในการทำงานทำการรวบรวมข้อมูลและทำการติดตามตรวจสอบแหล่งกำเนิดมลพิษในกระบวนการรักษาพยาบาลผู้ป่วยนั้นก่อให้เกิดน้ำเสียที่มีส่วนประกอบแตกต่างกันไป เช่น ห้องน้ำสาธารณะ การใช้น้ำยาฆ่าเชื้อโรคในการทำหัตถการ สารคัดหลั่งจากห้องปฏิบัติการ สารเคมีในการซักล้างและทำความสะอาด ระบบงานโภชนาการ เป็นต้น จากการสำรวจพบว่าความสามารถในการกำจัด TKN (Total Kjeldahl Nitrogen) มีค่าเฉลี่ย 6 เดือนหลัง ของปี 2560 มีค่า 39 mg/L ในขณะที่กรมควบคุมมลพิษได้กำหนดค่ามาตรฐานของน้ำทิ้ง ไม่เกิน 35 mg/L (กรมควบคุมมลพิษ, 2545) ผู้ศึกษาจึงมองเห็นความสำคัญของปัญหาข้างต้นที่มีความสำคัญและความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมามีวิธีการจัดการระบบบำบัดน้ำเสียภายในโรงพยาบาลได้สำรวจข้อมูลร่วมวิเคราะห์ปัญหา สาเหตุ Gap Analysis ปัญหาส่วนใหญ่จะมีเนื่องจากไม่มีขั้นตอนในการจัดการระบบบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นดีพอ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

การศึกษาวินิจฉัยเพื่อลดค่า (Total Kjeldahl Nitrogen) หรือ TKN ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วก่อนปล่อยลงแหล่งน้ำสาธารณะ

1.3 ขั้นตอนการศึกษา

- 1.3.1 ศึกษาปัญหาทรัพยากรและตัวชี้วัดในองค์กร
- 1.3.2 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 1.3.3 ศึกษาสภาพปัจจุบันของปัญหาระบบบำบัดน้ำเสีย
- 1.3.4 วิเคราะห์สาเหตุและวิธีการแก้ไขปัญหา
- 1.3.5 การนำผลมาประยุกต์ใช้กับระบบบำบัดน้ำเสีย

1.3.6 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

1.3.7 เขียนรายงานการวิจัย

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

ผู้ศึกษาดำเนินการศึกษาศาสนาภาพระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล ด้วยวิธีการเปรียบเทียบ โดยเก็บข้อมูลทั่วไปของระบบบำบัดน้ำเสียด้วยแบบสำรวจ เก็บข้อมูลการบำรุงรักษาและควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียด้วย ในเดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคม ในปี 2560 เทียบกับ 2561 เพื่อศึกษานำผลจากการเก็บตัวอย่างน้ำเสียและน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย โดยห้องปฏิบัติการบริษัทเอกชน ที่ผ่านการอนุญาตขึ้นทะเบียนห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เอกชน จากกรมโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อศึกษาศาสนาภาพการบำบัดน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสีย โดยศึกษาความสามารถในการกำจัด TKN (Total Kjeldahl Nitrogen) เป็นความเข้มข้นรวมของไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์และอนุพันธ์ของแอมโมเนียที่ละลายอยู่ในน้ำ เปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดกับมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2548

1.4.1 ศึกษาจากโรงพยาบาลตัวอย่างในกรณีศึกษาเท่านั้น

1.4.2 ตัวแปรในการศึกษาคือค่า TKN (Total Kjeldahl Nitrogen)

1.4.3 การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาใช้วิธี Gap Analysis

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษานี้

1.5.1 ทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วสามารถปล่อยลงแหล่งน้ำ ถ้าคล่องสาธารณะได้ตามเกณฑ์

1.5.2 เพื่อเป็นตัวอย่างที่โรงพยาบาลอื่นๆจะได้ใช้รูปแบบการวิจัยกับระบบบำบัดน้ำเสียด้วยตนเอง

1.6 แผนการวิจัย

แผนการวิจัย แสดงดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แผนการวิจัย

ลำดับที่	กิจกรรม	ปี 2560						ปี 2561								
		มี.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.
1	ศึกษาปัญหาทรัพยากรและตัวชี้วัดในองค์กร	↔														
2	ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง		↔													
3	ศึกษาสภาพปัจจุบันของปัญหาระบบบำบัดน้ำเสีย			↔												
4	วิเคราะห์สาเหตุและวิธีการแก้ไขปัญหา					↔										
5	การนำผลมาประยุกต์ใช้กับระบบบำบัดน้ำเสีย								↔							
6	สรุปผลและข้อเสนอแนะ														↔	
7	เขียนรายงานการวิจัย															↔

1.7 คำนิยามศัพท์

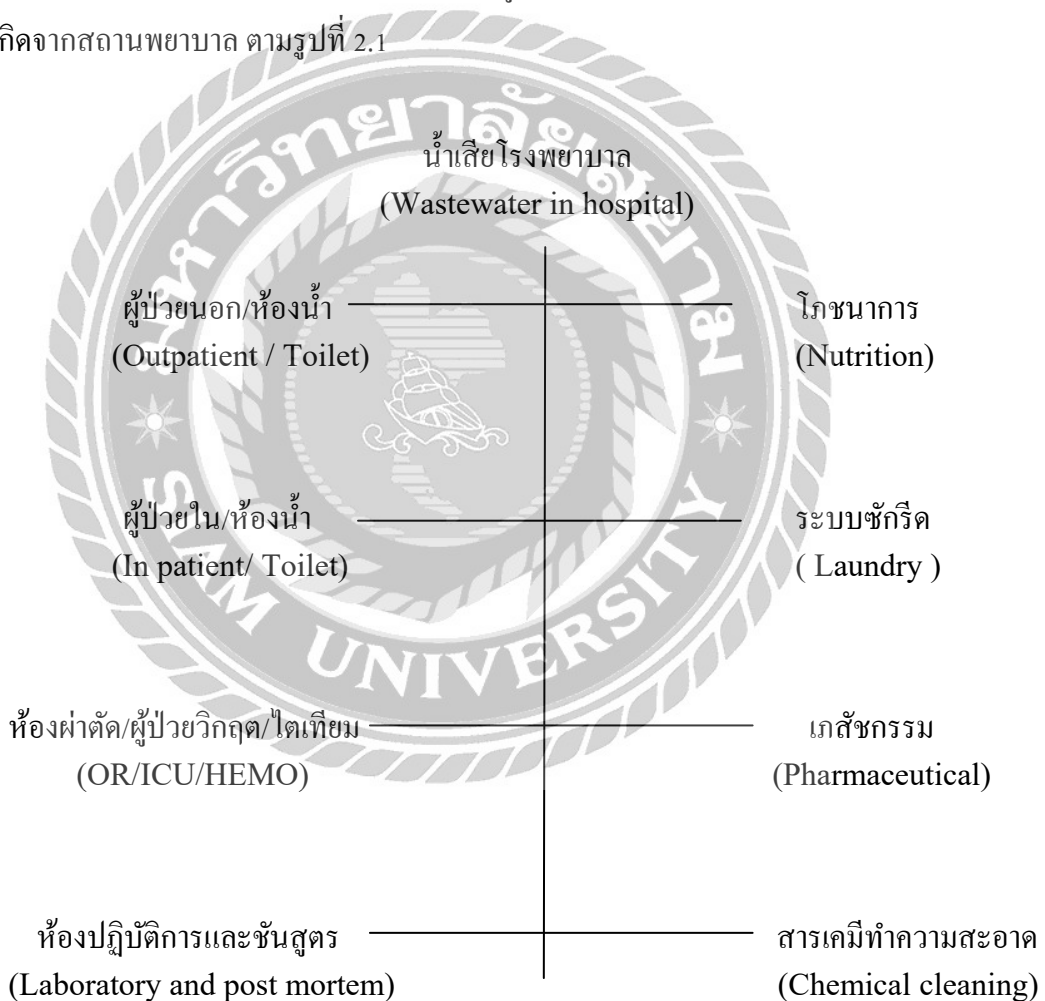
คำนิยามศัพท์ที่มีดังนี้

1. การจัดการระบบบำบัดน้ำเสีย หมายความว่า การจัดการสถานการณ์คุณภาพน้ำในปัจจุบัน วิธีการบำบัดน้ำเสียอย่างถูกวิธี แนวคิดพื้นฐานของการบริหารจัดการระบบบำบัดน้ำเสีย การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย และการคิดต้นทุนการจ่ายค่าบำบัดน้ำเสีย และการควบคุมมลพิษทางน้ำ
2. โรงพยาบาลทั่วไป (General hospital) เป็นสถานพยาบาลที่จัดให้บริการผู้ป่วยด้านเวชกรรมอย่างน้อย 4 สาขาหลัก คือ อายุรกรรม ศัลยกรรม กุมารเวชกรรม สูตินรีเวช และ ดำเนินการโดยผู้ประกอบวิชาชีพเวชกรรม
3. ระบบบำบัดน้ำเสีย หมายความว่า กระบวนการบำบัดน้ำเสีย และให้หมายความรวมถึงท่อ สิ่งปลูกสร้าง เครื่องมือ เครื่องใช้ อุปกรณ์ และวัสดุที่จำเป็นต้องใช้ในการบำบัดน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสียด้วย
4. ทีเคเอ็น หมายความว่า ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปแอมโมเนียและออร์แกนิก-ไนโตรเจน “ออร์แกนิก-ไนโตรเจน” หมายความว่า ไนโตรเจนที่อยู่ในสารประกอบอินทรีย์ประเภทโปรตีน และผลิตผลจากการย่อยสลายของไขมัน เช่น โพลีไทด์ และกรดอะมิโน เป็นต้น
5. น้ำทิ้ง หมายความว่า น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โรงพยาบาลหรือสถานพยาบาลเป็นแหล่งกำเนิดน้ำเสีย ที่มีลักษณะแตกต่างกันไปจากสถานบริการหรือแหล่งกำเนิดน้ำเสียประเภทอื่นๆ ในน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากโรงพยาบาลหรือสถานพยาบาลขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น แนวทางการจัดการของโรงพยาบาล ประเภทและขนาดของโรงพยาบาล อัตราการใช้น้ำและจำนวนผู้ป่วยที่มารับบริการ ซึ่งสามารถแบ่งประเภทน้ำเสียที่เกิดจากสถานพยาบาล ตามรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การจำแนกประเภทน้ำเสีย จากโรงพยาบาล
(ที่มา : ฝ่ายวิศวกรรม โรงพยาบาลตัวอย่าง)

2.1 หลักการทั่วไปในการจัดการระบบบำบัดน้ำเสีย

โรงพยาบาลเป็นสถานที่ให้บริการรักษาพยาบาลผู้ป่วยด้วยโรคติดต่อและไม่ติดต่อกิจกรรมที่ให้บริการก่อให้เกิดของเสีย เช่น มูลฝอยทั่วไป มูลฝอยติดเชื้อ มูลฝอยอันตรายและน้ำเสีย ซึ่งต้องจัดการให้ถูกต้องและเหมาะสม เพื่อให้มั่นใจว่า ของเสียจากโรงพยาบาลไม่ได้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพมนุษย์ เช่น โรคอุจจาระร่วง โรคบิด และโรคพยาธิ เป็นต้น ประเทศไทยมีสถานพยาบาลทั้งภาครัฐและเอกชน จำนวน 27,804 แห่ง มีจำนวนเตียงทั้งหมด 140,961 เตียง (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2556) ประกอบด้วยโรงพยาบาลศูนย์ โรงพยาบาลทั่วไป โรงพยาบาลชุมชน โรงพยาบาลนอกสังกัดสำนักปลัดกระทรวงสาธารณสุข โรงพยาบาลสังกัดกระทรวงอื่นๆ ศูนย์บริการสาธารณสุข สถานีอนามัย โรงพยาบาลเอกชนและคลินิก และโพลีคลินิก ดำเนินงานให้บริการครอบคลุมกิจกรรมหลักทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ส่งเสริมสุขภาพ การป้องกันและควบคุมโรค การรักษาพยาบาล และการฟื้นฟูสุขภาพ น้ำเสียที่เกิดจากการให้บริการอาจก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม หากไม่มีการควบคุม ดูแล และบำบัดที่ถูกต้องอย่างเหมาะสม เช่น การปนเปื้อนในแหล่งน้ำธรรมชาติ แหล่งแพร่กระจายเชื้อโรคสู่ชุมชนและผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย เป็นต้น ส่วนใหญ่โรงพยาบาลเกือบทุกแห่งมีระบบบำบัดน้ำเสียอยู่แล้ว เช่น ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) ระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization ponds) และระบบถังกรองแบบไร้อากาศ (Anaerobic filter) เป็นต้น (อุไรวรรณ อินทร์ม่วงและคณะ, 2544)

การควบคุมการเกิดมลภาวะทางน้ำ ก็คือการไม่ผลิตสารมลพิษทางน้ำ หรือผลิตให้น้อยลงเท่าที่จะทำได้ หากเกิดมลพิษทางน้ำขึ้นแล้วจะต้องมีการกำจัดมลพิษในน้ำให้เหลือน้อยที่สุด การกำจัดน้ำเสียทำได้หลายวิธี ดังนี้

1. การกำจัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติ (self purification)

ในน้ำจะมีจุลินทรีย์โดยเฉพาะแบคทีเรีย ชนิดที่ใช้ออกซิเจนมีหน้าที่กำจัดสารมลพิษในน้ำเสียอยู่แล้วโดยธรรมชาติ การย่อยสลายสารมลพิษที่เป็นสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียทำให้ลดการเน่าเสียของน้ำ หากมีการควบคุมจำนวนแบคทีเรียให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ไม่มากเกินไป จนทำให้เกิดการขาดแคลนออกซิเจน หรือไม่น้อยเกินไป จนเกิดการย่อยสลายไม่ทัน นอกจากนั้นยังต้องควบคุมปริมาณออกซิเจนในน้ำให้มีมากพอโดยจัดการให้อากาศในน้ำให้มีการหมุนเวียนตลอดเวลา เช่น การติดตั้งเครื่องตีน้ำ หรือการพ่นอากาศลงในน้ำ เป็นต้น

2. การทำให้เจือจาง (dilution)

เป็นวิธีการการทำให้ของเสียหรือสารมลพิษเจือจางลงด้วยน้ำจำนวนมากพอ เช่น การระบายน้ำเสีย ลงแม่น้ำ ทะเล วิธีนี้ต้องคำนึงถึงปริมาณของเสียที่แหล่งน้ำจะสามารถรับไว้ได้ ด้วย หมายถึงจะต้องขึ้นอยู่กับปริมาตรของน้ำ ที่จะใช้ ในการเจือจาง และขึ้นกับอัตราการไหลของน้ำใน

แหล่งนี้ วิธีนี้จึงต้องใช้พื้นที่มาก ปริมาณมาก จึงจะทำให้เกิดความเงิองขึ้นได้ ตามมาตรฐานสากลนั้นน้ำสะอาด ควรมีค่าบีโอดี 2 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงใช้เป็นน้ำดื่มได้ กรณีมีค่าบีโอดีมากกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ถือได้ว่าน้ำนั้นมีโอกาสเน่าเสียได้ ส่วนน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน และแหล่งอุตสาหกรรมมีค่าสารแขวนลอย 30 มิลลิกรัมต่อลิตรและค่าบีโอดี 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นเมื่อน้ำทิ้งเมื่อถูกทำให้เงิองด้วยน้ำเสีองจากแม่น้ำหรือทะเล 8 เท่าตัว จะทำให้ค่าบีโอดีไม่เกิน 4 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงไม่เกิดการเน่าเสีย

3. การทำให้กลับสู่สภาพดี แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ (recycle)

เป็นการทำน้ำเสีองให้สามารถกลับมาเป็นน้ำดี เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ต่อไปได้อีก ส่วนมากจะทำในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งจะมีผลดีเกิดขึ้น เพื่อเป็นการลดปริมาณของเสีองที่ปล่อยออกและเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิตอีกด้วย เนื่องกอน้ำน้ำที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ได้อีกนั้น น้ำที่นำกลับมาใช้ใหม่นี้อาจมีคุณสมบัติน้อยกว่าน้ำที่ใช้ครั้งก่อนหน้า ส่วนมากจึงนำไปใช้เป็นน้ำทำความสะอาด ระดับไม่ เป็นต้น

4. การควบคุมการปล่อยน้ำเสีองสู่แหล่งน้ำ

การควบคุมการปล่อยน้ำเสีองสู่แหล่งน้ำถือว่าการป้องกันและลดการนำสารมลพิษลงสู่แหล่งน้ำ กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม จึงได้กำหนดมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ให้มีค่าของสารแขวนลอย 30 mg/L และค่าบีโอดี 20 mg/L ดังนั้นโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ จะต้องติดตั้งอุปกรณ์ที่สามารถกำจัดน้ำเสีองและดำเนินการกำจัดน้ำเสีองให้ได้มาตรฐาน ดังที่กำหนดไว้ก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ การจัดการน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นการกำจัดสิ่งปนเปื้อนที่ทำให้น้ำเสีองอยู่ในเกณฑ์ต่ำสุดที่จะปล่อย ลงสู่แหล่งน้ำตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรมกำหนดมาตรฐาน น้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมต่างๆ ที่กำหนดให้โดยองค์การอนามัยโลก (WHO) และกระทรวงอุตสาหกรรมของประเทศไทย กำหนดได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

5. การบำบัดน้ำเสีอง

แหล่งน้ำที่ก่อให้เกิดน้ำเน่าเสีองนั้น จะต้องห้ามทิ้งสิ่งปฏิกูลของเสีองลงในแหล่งน้ำนั้นอีก เพื่อให้เวลาน้ำมีเวลาเกิดกระบวนการกำจัดของเสีองโดยวิธีธรรมชาติ แต่วิธีนี้ต้องใช้เวลายาวนาน ดังนั้นจึงสามารถเร่งเวลาให้เร็วขึ้น ด้วยการเพิ่มปริมาณออกซิเจนเพื่อให้แบคทีเรียสามารถทำงานได้ดีขึ้น(มันสิน ตันกุลเวสม์, 2542)

2.2 คำจำกัดความระบบบำบัดน้ำเสียตามพระราชบัญญัติ

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2559) ได้ให้ความหมาย น้ำเสียว่าเป็นของเหลวซึ่งผ่านการใช้แล้วทั้งที่มีกากและไม่มีกาก หรือของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลวรวมทั้งมลสารที่ปะปนหรือปนเปื้อนในของเหลวนั้น (ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร ควบคุมการระบายน้ำทิ้ง พ.ศ. 2535) ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง จากอาคารบางประเภทและบางขนาด ให้ความหมายว่า อาคาร เป็นอาคารที่ก่อสร้างขึ้น ไม่ว่าจะ มีลักษณะเป็นอาคารหลังเดียว หรือเป็นกลุ่มของอาคารซึ่งตั้งอยู่ภายในพื้นที่ซึ่งเป็นบริเวณเดียวกัน และไม่ว่าจะมีท่อระบายน้ำท่อเดียว หรือมีหลายท่อที่เชื่อมติดต่อกันระหว่างอาคารหรือไม่ก็ตาม ซึ่งรวมทั้ง โรงพยาบาลของทางราชการหรือสถานพยาบาล ตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาล ที่มีเตียง สำหรับผู้ป่วยไว้ค้างคืนรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 30เตียงขึ้นไป

พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (2522) ได้ให้ความหมาย น้ำเสีย เป็นของเหลวที่ผ่านการใช้แล้วทุกชนิดทั้งที่มีกากและไม่มีกาก และให้ความหมายว่า น้ำทิ้ง เป็นน้ำจากอาคารที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแล้วจนมีคุณภาพตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งที่กำหนดสำหรับการที่จะระบายลงแหล่งรองรับน้ำทิ้งได้ ส่วนระบบบำบัดน้ำเสีย หมายความว่า กระบวนการทำ หรือการปรับปรุงน้ำเสีย ให้มีคุณภาพเป็นน้ำทิ้ง รวมทั้งการทำให้ น้ำทิ้งพ้นไปจากอาคาร ลงแหล่งรองรับน้ำทิ้ง ท่อระบายน้ำ สาธารณะ คู คลอง แม่น้ำ ทะเล และแหล่งน้ำสาธารณะ

องค์การอนามัยโลกได้ให้ความหมายของ “การสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม” (environmental sanitation) (World Health Organization, 2014) ไว้ว่าการสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม คืองานที่กระทำเพื่อควบคุมปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆที่เป็นองค์ประกอบทางกายภาพทั้งหมดที่มนุษย์เป็นผู้กระทำซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อการพัฒนาด้านร่างกายและการดำรงชีวิตอยู่รอดของมนุษย์ ซึ่งมีความหมายเช่นเดียวกันกับ “การอนามัยสิ่งแวดล้อม” (environmental health) (กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2558)

โรคที่เกิดจากน้ำเสีย น้ำถือเป็นปัจจัยพื้นฐานในการดำรงชีวิต ซึ่งไม่เพียงแต่จะใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคแล้ว น้ำยังกลายเป็นปัจจัยสำคัญในอันที่จะช่วยให้เศรษฐกิจของประเทศดำเนินต่อไป ทั้งในส่วนของภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมในปัจจุบันความเจ็บป่วยที่เกิดจากความเกี่ยวข้องกับน้ำ (Water-related diseases) แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ ดังนี้

1. waterborne diseases เป็นโรคหรือความเจ็บป่วยที่มีน้ำในการแพร่กระจาย เกิดจากการดื่มน้ำที่ปนเปื้อนด้วยเชื้อโรคประเภทต่างๆ ตลอดจนจนสารเคมี โลหะหนัก รวมทั้งการปรุงอาหารโดยไม่ใช้น้ำไม่สะอาดที่มีการปนเปื้อนด้วยเชื้อโรคและ

สารเคมี ทำให้เกิดอาการอุจจาระร่วง รวมไปถึงอาการป่วยด้วยโรคอื่นๆ คือ บิด ไทฟอยด์ ตับอักเสบและพยาธิ

2. water-washed diseases เป็นโรคหรือความเจ็บป่วยเนื่องมาจากการขาดแคลนน้ำสะอาดในการชำระล้างทำความสะอาดร่างกาย และเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม มักจะเป็นอาการโรคติดเชื้อตามเชือบุตา ผิวหนังทั้งภายในและภายนอกร่างกาย อาทิ ริดสีดวงตา หิด เหา แผลตามผิวหนัง เป็นต้น
3. water-based diseases เป็นโรคหรือความเจ็บป่วยเนื่องจากเชื้อโรคหรือสัตว์นำโรคที่มีวงจรชีวิตอาศัยอยู่ในน้ำ เช่น พยาธิใบไม้ในตับ พยาธิใบไม้ในเลือด เป็นต้น
4. water-related insect vectors โรคหรือความเจ็บป่วยเนื่องมาจากแมลงเป็นพาหะนำโรค ที่ต้องอาศัยน้ำในการแพร่พันธุ์เป็นสำคัญ พาหะนำโรคส่วนใหญ่เกิดจากยุง เช่น มาลาเรีย ไข้เลือดออก โรคเท้าช้าง ไข้เหลือง เป็นต้น ดังนั้น หากพวกเราทุกคนช่วยกันลดน้ำเสีย โรคต่างๆเหล่านี้ก็จะเกิดขึ้นลดลงอีกด้วย

2.3 มาตรฐานน้ำทิ้งจากประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

อาคารโรงพยาบาลตัวอย่างตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาลที่มีจำนวนเตียงรับผู้ป่วยไว้ค้างคืนรวมกันทุกชั้นในอาคารหลังเดียวกันหรือหลายหลังรวมกันตั้งแต่ 30 เตียงขึ้นไปอาคารประเภท ก. ทั้งนี้ ต้องจัดให้มีระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการปรับปรุงน้ำเสียจากอาคารให้เป็นน้ำทิ้งที่มีคุณภาพ ก่อนที่จะระบายลงสู่แหล่งรองรับน้ำทิ้ง น้ำทิ้งจากอาคารที่จะระบายจากอาคารลงสู่แหล่งรองรับน้ำทิ้งได้ต้องมีคุณภาพน้ำทิ้งตามประเภทของอาคารตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง ตามตารางที่ 2.1

ตาราง 2.1 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	อาคารประเภท ก.	วิธีวิเคราะห์
ความเป็นกรดค่า(pH)	-	5-9	ใช้เครื่องวัดความเป็นกรดและค่าต่างของน้ำ (pH Meter)
บีโอดี(BOD)	mg/l	ไม่เกิน 20	ใช้วิธีการ Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20 °C เป็นเวลา 5 วันติดต่อกัน
สารแขวนลอย (Suspended Solids)	mg/l	ไม่เกิน 30	วิธีการกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fibre Filter Disc)
ซัลไฟด์(Sulfide)	mg/l	ไม่เกิน 0.1	วิธีการไทเตรต (Titrate)
สารที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Dissolved Solids)	mg/l	ไม่เกิน 500*	วิธีการระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 180°C (Total ในเวลา 1 ชั่วโมง)
ตะกอนหนัก (Settleable Solids)	mg/l	ไม่เกิน 0.5	วิธีการกรวยอิมฮอฟฟ์(Imhoff Cone)ขนาดบรรจุ 1 ลิตรในเวลา 1 ชั่วโมง
ไนโตรเจนในรูปที่เคเอ็น	mg/l	ไม่เกิน 35	วิธีการเจลดาล์ (Kjeldahl)
น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)	mg/l	ไม่เกิน 20	วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายแล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน

*เป็นค่าที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณสารละลายในน้ำปกติ

ที่มา: (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2548) ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 122 ตอนที่ 125 ง ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548

2.4.ปริมาณและอัตราน้ำเสียจากโรงพยาบาล

น้ำเสียจากโรงพยาบาลส่วนใหญ่มาจากการรักษาผู้ป่วยและกิจกรรมสนับสนุนให้บริการต่างๆภายในโรงพยาบาล ปริมาณและลักษณะสมบัติของน้ำเสียส่วนหนึ่งที่ใช้ในการเลือกระบบบำบัดน้ำเสียดังนี้

2.4.1 ปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆในโรงพยาบาลมีความสำคัญต่อการออกแบบและควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียและการพิจารณาระบบระบายน้ำเสียซึ่งแบ่งได้ 2 แบบได้แก่ ระบบท่อแยก หมายถึงการระบายน้ำเสียแยกจากน้ำฝนและการระบายน้ำเสียรวมกับน้ำเสีย ลักษณะการไหลของน้ำเสียภายในท่อลำเลียงมี 2 ลักษณะ คือการไหลแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง ปริมาณน้ำ

เสียที่เกิดขึ้นขึ้นอยู่กับขนาดของโรงพยาบาล คือจำนวนเตียงและจำนวนผู้รับบริการ โดยเฉลี่ย โรงพยาบาลมีน้ำเสียเฉลี่ย 800 ลิตรต่อเตียงวัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2545)

2.4.2 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่เกิดจากโรงพยาบาลจะมีลักษณะสมบัติคล้ายกับน้ำเสียที่เกิดจากอาคารสูงแต่จะมีลักษณะพิเศษ คือเชื้อโรคที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรค สารเคมีและยา เวชภัณฑ์มากกว่า สิ่งที่ตกค้างน้ำเสียที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรอบข้างมาตรฐานควบคุมระบายน้ำทิ้งจากอาคารขนาดต่างๆ แบ่งตามขนาด และประเภทของโรงพยาบาลที่กำหนด มาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร

2.4.3 ผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม น้ำเสียจากโรงพยาบาลเป็นน้ำเสียที่มีลักษณะพิเศษที่อาจก่อให้เกิดมลพิษต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม หากไม่มีการจัดการที่ถูกต้องและเหมาะสม ผลกระทบอาจเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วหรือมีการสะสมของสารมลพิษอยู่ในสิ่งแวดล้อม

2.5 ไนโตรเจนในน้ำเสีย

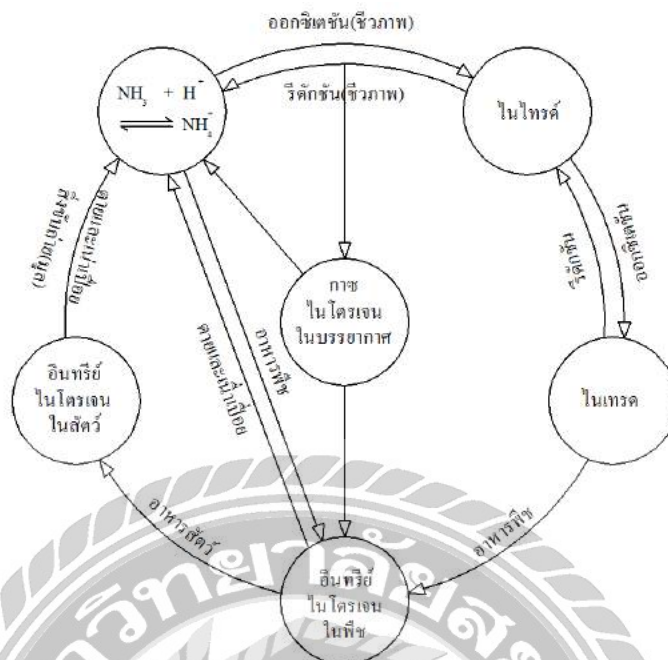
ไนโตรเจนมักพบในรูปแบบของก๊าซไนโตรเจนละลายและสารประกอบไนโตรเจน สารประกอบไนโตรเจนในน้ำจำแนกได้เป็น 4 ชนิด คือ สารอินทรีย์ไนโตรเจน (Organic Nitrogen), แอมโมเนีย (Ammonia), ไนเตรด (Nitrate) และไนไตรต์ (Nitrite)

สารอินทรีย์ไนโตรเจน ได้แก่ ไนโตรเจนที่พบอยู่ในสารอินทรีย์ต่างๆ เช่นยูเรีย กรดอะมิโน ถั่วเหลือง มูลสัตว์ เป็นต้น แอมโมเนียไนโตรเจนแก่ ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของ NH_3 หรือ NK^{4+} ส่วนไนเตรดและไนไตรต์ ได้แก่ ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของ NO_3^- และ NO_2^- ตามลำดับ แอมโมเนีย ไนเตรดและไนไตรต์เป็นสารประกอบอนินทรีย์ นั่นคือ

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด} &= \text{สารอินทรีย์ไนโตรเจน} + \text{แอมโมเนีย} + \text{ไนเตรด} + \text{ไนไตรต์} \\ &= \text{สารอินทรีย์ไนโตรเจน} + \text{สารอนินทรีย์ไนโตรเจน} \end{aligned}$$

เนื่องจากการวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนใช้วิธีที่เรียกว่า Kjeldahl (เจลดาล์) ซึ่งเป็นวิธีย่อยสลายสารวิธีไนโตรเจนให้กลายเป็นแอมโมเนียและวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนได้จากแอมโมเนียที่เกิดขึ้น จึงนิยมเรียกผลรวมของสารอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนีย Total Kjeldahl Nitrogen (TKN) ดังรูปที่ 2.2

$$\text{TKN} = \text{สารอินทรีย์ไนโตรเจน} + \text{แอมโมเนีย}$$



รูปที่ 2.2 แสดงวัฏจักรของไนโตรเจน (มันสิน ตันฑุลเวศม์ และมันรักย์ ตันฑุลเวศม์, 2545)

2.5.1 หน่วยความเข้มข้นของสารประกอบไนโตรเจน

มันสิน ตันฑุลเวศม์ และมันรักย์ ตันฑุลเวศม์ (2545) ได้สรุปว่าในงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ความเข้มข้นของสารประกอบไนโตรเจนทั้ง 4 ชนิด แสดงอยู่ในรูปไนโตรเจน (N) โดยเขียนเป็นสัญลักษณ์ดังนี้

- Org-N = สารอินทรีย์ไนโตรเจน
- NH₃-N = แอมโมเนียไนโตรเจน
- NO₃⁻-N = ไนเตรดไนโตรเจน
- NO₂⁻-N = ไนไตรต์ไนโตรเจน

ขอให้สังเกตว่า “- N” หมายถึง ความเข้มข้นอยู่ในรูปไนโตรเจน (N)

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารประกอบและความเข้มข้นไนโตรเจน การที่แสดงค่าความเข้มข้นให้อยู่ในรูปของไนโตรเจนทำให้สามารถคำนวณปริมาณของสารประกอบไนโตรเจนชนิดต่างๆ ได้โดยตรงตัวอย่างผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียมี่ดังสมการที่ 1, ไนโตรเจนรวมทั้งหมดดังสมการที่ 2 และสารอนินทรีย์ไนโตรเจนรวม ดังสมการที่ 3

Org-N	25	มก./ล.N	NO ₃ ⁻ -N	5	มก./ล.N
NH ₃ -N	10	มก./ล.N	NO ₂ ⁻ -N	2	มก./ล.N

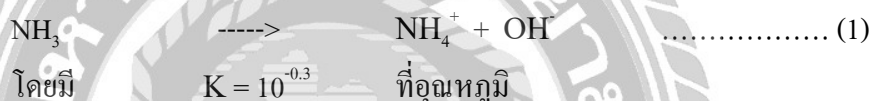
นั่นคือ TKN = Org-N + NH₃-N (1)

$$\begin{aligned}
 &= 25 + 10 \\
 &= 35 \quad \text{มก./ล.N} \\
 \text{ไนโตรเจนรวมทั้งหมด} &= \text{Org-N} + \text{NH}_3\text{-N} + \text{NO}_3^-\text{N} + \text{NO}_2^-\text{N} \quad \dots\dots (2) \\
 &= 25 + 10 + 5 + 2 \\
 &= 42 \quad \text{มก./ล.N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{สารอนินทรีย์ไนโตรเจนรวม} &= \text{NH}_3\text{-N} + \text{NO}_3^-\text{N} + \text{NO}_2^-\text{N} \quad \dots\dots (3) \\
 &= 10 + 5 + 2 \\
 &= 17 \quad \text{มก./ล.N}
 \end{aligned}$$

2.5.2 แอมโมเนีย

แอมโมเนียในน้ำอาจจะอยู่ในรูปของแอมโมเนียอิสระ (NH₃) หรืออออนแอมโมเนีย (NH₄⁺N) โดยมีสมการดังสมการที่ 1



NH₃ เรียกว่า Free Ammonia หรือ แอมโมเนียอิสระ(ก๊าซ) ส่วน NH₄⁺ เรียกว่า อออนแอมโมเนีย โดยปกติ เมื่อน้ำมีพีเอชเป็นกลาง แอมโมเนียจึงอยู่ในรูปอออน NH₄⁺ มากกว่า NH₃ แต่ถ้าพีเอชสูงขึ้น ก๊าซแอมโมเนียจะพบมากขึ้นและอออนน้อยลง และยังทำให้แอมโมเนียสามารถหนีจากน้ำขึ้นสู่อากาศได้ง่ายขึ้น รูป 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % NH₃ กับ พีเอชของน้ำ แอมโมเนียที่วิเคราะห์ได้ในห้องแล็บจะเป็นแอมโมเนียทั้งหมดเสมอ ดังสมการที่ 2

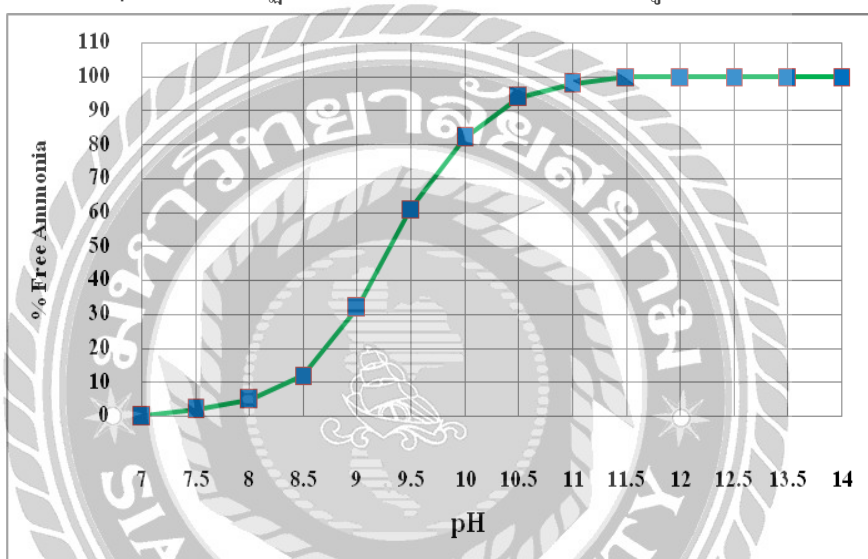


2.5.3 ไนไตรต์

เนื่องจากไนไตรต์เป็นอออนที่ไม่คงตัวและเปลี่ยนเป็นไนเตรดรวดเร็ว จึงไม่พบว่าไนไตรต์มีความเข้มข้นเกิน 1 มก./ล ได้บ่อยนัก น้ำผิวดินและน้ำบาดาลมักมีไนไตรต์ไม่เกิน 0.1 มก./ล แม้แต่น้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพ ก็จะไม่พบไนไตรต์สูงมาก ยกเว้นระบบบำบัดที่ทำงานไม่ได้ผล จึงจะมีไนไตรต์สูง ยกตัวอย่างเช่น ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสที่มีปฏิกิริยานริฟเลนซ์ไม่สามารถเกิดได้อย่างสมบูรณ์ ไนไตรต์ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นไนเตรดได้ทั้งหมด ทำให้มีการสะสมของไนไตรต์ ในด้านที่น่าสนใจของอออนไนโตรเจนตัวนี้ มีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ เช่น ปลา กุ้ง รวมทั้งแบคทีเรียด้วย

2.5.4 ไนเตรด

สารประกอบไนโตรเจนที่สำคัญในน้ำอย่างหนึ่งก็คือ ไนเตรด (NO_3^-) ซึ่งจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งสำหรับการเจริญเติบโตและพืชสามารถนำไปใช้ในการสร้างโปรตีนในดินจะพบไนเตรดในปริมาณน้อยมักต่ำกว่า 1 มก./ล.N และอย่างสูงก็ไม่เกิน 5 มก./ล.N แต่สำหรับน้ำใต้ดินอาจมีไนเตรดสูงตั้งแต่ 0 – 1000 มก./ล.N ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ นอกจากนี้ไนเตรดเข้าสู่แหล่งน้ำจากการเน่าเปื่อยของสิ่งมีชีวิตแล้ว ยังมาจากปุ๋ยที่ใช้ในการเกษตรกรรมและน้ำเสียอีกด้วย น้ำที่มีปริมาณไนเตรดสูงเกินไปอาจทำให้ทารกเกิดโรค Methemoglobinemia สารประกอบไนโตรเจนชนิดต่างๆเกิดขึ้นเป็นวัฏจักรดังแสดงให้เห็นได้ด้วย แผนภูมิที่ 2.1



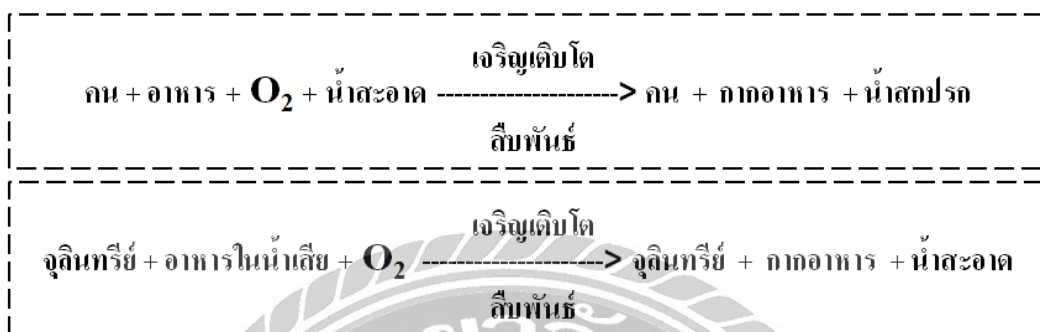
แผนภูมิที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง % NH_3 กับ pH (มันสิน ตันกุลเวศม์ และมันรักษ์ ตันกุลเวศม์, 2545)

2.6 ระบบบำบัดน้ำเสียและลักษณะน้ำเสียโรงพยาบาลตัวอย่าง

ระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลตัวอย่างเป็นแบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge; AS) เป็นการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ โดยใช้จุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสิ่งเจือปนในน้ำเสีย สามารถลดค่าความสกปรกของน้ำเสียได้ระบบ AS เป็นระบบที่นิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง สามารถบำบัดได้ทั้งน้ำเสียชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมแต่การควบคุมระบบประเภทนี้จะมีความยุ่งยากซับซ้อน เนื่องจากจำเป็นต้องมีการกำหนดสภาวะแวดล้อมและลักษณะทางกายภาพต่างๆ ให้เหมาะสมแก่การทำงานและการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด

ระบบ AS จำเป็นต้องมีออกซิเจนสำหรับให้จุลินทรีย์ (ส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์) เพื่อใช้ในการย่อยอาหาร ซึ่งเป็นสารอินทรีย์โดยเฉพาะสารคาร์บอนอินทรีย์ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส

ความสกปรกเหล่านี้จะถูกย่อยสลายเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เกิดเป็นเซลล์ใหม่ กระบวนการดังกล่าวจุลินทรีย์ต้องการออกซิเจนเช่นเดียวกับความต้องการออกซิเจนของมนุษย์ดัง สมการแสดงการเจริญเติบโตของมนุษย์และจุลินทรีย์ ดังรูปที่ 2.3 ดังนี้



รูปที่ 2.3 สมการแสดงการเจริญเติบโตของมนุษย์และจุลินทรีย์

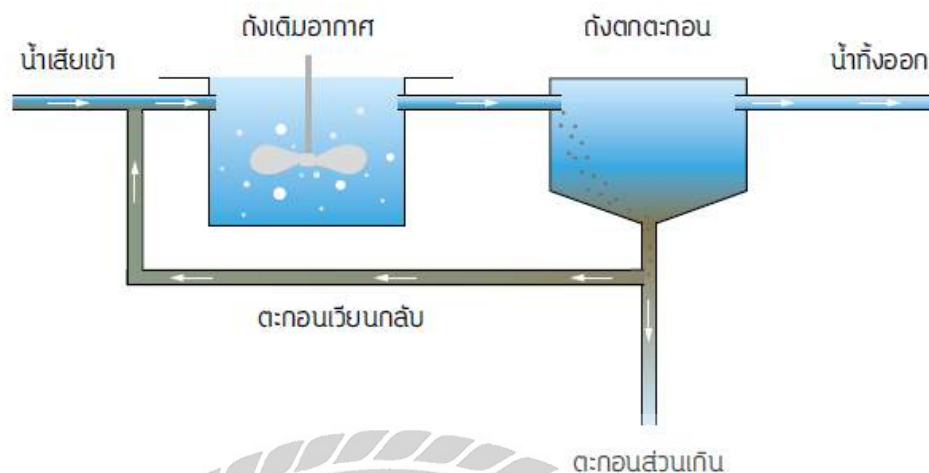
จะเห็นได้ว่าจุลินทรีย์ต้องการออกซิเจนเช่นเดียวกับมนุษย์อาหารของคนเป็นของดี ส่วนอาหารของจุลินทรีย์เป็นของเสียในน้ำเสียผลที่เกิดขึ้น คือ จำนวนคนและจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นส่วนอาหารหรือความสกปรกในน้ำเสียถูกใช้ไปจนเหลือกากอาหาร ซึ่งมีปริมาณน้อยมาก จากสมการข้างต้นสามารถทำให้ทราบว่า การกำจัดน้ำเสียด้วยวิธีการนี้ต้องอาศัยปัจจัย ได้แก่

- มีปริมาณจุลินทรีย์ให้เพียงพอ ดังนั้นก็อาจกำจัดความสกปรกได้หมด
- มีปริมาณออกซิเจนในน้ำ (DO) ที่เพียงพอ
- มีกระบวนการแยกจุลินทรีย์ออกจากน้ำหลังการบำบัด เพื่อทำการแยกความสกปรกกับน้ำ

ที่ผ่านการบำบัดออกจากกัน

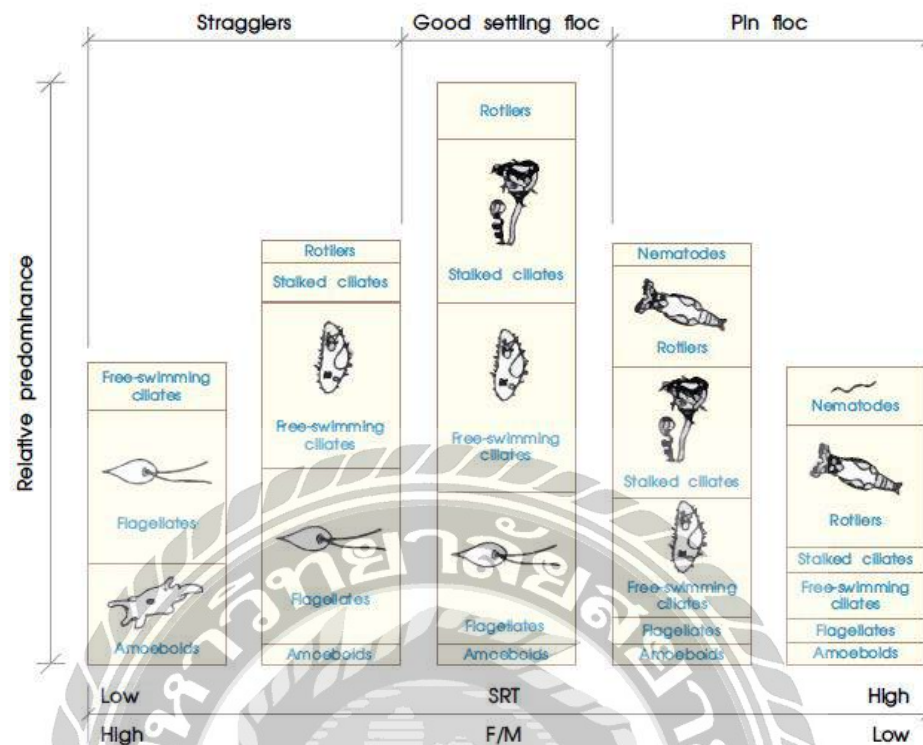
2.6.1 ส่วนประกอบของระบบ AS

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ AS ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญอย่างน้อย 4 ส่วน ดังรูปที่ 2.4 ได้แก่ ถังเติมอากาศถังตกตะกอน ระบบหมุนเวียนตะกอน และระบบระบายตะกอนส่วนเกิน และหากพบว่าน้ำเสียมีตะกอนแขวนลอยสูงอาจมีความจำเป็นต้องมีถังตกตะกอนเพิ่มอีก 1 ใบ วางไว้หน้าถังเติมอากาศเพื่อกำจัดตะกอนลอยออกเสียก่อน



รูปที่ 2.4 แผนผังระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Activated Sludge (AS)

ถังเติมอากาศมีหน้าที่เป็นถังเลี้ยงจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนให้กินสารอินทรีย์ในน้ำเสียเป็นอาหาร ดังรูปที่ 2.5 อย่างไรก็ตามหลังการบำบัดจุลินทรีย์ที่มีในระบบถือเป็นสิ่งสกปรก จึงต้องมีการแยกจุลินทรีย์ออกจากน้ำก่อน โดยถังตกตะกอนเครื่องเติมอากาศสามารถใช้แบบแอเรียเตอร์ (มีใบพัด) หรือแบบเป่าอากาศใต้น้ำได้ เครื่องเติมอากาศเป็นอุปกรณ์สำคัญสำหรับเพิ่มออกซิเจนให้จุลินทรีย์ใช้ย่อยสลายความสกปรกในน้ำเสีย และทำให้จุลินทรีย์สามารถสัมผัสกับน้ำเสียได้อย่างทั่วถึง โดยปกติจุลินทรีย์ที่ทำงานได้ดีจะเป็นตะกอนแขวนลอยสีน้ำตาลและตกตะกอนได้ดีหากมีการหยุดเติมอากาศมึจะนั้นแล้วถังตกตะกอนจะไม่สามารถแยกจุลินทรีย์ออกจากน้ำเป็นเหตุให้การกำจัดน้ำเสียไม่ได้ผลเท่าที่ควรเมื่อแยกจุลินทรีย์ได้แล้วน้ำใสจะล้นออกทางขอบบนของถังตกตะกอน ส่วนตะกอนจุลินทรีย์จะจมลงสู่ก้นถังตกตะกอนตะกอนเหล่านี้จะถูกส่งกลับไปให้กับถังเติมอากาศ เพื่อเป็นการรักษาระดับความเข้มข้นของจุลินทรีย์ให้มีระดับเพียงพอสำหรับการกำจัดน้ำเสียทั้งหมดเนื่องจากแบคทีเรียมีการเพิ่มจำนวนตลอดเวลาจึงต้องมีการระบายตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกินทิ้งบ้าง เพื่อมิให้การสะสมของตะกอนมีมากเกินไป จนเป็นอุปสรรคต่อการใช้ถังตกตะกอน หรือเกิดปัญหาอื่นๆตะกอนจุลินทรีย์สามารถระบายทิ้งออกจากก้นถังตกตะกอน หรือออกจากถังเติมอากาศก็ได้ตามความเหมาะสม



รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบของจุลินทรีย์ในระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์ (Metcalf and Eddy, 2003)

สรุปได้ว่าวัตถุประสงค์ของการบำบัดน้ำเสียแบบ AS เพื่อสามารถลดมลสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียให้มากที่สุดในระยะเวลานับวินาที โดยวิธีทางชีววิทยา โดยทั่วไปกรรมวิธีนี้จะมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงกว่าร้อยละ 90 และน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะสามารถทิ้งลงน้ำธรรมชาติได้โดยไม่ก่อผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม

2.6.2 ข้อควรรู้เกี่ยวกับระบบ AS มีดังนี้

- 1.ระยะเวลาที่อยู่ในถังเติมอากาศประมาณ 6 - 12 ชั่วโมง ในถังลิก 3 - 6 เมตร น้ำเสียจึงถูกปล่อยเข้าถังตกตะกอน
- 2.ถังตกตะกอนทำหน้าที่แยกเชื้อจุลินทรีย์ออกจากน้ำเสียตะกอนจุลินทรีย์ (sludge) ส่วนหนึ่งจะถูกส่งไปยัง
- 3.ถังเติมอากาศใหม่เพื่อเป็นเชื้อในการบำบัดต่อไป ส่วนตะกอนจุลินทรีย์ที่เหลือจะถูกส่งไปยังระบบกำจัดสลัดจ์
- 4.การเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์มักจะรักษาที่ความเข้มข้น MLSS 1,500-3,000 มิลลิกรัม/ลิตร ในถังเติมอากาศ
- 5.ค่าอัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์ (F/M) ระหว่าง 0.25 - 0.5 กรัมบีโอดี/กรัมตะกอน-วัน

6.ถังตกตะกอนควรเป็นแบบถังกลมพร้อมใบกวาดและมีระยะตกตะกอนนานประมาณ 6 ชั่วโมงหรือมากกว่า

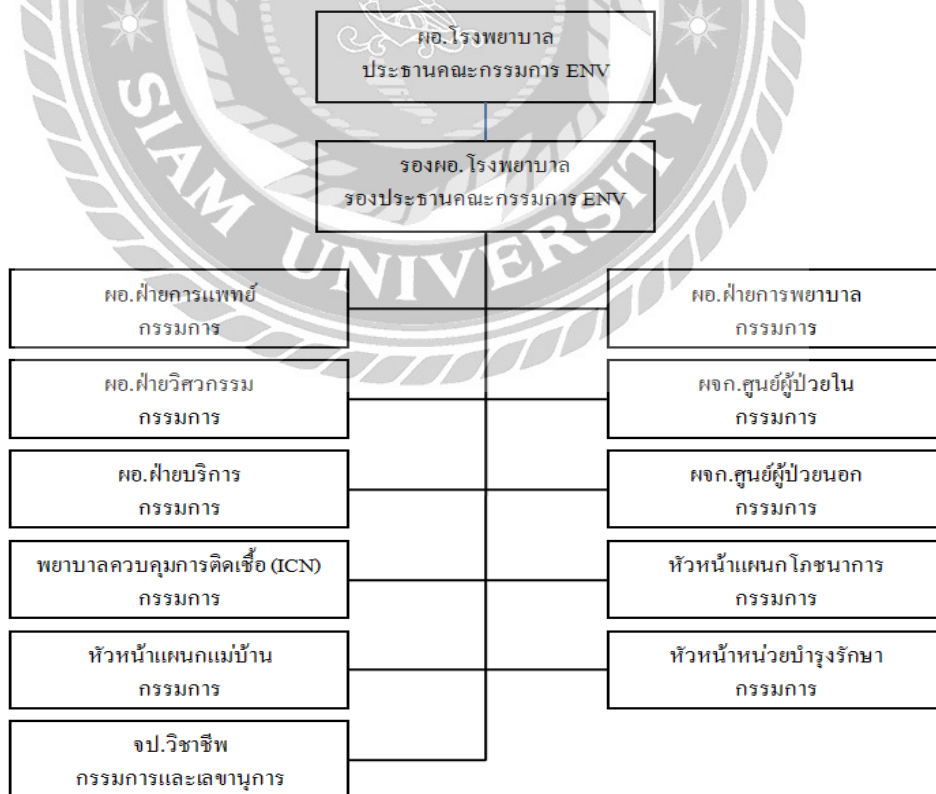
7.การตรวจสอบที่ควรกระทำที่สภาวะควบคุมต่างๆ ที่เหมาะสม เช่น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) SRT และ F/M ระบบจึงจะทำงานได้ดีที่สุด

8.การตรวจสอบถึงเติมอากาศของระบบ AS ต้องวัดทั้งความสามารถในการกำจัดสารอินทรีย์และลักษณะการจมตัวของสลัดจ์ (จุลินทรีย์) ที่อยู่ในถังเติมอากาศ โดยต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อลักษณะของสลัดจ์ เช่น การปรับระดับการเติมอากาศ อัตราการหมุนเวียนสลัดจ์ อัตราที่สลัดจ์ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดความเข้มข้นและลักษณะของสลัดจ์โดยไม่มีผลต่อหน้าที่ในด้านการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบ (กรมควบคุมมลพิษ, 2559)

2.7 การบริหารงานระบบคุณภาพโรงพยาบาลตัวอย่างที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยในการทำงาน

ได้ดำเนินการศึกษาปัญหาการจัดการระบบบำบัดน้ำเสียในโรงพยาบาล โดยการรวมกลุ่มตัวแทนจากหน่วยงานต่างๆ ร่วมเป็นคณะกรรมการศึกษากระบวนการจัดการระบบบำบัดน้ำเสียในโรงพยาบาล ดังในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 โครงสร้างคณะกรรมการความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม

2.7.2 Design Action Learning Improvement (DALI)

อนุวัฒน์ ศุภชุติกุล (2559) สร้างวงล้อนี้ให้เกิดขึ้นในระบบและใช้ให้เกิดผลอย่าง เป็นรูปธรรมในการสร้างสิ่งใหม่ๆ ที่สร้างสรรค์ไม่ว่าจะเป็นระบบการทำงานการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่

ผังรูป 2.7



รูปที่ 2.7 วงล้อแห่งการเรียนรู้และพัฒนา (อนุวัฒน์ ศุภชุติกุล, 2559)

ขั้น Design ดำเนินการ

การรวบรวมข้อมูล องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องทั้งความรู้ที่ชัดเจน (Explicit Knowledge) และความรู้ฝังลึกที่อยู่ในตัวคน (Tacit Knowledge) โดยวิเคราะห์ Gap สภาพปัจจุบัน (as is) กับสภาพที่เราต้องการ (to be) เพื่อจัดทำแผน กำหนดแนวทางที่ต้องดำเนินการและกำหนดผู้รับผิดชอบ ค่าใช้จ่าย ทรัพยากรอื่น ๆ ที่จำเป็น ควรให้ความรู้แก่ผู้เกี่ยวข้องก่อนลงมือทำ

ขั้น Action ดำเนินการ

การดำเนินการตามแผน โดยนำระบบ (System) หรือเครื่องมือ (Tools) มาใช้ได้ อย่างกลมกลืน สอดคล้องกับขั้นตอน Design ทั้งนี้เพื่อการติดตาม วัด ประเมินผล เป็นระยะๆ และ Feedback ผลการปฏิบัติงานระหว่างช่วงการปฏิบัติงาน

ขั้น Learning ดำเนินการ

การเก็บรวบรวม วิเคราะห์ข้อมูล จากขั้น Action โดยการถอดบทเรียน (Lesson Learned) เพื่อจัดความรู้ให้เป็นระบบ นำไปสู่การสร้างความรู้ใหม่ และเป็นการขยายความรู้ (Knowledge Sharing) ไปยังผู้เกี่ยวข้อง

ขั้น Improve ดำเนินการ

จะเห็นได้ว่าจากความรู้ใหม่ ๆ ที่ได้รับในชั้น Learning นำสู่การยกระดับพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยคิดพัฒนาไปในเชิงนวัตกรรม ในกระบวนการทั้ง 4 ขั้นตอน ต้องใช้วิธีการการทำงานแบบมี ส่วนร่วม คือการใช้พลังของคนในการขับเคลื่อน

การจะขับเคลื่อนได้ นั้นต้องมีวิธีการ ซึ่งเป็นลำดับขั้นของการสร้างความผูกพันดังนี้

1. ทำด้วยหัวใจ และความรัก

มีความสุภาพ เคารพในศักดิ์ศรีความเป็นมนุษย์อย่างเท่าเทียมกันและมีความเข้าใจ เห็นใจ (Compassion) ในความรู้สึกของเพื่อนมนุษย์ โดยมีปฏิสัมพันธ์ ด้วยพลังบวก พร้อมแบ่งปันพลังบวกให้แกกัน

2. เปิดใจรับฟัง

มีการสร้างสัมพันธภาพพื้นฐานที่ดี ด้วยการ ทักทาย มองหน้า สบตา ยิ้ม และใส่ใจรับฟังความคิดเห็น ข้อเสนอแนะ ความรู้สึก ซึ่งกัน และกัน โดยทำความเข้าใจในประเด็นความเห็น หรือข้อเสนอแนะ ให้ กระจ่างชัด

3. สื่อสารสร้างสรรค์

ควรหยุดใช้คำพูด ตำหนิ ตัดสิน ตีความ หันมาใช้คำพูดที่ เข้าใจความรู้สึก และความ ต้องการที่แท้จริงของคน โดยมีการให้ข้อมูลอย่างตรงไปตรงมา เป็นความจริง และมีความ เพียงพอในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการ ตามวงล้อ DALI

4. ตัดสินใจร่วมกัน

การตัดสินใจร่วมกัน โดยยึดข้อมูลที่ถูกต้อง และหลักการทางทฤษฎี โดยเคารพในสิ่งที่ ตัดสินใจร่วมกัน

DALI Gap เป็นตัวช่วยสำหรับการวิเคราะห์หาโอกาสพัฒนาอีกมุมมองหนึ่งว่า โรงพยาบาลมีจุดอ่อนในขั้นตอนใดในมาตรฐานเรื่องนั้น ถ้าเห็นว่ามี gap ให้ระบุเฉพาะอักษรย่อที่ เห็นว่าเป็น gap ซึ่งอาจจะมากกว่าหนึ่งตัวก็ได้

D = gap ในการออกแบบ (design gap)

A = gap ในการนำไปปฏิบัติ (action gap)

L = gap ในการประเมินและเรียนรู้ (learning gap)

I = gap ในการปรับปรุง (improvement gap)

โดยมีการสรุปประเด็นสำคัญตามหัวข้อสำคัญทั้ง 4 ประเด็นดังนี้

- (Good practice) เพื่อบรรลุเป้าหมาย
- (Improvement) เพื่อปรับปรุงกระบวนการ
- (Effort) เพื่อแก้ปัญหา
- (Plan) เพื่อตอบสนองต่อโอกาสพัฒนา

การพัฒนาอาจจะเป็นการปรับปรุงด้วยวิธีง่ายๆ เช่น Visual management, user centered design หรือ human factor engineering ไปจนถึงการสร้างนวัตกรรมที่เป็นสิ่งประดิษฐ์ วิธีการรักษา หรือนวัตกรรม ของระบบงาน โดยอาจมีการทำวิจัยเพื่อพิสูจน์ประสิทธิผลของนวัตกรรม ดังกล่าวพื้นฐานสำคัญที่สุดของการพัฒนาหรือการปรับปรุงคือ การก้าวออก นอกกรอบความคิดเดิมๆ ไปสู่การใช้แนวคิดใหม่ๆ ใช้วิธีการใหม่ๆ

ตารางที่ 2.2 การวิเคราะห์ Gap Analysis การจัดการระบบบำบัดน้ำเสีย (อนุวัฒน์ สุภชุตินกุล, 2559)

ปัญหา	สาเหตุ	แนวการแก้ไข	แผนงาน
1.ด้านบุคลากร	1.1 บุคลากรภายใน ผู้ควบคุมระบบขาดความรู้ ความเข้าใจทักษะการ ปฏิบัติงานในระบบบำบัด น้ำเสีย 1.2 บุคลากรภายนอก/ผู้มา เยือน ขาดความรู้ความ เข้าใจในการทิ้งของเสีย	จัดหาผู้ควบคุมระบบ ความรู้ความเข้าใจทักษะ การปฏิบัติงานในระบบ บำบัดน้ำเสีย เช่น จบ. วิชาชีพ/วิศวกร สิ่งแวดล้อม/นักอาชีพ อนามัยสิ่งแวดล้อม	- แผนฝึกอบรม บุคลากรประจำปี -การประชาสัมพันธ์ ในการทิ้งของเสียให้ ถูกต้อง
2.ด้านวัตถุดิบ	วัสดุที่ใช้ในระบบ เช่น คลอรีน จุลินทรีย์ และเชื้อ ชีวภาพ	กำหนดปริมาณในการใช้ วัตถุดิบแต่ละประเภทให้ เพียงพอต่อความต้องการ	จัดทำแผน งบประมาณและการ สำรองวัตถุดิบ

ตารางที่ 2.2 การวิเคราะห์ Gap Analysis การจัดการระบบบำบัดน้ำเสีย (ต่อ)

ปัญหา	สาเหตุ	แนวการแก้ไข	แผนงาน
3.ด้านเครื่องมือ	วัสดุ อุปกรณ์ ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน เช่นปั๊ม คลอรีน	การบำรุงรักษาและตรวจสอบเครื่องจักร อุปกรณ์ ระบบ	จัดทำแผนงบประมาณและการสำรองอุปกรณ์ให้พร้อมใช้งาน
4.ด้านกระบวนการ	แนวทางปฏิบัติในการจัดการระบบบำบัดน้ำเสีย	คณะกรรมการความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อมในการทำงานและทีม IC ทำงานร่วมกัน	กำหนดนโยบายและแต่งตั้งคณะกรรมการบริหารคร่อมสายงาน

ระบบบำบัดน้ำเสีย การรวบรวมข้อมูล องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องทั้งความรู้ที่ชัดเจนและความรู้ที่มีอยู่ โดยวิเคราะห์ Gap สภาพปัจจุบัน กับสภาพที่เราต้องการ เพื่อจัดทำแผน กำหนดแนวทางที่ต้องดำเนินการและกำหนดผู้รับผิดชอบ ค่าใช้จ่าย ทรัพยากรอื่น ๆ ก่อนลงมือทำ ดังตารางที่ 2.2

2.7.3 การบริหารความเสี่ยง

เป็นแนวทางในการดำเนินงานบริหารความเสี่ยงของโรงพยาบาล ในการป้องกันควบคุมและลดความเสี่ยง รวมทั้งแก้ไขเมื่อลดความเสี่ยงเพื่อให้ความเสียหายน้อยที่สุด ใช้กับทุกกิจกรรมทุกหน่วยงานและทุกพื้นที่ ซึ่งความเสี่ยงก่อให้เกิดผลกระทบกับผู้รับบริการ ผู้ให้บริการค่าใช้จ่าย ภาพพจน์ของโรงพยาบาลรวมทั้งความเสี่ยงทางคลินิก ทางกายภาพ และสิ่งแวดล้อมในสถานประกอบการ

ความเสี่ยง (Risk) คือ การรวมกันของโอกาสความน่าจะเป็นในการเกิดขึ้นของเหตุการณ์อันตรายหรือมีโอกาสสัมผัสกับความรุนแรงของการบาดเจ็บหรือความเจ็บป่วยที่มีสาเหตุมาจากเหตุการณ์หรือโอกาสที่สัมผัสอันตรายนั้น อาจเกี่ยวกับโรงพยาบาล ได้แก่ ชื่อเสียง รายได้ ทรัพย์สิน เจ้าหน้าที่ สิ่งแวดล้อม การชดเชย ค่าเสียหาย หรือกับผู้รับบริการทั้งด้านกายภาพ อารมณ์ สังคม และจิตวิญญาณ

การบริหารความเสี่ยง (Risk Management) คือ กระบวนการชี้บ่ง ประเมิน และการจัดลำดับความเสี่ยง เพื่อบริหารจัดการประสานงานส่วนต่างๆที่เกี่ยวข้องรวมทั้งจัดสรรทรัพยากร

โดยมีเป้าหมายเพื่อลด ฝ่าเฝ้าระวังติดตามและควบคุมโอกาสที่จะเกิดความเสี่ยง และหรือความรุนแรงที่จะเกิดจากความเสียหาย หรือเพื่อเพิ่มโอกาสในการลดความเสี่ยง และเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้รับบริการและพนักงาน

กระบวนการบริหารความเสี่ยงประกอบด้วย

การรับรู้อันตราย (Hazard identification) หมายถึงการชี้บ่งและจัดประเภทของอันตรายต่างๆ

การรับรู้อันตรายทำได้โดยการสังเกตและวิเคราะห์ แหล่ง กำหนดของอันตราย ใคร หรืออะไร ที่ได้รับอันตราย และอันตรายที่จะเกิดขึ้นอย่างไร โดยใช้กิจกรรมดังต่อไปนี้

1. การสำรวจ เดินสำรวจ สัมภาษณ์ เช่น การสังเกตสิ่งทีก่อให้เกิดอันตรายในสิ่งแวดล้อม ในระหว่างการตรวจเยี่ยมผู้ป่วยประจำวัน

2. การตรวจตรา ใช้แบบตรวจ (checklist) เช่น การตรวจสอบความพร้อมใช้ของเครื่องมือ เครื่องใช้ การปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่

3. การรายงานอุบัติการณ์

4. ประเมิน ประเมินข้อมูลที่ได้ทั้งภายในและภายนอก เช่น อุบัติการณ์ที่จะนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุกับผู้ป่วยให้กับผู้รับบริการและพนักงาน

5. การทบทวน ได้แก่ ทบทวนบันทึกการปฏิบัติ ทบทวนการรายงานเหตุการณ์ การวิเคราะห์ความเสี่ยงในกระบวนการดูแลผู้ป่วยเฉพาะแต่ละโรค

6. การเปรียบเทียบ เปรียบเทียบการดำเนินงานด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อมหรือศึกษาจากเอกสารวิชาการและรายงานอุบัติการณ์ในโรงพยาบาลอื่น

การประเมินโอกาสที่จะเกิดอันตรายประเภทต่างๆในแต่พื้นที่และกิจกรรม (Assess the vulnerability of areas and activities to specific hazards) ระบุแหล่งอันตราย แบ่งเป็น

1 เครื่องจักรและอุปกรณ์ทางการแพทย์

2 พลังงานที่เกี่ยวข้อง เช่น ไฟฟ้า น้ำ กัมมันตภาพรังสี

3 ทางเคมี เช่น น้ำยาสารเคมีในห้องปฏิบัติการ แผนกซักกรีด

4 อัคคีภัย แก๊ส LPG

5. ผลกระทบจากสภาพแวดล้อมที่เกิดจากการทำงาน

5.1 อันตรายทางกายภาพ เช่น แสง สี เสียง ความร้อน

5.2 อันตรายทางเคมี สารอาจที่เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ หรือ ใ้อจากการเชื่อม

โลหะ สารเคมีที่เข้าสู่ผิวหนังตา ผิวหนัง กลืนกิน

5.3 อันตรายทางชีวภาพ เช่น อันตรายจากการติดเชื้อ น้ำเสีย

5.4 อันตรายทางศาสตร์และผลต่อจิตใจ เช่น ทำท่างในการทำงานที่ผิดวิธี การเคลื่อนย้ายผู้ป่วยผิดวิธี การเกิดภาวะเครียดจากการทำงาน

5.5 อันตรายจากภัยธรรมชาติและอื่น ๆ เช่น ฝนตกน้ำท่วมขัง ไฟฟ้าดับ การประเมินความเสี่ยง (Risk determination) ได้แก่ การประเมินโอกาสที่จะเกิดและความรุนแรงของผลที่เกิดจากอันตรายต่อกิจกรรมหรือพื้นที่นั้นๆ (i.e. the expected likelihood and consequences of specific types of attacks on specific areas and activities to specific hazards)

การกำหนดมาตรการในการลดความเสี่ยง (Identify ways to reduce those risks) ผลการประเมินความเสี่ยงนำไปใช้ในการปรับปรุงหรือควบคุมการทำงาน โดยมีการกำหนดมาตรการในการลดความเสี่ยง ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การกำหนดมาตรการในการลดความเสี่ยง (อนุวัฒน์ สุภชติกุล, 2559)

น้ำหนักความเสี่ยง	การจัดการความเสี่ยง
Low Risk	ไม่ต้องควบคุมหรือแก้ไขเพิ่มเติม การจัดการความเสี่ยงอาจทำเมื่อเห็นว่ามีค่าหรือการปรับปรุงไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น การติดตามตรวจสอบยังคงต้องทำเพื่อให้แน่ใจว่าการควบคุมยังคงมีอยู่
Moderate Risk	การจัดการความเสี่ยงทำเมื่อพบว่าความเสี่ยงดังกล่าวมีแนวโน้มที่จะก่อให้เกิดความรุนแรงหรือความเสียหายเพิ่มขึ้น โดยจัดทำขั้นตอนหรือวิธีการปฏิบัติงาน และแผนการในการตรวจสอบควบคุมการปฏิบัติงานตามขั้นตอนหรือวิธีการปฏิบัติงาน จนกว่าความเสี่ยงจะลดลงมาอยู่ในระดับ Low Risk
High Risk	จัดทำแผนงานควบคุมความเสี่ยง (Safety Management Program) เพื่อลดความเสี่ยงลงมาในระดับ Low Risk

การบริหารความเสี่ยงอันตรายจากการทำงานสามารถทำได้โดยวิธีการดังนี้

1. จัดทำแผนงานควบคุมความเสี่ยง (Safety Management Program) เพื่อลดความเสี่ยงให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้

2. การควบคุมการปฏิบัติงาน (Operational Control)

การกำหนดยุทธศาสตร์ในการลดความเสี่ยงตามลำดับของระดับความเสี่ยง (Prioritize risk reduction measures based on a strategy)

ในการประชุมทบทวนของฝ่ายบริหารเพื่อกำหนดยุทธศาสตร์ในการลดความเสี่ยง จะนำข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้ เพื่อประกอบการพิจารณา ความเสี่ยงที่อยู่ใน ระดับความเสี่ยง Moderate Risk

และ High Risk ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ความเสี่ยงที่ได้รับ การแก้ไขจากระดับ Moderate Risk และ High Risk ลงจนอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ทั้งนี้ควรทบทวนแนวทางการแก้ไขที่ระบุไว้ ในใบ CAR ของความเสี่ยงระดับ Moderate Risk และ High Risk ที่ยังไม่สามารถแก้ไขได้โดยการตัดสินใจเกี่ยวกับ การอนุมัติ งบประมาณ/ทรัพยากรที่ต้องได้รับการสนับสนุนเพื่อการแก้ไขความเสี่ยง จะต้องแก้ไขให้แล้วเสร็จภายในเวลาที่กำหนด และผู้รับผิดชอบช่วยเหลือและติดตามการแก้ไข (มาตรฐานโรงพยาบาลและบริการสุขภาพ ฉบับที่ 4, 2561)

2.7.4 การติดตาม ตรวจสอบ และวัดผลการปฏิบัติ

กระบวนการกำหนดแผนการติดตาม ตรวจสอบ และวัดผลการปฏิบัติ ดำเนินการบริหารจัดการ ด้านการดูแลรักษาพยาบาล ด้านอาชีวอนามัย และความปลอดภัย และด้านการพัฒนาคุณภาพ ภายในโรงพยาบาลและเพื่อกำหนดวิธีการจัดทำแผนการติดตาม ตรวจสอบ และวัดผลการปฏิบัติ การดำเนินการติดตาม ตรวจสอบ และสรุปจัดทำรายงาน ให้เป็นไปในแนวทางเดียวกัน รวมถึง 5 กำหนดวิธีการควบคุมและแก้ไขเพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานวิชาชีพและมาตรฐานสากล ใช้กับทุกหน่วยงาน ทีมคร่อมสายงาน และ คณะกรรมการต่างๆ ในโรงพยาบาล เพื่อใช้เป็นแนวทางกำหนดแผนการติดตาม ตรวจสอบ และการวัดผลการปฏิบัติในทุกด้าน

ผู้ที่ได้รับมอบหมายให้เป็นผู้รับผิดชอบในการติดตาม ตรวจสอบ และวัดผลการปฏิบัติ จัดทำสรุปผลการติดตาม ตรวจสอบ และวัดผลการปฏิบัติในระดับหน่วยงาน ส่งผู้อำนวยการฝ่าย เพื่อรวบรวมเข้าที่ประชุมฝ่ายบริหาร / ทีมนำ ทุกเดือน ส่วนสำนักระบบคุณภาพรวบรวมผลการติดตาม ตรวจสอบ และวัดผลการปฏิบัติในระดับองค์กร ทีมคร่อมสายงานและคณะกรรมการต่างๆ รายงานให้ทีมนำรับทราบ และเมื่อพบว่ากิจกรรมใดไม่ได้มีการดำเนินการตามแผน

2.7.5 การชี้แจงและติดตามกฎหมาย

การกำหนดให้มีการควบคุมการปฏิบัติตามแผนต่างๆ ของโรงพยาบาล การดำเนินการตามแนวทางแก้ไข ป้องกัน การปฏิบัติตามข้อกำหนด กฎหมาย และมาตรฐานวิชาชีพ รวมถึงการปฏิบัติตามคู่มือปฏิบัติงานต่างๆ ของโรงพยาบาล ครอบคลุมตั้งแต่การกำหนดให้มีการทำแผน และดำเนินการตามแผนควบคุมการปฏิบัติ ซึ่งใช้กับทุกทีม ทุกคณะกรรมการ และทุกหน่วยงาน ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 การชี้แจงและติดตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องระบบบำบัดน้ำเสีย
(ที่มา : ฝ่ายวิศวกรรม โรงพยาบาลตัวอย่าง)

ลำดับ	รายละเอียด	กฎหมาย/มาตรฐาน
1	ประกาศกระทรวงฯ เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด พ.ศ. 2548	กระทรวง ทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม
2	ประกาศกระทรวงฯ เรื่อง กำหนดประเภทของอาคารเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุม การปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม	กระทรวง ทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม
3	ประกาศกระทรวงฯ เรื่อง กำหนดประเภทของอาคารเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม (ฉบับที่ 2)	กระทรวง ทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม
4	กฎกระทรวงกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และแบบการเก็บสถิติ และข้อมูล การจัดทำบันทึกรายละเอียด และรายงานสรุปผลการดำเนินงานของระบบบำบัดน้ำเสีย พ.ศ. 2555	กระทรวง ทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม
5	กฎกระทรวงกำหนดลักษณะของสถานพยาบาลและลักษณะการให้บริการของสถานพยาบาลพ.ศ. 2558	กระทรวงสาธารณสุข
6	มาตรฐานโรงพยาบาลและบริการสุขภาพ ฉบับเฉลิมพระเกียรติฉลองสิริราชสมบัติครบ 60 ปี ปรับปรุง เมษายน 2554 ส่วน II -3.1สิ่งแวดล้อมทางกายภาพและความปลอดภัย (ENV.1)ข.การพิทักษ์สิ่งแวดล้อม	สถาบันรับรอง มาตรฐานโรงพยาบาล (องค์การมหาชน)
7	การจัดการสิ่งอำนวยความสะดวกและความปลอดภัย (Facility Management and Safety)	มาตรฐานโรงพยาบาล Joint Commission International Accreditation Standards For Hospitals(JCI)

2.7.6 การใช้เครื่องมือและวิธีการทางสถิติเพื่อการควบคุม (Statistical process control tool; SPC tool)

การใช้เครื่องมือและวิธีการทางสถิติเพื่อการควบคุมเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการ CQI ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการและการประเมินผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น การกระทำเช่นนี้จะทำให้มีการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง เครื่องมือและวิธีการทางสถิติที่นิยมใช้ในกระบวนการ CQI ประกอบด้วยแผนภูมิ (Flowchart) ฟังก้างปลา (Fish-bone diagram หรือ cause and Effect diagram) และผังควบคุม (Control chart) (อรมณี ภัทรทิพากร, 2557)

การนำแผนภาพ (Flow chart) มาใช้เนื่องจากต้องการแยกกิจกรรมการทำงานออกเป็นส่วนขั้นตอนย่อยๆ รวบรวม จัดการ และวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในกระบวนการทำงาน รวมทั้งต้องการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการทำงานให้ดีขึ้น การนำฟังก้างปลา (Fish-bone diagram หรือ Cause and effect diagram) มาใช้เพื่อหาสาเหตุ (ปัจจัย) ที่ก่อให้เกิดปัญหา และต้องการให้เป็นแนวทางในการระดมสมอง ซึ่งจะช่วยให้ทุกคนให้ความสนใจในปัญหาของกลุ่มซึ่งแสดงที่หัวปลา การนำแผนภูมิการควบคุม (Control chart) มาใช้เพื่อเป็นเครื่องมือตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงไปในกระบวนการ อันจะส่งผลให้เกิดการแก้ปัญหาด้านคุณภาพได้อย่างรวดเร็วและไม่ก่อให้เกิดความเสียหาย (สฤษดิ์ ทองสุขใส, 2560)

การควบคุมการกระบวนการโดยใช้หลักสถิติ ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางสถิติเพื่อเก็บข้อมูล, ตรวจสอบ, ประเมินผล และควบคุมกระบวนการอย่างต่อเนื่องซึ่งตัว SPC เป็นเครื่องมือสำหรับการตรวจติดตามความผันแปรในการดำเนินการ (On Line Monitoring Tool) โดยการนำค่าตัวอย่างที่สุ่มตรวจในช่วงเวลานั้นๆ ตามระยะที่กำหนด มาทำการหาค่าเฉลี่ย และทำการหาค่าพิสัยของแต่ละชุด จากนั้นใช้สูตรทางสถิติคำนวณเพื่อหาค่าต่างๆ เช่น ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าควบคุมต่างๆ (CL, UCL และ LCL) พอได้ค่าดังกล่าว แล้วจึงนำมาทำการ Plot ค่าต่างๆ ลงบนแผนผังควบคุม (Control Chart) เพื่อดูว่าค่าที่เก็บมาอยู่ในเขตควบคุมหรือไม่ หรือค่าต่างๆ มีแนวโน้มเอนไปทางหนึ่งทางใดมากเกินไปหรือไม่ หากมีความผิดปกติเกิดขึ้น เพื่อให้ง่ายต่อการสังเกตซึ่งในกรณีทั่วไป การทำ SPC โดยการทำแบบ Offline หรือ เมื่อผลิตภัณฑ์นั้นผลิตมาแล้ว ก็เอาไปวัดขนาด ในห้อง Lab หรือ โดยใช้ QC Inline เพื่อสุ่มเช็คดูเป็นระยะเวลา ซึ่งกว่าที่ QC หรือ Lab จะตรวจพบ ก็อาจจะเกิดของเสียเป็นจำนวนมากแล้ว ซึ่งในปัจจุบันมีหลายๆธุรกิจนำระบบ Sensors ต่างๆ (เช่น เครื่องวัดขนาด, Profiling, หรือ Vision Sensor) เข้ามาใช้ เพื่อให้สามารถตรวจสอบคุณภาพแบบ Online เป็นรายชิ้นได้ ซึ่งในกรณีนี้การใช้ระบบตรวจสอบคุณภาพแบบ Online ประกอบเพื่อวิเคราะห์หาว่าการเสียที่เกิดขึ้น เป็นแบบ ปกติตามกระบวนการผลิตที่ต้องมีอยู่

แล้ว หรือ เป็นการเสียแบบผิดปกติที่ต้องทำการแก้ไขทันที ก่อนที่จะเกิดของเสียออกมาเพิ่มขึ้นก็จะมีความจำเป็นอย่างมาก

การประยุกต์ใช้โปรแกรมทางสถิตินั้นจะช่วยให้การจัดการปัญหาเป็นไปอย่างรวดเร็ว โดยจะทำให้เกิดประโยชน์ดังต่อไปนี้

1. รู้ว่าเกิดปัญหาทันที ที่มีสัญญาณผิดปกติทางสถิติ ทำให้เกิดการสูญเสียน้อย
2. การแก้ปัญหาเป็นไปในแนวที่ถูกต้องทุกครั้ง เช่น ถ้าเกิดปัญหาแบบนี้ขึ้นต้อง แจ้งใคร เกิด Alarm ที่ไหน ต้องแก้ตรงไหน ฯลฯ ทำให้แก้ปัญหาได้รวดเร็ว
3. สามารถแปลค่าสถิติที่ซับซ้อนเป็นภาษามนุษย์ ที่ทุกคนเข้าใจได้
4. สามารถดูค่าทางสถิติ ต่างๆ ย้อนหลัง เพื่อใช้ในการขจัดปัญหาในระยะยาว
5. ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุริย์พร สายปัญญาไช (2560) ได้ศึกษาหาอัตราส่วนปริมาตรแอนนอนอกซิกต่อปริมาตรทั้งหมด ที่เหมาะสม โดยดึงกรองชีวภาพแบบใช้อากาศ จากการศึกษาการบำบัดน้ำเสียที่มีซีโอติและแอมโมเนียในโตรเจน โดยเฉลี่ยเท่ากับ 300 และ 20 มก./ล. ตามลำดับ โดยระบบถังกรองชีวภาพแบบใช้อากาศ โดยประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปซีโอติ ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติกับอัตราส่วนปริมาตรแอนนอนอกซิกต่อปริมาตรทั้งหมดมีแนวโน้มคงที่ ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอติโดยรวมแล้วมีทุกการทดลองมีประสิทธิภาพสูงกว่าร้อยละ 80 และการกำจัดในโตรเจนและแอมโมเนียในโตรเจนโดยอัตราส่วนปริมาตรแอนนอนอกซิกต่อปริมาตรทั้งหมด 6:10 มีประสิทธิภาพสูงกว่า 3:10, 4:10 และ 5:10 แสดงให้เห็นว่าปริมาตรแอนนอนอกซิก ส่งผลให้มีการกำจัดในโตรเจนได้ดีขึ้น ทำให้มีประสิทธิภาพการกำจัดในโตรเจนโดยอัตราส่วนปริมาตรแอนนอนอกซิกต่อปริมาตรทั้งหมดที่ดีที่สุด คือ อัตราส่วน 6:10 โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดในโตรเจนทั้งหมดได้ร้อยละ 70.8 ซึ่งมีอัตราส่วนปริมาตรแอนนอนอกซิกต่อปริมาตรทั้งหมด ที่เหมาะสมคือ 6:10 เนื่องจากปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชันสามารถเกิดได้ดี มีความสมดุลกันของทั้งสองปฏิกิริยา หลังจากการทดลองชี้ให้เห็นว่าการดำเนินงานโดยใช้ถังกรองชีวภาพแบบใช้อากาศมีความเหมาะสมในการกำจัดซีโอติและในโตรเจนในน้ำเสียชุมชน เป็นทางเลือกหนึ่งที่ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดได้ดี

ธาราธร เสมียนรัมย์ (2558) ได้ศึกษาการกำจัดแอมโมเนีย – ในโตรเจนและอินทรีย์ในโตรเจนในน้ำเสียชุมชนด้วยถังกรองประดิษฐ์ที่ใช้ตัวดูดซับถ่านไม้ไฟโดยน้ำเสียชุมชนเป็นแหล่งสำคัญที่พบแอมโมเนีย-ในโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) และอินทรีย์ในโตรเจน (Org-N) ซึ่งก่อให้เกิด

ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันของแหล่งน้ำ ดังนั้นการกำจัดธาตุอาหารไนโตรเจน จากน้ำเสียชุมชน ก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำจึงมีความสำคัญที่จะประคองสิ่งแวดล้อม ที่ราคาถูกและง่ายต่อการใช้งานในครัวเรือนเพื่อกำจัด $\text{NH}_3\text{-N}$ และ Org-N การทดลองแบบ แบทช์ แสดงให้เห็นว่าถ่านไม้ไผ่ มีศักยภาพที่ดีในการดูดซับ $\text{NH}_3\text{-N}$ จากสารละลาย (สารละลาย $\text{NH}_3\text{-N}$ เข้มข้น 20 มก./ล) ร้อยละการดูดซับ $\text{NH}_3\text{-N}$ เท่ากับ 92.77 ที่สภาวะเหมาะสม (ถ่านไม้ไผ่ 15 กรัม และ ระยะเวลาสัมผัส 5 วัน) นอกจากนี้ $\text{NH}_3\text{-N}$ ร้อยละ 98.20 และ Org-N ร้อยละ 76.68 ถูก กำจัดออกจากน้ำเสียจากบ่อรวบรวมน้ำเสียของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธีรศักดิ์ เหลืองอ่อน (2558) ได้ศึกษาการกำจัดไนโตรเจนน้ำเสียชุมชนด้วยระบบแบบ ฟองน้ำแขวนไหลลงทำงานร่วมกับระบบด้วยตัวกลาง โดยศึกษาการกำจัดไนโตรเจนในน้ำเสียชุมชนด้วยกระบวนการดีไนตริฟิเคชันใช้แบคทีเรียออกซิไดซ์ซัลเฟอร์ (Sulfur Oxidizing Bacteria) การทดลองมีถึงปฏิกรณ์ต่อเนื่องกัน โดยเริ่มที่ถังปฏิกรณ์ฟองน้ำแขวนไหลลง (Down-Flow Hanging sponge) 2 ถัง มีระยะเวลาที่เก็บน้ำเสียที่ 3 ชั่วโมงและต่อด้วยถังปฏิกรณ์เม็ดซัลเฟอร์แบบไหลขึ้น (Up-flow sulfur pellets reactor) มีระยะเวลาที่เก็บน้ำเสียที่ 3 ชั่วโมง และ 0.5 ชั่วโมงตามลำดับ ในการทดลองระยะเวลา 234 วัน พบว่าถังปฏิกรณ์ฟองน้ำแขวนไหลลงที่อัตราการบรรทุกสารอินทรีย์เฉลี่ย 1.42 กก.COD /ลบ.ม. ต่อวัน มีประสิทธิภาพกำจัด BOD ทั้งหมดในน้ำเสีย (Total BOD) ร้อยละ 89.93 และ COD ทั้งหมดในน้ำเสีย (Total COD) ร้อยละ 83.33 ส่วนถังปฏิกรณ์ฟองน้ำแขวนไหลลงที่ระยะเวลาที่เก็บน้ำเสีย 3 ชั่วโมงทำงานร่วมกับถังปฏิกรณ์เม็ดซัลเฟอร์แบบไหลขึ้นที่ระยะเวลาที่เก็บน้ำเสีย 1.5 ชั่วโมง สามารถกำจัดไนโตรเจนได้มากถึงร้อยละ 84 ภายใต้กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน

พันธุ์ทิพา สนธิพันธ์ (2551) ได้ศึกษากลุ่มประชากรแอมโมเนียออกซิไดซ์ซึ่งแบคทีเรียและ อาศัยในระบบบำบัดน้ำเสียในประเทศไทย ทำการศึกษากลุ่มประชากร AOB และ AOA ในระบบบำบัดน้ำเสีย 10 แห่ง (โรงบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม 4 แห่ง และ โรงบำบัดน้ำเสียชุมชน 6 แห่ง) ที่มีลักษณะน้ำเสีย, องค์ประกอบของระบบ, และการควบคุมระบบที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังศึกษาผลกระทบของปริมาณแอมโมเนียต่อกลุ่มประชากร AOB และ AOA ในไนตริไฟอิงแอกทิเวเตดสลัดจ์ (NAS) โดยนำเชื้อจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนมาเลี้ยงในถังปฏิกรณ์ 3 ถัง จากผลการทดลองพบว่ากลุ่มประชากร AOB ในระบบบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมมีความหลากหลายมากกว่าในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน AOB ที่พบในระบบบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมตกอยู่ใน 4 คลัสเตอร์ จะเห็นว่าความแตกต่างของลักษณะน้ำเสีย (ความเข้มข้นของแอมโมเนีย) อาจเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดรูปแบบการกระจายของกลุ่มประชากร AOB ในระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 2 แบบ ระบบบำบัดน้ำ

เสียมชุมชนเกือบทั้งหมดเป็นแอคติเวเต็ดสลัดจ์ (activated sludge process) ยกเว้นเพียงหนึ่งโรงบำบัด เป็นบ่อเติมอากาศ (aerated lagoon system) พบว่ากลุ่มประชากร AOB จากระบบบำบัดน้ำเสียมชุมชนทุกแห่งเหมือนกัน จะเห็นว่าองค์ประกอบและการควบคุมระบบมีความสำคัญน้อยกว่า ลักษณะน้ำเสียม

ฐิติชญา บุรีรัตน์ (2553) ได้ศึกษาการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำปฏิกูลด้วยถ้ำเปลือกหอยเชอรี่การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำปฏิกูลจำเป็นต้องอาศัยสารเคมีที่มีองค์ประกอบของแคลเซียมและแมกนีเซียมในการกำจัด ถ้ำเปลือกหอยเชอรี่เป็นวัสดุธรรมชาติที่มีองค์ประกอบของสารดังกล่าว การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อศึกษา ค่าความเป็นกรด – เบส (พีเอช) ระยะเวลาและความเข้มข้นของถ้ำเปลือกหอยเชอรี่ที่เหมาะสมในการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำปฏิกูลและเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำปฏิกูลด้วยถ้ำเปลือกหอยเชอรี่ เป็นการศึกษาเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยมีปัจจัยที่ศึกษา 3 ประการคือค่าความเป็นกรด – เบส (พีเอช) ระยะเวลา และความเข้มข้น สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือร้อยละ ค่าเฉลี่ยและ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบสมมติฐานโดยใช้ F-test (Three – way ANOVA) ผลการวิจัยพบว่า ไม่มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างค่าความเป็นกรด – เบส (พีเอช) ระยะเวลาและความเข้มข้น ต่อการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำปฏิกูลด้วยถ้ำเปลือกหอยเชอรี่แต่ค่าความเป็นกรด – เบส (พีเอช) ที่ 11.5 ระยะเวลาควนด้วย Jar test 40 นาที และความเข้มข้น 40 กรัม / 100 มล. มีประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำปฏิกูลได้ดีที่สุดคือ 70.19 % และ 54.55 % ตามลำดับ ดังนั้นถ้ำเปลือกหอยเชอรี่มีประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำปฏิกูลได้ ดังนั้นเพื่อเป็นการลดต้นทุนในการซื้อสารเคมีในการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส จึงควรใช้ถ้ำเปลือกหอยเชอรี่แทนสารเคมี

ศิริพัชร เวสาลี (2554) ได้ศึกษาการกำจัดไนโตรเจนในน้ำปัสสาวะโดยวิธีการไฮโดรไลซิสในสภาวะต่างพร้อมกับการตกผลึกสตรูไวท์ โดยน้ำปัสสาวะมีความเข้มข้นไนโตรเจนสูง การแยกกำจัดจึงจำเป็นต้องลดปริมาณไนโตรเจนก่อน โดย นำมาตกผลึกเป็นสตรูไวท์ที่สามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยทางการเกษตรได้ ส่วนไนโตรเจนที่เหลือจึง สามารถนำไปกำจัดต่อด้วยกระบวนการทางชีวภาพ งานวิจัยนี้เป็นการกำจัดไนโตรเจนในน้ำปัสสาวะ โดยการไฮโดรไลซิสพร้อมกับการตกผลึกสตรูไวท์ในสภาวะต่าง ซึ่งแบ่งการทดลองเป็น 3 ส่วน ส่วนที่ หนึ่งศึกษาจลนพลศาสตร์ของการตก

ผลึกสตรูไวท์โดยใช้น้ำปัสสาวะสังเคราะห์ที่อัตราส่วนโมล PO_4 the power of -3 -P: Mg: NH_4^+ -N ต่างๆ ณ สภาวะพีเอช 8.5 เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยใช้สมการถดถอยเส้นตรงแบบหลายตัวแปร จะได้ค่าคงที่อัตราเร็วเท่ากับ 0.006 (ลิตร/มิลลิกรัม) 0.19.วินาที-1 และอันดับปฏิกิริยาที่ขึ้นกับความเข้มข้นแอมโมเนีย แมกนีเซียมและฟอสฟอรัส เท่ากับ 0.92, 0.08 และ 0.19 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถกำจัดแอมโมเนียได้มากขึ้น เมื่อแบ่งเติมสารแมกนีเซียมและฟอสฟอรัส ออกเป็น 3 ช่วงแทนการเติมครั้งเดียว การทดลองส่วนที่สองเป็นการไฮโดรไลซิสน้ำปัสสาวะสังเคราะห์ โดยเติมแอมไซม์ยูรีเอสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ที่สภาวะพีเอช 8.5 เช่นกัน ผลการทดลองพบว่า อัตราการไฮโดรไลซิสเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียบกับความเข้มข้นของแอมไซม์ยูรีเอส การทดลองส่วนที่สามเป็นการไฮโดรไลซิสร่วมกับตกผลึกสตรูไวท์ พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดยูเรียไนโตรเจน เท่ากับร้อยละ 57 และร้อยละ 86 เมื่อเติมสารฟอสฟอรัสพร้อมกันทีเดียวและแบ่งเติมเป็น 3 ช่วงตามลำดับ

เพ็ญพิชา สท้านวัตร (2554) ได้ศึกษาบำบัดไนโตรเจนในระบบเลี้ยงสัตว์น้ำแบบปิดผ่านกระบวนการร่วมไนทริฟิเคชัน-ดีไนทริฟิเคชันด้วยตัวกรองชีวภาพไบโอคอร์ด โดยการบำบัดไนโตรเจนในระบบเลี้ยงสัตว์น้ำแบบปิดผ่านกระบวนการร่วมไนทริฟิเคชัน-ดีไนทริฟิเคชันด้วยตัวกรองชีวภาพไบโอคอร์ดชนิดเส้นใย แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ช่วง ช่วงแรกเป็นการประเมินประสิทธิภาพเบื้องต้นของตัวกรองชีวภาพที่ผ่านการบ่มเชื้อในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่เวลาแตกต่างกัน ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการบำบัดมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่มเชื้อ ซึ่งตัวกรองชีวภาพที่ผ่านการบ่มเชื้อเป็นเวลา 7 สัปดาห์ สามารถบำบัดไนโตรเจนผ่านกระบวนการบำบัดร่วมได้อย่างสมบูรณ์ โดยมีอัตราไนทริฟิเคชัน 75.62 ± 9.45 มก.-ไนโตรเจน/ม./วัน ดีไนทริฟิเคชัน 144.88 ± 5.99 มก.-ไนโตรเจน/ม./วัน และปริมาณจุลชีพสะสมบนมัดเส้นใยของตัวกรองชีวภาพ 50.89 ± 3.41 กรัม/ม. ตามลำดับ การทดลองช่วงที่ 2 เป็นการหาสภาวะที่เหมาะสมในการเดินระบบที่เน้นการบำบัดแอมโมเนียซึ่งมีความเป็นพิษสูงต่อสัตว์น้ำ จากการศึกษาผลของการเติมสารอินทรีย์คาร์บอน พบว่าชุดควบคุมที่ไม่เติมเมทานอลสามารถบำบัดแอมโมเนียได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีอัตราการบำบัด 60.19 ± 3.12 มก.-ไนโตรเจน/ม./วัน และสามารถบำบัดไนเตรดโดยอาศัยสารอินทรีย์จากตะกอนในระบบเป็นแหล่งคาร์บอนสำหรับแบคทีเรียกลุ่มเฮเทอโรโทรฟซึ่งมีอัตราการบำบัด 10.50 ± 1.17 มก.-ไนโตรเจน/ม./วัน จากนั้นศึกษาผลของการล้างทำความสะอาดตัวกรองชีวภาพ พบว่าการขยำ

และแกว่งตัวกรองในน้ำสะอาดสามารถลดปริมาณตะกอนส่วนเกินซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดสถานะแอนแอโรบิกภายในมัดเส้นใย โดยการแกว่งตัวกรองเป็นวิธีที่สะดวกและประหยัดเวลาในการใช้งานจริง โดยมีอัตราไนทรีฟิเคชัน 47.80 ± 2.88 มก.-ไนโตรเจน/ม./วัน ดีไนทรีฟิเคชัน 8.73 ± 0.66 มก.-ไนโตรเจน/ม./วัน และปริมาณจุลชีพหลงเหลือบนตัวกรองชีวภาพ 32.21 ± 4.30 กรัม/ม. ตามลำดับ และสุดท้ายศึกษาผลของความถี่ในการล้างทำความสะอาดตัวกรองชีวภาพ พบว่าการทำความสะอาดตัวกรองด้วยความถี่ 2 และ 4 สัปดาห์/ครั้ง สามารถเพิ่มอัตราไนทรีฟิเคชันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการทำความสะอาดด้วยความถี่ 2 สัปดาห์/ครั้ง ส่งผลให้ตัวกรองมีประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียสูงสุดเท่ากับ 67.61 ± 7.69 มก.-ไนโตรเจน/ม./วัน การทดลองช่วงสุดท้ายเป็นการประเมินประสิทธิภาพไบโอคอร์ดในการบำบัดไนโตรเจนจากระบบเลี้ยงสัตว์น้ำ ผลการทดลองพบว่าตัวกรองชีวภาพสามารถควบคุมปริมาณแอมโมเนีย ในไทรด์ และไนเทรค ให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ เท่ากับ 0.17 ± 0.01 0.12 ± 0.07 และ 5.85 ± 0.68 มก.-ไนโตรเจน/ล. ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพในการกักเก็บตะกอนภายในมัดเส้นใยเนื่องจากมีพื้นที่ผิวในการยึดเกาะของจุลชีพสูง โดยสามารถควบคุมปริมาณตะกอนแขวนลอยในระบบให้มีค่าไม่เกิน 86.67 ± 2.33 มก.-ของแข็งแขวนลอย/ล.

พรภัก ฐานะเสวตและปิยาภรณ์ สมสมัคร (2553) ได้ศึกษาการกำจัดไนโตรเจนในน้ำเสียด้วยกระบวนการชีวภาพผ่าน ไนตริฟิเคชันบางส่วนโดยการกำจัดไนโตรเจนในน้ำเสียด้วยวิธีชีวภาพผ่านไนโทรค้แทนไนเตรตามวิธีดั้งเดิม หรือที่เรียกว่าไนตริฟิเคชันบางส่วนเป็นทางเลือกที่ช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและแหล่งคาร์บอนภายนอก การทดลองนี้ศึกษาการกำจัดไนโตรเจนในน้ำเสียดังเคราะห์โดยระบบไนตริฟิเคชันบางส่วนร่วมกับระบบดีไนตริฟิเคชัน ในขั้นแรกได้มุ่งเน้นศึกษาสภาวะที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ไนโทรค้เป็นผลผลิตหลักของระบบไนตริฟิเคชันแทนไนเตรท โดยทำการทดลองแบบต่อเนื่องและเปลี่ยนแปลงสภาวะการดำเนินการระบบออกเป็น 3 ระยะ การควบคุมให้ระบบมีความเข้มข้นแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเริ่มต้น 250 มก./ล. เมทานอล 790 มก./ล.และระยะเวลาที่กักเก็บน้ำเสีย 24 ชั่วโมง ทำให้สัดส่วนแอมโมเนียไนโตรเจน : ไนโทรค้ไนโตรเจน : ไนเทรคไนโตรเจนในน้ำทิ้งเป็น 32 : 51 : 17 เมื่อนำมาบำบัดต่อด้วยระบบดีไนตริฟิเคชันในถังปฏิกรณ์แบบตรงเซลล์พบว่าสามารถกำจัดไนโทรค้และไนเทรคในน้ำเสียดังเคราะห์ได้ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ การเกิดออกซิเดชันที่ไม่สมบูรณ์ทำให้ยังคงเหลือแอมโมเนียในน้ำทิ้ง แม้ว่าปริมาณเมทานอลมี

อิทธิพลต่ออัตราการเกิดดีเอ็นเอในตรีฟิเคชันแต่ปฏิกิริยาดีเอ็นเอในตรีฟิเคชันของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านในตรีฟิเคชันบางส่วนสามารถเกิดได้อย่างสมบูรณ์ที่อัตราส่วนเมทานอลต่อไนโตรเจนมีค่าเพียง 1

พงศัลดดา เผ่าศิริ (2553) ได้ศึกษาการกำจัดแอมโมเนียในโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียฟาร์มสุกรโดยวิธีการตกตะกอนด้วยเกลือแมกนีเซียม โดยนำน้ำเสียจากฟาร์มสุกรที่ผ่านการบำบัดแล้วยังมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส หากปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ จะทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อศึกษาพีเอช ระยะเวลา ปริมาณของเกลือแมกนีเซียมซัลเฟตที่มีผลต่อการลดปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียฟาร์มสุกร ทำการศึกษาโดยใช้ระดับพีเอชเท่ากับ 8, 10 และ 12 ปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟต 2, 4 และ 8 กรัม และระยะเวลาในการกวน 5, 10 และ 15 นาที สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทดสอบสมมติฐานโดยใช้ F-test (Three-way ANOVA) ทำให้มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างระดับพีเอชระยะเวลาและปริมาณของเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) โดยที่ระดับพีเอชเท่ากับ 12 ปริมาณของเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต 8 กรัม ระยะเวลาในการกวน 15 นาที มีประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียในโตรเจน ร้อยละ 78.81 และ ที่ระดับพีเอชเท่ากับ 12 ปริมาณของเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต 8 กรัม ระยะเวลาในการกวน 15 นาที มีประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัส ร้อยละ 58.17 โดยสรุป เกลือแมกนีเซียมซัลเฟตมีประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียในโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียจากฟาร์มสุกรโดยวิธีการตกตะกอนด้วยเกลือแมกนีเซียมได้และเป็นประโยชน์ต่อผู้เลี้ยงสุกรในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรเพื่อลดกลิ่นและผลกระทบจากน้ำเสียฟาร์มสุกร

ปพิชญา ศรีเทพ (2553) ได้ศึกษากลุ่มประชากรไนโตรเจนออกซิไดซิงแบคทีเรียในระบบเพาะเลี้ยงกุ้งและศึกษาผลกระทบของปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อไนโตรเจนออกซิไดซิงแบคทีเรีย การทดลองโดยศึกษากลุ่มประชากร NOB ในระบบเพาะเลี้ยงกุ้งในระบบบ่อดินกลางแจ้ง ระบบบ่อไร้อิน ระบบบ่อในโรงเรือนและระบบบำบัดคุณภาพน้ำในสถานแสดงพันธุ์สัตว์น้ำ ครอบคลุมระบบบ่อความเค็มสูง ระบบบ่อความเค็มต่ำ ระบบความหนาแน่นกุ้งสูงและระบบบ่อความหนาแน่นต่ำ โดยใช้เทคนิค Specific-PCR cloning ซึ่งในการทดลองนี้ได้รวบรวมไพรเมอร์จากหลายงานวิจัยนำมาทำการทดสอบด้วย ARB program package เพื่อให้ได้ไพรเมอร์ที่ครอบคลุมกลุ่มประชากร NOB มากที่สุด เลือกใช้ไพรเมอร์ชุด P33f และ Ntspa 0685r เพื่อศึกษากลุ่มประชากร NOB สกุล

Nitrospira ได้แก่ กลุ่ม Nitrospira Sublineage IV (*Nitrospira marina* lineage) ในระบบเพาะเลี้ยงกึ่ง
 ทุกระบบหลังจากการทำการเลือกตัวแทนจากแต่ละระบบเลี้ยงรวม 4 ตัวอย่าง เพื่อทำการศึกษา
 ประชากร NOB โดยใช้เทคนิค Real-time PCR ร่วมกับสี SYBR Green โดยใช้กลุ่มโพรเมอร์ชุด
 เดียวกับการศึกษากลุ่มประชากร NOB พบว่าไม่สามารถหาจำนวนกลุ่มประชากร NOB สกุล
 Nitrospira ได้ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษากลุ่มประชากร NOB ในขณะที่จำนวนกลุ่มประชากร
 NOB สกุล Nitrospira จากการเพาะเลี้ยงแบบบอดินกลางแข็งและระบบบำบัดคุณภาพน้ำในสถานที่
 แสดงพันธุ์สัตว์น้ำมีค่าใกล้เคียงกับตะกอนดินในธรรมชาติและจำนวน Nitrospira จากระบบบ่อใน
 โรงเรียนมีจำนวนใกล้เคียงกับตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียในโรงพยาบาล โรงบำบัดน้ำเสียชุมชน
 และโรงงานผลิตกระดาษและผลการทดลองส่วนนี้เป็นการยืนยันว่า ในทุกระบบการเพาะเลี้ยง
 กลุ่มประชากร NOB สกุล Nitrospira เป็นกลุ่มประชากรเด่น ดังนั้นหัวข้อ NOB เพื่อการบำบัดใน
 ไตรต์ในระบบบ่อเพาะเลี้ยงกึ่งที่มีปริมาณไนไตรต์ต่ำ ควรพัฒนากลุ่ม NOB สกุล คือกลุ่ม Nitrospira
 Sublineage IV (*Nitrospira marina* lineage)

Boillot et al. (2008) ได้ศึกษาปัญหาเกี่ยวกับน้ำทิ้งที่ปล่อยออกจากโรงพยาบาล โปรแกรม
 การทดลองที่นำมาใช้ประกอบด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบขนานของน้ำทิ้งของโรงพยาบาลหนึ่ง
 ตัวอย่างโดยเฉลี่ย 24 ชั่วโมงและตัวอย่างเป็นระยะ 5 ตัวอย่างที่สอดคล้องกับเศษส่วนของเวลาและ
 กิจกรรมของโรงพยาบาล กลุ่มตัวอย่างมีลักษณะโดยการวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพจุลชีววิทยาและ
 พิษวิทยาทางนิเวศวิทยา จากการทดลองน้ำทิ้งมีแบคทีเรียน้อยมากและมีมลภาวะอินทรีย์ในระดับ
 ปานกลาง อย่างไรก็ตามตรวจพบสารมลพิษที่เฉพาะเจาะจงจำนวนมาก: AOX กลูตารัลดีไฮด์
 คลอรีนอิสระ ผงซักฟอก ฟรีออน รวมทั้งแอลกอฮอล์ อะซิโตน ฟอรัมาลดีไฮด์ อะซีทัลดีไฮด์
 แอมโมเนียมี ฟีนอลและโลหะหลายชนิด แสดงให้เห็นว่าน้ำทิ้งมีความเป็นพิษต่อระบบนิเวศใน
 ระดับสูงซึ่งส่วนหนึ่งเชื่อมโยงกับอนุภาคในสารแขวนลอยและมลพิษนั้นมีความผันผวนอย่างมาก
 ในระหว่างวันซึ่งเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของโรงพยาบาล สุดท้ายค่า PNEC (Predicted No Effect
 Concentration) คือ ความเข้มข้นสูงสุดของสารที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต เมื่อเทียบกับความ
 เข้มข้นของสารมลพิษที่จ่ายในน้ำทิ้งแสดงให้เห็นว่าความเป็นพิษส่วนใหญ่เกิดจากสารมลพิษหลัก
 หลายชนิดโดยเฉพาะคลอรีนอิสระ

Lien et al. (2016) ได้ศึกษาเพื่อหาความเข้มข้นของสารต่างๆยาปฏิชีวนะในน้ำเสียนก่อนและหลังการบำบัดน้ำเสียในโรงพยาบาลในชนบท (60 กม. จากศูนย์กลางของฮานอย) และในโรงพยาบาลในเมือง (ใจกลางฮานอย) ในเวียดนามและมีจุดมุ่งหมายเพื่อสำรวจความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของยาปฏิชีวนะในน้ำเสียนก่อนการบำบัดน้ำเสียและปริมาณยาปฏิชีวนะที่ใช้ในโรงพยาบาลชนบทในช่วง 1 ปีในปี 2556 ตัวอย่างน้ำเก็บรวบรวมโดยใช้การสุ่มตัวอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 24 ชั่วโมงในสัปดาห์สุดท้ายของทุกเดือน ข้อมูลบนปริมาณยาปฏิชีวนะที่ส่งไปยังหอผู้ป่วยในทั้งหมดถูกรวบรวมจากแผนกเภสัชกรรมในโรงพยาบาลชนบท การสกัดแบบโซลิดเฟสและโครมาโทกราฟีเหลวประสิทธิภาพสูงมวลสารถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี ความเข้มข้นที่สำคัญของยาปฏิชีวนะคือมีอยู่ในน้ำเสียนทั้งก่อนและหลังการบำบัดน้ำเสียทั้งในชนบทและในเมืองโรงพยาบาล ตรวจพบ Ciprofloxacin ที่ความเข้มข้นสูงสุดในน้ำเสียนของโรงพยาบาลในชนบท(ก่อนการรักษา: ค่าเฉลี่ย = 42.8 กรัม / ลิตรหลังการรักษา: ค่าเฉลี่ย = 21.5 กรัม / ลิตร) ตรวจพบ Metronidazole ที่ความเข้มข้นสูงสุดในน้ำเสียนของโรงพยาบาลในเมือง (ก่อนการบำบัด: mean = 36.5 g / L; หลังการรักษา: ค่าเฉลี่ย = 14.8 กรัม / ลิตร) ความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างความเข้มข้นของยาปฏิชีวนะในพบน้ำเสียนก่อนการบำบัดและปริมาณของยาปฏิชีวนะที่ใช้ในโรงพยาบาลในชนบท มีค่า ciprofloxacin ($r = 0.78$; $p = 0.01$) และ metronidazole ($r = 0.99$; $p < 0.001$)

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

ในบทนี้จะเป็นการนำเสนอถึงขั้นตอนและวิธีการศึกษาสถานภาพระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลตัวอย่าง ด้วยวิธีการเปรียบเทียบความสามารถในการลดค่า TKN (Total Kjeldahl Nitrogen) กับมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2548 โดยเก็บข้อมูลทั่วไปของระบบบำบัดน้ำเสียด้วยแบบสำรวจ เก็บข้อมูลการบำรุงรักษาและควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย ในเดือนกรกฎาคม ถึง เดือนธันวาคม ในปี 2560 เทียบกับ เดือนมกราคม ถึง เดือนมิถุนายน ปี 2561 เพื่อศึกษานำผลจากการเก็บตัวอย่างน้ำเสียและน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย โดยห้องปฏิบัติการบริษัทเอกชน ที่ผ่านการอนุญาตขึ้นทะเบียนห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เอกชน จากกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม เพื่อศึกษาสถานภาพการบำบัดน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียต่ำ และเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัด โดยการร่วมประชุมวางแผนการดำเนินงานตามลำดับ โดยการดำเนินการศึกษาประกอบด้วย

1. การศึกษาขั้นตอนของระบบบำบัดน้ำเสีย
2. การศึกษาข้อมูลค่าใช้จ่ายและการลงทุนของระบบการ
3. การวิเคราะห์ลักษณะคุณสมบัติน้ำเสียก่อนบำบัดและน้ำทิ้งหลังบำบัด

3.1 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียและน้ำทิ้ง

การดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำเสียและน้ำทิ้งด้วยวิธีแบบจ้วง (Grab sampling) รวม 6 ครั้ง ในช่วงเดือนมกราคม ถึง เดือนมิถุนายน 2561 โดยบริษัทผู้รับจ้างช่วงที่ผ่านการขึ้นทะเบียน ทำการวิเคราะห์ผลน้ำของโรงพยาบาล 2 อาคาร จำนวน 12 ตัวอย่าง (น้ำเสียเข้าระบบจำนวน 1 ตัวอย่าง และน้ำทิ้งหลังปล่อย จำนวน 1 ตัวอย่าง) รวมทั้งหมด 12 ตัวอย่าง ทำการเก็บตัวอย่างที่มีการใช้โพลดของระบบบำบัดน้ำเสียสูงสุดในช่วงเวลา 09.00-11.00 น. ของวันทำการโรงพยาบาล เพื่อศึกษาลักษณะคุณสมบัติของน้ำเสียก่อนบำบัดน้ำเสียและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วรวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพการบำบัดของระบบด้วยวิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำปฏิบัติตาม APHA, AWWA, WEF Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 22nd Washington, DC: APHA, 2012 และนำมาตรวจวิเคราะห์ตามพารามิเตอร์ของมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก.ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2548 ปฏิบัติตามกำหนดตำแหน่งการเก็บตัวอย่างและวิธีการตรวจวิเคราะห์ ทั้งนี้ได้เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งเพื่อวิเคราะห์

สารประกอบค่า TKN ที่เป็นปัญหา เนื่องจากเป็นความเข้มข้นรวมของไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์และอนุพันธ์ของแอมโมเนียที่ละลายอยู่ในน้ำ ซึ่งมีผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ

3.2 สถานที่ศึกษาวิจัย/พื้นที่

โรงพยาบาลเอกชนขนาดใหญ่ที่ศึกษา อยู่ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ประกอบด้วย 3 อาคาร ดังรูปที่ 3.1 และแบบการไหลของระบบบำบัดน้ำเสีย ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 แบบอาคารแหล่งปล่อยน้ำเสียทั้งหมดของโรงพยาบาล

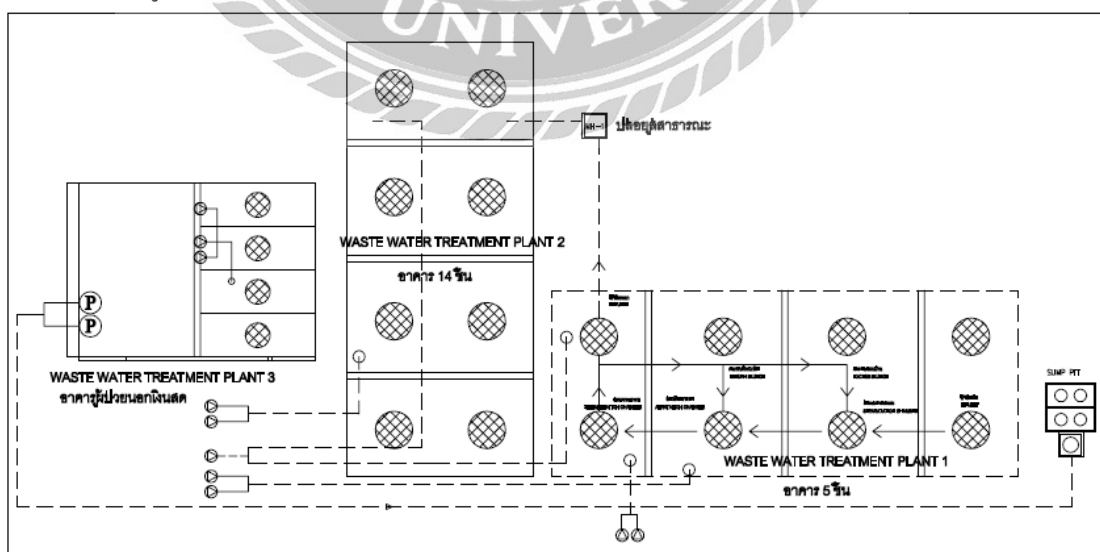
ลักษณะระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลตัวอย่าง เป็นระบบบำบัดแบบ Activated Sludge แบบชดการเติมอากาศ (Extended filter) และเข้าสู่ระบบ Activated Sludge มีประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียทุกหน่วยของโรงพยาบาลตัวอย่าง โดยแบ่งเป็น 3 ระบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.ระบบบำบัดน้ำเสียอาคาร 15 ชั้น จำนวนเตียงทั้งหมด 311 เตียง ปริมาณน้ำเสียคิดเป็น 800 ลิตร / เตียง / วัน ซึ่งสามารถรองรับน้ำเสียขนาด 400 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และมีปริมาณน้ำทิ้งจากอาคารสูงสุดอยู่ระหว่าง 200 –300 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยมีช่วงเวลาที่น้ำเสียเข้าระบบสูงสุด คือ 07.00 น. – 09.00 น.

2.ระบบบำบัดน้ำเสียอาคาร 5 ชั้น เป็นอาคารผู้ป่วยนอกและผู้ป่วยเฉพาะทาง สามารถรองรับน้ำได้ 200 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และมีปริมาณน้ำทิ้งจากอาคารสูงสุดอยู่ระหว่าง 150 – 180 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยมีช่วงเวลาที่น้ำเสียเข้าระบบสูงสุด คือ 08.00 น. –17.00 น.

3.ระบบบำบัดน้ำเสียอาคาร 5 ชั้น (เฉพาะทาง) เป็นระบบที่นำมาใช้ใหม่เมื่อเดือนกรกฎาคม 2550 สามารถรองรับน้ำได้ 30 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และมีปริมาณน้ำทิ้งจากอาคารสูงสุดอยู่ระหว่าง 15 – 20 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยมีช่วงเวลาที่น้ำเสียเข้าระบบสูงสุด คือ 07.00 น. –11.00 น.

น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมของโรงพยาบาลตัวอย่าง ถูกรวบรวมส่งไปยังระบบบำบัดน้ำเสียรวมของโรงพยาบาล น้ำเสียทั้งหมด (ยกเว้นน้ำเสียจากงานโภชนาการจะผ่านระบบกรองไขมัน) แล้วจึงถูกส่งไปยังบ่อเกรอะ จากนั้นจะเข้าสู่ระบบกรองแบบไร้อากาศ(Anaerobic filter) และเข้าสู่ระบบแบบ Activated Sludge ชนิดการเติมอากาศแบบชดเวลา (Extended aeration) ระบบบำบัดน้ำเสียรองรับน้ำได้รับการออกแบบให้สามารถรองรับน้ำได้ในปริมาณทั้งหมด 506 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน แสดงในรูป 3.2



รูปที่ 3.2 แบบรวมระบบบำบัดน้ำเสียรวมทั้งหมดของโรงพยาบาลตัวอย่าง

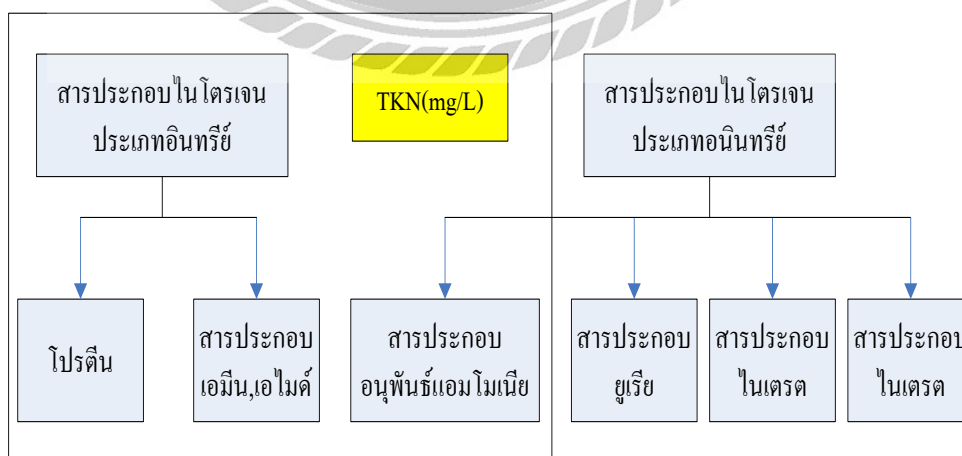
จากรูปที่ 3.2 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์โดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ถังเติมอากาศ (Aeration Tank) และถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) โดยน้ำเสียจะถูกส่งเข้าถังเติมอากาศ ซึ่งมีสลัดจ์อยู่เป็นจำนวนมากตามที่ต้องการไว้ สภาพภายในถังเติมอากาศจะมีสภาพที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แบบแอโรบิก จุลินทรีย์เหล่านี้จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้อยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำในที่สุด น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลต่อไปยังถังตกตะกอนเพื่อแยกสลัดจ์ออกจากน้ำใส สลัดจ์ที่แยกตัวอยู่ที่ก้นถังตกตะกอนส่วนหนึ่งจะถูกสูบกลับเข้าไปในถังเติมอากาศใหม่เพื่อรักษาความเข้มข้นของสลัดจ์ในถังเติมอากาศให้ได้ตามที่กำหนด และอีกส่วนหนึ่งจะเป็นสลัดจ์ส่วนเกิน (Excess Sludge) ที่ต้องนำไปกำจัดต่อไป สำหรับน้ำใสส่วนบนจะเป็นน้ำทิ้งที่สามารถระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้

3.3 การศึกษาวิเคราะห์ลักษณะคุณสมบัติน้ำเสีย ค่า TKN ก่อนบำบัดและน้ำทิ้งหลังบำบัด

การวิเคราะห์โปรตีนโดยวิธี Kjeldahl (Total Kjeldahl Nitrogen; TKN) เป็นการวิเคราะห์เป็นการวิเคราะห์โปรตีน (ไนโตรเจน) ทั้งหมดโดยมีขั้นตอนการทำงาน 3 ขั้นตอนคือ

- 3.3.1 การย่อย (โดยใช้กรด)
- 3.3.2 การกลั่น (เพื่อเก็บอิมอนของแอมโมเนีย)
- 3.3.3 การไตเตรด (เพื่อหาปริมาณของแอมโมเนีย)

การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนโดยวิธีเจลดาล์ (Kjeldahl) ใช้วิธีการทำให้สารประกอบไนโตรเจนเปลี่ยนสภาพกลายเป็นไอ คือ แอมโมเนียหลังจากนั้นจึงใช้เทคนิคของการไตเตรดหาปริมาณของแอมโมเนียซึ่งอยู่ในรูปของสารประกอบแอมโมเนีย ดังแสดงในรูป 3.3



รูปที่ 3.3 การวิเคราะห์สารประกอบที่เป็นปัญหาค่า TKN

ลักษณะคุณสมบัติของน้ำเสียจากโรงพยาบาลก่อนบำบัดน้ำเสียและน้ำทิ้งผ่านการบำบัดแล้วพบว่าค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์คุณภาพน้ำทุกพารามิเตอร์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญโดยค่าพารามิเตอร์ที่เป็นปัญหาค่า TKN สูง โดยมีค่าเกินตัวอย่างน้ำทิ้งเพื่อวิเคราะห์สารประกอบค่า TKN ที่เป็นปัญหาก่อนปรับปรุง ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าเกินตัวอย่างน้ำทิ้งก่อนปรับปรุงเพื่อวิเคราะห์สารประกอบ ค่า TKN

รายละเอียด	น้ำทิ้งอาคาร 5 ชั้น	น้ำทิ้งอาคาร 14 ชั้น
TKN as N	42 mg/L	45 mg/L
Ammonia as N	40 mg/L	40 mg/L
Total Organic as N	2 mg/L	3 mg/L

3.4 แนวทางแก้ไขปรับปรุงปัญหาค่า TKN ในระบบบำบัดน้ำเสีย

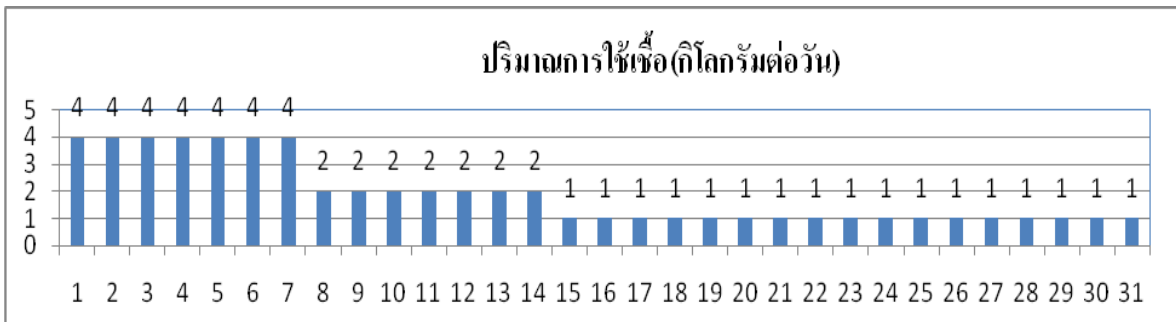
จากผลของอนุพันธ์แอมโมเนียคือต้นเหตุที่ทำให้ค่า TKN สูงขึ้น ดังนั้นทางผู้ดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย ได้คำแนะนำจากการดูงานอุตสาหกรรมผู้เลี้ยงกุ้ง ใช้เชื้อจุลินทรีย์สัคคินิคพิเศษ ที่มีปริมาณ Nitrifying Bacteria สูงใช้ย่อยสลายสารประกอบแอมโมเนียโดยเฉพาะ ที่ในปัจจุบันใช้ในการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมผู้เลี้ยงกุ้ง และของเสียจากอาคาร เพื่อใช้ในการย่อยสลายแอมโมเนียได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังสมการที่ 1



โดยมีการควบคุมปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบบำบัดน้ำเสีย ดังนี้

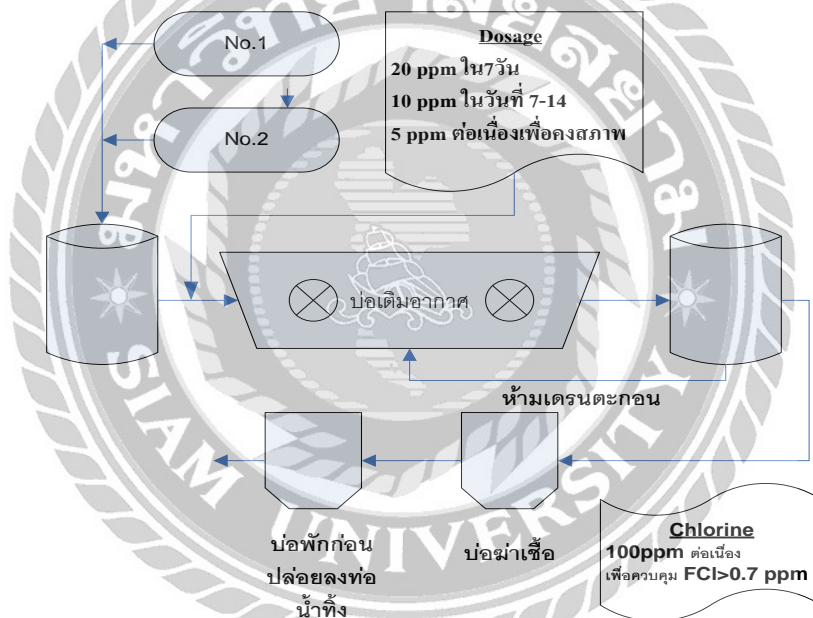
- 3.4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณเชื้อ: โหลดปริมาณน้ำเข้าอยู่ที่ 300 ลบ.ม./วัน
- | | |
|-----------------------------|--------------------|
| ปริมาณความต้องการอยู่ประมาณ | 5-20 ppm |
| การใช้เฉลี่ยต่อวัน | 2 กิโลกรัมต่อวัน |
| ปริมาณรวมที่ใช้ในการทดลอง | 2 กิโลกรัมต่อเดือน |
| ราคาต่อหน่วยกิโลกรัม | 510 บาทต่อกิโลกรัม |

ทำการทดลองเดิมเชื้อ โดยการ Dousgae ตามปริมาณลงระบบบำบัดน้ำเสีย ดังแผนภูมิที่ 3.1



แผนภูมิที่ 3.1 ปริมาณการเติมคลอรีนใน ช่วงทดลองเดือนมกราคม ปี 2561

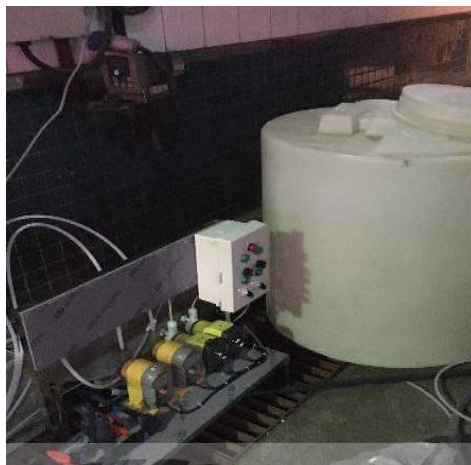
ในขั้นตอนการเติมคลอรีนในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลตัวอย่าง จะต้องระบบท่อเติมคลอรีนก่อนเข้าระบบบำบัดอากาศเพื่อให้คลอรีนสามารถเจริญเติบโตได้ดี ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การทดลองเติมคลอรีนเพื่อลด TKN ระบบบำบัดน้ำเสีย

3.4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ ดังรูปที่ 3.6

- | | |
|--------------------------------------|-------------|
| 1. บั้มคลอรีนพร้อม Timer | จำนวน 2 ตัว |
| 2. ถังคลอรีน 100 L | จำนวน 1 ถัง |
| 3. บั้มคลอรีน | จำนวน 2 ตัว |
| 4. ถังเก็บคลอรีนน้ำ 1 m ³ | จำนวน 1 ถัง |



รูปที่ 3.5 การติดตั้งอุปกรณ์การเติมเชื้อจุลินทรีย์และคลอรีนอิสระ

การควบคุมและติดตาม สภาวะบ่อเติมอากาศ

ค่า DO > 4.0 – 6.0 mg/L

ค่า SV30 ในช่วง 200 – 400 mV

ค่าตะกอน MLSS > 1,000 – 2,000 mg/L

ค่าความเข้มข้น Free Chlorine > 0.7 ppm และ Ammonium < 30 mg/L

3.4.3 การควบคุมออกซิเจนละลายน้ำ (DO) การทดสอบค่าออกซิเจนละลายน้ำในบ่อเติมอากาศ โดยอาศัยเครื่องวัด DO Meter เพื่อให้ทราบค่าออกซิเจนละลายน้ำว่ามีเพียงพอสำหรับจุลินทรีย์ในการบำบัดหรือไม่ เพราะถ้ามีอยู่น้อยเกินไปจะทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ไม่ดี เป็นผลให้ประสิทธิภาพในการบำบัดลดน้อยลง ถ้ามีมากเกินไปอาจทำให้เกิดตะกอนลอยในถังตกตะกอน



รูปที่ 3.6 การตรวจสอบปริมาณ DO ในบ่อเติมอากาศประจำวัน

การควบคุมปริมาณ DO ในบ่อเติมอากาศ มากกว่า 4-6 mg/L เนื่องจากแบคทีเรีย Nitrifying ต้องใช้ออกซิเจนในการทำปฏิกิริยาแอมโมเนีย

3.4.4 การเพิ่มปริมาณตะกอนเร่ง (Activated Sludge) โดยควบคุมให้มีปริมาณหรือความเข้มข้นโดยประมาณของจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศ M LSS (Mixed Liquor Suspended Solids) มากกว่า 1,000-2,000 มิลลิกรัม/ลิตร และ SV30 200-400 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเป็นสภาวะที่จำเป็นของแบคทีเรีย และควบคุมการรั่วไหลของตะกอน ถ้าตะกอนมีจำนวนน้อยเกินไป ควรมีการ Return Sludge มาที่บ่อ Aeration มากขึ้น ถ้าตะกอนมีจำนวนมากเกินไป ควรมีการสูบตะกอนจากบ่อตะกอนย้อนออกจากระบบ และหาความถี่ในการดูด โดยการให้ตกตะกอนอยู่ในกรวยอิมฮอฟ (Imhoff Cone) เป็นระยะเวลา 30 นาที ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การผสมของตะกอนบริเวณก้นบ่อตกตะกอน

3.4.5 ค่าความเข้มข้น Free Chlorine การตรวจวัดปริมาณ Free Chlorine เป็นปัจจัยสำคัญในการฆ่าเชื้อโรค ดังนั้นการใช้คลอรีนจะต้องสอดคล้องกับปริมาณน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัด ทั้งนี้หากมีการใช้ปริมาณคลอรีนน้อยเกินไปก็จะส่งผลให้ค่า Coli form มีมาก ซึ่งเป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนบริเวณใกล้เคียง และถ้ามีการใช้คลอรีนมากเกินไปก็จะส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ เช่น จุลินทรีย์ แพลงค์ตอน และสัตว์น้ำต่างๆ อีกทั้งยังเป็นการสิ้นเปลืองอีกด้วย ดังนั้นค่าคลอรีนอิสระจึงควรอยู่ในช่วง 0.2- 1 มิลลิกรัม/ลิตร

การแก้ไข ค่า Coli form มีจำนวนมากเกินไป ควรมีการเติมสารคลอรีนให้เพียงพอกับปริมาณน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย โดยการเทียบบัญญัติไตรยางค์ จากน้ำทิ้ง 100 ลูกบาศก์เมตร

ต้องมีค่าคลอรีนประมาณ 0.2-1 กรัมหรือใช้สมการที่ 1

$$M_1 V_1 = M_2 V_2 \dots\dots\dots (1)$$

- M_1 = ความเข้มข้นของคลอรีนที่ใช้ (โมล หรือ กรัม)
 V_1 = ปริมาณคลอรีนคลอรีนที่ใช้ (ลิตร)
 M_2 = ค่าความเข้มข้นที่ต้องการ คือ 0.2 – 1 (โมล หรือ กรัม)
 V_2 = ปริมาณน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดเสีย (ลูกบาศก์เมตร)

*หมายเหตุ ถ้ามีการเติมคลอรีนที่มากเกินไปจะทำให้สิ้นเปลือง และส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ เช่น แพลงก์ตรอน ปลา และจุลินทรีย์ต่างๆ โดยใช้เครื่องมือวัดค่าคลอรีน ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 การใช้เครื่องมือวัดค่าคลอรีนให้เพียงพอกับปริมาณน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย

3.5 แนวควบคุมพารามิเตอร์น้ำเสียอื่นๆในระบบบำบัดน้ำเสีย

ในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียยังต้องควบคุมพารามิเตอร์น้ำเสียอื่นควบคู่ไปด้วยทั้งระบบ โดยมีแผนการดูแลและบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล โดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

3.5.1 การดูแลควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่ 1

3.5.1.1 การดูแลควบคุมการใช้สารเคมีเพื่อควบคุมค่า pH / TDS ประสานงานแลกเปลี่ยนข้อมูลกับพยาบาลควบคุมโรคติดเชื้อ (ICN) และหน่วยงานต่างๆ ได้แก่ แม่บ้าน X-Ray โรงเก็บขยะ

ติดเชื้อ แผลงักริด และหน่วยงานอื่นๆ ที่มีการใช้สารเคมี โดยการเข้าร่วมประชุมคณะกรรมการความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อม เพื่อวางแผนการจัดการควบคุมการใช้สารเคมีให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในการนี้ คณะกรรมการฯ ได้กำหนดมาตรการให้มีการสำรวจบันทึกผลการใช้สารเคมีประจำวันของแผนกต่างๆ เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาประมวลผล ในตารางแสดงประวัติฝ้าระวังการใช้สารเคมีของโรงพยาบาลและแจ้งให้ผู้ใช้งานทราบถึงปัญหาแต่ละจุด ที่มีความเสี่ยงในการปล่อยสารเคมีที่มีความเข้มข้นสูงลงจุดน้ำทิ้ง รวมทั้งการลดปริมาณการใช้สารเคมีให้น้อยลง และให้มีการเลิกการใช้สารเคมีที่มีความคงที่ ไม่ควรมากหรือน้อยเกินไปเนื่องจากจะทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียไม่เสถียร จากนั้นกำหนดจุดปล่อยน้ำเสียรอบอาคารในแบบฟอร์มบันทึกจุดปล่อยสารเคมีเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อชี้แจง ตรวจสอบค่า pH และ TDS ของแผนกต่างๆก่อนปล่อยลงบ่อน้ำบำบัดน้ำเสีย โดยกำหนดหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดังนี้

- 1.คลังพัสดุส่งรายงานการเบิก จ่ายสารเคมีของแผนกต่างๆต่อพยาบาลควบคุมโรคติดเชื้อ (ICN)
- 2.หน่วยงานที่ใช้สารเคมีต้องมีการบันทึกการใช้สารเคมีประจำวันและรายงานต่อพยาบาลควบคุมโรคติดเชื้อ (ICN)
- 3.พยาบาลควบคุมโรคติดเชื้อ (ICN) ดำเนินการประมวลผลการใช้สารเคมีโดยรวมของโรงพยาบาล
- 4.เจ้าหน้าที่ดูแลระบบบำบัดน้ำเสียตรวจวัดค่า pH/TDS ที่จุดปล่อยสารเคมีเข้าระบบทุกสัปดาห์และวัดจุดรวมในบ่อ An1 ทุกวันหากมีความผิดปกติ รายงานความผิดปกติและความเสี่ยงของค่า pH และTDS ที่เกิดขึ้นต่อหัวหน้างานและจะต้องประสานงานกับพยาบาลควบคุมโรคติดเชื้อ (ICN) เพื่อตรวจสอบการใช้สารเคมีของแผนกต่างๆและแจ้งแผนกเพื่อลดการใช้สารเคมีในจุดดังกล่าว

3.5.1.2 การดูแลควบคุมน้ำเสียก่อนเข้าระบบจัดทำแผนการจัดการระบบสุขภาพให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำเสียของโรงพยาบาล โดยมีการทำความสะอาดตะแกรงดักขยะในบ่อรวบรวมน้ำเสีย สูบกากตะกอนในบ่อ Septic ล้างแนวท่อและบ่อพักน้ำเสียทั้งระบบ ทำการสูบและดักขยะ และไขมัน เพื่อให้จุดรวมน้ำเสียต่างๆ ไม่มีขยะตกค้างอยู่ในบ่อพัก และป้องกันปัญหาเรื่อง “ปริมาณขยะเข้าสู่ระบบ” โดยมีว่าจ้างบริษัทภายนอก เข้ามาดำเนินการพร้อมทั้งจัดทำรายงานประกอบ อย่างไรก็ตาม โรงพยาบาลยังได้รวบรวมข้อมูลการจัดการข้างต้นนี้ เพื่อนำมาประมวลผล

และปรับเปลี่ยนแผนการจัดการให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยจัดระเบียบความถี่ของแต่ละขอบเขตงานให้มีความสอดคล้องกับระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล

3.5.2 การดูแลควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่ 2

3.5.2.1 การบำรุงรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์ จัดทำแผนการจัดการบำรุงรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์ โดยการตรวจสอบการทำงานของตู้ควบคุมไฟฟ้า โดยการตรวจวัดค่ากระแสไฟฟ้าของบับแต่ละตัวภายในระบบบำบัด ได้แก่ เครื่องสูบน้ำในบ่อปรับสภาพน้ำ (EQ) เครื่องเติมอากาศในบ่อเติมอากาศ เครื่องสูบน้ำในบ่อเก็บตะกอน เครื่องคลอรีน และทำความสะอาดตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า

3.5.2.2 การตรวจสอบตะกอนจัดทำแผนการจัดการสูบน้ำกตะกอนส่วนเกินทิ้ง โดยบริษัทภายนอก มาดำเนินการสูบน้ำกตะกอน ได้แก่ สูบน้ำกตะกอนในบ่อรวบรวมน้ำเสีย (ทุก 3 เดือน) สูบน้ำกตะกอนในบ่อหมักไร้อากาศ (ทุก 6 เดือน) และสูบน้ำกตะกอนในบ่อดกตะกอน (ทุก 6 เดือน) ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การสูบน้ำกตะกอนในบ่อดกตะกอน

3.5.2.3 การตรวจสอบตะกอนบ่อเกรอะ หมั่นตักตะกอน ฝ้าไขมัน และเศษของแข็งแขวนลอยบริเวณด้านหน้าตะแกรงก่อนเข้าสู่บ่อเกรอะที่ 1 และ 2 ทุก 1-2 สัปดาห์ ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 การตัดตะกอนบริเวณด้านหน้าตะแกรงก่อนเข้าสู่บ่อเกรอะ

3.5.2.4 การตรวจสอบบ่อเติมอากาศ โดยตรวจสอบน้ำมันหล่อลื่นสำหรับเครื่องเติมอากาศ ถ้าหากมีน้อยเกินไปก็ให้เติมน้ำมันหรือจาระบีชนิดที่ใช้เฉพาะกับเครื่อง และตรวจสอบตัวกรองอากาศของเครื่องเติมอากาศ หากถ้ามีฝุ่นละอองสะสมอยู่มากให้ไปทำความสะอาดโดยใช้อากาศอัดเข้าไปเท่านั้น รวมทั้งตรวจสอบท่อเติมอากาศภายในบ่อ ท่อสูบลดตะกอนกลับและท่อส่งอากาศ ถ้ามีการอุดตันให้แก้ไขทันที

3.5.3 การดูแลควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย ชั้นที่ 3

3.5.3.1 การตรวจวิเคราะห์น้ำประจำวัน เป็นวิธีการปฏิบัติที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการดูแลและควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียเบื้องต้น และยังเป็นตัวบ่งชี้ถึงปัญหาของแต่ละจุด อีกทั้งยังเป็นการตั้งสมมุติฐานเบื้องต้น เมื่อเกิดปัญหาว่ามาจากสาเหตุใด เช่น อุปกรณ์ไฟฟ้า ระบบสุขาภิบาล ปริมาณตะกอน และปริมาณน้ำทิ้ง เป็นต้น เพื่อให้การจัดการแก้ไขตรงจุด รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพที่สุด โรงพยาบาลจึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในเรื่องนี้ จึงได้กำหนดมาตรการให้มีการบันทึกผลการตรวจวิเคราะห์น้ำประจำวัน ดังตารางที่ 3.2 ดังนี้

- 1) ปริมาณน้ำเข้า
- 2) ของแข็งละลายในน้ำ (TDS)
- 3) ออกซิเจนละลายน้ำ (DO)
- 4) อุณหภูมิ (Temp)
- 5) พีเอช (pH)
- 6) การทดลองการตกตะกอน (SV_{30})
- 7) คลอรีนอิสระ

8) ลักษณะทางกายภาพ

ปริมาณน้ำเข้า

การตรวจวัดค่าปริมาณน้ำทิ้ง มีความสำคัญในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อให้ทราบถึงปริมาณน้ำเสียเข้าระบบสูงสุดและค่าต่ำสุดที่เวลาใด นอกจากนี้ยังนำค่าดังกล่าวไปควบคุมถึงการสูบน้ำเข้าระบบให้มีค่าเฉลี่ยคงที่ และคำนวณหาปริมาณคลอรีนที่จะใช้ได้ถูกต้อง ประหยัด และมีประสิทธิภาพสูงสุดในด้านทรัพยากรและค่าใช้จ่าย

การแก้ไข

เมื่อมีปริมาณน้ำเข้ามากหรือน้อยให้ปรับการทำงานของปั๊มในบ่อรวบรวมน้ำเสียให้ได้ค่าเฉลี่ยที่ต้องการขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้ในแต่ละวัน

ของแข็งละลายในน้ำ (TDS)

การทดสอบของแข็งละลายในน้ำ โดยอาศัยเครื่องวัด Waterproof pH, EC/TDS and temperature meters เพื่อให้ทราบค่าของแข็งละลายในน้ำว่าเกินค่าเกินมาตรฐานหรือไม่ เพราะถ้ามีอยู่มากเกินไปจะทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตไม่ได้ หรืออาจส่งผลให้เชื้อตาย เป็นผลให้ระบบเสียหายหรือประสิทธิภาพในการบำบัดลดลง ดังนั้น ของแข็งละลายในน้ำไม่ควรเกิน 300-500 mg/l ก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย

การแก้ไข

ให้เช็คแหล่งน้ำเสียที่เข้าระบบว่าจุดไหนที่มีค่า TDS เข้าระบบมากกว่าปกติ (มากกว่า 300 mg/l) ให้รายงานต่อพยาบาลควบคุมโรคติดเชื้อ (ICN) เพื่อตรวจสอบการใช้สารเคมีของแผนกต่างๆ และแจ้งแผนกเพื่อลดการใช้สารเคมีในจุดดังกล่าว โดยใช้เครื่องมือวัด ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การใช้เครื่องวัดค่า TDS ในแต่ละระบบบำบัดน้ำเสีย

อุณหภูมิ

อุณหภูมิมีความสำคัญต่อการเกิดปฏิกิริยาในน้ำเสียโดยเฉพาะจุลินทรีย์ ออกซิเจนจะสามารถละลายในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงได้น้อยกว่าน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ทั้งนี้ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ จะส่งผลกระทบต่อปฏิกิริยาทางชีวภาพในน้ำเสีย โดยปกติแล้วอุณหภูมิของน้ำเสียที่เหมาะสมจะไม่เกิน 40°C

การแก้ไข

ระบบบำบัดน้ำเสียมีความสำคัญอย่างยิ่ง ที่จะต้องมีบ่อปรับเสถียรเพื่อให้น้ำเสียที่มีค่าอุณหภูมิสูงเกิน 40°C ได้ปรับสภาพให้อยู่ในช่วง $25-35^{\circ}\text{C}$

พีเอช (pH)

การวัดค่าพีเอชมีประโยชน์ในด้านการควบคุมการทำงาน เนื่องจากเป็นองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ และมีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์มาก โดยอาศัยกระดาษลิตมัสเป็นตัววัดค่า pH และควรควบคุมให้ค่าพีเอชใกล้ 7 มากที่สุด และไม่ควรมีค่าเกินในช่วง 5-9

การแก้ไข

ควรมีการตรวจสอบการใช้สารเคมีต่างๆ และมีการวางแผนการจัดการสารเคมีต่างๆ ก่อนปล่อยลงสู่ท่อน้ำ ได้แก่ การเจือจาง การใช้กรดปรับสภาพต่าง หรือการใช้ด่างปรับสภาพกรด เป็นต้น โดยใช้เครื่องมือวัด ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 การใช้เครื่องวัดค่า pH ในระบบบำบัดน้ำเสีย

ลักษณะทางกายภาพ

การสำรวจโดยทางกายภาพเป็นสิ่งสำคัญในการดูแลระบบเบื้องต้น โดยอาศัยการมองเห็น น้ำที่ออกจากระบบบำบัดมีความใส เหลือง หรือขุ่นเพียงใด เพื่อเป็นการตั้งสมมุติฐานเบื้องต้นเมื่อเกิดความผิดปกติของน้ำเสียออกจากระบบ เช่น น้ำขุ่นไม่ใส อาจเกิดจากการตกตะกอนไม่สมบูรณ์

หรืออัตราการไหลของน้ำเข้าระบบมากเกินไป น้ำเป็นสีดำคล้ำมีตะกอน อาจเกิดจากจุลินทรีย์ตาย และแขวนลอยมากับน้ำทิ้ง หรือระบบเติมอากาศมีค่าออกซิเจนละลายน้ำไม่เพียงพอต่อจุลินทรีย์ เป็นต้น

การแก้ไข

ในทางกายภาพจะต้องแก้ไขตามลักษณะของน้ำทิ้งที่มีความผิดปกติ โดยแก้ไขจากค่าพารามิเตอร์ที่มีการตรวจวัดประจำวันทีกล่าวนั้น

3.5.4 ปัญหาที่มักพบการดูแลควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย

ปัญหาที่มักพบได้บ่อยสำหรับระบบบ่อเติมอากาศมี 2 ปัญหาคือ ปัญหาการลอยตัวของตะกอน (Rising Sludge) ในบ่อดกตะกอน และปัญหาตะกอนเบวมตัวลำบาก (Bulking Sludge) โดยการลอยตัวของตะกอนในถังตกตะกอน มีสาเหตุเนื่องมาจากตะกอนตกอยู่ในชั้นบ่อดกตะกอน นานเกินไปจนทำให้เกิดปฏิกิริยาชีวเคมีเปลี่ยนสารประกอบไนโตรเจนและไนเตรดเป็นก๊าซไนโตรเจน ก๊าซที่เกิดขึ้นจะถูกกักอยู่ในตะกอน ถ้ามีมากจะพาตะกอนลอยขึ้นสู่ผิวน้ำในบ่อดกตะกอน สำหรับปัญหาเรื่องตะกอนเบวมตัวลำบาก ในระบบบ่อเติมอากาศที่มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงตะกอนจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศจะมีสีน้ำตาลแก่จับตัวกันเป็นก้อนใหญ่และจมตัวได้อย่างรวดเร็ว ในกรณีที่เกิดตะกอนเบวมตัวนั้นจะเป็นตะกอนละเอียดจมตัวได้ช้าและไม่อัดตัวแน่นสาเหตุมีสองประการคือ อาจเกิดจากเชื้อราที่เป็นเส้นใย หรืออาจเกิดจากมีน้ำอยู่ในตะกอนระหว่างเซลล์ของจุลินทรีย์มาก ทำให้ตะกอนมีความหนาแน่นเกือบเท่ากับน้ำจึงจมตัวได้ลำบากในการสังเกตลักษณะตะกอนจุลินทรีย์ เพื่อตรวจสอบระบบในเบื้องต้น สรุปได้ดังนี้

3.5.4.1 ลักษณะของตะกอนจุลินทรีย์มีสีน้ำตาลเข้ม ตะกอนสามารถตกตะกอนได้เร็ว น้ำส่วนบนค่อนข้างใส และปริมาณตะกอนมีค่าระหว่าง 200-300 มิลลิลิตร พอสรุปได้ว่าระบบทำงานเป็นปกติ

3.5.4.2 ลักษณะของตะกอนจุลินทรีย์มีสีน้ำตาลเข้มมาก ปริมาณตะกอนมีค่าระหว่าง 300-400 มิลลิลิตรพอสรุปได้ว่าระบบทำงานเป็นปกติ แต่ตะกอนจุลินทรีย์ภายในบ่อเติมอากาศค่อนข้างมากเกินไปอาจต้องสูบน้ำตะกอนส่วนเกินไปกำจัดให้มากขึ้น เพื่อให้ค่า SV30 อยู่ระหว่าง 200-300 มิลลิลิตร

3.5.4.3 ลักษณะของตะกอนจุลินทรีย์มีสีน้ำตาลและตกตะกอนช้า น้ำส่วนบนมีลักษณะขุ่น ลักษณะดังกล่าวอาจเกิดจากปริมาณน้ำเสียเข้าสู่ระบบมากเกินไป หรืออาจเกิดจากระบบเติมอากาศมีความบกพร่อง จำเป็นจะต้องลดการสูบน้ำตะกอนส่วนเกินไปกำจัดเพื่อเพิ่มปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในบ่อเติมอากาศ และให้ตรวจเช็คค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำภายในบ่อเติมอากาศว่าเพียงพอหรือไม่ (ค่าปกติอยู่ที่ 1-2 มก./ลิตร)

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าผลน้ำตามพารามิเตอร์ที่ควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล

วันที่	CL		pH				DO		SV ₃₀		Temp				ผู้ตรวจสอบ	หมายเหตุ
	0.2-1 mg/L		7.0-9.0				3.0-5.0		200-300mg/L		< 40°C หรือ (25-35)					
	Out14	Out5	Air14	Air5	Out14	Out5	Air14	Air5	Air14	Air5	In 14	In 5	Out14	Out5		
1	0.21	0.21	7.6	7.6	7.6	7.7	3.6	4.0	233	208	28.7	28.6	28.1	28.7	นიაคือนัน	
2	0.70	0.44	7.7	7.5	7.8	7.8	3	2.6	215	210	26.1	26.5	27.1	26.9	ทรงวุฒิ	
3	0.75	0.95	7.3	7.7	7.6	7.6	3	2.9	202	205	27.60	27.9	28.70	29.1	ทรงวุฒิ	
4	0.50	0.20	7.7	7.5	7.8	7.8	3.5	3.2	232	205	26.1	26.5	27.1	26.9	นიაคือนัน	
5	0.20	0.20	7.7	7.5	7.8	7.8	3.5	3.2	207	230	26.1	26.5	27.1	29.6	นიაคือนัน	
6	0.20	0.51	7.6	7.6	7.5	7.3	3.7	4.5	211	232	28.2	28.4	27.2	28.3	นიაคือนัน	
7	0.54	0.54	7.7	7.8	7.8	7.8	3.5	3.2	210	230	26.1	26.5	29.0	26.9	นიაคือนัน	
8	0.20	0.20	7.7	7.6	7.8	7.6	3.3	3.0	210	230	27.3	27.7	27.2	28.5	ทรงวุฒิ	
9	0.20	0.52	7.8	7.5	7.4	7.6	3.3	3.0	234	210	28.3	27.2	27.4	28.3	ทรงวุฒิ	
10	0.20	0.25	7.6	7.5	7.5	7.8	2.2	2.3	200	200	27.5	27.4	27.8	28.3	ทรงวุฒิ	
11	0.21	0.45	7.7	7.9	7.4	7.8	2.6	3.2	210	230	27.5	27.8	28.6	28.1	ทรงวุฒิ	
12	2.30	0.95	7.8	7.9	7.6	7.6	2.2	2.3	200	202	28.2	28.5	28.6	29.0	ทรงวุฒิ	
13	0.31	0.42	7.7	7.4	7.3	7.2	3.5	3.9	235	210	28.20	28.5	29.00	28.6	นიაคือนัน	
14	1.00	0.78	7.6	7.6	7.6	7.7	3.6	4	204	200	28.7	28.6	28.1	28.7	นიაคือนัน	
15	0.75	0.71	7.8	7.6	7.4	7.6	3.8	4.5	230	207	27.3	27.7	29.0	28.5	นიაคือนัน	
16	0.50	0.40	7.8	7.6	7.4	7.6	3.8	4.5	220	206	26.1	26.5	27.1	26.9	นიაคือนัน	
17	1.62	1.18	7.7	7.8	7.8	7.8	3.3	3.0	206	204	28.0	28.0	28.0	29.0	ทรงวุฒิ	
18	0.20	0.20	7.7	7.5	7.8	7.8	3.4	3.0	210	200	26.1	27.1	27.1	26.4	ทรงวุฒิ	
19	0.70	0.65	7.7	7.8	7.8	8.8	3.3	3.2	230	210	28.5	28.8	28.2	28.9	นიაคือนัน	
20	0.41	0.35	7.7	7.8	7.8	8.8	3.3	3.1	203	205	28.30	28.3	27.20	28.6	นიაคือนัน	
21	0.50	0.20	7.7	7.5	7.8	7.8	3.5	4.5	231	210	28.2	28.4	27.20	28.3	นიაคือนัน	
22	0.20	1.00	7.6	7.7	7.8	8.3	3.2	3.2	230	207	27.5	27.7	27.4	28.3	นიაคือนัน	
23	0.20	1.10	7.8	7.6	7.4	7.6	3.8	3.2	210	202	28.7	28.6	28.1	28.7	นიაคือนัน	
24	0.65	0.50	7.8	7.6	7.4	7.6	3.2	3.1	232	210	28.2	27.8	27.2	28.3	ทรงวุฒิ	
25	2.50	0.20	7.8	7.6	7.4	7.6	3.1	3.1	230	220	27.5	27.1	27.8	28.1	ทรงวุฒิ	
26	0.30	0.51	7.7	7.8	7.8	8.8	3.3	3.0	204	206	28.0	28.0	29.0	28.0	นიაคือนัน	
27	0.20	0.50	7.6	7.6	7.5	7.3	3.7	4.5	230	208	28.2	28.4	27.2	28.3	นიაคือนัน	
28	0.20	0.52	7.7	7.5	7.8	7.8	3.5	3.2	204	204	26.1	26.5	27.1	26.9	นიაคือนัน	
29	0.54	1.00	7.6	7.8	7.8	8.8	3.3	3.0	230	210	27.3	27.7	29.0	28.5	นიაคือนัน	
30	0.20	0.52	7.8	7.6	7.4	7.6	3.4	3.5	210	203	28.3	27.2	27.2	28.3	นიაคือนัน	

IN 14 = น้ำเข้าระบบ อาคาร 14 ชั้น

AIR 14 = เดิมอากาศ อาคาร 14 ชั้น

OUT 14 = น้ำผ่านระบบอาคาร 14 ชั้น

IN 5 = น้ำเข้าระบบ อาคาร 5 ชั้น

AIR 5 = เดิมอากาศ อาคาร 5 ชั้น

OUT 5 = น้ำผ่านระบบ อาคาร 5 ชั้น

บทที่ 4

ผลการศึกษา

จากการศึกษาของระบบบำบัดน้ำเสีย ในเดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคม ในปี 2560 เทียบกับ 2561 เพื่อศึกษานำผลจากการเก็บตัวอย่างน้ำเสียและน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย โดยห้องปฏิบัติการบริษัทเอกชน ที่ผ่านการอนุญาตขึ้นทะเบียนห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เอกชน จากกรมโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อศึกษาสถานภาพการบำบัดน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสีย โดยศึกษาความสามารถในการกำจัด TKN (Total Kjeldahl Nitrogen) เป็นความเข้มข้นรวมของไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์และอนุพันธ์ของแอมโมเนียที่ละลายอยู่ในน้ำ

4.1 การเปรียบเทียบการบำบัดน้ำเสียค่า TKN ของระบบบำบัดน้ำเสียกับมาตรฐาน

ลักษณะคุณสมบัติของน้ำเสียจากโรงพยาบาลหลังการบำบัดแล้วพบว่าค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์คุณภาพน้ำทุกพารามิเตอร์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญโดยค่าพารามิเตอร์ที่เป็นปัญหาค่า TKN ลดลงโดยมีค่าเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งเพื่อวิเคราะห์สารประกอบค่าTKN ที่เป็นปัญหา และหลังปรับปรุง ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งหลังปรับปรุงเพื่อวิเคราะห์สารประกอบ ค่า TKN

รายละเอียด	น้ำทิ้งอาคาร 5 ชั้น	น้ำทิ้งอาคาร 14 ชั้น
TKN as N	16 mg/L	19.2 mg/L
Ammonia as N	15 mg/L	16 mg/L
Total Organic as N	1 mg/L	2.2 mg/L

แอมโมเนียของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบของบ่อบำบัดน้ำเสีย มีค่า 15 มก./ล โดยคิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดค่าแอมโมเนียทั้ง 2 อาคาร โดยรวมเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 62.5 เมื่อเปรียบกับค่าเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งก่อนปรับปรุงเพื่อวิเคราะห์สารประกอบ ค่า TKN ตารางที่ 4.1 TKN ที่ออกจากระบบมีค่าเท่ากับ 16 มก/ล จากตารางที่ 4.2 ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียไนโตรเจนของระบบมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นในระยะเวลาทดลองที่ 30 วัน การออกซิเดชันของไนโตรเจน เกิดโดย autotrophic nitrifying bacteria ภายใต้อากาศที่มีออกซิเจน ดังนั้นการทิ้งน้ำเสียในรูปของ

แอมโมเนีย จะมีผลทำให้ลดปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำได้ การทำการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน (Chlorination) จะช่วยลดปัญหานี้ได้ แอมโมเนียนั้นจะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในน้ำ โดยเฉพาะปลาแต่ถ้าหากแอมโมเนียอยู่ในรูปแอมโมเนียมไอออนแล้ว จะไม่เป็นอันตราย ซึ่งแอมโมเนียจะอยู่ในรูปแอมโมเนียมไอออนได้นั้น ขึ้นอยู่กับค่า pH ซึ่งในสภาวะน้ำเสียที่มี pH สูง ไนโตรเจนในน้ำเสียจะอยู่ในรูปของแอมโมเนีย

จากการวิเคราะห์ผลพารามิเตอร์คุณภาพน้ำ TKN ก่อนปรับปรุง เดือนกรกฎาคม-ธันวาคม 2560 โดยห้องปฏิบัติการบริษัทเอกชน ที่ผ่านการอนุญาตขึ้นทะเบียนห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ เอกชน จากกรมโรงงานอุตสาหกรรม ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าน้ำทิ้งก่อนปรับปรุงเพื่อวิเคราะห์ค่า TKN เดือนกรกฎาคม-ธันวาคม ปี 2560

เดือน/ปี			ก.ค.-60		ส.ค.-60		ก.ย.-60		ต.ค.-60		พ.ย.-60		ธ.ค.-60	
Parameters	Unit	STD	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.
TKN	mg/L	≤ 35												
อาคาร 14 ชั้น			48.6	32.5	49.2	34.0	63.3	42.0	43.2	45.0	55.1	34.8	71.2	50.0
อาคาร 5 ชั้น/ศูนย์แพทย์ฯ			45.2	37.0	48.0	35.2	48.5	39.0	32.5	42.5	36.8	34.0	29.1	42.0

จากตารางที่ 4.2 พบว่าผลน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว ก่อนปรับปรุงในบางเดือน ปี 2560 มีคุณภาพน้ำ ทั้งอาคาร 5 ชั้น/ศูนย์แพทย์ฯและอาคาร 14 ชั้น ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการวิจัยเป็นตัวอย่างที่เก็บจากน้ำทิ้งจริงที่ผ่านกระบวนการบำบัดของโรงพยาบาลตัวอย่างน้ำเสียค่า TKN หลังปรับปรุงในเดือนมกราคม – มิถุนายน 2561 ซึ่งแสดงดังในตาราง 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าน้ำทิ้งหลังปรับปรุงเพื่อวิเคราะห์ค่า TKN เดือน มกราคม – มิถุนายน ปี 2561

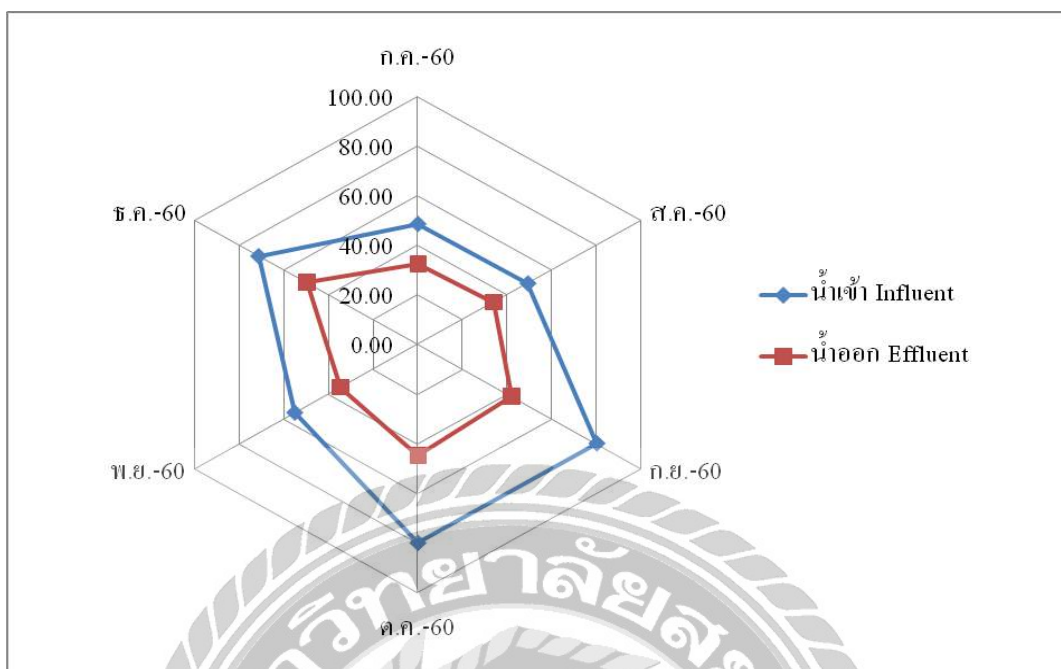
เดือน/ปี			ม.ค.-61		ก.พ.-61		มี.ค.-61		เม.ย.-61		พ.ค.-61		มิ.ย.-61	
Parameters	Unit	STD	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.
TKN	mg/L	≤ 35												
อาคาร 14 ชั้น			55.0	18.1	45.0	16.1	55.0	18.2	56.0	18.3	72.0	18.6	52.1	17.6
อาคาร 5 ชั้น/ศูนย์แพทย์ฯ			41.1	16.7	45.2	16.8	45.0	16.3	45.2	17.1	43.2	17.4	55.2	16.4

จากตารางที่ 4.3 พบว่าผลวิเคราะห์ค่า TKN ที่ผ่านการบำบัดแล้ว หลังปรับปรุงในเดือน มกราคม-มิถุนายน ปี 2561 มีคุณภาพน้ำ ทั้งอาคาร 5 ชั้น/ศูนย์แพทย์ฯและอาคาร 14 ชั้น ผ่านเกณฑ์ มาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

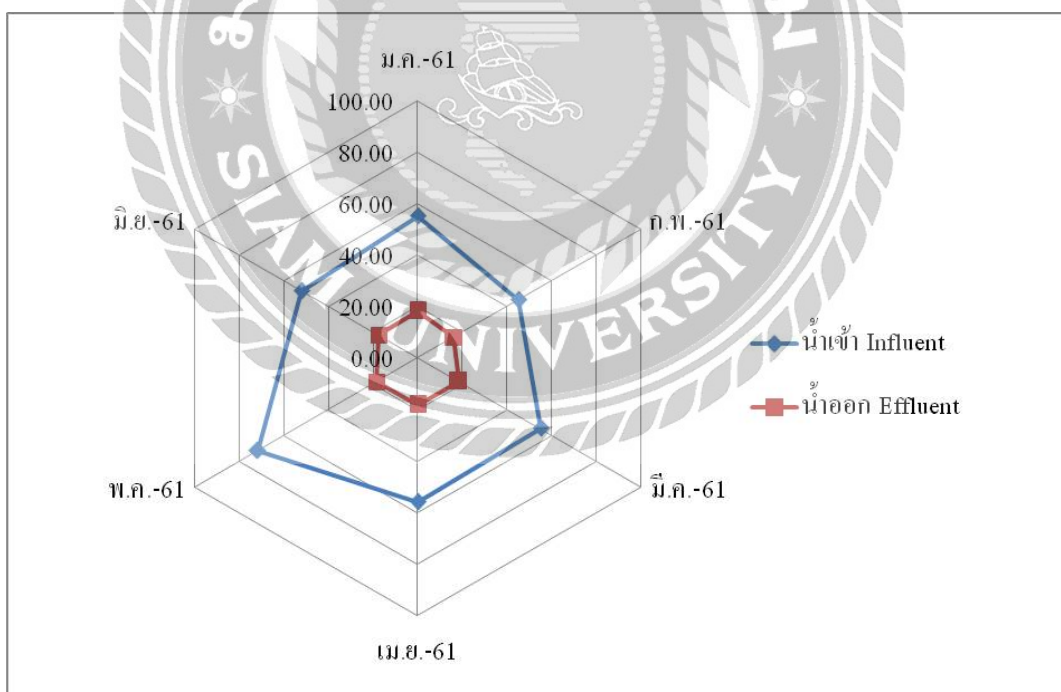
4.2 ความสามารถในการกำจัด TKN ของระบบบำบัดน้ำเสีย

คุณภาพน้ำทิ้งหลังการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลตัวอย่าง มีคุณภาพโดยเฉลี่ยได้มาตรฐาน เมื่อเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก. โดยพิจารณาทุกพารามิเตอร์

ดังนั้นการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างพารามิเตอร์น้ำเสีย จุดปล่อยของน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย (influent) เพื่อใช้เป็นข้อมูลบ่งบอกคุณลักษณะของคุณภาพน้ำเสียซึ่งเป็น ผลของน้ำเสียที่รวบรวมได้จากอาคารที่ปล่อยทั้งหมดและจุดปล่อยของน้ำเสีย หลังผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแล้ว (effluent) เพื่อเป็นข้อมูลแสดงประสิทธิภาพ ของระบบบำบัดน้ำเสีย ผลการวิเคราะห์ TKN เดือนกรกฎาคม-ธันวาคม ปี 2560 ดังแผนภูมิที่ 4.1 และผลการวิเคราะห์ TKN เดือนมกราคม – มิถุนายน 2561 ดังแผนภูมิที่ 4.2



แผนภูมิที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์ TKN น้ำเข้า (Influent) และน้ำออก (Effluent) ปี 2560



แผนภูมิที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ TKN น้ำเข้า (Influent) และน้ำออก (Effluent) ปี 2561

หากเปรียบเทียบกับมาตรฐานพบว่า มีค่าได้มาตรฐาน ในปี 2561 ผ่านเกณฑ์ และมีความสามารถในการกำจัด TKN (Total Kjeldahl Nitrogen) ค่าผลการวิเคราะห์ใน 6 เดือนแรก

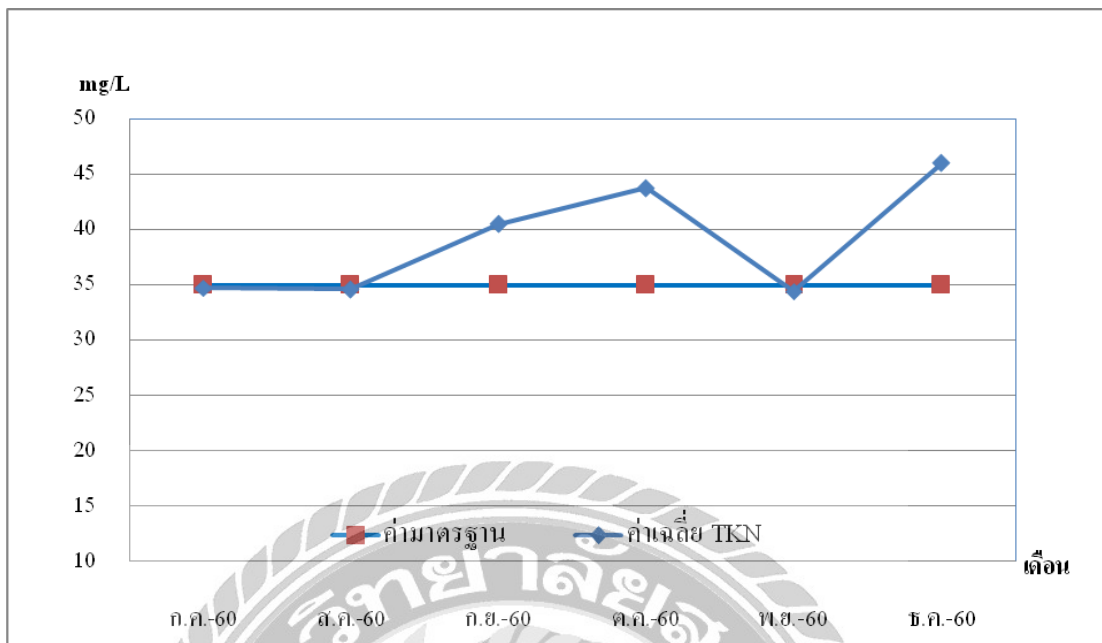
ของปี 2561 มีค่า TKN เท่ากับ 17.3 mg/L ซึ่งต่ำกว่าค่าที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด หรือลดลงจาก 6 เดือนหลังของปี 2560 คิดเป็นร้อยละ 55.64

4.3 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดกับมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์เฉลี่ยทุกพารามิเตอร์ระบบบำบัดน้ำเสีย ปี 2560 และ 2561

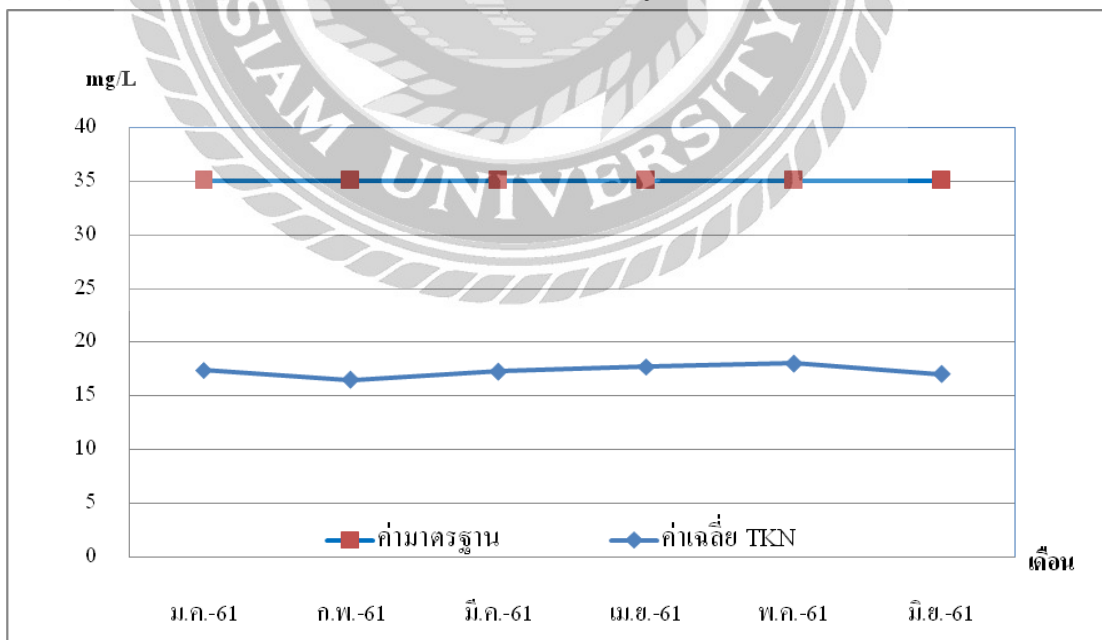
พารามิเตอร์	หน่วย	มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง	ปี 2560	ปี 2561
pH	-	5.0-9.0	7.34	7.55
BOD	mg/L	< 20.0	8.50	7.38
SS	mg/L	< 30.0	23.69	7.37
TDS	mg/L	< 500.*	420.96	382.21
Settleable Solids	mL/L/hr	< 0.5	1.87	0.01
Sulfide	mg/L	< 1.0	0.13	<0.13
TKN	mg/L	< 35.0	39.30	17.03
Oil & Grease	mg/L	< 20.0	2.04	<1
Total Coliform	MPN/100 mL	< 5,000	37,024.25	<1.8
Fecal Coliform	MPN/100 mL	<1,000	20,015.42	<1.8
Residual CL	mg/L	0.2 - 1.0	0.65	0.93
TDS น้ำประปา	mg/L	-	115.00	125.50

จากผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์น้ำเสียในปี 2560 ดังตารางที่ 4.4 มีพารามิเตอร์ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานหรือมีค่าใกล้เคียงมาตรฐาน ทำให้เกิดความเสี่ยงที่จะไม่ผ่านเกณฑ์ควบคุมของมาตรฐานที่กำหนดไว้ ดังนั้นวิเคราะห์แนวโน้มค่าพารามิเตอร์สำคัญที่เหมาะสมทุกพารามิเตอร์ให้อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ ทั้งนี้มีพารามิเตอร์ระบบบำบัดน้ำเสียสำคัญที่เกี่ยวข้อง โดยมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพื่อหาแนวโน้มของค่าพารามิเตอร์ต่างๆอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด เพื่อจะก่อให้เกิดประโยชน์ในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียรวมทั้งสามารถลดค่าใช้จ่ายในการจัดการระบบ



แผนภูมิที่ 4.3 การควบคุมพารามิเตอร์น้ำเสียค่าเฉลี่ย TKN ของ 6 เดือนหลัง ปี 2560

จะเห็นได้ว่าการควบคุมพารามิเตอร์ค่า TKN ของ 6 เดือนหลัง ปี 2560 ดังแผนภูมิที่ 4.3 มีการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียได้ไม่ดี จึงพบว่ามีบางเดือนมีการควบคุมค่าอยู่ที่เกณฑ์สูงเกินค่าควบคุมและค่ามาตรฐาน ส่งผลทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการดูแลระบบบำบัดน้ำเสียเพิ่มมากขึ้น



แผนภูมิที่ 4.4 การควบคุมพารามิเตอร์น้ำเสียค่าเฉลี่ย TKN ของ 6 เดือนแรก ปี 2561

จะเห็นได้ว่าการควบคุมพารามิเตอร์ค่า TKN ของ 6 เดือนแรกปี 2561 ดังแผนภูมิที่ 4.4 มีการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียได้ดี พบว่ายังมีบางเดือนมีการควบคุมค่าอยู่ในเกณฑ์ควบคุมแต่ยังพบว่าบางเดือนมีแนวโน้มสูงขึ้น ส่งผลทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการดูแลระบบบำบัดน้ำเสียเพิ่มมากขึ้น



บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาความรู้เกี่ยวกับการจัดการระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลตัวอย่าง ผู้ศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้เกี่ยวกับการจัดการระบบบำบัดน้ำเสียและความสามารถในการลดค่า TKN ของระบบบำบัดน้ำเสีย และนำไปการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดกับมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ตามกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2548

ซึ่งผลการดำเนินการศึกษาปัญหาการจัดการน้ำเสียในโรงพยาบาล ผู้ศึกษาได้สรุปผลการดำเนินการศึกษาดังนี้

5.1 สรุปผลการศึกษา

5.1.1 จากการศึกษาคำถามเกี่ยวกับความรู้เกี่ยวกับการจัดการระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล ผู้ศึกษาและคณะกรรมการความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อมในการทำงานได้นำผลการศึกษารูปแบบเดิมที่ได้รับจากการตรวจสอบและกระบวนการจัดการระบบบำบัดน้ำเสียในโรงพยาบาล ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2535 และตามมาตรฐานการรับรองคุณภาพโรงพยาบาล (HA: Hospital Accreditation) พบว่าระบบการจัดการระบบบำบัดน้ำเสียรูปแบบเดิม พบปัญหาในส่วนของการทำงานที่ขยะและสารเคมีผิดประเภทลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย และขาดการควบคุมการปฏิบัติงานในหน่วยงานที่สำคัญ เช่นห้องปฏิบัติการ รังสีวิทยา โดยให้แนวทางในการจัดการของเสียอันตรายทั้งสารเคมี สารกัมมันตรังสี และขยะติดเชื้อ รวมทั้งระบบการบรรจุ การขนส่งสารเคมี สารกัมมันตรังสี และชีวะวัตถุ และวิธีการจัดการน้ำเสียภายในหน่วยงานของโรงพยาบาลตัวอย่าง โดยมีแนวทางปฏิบัติตามมาตรฐานเพื่อความปลอดภัยและไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

5.1.2 ศึกษาความสามารถในการลดค่า TKN (Total Kjeldahl Nitrogen) เป็นความเข้มข้นรวมของไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์และอนุพันธ์ของแอมโมเนียที่ละลายอยู่ในน้ำของโรงพยาบาลตัวอย่าง พบว่ามีปัญหามาเนื่องจากการทิ้งของเสียผิดประเภทยังเกิดอยู่แต่มีจำนวนน้อยลง ปัญหาในการจัดการของเสียการเตรียมอุปกรณ์เครื่องมือกระบวนการจัดเก็บและการคัด

แยก การกำจัดของเสียเป็นปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานในการจัดการของเสียในขั้นแรก ทางคณะกรรมการความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อมในการทำงานจึงได้ดำเนินการแก้ไข ปัญหา โดยการประชุมการรวบรวมข้อมูล องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องทั้งความรู้ที่ชัดเจน (Explicit Knowledge) และความรู้ฝังลึกที่อยู่ในตัวคน (Tacit Knowledge) โดยวิเคราะห์ Gap สภาพปัจจุบัน กับสภาพที่เราต้องการเพื่อจัดทำแผน กำหนดแนวทางที่ต้องดำเนินการและกำหนดผู้รับผิดชอบ ค่าใช้จ่าย ทรัพยากรอื่น ๆ ที่จำเป็น เข้ามาช่วยทำการวิเคราะห์หาสาเหตุเกี่ยวกับการจัดการระบบ บำบัดน้ำเสียควบคู่ การออกแบบ Design Action Learning Improvement (DALI)รวมทั้งการจัด อบรมให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลให้กับเจ้าหน้าที่ บุคลากรและผู้มาเยือนทุกคนในโรงพยาบาล หลังจากได้ดำเนินการแก้ไขปัญหาย่างจริงจัง โดยใช้การใช้ เครื่องมือและวิธีการทางสถิติเพื่อการควบคุมเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการ CQI เพื่อปรับปรุง กระบวนการและการประเมินผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น มาควบคุมกระบวนการจัดการน้ำเสียใน โรงพยาบาล

จากการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ที่มีปริมาณ Nitrifying Bacteria สูง ใช้ย่อยสลายสารประกอบแอมโมเนียม โดยเฉพาะและการจัดการระบบของระบบบำบัดน้ำเสียอย่าง ถูกวิธี นำมาใช้กับระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลตัวอย่าง พบว่าความสามารถในการกำจัด TKN (Total Kjeldahl Nitrogen) ในปี 2560 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ค่ามาตรฐานคุณภาพการระบายน้ำทิ้ง กรมควบคุมมลพิษ จากผลดังกล่าวได้ปรับปรุงประสิทธิภาพ ทำให้ค่าผลการวิเคราะห์ใน 6 เดือนแรกของปี 2561 มีค่า TKN เท่ากับ 17.3 mg/L ซึ่งต่ำกว่าค่าที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด หรือลดลง จาก 6 เดือนหลังของปี 2560 คิดเป็นร้อยละ 55.64

5.1.3.ศึกษาผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดกับมาตรฐานควบคุมการ ระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2548 ผู้ศึกษา และคณะกรรมการความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อมในการทำงาน กำหนดเกณฑ์การ วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์น้ำเสีย บางพารามิเตอร์ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานหรือมีค่าใกล้เคียงมาตรฐาน ทำให้เกิดความเสียดังจะไม่ผ่านเกณฑ์ควบคุมของมาตรฐานที่กำหนดไว้ ดังนั้นวิเคราะห์แนวโน้ม ค่าพารามิเตอร์สำคัญที่เหมาะสมทุกพารามิเตอร์ให้อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ ทั้งนี้มีพารามิเตอร์ ระบบบำบัดน้ำเสียสำคัญที่เกี่ยวข้อง โดยมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพื่อหาแนวโน้มของ ค่าพารามิเตอร์ต่างๆอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด เพื่อจะทำให้เกิดประโยชน์ในการควบคุมระบบบำบัดน้ำ เสียรวมทั้งสามารถลดค่าใช้จ่ายในการจัดการระบบ

5.2 อภิปรายผล

จากการศึกษามาใช้ในการวางแผนพัฒนาปรับปรุงการจัดการน้ำเสียของโรงพยาบาลให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ทั้งด้านการพัฒนาองค์ความรู้แก่ผู้รับผิดชอบระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อวางแผนเชิงนโยบายในการพัฒนาระบบการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพ รวมทั้งเป็นการป้องกันมลพิษทางน้ำและการแพร่กระจายเชื้อโรคจากโรงพยาบาลที่อาจกระทบต่อสุขภาพชุมชนและสิ่งแวดล้อมรอบข้างโรงพยาบาล อีกทั้งเป็นการพัฒนาระบบการจัดการของโรงพยาบาลให้มีคุณภาพมาตรฐานและเป็นไปตามกฎหมายโดยมีประเด็นสำคัญเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ของโรงพยาบาล

5.3 ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาครั้งต่อไป

การศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียในโรงพยาบาล ผู้ศึกษาได้นำข้อค้นพบจากการศึกษา มาจัดทำข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.3.1 คณะกรรมการความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อมในการทำงาน ควรจัดประชุมเจ้าหน้าที่และผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียในโรงพยาบาล เพื่อให้รับรู้ รับทราบ ร่วมกันในแนวทางปฏิบัติทุกเดือน

5.3.2 ประสานงานสื่อต่างๆให้ครอบคลุมอย่างทั่วถึงการประชาสัมพันธ์การบวการขั้นตอน การบำบัดน้ำเสียเพื่อให้ทุกคนมีส่วนร่วม

5.3.3 รับฟังข้อเสนอแนะต่างๆจากพนักงานและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวกับการจัดการระบบบำบัดน้ำเสีย

5.3.4 ด้านบุคลากร ควรเพิ่มพนักงานจัดเก็บให้เพียงพอ มีการอบรมเรื่องระเบียบวินัยและสร้างจิตสำนึกในการปฏิบัติหน้าที่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้ดีขึ้น

5.3.5 ด้านอุปกรณ์ ควรเพิ่มรถขนของเสียถังขยะของเสียให้มากขึ้นและมีความทันสมัย ตลอดจนการทำมาสะอาดบริเวณที่ทิ้งของเสียเพื่อป้องกันกลิ่นเหม็น

5.3.6 ด้านการจัดการ กำหนดห้วงเวลาการจัดเก็บขยะให้เจ้าหน้าที่ปฏิบัติทุกวันและตรงเวลา และกำหนดวิธีการกำจัดขยะให้ถูกวิธีเพื่อแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม

5.3.7 ส่งเสริมศักยภาพหน่วยงานรับผิดชอบและมาตรฐานการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อในโรงพยาบาลให้ได้มาตรฐานและเพื่อป้องกันการแพร่กระจายเชื้อสู่ชุมชน

5.3.8 เรื่องที่ควรศึกษาต่อไป คือการวางแผนการจัดของเสียติดเชื้อ โดยใช้ระบบสารสนเทศและกำหนดจุดศูนย์กลางเส้นทางการขนส่งขยะติดเชื้อ เพื่อความประหยัดปลอดภัยและเหมาะสม

น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับผู้ป่วย และของเสียจากมนุษย์ ต้องมีการจัดการที่ถูกต้องเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำให้มีความสะอาด ปลอดภัยต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมให้เป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2548 รวมทั้งกฎหมายอื่นที่เกี่ยวข้อง



บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2545). *คู่มือการจัดการน้ำเสียจากอาคารประเภทโรงพยาบาล*. กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2559). *คู่มือระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน*. กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2558). *การจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมสำหรับประชาชน*.
นนทบุรี: บริษัท สามเจริญพาณิชย์ (กรุงเทพ) จำกัด
- กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2559). *ข้อมูลงานอนามัยสิ่งแวดล้อม ปีงบประมาณ 2559*
สนับสนุนการดำเนินการคณะกรรมการสาธารณสุขจังหวัด. นนทบุรี: โรงพิมพ์สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- จิตติชญา บุรีรัตน์. (2553). *การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำปฏิกูลด้วยเถ้าเปลือกหอยเชอรี่*.
มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ธาราธิ์ เสมียนรัมย์. (2558). *การศึกษาการกำจัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนและอินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำเสียชุมชนด้วยถังกรองประดิษฐ์ที่ใช้ตัวดูดซับถ่านไม้ไผ่*. กรุงเทพฯ:
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ธีรศักดิ์ เหลืองอ่อน. (2558). *การศึกษาการกำจัดไนโตรเจนน้ำเสียชุมชนด้วยระบบแบบฟองน้ำแขวนไหลลงทำงานร่วมกับระบบด้วยตัวกลาง*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีชนบุรี.
- ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงาน พ.ศ.
2560. (2560, 7 มิถุนายน). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 134 ตอนพิเศษ ๓๕๓ ง, หน้า 11-15.
- ประกาศกฎกระทรวงมหาดไทย ฉบับที่ 44 พ.ศ.2538. *พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522*
(2538, 7 กุมภาพันธ์) เล่ม 112 ตอนที่ 6ง, หน้า 1-7.
- ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด พ.ศ. 2548. (2548, 29 ธันวาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 122 ตอนที่ 125ง, หน้า 4-10.
- ปพิชญา ศรีเทพ. (2553). *การศึกษากลุ่มประชากรและปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อกลุ่มประชากรในไทรด์ออกซิไดซิงแบคทีเรียในบ่อเพาะเลี้ยงกุ้ง*. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- พงศ์ศักดิ์ดา เผ่าศิริ. (2553). การกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียฟาร์มสุกรโดยวิธีการตกตะกอนด้วยเกลือแมกนีเซียม. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- พรภัก ชนะเสวต และ ปิยาภรณ์ สมสมักร. (2553). การกำจัดไนโตรเจนในน้ำเสียด้วยกระบวนการชีวภาพผ่านไนตริไฟเคชันบางส่วน. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พันธุ์ทิพา สนธิพันธ์. (2551). กลุ่มประชากรแอมโมเนียออกซิไดซ์ซึ่งแบคทีเรียและอาศัยในระบบบำบัดน้ำเสียในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เพ็ญพิชา สท้านวัตร. (2554). การศึกษาบำบัดไนโตรเจนในระบบเลี้ยงสัตว์น้ำแบบปิดผ่านกระบวนการร่วมไนตริไฟเคชัน-ดีไนตริไฟเคชันด้วยตัวกรองชีวภาพไบโอคอร์ด. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มันสิน ตันทุลเวศม์ (2542). เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มันสิน ตันทุลเวศม์ และ มันรัก ตันทุลเวศม์. (2545). เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริพัทธ์ เวสาลี. (2554). การศึกษาการกำจัดไนโตรเจนในน้ำปัสสาวะโดยวิธีการไฮโดรไลซิสในสภาวะต่าง. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระเจ้าเกล้าธนบุรี.
- ศูนย์ช่วยเหลือให้ปฏิบัติตามกฎหมายสิ่งแวดล้อม ฝ่ายคุณภาพสิ่งแวดล้อมและห้องปฏิบัติการ กรมควบคุมมลพิษ. (2559). คู่มือความรู้เกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสีย AS สำหรับอาคาร. กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- สุริย์พร สายปัญญาไช. (2560). ผลของอัตราส่วนปริมาณแอนอกซิกต่อปริมาณทั้งหมดในการกำจัดไนโตรเจนโดยถังกรองชีวภาพแบบใช้อากาศ. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สัญญาชัย ทองสุขไส. (2560). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิคุณภาพในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของกระบวนการ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. (2556). การสำรวจโรงพยาบาลและสถานพยาบาลเอกชน พ.ศ.2555. กรุงเทพฯ: กลุ่มบูรณาการข้อมูลสถิติสำนักสถิติพยากรณ์.
- อนุวัฒน์ ศุภชติกุล. (2559). เอกสารการประชุมวิชาการประจำปี ครั้งที่ 17. HA Update 2016 ตอนที่ 2 คุณภาพในลมหายใจ (หน้า 27-39). นนทบุรี: สถาบันรับรองคุณภาพสถานพยาบาล (องค์การมหาชน).

บรรณานุกรม (ต่อ)

- อรมณี ภัทรทิพากร. (2557). ผลของการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่องต่อความพึงพอใจในงานของบุคลากรในงานพัฒนาคุณภาพการบริการ โรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ.
ปทุมธานี: โรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ.
- สถาบันรับรองคุณภาพสถานพยาบาล(องค์การมหาชน). (2561). มาตรฐานโรงพยาบาลและบริการสุขภาพ ฉบับที่ 4 .นนทบุรี: สถาบันรับรองคุณภาพสถานพยาบาล(องค์การมหาชน)
- อุไรวรรณ อินทร์ม่วง, เกรียงศักดิ์ คูหิรัญรัตน์ และ พณา พิภอ่อน. (2544). การวิจัยการศึกษาคุณลักษณะของน้ำทิ้งก่อนและหลังการบำบัดด้วยระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- APHA, AWWA, WEF. (2012). *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. (22nd ed.). Washington, DC: American Public Health Association.
- Boillot, C., Bazin, C., Tissot-Guerraz, F., Droguet, J., Perraud, M., Cetre, J., Trepo, D., Perrodin, Y. (2008). Daily physicochemical, microbiological and ecotoxicological fluctuations of a hospital effluent according to technical and care activities. *Science of the Total Environment* 403, 113–129.
- Lien, L. T.Q., Hoa, N. Q., Chuc, N. T.K., Thoa, N.T.K., Phuc, H.D., Diwan, V., Dat, N.T., Tamhankar, A.J., and Lundborg, C.S. (2016). Antibiotics in Wastewater of a Rural and an Urban Hospital before and after Wastewater Treatment, and the Relationship with Antibiotic Use—A One Year Study from Vietnam. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 13(6), 588. doi: 10.3390/ijerph13060588. PMID: PMC4924045.
- Metcalf, G. T. & Eddy, L. B. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse* (4th ed.). New York: McGraw-Hill Book Company.
- World Health Organization. (2014). *Health topic-environmental health*. Retrieved from [http:// www.who.int/phe/health_topics/en/](http://www.who.int/phe/health_topics/en/)

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายเอกสิทธิ์ หิริพงษ์
ที่อยู่	100/3 หมู่ 10 ต.สร้อยละคร อ.ลาดยาว จ.นครสวรรค์ 60150
อีเมลล์	energy_rtb@hotmail.com
วัน/เดือน/ปี เกิด	4 กุมภาพันธ์ 2522

ประวัติการศึกษา

- กำลังศึกษาอยู่ในระดับปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการงานวิศวกรรม (Engineering Management) มหาวิทยาลัยสยาม
- สำเร็จการศึกษา ระดับปริญญาตรี อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
- สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.) วิทยาลัยเทคนิคนครสวรรค์ สาขาไฟฟ้ากำลัง
- สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.) วิทยาลัยเทคนิคนครสวรรค์ สาขาไฟฟ้ากำลัง

ประวัติการฝึกอบรม

- การออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคารและการใช้โปรแกรมในการคำนวณ, กฟผ.และสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย วันที่ 9 พ.ค. 2548 - 12 พ.ค. 2548
- การสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) วันที่ 10 มี.ค. 2549 - 11 มี.ค. 2549
- การอนุรักษ์พลังงานในอาคารประเภทโรงพยาบาล, กรมพัฒนาพลังงานและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน วันที่ 6 มิ.ย. 2549 - 8 มิ.ย. 2549
- มอก.18001และการประเมินความเสี่ยง, สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม วันที่ 24 พ.ค. 2549 - 26 พ.ค. 2549
- เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย ระดับบริหาร, บริษัท ที่ปรึกษาวิชาการและฝึกอบรมคงจิตมั่น จำกัด วันที่ 12 ก.ค. 2556 - 13 ก.ค. 2556

ประวัติผู้วิจัย (ต่อ)

6. การพัฒนานุเคราะห์ ระดับผู้บริหาร(Excellent Management) จำนวน 99 ชั่วโมง, ศูนย์ให้คำปรึกษาและพัฒนาผู้บริหารทางธุรกิจแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ วันที่ 16 ธ.ค. 2560 - 5 พ.ค. 2561
7. การจัดการพลังงานสำหรับผู้บริหาร โรงงานและอาคารควบคุม, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน วันที่ 30 พ.ค. 2561 - 30 พ.ค. 2561
8. ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอาวุโส ด้านทฤษฎีและปฏิบัติ, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน วันที่ 11 มิ.ย. 2561 - 15 มิ.ย. 2561 ทะเบียนเลขที่ ผอศ.05659

ประวัติการทำงาน

- 1.การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
ฝ่ายปฏิบัติการด้านการใช้ไฟฟ้า ตำแหน่ง เจ้าหน้าที่ตรวจวัดพลังงาน ตั้งแต่ ก.พ.2544 ถึง ส.ค.2548
- 2.บริษัท โรงพยาบาลรัตนธิเบศร์ จำกัด (โรงพยาบาลเกษมราษฎร์ รัตนธิเบศร์)
ตำแหน่ง ผู้ช่วยผู้จัดการวิศวกรรม อาคารและสถานที่ ตั้งแต่ ก.ย. 2548 - ก.ค. 2558
- 3.บริษัท บางกอก เซน ฮอสปิทอล จำกัด(มหาชน)/โรงพยาบาลเกษมราษฎร์ บางแค
ตำแหน่ง รองผู้อำนวยการฝ่ายวิศวกรรม ตั้งแต่ ก.ค. 58 - ปัจจุบัน