บทที่ 4

ผลการวิจัย และการวิจารณ์

การวิเคราะห์ผลการการวิจัย จะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. การวิเคราะห์ผลการทดลองจากห้องปฏิบัติการ
2. การวิเคราะห์ทางด้านการเงิน
3. การวิเคราะห์ข้อมูลจากการสำรวจ

ซึ่งรายละเอียดของผลการวิเคราะห์จะได้กล่าวถึงต่อไป

ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ

1. <u>ลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง</u>

น้ำเสียที่ใช้เป็นน้ำดิบเข้าในระบบการกรองสำหรับการทดลอง เป็นน้ำออก (effluent) ที่ผ่านกระบวนการบำบัดทางชีวภาพแบบทีละเท (Sequenching Batch Reactor : SBR) ของอาคารวิชชุวรรณอพาร์ทเมนท์ ซึ่งเป็นอาคารสำหรับเช่าพักอาศัย ที่มีจำนวนห้องพักทั้งสิ้น 250 ห้อง สามารถรองรับผู้พักอาศัยได้ทั้งสิ้น 500 คน แต่ในช่วงระยะเวลาระหว่างดำเนินการทดลอง (กันยายน 2538 - มีนาคม 2539) มีจำนวนผู้พักอาศัยทั้งสิ้น 320 คน หรือประมาณ 60 % ของจำนวนผู้พักอาศัยทั้งหมดที่ทางอาคารสามารถรองรับได้ ซึ่งทำให้ปริมาณความต้องการน้ำของอาคารต่ำกว่าปริมาณการใช้น้ำจริงของอาคาร เป็นผลให้ปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัดน้อยกว่าความสามารถในการบำบัดน้ำเสียของระบบบำบัดของอาคาร โดยปริมาณน้ำเสียของอาคารในระหว่างดำเนินการทดลองประมาณ 60 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ดังนั้นในช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลองนั้นน้ำเสียที่นำมาใช้ในการทดลอง จึงเป็นน้ำออกจากระบบบำบัดที่ทำงานภายใต้สภาวะที่มีปริมาณน้ำเสียเข้าต่ำกว่าสภาวะการทำงานจริง (underload) ทำให้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมีคุณภาพค่อนข้างสูง

เนื่องจากในระหว่างดำเนินการทดลองมักจะเกิดความผิดปกติของระบบควบคุมการทำงานของระบบบำบัด ทำให้น้ำออกจากระบบบำบัดน้ำเสียของอาคารมีความแปรปรวนค่อนข้างมาก ดังนั้นจึงทำให้น้ำเสียที่ใช้ในช่วงเวลาที่ทำการทดลองบำบัดน้ำด้วยวิธีการกรองตรง วิธีดูดติดผิว และวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง มีลักษณะสมบัติแตกต่างกันดังสรุปในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

พารามิเตอร์	หน่วย	ลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง					
		การกรองตรง		การดูดติดผิว		การกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง	
		ค่าต่ำสุด - สูงสุด	$\bar{X}$ ± S.D.	ค่าต่ำสุด - สูงสุด	$\bar{X}$ ± S.D.	ค่าต่ำสุด - สูงสุด	$\bar{X}$ ± S.D.
พีเอช	-	6.5 - 7.7	7.2 ± 0.3	5.8 - 7.1	6.6 ± 0.3	6.1 - 7.2	6.7 ± 0.3
ของแข็งละลายน้ำ	มก./ล.	224 - 339	262 ± 30	226 - 324	272 ± 30	299 - 384	329 ± 18
ความขุ่น	เอ็นทียู	1.6 - 15.0	5.4 ± 3.7	1.2 - 3.5	2.2 ± 0.7	1.3 - 8.2	4.0 ± 1.8
สี	หน่วย	39.0 - 85.9	53.5 ± 10.8	18.0 - 68.0	37.8 ± 12.6	12.0 - 107.0	57.2 ± 24.2
ซีโอดี	มก./ล.	12.6 - 101.1	54.0 ± 21.8	11.4 - 46.3	31.6 ± 7.9	26.7 - 93.0	50.1 ± 17.4
แอมโมเนีย	มก./ล.	3.7 - 25.6	11.6 ± 8.6 *	0.3 - 7.0	3.3 ± 1.7	2.3 - 20.0	9.2 ± 4.6
ไนเตรท	มก./ล.	3.9 - 24.7	16.6 ± 8.2 *	6.1 - 25.7	20.6 ± 4.5	1.5 - 29.5	21.4 ± 7.2
ฟอสฟอรัส	มก./ล.	1.7 - 5.9	3.4 ± 1.7**	1.7 - 3.9	2.7 ± 1.1***	2.8 - 7.3	5.1 ± 1.7***

หมายเหตุ : $\bar{X}$ ± S.D. = ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากจำนวนตัวอย่างน้ำเสียที่ใช้ในการบำบัดแต่ละวิธี 25 ตัวอย่าง

(*) = ค่าเฉลี่ยจากจำนวนตัวอย่างน้ำเสียที่ใช้ในการบำบัด 17 ตัวอย่าง

(**) = ค่าเฉลี่ยจากจำนวนตัวอย่างน้ำเสียที่ใช้ในการบำบัด 6 ตัวอย่าง

(***) = ค่าเฉลี่ยจากจำนวนตัวอย่างน้ำเสียที่ใช้ในการบำบัด 5 ตัวอย่าง

2. ประสิทธิภาพการกำจัดมลสาร

จากการดำเนินการทดลองบำบัดน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดขั้นที่สองเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ โดยใช้กระบวนการบำบัดที่แตกต่างกัน 3 วิธี ได้แก่ วิธีกรองตรง วิธีดูดติดผิว และวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง ผลการทดลองเมื่อนำน้ำที่ผ่านการบำบัดจากการทดลองทั้ง 3 วิธีมาวิเคราะห์ลักษณะสมบัติ จะพบว่าการบำบัดทั้ง 3 วิธีมีประสิทธิภาพในการกำจัดมลสาร ดังนี้

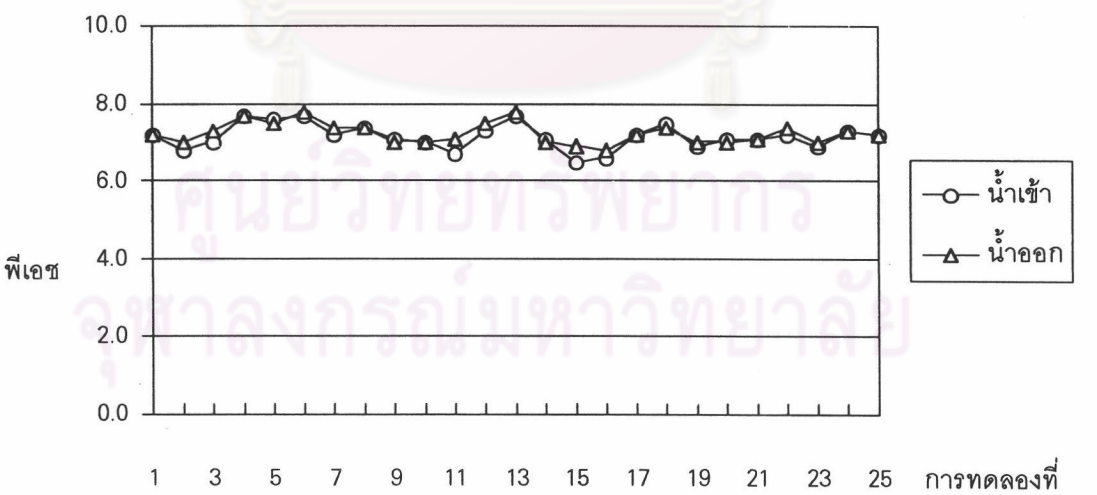
2.1 ค่าพีเอช (pH)

ผลการวัดค่าพีเอชของน้ำก่อนและหลังการทดลอง โดยระบบกรองตรง ระบบดูดติดผิว และระบบกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง พบว่า

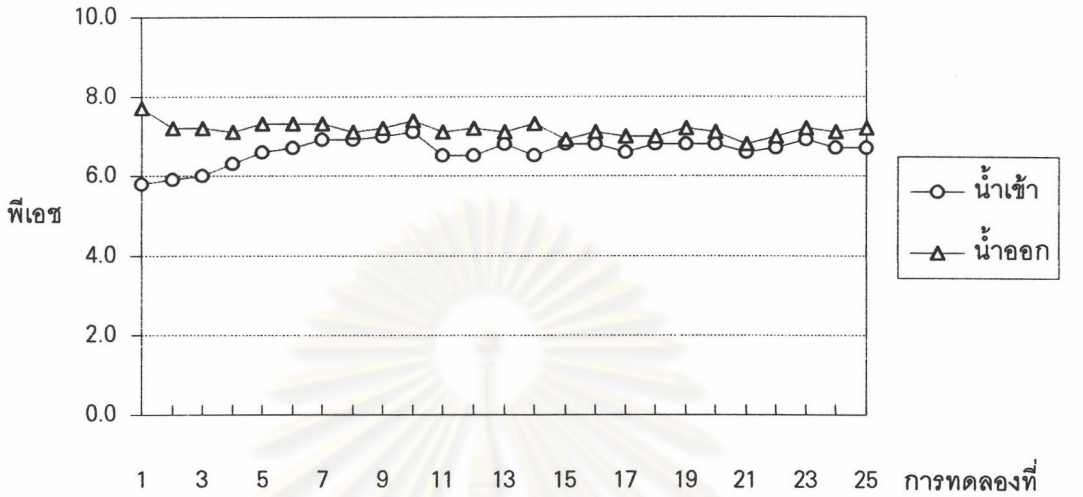
จากการทดลองโดยใช้ระบบกรองตรง ค่าพีเอชของน้ำเข้าอยู่ในช่วง 6.5-7.7 และค่าพีเอชของน้ำออกอยู่ในช่วง 6.8 - 7.8 ดังแสดงในรูปที่ 4.1

จากการทดลองโดยใช้ระบบดูดติดผิว ค่าพีเอชของน้ำเข้าอยู่ในช่วง 5.8 - 7.1 และค่าพีเอชของน้ำออกอยู่ในช่วง 6.8 - 7.7 ดังแสดงในรูปที่ 4.2

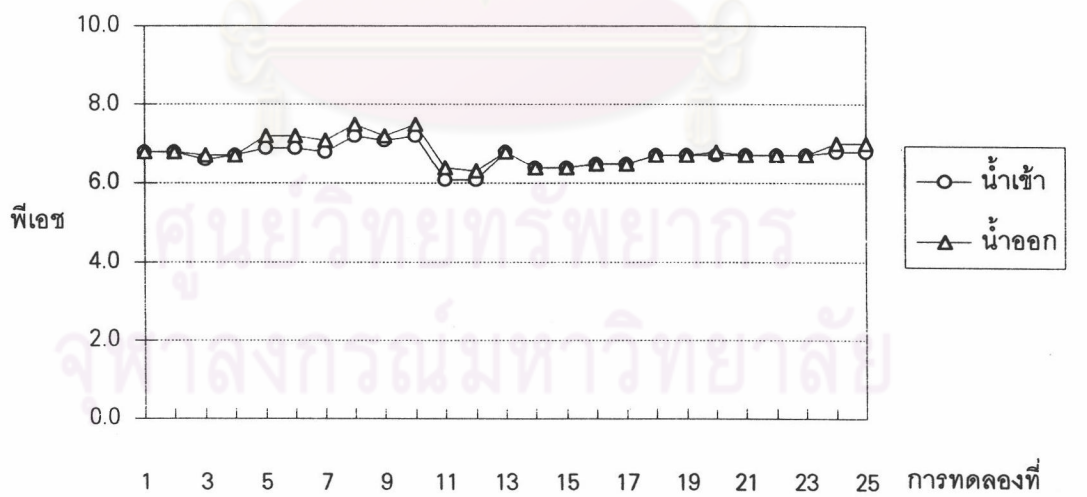
จากการทดลองโดยใช้ระบบกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง ค่าพีเอชของน้ำเข้าอยู่ในช่วง 6.1-7.2 และค่าพีเอชของน้ำออกอยู่ในช่วง 6.3 - 7.5 ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.1 ค่าพีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกของการกรองตรง



รูปที่ 4.2 ค่าพีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกของการดูดติดผิว



รูปที่ 4.3 ค่าพีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกของการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 จะเปรียบเทียบผลการวัดค่าพีเอชโดยเฉลี่ยของน้ำเข้าและน้ำออกของกระบวนการบำบัดทั้ง 3 วิธี จะเห็นว่า ค่าพีเอชของน้ำก่อนและหลังผ่านการทดลองจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก และลักษณะสมบัติของน้ำจะมีสภาพเป็นกลาง

ตารางที่ 4.2 ค่าพีเอชโดยเฉลี่ยของน้ำก่อนและหลังการทดลอง

วิธีการทดลอง	ค่าพีเอช	
	น้ำเข้า	น้ำออก
การกรองตรง	7.2 ± 0.3	7.2 ± 0.3
การดูดติดผิว	6.6 ± 0.3	7.2 ± 0.2
การกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง	6.7 ± 0.3	6.8 ± 0.2

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่ n = 25

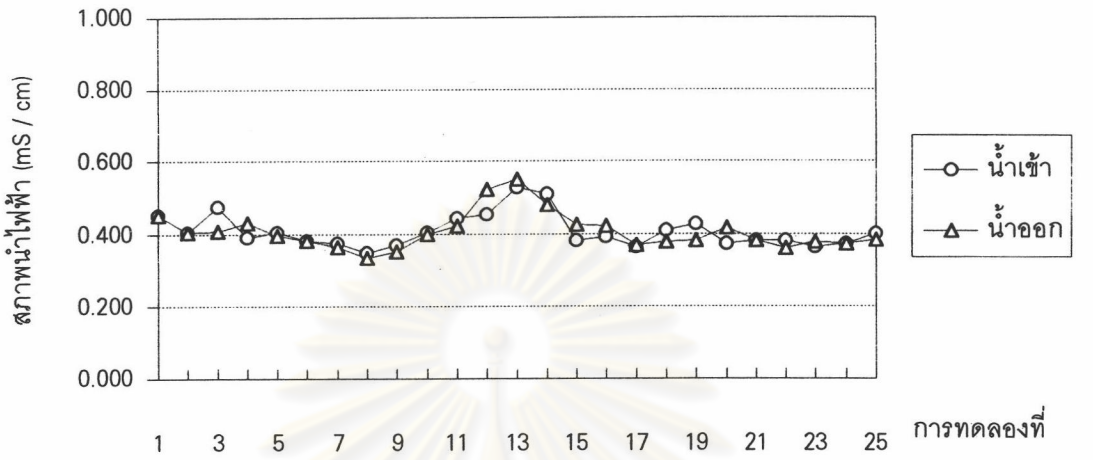
2.2 <u>ค่าสภาพนำไฟฟ้าและของแข็งละลายน้ำ</u> (Conductivity and Total Dissolved Solids)

ผลการวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของน้ำก่อนและหลังการทดลอง ด้วยกระบวนการต่าง ๆ สรุปได้ดังนี้

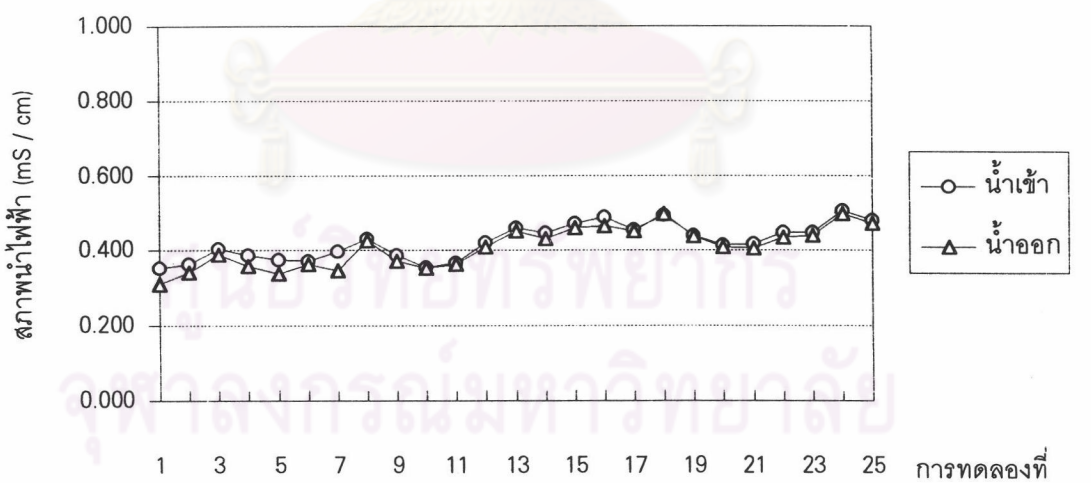
จากการทดลองโดยวิธีกรองตรง ค่าสภาพนำไฟฟ้าของน้ำเข้าอยู่ในช่วง 0.350 - 0.528 มิลลิซิเมนต่อเซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.408 มิลลิซิเมนต่อเซนติเมตร และค่าสภาพนำไฟฟ้าของน้ำออกอยู่ในช่วง 0.334 - 0.552 มิลลิซิเมนต่อเซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.407 มิลลิซิเมนต่อเซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.4

จากการทดลองโดยวิธีดูดติดผิว ค่าสภาพนำไฟฟ้าของน้ำเข้าอยู่ในช่วง 0.353 - 0.505 มิลลิซิเมนต่อเซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.424 มิลลิซิเมนต่อเซนติเมตร และค่าสภาพนำไฟฟ้าของน้ำออกอยู่ในช่วง 0.310 - 0.498 มิลลิซิเมนต่อเซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.410 มิลลิซิเมนต่อเซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.5

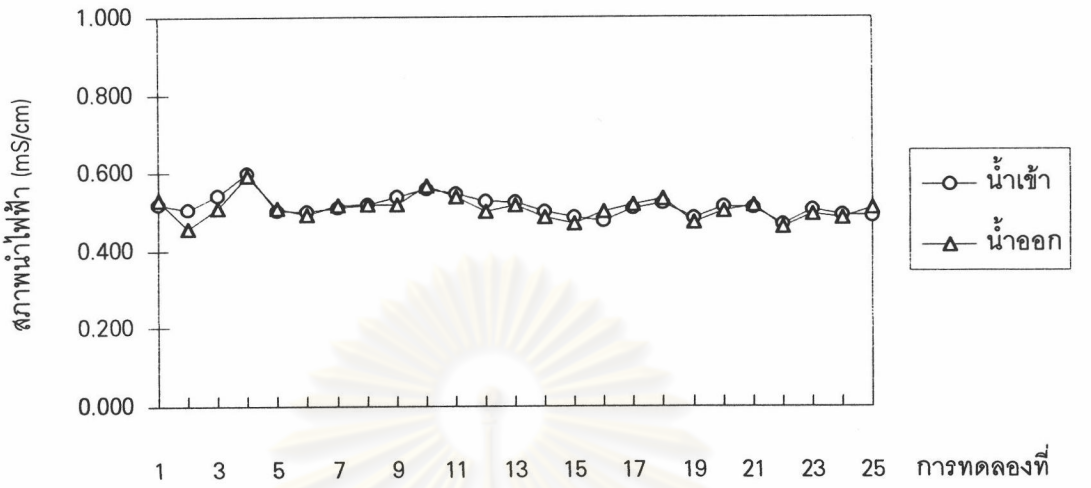
จากการทดลองโดยวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง ค่าสภาพนำไฟฟ้าของน้ำเข้าอยู่ในช่วง 0.467 - 0.599 มิลลิซิเมนต่อเซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.514 มิลลิซิเมนต่อเซนติเมตร และค่าสภาพนำไฟฟ้าของน้ำออกอยู่ในช่วง 0.457 - 0.593 มิลลิซิเมนต่อเซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.508 มิลลิซิเมนต่อเซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.4 ค่าสภาพนำไฟฟ้าของน้ำเข้าและน้ำออกของการกรองตรง



รูปที่ 4.5 ค่าสภาพนำไฟฟ้าของน้ำเข้าและน้ำออกของการดูดติดผิว



รูปที่ 4.6 ค่าสภาพนำไฟฟ้าของน้ำเข้าและน้ำออกของการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

ผลจากการวัดค่าสภาพนำไฟฟ้า สามารถใช้บอกถึงปริมาณของแข็งละลายน้ำที่มีอยู่ในน้ำที่จะนำกลับไปใช้ โดยค่าสภาพนำไฟฟ้าและปริมาณของแข็งละลายน้ำมีความสัมพันธ์กันตามสมการต่อไปนี้ (U.S.EPA, 1992)

$$\text{Total Dissolved Solids (mg/l)} \approx \text{Electroconductivity (} \mu\text{S/m) / 0.00156}$$

ดังนั้นเมื่อทราบค่าสภาพนำไฟฟ้าของน้ำที่ผ่านการบำบัดจากการทดลอง จึงสามารถประมาณค่าของของแข็งละลายน้ำได้ ดังนี้

ในการบำบัดน้ำโดยวิธีกรองตรง ค่าของแข็งละลายน้ำของน้ำเข้า มีค่าอยู่ในช่วง 224.4 - 338.5 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นค่าเฉลี่ยท่ากับ 261.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าของแข็งละลายน้ำของน้ำออกมีค่าอยู่ในช่วง 214.1 - 353.8 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 260.7 มิลลิกรัมต่อลิตร

ในการบำบัดน้ำโดยวิธีดูดติดผิว ค่าของแข็งละลายน้ำของน้ำเข้า มีค่าอยู่ในช่วง 226.3 - 323.7 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 271.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าของแข็งละลายน้ำของน้ำออก มีค่าอยู่ในช่วง 198.7 - 319.2 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 262.6 มิลลิกรัมต่อลิตร

ในการบำบัดน้ำโดยวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง ค่าของแข็งละลายน้ำของน้ำเข้า มีค่าอยู่ในช่วง 299.4 - 384.0 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 329.3 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าของแข็งละลายน้ำของน้ำออก มีค่าอยู่ในช่วง 292.9 - 380.1 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 325.9 มิลลิกรัมต่อลิตร

เมื่อเปรียบเทียบค่าของแข็งละลายน้ำโดยเฉลี่ยของน้ำเข้า และน้ำออกที่ผ่านการบำบัดโดยวิธีกรองตรง วิธีดูดติดผิว และวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง ดังแสดงในตารางที่ 4.3 จะเห็นว่าค่าของแข็งละลายน้ำของน้ำออกที่ผ่านการบำบัดโดยวิธีทั้งสามมีค่าใกล้เคียงกับน้ำเข้า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการบำบัดน้ำโดยใช้วิธีการทั้ง 3 วิธีดังกล่าวไม่มีผลต่อการกำจัดของแข็งละลายน้ำ เพราะวิธีการกรองทั้ง 3 วิธี ไม่สามารถใช้ในการกำจัดสารประกอบที่ละลายน้ำหรือแตกตัวเป็นไอออนได้ สังเกตได้จากประสิทธิภาพการบำบัดที่ต่ำมาก โดยประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งละลายน้ำโดยเฉลี่ยสำหรับวิธีกรองตรง วิธีดูดติดผิว และวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง เท่ากับ 0.3 % , 3.4 % และ 1.0 % ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 ปริมาณของแข็งละลายน้ำโดยเฉลี่ยของน้ำก่อนและหลังการทดลอง

วิธีการทดลอง	ปริมาณของแข็งละลายน้ำ (มก./ล.)		ประสิทธิภาพ
	น้ำเข้า	น้ำออก	การกำจัด (%)
การกรองตรง	262 ± 30	261 ± 33	0.3
การดูดติดผิว	272 ± 30	262 ± 34	3.4
การกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง	329 ± 18	326 ± 19	1.0

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่ n = 25

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

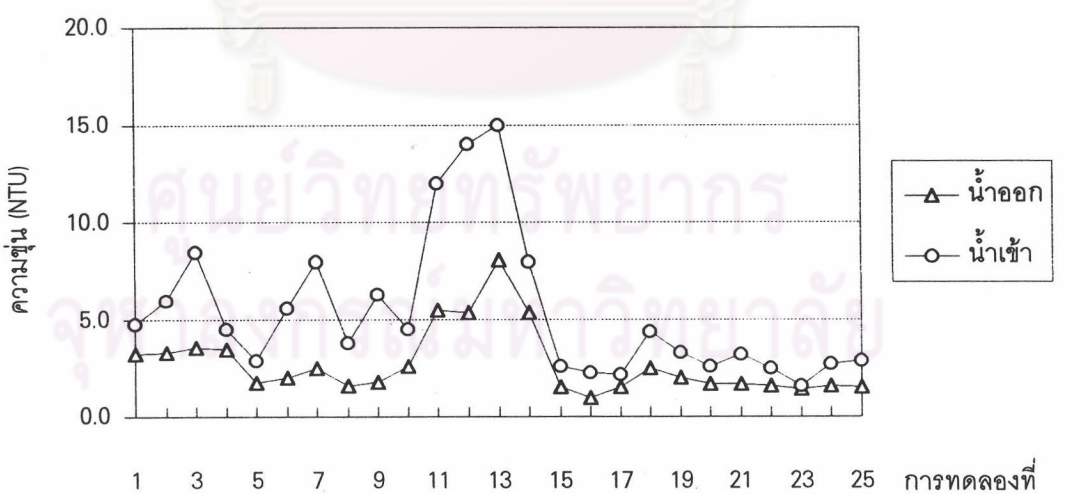
2.3 ความขุ่น (Turbidity)

ผลการวัดค่าความขุ่นในน้ำเข้าและน้ำออกของการบำบัดโดยวิธีกรองตรง วิธีดูดติดผิว และวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง ได้ผลดังนี้

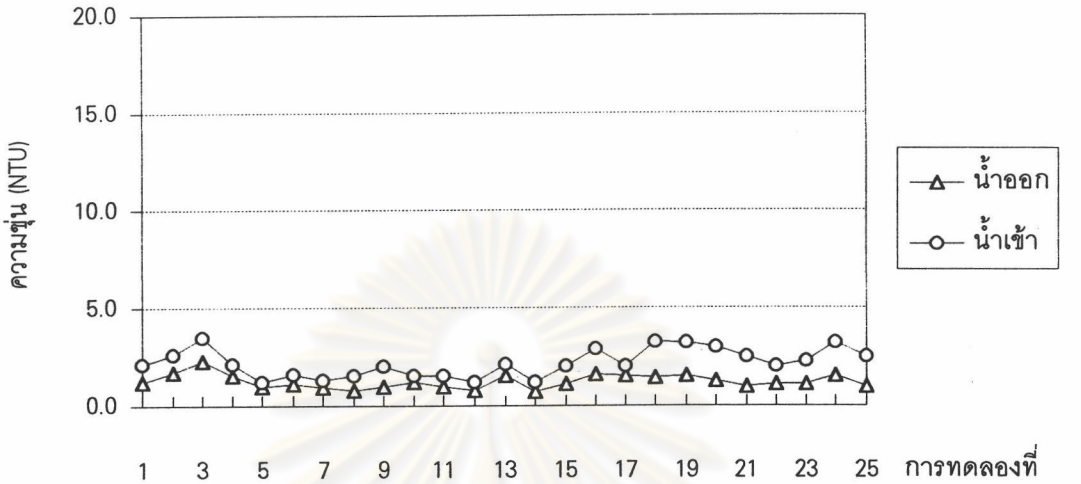
จากรูปที่ 4.7 ค่าความขุ่นของน้ำเข้าในการกรองตรง อยู่ในช่วง 1.6 - 15 เอ็นทียู โดยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.4 เอ็นทียู หลังจากปล่อยน้ำเสียไหลผ่านชั้นกรองแล้ว วัดค่าความขุ่นของน้ำออกได้อยู่ในช่วง 1.0 - 8.1 เอ็นทียู โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.7 เอ็นทียู คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นโดยเฉลี่ยเท่ากับ 50.0 % จากรูปจะเห็นว่าในช่วงของการทดลองที่ 11 - 13 ความขุ่นของน้ำเข้าสูงกว่า 10 เอ็นทียู สาเหตุเกิดจากระยะเวลาในการตกตะกอนของน้ำดิบก่อนออกจากระบบบำบัดน้ำเสียต่ำกว่าที่กำหนด

จากรูปที่ 4.8 ค่าความขุ่นของน้ำเข้าในการดูดติดผิว อยู่ในช่วง 1.2 - 3.5 เอ็นทียู โดยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.2 เอ็นทียู และค่าความขุ่นของน้ำออกหลังจากปล่อยน้ำเสียผ่านชั้นกรอง อยู่ในช่วง 0.7 - 2.3 เอ็นทียู โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.2 เอ็นทียู คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นโดยเฉลี่ย เท่ากับ 45.5 %

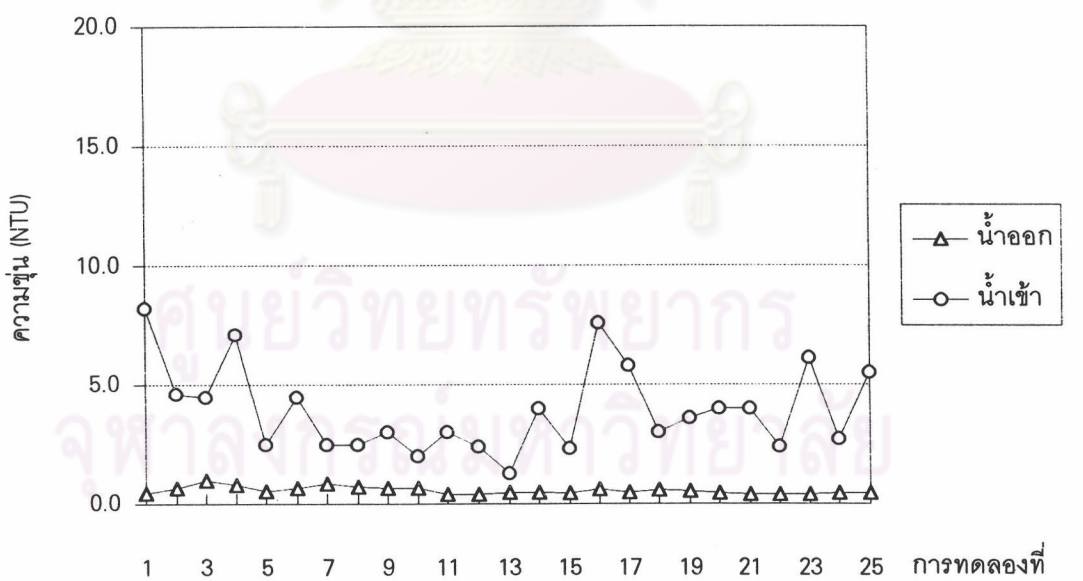
จากรูปที่ 4.9 ค่าความขุ่นของน้ำเข้าในการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง อยู่ในช่วง 1.3 - 8.2 เอ็นทียู โดยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.0 เอ็นทียู หลังจากกรองน้ำผ่านแผ่นเยื่อกรอง วัดค่าความขุ่นของน้ำออกได้ อยู่ในช่วง 0.4 - 1.0 เอ็นทียู โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.6 เอ็นทียู คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นโดยเฉลี่ย เท่ากับ 85.0 %



รูปที่ 4.7 ค่าความขุ่นของน้ำเข้าและน้ำออกของการกรองตรง



รูปที่ 4.8 ค่าความขุ่นของน้ำเข้าและน้ำออกของการดูดติดผิว



รูปที่ 4.9 ค่าความขุ่นของน้ำเข้าและน้ำออกของการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

ตารางที่ 4.4 จะแสดงค่าความขุ่นโดยเฉลี่ยของน้ำก่อนและหลังการทดลอง และประสิทธิภาพในการกำจัด

ตารางที่ 4.4 ค่าความขุ่นโดยเฉลี่ยของน้ำก่อนและหลังการทดลอง

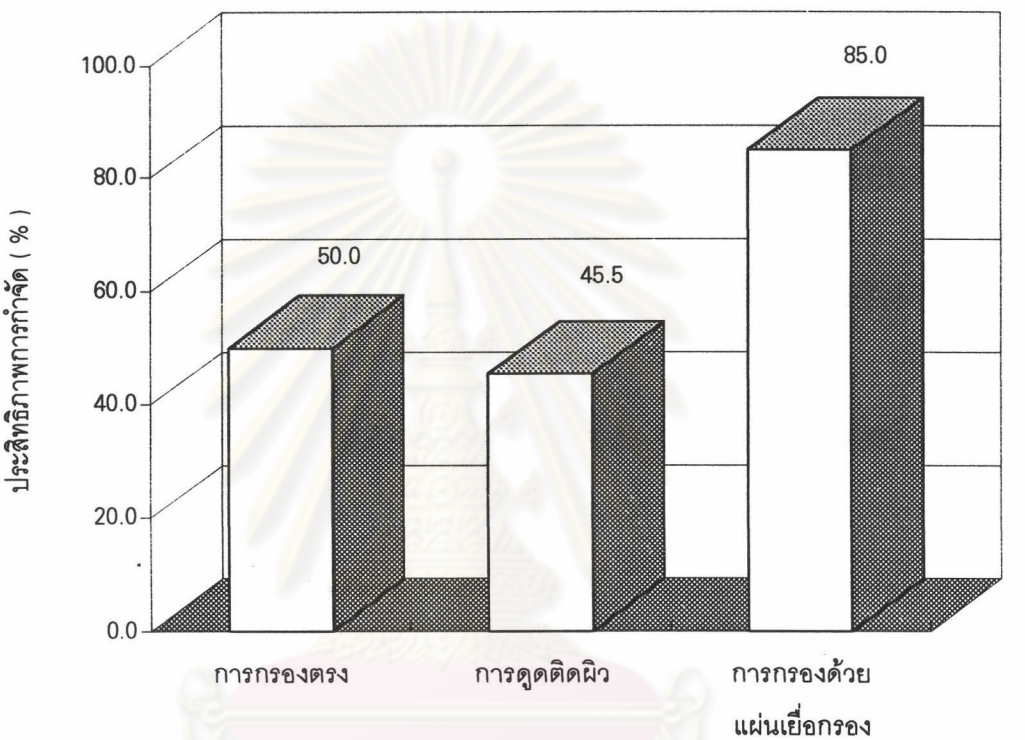
วิธีการทดลอง	ค่าความขุ่น (เอ็นทียู)		ประสิทธิภาพ
	น้ำเข้า	น้ำออก	การกำจัด (%)
การกรองตรง	5.4 ± 3.7	2.7 ± 1.7	50.0
การดูดติดผิว	2.2 ± 0.7	1.2 ± 0.4	45.5
การกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง	4.0 ± 1.8	0.6 ± 0.2	85.0

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่ n = 25

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นโดยวิธีการบำบัดทั้ง 3 วิธี ดังแสดงในรูปที่ 4.10 จะเห็นว่าการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรองมีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นสูงที่สุดคือ 85.9% ส่วนวิธีกรองตรงและวิธีดูดติดผิวมีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นใกล้เคียงกัน คือ 50.0 % และ 45.5 % ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์ค่าความขุ่นข้างต้น จะเห็นว่าค่าความขุ่นของน้ำเข้าจะแปรปรวนมาก ซึ่งเป็นผลมาจากการตกตะกอนของน้ำที่ออกจากระบบบำบัดขั้นที่ 2 ทำให้ความขุ่นของน้ำมีค่าไม่คงที่ แต่ความแปรปรวนของความขุ่นไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นของวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง เพราะขนาดช่องว่างของเยื่อกรองที่ใช้จะสามารถกำจัดคอลลอยด์ที่มีขนาดตั้งแต่ 0.1 ไมครอนได้ดี จึงทำให้วิธีนี้มีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นสูง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.10 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น ระหว่างการกรองตรง การดูดติดผิว และการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

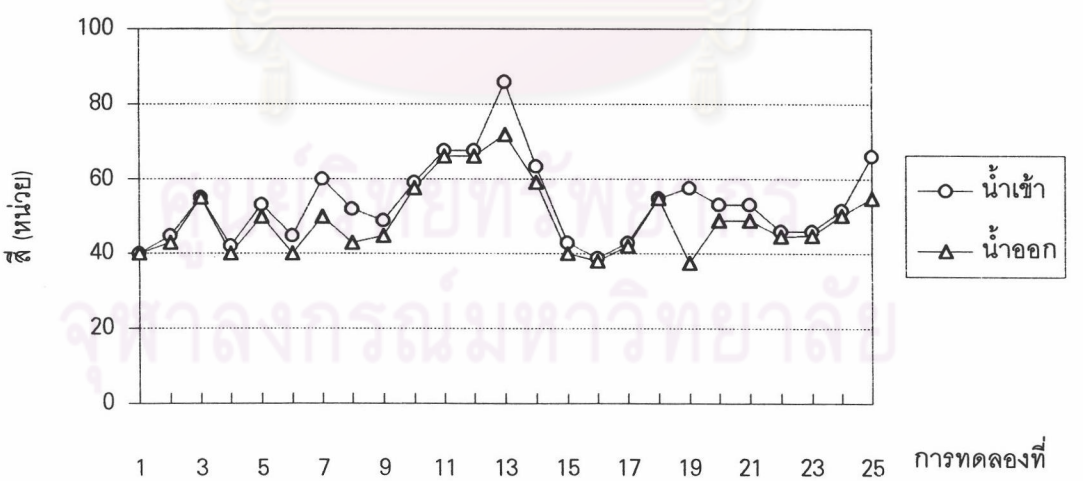
2.4 <u>ค่าความเข้มของสี</u> (Color)

จากการวัดค่าความเข้มของสีในน้ำเข้า และน้ำออกของน้ำที่ผ่านกระบวนการกรองตรง การดูดติดผิว และการกรองโดยใช้แผ่นเยื่อกรอง ได้ผลดังนี้

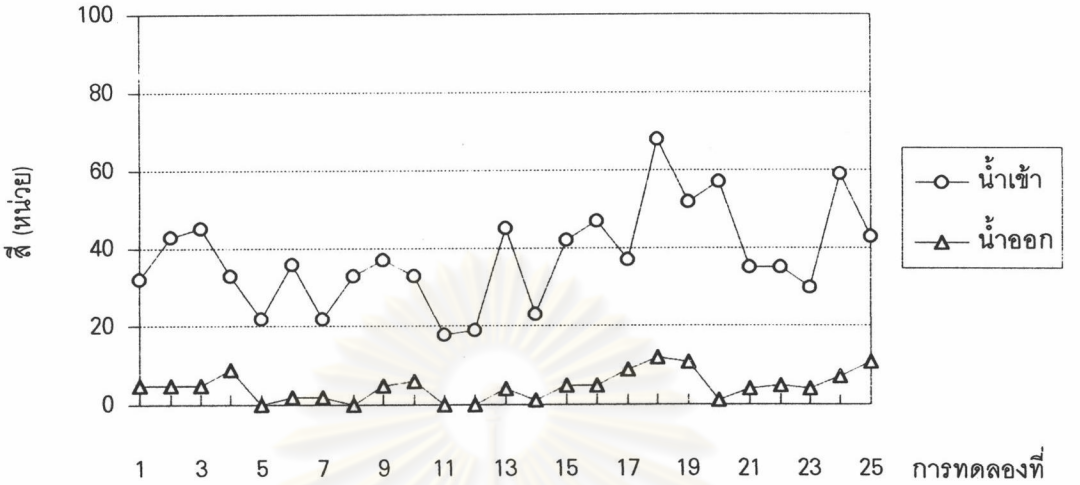
ในระบบกรองตรง ค่าความเข้มสีของน้ำเข้า อยู่ในช่วง 38 - 86 หน่วย โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 54 หน่วย หลังจากผ่านการบำบัดแล้วค่าความเข้มของสีในน้ำออกอยู่ในช่วง 38 - 72 หน่วย โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 49 หน่วย ดังแสดงในรูปที่ 4.11 จากรูปจะพบว่าช่วงการทดลองที่ 11 - 13 ความเข้มของสีในน้ำเข้ามีค่าสูง คาดว่าเป็นผลมาจากตะกอนที่มีอยู่ในน้ำ ประสิทธิภาพการกำจัดสีโดยเฉลี่ยของการกรองตรงจะเท่ากับ 8.0 %

ในระบบดูดติดผิว ค่าความเข้มสีของน้ำเข้า อยู่ในช่วง 18 - 68 หน่วย โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38 หน่วย หลังจากผ่านการบำบัดแล้วค่าความเข้มของสีในน้ำออกอยู่ในช่วง 0 - 12 หน่วย โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5 หน่วย ดังแสดงในรูปที่ 4.12 ประสิทธิภาพการกำจัดสีโดยเฉลี่ยของการกรองตรงเท่ากับ 87.6%

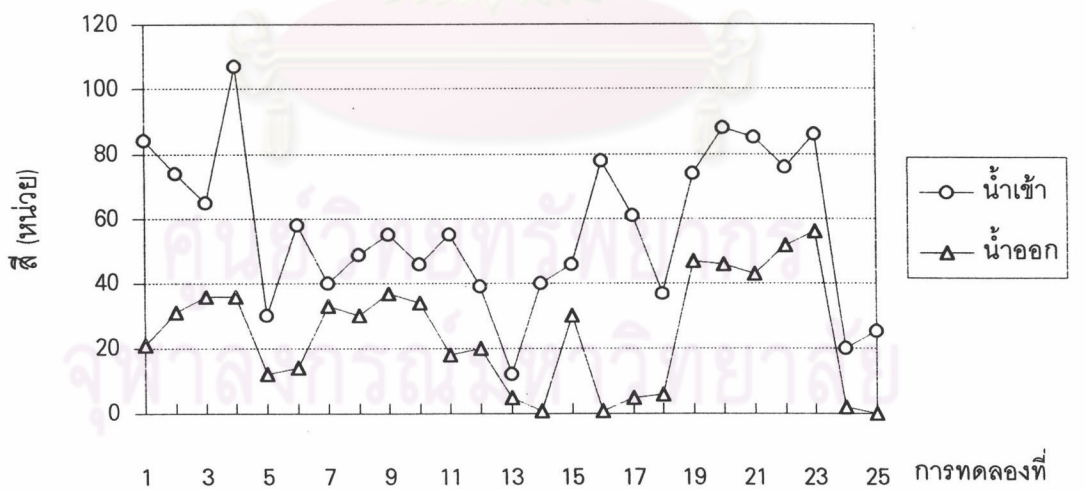
ในระบบกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง ค่าความเข้มสีของน้ำเข้า อยู่ในช่วง 12 -107 หน่วย โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 57 หน่วย หลังจากผ่านการบำบัดแล้วค่าความเข้มของสีในน้ำออก อยู่ในช่วง 25 - 56 หน่วย โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25 หน่วย ดังแสดงในรูปที่ 4.13 ประสิทธิภาพการกำจัดสีโดยเฉลี่ยของการกรองตรงเท่ากับ 57.0 %



รูปที่ 4.11 ความเข้มของสีในน้ำเข้าและน้ำออกของการกรองตรง



รูปที่ 4.12 ความเข้มของสีในน้ำเข้าและน้ำออกของการดูดติดผิว



รูปที่ 4.13 ความเข้มของสีในน้ำเข้าและน้ำออกของการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

ตารางที่ 4.5 จะแสดงผลการวัดค่าความเข้มสีโดยเฉลี่ยของน้ำก่อนและหลังการทดลองบำบัดน้ำโดยวิธีกรองตรง วิธีดูดติดผิว และวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

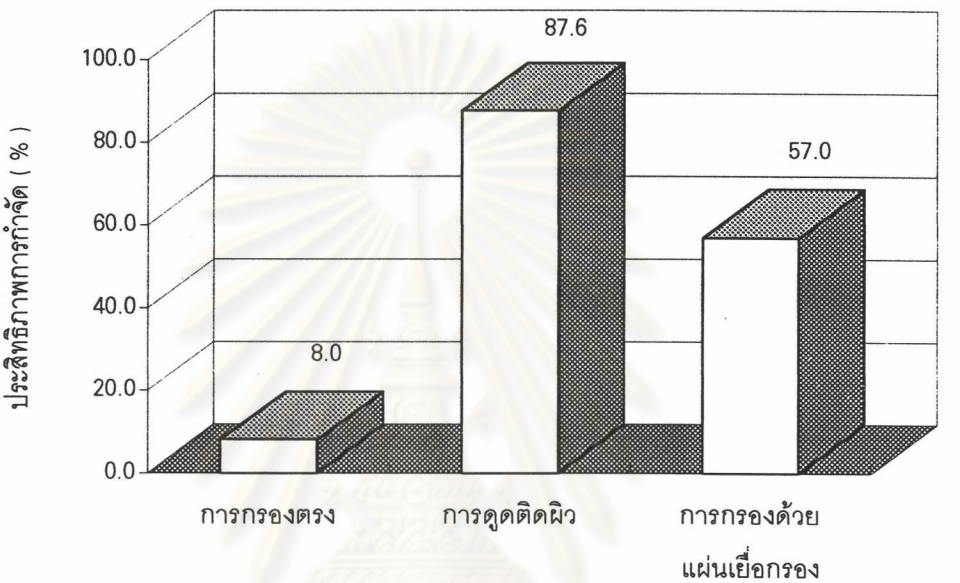
ตารางที่ 4.5 ค่าความเข้มของสีโดยเฉลี่ยของน้ำก่อนและหลังการทดลอง

วิธีการทดลอง	ความเข้มสี (หน่วย)		ประสิทธิภาพ
	น้ำเข้า	น้ำออก	การกำจัด (%)
การกรองตรง	53.5 ± 10.8	49.2 ± 9.4	8.0
การดูดติดผิว	37.8 ± 12.6	4.7 ± 3.6	87.6
การกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง	57.2 ± 24.2	24.6 ± 17.6	57.0

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่ n = 25

เมื่อเปรียบเทียบถึงความสามารถในการกำจัดสีในน้ำของกระบวนการบำบัดทั้ง 3 ตามรูปที่ 4.14 จะพบว่ากระบวนการบำบัดแบบดูดติดผิวมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีโดยเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 87.6 % ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากถ่านกัมมันต์ที่ใช้เป็นสารกรองมีคุณสมบัติโดยตรงในการใช้กำจัดสีในน้ำ ส่วนกระบวนการบำบัดโดยใช้แผ่นเยื่อกรองมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีโดยเฉลี่ย 57.0% และกระบวนการบำบัดแบบกรองตรงมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีน้อยมาก ซึ่งมีประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยเท่ากับ 8.0 %

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.14 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสี
ระหว่างการกรองตรง การดูดติดผิว และการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

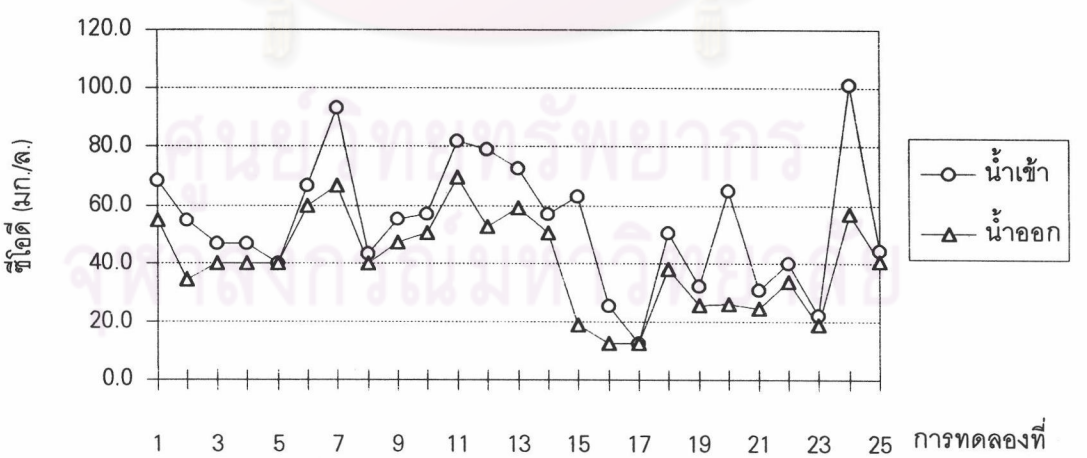
2.5 <u>ปริมาณซีโอดี</u> (Chemical Oxygen Demand)

ผลการวิเคราะห์ค่าซีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออก ที่ผ่านกระบวนการบำบัดโดยวิธีกรองตรง วิธีดูดติดผิว และวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง สามารถสรุปได้ดังนี้

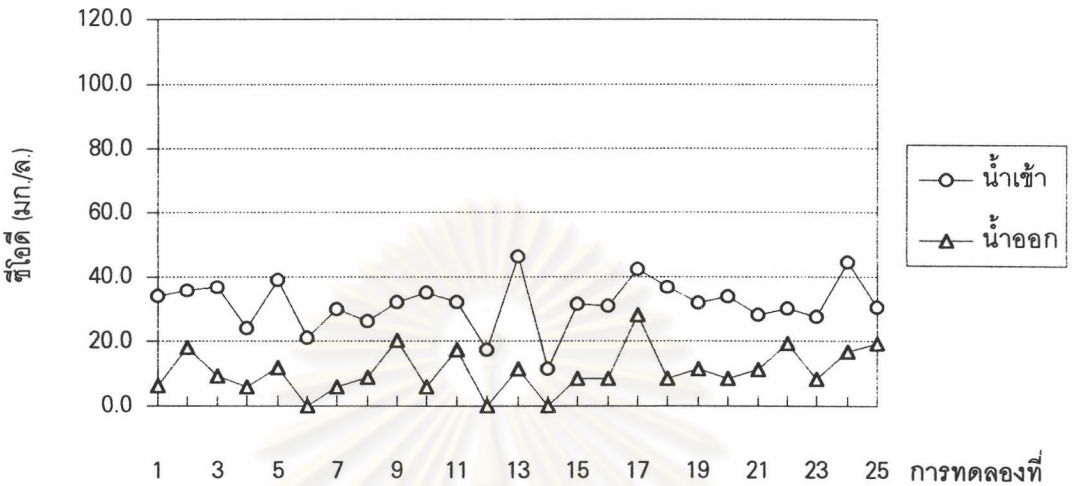
ในระบบกรองตรง ค่าซีโอดีของน้ำเข้าจะมีค่าแปรปรวนมาก โดยจะมีค่าตั้งแต่ 12.6 - 101.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อคิดเป็นค่าเฉลี่ยจะเท่ากับ 52.9 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อกรองน้ำผ่านชั้นกรองแล้ว ค่าซีโอดีของน้ำออกหลังจากผ่านการบำบัดอยู่ในช่วง 12.6 - 69.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 41.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังแสดงในรูปที่ 4.15 สำหรับประสิทธิภาพในการกำจัดปริมาณซีโอดีของการกรองตรงโดยเฉลี่ยเท่ากับ 24.8 %

ในระบบดูดติดผิว ค่าซีโอดีของน้ำเข้ามีค่าอยู่ในช่วง 11.4 - 46.3 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.6 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อกรองน้ำผ่านชั้นกรองแล้วค่าซีโอดีของน้ำออกหลังจากผ่านการบำบัด มีค่าอยู่ในช่วง 0 - 28.2 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังแสดงในรูปที่ 4.16 เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของการดูดติดผิว โดยเฉลี่ยเท่ากับ 68.8 %

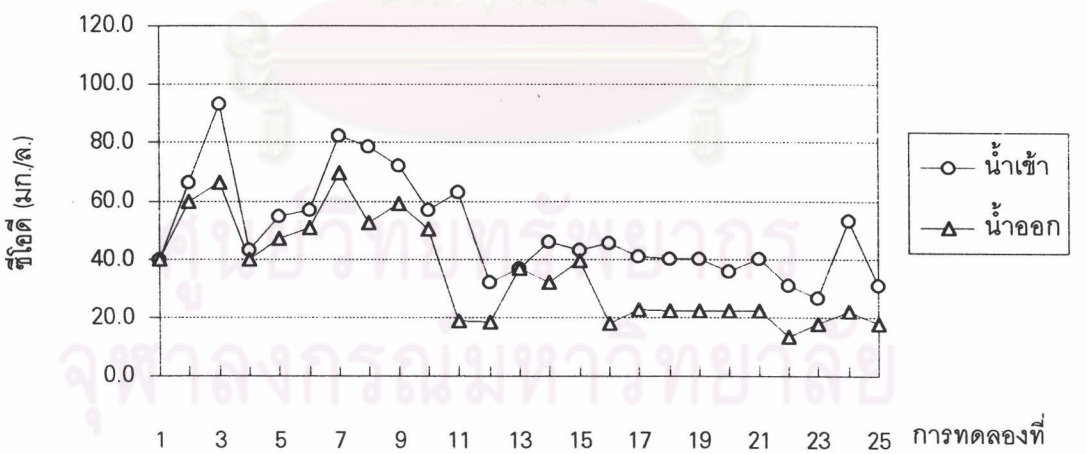
ในระบบกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง ค่าซีโอดีของน้ำเข้าอยู่ในช่วง 26.7 - 93.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 50.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อกรองน้ำผ่านเยื่อกรองแล้ว ค่าซีโอดีของน้ำออกหลังจากผ่านการบำบัดอยู่ในช่วง 13.3 - 69.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังแสดงในรูปที่ 4.17 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีโดยเฉลี่ยเท่ากับ 29.5 %



รูปที่ 4.15 ปริมาณซีโอดีในน้ำเข้าและน้ำออกของการกรองตรง



รูปที่ 4.16 ปริมาณซีโอดีในน้ำเข้าและน้ำออกของการดูดติดผิว



รูปที่ 4.17 ปริมาณซีโอดีในน้ำเข้าและน้ำออกของการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

ตารางที่ 4.6 จะแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณซีโอดีโดยเฉลี่ยของน้ำก่อนและหลังการทดลองบำบัดน้ำด้วยกระบวนการทั้ง 3 วิธี และประสิทธิภาพในการกำจัด

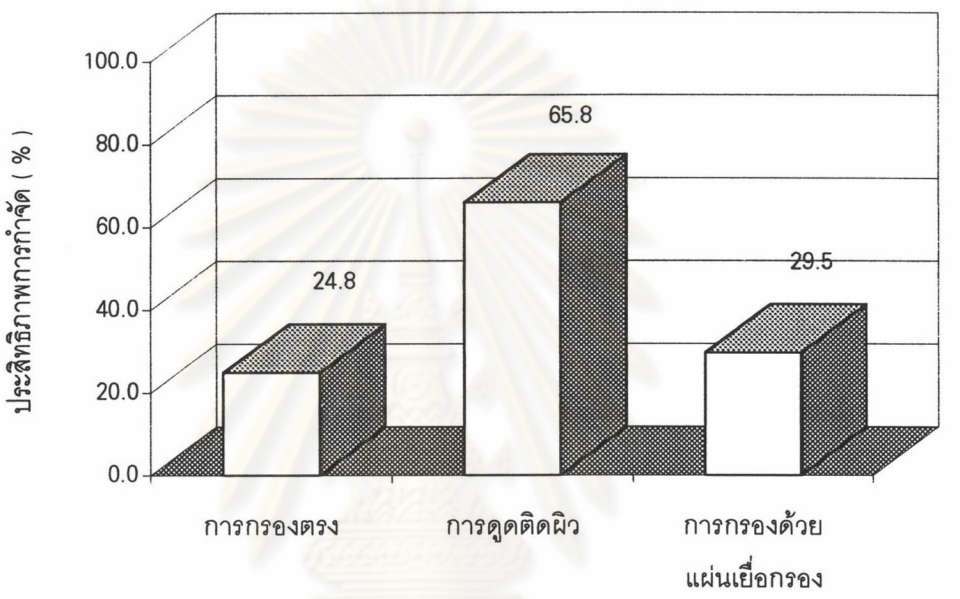
ตารางที่ 4.6 ปริมาณซีโอดีโดยเฉลี่ยของน้ำก่อนและหลังการทดลอง

วิธีการทดลอง	ปริมาณซีโอดี (มก./ล.)		ประสิทธิภาพ
	น้ำเข้า	น้ำออก	การกำจัด (%)
การกรองตรง	54.0 ± 21.8	40.6 ± 16.3	24.8
การดูดติดผิว	31.6 ± 7.9	10.8 ± 6.9	65.8
การกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง	50.1 ± 17.4	35.3 ± 17.3	29.5

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่ n = 25

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความสามารถในการกำจัดซีโอดีดังรูปที่ 4.18 จะเห็นว่ากระบวนการบำบัดแบบดูดติดผิวสามารถกำจัดซีโอดีในน้ำได้สูงกว่าวิธีกรองตรงและวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง ทั้งนี้เนื่องจากถ่านกัมมันต์สามารถกำจัดสารอินทรีย์ โดยอาศัยกลไกการดูดติดผิวได้ด้วย ประสิทธิภาพของการกำจัดซีโอดีโดยวิธีดูดติดผิวโดยเฉลี่ยเท่ากับ 65.8% ส่วนวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรองจะสามารถกำจัดซีโอดีได้มากกว่าวิธีกรองตรงเล็กน้อย ประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรองและวิธีกรองตรง เท่ากับ 29.5% และ 23.7% ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.18 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี ระหว่างการกรองตรง การดูดติดผิว และการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

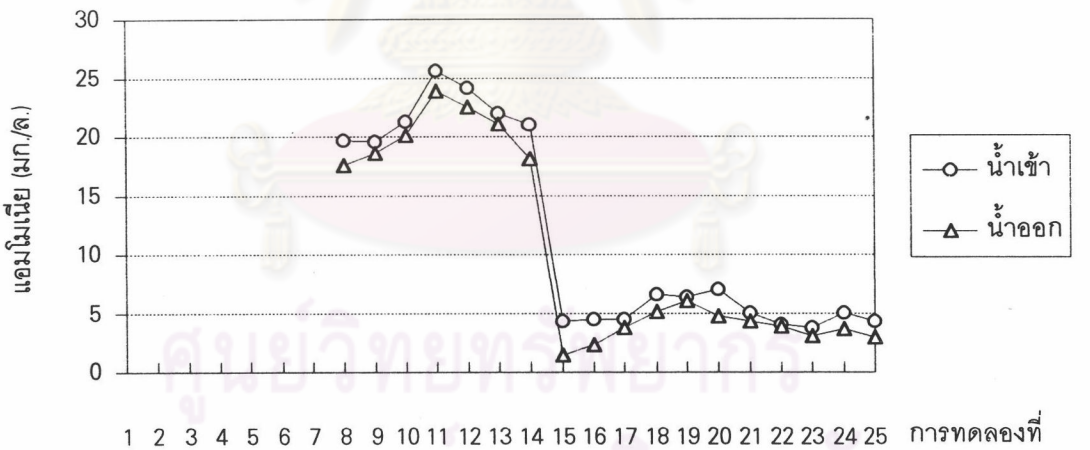
2.6 <u>ปริมาณแอมโมเนีย</u> (Ammonia)

ผลการวัดค่าแอมโมเนียของน้ำที่ผ่านการบำบัดโดยวิธีกรองตรง วิธีดูดติดผิว และวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของแอมโมเนียในน้ำเข้าและน้ำออกได้ดังนี้

รูปที่ 4.19 ค่าแอมโมเนียของน้ำเข้าในระบบกรองตรง มีค่าตั้งแต่ 3.74 - 25.57 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.6 มิลลิกรัมต่อลิตร และหลังจากผ่านการบำบัดค่าแอมโมเนียของน้ำออกมีค่าอยู่ระหว่าง 1.47 - 23.84 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

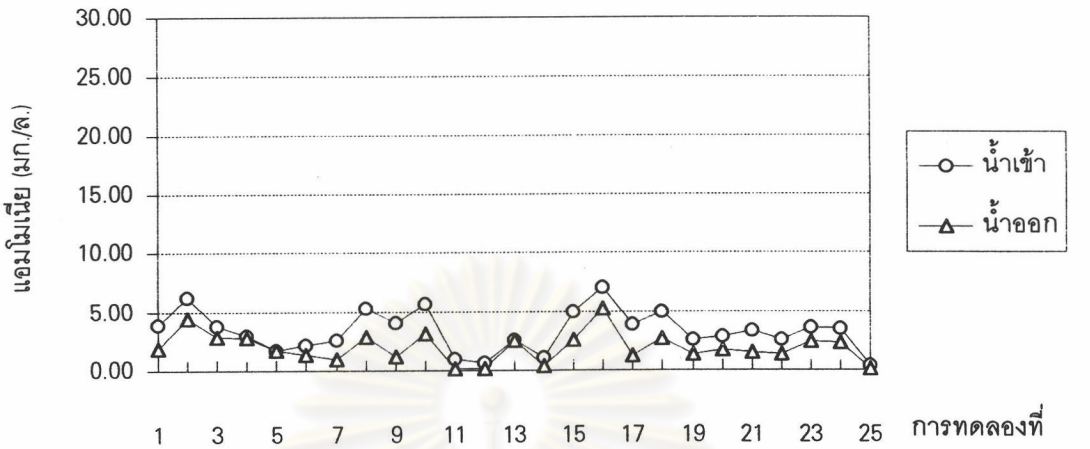
รูปที่ 4.20 ค่าแอมโมเนียของน้ำเข้าในระบบดูดติดผิวมีค่าอยู่ระหว่าง 0.3 - 07.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 3.3 มิลลิกรัมต่อลิตร และหลังจากผ่านการบำบัดค่าแอมโมเนียของน้ำออกมีค่าอยู่ระหว่าง 0.1 - 5.2 มิลลิกรัมต่อ ค่าโดยเฉลี่ย เท่ากับ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

รูปที่ 4.21 ค่าแอมโมเนียของน้ำเข้าในระบบกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง อยู่ระหว่าง 2.3 - 20.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 9.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และหลังจากผ่านการบำบัดค่าแอมโมเนียของน้ำออกมีค่าอยู่ระหว่าง 2.1 - 18.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 8.8 มิลลิกรัมต่อลิตร

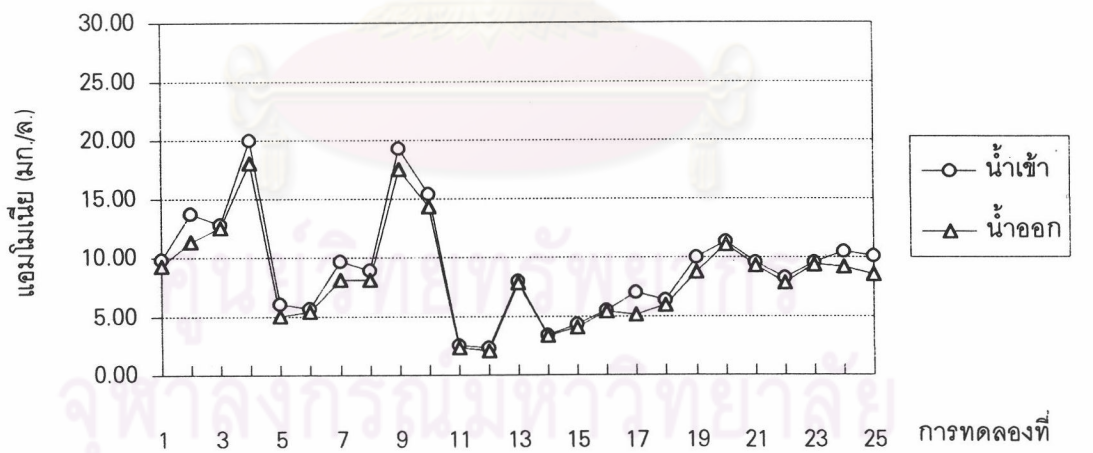


รูปที่ 4.19 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำเข้าและน้ำออกของการกรองตรง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.20 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำเข้าและน้ำออกของการดูดติดผิว



รูปที่ 4.21 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำเข้าและน้ำออกของการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

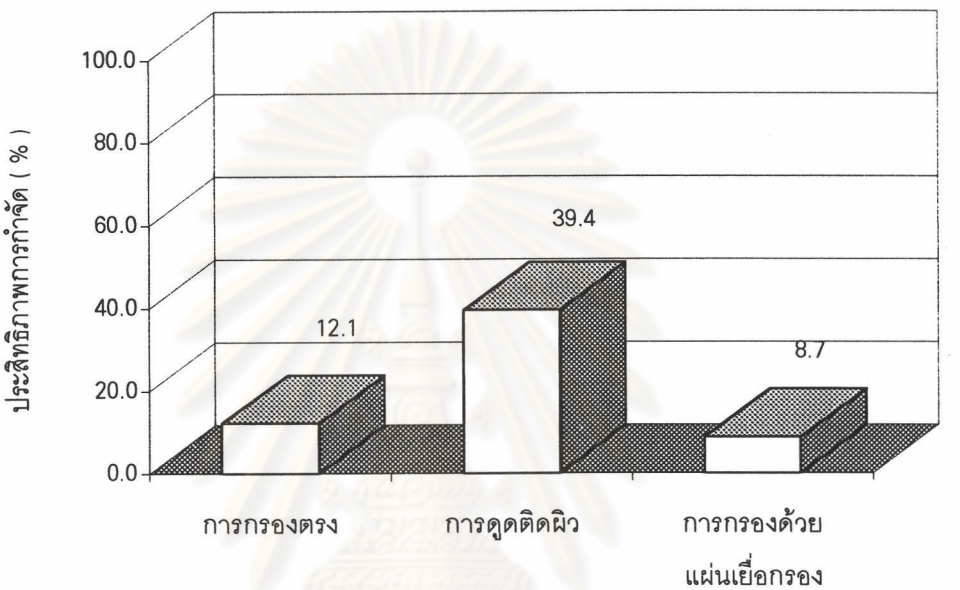
จากผลการทดลองข้างต้นจะเห็นว่า ค่าแอมโมเนียที่วัดได้ในน้ำเข้ากระบวนการบำบัดทั้ง 3 วิธีจะแปรปรวนมาก บางช่วงจะมีค่าสูงมากและบางช่วงจะมีค่าต่ำมาก สาเหตุเนื่องมาจากตัวอย่างน้ำเสียที่ใช้เป็นน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบทีละเท ซึ่งใช้ระบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติ ดังนั้นเมื่อระบบควบคุมการทำงานของเครื่องเติมอากาศเกิดความผิดปกติ เป็นผลให้การเติมอากาศให้กับน้ำเสียไม่เพียงพอสำหรับการออกซิไดซ์แอมโมเนียให้เป็นไนเตรท จึงทำให้น้ำที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่ 2 มีค่าแอมโมเนียสูง แต่ถ้ามีการเติมอากาศที่เพียงพอจะทำให้น้ำที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียมีค่าแอมโมเนียต่ำ

ตารางที่ 4.7 จะแสดงค่าแอมโมเนียโดยเฉลี่ยของน้ำก่อนและหลังการทดลอง และประสิทธิภาพการบำบัด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียของกระบวนการบำบัดทั้ง 3 วิธีได้ดังรูปที่ 4.22 จะเห็นได้ว่าวิธีดูดติดผิวมีประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียสูงที่สุด คือ 44.7% ส่วนวิธีกรองตรงและวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรองมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน คือ 19.6% และ 13.2% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการบำบัดทั้ง 3 วิธีมีความสามารถในการกำจัดแอมโมเนียน้อยมาก สังเกตได้จากประสิทธิภาพการกำจัดต่ำกว่า 50%

ตารางที่ 4.7 ปริมาณแอมโมเนียโดยเฉลี่ยของน้ำก่อนและหลังการทดลอง

วิธีการทดลอง	ปริมาณแอมโมเนีย (มก./ล.)		ประสิทธิภาพ
	น้ำเข้า	น้ำออก	การกำจัด (%)
การกรองตรง	11.6 ± 8.6	10.2 ± 8.4	12.1
การดูดติดผิว	3.3 ± 1.7	2.0 ± 1.3	39.4
การกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง	9.2 ± 4.6	8.4 ± 4.2	8.7

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยของผลการทดลองโดยวิธีกรองตรง n = 17
ค่าเฉลี่ยของผลการทดลองโดยวิธีดูดติดผิวและวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง n = 25



รูปที่ 4.22 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนีย ระหว่างการกรองตรง การดูดติดผิว และการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

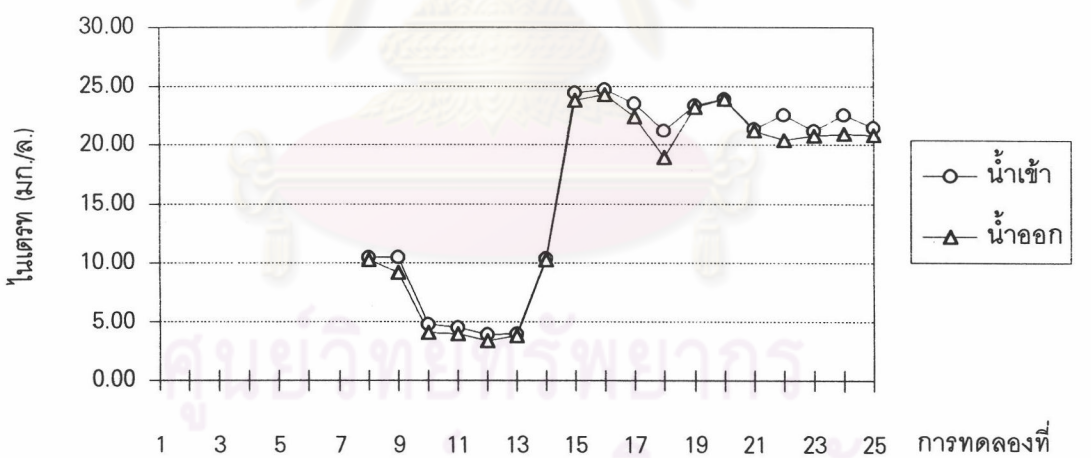
2.7 <u>ปริมาณไนเตรท</u> (Nitrate)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทโดยเฉลี่ยของน้ำที่ผ่านการบำบัดโดยวิธีกรองตรง วิธีดูดติดผิว และวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง สรุปได้ดังนี้

จากรูปที่ 4.23 ปริมาณไนเตรทของน้ำเข้าและน้ำออกในระบบกรองตรง มีค่าอยู่ในช่วง 3.9 - 24.7 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 3.4 - 24.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นค่าเฉลี่ย จะได้ปริมาณไนเตรทของน้ำเข้าและน้ำออก เท่ากับ 16.5 และ 15.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

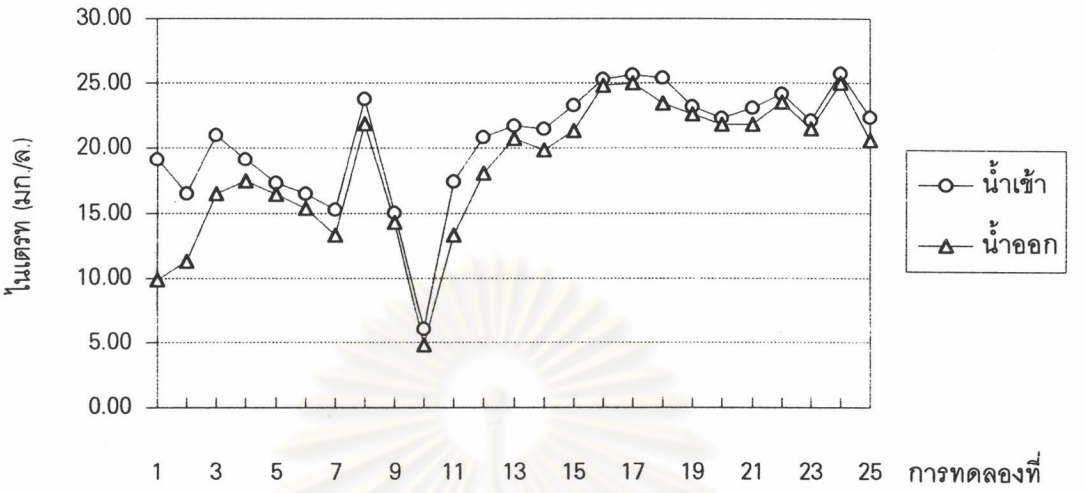
จากรูปที่ 4.24 ปริมาณไนเตรทของน้ำเข้าและน้ำออกในระบบดูดติดผิว มีค่าอยู่ระหว่าง 4.8 - 25.3 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 6.1 - 25.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นค่าเฉลี่ย จะได้ปริมาณไนเตรทของน้ำเข้าและน้ำออก เท่ากับ 20.1 และ 19.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.25 ปริมาณไนเตรทของน้ำเข้าและน้ำออกในระบบกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง มีค่าอยู่ระหว่าง 1.5 - 29.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 1.1 - 28.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นค่าเฉลี่ย จะได้ปริมาณไนเตรทของน้ำเข้าและน้ำออก เท่ากับ 21.4 และ 20.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

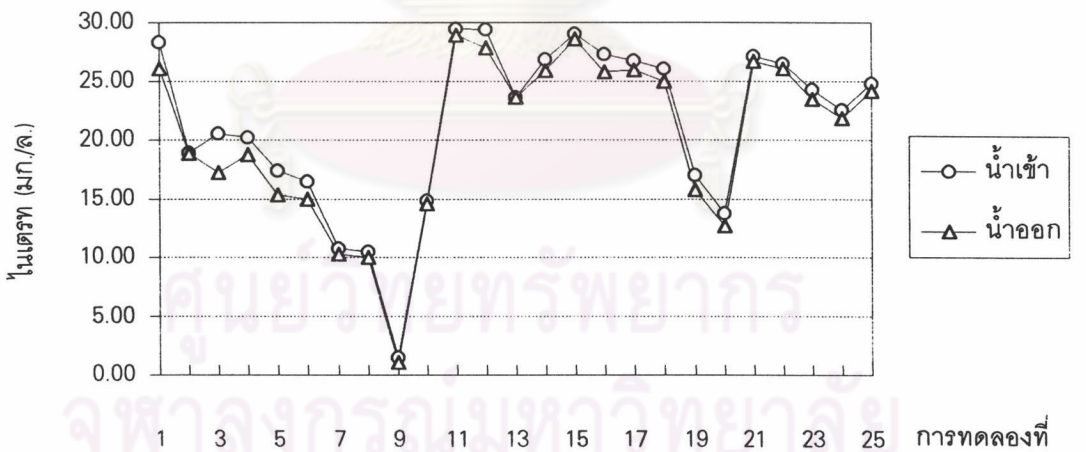


รูปที่ 4.23 ปริมาณไนเตรทในน้ำเข้าและน้ำออกของการกรองตรง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.24 ปริมาณไนเตรทในน้ำเข้าและน้ำออกของการกรองดูดติดผิว



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.25 ปริมาณไนเตรทในน้ำเข้าและน้ำออกของการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

จากผลการทดลอง จะเห็นว่าปริมาณไนเตรทมีค่าแปรปรวนมากเช่นเดียวกับค่าแอมโมเนีย จะสังเกตได้ว่าช่วงใดที่มีปริมาณแอมโมเนียสูง จะพบไนเตรทในปริมาณต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากแอมโมเนียและไนเตรทมีความสัมพันธ์กันตามสมการต่อไปนี้

$$NH_4^+ + 2O_2 \longrightarrow NO_3^- + 2H^+ + H_2O$$

ดังนั้นถ้าหากการเติมอากาศให้แก่น้ำในระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่สองไม่เพียงพอ ไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียจะไม่สามารถถูกออกซิไดซ์มาอยู่ในรูปของไนเตรทได้หมด จึงตรวจพบไนเตรทในน้ำได้น้อย ในขณะเดียวกันจะตรวจพบปริมาณแอมโมเนียในปริมาณสูง แต่ถ้ามีการเติมอากาศอย่างเพียงพอ แอมโมเนียจะถูกออกซิไดซ์เป็นไนเตรทได้ดี จะทำให้ตรวจพบปริมาณไนเตรทในน้ำเสียในสัดส่วนที่สูงกว่าปริมาณแอมโมเนีย

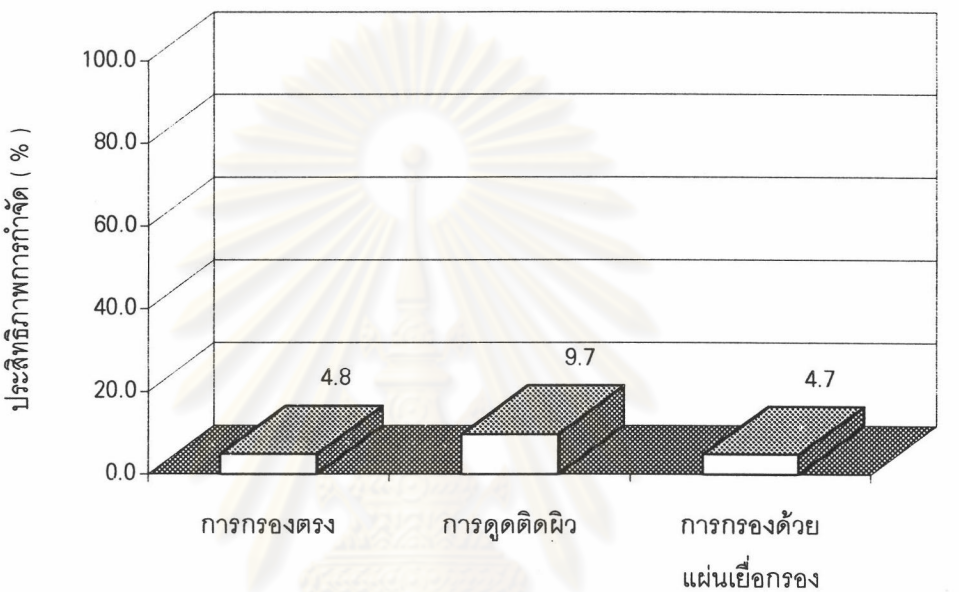
ตารางที่ 4.8 จะแสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณไนเตรทในน้ำก่อนและหลังการทดลองด้วยวิธีการทั้ง 3 วิธี และประสิทธิภาพการกำจัด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดไนเตรทตามรูปที่ 4.26 จะเห็นว่าวิธีกรองตรง วิธีดูดติดผิว และวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง มีผลต่อการกำจัดไนเตรทน้อยมาก โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดโดยเฉลี่ยเท่ากับ 7.1% , 14.5% และ 6.1% ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 ปริมาณไนเตรทโดยเฉลี่ยของน้ำก่อนและหลังการทดลอง

วิธีการทดลอง	ปริมาณไนเตรท (มก./ล.)		ประสิทธิภาพ
	น้ำเข้า	น้ำออก	การกำจัด (%)
การกรองตรง	16.6 ± 8.2	15.8 ± 8.1	4.8
การดูดติดผิว	20.6 ± 4.5	18.6 ± 5.2	9.7
การกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง	21.4 ± 7.2	20.4 ± 7.1	4.7

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยของผลการทดลองโดยวิธีกรองตรง n = 17

ค่าเฉลี่ยของผลการทดลองโดยวิธีดูดติดผิวและวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง n = 25



รูปที่ 4.26 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดไนเตรท ระหว่างการกรองตรง การดูดติดผิว และการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

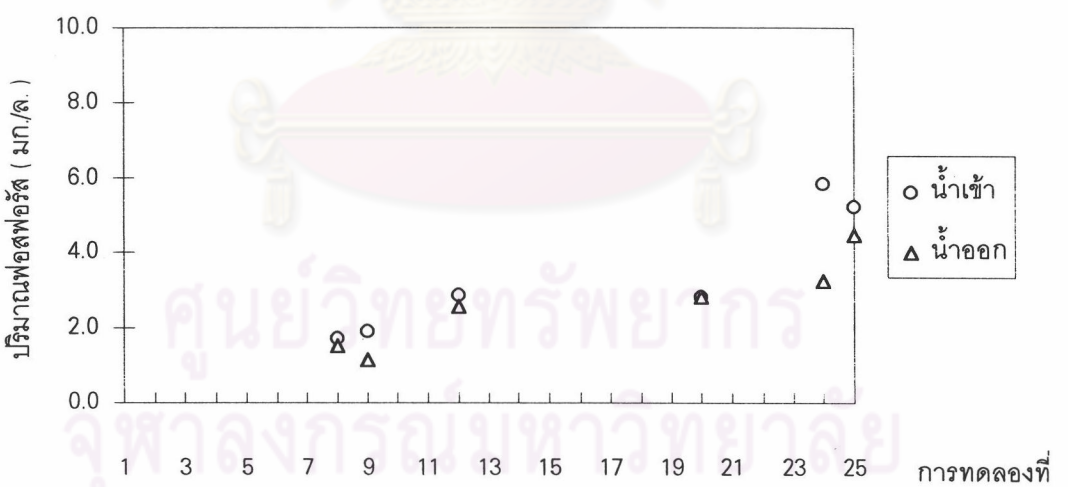
2.8 <u>ปริมาณฟอสฟอรัส</u> (Phosphorus)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสของน้ำที่ผ่านการบำบัดโดยวิธีกรองตรง วิธีดูดติดผิว และวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง สรุปได้ดังนี้

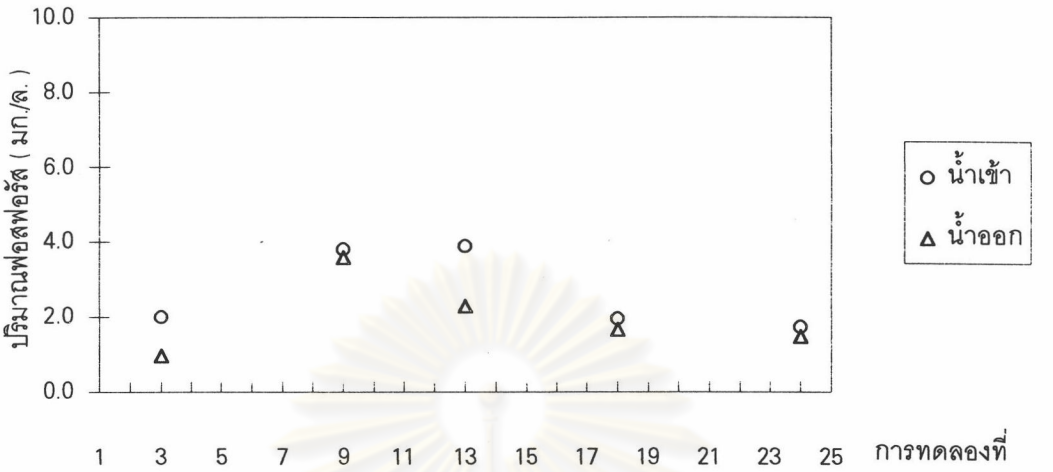
จากรูปที่ 4.27 ในการกรองตรง ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเข้า อยู่ในช่วง 1.7 - 5.9 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.4 มิลลิกรัมต่อลิตร และหลังจากกรองน้ำผ่านชั้นกรอง ปริมาณฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์ได้ในน้ำออกมีค่าอยู่ในช่วง 1.2 - 4.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.6 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากรูปที่ 4.28 ในการดูดติดผิว ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเข้า อยู่ในช่วง 1.7 - 3.9 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเฉลี่ยเท่ากับ 2.6 มิลลิกรัมต่อลิตร และหลังจากกรองน้ำผ่านชั้นกรอง ปริมาณฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์ได้ในน้ำออกมีค่าอยู่ในช่วง 1.0 - 3.8 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเฉลี่ยเท่ากับ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

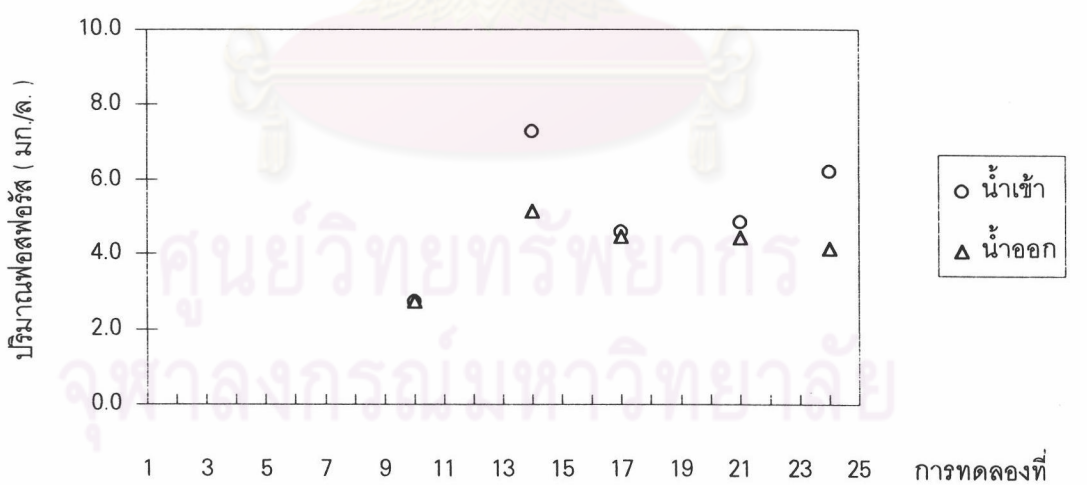
จากรูปที่ 4.29 ในการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเข้า อยู่ในช่วง 2.8 - 7.3 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และหลังจากกรองน้ำผ่านเยื่อกรอง ปริมาณฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์ได้ในน้ำออกมีค่าอยู่ในช่วง 2.7 - 5.1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.2 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.27 ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเข้าและน้ำออกของการกรองตรง



รูปที่ 4.28 ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเข้าและน้ำออกของการดูดติดผิว



รูปที่ 4.29 ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเข้าและน้ำออกของการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าฟอสฟอรัสโดยเฉลี่ยของน้ำก่อนและหลังการทดลอง และประสิทธิภาพการบำบัด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสตามรูปที่ 4.30 จะเห็นว่าวิธีกรองตรง วิธีดูดติดผิว และวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง มีผลต่อการกำจัดฟอสฟอรัสออกจากน้ำค่อนข้างต่ำ และมีประสิทธิภาพในการกำจัดใกล้เคียงกัน โดยประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสโดยเฉลี่ยของวิธีกรองตรง วิธีดูดติดผิว และวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง เท่ากับ 20.2% , 30.4% และ 15.0% ตามลำดับ

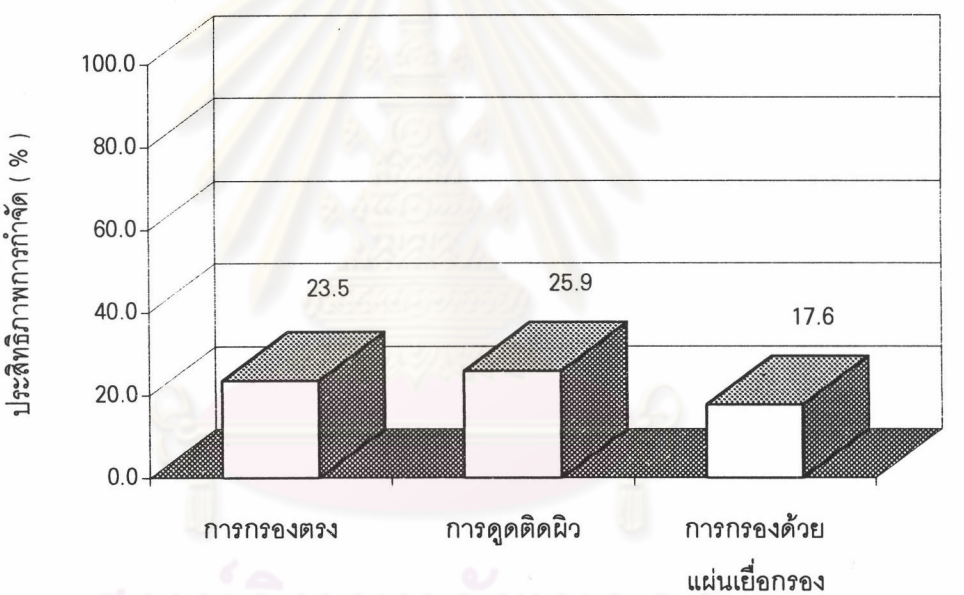
ตารางที่ 4.9 ปริมาณฟอสฟอรัสโดยเฉลี่ยของน้ำก่อนและหลังการทดลอง

วิธีการทดลอง	ปริมาณฟอสฟอรัส (มก./ล.)		ประสิทธิภาพ
	น้ำเข้า	น้ำออก	การกำจัด (%)
การกรองตรง	3.4 ± 1.7	2.6 ± 1.2	23.5
การดูดติดผิว	2.7 ± 1.1	2.0 ± 1.0	25.9
การกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง	5.1 ± 1.7	4.2 ± 0.9	17.6

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยของผลการทดลองโดยวิธีกรองตรง n = 6

ค่าเฉลี่ยของผลการทดลองโดยวิธีดูดติดผิวและวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง n = 5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.30 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัส ระหว่างการกรองตรง การดูดติดผิว และการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยการกรองตรง การดูดติดผิว และการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง และประสิทธิภาพในการกำจัดมลสารที่กล่าวมาทั้งหมดในข้างต้น สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.10 จะเห็นว่า การบำบัดน้ำโดยวิธีดูดติดผิว จะสามารถกำจัดมลสารต่าง ๆ ในน้ำได้ดีกว่าการบำบัดโดยการกรองตรงและการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง สังเกตได้จากรูปที่ 4.31 ซึ่งจะเปรียบเทียบให้เห็นถึงความแตกต่างของประสิทธิภาพในการกำจัดมลสารระหว่างการบำบัดน้ำโดยวิธีการทั้งสาม พบว่ากระบวนการกรองแบบดูดติดผิวนั้นมีประสิทธิภาพในการลด สี ซีโอดี แอมโมเนียไนเตรท และฟอสฟอรัส เท่ากับ 87.6, 65.8, 39.4, 9.7 และ 25.9% ตามลำดับ ซึ่งจะสูงกว่าประสิทธิภาพของการกรองตรงและการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง ทั้งนี้ก็เนื่องจากถ่านกัมมันต์ที่ใช้เป็นสารกรองนอกจากจะทำหน้าที่ในการกำจัดความขุ่นในน้ำแล้ว ยังกำจัดสารอินทรีย์ในรูปต่าง ๆ ที่เหลืออยู่ในน้ำได้ด้วย

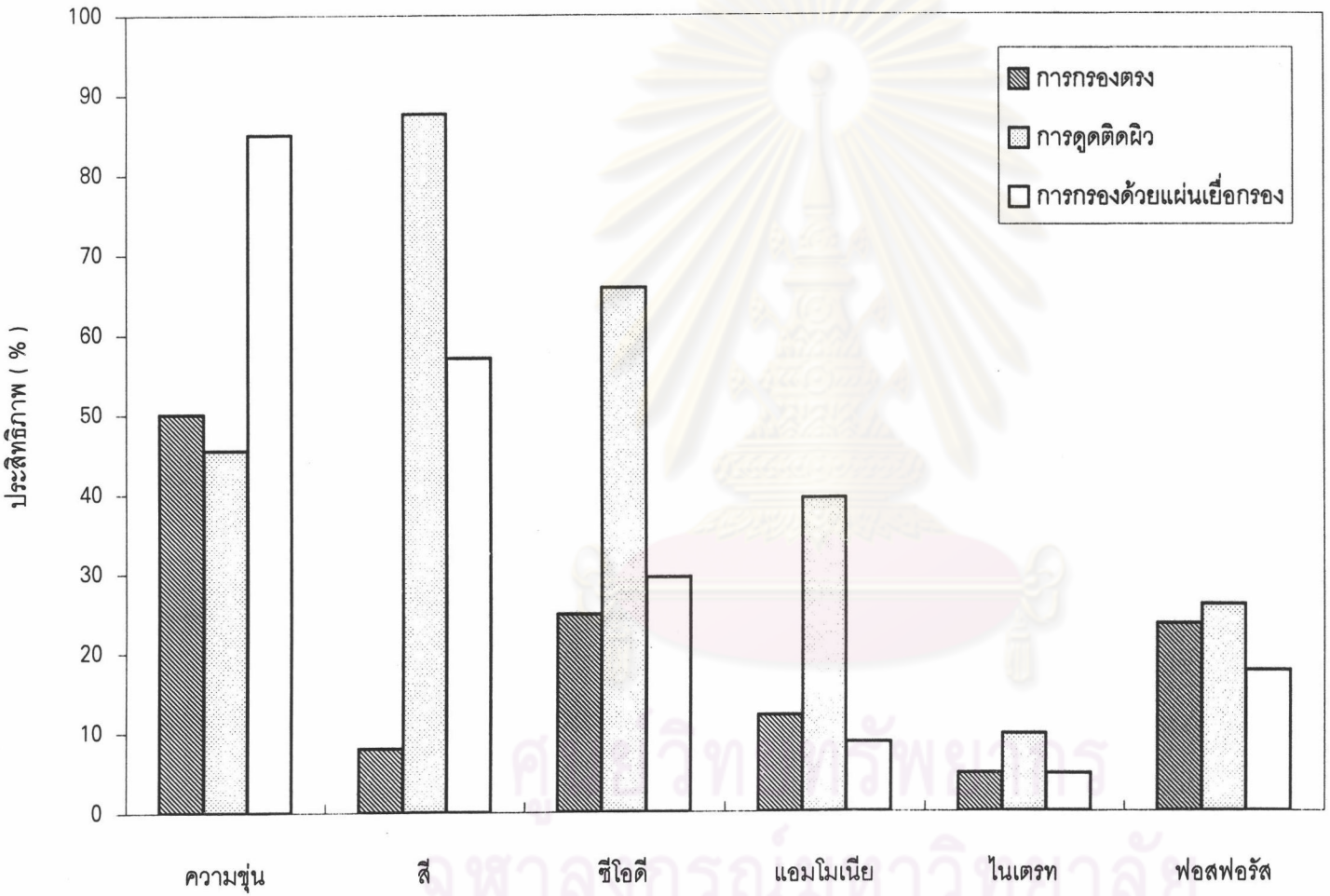
สำหรับการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรองนั้นมีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นสูงกว่าการดูดติดผิวและการกรองตรง น้ำออกที่ผ่านการกรองมีค่าความขุ่นต่ำกว่า 1 เอ็นทียู แต่ประสิทธิภาพการกำจัดสารอื่น ๆ ต่ำกว่าวิธีการดูดติดผิว ส่วนการกรองตรงนั้นมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารปนเปื้อนในน้ำต่ำที่สุด

แต่อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำโดยกระบวนการทั้ง 3 วิธี จะขึ้นกับลักษณะของน้ำดิบที่จะทำการบำบัดด้วย จากผลการวิเคราะห์ลักษณะของน้ำดิบก่อนทำการทดลองในแต่ละชุดดังได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 1 จะเห็นว่า ลักษณะของน้ำดิบที่ใช้ในการทดลองทั้ง 3 ชุด จะแปรปรวนมาก เป็นผลจากคุณภาพของน้ำที่ผ่านระบบบำบัดขั้นที่สอง โดยจะสังเกตเห็นได้ชัดเจนว่าในช่วงเวลาที่ทำการทดลองชุดที่ 2 คือการบำบัดด้วยการดูดติดผิวนั้น น้ำดิบก่อนเข้าระบบค่อนข้างจะมีความขุ่นและปริมาณสารอินทรีย์ต่ำ ส่วนในช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลองชุดที่ 1 คือการกรองตรงและชุดที่ 3 คือการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรองนั้น น้ำดิบที่เข้าเครื่องกรองจะมีความขุ่นและปริมาณสารอินทรีย์สูง ทำให้ลักษณะสมบัติของน้ำที่ผ่านการกรองด้วยวิธีทั้งสองสูงกว่าน้ำที่ผ่านกระบวนการดูดติดผิว ซึ่งสาเหตุเกิดจากระบบควบคุมการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียมักจะเกิดความบกพร่องอยู่เสมอ ทำให้ระยะเวลาในการเติมอากาศและการตกตะกอนของน้ำเสียไม่เป็นไปตามข้อกำหนดที่ได้ออกแบบไว้ ดังนั้นระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่สองของอาคารไม่สามารถบำบัดน้ำให้มีคุณภาพสม่ำเสมอได้

ตารางที่ 4.10 สรุปผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำโดยเฉลี่ยจากการทดลอง และประสิทธิภาพการกำจัดมลสาร

พารามิเตอร์	หน่วย	ลักษณะสมบัติของน้ำที่ผ่านวิธีบำบัดต่าง ๆ								
		การกรองตรง			การดูดติดผิว			การกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง		
		น้ำเข้า	น้ำออก	ประสิทธิภาพ (%)	น้ำเข้า	น้ำออก	ประสิทธิภาพ (%)	น้ำเข้า	น้ำออก	ประสิทธิภาพ (%)
พีเอช	-	7.2 ± 0.3	7.2 ± 0.3	-	6.6 ± 0.3	7.2 ± 0.2	-	6.7 ± 0.3	6.8 ± 0.3	-
ของแข็งละลายน้ำ	มก./ล.	262 ± 30	261 + 33	0.3	272 ± 30	262 ± 34	3.4	329 ± 18	326 ± 19	1
ความขุ่น	เอ็นทียู	5.4 ± 3.7	2.7 ± 1.7	50.0	2.2 ± 0.7	1.2 ± 0.4	45.5	4.0 ± 1.8	0.6 ± 0.2	85
สี	หน่วย	53.5 ± 10.8	49.2 ± 9.4	8.0	37.8 ± 12.6	4.7 ± 3.6	87.6	57.2 ± 24.2	24.6 ± 17.6	57
ซีโอดี	มก./ล.	54 ± 21.8	40.6 ± 16.3	24.8	31.6 ± 7.9	10.8 ± 6.9	65.8	50.1 ± 17.4	35.3 ± 17.3	29.5
แอมโมเนีย	มก./ล.	11.6 ± 8.6	10.2 ± 8.4	12.1	3.3 ± 1.7	2.0 ± 1.3	39.4	9.2 ± 4.6	8.4 ± 4.2	8.7
ไนเตรท	มก./ล.	16.6 ± 8.2	15.8 ± 8.1	4.8	20.6 ± 4.5	18.6 ± 5.2	9.7	21.4 ± 7.2	20.4 ± 7.1	4.7
ฟอสฟอรัส	มก./ล.	3.4 ± 1.7	2.6 ± 1.2	23.5	2.7 ± 1.1	2.0 ± 1.0	25.9	5.1 ± 1.7	4.2 ± 0.9	17.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.31 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดมลสาร ระหว่างการกรองตรง การดูดติดผิว และการกรองด้วยเยื่อกรอง

3. ความเหมาะสมในการนำน้ำกลับมาใช้ประโยชน์

ในการพิจารณาว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีความเหมาะสมสำหรับนำกลับมาใช้ประโยชน์ในกิจกรรมใดได้บ้าง จะต้องพิจารณาจากคุณภาพของน้ำที่ผ่านการบำบัดเปรียบเทียบกับมาตรฐานของการนำน้ำเสียกลับมาใช้ที่กำหนดขึ้นตามแนวทางการใช้ประโยชน์ สำหรับในประเทศไทยนั้นการนำน้ำเสียกลับมาใช้ยังไม่ค่อยเป็นที่ยอมรับของประชาชน และยังไม่มีการใช้ทางเลือกดังกล่าวกันมากนัก จึงไม่มีการกำหนดมาตรฐานของการนำน้ำกลับมาใช้ ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จะเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำที่ผ่านการบำบัดโดยวิธีกรองตรง วิธีดูดติดผิว และวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง กับมาตรฐานการนำน้ำกลับมาใช้ของสหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น ซึ่งผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ผลการเปรียบเทียบกับมาตรฐานการของ U.S.EPA

เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดโดยวิธีกรองตรง วิธีดูดติดผิว และวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง กับมาตรฐานของ U.S.EPA ที่สามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในกิจกรรมที่สัมผัสกับมนุษยโดยตรง ได้แก่ กิจกรรมทางด้านภูมิสถาปัตย์ การทำความสะอาดพื้นหรือล้างยานพาหนะ การชักโครก ใช้ในระบบป้องกันอัคคีภัย และใช้ในระบบปรับอากาศ ตามตารางที่ 4.11 พบว่าจากการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำที่ได้จากการทดลองกับมาตรฐานของ U.S.EPA ไม่สามารถบ่งบอกได้ชัดเจนว่านำน้ำที่ผ่านการบำบัดโดยการกรองตรง การดูดติดผิว และการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง สามารถนำกลับมาใช้ในกิจกรรมใดได้บ้าง ทั้งนี้เนื่องจากพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากการทดลองไม่ตรงกับพารามิเตอร์ของ U.S.EPA ที่กำหนดไว้

แต่อย่างไรก็ตาม U.S.EPA (1992) ได้กล่าวไว้ว่าในกรณีที่ต้องการนำน้ำมาใช้รดต้นไม้ อนุโลมให้ใช้น้ำที่ออกจากระบบบำบัดขั้นที่ 2 (ได้แก่ ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ ระบบโปรยกรอง ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ และบ่อปรับเสถียร) และผ่านการฆ่าเชื้อโรคแล้วมาใช้รดต้นไม้ได้ โดยไม่ต้องผ่านการบำบัดเพิ่ม ดังนั้นเราสามารถนำน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดขั้นที่ 2 ของอาคารกลับมาใช้รดต้นไม้ได้ โดยต้องมีการเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคก่อนนำมาใช้

ตารางที่ 4.11 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำจากการทดลองกับมาตรฐานของ U.S.EPA

พารามิเตอร์	หน่วย	มาตรฐาน ของ U.S. EPA	คุณภาพน้ำจากการทดลอง		
			กรองตรง	ดูดติดผิว	เยื่อกรอง
พีเอช	-	6 - 9	7.2	7.2	6.8
ความขุ่น	เอ็นทียู	≤ 2	2.7	1.2	0.6
สี	หน่วย	-	49	5	25
บีโอดี	มก./ล.	10	-	-	-
ซีโอดี	มก./ล.	-	40.6	10.8	35.3
ของแข็งแขวนลอย	มก./ล.	< 5	-	-	-
ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนีย	มก./ล.	-	10.2	2.0	8.4
ไนโตรเจนในรูปไนเตรท	มก./ล.	-	15.8	18.6	20.4
ฟอสฟอรัส	มก./ล.	-	2.6	2.0	4.2
ของแข็งละลายน้ำ	มก./ล.	-	261	263	326
คลอรีนตกค้าง	มก./ล.	0.5 - 1.0	-	-	-
โคลิฟอร์ม	จำนวน/มล.	N.D./100 ml	-	-	-

หมายเหตุ : N.D. = not detectable (ตรวจไม่พบ)

(-) = ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 ผลการเปรียบเทียบกับมาตรฐานของญี่ปุ่น

เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัด จากการทดลองโดยการกรองตรง การดูดติดผิว และการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง กับมาตรฐานของน้ำเสียที่นำกลับมาใช้ใหม่ สำหรับการชักโครกและการนำมาใช้ในระบบปรับอากาศของประเทศญี่ปุ่น ดังแสดงในตารางที่ 4.12 สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

3.2.1 ความเหมาะสมในการนำมาใช้ชักโครก

คุณภาพของน้ำที่ผ่านกระบวนการกรองตรง ยังไม่สามารถนำกลับมาใช้สำหรับชักโครกได้ เนื่องจากกระบวนการกรองตรงไม่สามารถกำจัดสีและสารอินทรีย์ในน้ำได้มากนัก ทำให้น้ำที่ผ่านการกรองตรงมีค่าความเข้มสีและค่าซีโอดีสูงกว่าที่มาตรฐานกำหนด ถ้าหากนำน้ำที่มีคุณภาพดังกล่าวมาใช้เป็นน้ำชักโครกอาจจะทำให้เกิดกลิ่นและความไม่น่าดูต่อผู้ใช้ นอกจากนี้อาจจะทำให้เกิดคราบที่เครื่องสุขภัณฑ์ ดังนั้นจึงควรเพิ่มขั้นตอนก่อนหรือหลังการกรองตรง เพื่อลดสี และปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ เพื่อให้คุณภาพน้ำได้มาตรฐานสามารถนำมาใช้เป็นน้ำชักโครกได้

ส่วนคุณภาพของน้ำที่ผ่านกระบวนการดูดติดผิวมีค่าอยู่ในมาตรฐานสามารถนำกลับมาใช้เป็นน้ำชักโครกได้

สำหรับน้ำที่ผ่านการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง เมื่อพิจารณาถึงคุณภาพโดยเฉลี่ยแล้วยังไม่เหมาะสมสำหรับนำกลับมาใช้ชักโครก เพราะน้ำที่เข้าในระบบการกรองมีความเข้มของสีและปริมาณสารอินทรีย์สูง ทำให้การกรองด้วยเยื่อกรองไม่สามารถลดสีและสารอินทรีย์ให้ต่ำกว่าที่มาตรฐานกำหนดได้ ดังนั้นหลังกระบวนการเยื่อกรองควรเพิ่มขั้นตอนการกำจัดสีในน้ำก่อนนำกลับมาใช้

3.2.2 ความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นน้ำชดเชยในระบบปรับอากาศ

คุณสมบัติของน้ำที่จะนำมาใช้เป็นน้ำชดเชยในระบบปรับอากาศโดยทั่วไปจะต้องไม่ทำให้เกิดตะกรัน การกัดกร่อน การอุดตัน หรือการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ขึ้นในระบบทำความเย็น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำที่ได้จากการทดลองกับมาตรฐานของน้ำชดเชยของญี่ปุ่น พบว่า น้ำที่ผ่านกระบวนการกรองตรงและการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรองนั้น ยังไม่สามารถนำกลับมาใช้เป็นน้ำชดเชยได้โดยตรง เพราะยังคงมีปริมาณสารอินทรีย์สูงโดยพิจารณาจากค่าซีโอดี ซึ่งสารอินทรีย์ที่หลงเหลืออยู่ในน้ำประกอบกับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมของระบบทำความเย็น จะทำให้เกิดการเจริญเติบโตของเมือกจุลินทรีย์ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนลดลง ลดอัตราการไหลของน้ำ

หมุนเวียน และอาจก่อให้เกิดการกัดกร่อนได้ (Troscinski and Watson, 1970; California State Water Resources Control Board, 1980; Goldstein และคณะ, 1979 อ้างถึงใน U.S.EPA, 1992)

วิธีการป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาดังกล่าว ทำได้โดยการลดปริมาณสารอินทรีย์ที่เหลืออยู่ในน้ำก่อนเข้าถังกรอง และการเติมคลอรีนเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

ตารางที่ 4.12 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำจากการทดลองกับมาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น

พารามิเตอร์	หน่วย	มาตรฐานของญี่ปุ่น		คุณภาพน้ำจากการทดลอง		
		ชักโครก	น้ำชดเชย	กรองตรง	ดูดติดผิว	เยื่อกรอง
พีเอช	-	5.8 - 9.0	5.8 - 9.0	7.2	7.2	6.8
ความขุ่น	เอ็นทียู	≤ 5	≤ 10	2.7	1.2	0.6
สี	หน่วย	≤ 10	-	49	5	25
บีโอดี	มก./ล.	≤ 10	≤ 10	-	-	-
ซีโอดี	มก./ล.	≤ 40	≤ 20	40.6	10.8	35.3
ของแข็งแขวนลอย	มก./ล.	≤ 5	≤ 10	-	-	-
ค่าความกระด้างทั้งหมด	มก./ล.	≤ 200	≤ 300	-	-	-
ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนีย	มก./ล.	≤ 20	≤ 20	10.2	2.0	8.4
ไนโตรเจนในรูปไนเตรท	มก./ล.	-	-	15.8	18.6	20.4
ฟอสฟอรัส	มก./ล.	< 1	-	2.6	2.0	4.2
ของแข็งละลายน้ำ	มก./ล.	-	-	261	263	326
คลอรีนตกค้าง	มก./ล.	-	-	-	-	-
Total Coliform	number/ml.	N.D./100 ml	-	-	-	-

หมายเหตุ N.D. = ตรวจหาไม่พบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากผลการวิเคราะห์ถึงความเหมาะสมของของการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดโดยการกรองตรง การดูดติดผิว และการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง กลับมาใช้ในอาคาร สรุปได้ว่า น้ำที่ผ่านการบำบัดน้ำโดยการดูดติดผิว มีความเหมาะสมในการนำกลับมาใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ภายในอาคารได้มากกว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดโดยการกรองตรงและการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง แต่การใช้การดูดติดผิวทำหน้าที่เป็นถังกรองโดยตรงด้วยนั้นมีข้อเสียคือ ความขุ่น หรือของแข็งแขวนลอยต่าง ๆ ในน้ำจะเข้าไปอุดในโพรงของถ่านกัมมันต์ ทำให้ลดพื้นที่ผิวในการดูดซับสารอินทรีย์ เป็นผลให้ประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์ลดลง ส่วนใหญ่แล้วกระบวนการดูดติดผิวมักจะใช้ตามหลังการกรอง ซึ่งจะช่วยลดสี กลิ่น และสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายยาก หรือสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้

ส่วนการกรองตรงและการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง ควรมีการกำจัดสีและสารอินทรีย์ให้น้อยลงก่อน จึงจะเหมาะสมสำหรับนำมาใช้เป็นน้ำชักโครก แต่ถ้าจะนำมาใช้เป็นน้ำชดเชยในระบบปรับอากาศ ก็ไม่จำเป็นต้องกำจัดสี แต่ต้องมีการเติมคลอรีนเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเมือกจุลินทรีย์ในอุปกรณ์ทำความเย็น

สำหรับการนำน้ำกลับมาใช้รดน้ำต้นไม้นั้น สามารถนำน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพที่มีคุณภาพได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้ง กลับมาใช้ได้เลยโดยไม่จำเป็นต้องมีการบำบัดเพิ่มเติม แต่จะต้องผ่านการเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคเสียก่อน ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยทางด้านสุขภาพอนามัยของผู้ใช้

อย่างไรก็ตามคุณภาพของน้ำที่ผ่านการบำบัดแต่ละวิธี จะอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของการนำกลับมาใช้ใหม่หรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำก่อนเข้าระบบด้วย ซึ่ง U.S.EPA ได้แนะนำว่าน้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดขั้นที่ 2 ที่จะนำกลับมาใช้ใหม่โดยผ่านการกรองและการฆ่าเชื้อโรค ควรมีค่าบีโอดีและของแข็งแขวนลอย ไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. ค่าใช้จ่ายในการผลิต

ค่าใช้จ่ายในการผลิต ในที่นี้หมายถึง ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพลังงานที่ใช้ในการบำบัดน้ำ ประกอบด้วย ค่าไฟฟ้าและค่าน้ำที่ใช้ในการล้างย้อน ซึ่งได้จากการดำเนินการทดลอง โดย

$$\text{ค่าไฟฟ้า (บาท / ลูกบาศก์เมตร)} = \frac{\text{อัตราค่าไฟฟ้า x เวลาที่ใช้ในการผลิต x กำลังไฟฟ้า}}{\text{ปริมาณน้ำผลิต}}$$

$$\text{ค่าน้ำในการล้างย้อน (บาท / ลูกบาศก์เมตร)} = \frac{\text{อัตราค่าน้ำ x ปริมาณน้ำที่ใช้ล้างย้อน}}{\text{ปริมาณน้ำผลิต}}$$

เมื่อกำหนดให้ อัตราค่าไฟฟ้า เท่ากับ 2.40 บาท / หน่วย และอัตราค่าน้ำประปา เท่ากับ 11.31 บาท / ลูกบาศก์เมตร

จากการทดลองบำบัดน้ำเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ โดยกระบวนการกรองตรง การดูดติดผิว และการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง สามารถคำนวณหาค่าใช้จ่ายของพลังงานที่ใช้ในการบำบัดน้ำได้ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ค่าใช้จ่ายของการบำบัดโดยวิธีกรองตรง

จากผลการทดลองการบำบัดน้ำโดยกระบวนการกรองตรง สามารถผลิตน้ำได้โดยเฉลี่ยประมาณ 290 ลิตร โดยใช้เวลาในการกรองโดยเฉลี่ยประมาณ 20.02 ชั่วโมง คิดเป็นอัตราการผลิตน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 14.5 ลิตร/ชั่วโมง หลังจากสิ้นสุดการกรองทำความสะอาดชั้นกรองโดยการล้างย้อน โดยกำหนดให้ชั้นกรองขยายตัว 30 - 40% ซึ่งปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างย้อนโดยเฉลี่ยประมาณ 50 ลิตร คิดเป็น 17.1% ของปริมาณน้ำที่ผลิตได้ เวลาที่ใช้ในการล้างย้อนประมาณ 36.42 นาที หรือคิดเป็นอัตราการล้างย้อน 1.40 ลิตร/นาที กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตเท่ากับ 19.14 วัตต์

ค่าไฟฟ้า = 2.50 x 20.02 x 19.14 / 290 = 3.30 บาท / ลูกบาศก์เมตร

ค่าน้ำในการล้างย้อน = 11.31 x 50 / 290 = 1.95 บาท / ลูกบาศก์เมตร

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายในการผลิตสำหรับการบำบัดโดยวิธีกรองตรงเท่ากับ 5.25 บาท/ลูกบาศก์เมตร

4.2 ค่าใช้จ่ายของการบำบัดโดยวิธีดูดติดผิว

สำหรับการทดลองบำบัดน้ำโดยกระบวนการดูดติดผิว จะผลิตน้ำได้ประมาณ 95 ลิตร ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง คิดเป็นอัตราการผลิตน้ำโดยเฉลี่ย 3.9 ลิตร/ชั่วโมง และปริมาณน้ำล้างย้อนที่ใช้ในการทำความสะอาดชั้นกรอง โดยเฉลี่ยประมาณ 24 ลิตร ซึ่งคิดเป็น 25.3% ของปริมาณน้ำที่ผลิตได้ ระยะเวลาที่ใช้ในการล้างย้อนเฉลี่ยประมาณ 26.92 นาที คิดเป็นอัตราการล้างย้อน 0.9 ลิตร/นาที กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตเท่ากับ 16.06 วัตต์ ดังนั้น

ค่าไฟฟ้า = 2.50 x 24 x 16.06 / 95 = 10.14 บาท / ลูกบาศก์เมตร

ค่าน้ำในการล้างย้อน = 11.31 x 24 / 95 = 2.86 บาท / ลูกบาศก์เมตร

ค่าใช้จ่ายของพลังงานสำหรับการบำบัดโดยวิธีดูดติดผิวเท่ากับ 13.00 บาท / ลูกบาศก์เมตร

4.3 ค่าใช้จ่ายของการบำบัดโดยวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

จากการทดลองการบำบัดน้ำโดยกระบวนการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง จะสามารถผลิตน้ำได้ประมาณ 72 ลิตร ในระยะเวลาเฉลี่ย 4.94 ชั่วโมง คิดเป็นอัตราการผลิตน้ำโดยเฉลี่ย 14.8 ลิตร/ชั่วโมง หลังจากสิ้นสุดการกรอง ทำความสะอาดแผ่นเยื่อกรองโดยใช้น้ำล้างย้อนประมาณ 16 ลิตร ระยะเวลาที่ใช้ในการล้างย้อน 11.72 นาที คิดเป็นอัตราการล้างย้อน 1.3 ลิตร/นาที และปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างย้อนประมาณ 21.5% ของปริมาณน้ำที่ผลิตได้ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิต เท่ากับ 20.46 วัตต์ ดังนั้น

ค่าไฟฟ้า = 2.50 x 4.94 x 20.46 / 72 = 3.51 บาท / ลูกบาศก์เมตร

ค่าน้ำในการล้างย้อน = 11.31 x 16 / 72 = 2.51 บาท / ลูกบาศก์เมตร

จากการบำบัดโดยวิธีดังกล่าวจะเสียค่าใช้จ่ายประมาณ 6.02 บาท/ลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 4.13 จะสรุปค่าเฉลี่ยของอัตราการผลิตน้ำ อัตราการล้างย้อน และค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำจากการทดลองโดยวิธีกรองตรง วิธีดูดติดผิว และวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง จะเห็นว่าการบำบัดน้ำโดยกระบวนการดูดติดผิวจะเสียค่าใช้จ่ายผลิตน้ำสูงกว่าวิธีกรองตรงและวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง แต่มีอัตราการผลิตน้ำต่ำกว่า เนื่องจากกระบวนการดูดติดผิวต้องใช้อัตราเร็วในการกรองน้ำต่ำเพื่อให้มีเวลาสัมผัสนานพอที่จะเกิดการกำจัดมลสารในน้ำได้ จากการที่สามารถผลิตน้ำได้ในปริมาณ

น้อย และต้องใช้น้ำล้างย้อนมาก ทำให้ค่าใช้จ่ายในการบำบัดในหน่วยบาทต่อลูกบาศก์เมตรสูง ส่วนวิธีกรองตรงจะเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดต่ำที่สุด

รูปที่ 4.32 จะแสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของพลังงานที่ใช้ในการบำบัดน้ำโดยการกรองตรง การดูดติดผิว การกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง และอัตราค่าน้ำประปา จะเห็นว่ากระบวนการดูดติดผิวเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดสูงกว่าอัตราค่าน้ำประปา 1.69 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนการบำบัดตรงและการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรองจะเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดต่ำกว่าอัตราค่าน้ำประปาเท่ากับ 6.06 และ 5.29 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

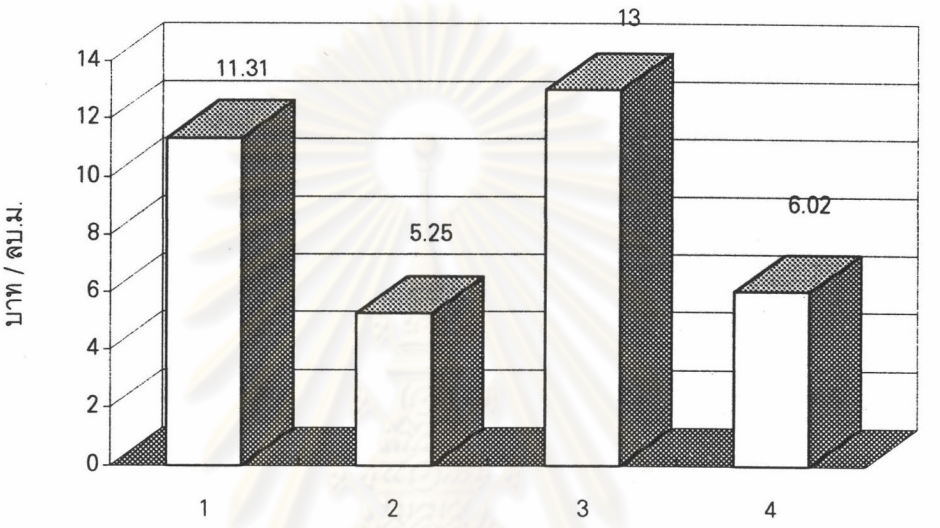
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.13 อัตราการผลิตและค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำโดยเฉลี่ย

รายละเอียด	หน่วย	วิธีการบำบัด		
		การกรองตรง	การดูดติดผิว	การกรองด้วยเยื่อกรอง
1. อัตราการผลิตน้ำ				
- ปริมาณน้ำผลิต	ลิตร	290	95	72
- เวลาผลิต	ชั่วโมง	20.02	24.00	4.94
- อัตราการผลิต	ลิตร/ชั่วโมง	14.5	3.9	14.8
- อัตราเร็วในการกรอง	ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.	9.5	2.6	49.3
- กำลังไฟฟ้า	วัตต์	19.1	16.1	20.5
2. อัตราการล้างย้อน				
- ปริมาณน้ำล้างย้อน	ลิตร	50	24	16
- เวลาล้างย้อน	นาที	36.42	26.92	11.72
- อัตราการล้างย้อน	ลิตร/นาที	1.4	0.9	1.3
- % น้ำที่ใช้ล้างย้อน	-	17.1	25.3	21.5
- อัตราเร็วในการล้างย้อน	ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.	55.0	38.3	0.27
3. ค่าใช้จ่ายในการบำบัด				
- ค่าไฟฟ้า	บาท/ลบ.ม.	3.30	10.14	3.51
- ค่าน้ำประปา	บาท/ลบ.ม.	1.95	2.86	2.51
- ค่าใช้จ่ายรวม	บาท/ลบ.ม.	5.25	13.00	6.02

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่ n = 25

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



1 หมายถึง อัตราค่าน้ำประปา

2 หมายถึง ค่าใช้จ่ายรวมของวิธีกรองตรง

3 หมายถึง ค่าใช้จ่ายรวมของวิธีดูดติดผิว

4 หมายถึง ค่าใช้จ่ายรวมของวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

รูปที่ 4.32 กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของพลังงานในการบำบัดน้ำกับอัตราค่าน้ำประปา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

การตัดสินใจลงทุนว่ากระบวนการบำบัดน้ำเสียเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ภายในอาคาร โดยวิธีกรองตรง หรือวิธีดูดติดผิว หรือวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง กระบวนการใดมีความเหมาะสมในการลงทุนมากที่สุด จะอาศัยการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยในการตัดสินใจลงทุนในโครงการ โดยในการวิจัยครั้งนี้จะใช้วิธีการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจลงทุนในโครงการดังกล่าว อันประกอบด้วย

1. การหาอัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return , IRR)
2. การหาระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

ในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์นั้นจะเกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางด้านการเงินที่สำคัญ ได้แก่

1. การประมาณเงินลงทุน
2. การประมาณค่าใช้จ่ายรายปี
3. การประมาณการรายรับ
4. การประมาณงบกระแสเงินสด

(รายละอียดของการวิเคราะห์องค์ประกอบทางด้านการเงินแสดงในภาคผนวก ค)

1. <u>วิธีวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน</u>

จันทนา จันทโร และศิริจันทร์ ทองประเสริฐ (2534) ได้อธิบายความหมายของวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนไว้ ดังนี้

1.1 <u>อัตราผลตอบแทนการลงทุน</u> (IRR)

เป็นการหาอัตราส่วนลดหรืออัตราดอกเบี้ยตลอดอายุของโครงการ ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของรายรับจากโครงการเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของการลงทุน ซึ่งก็คือมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับศูนย์ การหาอัตราผลตอบแทนการลงทุนจะใช้วิธีการลองผิดลองถูก (Trial and Error) โดยมีสูตรที่ใช้ในการคำนวณ ดังนี้

$$\sum_{t-1}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t} - I = 0$$

โดย C_t = กระแสเงินสดสุทธิในแต่ละปี (บาท)

I = เงินลงทุนทั้งหมด (บาท)

n = อายุการของโครงการ (ปี)

t = ปีที่ดำเนินงาน

r = อัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเป็นศูนย์ (%)

อัตราผลตอบแทนการลงทุนนี้จะเป็นตัวเลขที่บอกผลกำไรของโครงการ โดยนำไปเปรียบเทียบกับอัตราดอกเบี้ยของสถาบันการเงิน เช่น ธนาคารพาณิชย์ บรรษัทเงินทุน เป็นต้น ถ้าอัตราผลตอบแทนการลงทุนที่คำนวณได้มีค่าสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยของสถาบันการเงิน แสดงว่าโครงการมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน ในการวิจัยจะเลือกใช้อัตราดอกเบี้ย 8% ซึ่งเป็นอัตราดอกเบี้ยเงินกู้สำหรับโครงการที่เป็นการอนุรักษ์ทางด้านสิ่งแวดล้อม และอัตราดอกเบี้ย 15% ซึ่งเป็นอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ระยะยาวสำหรับการลงทุนของธนาคารพาณิชย์ทั่วไป เป็นอัตราดอกเบี้ยมาตรฐานในการเปรียบเทียบผลตอบแทนการลงทุน และกำหนดให้อายุของโครงการที่จะใช้ในการวิเคราะห์หาอัตราผลตอบแทนเท่ากับ 10 ปี

1.2 <u>ระยะเวลาคืนทุน</u> (Payback Period)

เป็นการหาจำนวนปีในการดำเนินการ ที่จะทำให้ผลกำไรที่ได้รับในแต่ละปีรวมกันแล้วมีค่าเท่ากับเงินลงทุนเริ่มแรก ผลกำไรในที่นี้คือ กำไรสุทธิหลังหักภาษี + ดอกเบี้ย + ค่าเสื่อมราคา หรืออาจจะพิจารณาจากกระแสเงินสดสุทธิสะสมก็ได้

ระยะเวลาคืนทุนไม่ได้เป็นตัววัดความสามารถในการสร้างกำไรของโครงการ แต่จะเป็นตัวชี้ให้เห็นสภาพคล่องของโครงการ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ความเสี่ยงของโครงการ และผู้ลงทุนสามารถนำเงินทุนที่ถอนคืนมาได้ไปลงทุนหาผลประโยชน์ในกิจการอื่นต่อไป

2. <u>อัตราการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่</u>

เนื่องจากมูลค่าการลงทุนและค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ จะแปรตามปริมาณน้ำที่นำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมและขนาดของอาคาร ดังนั้นกำลังการผลิตน้ำเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ที่เหมาะสมกับขนาดและประเภทใช้สอยของอาคารสามารถคำนวณได้โดยอาศัยข้อกำหนดที่ใช้ในการคำนวณปริมาณความต้องการใช้น้ำในอาคารทั่วไป (วิธีคำนวณแสดงในภาคผนวก ค) ซึ่งในการวิจัยนี้จะกำหนดกำลังการผลิตของการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่เพื่อใช้วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ออกเป็น 4 ช่วง คือ 250 , 500 , 750 และ 1,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และในตารางที่ 4.14 จะแสดงขนาดของอาคารสำนักงานและอาคารพักอาศัยที่สามารถนำน้ำกลับมาใช้ที่อัตราต่าง ๆ

ตารางที่ 4.14 ขนาดของอาคารที่ใช้คำนวณการนำน้ำกลับมาใช้ในอัตราต่าง ๆ

กำลังการผลิต Qmax day ลบ.ม./วัน	อัตราการผลิตโดยเฉลี่ย Qave ลบ.ม./วัน	ขนาดของอาคาร		
		สำนักงาน (ตารางเมตร)	พักอาศัย	
			จำนวนห้องนอน	ตารางเมตร
250	167	25,000	1,050	31,500
500	333	50,000	2,010	60,300
750	500	75,000	3,125	93,750
1,000	667	100,000	4,200	126,000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ถึงแม้จากผลการทดลองจะสรุปได้ว่า วิธีการที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ได้ดีที่สุดระหว่างกระบวนการบำบัดน้ำทั้ง 3 วิธี คือกระบวนการกรองแบบดูดติดผิว ซึ่งน้ำที่ผ่านการบำบัดโดยวิธีการดังกล่าวมีคุณภาพเหมาะสมพอที่จะพิจารณานำกลับมาใช้ในการชักโครก หรือนำกลับมาใช้ในกิจกรรมอื่น ๆ ของอาคาร ส่วนน้ำที่ผ่านกระบวนการกรองตรงและการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรองนั้น หลังจากผ่านการฆ่าเชื้อโรคแล้วสามารถพิจารณานำกลับมาใช้เป็นน้ำชดเชยในระบบปรับอากาศ แต่เพื่อเปรียบเทียบให้เห็นถึงความแตกต่างของการลงทุนระหว่างการบำบัดน้ำทั้ง 3 วิธี ดังนั้นจึงจะทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการบำบัดน้ำเสียเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ทั้งโดยวิธีการกรองตรง การดูดติดผิว และการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง ซึ่งมูลค่าของการลงทุนเพื่อนำกลับมาใช้ในอาคารที่อัตราการนำกลับต่าง ๆ จะขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่นำน้ำกลับมาใช้ ขนาดและประเภทการใช้งานของอาคาร ดังนั้นในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ดังกล่าวจะแยกพิจารณาเป็น

3.1 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในการนำน้ำกลับมาใช้ในอาคารสำนักงาน

3.2 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในการนำน้ำกลับมาใช้ในอาคารพักอาศัย

โดยข้อจำกัดของผลการวิเคราะห์ดังกล่าว จะเป็นการประมาณการลงทุนเฉพาะอาคารที่กำลังจะมีแผนการดำเนินการก่อสร้างใหม่ ส่วนอาคารที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วนั้นความเป็นไปได้ในการลงทุนเพื่อนำน้ำกลับมาใช้ใหม่มีน้อยมาก เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านโครงสร้างและพื้นที่ของอาคาร นอกจากนี้จะกำหนดอัตราค่าน้ำประปาที่ใช้ในการเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายรายปีของการนำน้ำกลับมาใช้ไว้เท่ากับ 11.31 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นอัตราสูงสุดในปัจจุบัน

3.1 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในการนำน้ำกลับมาใช้ในอาคารสำนักงาน

ในอาคารสำนักงาน สามารถจะนำน้ำเสียกลับมาใช้กลับมาใช้ได้ทั้งกับกิจกรรมภายในและภายนอกอาคารดังได้กล่าวมาแล้วในบททบทวนเอกสาร ลักษณะของกิจกรรมที่แตกต่างกันมีผลต่อการลงทุนในเรื่องของระบบจ่ายน้ำ กิจกรรมภายในอาคารที่สามารถนำน้ำเสียกลับมาใช้ได้ ได้แก่ การนำมาใช้เป็นน้ำชักโครก ส่วนกิจกรรมภายนอกอาคารที่สามารถนำน้ำเสียกลับมาใช้ได้ ได้แก่ การนำมาใช้เป็นน้ำชดเชยในระบบปรับอากาศ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่มีปริมาณความต้องการน้ำสูงถึงประมาณ 50% ของปริมาณน้ำใช้ทั้งหมดของอาคาร นอกจากนี้ยังสามารถนำน้ำเสียมาใช้รดต้นไม้ ทำความสะอาดพื้น หรือล้างรถ เนื่องจากการนำน้ำมาใช้ในการชักโครกและใช้เป็นน้ำชดเชยในระบบปรับอากาศมีปริมาณการใช้น้ำสูง และปริมาณน้ำทิ้งของอาคารเพียงพอที่จะสามารถนำกลับมาใช้ได้กับกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการนำน้ำกลับมาใช้ในอาคาร

สำนักงาน จึงจะทำการพิจารณาถึงความคุ้มค่าของการนำน้ำกลับมาใช้ในการชักโครก หรือใช้เป็นน้ำชดเชยในระบบปรับอากาศเท่านั้น ซึ่งรายละเอียดของการวิเคราะห์มีดังนี้

3.1.1 การนำน้ำกลับมาใช้ในการชักโครก

กิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในอาคารที่สามารถนำน้ำเสียกลับมาใช้ได้ ได้แก่ การนำกลับมาใช้เป็นน้ำชักโครก ซึ่งปริมาณการใช้น้ำในกิจกรรมดังกล่าวประมาณ 80% ของปริมาณการใช้น้ำทั้งหมดของอาคาร โดยไม่รวมน้ำชดเชยสำหรับระบบปรับอากาศ

การลงทุนเพิ่มในระบบนำน้ำกลับมาใช้ใหม่เพื่อการชักโครก จะประกอบด้วยเงินลงทุนก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเพื่อนำกลับมาใช้ ถังเก็บน้ำ และระบบจ่ายน้ำ ซึ่งเงินลงทุนของระบบจ่ายน้ำที่เพิ่มขึ้นในแต่ละอาคารจะไม่เท่ากัน ขึ้นกับลักษณะโครงสร้างของอาคารนั้น ๆ ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จะกำหนดให้ความสูงของอาคารสำนักงานอยู่ในช่วง 20 - 25 ชั้น หรือประมาณ 100 เมตร และใช้ระบบจ่ายน้ำแบบจ่ายลง (Down Feed) โดยใช้ท่อแนวดิ่ง (Riser) จำนวน 2 เส้น

ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เมื่อบำบัดน้ำโดยวิธีกรองตรง วิธีดูดติดผิว และวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง เพื่อนำน้ำกลับมาใช้ในการชักโครกภายในอาคารสำนักงานได้ผลดังนี้

3.1.1.1 การบำบัดโดยวิธีกรองตรง

จากผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการบำบัดน้ำ โดยวิธีกรองตรง เพื่อนำกลับมาใช้เป็นน้ำชักโครก โดยใช้อัตราดอกเบี้ยเท่ากับ 8.0% ดังในตารางที่ 4.15 พบว่า

อาคารที่มีพื้นที่ 25,000 ตารางเมตร ต้องใช้เงินลงทุนในการเพิ่มระบบนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ประมาณ 1.56 ล้านบาท และเสียค่าใช้จ่ายต่อปีประมาณ 0.71 ล้านบาทต่อปี หรือ 11.57 บาทต่อลูกบาศก์เมตร สูงกว่าอัตราค่าน้ำประปา 0.26 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

อาคารที่มีพื้นที่ 50,000 ตารางเมตร ต้องใช้เงินลงทุนในการเพิ่มระบบนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ประมาณ 2.69 ล้านบาท และเสียค่าใช้จ่ายต่อปีประมาณ 1.34 ล้านบาทต่อปี หรือ 11.05 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งต่ำกว่าอัตราค่าน้ำประปาอยู่ 0.26 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

อาคารที่มีพื้นที่ 75,000 ตารางเมตร ต้องใช้เงินลงทุนในการเพิ่มระบบนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ประมาณ 3.71 ล้านบาท และเสียค่าใช้จ่ายต่อปีประมาณ 1.96 ล้านบาทต่อปี หรือ 10.73 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ต่ำกว่าอัตราค่าน้ำประปา 0.58 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

อาคารที่มีพื้นที่ 100,000 ตารางเมตร ต้องใช้เงินลงทุนในการเพิ่มระบบนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ประมาณ 4.80 ล้านบาท และเสียค่าใช้จ่ายต่อปีประมาณ 2.59 ล้านบาทต่อปี หรือ 10.64 บาทต่อลูกบาศก์เมตร สูงกว่าอัตราค่าน้ำประปา 0.67 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการนำน้ำเสียกลับมาใช้เป็นน้ำชักโครกในอาคารสำนักงาน โดยการกรองตรง

รายละเอียด	หน่วย	ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ที่อัตราการผลิตน้ำต่าง ๆ			
		167 $ม^3$./วัน	333 $ม^3$./วัน	500 $ม^3$./วัน	667 $ม^3$./วัน
พื้นที่ใช้สอยของอาคาร	ตารางเมตร	25,000	50,000	75,000	100,000
ค่าน้ำประปาที่ประหยัดได้	บาท / ปี	689,401.05	1,374,673.95	2,064,075.00	2,753,476.05
	บาท / $ม^3$	11.31	11.31	11.31	11.31
เงินลงทุน	บาท	1,560,075.25	2,687,333.58	3,708,622.72	4,802,478.50
ค่าใช้จ่ายรายปี	บาท / ปี	705,421.07	1,343,420.20	1,958,107.33	2,589,401.98
	บาท / $ม^3$	11.57	11.05	10.73	10.64
กำไรสุทธิ	บาท / ปี	(16,020.02)	31,253.75	105,967.67	164,074.07
	บาท / $ม^3$	(0.26)	0.26	0.58	0.67
อัตราผลตอบแทน	%	-	< 0.1	< 0.1	< 0.1
ระยะเวลาคืนทุน	ปี	-	85.98	35.00	29.27

หมายเหตุ : (-) หมายถึง ไม่สามารถวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนการลงทุนและระยะเวลาคืนทุนได้

ที่มา : จากรายละเอียดการคำนวณในภาคผนวก ค

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากผลการวิเคราะห์การลงทุนเพิ่ม ในระบบนำน้ำเสียกลับมาใช้เป็นน้ำชักโครกในอาคารที่มีขนาด 25,000 - 100,000 ตารางเมตร โดยวิธีกรองตรง เมื่อใช้อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ 8.0% จะเสียค่าใช้จ่ายรายปีต่ำกว่ากว่ามูลค่าน้ำประปาที่อาคารสามารถประหยัดได้ แต่อัตราผลตอบแทนที่ได้จะต่ำกว่า 0.1% ทำให้ไม่มีความคุ้มค่าสำหรับการลงทุนนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ และเมื่อใช้อัตราดอกเบี้ยที่ 15.0% จะเสียค่าใช้จ่ายรายปีสูงกว่าค่าน้ำประปาของอาคาร ซึ่งจะให้ผลกำไรสุทธิมีค่าน้อยกว่าศูนย์ (แสดงในตารางที่ ค.31) จึงไม่สามารถหาอัตราผลตอบแทนการลงทุนได้ นอกจากนี้จากผลการทดลองยังพบว่าน้ำที่ผ่านการกรองตรงมีความเข้มของสีสูง ไม่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ชักโครก

3.1.1.2 การบำบัดโดยวิธีดูดติดผิว

ตารางที่ 4.16 แสดงผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการบำบัดน้ำโดยวิธีดูดติดผิว ที่อัตราดอกเบี้ย 8.0% จะเห็นว่าอาคารที่มีพื้นที่ 25,000 ตารางเมตร หรือมีอัตราการนำน้ำกลับมาใช้อยู่ในช่วง 167 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ต้องใช้เงินลงทุนในการเพิ่มระบบทั้งสิ้น 1.91 ล้านบาท และเสียค่าใช้จ่ายรายปี 1.21 ล้านบาทต่อปี หรือ 19.87 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าน้ำประปาของอาคารแล้ว พบว่า ค่าใช้จ่ายรายปีของการบำบัดโดยวิธีดูดติดผิวจะสูงกว่ามูลค่าของน้ำประปาที่ประหยัดได้ประมาณ 8.56 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

อาคารที่มีพื้นที่ 50,000 ตารางเมตร หรือมีอัตราการนำน้ำกลับมาใช้อยู่ในช่วง 333 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ต้องใช้เงินลงทุนในการเพิ่มระบบทั้งสิ้น 3.40 ล้านบาท และเสียค่าใช้จ่ายรายปี 2.34 ล้านบาทต่อปี หรือ 19.39 บาทต่อลูกบาศก์เมตร สูงกว่ามูลค่าของน้ำประปาที่ประหยัดได้ประมาณ 8.08 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

อาคารที่มีพื้นที่ 75,000 ตารางเมตร หรือมีอัตราการนำน้ำกลับมาใช้อยู่ในช่วง 500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ต้องใช้เงินลงทุนในการเพิ่มระบบทั้งสิ้น 4.70 ล้านบาท และเสียค่าใช้จ่ายรายปี 3.47 ล้านบาทต่อปี หรือ 19.02 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งจะสูงกว่ามูลค่าของน้ำประปาที่ประหยัดได้ประมาณ 7.71 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

อาคารที่มีพื้นที่ 100,000 ตารางเมตร หรือมีอัตราการนำน้ำกลับมาใช้อยู่ในช่วง 667 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ต้องใช้เงินลงทุนในการเพิ่มระบบทั้งสิ้น 5.97 ล้านบาท และเสียค่าใช้จ่ายรายปี 4.60 ล้านบาทต่อปี หรือ 18.91 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งสูงกว่ามูลค่าของน้ำประปาที่ประหยัดได้ประมาณ 7.59 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

จากผลการวิเคราะห์ จะพบว่าที่อัตราดอกเบี้ย 8.0% ค่าใช้จ่ายรายปีในหน่วยบาทต่อลูกบาศก์เมตรสูงกว่าอัตราค่าน้ำประปาประมาณ 1.75 เท่า ทั้งนี้เนื่องมาจากค่าพลังงานที่ใช้ในการบำบัดน้ำซึ่งได้จากการดำเนินการทดลอง สูงกว่าอัตราค่าน้ำประปา 1.69 บาทต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อนำค่าดังกล่าวมาคิดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานรวมกับอัตราดอกเบี้ยที่จะต้องเสียให้

ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการนำน้ำเสียกลับมาใช้เป็นน้ำชักโครกในอาคารสำนักงาน โดยการดูดติดผิว

รายละเอียด	หน่วย	ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ที่อัตราการผลิตน้ำต่าง ๆ			
		167 $ม^3$./วัน	333 $ม^3$./วัน	500 $ม^3$./วัน	667 $ม^3$./วัน
พื้นที่ใช้สอยของอาคาร	ตารางเมตร	25,000	50,000	75,000	100,000
ค่าน้ำประปาที่ประหยัดได้	บาท / ปี	689,401.05	1,374,673.95	2,064,075.00	2,753,476.05
	บาท / $ม^3$	11.31	11.31	11.31	11.31
เงินลงทุน	บาท	1,906,113.25	3,404,126.58	4,698,538.57	5,974,064.30
ค่าใช้จ่ายรายปี	บาท / ปี	1,211,217.96	2,357,191.35	3,471,252.17	4,602,279.26
	บาท / $ม^3$	19.87	19.39	19.02	18.90
กำไรสุทธิ	บาท / ปี	(521,816.91)	(982,517.40)	(1,407,177.17)	(1,848,803.21)
	บาท / $ม^3$	(8.56)	(8.08)	(7.71)	(7.59)
อัตราผลตอบแทน	%	-	-	-	-
ระยะเวลาคืนทุน	ปี	-	-	-	-

หมายเหตุ : (-) หมายถึง ไม่สามารถวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนการลงทุนและระยะเวลาคืนทุนได้

ที่มา : จากรายละเอียดการคำนวณในภาคผนวก ค

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แก่สถาบันการเงิน จึงทำให้อาคารต้องเสียค่าใช้จ่ายรายปีสูงกว่าการใช้น้ำประปา ดังนั้นไม่ว่าที่อัตราดอกเบี้ยเงินกู้จะเป็นเท่าใด การบำบัดโดยวิธีดูดติดผิวจึงไม่มีความคุ้มทุนในการบำบัดน้ำเพื่อนำกลับมาใช้เป็นชักโครกภายในอาคาร เว้นเสียแต่ว่าอัตราค่าน้ำประปามีราคาสูงขึ้น

3.1.1.3 การบำบัดโดยวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

ตารางที่ 4.17 จะแสดงผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการบำบัดน้ำโดยการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรองที่อัตราดอกเบี้ย 8.0% พบว่า เงินลงทุนสำหรับอาคารที่มีขนาด 25,000 ตารางเมตร ประมาณ 3.14 ล้านบาท และเสียค่าใช้จ่ายรายปี 0.96 ล้านบาทต่อปี หรือประมาณ 15.73 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

อาคารที่มีขนาด 50,000 ตารางเมตร ต้องใช้เงินลงทุนทั้งสิ้น 5.86 ล้านบาท เสียค่าใช้จ่ายรายปีประมาณ 1.85 ล้านบาทต่อปี หรือ 15.24 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

อาคารที่มีขนาด 75,000 ตารางเมตร ใช้เงินลงทุนประมาณ 8.39 ล้านบาท และเสียค่าใช้จ่ายรายปีประมาณ 2.71 ล้านบาทต่อปี หรือ 14.87 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

อาคารที่มีขนาด 100,000 ตารางเมตร ใช้เงินลงทุนประมาณ 11.05 ล้านบาท และเสียค่าใช้จ่ายรายปีประมาณ 3.60 ล้านบาทต่อปี หรือ 14.78 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

เมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายรายปีกับค่าน้ำประปาของอาคารแล้ว พบว่าการบำบัดน้ำโดยการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรองไม่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน เนื่องจากต้องใช้เงินลงทุนในส่วนของถังกรองสูง ทำให้ต้องรับภาระในการจ่ายดอกเบี้ยมาก ส่งผลต่อค่าใช้จ่ายรายปีที่ทางอาคารต้องเสียเมื่อนำน้ำกลับมาใช้ในอาคารสูงกว่าค่าน้ำประปา ทำให้กำไรสุทธิมีค่าเป็นลบ ดังนั้นเมื่อคิดอัตราดอกเบี้ยที่ 15.0% จะทำให้ทางอาคารขาดทุนมากขึ้น (แสดงในตารางที่ ค.33)

จากการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ของการบำบัดน้ำโดยการกรองตรง การดูดติดผิว และการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง พบว่าการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรองต้องใช้เงินลงทุนสูงกว่าการกรองตรงและการดูดติดผิว ประมาณ 2.3 เท่า และ 1.8 เท่า ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากแผ่นเยื่อกรองมีราคาสูงกว่าสารกรองที่ใช้ในกระบวนการกรองตรงและกระบวนการดูดติดผิว และเมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายรายปีของการบำบัดน้ำทั้ง 3 วิธี กับค่าน้ำประปาที่ประหยัดได้สำหรับอาคารขนาดต่าง ๆ ซึ่งจะเห็นว่าค่าใช้จ่ายรวมต่อปีของการบำบัดน้ำโดยวิธีกรองตรงจะถูกกว่าการบำบัดโดยการดูดติดผิวและการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง แต่ค่าใช้จ่ายรายปีของการบำบัดด้วยวิธีทั้งสาม จะให้อัตราผลตอบแทนที่ไม่เหมาะสมสำหรับการลงทุน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการบำบัดน้ำเพื่อนำกลับมาใช้เป็นน้ำชักโครกภายในอาคารสำนักงาน ที่ต้องมีการลงทุนเพิ่มในส่วนของระบบท่อจ่ายน้ำนั้น ไม่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน

ตารางที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการนำน้ำเสียกลับมาใช้เป็นน้ำชักโครกในอาคารสำนักงาน โดยการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

รายละเอียด	หน่วย	ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ที่อัตราการผลิตน้ำต่าง ๆ			
		167 $ม^3$./วัน	333 $ม^3$./วัน	500 $ม^3$./วัน	667 $ม^3$./วัน
พื้นที่ใช้สอยของอาคาร	ตารางเมตร	25,000	50,000	75,000	100,000
ค่าน้ำประปาที่ประหยัดได้	บาท / ปี	689,401.05	1,374,673.95	2,064,075.00	2,753,476.05
	บาท / $ม^3$	11.31	11.31	11.31	11.31
เงินลงทุน	บาท	3,135,784.00	5,863,468.08	8,387,550.82	11,047,228.55
ค่าใช้จ่ายรายปี	บาท / ปี	958,769.95	1,852,295.33	2,713,908.15	3,597,680.74
	บาท / $ม^3$	15.73	15.24	14.87	14.78
กำไรสุทธิ	บาท / ปี	(269,368.90)	(477,621.38)	(649,833.15)	(844,204.69)
	บาท / $ม^3$	(4.42)	(3.93)	(3.56)	(3.47)
อัตราผลตอบแทน	%	-	-	-	-
ระยะเวลาคืนทุน	ปี	-	-	-	-

หมายเหตุ : (-) หมายถึง ไม่สามารถวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนการลงทุนและระยะเวลาคืนทุนได้

ที่มา : จากรายละเอียดการคำนวณในภาคผนวก ค

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.2 การนำน้ำกลับมาใช้เป็นน้ำชดเชยในระบบปรับอากาศ

การนำน้ำกลับมาใช้เป็นน้ำชดเชยในระบบปรับอากาศ เป็นกิจกรรมที่มีความต้องการใช้น้ำมากถึงประมาณ 50% ของปริมาณน้ำทั้งหมดของอาคาร ส่วนปริมาณการใช้น้ำสำหรับรดต้นไม้ หรือทำความสะอาดพื้นนั้นมีไม่มากนัก ดังนั้นการนำน้ำกลับมาใช้กับกิจกรรมภายนอกอาคารจึงจะมุ่งพิจารณาถึงการนำมาใช้เป็นน้ำชดเชยมากกว่าการใช้รดน้ำต้นไม้หรือทำความสะอาดพื้น

การนำน้ำกลับมาใช้ในกิจกรรมเหล่านี้ ไม่ว่าจะเลือกใช้วิธีการบำบัดแบบใดก็ตาม จะมีการเดินระบบจ่ายน้ำเพิ่มเติมจากระบบเดิมไม่มากนัก ทำให้เงินลงทุนต่ำกว่าการนำน้ำกลับมาใช้ในการชักโครกประมาณ 50%

ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการบำบัดน้ำโดยการกรองตรง การดูดติดผิว และการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง เพื่อนำน้ำกลับมาใช้เป็นน้ำชดเชยในระบบปรับอากาศ สำหรับอาคารที่มีขนาดตั้งแต่ 25,000 - 100,000 ตารางเมตร มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.2.1 การบำบัดโดยวิธีกรองตรง

ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เมื่อบำบัดน้ำโดยวิธีกรองตรง เพื่อนำมาใช้เป็นน้ำชดเชยในระบบปรับอากาศ ตามตารางที่ 4.18 พบว่าที่อัตราดอกเบี้ย 8.0% การบำบัดน้ำที่อัตราเฉลี่ย 167 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรืออาคารที่มีพื้นที่ 25,000 ตารางเมตร ต้องใช้เงินลงทุนเพิ่มประมาณ 0.73 ล้านบาท เสียค่าใช้จ่ายรายปีประมาณ 0.62 ล้านบาทต่อปี หรือ 10.23 บาทต่อลูกบาศก์เมตร สามารถทำให้ค่าน้ำประปาของอาคารลดลงได้สุทธิประมาณ 1.08 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งให้อัตราผลตอบแทนการลงทุนน้อยกว่า 0.1% โดยใช้ระยะเวลาคืนทุนประมาณ 11 ปี

ถ้ามีการนำน้ำกลับมาใช้ในอัตราเฉลี่ย 333 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือคิดเป็นขนาดของอาคาร 50,000 ตารางเมตร จะใช้เงินลงทุนประมาณ 1.06 ล้านบาท เสียค่าใช้จ่ายรายปีประมาณ 1.19 ล้านบาทต่อปี หรือ 9.80 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งจะทำให้อาคารสามารถประหยัดค่าน้ำประปาได้สุทธิ 1.51 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ให้อัตราผลตอบแทนการลงทุน 11.5% ใช้ระยะเวลาคืนทุนประมาณ 5 ปี 9 เดือน

สำหรับอาคารที่มีอัตราการนำน้ำกลับโดยเฉลี่ย 500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือมีพื้นที่ประมาณ 75,000 ตารางเมตร ต้องใช้เงินลงทุนประมาณ 1.31 ล้านบาท เสียค่าใช้จ่ายรายปีประมาณ 9.51 บาทต่อลูกบาศก์เมตร จะให้ประหยัดค่าน้ำประปาประมาณ 1.80 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ให้อัตราผลตอบแทนการลงทุน 21.5% ซึ่งต่ำกว่าอัตราดอกเบี้ยมาตรฐาน 13.5% ใช้ระยะเวลาคืนทุนประมาณ 4 ปี

สำหรับอาคารที่มีขนาด 100,000 ตารางเมตร หรือมีอัตราการนำกลับโดยเฉลี่ย 667 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ต้องใช้เงินลงทุนประมาณ 1.63 ล้านบาท โดยเสียค่าใช้จ่ายต่อปี

ตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการนำน้ำเสียกลับมาใช้เป็นน้ำชดเชยในระบบปรับอากาศในอาคารสำนักงาน โดยการกรองตรง

รายละเอียด	หน่วย	ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ที่อัตราการผลิตน้ำต่าง ๆ			
		167 $ม^3$./วัน	333 $ม^3$./วัน	500 $ม^3$./วัน	667 $ม^3$./วัน
พื้นที่ใช้สอยของอาคาร	ตารางเมตร	25,000	50,000	75,000	100,000
ค่าน้ำประปาที่ประหยัดได้	บาท / ปี	689,401.05	1,374,673.95	2,064,075.00	2,753,476.05
	บาท / $ม^3$	11.31	11.31	11.31	11.31
เงินลงทุน	บาท	725,876.50	1,062,190.83	1,305,512.39	1,626,961.92
ค่าใช้จ่ายรายปี	บาท / ปี	623,651.67	1,190,553.46	1,736,242.71	2,299,441.94
	บาท / $ม^3$	10.23	9.80	9.51	9.45
กำไรสุทธิ	บาท / ปี	65,749.38	184,120.49	327,832.29	454,034.11
	บาท / $ม^3$	1.08	1.51	1.80	1.86
อัตราผลตอบแทน (ที่อัตราดอกเบี้ย 8%)	%	< 0.1	11.5	21.5	24.9
ระยะเวลาคืนทุน (ที่อัตราดอกเบี้ย 8%)	ปี	11.04	5.77	3.98	3.58
อัตราผลตอบแทน (ที่อัตราดอกเบี้ย 15%)	%	< 0.1	0.6	12.5	16.3
ระยะเวลาคืนทุน (ที่อัตราดอกเบี้ย 15%)	ปี	48.59	9.68	5.52	4.78

ที่มา : จากรายละเอียดการคำนวณในภาคผนวก ค

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประมาณ 9.45 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งจะทำให้สามารถประหยัดค่าน้ำประปาได้ประมาณ 1.86 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ให้อัตราผลตอบแทนการลงทุน 24.9% สูงกว่าอัตราดอกเบี้ยมาตรฐานอยู่ 16.9% ใช้ระยะเวลาในการคืนทุนประมาณ 3 ปี 7 เดือน

จากผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าการนำน้ำเสียกลับมาใช้เป็นน้ำชดเชยในระบบปรับอากาศสำหรับอาคารที่มีขนาดตั้งแต่ 50,000 ตารางเมตรขึ้นไป หรือมีอัตราการนำน้ำกลับประมาณ 333 ลูกบาศก์เมตรต่อวันขึ้นไป จะให้อัตราผลตอบแทนการลงทุนไม่น้อยกว่า 11.5% ซึ่งสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยมาตรฐานที่กำหนดไว้ (8.0%) จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับการลงทุน

แต่ถ้าพิจารณาที่อัตราดอกเบี้ยมาตรฐาน 15.0% จะทำให้ค่าใช้จ่ายรายปีของการนำน้ำกลับมาใช้สูงขึ้น (ตารางที่ ค.34) จะทำให้อัตราผลตอบแทนการลงทุนอยู่ในช่วงที่เหมาะสม ก็ต่อเมื่อมีการนำน้ำกลับมาใช้ในอัตราเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 667 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งจะให้อัตราผลตอบแทนการลงทุนประมาณ 16.3% และใช้ระยะเวลาคืนทุนประมาณ 4 ปี 9 เดือน (ตารางที่ 4.18)

3.1.2.2 การบำบัดโดยวิธีดูดติดผิว

จากตารางที่ 4.19 ที่แสดงผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการบำบัดน้ำโดยวิธีดูดติดผิว ที่อัตราดอกเบี้ย 8.0% จะเห็นว่าอาคารขนาด 25,000 ตารางเมตร ใช้เงินลงทุนทั้งสิ้น 1.07 ล้านบาท เสียค่าใช้จ่ายในการนำน้ำกลับมาใช้ประมาณ 1.13 ล้านบาทต่อปี หรือ 18.53 บาทต่อลูกบาศก์เมตร สูงกว่าอัตราค่าน้ำประปา 7.22 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

อาคารขนาด 50,000 ตารางเมตร ใช้เงินลงทุนทั้งสิ้น 1.78 ล้านบาท เสียค่าใช้จ่ายรายปีประมาณ 2.20 ล้านบาท หรือ 18.14 บาทต่อลูกบาศก์เมตร สูงกว่าอัตราค่าน้ำประปา 6.49 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

อาคารขนาด 75,000 ตารางเมตร ใช้เงินลงทุนประมาณ 2.30 ล้านบาท เสียค่าใช้จ่ายรายปีประมาณ 3.25 ล้านบาท หรือ 17.80 บาทต่อลูกบาศก์เมตร สูงกว่าอัตราค่าน้ำประปา 6.49 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

อาคารขนาด 100,000 ตารางเมตร ใช้เงินลงทุนประมาณ 2.80 ล้านบาท และเสียค่าใช้จ่ายรายปีประมาณ 4.31 ล้านบาท หรือ 17.71 บาทต่อลูกบาศก์เมตร สูงกว่าอัตราค่าน้ำประปา 6.40 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

จากผลการวิเคราะห์ ถึงแม้ว่าเงินลงทุนสำหรับระบบนำน้ำกลับมาใช้จะลดลงเหลืออยู่ประมาณ 1.07 - 2.80 ล้านบาท เมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อนำน้ำไปใช้กับการชักโครก แต่ค่าใช้จ่ายรายปีของการบำบัดน้ำที่อัตราการนำกลับต่าง ๆ ซึ่งมีค่าประมาณ 1.12 - 4.31 ล้านบาท หรือประมาณ 17.71 - 18.53 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ยังคงมีสูงกว่าค่าน้ำประปาที่ทางอาคารจะประหยัดได้ประมาณ 6.40 - 7.22 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ทั้งนี้เนื่องจากผลการทดลองบำบัดโดยวิธีดูดติดผิวจะเสีย

ตารางที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการนำน้ำเสียกลับมาใช้เป็นน้ำชดเชยในระบบปรับอากาศ ในอาคารสำนักงาน โดยการดูดติดผิว

รายละเอียด	หน่วย	ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ที่อัตราการผลิตน้ำต่าง ๆ			
		167 $ม^3$./วัน	333 $ม^3$./วัน	500 $ม^3$./วัน	667 $ม^3$./วัน
พื้นที่ใช้สอยของอาคาร	ตารางเมตร	25,000	50,000	75,000	100,000
ค่าน้ำประปาที่ประหยัดได้	บาท / ปี	689,401.05	1,374,673.95	2,064,075.00	2,753,476.05
	บาท / $ม^3$	11.31	11.31	11.31	11.31
เงินลงทุน	บาท	1,071,914.50	1,778,983.83	2,295,428.24	2,798,547.72
ค่าใช้จ่ายรายปี	บาท / ปี	1,129,448.56	2,204,324.61	3,249,387.54	4,312,319.22
	บาท / $ม^3$	18.53	18.14	17.80	17.71
กำไรสุทธิ	บาท / ปี	(440,047.51)	(829,650.66)	(1,185,312.54)	(1,558,843.17)
	บาท / $ม^3$	(7.22)	(6.83)	(6.49)	(6.40)
อัตราผลตอบแทน	%	-	-	-	-
ระยะเวลาคืนทุน	ปี	-	-	-	-

หมายเหตุ : (-) หมายถึง ไม่สามารถวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนการลงทุนและระยะเวลาคืนทุนได้

ที่มา : จากรายละเอียดการคำนวณในภาคผนวก ค

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำสูงกว่าอัตราค่าน้ำประปา จึงทำให้วิธีดูดติดผิวจึงไม่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน

3.1.2.3 การบำบัดโดยวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

จากผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการบำบัดน้ำโดยการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรองที่อัตราดอกเบี้ย 8.0% ดังแสดงในตารางที่ 4.20 พบว่า อาคารขนาด 25,000 ตารางเมตร ต้องการเงินลงทุนประมาณ 2.30 ล้านบาท และจะต้องเสียค่าใช้จ่ายรายปีประมาณ 0.88 ล้านบาทต่อปี หรือ 14.39 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งสูงกว่าค่าน้ำประปาประมาณ 3.08 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

อาคารขนาด 50,000 ตารางเมตร ต้องการเงินลงทุนประมาณ 4.24 ล้านบาท เสียค่าใช้จ่ายรายปี 1.70 ล้านบาทต่อปี หรือ 13.98 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งสูงกว่าค่าน้ำประปาประมาณ 2.67 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

อาคารขนาด 75,000 ตารางเมตร ต้องการเงินลงทุนประมาณ 5.98 ล้านบาท เสียค่าใช้จ่ายรายปี 2.49 ล้านบาทต่อปี หรือ 13.66 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งสูงกว่าค่าน้ำประปาประมาณ 2.35 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

อาคารขนาด 100,000 ตารางเมตร ต้องการเงินลงทุนประมาณ 7.87 ล้านบาท เสียค่าใช้จ่ายรายปี 3.31 ล้านบาทต่อปี หรือ 13.59 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งสูงกว่าค่าน้ำประปาประมาณ 2.28 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

จากผลการวิเคราะห์จะเห็นว่า การลงทุนบำบัดน้ำโดยวิธีดังกล่าวไม่มีความคุ้มทุนที่อัตราดอกเบี้ย 8.0% ดังนั้นเมื่ออัตราดอกเบี้ยสูงขึ้นวิธีนี้จึงไม่น่ามีความคุ้มทุนแน่นอน จึงจะไม่ทำการวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์ที่อัตราดอกเบี้ย 15.0%

เมื่อเปรียบเทียบถึงความเหมาะสมของการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ในอาคารสำนักงานโดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ สรุปได้ว่าอาคารสำนักงานที่มีขนาดตั้งแต่ 50,000 ตารางเมตรขึ้นไป หรือมีอัตราการนำน้ำกลับมาใช้โดยเฉลี่ยมากกว่า 333 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน จะสามารถลดค่าน้ำประปาของอาคารลงได้โดยนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่เป็นน้ำชดเชยในระบบปรับอากาศโดยใช้วิธีการบำบัดแบบกรองตรง โดยอัตราผลตอบแทนที่ได้จากการลงทุนไม่น้อยกว่า 11.5 % ซึ่งสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยมาตรฐานที่ 8.0% และใช้ระยะเวลาคืนทุนมากที่สุดประมาณ 5 ปี 9 เดือน ซึ่งอัตราผลตอบแทนดังกล่าวเป็นอัตราที่น่าสนใจสำหรับการลงทุน แต่ถ้าอัตราดอกเบี้ยมาตรฐานสูงขึ้นเป็น 15.0% จะทำให้การลงทุนมีความน่าสนใจก็ต่อเมื่อนำน้ำกลับมาใช้ในอัตราไม่ต่ำกว่าวันละ 667 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งจะให้อัตราผลตอบแทนการลงทุนประมาณ 16.3% และใช้ระยะเวลาคืนทุนประมาณ 4 ปี 9 เดือน

ตารางที่ 4.20 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการนำน้ำเสียกลับมาใช้เป็นน้ำชดเชยในระบบปรับอากาศ ในอาคารสำนักงาน โดยการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

รายละเอียด	หน่วย	ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ที่อัตราการผลิตน้ำต่าง ๆ			
		167 $ม^3$./วัน	333 $ม^3$./วัน	500 $ม^3$./วัน	667 $ม^3$./วัน
พื้นที่ใช้สอยของอาคาร	ตารางเมตร	25,000	50,000	75,000	100,000
ค่าน้ำประปาที่ประหยัดได้	บาท / ปี	689,401.05	1,374,673.95	2,064,075.00	2,753,476.05
	บาท / $ม^3$	11.31	11.31	11.31	11.31
เงินลงทุน	บาท	2,301,585.25	4,238,325.33	5,984,440.49	7,871,711.97
ค่าใช้จ่ายรายปี	บาท / ปี	877,000.55	1,699,428.59	2,492,043.52	3,307,720.69
	บาท / $ม^3$	14.39	13.98	13.66	13.59
กำไรสุทธิ	บาท / ปี	(187,599.50)	(324,754.64)	(427,968.52)	(554,244.64)
	บาท / $ม^3$	(3.08)	(2.67)	(2.35)	(2.28)
อัตราผลตอบแทน	%	-	-	-	-
ระยะเวลาคืนทุน	ปี	-	-	-	-

หมายเหตุ : (-) หมายถึง ไม่สามารถวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนการลงทุนและระยะเวลาคืนทุนได้

ที่มา : จากรายละเอียดการคำนวณในภาคผนวก ค

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับการบำบัดน้ำโดยวิธีดูดติดผิวและวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรองเพื่อนำกลับมาใช้ในอาคารสำนักงานนั้น ในปัจจุบันนี้ยังไม่มีความเหมาะสมสำหรับการลงทุนเพราะการบำบัดน้ำโดยวิธีดูดติดผิวต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสูงกว่าอัตราค่าน้ำประปา ส่วนวิธีการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรองต้องใช้เงินลงทุนสูงเนื่องจากแผ่นเยื่อกรองมีราคาแพง ดังนั้นวิธีการบำบัดทั้ง 2 วิธีนี้จะคุ้มทุนก็ต่อเมื่ออัตราค่าน้ำประปาเพิ่มขึ้นจากอัตราที่เก็บอยู่ในปัจจุบันนี้ ซึ่งเท่ากับ 11.31 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

3.2 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในการนำน้ำกลับมาใช้ในอาคารพักอาศัย

สำหรับในอาคารพักอาศัย กิจกรรมที่สามารถนำน้ำกลับมาใช้ได้มากที่สุดได้แก่ การใช้เป็นน้ำชักโครก ซึ่งมีประมาณ 40% ของความต้องการน้ำทั้งหมด ดังนั้น การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในการบำบัดน้ำเสียเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ในอาคารดังกล่าวโดยใช้กระบวนการกรองตรง กระบวนการดูดติดผิว และกระบวนการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง จะพิจารณาเฉพาะกรณีที่มีการนำน้ำกลับมาใช้ภายในอาคารเพื่อการชักโครกเท่านั้น และเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์จะกำหนดให้การจ่ายน้ำของอาคารเป็นแบบจ่ายลง (Down Feed) โดยใช้ท่อแนวดิ่ง 1 เส้น เพื่อจ่ายน้ำให้กับอาคารที่มีความสูงประมาณ 35 ชั้น ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการนำน้ำกลับมาใช้ในอาคารพักอาศัยที่มีจำนวนห้องนอนอยู่ระหว่าง 1,050 - 4,200 ห้องนอน หรือมีพื้นที่ประมาณ 31,500 - 126,000 ตารางเมตร มีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 การบำบัดโดยวิธีกรองตรง

จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการบำบัดน้ำโดยวิธีกรองตรงเพื่อนำน้ำกลับมาใช้ในอาคารพักอาศัย ดังแสดงในตารางที่ 4.21 พบว่าที่อัตราดอกเบี้ย 8.0% อาคารพักอาศัยที่มีจำนวนห้องนอน 1,050 ห้องนอน จะต้องใช้เงินลงทุนเพิ่มระบบนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ประมาณ 2.68 ล้านบาท และเสียค่าใช้จ่ายรายปีประมาณ 0.80 ล้านบาทต่อปี หรือ 13.19 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งจะแพงกว่าค่าน้ำประปาที่ทางอาคารต้องจ่ายประมาณ 1.88 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

อาคารที่มีห้องนอน 2,010 ห้องนอน ต้องใช้เงินลงทุนเพิ่มขึ้นประมาณ 4.56 ล้านบาท และเสียค่าใช้จ่ายรายปีประมาณ 1.48 ล้านบาทต่อปี หรือประมาณ 12.18 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งสูงกว่าค่าน้ำประปา 0.87 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

อาคารที่มีห้องนอน 3,125 ห้องนอน ต้องใช้เงินลงทุนเพิ่มขึ้นประมาณ 6.79 ล้านบาท เสียค่าใช้จ่ายรายปีประมาณ 2.18 ล้านบาทต่อปี หรือประมาณ 11.96 บาทต่อลูกบาศก์เมตร สูงกว่าค่าน้ำประปาที่อาคารสามารถประหยัดได้ปประมาณ 0.65 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 4.21 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการนำน้ำเสียกลับมาใช้เป็นน้ำชักโครกในอาคารพักอาศัย โดยการกรองตรง

รายละเอียด	หน่วย	ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ที่อัตราการผลิตน้ำต่าง ๆ			
		167 ม^3./วัน	333 ม^3./วัน	500 ม^3./วัน	667 ม^3./วัน
พื้นที่ใช้สอยของอาคาร	ตารางเมตร	31,500	60,300	93,750	126,000
จำนวนห้อง	ห้อง	1,050	2,010	3,125	4,200
ค่าน้ำประปาที่ประหยัดได้	บาท / ปี	689,401.05	1,374,673.95	2,064,075.00	2,753,476.05
	บาท / ม^3	11.31	11.31	11.31	11.31
เงินลงทุน	บาท	2,681,609.12	4,563,477.46	6,787,434.03	8,883,255.20
ค่าใช้จ่ายรายปี	บาท / ปี	804,218.78	1,480,051.89	2,182,892.06	2,875,701.40
	บาท / ม^3	13.19	12.18	11.96	11.81
กำไรสุทธิ	บาท / ปี	(114,817.73)	(105,377.94)	(118,817.06)	(122,225.35)
	บาท / ม^3	(1.88)	(0.87)	(0.65)	(0.50)
อัตราผลตอบแทน	%	-	-	-	-
ระยะเวลาคืนทุน	ปี	-	-	-	-

หมายเหตุ : (-) หมายถึง ไม่สามารถวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนการลงทุนและระยะเวลาคืนทุนได้

ที่มา : จากรายละเอียดการคำนวณในภาคผนวก ค

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อาคารที่มีห้องนอน 4,200 ห้องนอน ต้องใช้เงินลงทุนเพิ่มประมาณ 8.88 ล้านบาท เสียค่าใช้จ่ายรายปี 2.88 ล้านบาทต่อปี หรือประมาณ 11.81 บาทต่อลูกบาศก์เมตร สูงกว่าค่าน้ำประปาประมาณ 0.50 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

3.2.2 การบำบัดโดยวิธีดูดติดผิว

ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการบำบัดโดยวิธีดูดติดผิวที่อัตราดอกเบี้ย 8.0% ตามตารางที่ 4.22 พบว่า อาคารขนาด 1,050 ห้องนอน จะต้องลงทุนเพิ่มสำหรับการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ประมาณ 3.03 ล้านบาท โดยเสียค่าใช้จ่ายประมาณ 1.20 ล้านบาทต่อปี หรือประมาณ 19.68 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ค่าใช้จ่ายรายปีดังกล่าวจะสูงกว่าค่าน้ำประปา 8.37 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

อาคารขนาด 2,010 ห้องนอน จะต้องลงทุนเพิ่มสำหรับการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ประมาณ 5.28 ล้านบาท โดยเสียค่าใช้จ่ายประมาณ 2.27 ล้านบาทต่อปี หรือประมาณ 18.70 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ค่าใช้จ่ายรายปีดังกล่าวจะสูงกว่าค่าน้ำประปา 7.39 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

อาคารขนาด 3,125 ห้องนอน จะต้องลงทุนเพิ่มสำหรับการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ประมาณ 7.78 ล้านบาท โดยเสียค่าใช้จ่ายประมาณ 3.37 ล้านบาทต่อปี หรือประมาณ 18.44 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ค่าใช้จ่ายรายปีดังกล่าวจะสูงกว่าค่าน้ำประปา 7.13 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

อาคารขนาด 4,200 ห้องนอน จะต้องลงทุนเพิ่มสำหรับการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ประมาณ 10.05 ล้านบาท โดยเสียค่าใช้จ่ายประมาณ 4.45 ล้านบาทต่อปี หรือประมาณ 18.27 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ค่าใช้จ่ายรายปีดังกล่าวจะสูงกว่าค่าน้ำประปา 6.96 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

3.2.3 การบำบัดโดยวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

ตารางที่ 4.23 จะแสดงผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการบำบัดน้ำโดยวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง ที่อัตราดอกเบี้ย 8.0% ซึ่งจะเห็นว่าอาคารขนาด 1,050 ห้องนอน ต้องใช้เงินลงทุนประมาณ 4.26 ล้านบาท เสียค่าใช้จ่ายรายปีประมาณ 1.07 ล้านบาทต่อปี หรือประมาณ 17.54 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งการบำบัดน้ำโดยวิธีดังกล่าวทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูงกว่าค่าน้ำประปาไม่น้อยกว่า 6.23 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

อาคารที่มีขนาด 2,010 ห้องนอน ต้องใช้เงินลงทุนประมาณ 7.74 ล้านบาท และเสียค่าใช้จ่ายรายปีประมาณ 2.01 ล้านบาทต่อปี หรือ 16.55 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งจะสูงกว่าค่าน้ำประปา 5.24 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

อาคารที่มีขนาด 3,125 ห้องนอน ต้องใช้เงินลงทุนประมาณ 11.47 ล้านบาท และเสียค่าใช้จ่ายรายปีประมาณ 2.97 ล้านบาทต่อปี หรือ 16.29 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งจะสูงกว่าค่าน้ำประปา 4.98 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 4.22 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการนำน้ำเสียกลับมาใช้เป็นน้ำชักโครกในอาคารพักอาศัย โดยการดูดติดผิว

รายละเอียด	หน่วย	ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ที่อัตราการผลิตน้ำต่าง ๆ			
		167 $ม^3$./วัน	333 $ม^3$./วัน	500 $ม^3$./วัน	667 $ม^3$./วัน
พื้นที่ใช้สอยของอาคาร	ตารางเมตร	31,500	60,300	93,750	126,000
จำนวนห้อง	ห้อง	1,050	2,010	3,125	4,200
ค่าน้ำประปาที่ประหยัดได้	บาท / ปี	689,401.05	1,374,673.95	2,064,075.00	2,753,476.05
	บาท / $ม^3$	11.31	11.31	11.31	11.31
เงินลงทุน	บาท	3,027,647.12	5,280,270.46	7,777,349.88	10,054,841.00
ค่าใช้จ่ายรายปี	บาท / ปี	1,199,879.00	2,273,407.70	3,365,342.89	4,447,606.01
	บาท / $ม^3$	19.68	18.70	18.44	18.27
กำไรสุทธิ	บาท / ปี	(510,477.95)	(898,733.75)	(1,301,267.89)	(1,694,129.96)
	บาท / $ม^3$	(8.37)	(7.39)	(7.13)	(6.96)
อัตราผลตอบแทน	%	-	-	-	-
ระยะเวลาคืนทุน	ปี	-	-	-	-

หมายเหตุ : (-) หมายถึง ไม่สามารถวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนการลงทุนและระยะเวลาคืนทุนได้

ที่มา : จากรายละเอียดการคำนวณในภาคผนวก ค

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.23 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการนำน้ำเสียกลับมาใช้เป็นน้ำชักโครกในอาคารพักอาศัย โดยการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

รายละเอียด	หน่วย	ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ที่อัตราการผลิตน้ำต่าง ๆ			
		167 $ม^3$./วัน	333 $ม^3$./วัน	500 $ม^3$./วัน	667 $ม^3$./วัน
พื้นที่ใช้สอยของอาคาร	ตารางเมตร	31,500	60,300	93,750	126,000
จำนวนห้อง	ห้อง	1,050	2,010	3,125	4,200
ค่าน้ำประปาที่ประหยัดได้	บาท / ปี	689,401.05	1,374,673.95	2,064,075.00	2,753,476.05
	บาท / $ม^3$	11.31	11.31	11.31	11.31
เงินลงทุน	บาท	4,257,317.87	7,739,611.96	11,466,362.13	15,128,005.25
ค่าใช้จ่ายรายปี	บาท / ปี	1,068,955.66	2,011,703.02	2,972,856.87	3,929,532.15
	บาท / $ม^3$	17.54	16.55	16.29	16.14
กำไรสุทธิ	บาท / ปี	(379,554.61)	(637,029.07)	(908,781.87)	(1,176,056.10)
	บาท / $ม^3$	(6.23)	(5.24)	(4.98)	(4.83)
อัตราผลตอบแทน	%	-	-	-	-
ระยะเวลาคืนทุน	ปี	-	-	-	-

หมายเหตุ : (-) หมายถึง ไม่สามารถวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนการลงทุนและระยะเวลาคืนทุนได้

ที่มา : จากรายละเอียดการคำนวณในภาคผนวก ค

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อาคารที่มีขนาด 4,200 ห้องนอน ต้องใช้เงินลงทุนประมาณ 15.13 ล้านบาท และเสียค่าใช้จ่ายรายปีประมาณ 3.93 ล้านบาทต่อปี หรือ 16.14 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งจะสูงกว่าค่าน้ำประปา 4.83 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

จากผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการนำน้ำกลับมาใช้ในอาคารพักอาศัยโดยวิธีกรองตรง วิธีดูดติดผิว และวิธีกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง จะเห็นว่าเมื่อกำหนดให้อัตราดอกเบี้ยมาตรฐานเท่ากับ 8.0% การบำบัดน้ำทั้ง 3 วิธี ต้องเสียค่าใช้จ่ายรายปีสูงกว่าค่าน้ำประปาที่ทางอาคารสามารถจะประหยัดได้ ทำให้ผลกำไรที่ทางอาคารควรจะได้รับมีค่าเป็นลบ ดังนั้นเมื่ออัตราดอกเบี้ยสูงขึ้นจะยิ่งทำให้ขาดทุนสูงขึ้น ในที่นี้จึงจะไม่ทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนที่อัตราดอกเบี้ย 15.0% เมื่อเปรียบเทียบเงินลงทุนของการนำน้ำกลับมาใช้กับกิจกรรมในที่พักอาศัยกับอาคารสำนักงานที่มีอัตราการนำน้ำกลับมาใช้โดยเฉลี่ยเท่ากัน พบว่าในอาคารพักอาศัยต้องใช้เงินลงทุนสูงกว่า เพราะการเดินระบบจ่ายน้ำของอาคารพักอาศัยยุ่งยากกว่าระบบจ่ายน้ำของอาคารสำนักงาน ทำให้ต้องมีการลงทุนในระบบจ่ายน้ำสูงกว่า

จากผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สำหรับการบำบัดน้ำโดยการกรองตรง การดูดติดผิว และการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง เพื่อนำกลับมาใช้ในอาคารที่กล่าวมาทั้งหมด สรุปได้ว่าการบำบัดน้ำทั้ง 3 วิธี เพื่อนำกลับมาใช้เป็นน้ำชักโครก ภายในอาคารสำนักงานที่มีขนาดตั้งแต่ 25,000 - 100,000 ตารางเมตร และอาคารพักอาศัยที่มีจำนวนห้องนอนระหว่าง 1,050 - 4,200 ห้องนอน ไม่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน เพราะต้องใช้เงินลงทุนเพิ่มสำหรับระบบจ่ายน้ำค่อนข้างสูง และอัตราค่าน้ำประปาในปัจจุบันนี้ยังมีราคาถูก ทำให้ผลกำไรที่ได้จากการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่มีค่าเป็นลบ ไม่สามารถหาอัตราผลตอบแทนของการลงทุนได้ ถ้าต้องการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้กับกิจกรรมต่าง ๆ ภายนอกอาคาร เช่น การนำมาใช้เป็นน้ำชดเชยในระบบปรับอากาศ ควรจะนำกลับมาใช้ในอาคารที่มีอัตราการนำกลับมากกว่า 333 ลบ.ม./วัน ซึ่งอาจจะพิจารณาเลือกใช้วิธีกรองตรงในการบำบัดน้ำ เพราะจะช่วยประหยัดค่าน้ำประปาได้ไม่ต่ำกว่า 1.51 บาทต่อลบ.ม. โดยอัตราผลตอบแทนที่ได้รับจะสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยมาตรฐานอยู่ 3.5 % และใช้ระยะเวลาคืนทุนทั้งสิ้นไม่เกิน 5 ปี 9 เดือน เมื่อให้อัตราดอกเบี้ยเท่ากับ 8.0% แต่ถ้าอัตราดอกเบี้ยเพิ่มขึ้นเป็น 15.0% ควรจะนำน้ำกลับมาใช้ไม่ต่ำกว่า 667 ลบ.ม./วัน

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงรายละเอียดของค่าใช้จ่ายรายปีในการบำบัดน้ำทั้ง 3 วิธี ในภาคผนวก ค จะเห็นว่าส่วนหนึ่งของค่าใช้จ่ายรายปีทั้งหมดเป็นค่าใช้จ่ายในการชำระดอกเบี้ยเงินกู้ ดังนั้นถ้าแนวทางของการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่นี้ได้รับการสนับสนุนจากทางภาครัฐบาลในเรื่องของเครื่องจักรอุปกรณ์ หรือการลดอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ จะทำให้อัตราผลตอบแทนของการลงทุนน่าสนใจมากขึ้น

การรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจ

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้มีการสำรวจโดยใช้แบบสัมภาษณ์ เพื่อต้องการทราบความคิดเห็นของผู้บริหารโครงการ เกี่ยวกับการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ในอาคารพักอาศัยและอาคารพาณิชยกรรม โดยข้อมูลที่ได้จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ถึงแนวโน้มที่จะมีการลงทุนของการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ในอาคารสูงสำหรับภาวะการณ์ของประเทศไทยในอนาคต

แบบสัมภาษณ์ที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล แสดงในภาคผนวก ง

ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ได้นำพิจารณาตามหัวข้อ ดังต่อไปนี้

1. ลักษณะของโครงการ

จากการสำรวจโครงการอาคารสูง พบว่า

1.1 โครงการอาคารสูงประเภทอาคารสำนักงานที่ทำการสำรวจ ส่วนใหญ่มีความสูงอยู่ในช่วง 20 - 35 ชั้น พื้นที่ใช้สอยของอาคารอยู่ในช่วง 20,000 - 50,000 ตารางเมตร

1.2 โครงการอาคารสูงประเภทอาคารพักอาศัย ส่วนใหญ่เป็นคอนโดมิเนียมสำหรับผู้มีรายได้ระดับปานกลางถึงระดับสูง ความสูงของอาคารที่มีการก่อสร้างแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มอาคารที่มีความสูง 8 ชั้น และกลุ่มที่มีความสูงมากกว่า 10 ชั้น ซึ่งเหตุผลของการกำหนดความสูงจะขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่ และจุดคุ้มทุนของการก่อสร้าง ส่วนจำนวนห้องพักมีตั้งแต่จำนวนน้อยกว่า 50 ห้อง ไปจนถึงมากกว่า 1,000 ห้อง ซึ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการลงทุน

ตารางที่ 4.24 และ 4.25 แสดงรายชื่อกลุ่มตัวอย่างที่ทำการสำรวจประเภทอาคารสำนักงาน และอาคารพักอาศัย ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.24 รายชื่อกลุ่มตัวอย่างที่ทำการสำรวจประเภทอาคารสำนักงาน

(สำรวจระหว่าง 20 พ.ค. - 9 ก.ค. 2539)

ลำดับที่	ชื่อบริษัท	พื้นที่ (ตารางเมตร)	การดำเนินโครงการ	หมายเหตุ
1	บริษัท มอนเทอเรย์แลนด์ ดีเวลลอปเมนท์ จำกัด	20,000	เปิดใช้งานแล้ว	นำน้ำกลับมาใช้ล้างรถ
2	บริษัท ควอลิตี้เฮาส์ จำกัด (มหาชน)	14,000	"	
3	บริษัท พี.เอส เรียลเอสเตท จำกัด	26,000	"	
4	บริษัท ยู.เอ็ม.ไอ พร็อพเพอร์ตี้ จำกัด	45,000	"	
5	บริษัท ว่องวานิช พร็อพเพอร์ตี้ จำกัด	10,500	"	
6	บริษัท ศรีสยาม พร็อพเพอร์ตี้ จำกัด	55,000	"	
7	บริษัท ซี.ไอ พร็อพเพอร์ตี้ จำกัด	30,000	"	
8	บริษัท ซี.พี แลนด์ จำกัด	50,000	"	
9	บริษัท สหวิริยาซิตี้ จำกัด	330,000	"	
10	บริษัท เอช.ที.อาร์ จำกัด	24,000	"	นำน้ำกลับมาใช้ล้างพื้น
11	บริษัท ปริ๊นเซส พร็อพเพอร์ตี้ จำกัด	43,000	"	
12	บริษัท หะรินธร จำกัด	25,000	"	
13	บริษัท เซ็นทรัลพัฒนา จำกัด (มหาชน)	-	"	
14	บริษัท สยามสินธร จำกัด	64,000	"	
15	บริษัท กรีนสยาม จำกัด	30,000	"	

หมายเหตุ : (-) หมายถึง ไม่มีข้อมูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.25 รายชื่อกลุ่มตัวอย่างที่ทำการสำรวจประเภทอาคารพักอาศัย

(สำรวจระหว่าง 20 พ.ค. - 9 ก.ค. 2539)

ลำดับที่	ชื่อบริษัท	จำนวนห้อง (ยูนิต)	การดำเนินโครงการ	หมายเหตุ
1	บริษัท ชนัสม์ เรียลเอสเตท จำกัด	231	เปิดใช้งานแล้ว	
2	บริษัท บ้านพญาไท จำกัด	> 500	กำลังก่อสร้าง	
3	บริษัท แสนสิริ จำกัด (มหาชน)	-	เปิดใช้งานแล้ว	
4	บริษัท ไรมอนแลนด์ จำกัด (มหาชน)	1,700	"	
5	บริษัท สาริน พร็อพเพอร์ตี้ จำกัด	270	"	
6	บริษัท ศรีนครแลนด์ จำกัด	120	"	นำน้ำกลับมาใช้รดต้นไม้
7	บริษัท โนเบิลโฮลดิ้ง จำกัด	> 200	"	นำน้ำกลับมาใช้รดต้นไม้
8	บริษัท ศุภาลัย จำกัด (มหาชน)	> 500	"	
9	บริษัท วอเตอร์ฟอร์ด พร็อพเพอร์ตี้ จำกัด	-	"	พื้นที่ ≈ 40,000 $ม^2$
10	บริษัท วิชชุวรรณ จำกัด	250	"	
11	บริษัท สาธรธานี จำกัด	52	"	
12	บริษัท นารายณ์ พร็อพเพอร์ตี้ จำกัด	2,520	"	
13	บริษัท หลังสวน เรียลตี้ จำกัด	50	กำลังก่อสร้าง	
14	บริษัท ควีนปาร์คคาซ่า จำกัด	-	"	
15	บริษัท สมประสงค์แลนด์ จำกัด (มหาชน)	-	เปิดใช้งานแล้ว	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ทัศนคติที่มีต่อการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่

จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นกลุ่มผู้ลงทุน หรือผู้บริหารโครงการอาคารสูง จำนวน 30 ตัวอย่าง เกี่ยวกับทัศนคติที่มีต่อการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ใหม่ในกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ สรุปได้ดังนี้

2.1 การยอมรับแนวความคิดในการนำน้ำเสียกลับมาใช้

จากตารางที่ 4.26 กลุ่มตัวอย่างจำนวน 24 ราย หรือ 80.0 % ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด เห็นด้วยกับแนวความคิดในการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ โดยให้เหตุผลสนับสนุนแนวความคิดดังกล่าวว่า เป็นทางเลือกที่ดีทางเลือกหนึ่งในการช่วยอนุรักษ์และใช้ทรัพยากรน้ำให้มีคุณค่ามากที่สุด ในปัจจุบันจะเห็นว่าปัญหาน้ำเสียเป็นปัญหาสำคัญปัญหาหนึ่งสำหรับกรุงเทพมหานคร เนื่องจากการปล่อยน้ำทิ้งที่ไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐานน้ำทิ้งลงสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะ ดังนั้นการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้ใหม่จะช่วยลดปริมาณน้ำทิ้งที่จะต้องปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

กลุ่มตัวอย่าง 6 ราย หรือ 20.0 % ไม่เห็นด้วยกับแนวความคิดในการนำน้ำเสียกลับมาใช้ ในกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เห็นด้วยนี้จะเป็นกลุ่มผู้บริหารโครงการอาคารพักอาศัย จำนวน 4 ราย โดยให้เหตุผลว่า เนื่องจากเกรงว่าจะไม่ได้รับการยอมรับจากลูกค้า ซึ่งจะอาจส่งผลกระทบในด้านลบต่อการตลาดของโครงการ และเป็นการเพิ่มต้นทุนของโครงการ โดยที่ผู้ลงทุนไม่ได้รับผลตอบแทนโดยตรง

2.2 การรับทราบข้อมูลเกี่ยวกับการนำน้ำกลับมาใช้

จากตารางที่ 4.27 กลุ่มตัวอย่างจำนวน 28 ราย หรือ 93.3 % ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด เคยทราบข้อมูลเกี่ยวกับการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ในอาคารมาบ้างแล้ว โดยในจำนวนนี้มีจำนวน 11 ราย หรือประมาณ 36.7 % ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด ได้เคยทำการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่กับกิจกรรมต่าง ๆ ของอาคาร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.26 การยอมรับแนวความคิดการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

กลุ่มตัวอย่าง	การยอมรับ	
	เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย
ผู้บริหารโครงการอาคารพักอาศัย	11	4
ผู้บริหารโครงการอาคารสำนักงาน	13	2
รวม	24	6

ตารางที่ 4.27 การรับทราบข้อมูลเกี่ยวกับการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

กลุ่มตัวอย่าง	การรับทราบข้อมูลในการนำน้ำกลับมาใช้		
	เคยทราบ	เคยศึกษาวิจัย	ไม่เคยทราบ
ผู้บริหารโครงการอาคารพักอาศัย	8	6	1
ผู้บริหารโครงการอาคารสำนักงาน	9	5	1
รวม	17	11	2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 <u>โครงการที่มีการนำน้ำเสียกลับมาใช้ในปัจจุบัน</u>

จากการสำรวจในครั้งนี้ พบว่ามีโครงการที่มีการนำน้ำกลับมาใช้ภายในโครงการจำนวนทั้งสิ้น 4 โครงการ ดังแสดงในตารางที่ 4.28 โดยเป็นโครงการพักอาศัย จำนวน 2 โครงการ ได้นำ น้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ และการเติมคลอรีน กลับมาใช้รดน้ำต้นไม้ภายในบริเวณโครงการ โดยจะสูบน้ำขึ้นมาจากบ่อพักโดยตรง น้ำเสียส่วนที่เหลือจะปล่อยทิ้งลงสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะต่อไป ดังนั้นจึงไม่มีการเก็บข้อมูลของปริมาณน้ำที่นำกลับมาใช้

โครงการอาคารสำนักงาน จำนวน 2 โครงการ ได้นำน้ำที่เกิดจากการควบแน่น (Condensate) ในระบบทำความเย็นมาใช้ทำความสะอาดพื้น ล้างรถ และรดน้ำต้นไม้ โดยปริมาณน้ำควบแน่นที่ได้มีมากกว่า 2 - 3 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

2.4 <u>โครงการที่จะวางแผนนำน้ำเสียมาใช้ในอนาคต</u>

ตารางที่ 4.29 เป็นผลสรุปจากการสอบถามผู้บริหารโครงการถึงแนวโน้มที่จะพิจารณา วางแผนให้มีการนำระบบนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับโครงการที่จะเกิดขึ้นในอนาคต พบว่า กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 13 ราย หรือ 43.3 % ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด มีความเห็นว่าจะมีการพิจารณานำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ในโครงการต่อไป โดยจะพิจารณานำมาใช้ในการรดน้ำต้นไม้เป็นลำดับแรก เหตุผลที่ทำให้ผู้บริหารกลุ่มนี้มีความสนใจที่จะนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ ได้แก่

1) โครงการส่วนใหญ่ที่วางแผนไว้ มีการจัดพื้นที่สำหรับงานภูมิสถาปัตย์ไว้มากพอสมควร ทำให้มีความต้องการน้ำสำหรับการบำรุงดูแลรักษาในปริมาณสูง ดังนั้นถ้าสามารถนำน้ำเสียกลับมาใช้ในกิจกรรมส่วนนี้ได้ จะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายส่วนกลางของอาคารในอนาคตได้ และในน้ำเสียจากชุมชนยังมีสารประกอบที่พืชสามารถนำไปใช้เป็นอาหารได้

2) ที่ตั้งของโครงการบางแห่ง อยู่ในตำแหน่งปลายท่อประปา ทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำ ดังนั้นผู้บริหารโครงการจึงมองเห็นว่า การนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้

3) ผู้บริหารโครงการได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการรักษาสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะเป็นผลประโยชน์ที่สังคมจะได้รับกลับคืนในระยะยาว มากกว่าผลประโยชน์ที่ผู้ลงทุนจะได้รับกลับคืนในรูปของตัวเงิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.28 โครงการที่นำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในปัจจุบัน

กลุ่มตัวอย่าง	โครงการที่นำน้ำกลับมาใช้	
	มี	ไม่มี
ผู้บริหารโครงการอาคารพักอาศัย	2	13
ผู้บริหารโครงการอาคารสำนักงาน	2	13
รวม	4	26

ตารางที่ 4.29 โครงการที่คาดว่าจะมีการนำน้ำกลับมาใช้ในอนาคต

กลุ่มตัวอย่าง	ความเห็นที่จะนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในอนาคต		
	มี	ไม่มี	ไม่แน่ใจ
ผู้บริหารโครงการอาคารพักอาศัย	7	7	2
ผู้บริหารโครงการอาคารสำนักงาน	6	7	1
รวม	13	14	3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 14 ราย หรือ 46.7 % ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด คิดว่าจะยังไม่มีการวางแผนนำน้ำเสียกลับมาใช้ในโครงการต่อไป โดยได้ให้เหตุผลต่าง ๆ กัน ดังนี้

1) ผลตอบแทนจากการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ไม่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน

2) ราคาค่าน้ำประปายังอยู่ในระดับที่ผู้ใช้ยอมรับได้ ถึงแม้อัตราค่าน้ำประปาจะเพิ่มขึ้นก็ตาม เพราะปริมาณการใช้น้ำน้อย จึงทำให้ราคาค่าน้ำประปาไม่สูงมากนัก

3) การไม่ยอมรับของผู้ใช้ในการนำของที่ไม่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ และผู้ใช้มีน้ำประปาเป็นทางเลือก ถึงแม้ว่าการนำน้ำเสียกลับมาใช้จะเสียค่าใช้จ่ายต่ำกว่าก็ตาม ทำให้ผู้บริหารไม่กล้าเสี่ยงที่จะลงทุนในเรื่องนี้ เพราะจะมีผลกระทบต่อการตลาดของโครงการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงการอาคารพักอาศัย

4) ถ้ามีการเพิ่มระบบนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ จะต้องมีการเตรียมพื้นที่เผื่อไว้สำหรับการ ก่อสร้างระบบบำบัด ถังพักน้ำ และระบบจ่ายน้ำ ซึ่งทำให้พื้นที่ใช้สอยของอาคารลดลง นั่นหมายถึงพื้น ที่ที่จะให้เช่า หรือขายลดลง มีผลต่อรายรับที่จะลดลงด้วย

5) มีทางเลือกในการวางแผนและจัดการการใช้ทรัพยากรน้ำที่ดีกว่าการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ เช่น การเพิ่มแหล่งเก็บกักน้ำฝนเพื่อให้สามารถนำเอามาใช้ได้

ส่วนกลุ่มตัวอย่างที่เหลือยังไม่แน่ใจว่าจะมีการพิจารณานำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ในโครงการต่อไปหรือไม่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับภาวะการแข่งขันและการลงทุนในอนาคต

2.5 <u>ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่</u>

จากการสัมภาษณ์ สรุปได้ว่า ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการตัดสินใจที่จะนำระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ในโครงการ มีดังนี้

1) มูลค่าการลงทุน เป็นปัจจัยที่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 13 ราย หรือ 43.3 % ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ให้ความสำคัญเป็นอันดับแรกก่อนที่จะตัดสินใจนำระบบดังกล่าวมาใช้

2) การยอมรับของผู้ใช้ กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 9 ราย หรือ 30.0 % ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด คิดว่าการยอมรับของผู้ใช้เป็นปัจจัยสำคัญที่ผู้บริหารโครงการควรจะพิจารณาก่อนที่จะมีการตัดสินใจลงทุนนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่

3) การมีจิตสำนึกเกี่ยวกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 4 ราย หรือ 26.7 % คิดว่าเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญเป็นอันดับแรก ที่ทำให้มีการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่

4) ปัจจัยอื่น ได้แก่ อัตราค่าน้ำประปา การเกิดภาวะแห้งแล้ง

2.6 กิจกรรมที่ควรมีการนำน้ำเสียกลับมาใช้

ตารางที่ 4.30 จะสรุปถึงประเภทของกิจกรรมที่กลุ่มตัวอย่างมีความเห็นว่าสามารถนำน้ำเสียกลับมาใช้ได้ ตามลำดับดังนี้

1) ใช้รดต้นไม้ เป็นกิจกรรมที่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 23 ราย หรือ 76.7 % ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด คิดว่าเหมาะสมสำหรับนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ได้มากที่สุด เพราะ

- เป็นกิจกรรมที่สัมผัสโดยตรงกับมนุษย์น้อยที่สุด ทำให้มีผลกระทบต่อสุขภาพและ ความปลอดภัยน้อย

- ไม่จำเป็นต้องมีการเพิ่มระบบที่ยุ่งยากซับซ้อน สามารถเติมคลอรีนและนำไปใช้ได้เลย จึงไม่ต้องใช้เงินลงทุนสูง

2) ใช้เป็นน้ำชักโครก เนื่องจากปริมาณการใช้น้ำชักโครกในอาคารพักอาศัย มีประมาณ 40 % และในอาคารสำนักงานมีประมาณ 60 % ของการใช้น้ำในกิจกรรมต่าง ๆ ดังนั้นผู้บริหารโครงการ จำนวน 16 ราย จึงเห็นด้วยกับการนำน้ำกลับมาใช้ในกิจกรรมดังกล่าว แต่อย่างไรก็ตามผู้บริหารโครงการอีก 14 ราย ไม่เห็นด้วยกับการนำน้ำกลับมาใช้ชักโครก เพราะปัจจัยด้านเงินลงทุนและการไม่ยอมรับของผู้ใช้

3) ใช้ทำความสะอาดพื้น และลานจอดรถ แต่ในทางปฏิบัติแล้วความถี่และปริมาณน้ำที่ใช้ในกิจกรรมนี้น้อยมาก ดังนั้นการลงทุนเพื่อนำน้ำกลับมาใช้ในกิจกรรมดังกล่าวเพียงอย่างเดียวจึงไม่คุ้มค่า

4) ใช้เป็นน้ำชดเชยในระบบปรับอากาศ มีผู้บริหารโครงการเพียง 6 ราย เท่านั้นที่เห็นว่าสามารถจะนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้เป็นน้ำชดเชย ส่วนผู้บริหารโครงการที่เหลือ 24 ราย มีความเห็นว่าไม่ควรนำมาใช้ในระบบทำความเย็นเพราะอาจจะทำให้เกิดการอุดตันของซิลเลอร์ ได้

5) นอกจากนี้ในกรณีที่มีการนำน้ำกลับมาใช้ในการชักโครก อาจเผื่อปริมาณน้ำไว้สำหรับใช้เป็นน้ำสำรองในระบบดับเพลิง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.30 กิจกรรมที่ควรมีการนำน้ำเสียกลับมาใช้

ประเภทของกิจกรรม	ความคิดเห็นของผู้บริหารโครงการ		
	อาคารพักอาศัย	อาคารสำนักงาน	รวม
ใช้รดน้ำต้นไม้	9	14	23
ใช้เป็นน้ำชักโครก	6	10	16
ใช้ทำความสะอาดพื้น	5	10	15
ใช้เป็นน้ำชดเชยในระบบปรับอากาศ	3	3	6

3. ความคิดเห็นด้านการเงิน

3.1 มูลค่าเงินลงทุน

งานระบบนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ เป็นการเดินระบบน้ำเย็นเพิ่มขึ้นมาอีก 1 เส้น ดังนั้นจากการสอบถามถึงมูลค่าการลงทุนในการนำน้ำเสียกลับมาใช้ พบว่า โดยทั่วไปมูลค่าของการลงทุนในงานระบบน้ำเย็น จะมีมูลค่าประมาณ 20-30 % ของมูลค่างานระบบสุขาภิบาล ผู้บริหารโครงการจึงมีความคิดเห็นเกี่ยวกับมูลค่าของการลงทุนที่เพิ่มขึ้นที่ยอมรับได้ต่าง ๆ กัน ดังนี้

กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 ราย มีความเห็นว่ามูลค่าเงินลงทุนเพิ่มสำหรับนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ไม่ควรเกิน 30 % เมื่อเทียบกับมูลค่าของงานระบบสุขาภิบาลทั้งหมด

กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 5 ราย มีความเห็นว่ามูลค่าเงินลงทุนไม่ควรเกิน 20 % ของงานระบบสุขาภิบาล

กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 ราย มีความเห็นว่ามูลค่าเงินลงทุนไม่ควรเกิน 10 % ของงานระบบสุขาภิบาล

กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 2 ราย มีความเห็นว่าถ้าต้องการนำน้ำเสียกลับมาใช้ในโครงการที่รับผิดชอบ มูลค่าของเงินลงทุนที่เพิ่มไม่เป็นปัจจัยสำคัญทางด้านการเงิน

กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 15 ราย ไม่มีความคิดเห็นเกี่ยวกับมูลค่าการลงทุน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 อัตราค่าน้ำที่เหมาะสม

ค่าใช้จ่ายดำเนินการที่เกิดขึ้นจากการนำน้ำกลับมาใช้ถือเป็นค่าใช้จ่ายส่วนกลาง ซึ่งทางฝ่ายบริหารอาคารจะต้องเรียกเก็บจากผู้ใช้ในอัตราที่ใกล้เคียงหรือเท่ากับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริงโดยไม่หวังผลกำไร ดังนั้นในการกำหนดอัตราค่าน้ำที่นำกลับมาใช้ใหม่จะต้องพิจารณาจากการยอมรับของผู้ใช้

อย่างไรก็ตาม กลุ่มตัวอย่างได้ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับอัตราค่าน้ำประปาที่เพิ่มขึ้นกับ ความเป็นไปได้ในการนำน้ำเสียกลับมาใช้ ดังนี้

กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 ราย มีความเห็นว่าอัตราค่าน้ำประปาที่เก็บอยู่ในปัจจุบันคือ 11.31 บาทต่อลูกบาศก์เมตร สูงพอที่น่าจะทำให้มีการพิจารณานำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ได้แล้ว

กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 4 ราย คิดว่าน่าจะมีการนำน้ำเสียกลับมาใช้เมื่ออัตราค่าน้ำประปาเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 15.00 - 20.00 บาทต่อลูกบาศก์เมตร และกลุ่มตัวอย่างอีก 3 ราย คิดว่าเมื่ออัตราค่าน้ำประปาเพิ่มขึ้นถึง 25.00 - 30.00 บาทต่อลูกบาศก์เมตร จึงจะควรพิจารณาให้มีการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

กลุ่มตัวอย่าง 2 ราย คิดว่าจะสนใจนำน้ำกลับมาใช้อย่างจริงจังก็ต่อเมื่ออัตราค่าน้ำประปาสูงกว่า 50 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ในขณะที่กลุ่มตัวอย่าง 5 ราย ให้ความเห็นว่าอัตราค่าน้ำประปาไม่ได้เป็นปัจจัยสำคัญต่อการตัดสินใจให้มีการนำน้ำกลับมาใช้

ส่วนกลุ่มตัวอย่างที่เหลือไม่แสดงความคิดเห็นในเรื่องดังกล่าว

3.3 ระยะเวลาคืนทุน

จากการสอบถามความคิดเห็นของผู้บริหารโครงการถึงระยะเวลาคืนทุนที่นานที่สุดที่ผู้ลงทุนยอมรับได้ในการลงทุนเพื่อนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ ดังแสดงในตารางที่ 4.31 มีดังนี้

กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 17 ราย หรือ 56.7 % ยอมรับระยะเวลาคืนทุนได้ไม่เกิน 5 ปี

กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 4 ราย หรือ 13.3 % ยอมรับระยะเวลาคืนทุนได้ไม่เกิน 10 ปี

กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 9 ราย ไม่แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับระยะเวลาคืนทุนที่เหมาะสม โดยกลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 ราย หรือ 10.0 % ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด มีความเห็นว่าระยะเวลาคืนทุนไม่เป็นปัจจัยสำคัญในการพิจารณาทางด้านการเงินสำหรับการลงทุนนำน้ำเสียกลับมาใช้ แต่จะมองถึงผลประโยชน์ที่ไม่ใช่ตัวเงินที่จะได้รับในระยะยาว

ตารางที่ 4.31 ความคิดเห็นเกี่ยวกับระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน	ความคิดเห็นของผู้บริหารโครงการ		
	อาคารพักอาศัย	อาคารสำนักงาน	รวม
ไม่เกิน 5 ปี	7	10	17
ไม่เกิน 10 ปี	3	1	4
ไม่แสดงความคิดเห็น	5	4	9

4. <u>ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม</u>

จากการสำรวจครั้งนี้ ผู้บริหารโครงการหลายท่านได้ให้ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์ต่อแนวทางในการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่หลายประการ ดังนี้

1) ภาคราชการควรให้ความช่วยเหลือและส่งเสริมในด้านการต่าง ๆ แก่โครงการที่มีการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ เช่น

- ลดภาษีเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง
- ลดอัตราค่าน้ำประปาให้แก่ผู้ประกอบการ
- ส่งเสริมและสนับสนุนด้านการประชาสัมพันธ์ให้แก่โครงการ ในฐานะที่เป็นผู้มีส่วนร่วมในการช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมให้แก่สังคม

2) ภาคราชการควรมีการประชาสัมพันธ์เผยแพร่ความรู้ที่ถูกต้อง เกี่ยวกับการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ในกิจกรรมต่าง ๆ ให้แก่ประชาชนได้รับทราบ เพื่อปลูกฝังจิตสำนึกและเปลี่ยนค่านิยมของคนไทยให้รู้จักใช้ทรัพยากรให้มีคุณค่ามากที่สุด

3) การนำน้ำเสียกลับมาใช้ในอาคารควรเริ่มต้นที่หน่วยงานราชการหรือสถาบันการศึกษาก่อน ทั้งนี้เพื่อเป็นการสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ประชาชนในการยอมรับทางเลือกใหม่

4) เนื่องจากในภาวะการณ์ปัจจุบันมีการแข่งขันกันสูงในธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ ดังนั้นต้องมีการกฎหมายให้มีการนำน้ำเสียกลับมาใช้ เพื่อให้มีความเท่าเทียมกันในด้านธุรกิจ นักลงทุนจึงจะมีการลงทุนนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ในโครงการ

5) วิศวกรที่ปรึกษาควรเป็นผู้นำเสนอทางเลือกในการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ ให้แก่เจ้า ของโครงการได้รับทราบ

ผลจากการสำรวจสรุปได้ว่า โดยส่วนมากแล้วกลุ่มของผู้ประกอบการทางด้านอสังหาริมทรัพย์หรือผู้บริหารอาคารสูง มีความตระหนักถึงในเรื่องของการช่วยกันรักษาสิ่งแวดล้อมและการใช้ทรัพยากรอย่างมีคุณค่า และเห็นด้วยกับแนวทางในการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ในอาคาร แต่เนื่องจากปัญหาของการแข่งขันทางธุรกิจ และการขาดการประชาสัมพันธ์และสนับสนุนจากทางภาครัฐบาล ทำให้การพิจารณานำทางเลือกที่จะนำน้ำเสียกลับมาใช้ในโครงการมีความเป็นไปได้ค่อนข้างน้อย

สรุปผลการวิเคราะห์

จากผลการทดลองนั้นจะสรุปได้ว่า การบำบัดน้ำโดยการกรองแบบดูดติดผิว สามารถบำบัดน้ำได้มีคุณภาพดีกว่ากระบวนการกรองตรงและการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง สามารถนำมาพิจารณาเพื่อนำกลับมาใช้กับกิจกรรมต่าง ๆ ของอาคารได้ แต่เมื่อมาพิจารณาร่วมกับผลวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์จะพบว่ากระบวนการดูดติดผิวนั้นไม่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนในปัจจุบันนี้ เนื่องจากค่าใช้จ่ายรายปีสูงกว่าค่าน้ำประปา ส่วนกระบวนการกรองตรงนั้นอาจจะนำมาพิจารณาเป็นขั้นตอนในการบำบัดน้ำเพื่อนำกลับมาใช้เป็นน้ำชดเชยในระบบปรับอากาศได้ สำหรับอาคารที่มีพื้นที่มากกว่า 100,000 ตารางเมตร หรือมีอัตราการนำกลับมากกว่า 667 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน แต่ทั้งนี้จะต้องขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำออกจากระบบบำบัดขั้นที่สองด้วย

และเมื่อพิจารณาร่วมกับผลการสำรวจ จะพบว่าแนวทางในการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ในอาคารสำหรับในประเทศไทยในปัจจุบันนี้ ยังมีความเป็นไปได้น้อยมาก เนื่องจากปัญหาทางด้านการลงทุน การยอมรับของประชาชน และอัตราค่าน้ำประปายังมีราคาถูก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย