

บทที่ 3

แผนการดำเนินการวิจัย

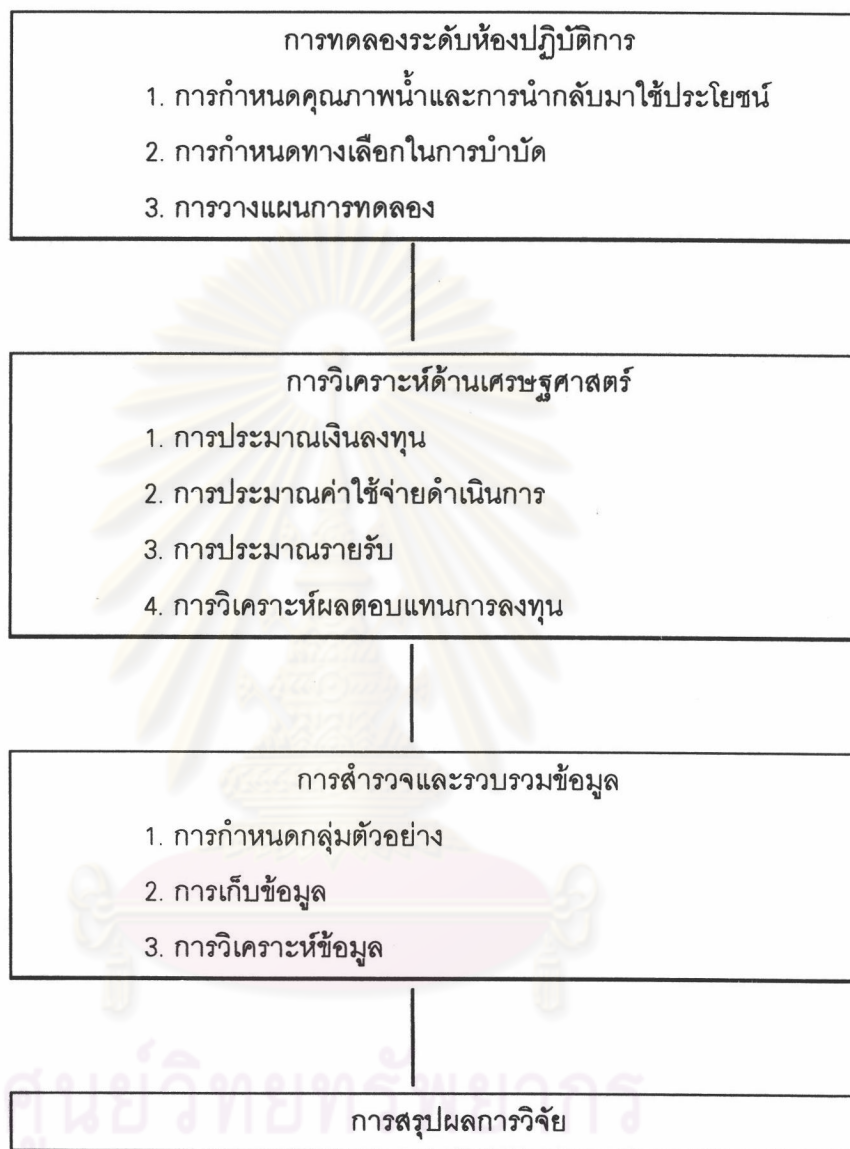
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินการศึกษาวิจัยเพื่อหาความคุ้มค่าของการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ในอาคารสูง ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ส่วน คือ

1. การทดลองระดับห้องปฏิบัติการ
2. การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์
3. การสำรวจและรวบรวมข้อมูล
4. การสรุปผลการวิจัยถึงความคุ้มค่าของการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ในอาคารสูง

ขั้นตอนการวิจัยแสดงดังรูปที่ 3.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย



การทดลองในห้องปฏิบัติการ

1. การกำหนดคุณภาพน้ำและการนำกลับมาใช้ประโยชน์

การกำหนดแนวทางการนำกลับมาใช้ประโยชน์ จะช่วยในการกำหนดระดับของคุณภาพน้ำที่ต้องการ โดยในการวิจัยได้กำหนดแนวทางในการใช้ประโยชน์ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ทางเลือกในการนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่

ทางเลือก	กิจกรรมที่สามารถนำน้ำกลับมาใช้ได้	ประเภทของอาคาร	
		พักอาศัย	พาณิชยกรรม
1	น้ำซักโครก	✓	✓
2	น้ำชดเชยในระบบปรับอากาศ	-	✓
3	น้ำสำหรับใช้ในระบบดับเพลิง	✓	✓
4	น้ำล้างรถและทำความสะอาดพื้น	✓	✓
5	น้ำรดต้นไม้	✓	✓

2. การเลือกวิธีการบำบัดน้ำ

การเลือกกระบวนการบำบัดน้ำเสียเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำเสียที่เข้าระบบและเป้าหมายของการใช้ประโยชน์ สำหรับในการวิจัยนี้ได้กำหนดทางเลือกสำหรับการบำบัดน้ำเสียไว้ 3 ทางเลือก คือ

ทางเลือกที่ 1 กระบวนการกรองตรงแบบสองชั้นกรอง

ทางเลือกที่ 2 กระบวนการดูดติดผิว

ทางเลือกที่ 3 กระบวนการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

ทั้ง 3 กระบวนการดังกล่าวจะเป็นกระบวนการบำบัดน้ำทางกายภาพ ซึ่งมักจะใช้เป็นกระบวนการที่ตามหลังกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ เพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียให้มีคุณภาพสูงขึ้น

3. การวางแผนการทดลอง

การศึกษาการบำบัดน้ำเสียเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ จะทำการทดลองเปรียบเทียบการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีการกรองตรง วิธีดูดติดผิว และวิธีการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง โดยตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการทดลองจะใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทางชีวภาพแบบทีละเท (Sequencing Batch Reactor : SBR) ของอาคารวิชชุกรรณพาร์ทเมนท์ และทำการติดตั้งแบบจำลองที่อาคารวิชชุกรรณพาร์ทเมนท์ (ข้อมูลทั่วไปของอาคารและรายละเอียดของระบบบำบัดน้ำเสียแสดงในภาคผนวก ก) ส่วนการทดลองเพื่อตรวจสอบลักษณะสมบัติของน้ำจะทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการวางแผนการทดลอง จะเตรียมการทดลองเป็น 3 ชุด ได้แก่

- การทดลองชุดที่ 1 การกรองตรง
- การทดลองชุดที่ 2 การดูดติดผิว
- การทดลองชุดที่ 3 การกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

ตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

- 1) ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ชนิดของตัวกลางที่ใช้ในการกรอง ประกอบด้วย
 - 1.1) ทราชและแอนทราไซต์ ที่มีขนาดสัมฤทธิ์ 0.5 และ 1.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ
 - 1.2) ถ่านกัมมันต์ ที่มีขนาดสัมฤทธิ์ 0.8 - 0.9 มิลลิเมตร
 - 1.3) เยื่อกรองแบบเส้นใยกลวง ขนาด 0.1 ไมครอน
- 2) ตัวแปรตาม ได้แก่ ลักษณะสมบัติของน้ำที่ผ่านการกรอง
- 3) ตัวแปรคงที่ ได้แก่ อัตราเร็วในการกรอง ขนาดของสารกรองที่ใช้เป็นตัวกลางในการกรองแต่ละวิธี

ขั้นตอนในการวางแผนการทดลองบำบัดน้ำเสียเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ประกอบด้วย

- 3.1 การเตรียมอุปกรณ์การทดลอง
- 3.2 การดำเนินการทดลอง
- 3.3 การเก็บข้อมูลจากการทดลอง

3.1 การเตรียมอุปกรณ์การทดลอง

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการทดลอง มีดังนี้

3.1.1 ชุดอุปกรณ์กรองตรง (รูปที่ 3.2) ประกอบด้วยท่ออะครีลิคใสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.4 เซนติเมตร สูง 220 เซนติเมตร ภายในบรรจุสารกรอง 2 ชนิด คือ ทวาย สูง 25 เซนติเมตร และแอนทราไซท์ สูง 50 เซนติเมตร ชั้นล่างรองรับด้วยชั้นกรวดสูง 15 เซนติเมตร

3.1.2 ชุดอุปกรณ์การกรองแบบดูดติดผิว (รูปที่ 3.3) ประกอบด้วยท่ออะครีลิคใสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.4 เซนติเมตร สูง 220 เซนติเมตร เช่นเดียวกับชุดอุปกรณ์กรองตรง แต่ภายในบรรจุสารกรองเพียงชนิดเดียว คือ ถ่านกัมมันต์ สูง 70 เซนติเมตร

3.1.3 ชุดอุปกรณ์กรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง (รูปที่ 3.4) ประกอบด้วยโมดูลที่บรรจุแผ่นเยื่อกรองแบบเส้นใยกลวงขนาด 0.1 ไมครอน

3.1.4 สารกรอง ได้แก่

3.1.4.1 ทวายและแอนทราไซท์ ซึ่งใช้ในการกรองตรงแบบสองชั้นกรอง

3.1.4.2 ถ่านกัมมันต์ ใช้ในการกรองแบบดูดติดผิว

3.1.4.3 เยื่อกรองแบบเส้นใยกลวง ใช้ในการกรองแบบดูดติดผิว

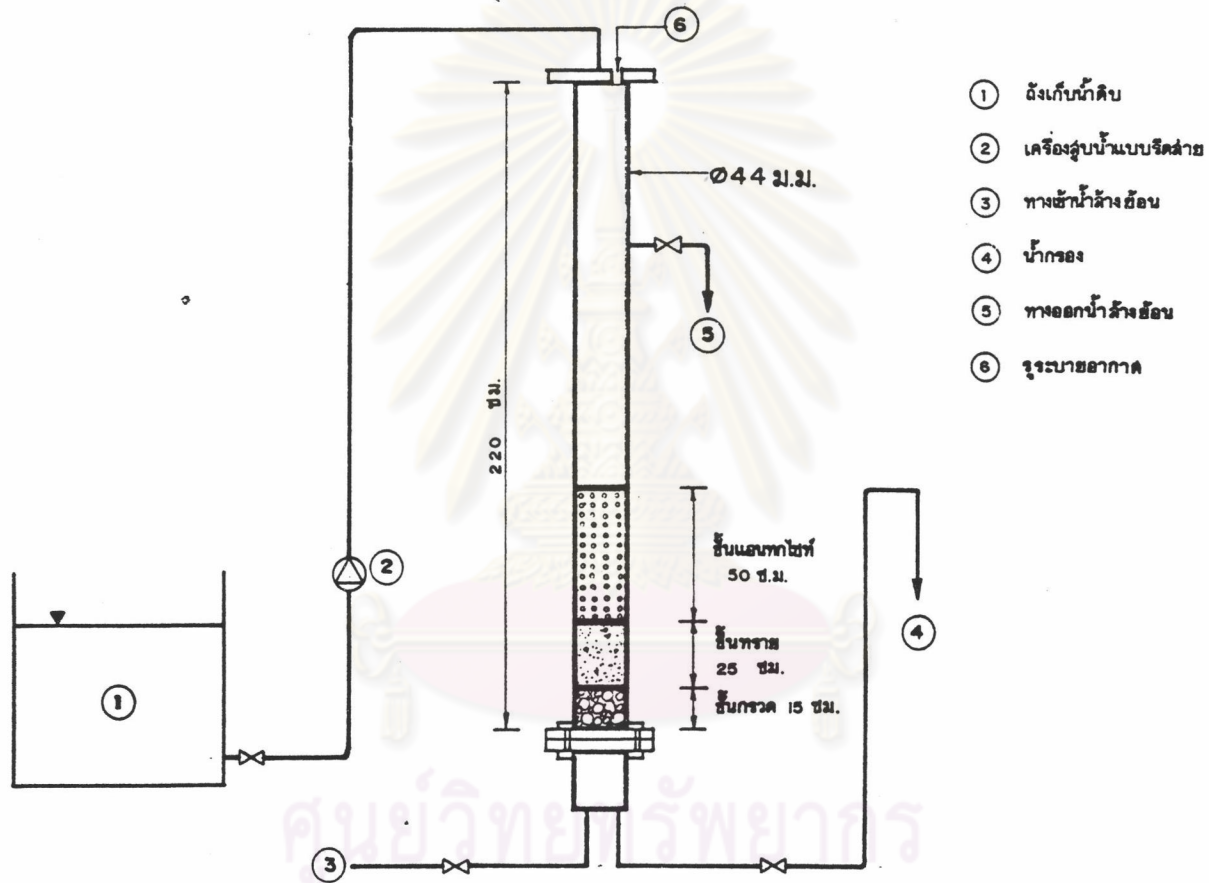
สมบัติของสารกรองที่ใช้ในการทดลองสรุปไว้ในตารางที่ 3.3

3.1.5 เครื่องสูบน้ำแบบปริตสาย ของ Watson Marlow รุ่น 604U/R

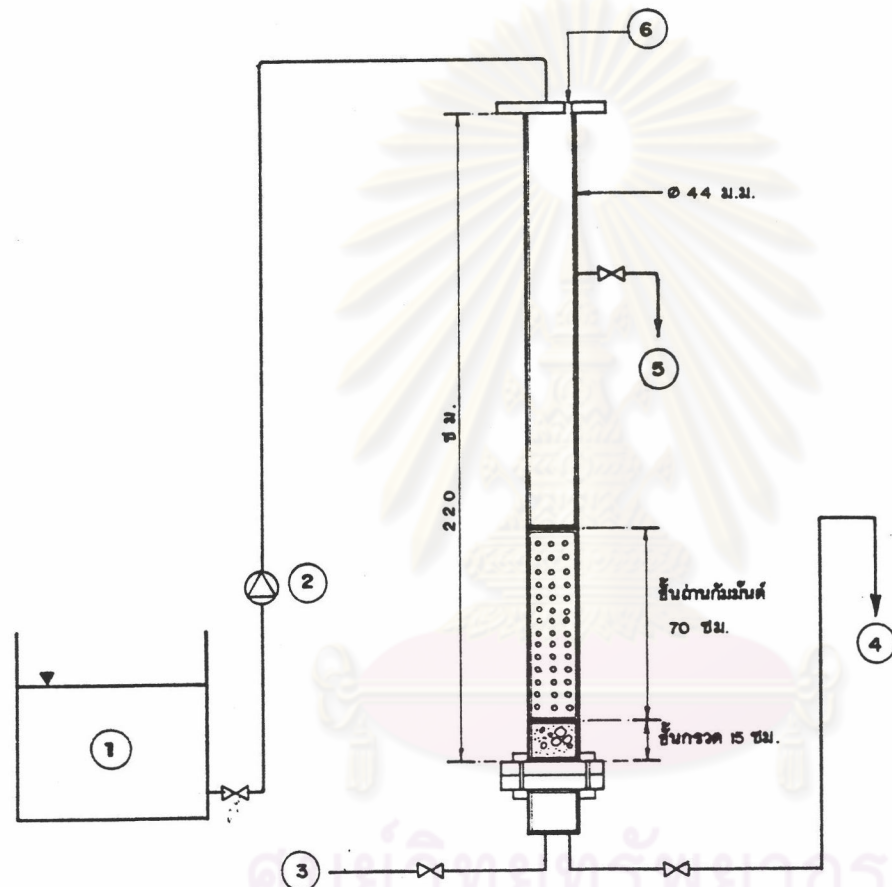
3.1.6 เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง ของ Nocchi Pumps รุ่น EP 2M

3.1.7 ถังเก็บน้ำ ขนาด 200 ลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

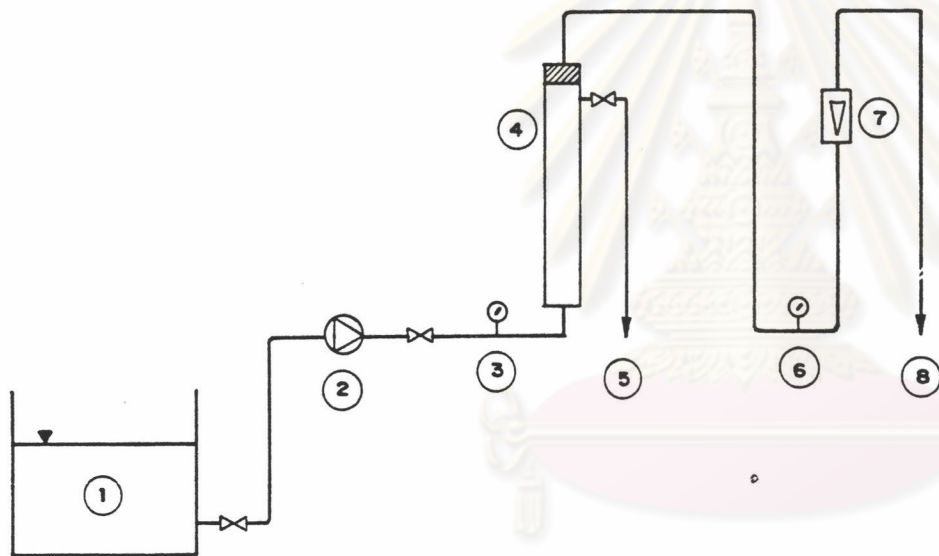


รูปที่ 3.2 แผนภาพแสดงชุดอุปกรณ์การทดลองการกรองตรง



- ① ถังเก็บน้ำดิบ
- ② เครื่องสูบน้ำแบบจืดน้ำ
- ③ ทางเข้าของน้ำทิ้ง
- ④ น้ำกรอง
- ⑤ ทางออกของน้ำทิ้ง
- ⑥ จุระบายอากาศ

รูปที่ 3.3 แผนภาพแสดงชุดอุปกรณ์การทดลองการดูดติดผิว



- ① ถังเก็บน้ำดิบ
- ② เครื่องสูบน้ำแบบรีดน้ำ
- ③, ⑥ มาตรวัดความดัน
- ④ กระบอกบรรจุแผ่นซีลกรองแบบเส้นใยกลวง
- ⑤ ท่อออกน้ำชั้นบน
- ⑦ มาตรวัดการไหล
- ⑧ น้ำการอง

รูปที่ 3.4 แผนภาพแสดงชุดอุปกรณ์การทดสอบการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

ตารางที่ 3.2 ลักษณะสมบัติของสารกรองที่ใช้ในการทดลอง

สมบัติของสารกรอง	ชนิดสารกรอง			
	ทราย	แอนทราไซต์	ถ่านกัมมันต์	เยื่อกรองแบบเส้นใยกลวง
ความถ่วงจำเพาะ	2.65	1.4-1.45	-	-
ขนาดสัมฤทธิ์ (มม.)	0.5	0.90-1.00	0.8-0.9	-
สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ	1.5	1.4	1.9-2.4	-
ขนาดของโพรง (ไมครอน)	-	-	-	0.1
พื้นที่ผิว	-	-	950-1050 ตร.ม./ก.	0.3 ตร.ม.
ความหนาแน่น	-	-	26 ปอนด์/ลบฟุต	-
ปริมาตรของโพรง	-	-	0.85 ลบ.ม./ก.	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 การดำเนินการทดลอง

3.2.1 การทดลองชุดที่ 1 กระบวนการกรองตรง

3.2.1.1 เตรียมน้ำดิบไว้สำหรับการทดลอง โดยสูบน้ำที่ออกจากระบบบำบัดน้ำทิ้งแบบที่ละเทใส่ถังเก็บน้ำดิบที่เตรียมไว้

3.2.1.2 เก็บตัวอย่างน้ำจากถังเก็บน้ำดิบเพื่อนำไปวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำเข้า

3.2.1.3 สูบน้ำเข้าเครื่องกรองโดยใช้อัตราเร็วในการกรอง 10 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง

3.2.1.4 กรองน้ำจนกระทั่งถึงจุดสิ้นสุดการกรองตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.3

3.2.1.5 บันทึกเวลา และปริมาณน้ำที่กรองได้และเก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านการกรองเพื่อนำไปวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำออก

3.2.1.6 ทำการล้างย้อนเพื่อทำความสะอาดตัวกลางในการกรอง จับเวลาในการล้างย้อนจนกระทั่งสะอาด และบันทึกปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างย้อน

3.2.1.7 ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 25 ครั้ง เพื่อนำไปหาค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง

3.2.2 การทดลองชุดที่ 2 กระบวนการดูดติดผิว

ดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองชุดที่ 1 โดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นสารกรองแทน อัตราเร็วที่ใช้ในการกรองเท่ากับ 2.5 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง ตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.3 และกำหนดให้เวลาสัมผัสน้ำในถังเปล่าเท่ากับ 15 นาที

3.2.3 การทดลองชุดที่ 3 กระบวนการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

ดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับชุดที่ 1 และ 2 โดยใช้อัตราเร็วในการกรอง 50 ลิตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง และกำหนดจุดสิ้นสุดของการกรองที่ความดันเท่ากับ 2 บาร์ ดังที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.3 หลังจากนั้นจะทำการล้างย้อนด้วยน้ำสะอาดที่ผ่านการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรองเรียบร้อยแล้ว โดยใช้ความดันในการล้างย้อน 3 บาร์

ตารางที่ 3.3 ข้อกำหนดที่ใช้ในการทดลอง

ข้อกำหนดในการทดลอง	กระบวนการบำบัด		
	วิธีกรองตรง	วิธีดูดติดผิว	วิธีกรองด้วยเยื่อกรอง
อัตราเร็วในการกรอง (ม. ³ /ม. ² -ชม.)	10	2.5	50 ลิตร/ม. ² -ชม.
อัตราการไหล (ลิตร/นาที่)	0.25	0.063	0.25
จุดสิ้นสุดการกรอง	-ความขุ่นของน้ำออก ≥ 5 NTU หรือมีการ สูญเสียเฮด ≥ 120 เซนติเมตร -กรณีที่มีความขุ่นหรือ การสูญเสียเฮดไม่เกิน ค่าที่กำหนด จะให้ ระยะเวลากรองน้ำ เท่ากับ 24 ชั่วโมง	เช่นเดียวกับ วิธีกรองตรง	ความแตกต่างของ ความดันระหว่างน้ำ เข้าและน้ำออกเท่า กับ 2 บาร์
การล้างย้อน	กำหนดให้ชั้นกรอง ขยายตัว 30-40%	เช่นเดียวกับ วิธีกรองตรง	กำหนดความดันใน การล้างย้อนไม่เกิน 3 บาร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 การเก็บข้อมูลจากการทดลอง

ข้อมูลที่ต้องวิเคราะห์จากการดำเนินการทดลอง ได้แก่

3.3.1 ลักษณะสมบัติของน้ำก่อนและหลังการทดลอง โดยพารามิเตอร์ที่จะทำการวิเคราะห์สรุปในตารางที่ 3.4

3.3.2 ปริมาณน้ำที่ผลิตได้ใน 1 รอบการผลิต และเวลาที่ใช้ ในการผลิต

3.3.3 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างย้อน และ เวลาที่ใช้ในการล้างย้อน

ตารางที่ 3.4 พารามิเตอร์ในการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำ

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์	เครื่องมือในการวิเคราะห์
พีเอช (pH)	การใช้มาตรวัดพีเอช	เครื่องมือวัดพีเอช
ความขุ่น (Turbidity)	แนฟฟีโลเมตริก	เครื่องวัดความขุ่นของ Hatch
สี (Color)	สเปคโตรโฟโตเมตริก	สเปคโตรโฟโตมิเตอร์
สภาพนำไฟฟ้า	การวัดสภาพนำไฟฟ้า	เครื่องวัดสภาพนำไฟฟ้า
ซีโอดี (COD)	รีฟลักซ์แบบปิด	-
แอมโมเนีย (NH ₃ -N)	เนสเลอร์ไลเซชัน	สเปคโตรโฟโตมิเตอร์
ไนเตรท (NO ₃ -N)	ยูวีสเปคโตรโฟโตเมตริก สแกนนิ่ง	ยูวีสเปคโตรโฟโตมิเตอร์
ฟอสฟอรัส (Phosphorus)	สแตนนัสคลอไรด์	สเปคโตรโฟโตมิเตอร์

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ ประกอบด้วย

1. การประมาณเงินลงทุน จะเป็นเงินลงทุนสำหรับการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ถังพักน้ำ ระบบฆ่าเชื้อโรค และระบบจ่ายน้ำ
2. การประมาณค่าใช้จ่ายดำเนินการรายปี ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำ การบำรุงรักษา ค่าแรงงาน และดอกเบี้ย
3. การประมาณรายรับ ได้แก่ มูลค่าของน้ำประปาที่ประหยัดได้
4. การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน จะเป็นตัวช่วยบ่งชี้ในการตัดสินใจลงทุนในการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ โดยจะพิจารณาในรูปของ
 - 4.1 อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return)
 - 4.2 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

การสำรวจและรวบรวมข้อมูล

การสำรวจและรวบรวมข้อมูลเป็นอีกส่วนหนึ่งของการวิจัย ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาถึงแนวโน้มของความเป็นไปได้ในการลงทุนเพื่อนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ในอาคาร โดยจะสำรวจจากความคิดเห็นของเจ้าของหรือผู้บริหารโครงการอาคาร โดยมีขั้นตอนการสำรวจดังนี้

1. การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง

ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่จะทำการสำรวจมีทั้งสิ้น 30 อาคาร โดยการคัดเลือกตัวอย่างจะใช้วิธีการสุ่มตัวอย่าง แบ่งเป็น

- กลุ่มตัวอย่างของผู้บริหารโครงการอาคารสำนักงาน จำนวน 15 ตัวอย่าง
- กลุ่มตัวอย่างของผู้บริหารโครงการอาคารพักอาศัย จำนวน 15 ตัวอย่าง

2. การเก็บข้อมูล

วิธีการสำรวจและเก็บข้อมูล ผู้วิจัยจะใช้การสัมภาษณ์ตัวต่อตัว โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือช่วยในการสำรวจ

รายละเอียดของข้อมูลที่ต้องการ ประกอบด้วย

- 2.1 ลักษณะของโครงการ ได้แก่ ประเภทการใช้งานและขนาดของอาคาร
- 2.2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการลงทุนในการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่
- 2.3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสมของการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ในอาคาร

3. การวิเคราะห์ข้อมูลจากการสำรวจ

ข้อมูลจากการสำรวจ จะนำมาวิเคราะห์เพื่อประเมินแนวโน้มด้านการตลาดหรือ ความเป็นไปได้ที่จะนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ โดยจะพิจารณาตามประเภทการใช้สอย ขนาดของอาคาร และกิจกรรมและปริมาณน้ำที่สามารถนำกลับมาใช้ได้

การสรุปผลการวิจัย

ผลวิเคราะห์ที่ได้จากการทดลอง การวิเคราะห์ด้านการเงิน และการสำรวจ จะนำมาสรุป เพื่อเปรียบเทียบถึงความคุ้มค่าของการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ในอาคารสูง ระหว่างการบำบัดด้วยกระบวนการกรองตรง กระบวนการดูดติดผิว และกระบวนการกรองด้วยแผ่นเยื่อกรอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย