สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

แผนการทดลองและการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการทำวิจัยโดยใช้บึงประดิษฐ์ที่มีการไหลใต้ผิวดินในแนวดิ่ง เพื่อบำบัดน้ำเสียจากสถานบริการล้างรถโดยทำการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1 แผนการทดลอง

งานวิจัยนี้ เป็นการทดลองบำบัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์จากสถานบริการล้างรถ โดยใช้ระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวดิ่งที่ปลูกต้นธูปฤาษี ตัวกลางที่ใช้ในการเปรียบเทียบกันได้แก่ อิฐแดง และ อิฐบล็อก ปรับเปลี่ยนอัตราภาระชลศาสตร์ที่ป้อนเข้าระบบ 2 ค่าคือ 0.041 และ 0.083 $ม^3/(ม^2\text{-วัน})$ คิดเป็นอัตราการไหลที่ป้อนเข้าระบบเท่ากับ 10 ลิตรต่อวัน และ 20 ลิตรต่อวันตามลำดับ โดยการป้อนน้ำเสียอย่างไม่ต่อเนื่องคือ เติม 2 ชั่วโมง หยุด 2 ชั่วโมง ซึ่งน้ำเสียจะมีระยะเวลากักเก็บในระบบเท่ากับ 6.16 วัน และ 3.08 วัน ตามลำดับ โดยศึกษาค่าพารามิเตอร์ คือ พีเอช อุณหภูมิ โออาร์พี ซีโอดี บีโอดี ปริมาณสารแขวนลอย ทีเคเอ็น แอมโมเนียไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัสรวมในน้ำ ดังการไหลของการทดลองรูปที่ 3.1 และมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากสถานบริการล้างรถ 5 แห่งเพื่อนำมาวิเคราะห์พารามิเตอร์เบื้องต้น

ขั้นตอนที่ 2 เปรียบเทียบน้ำเสียจากสถานบริการล้างรถเพื่อเป็นตัวแทนในการนำไปใช้เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ในระบบบึงประดิษฐ์ในการทดลอง

ขั้นตอนที่ 3 ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพ-เคมีของตัวกลาง และปรับขนาดของตัวกลางที่นำไปใช้ในระบบ

ขั้นตอนที่ 4 ทำการสร้างแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียโดยบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลในแนวดิ่ง อุปกรณ์จ่ายน้ำเสียเข้าสู่ระบบ วางระบบท่อรวบรวมน้ำที่ผ่านการบำบัด รวมทั้งการจัดเรียงชั้นของตัวกลาง

ขั้นตอนที่ 5 จัดเตรียมพืชที่ใช้ทดลองได้แก่ ต้นธูปฤาษี (Cattail: *Typha*)โดยทำการคัดเลือกลำต้นที่มีขนาดและความสูงใกล้เคียงกันนำมาปลูกในแบบจำลองที่เตรียมไว้ เริ่มต้นจะทำการเลี้ยงพืชด้วยน้ำประปา เพื่อให้พืชคุ้นเคยกับสภาพที่เป็นทรายก่อน ประมาณ 10 วัน

ขั้นตอนที่ 6 ทำการตรวจสอบเวลาเก็บกักของระบบ (Tracer test)

ขั้นตอนที่ 7 ออกแบบชุดการทดลองแบ่งเป็น 2 ชุดการทดลองดังนี้

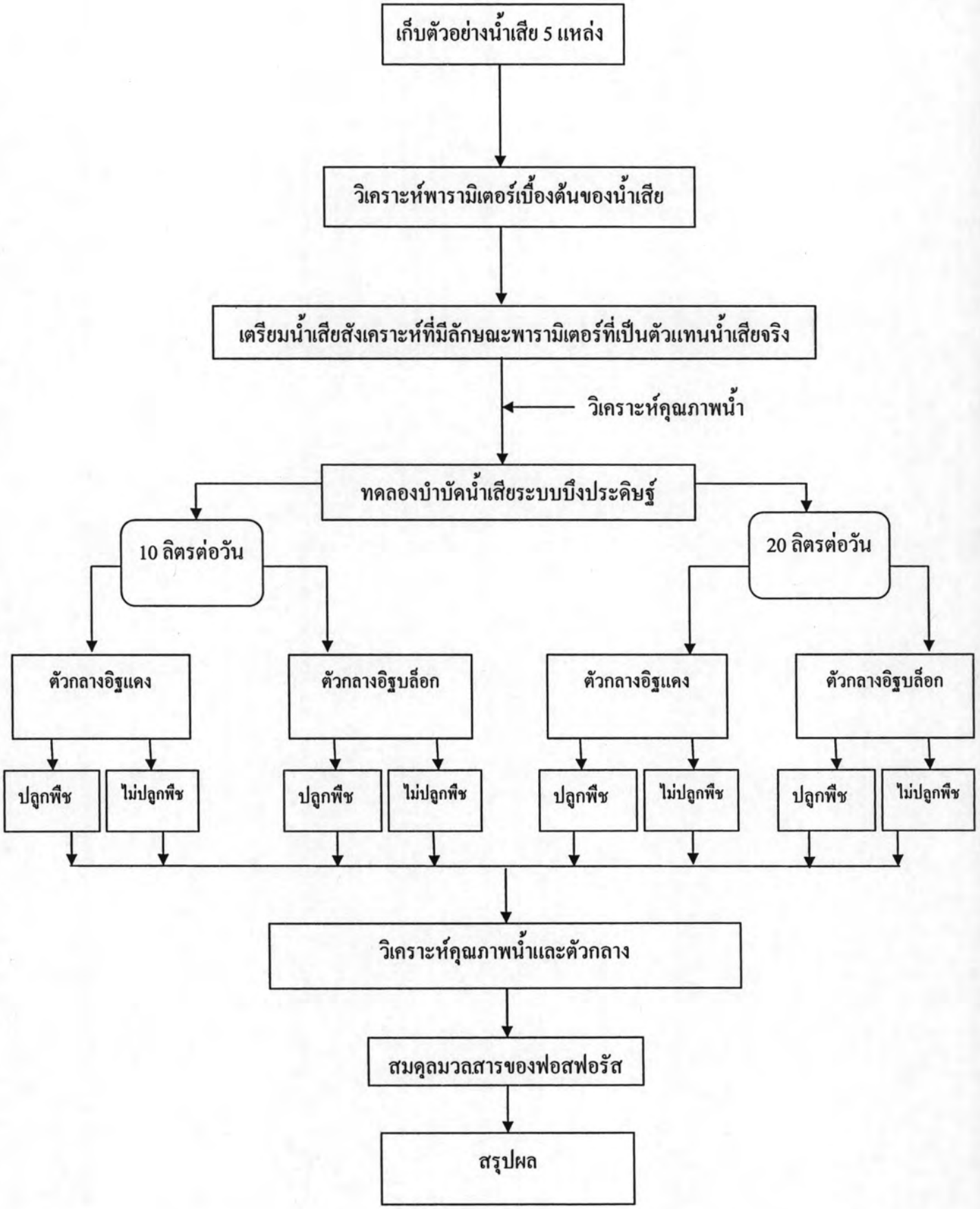
การทดลองชุดที่ 1 ป้อนน้ำเสียที่อัตราการไหล 10 ลิตรต่อวัน อย่างไม่ต่อเนื่อง (เติม 2 ชั่วโมง หยุด 2 ชั่วโมง) ที่ระบบชุดควบคุม ตัวกลางอิฐบล็อก ระบบชุดควบคุม ตัวกลางอิฐแดง (ไม่ปลูกต้นธูปฤาษี) และ ที่ระบบตัวกลางอิฐบล็อก และระบบตัวกลางอิฐแดง (ปลูกต้นธูปฤาษี)

การทดลองชุดที่ 2 ป้อนน้ำเสียที่อัตราการไหล 20 ลิตรต่อวัน อย่างไม่ต่อเนื่อง (เติม 2 ชั่วโมง หยุด 2 ชั่วโมง) ที่ระบบชุดควบคุม ตัวกลางอิฐบล็อก และระบบชุดควบคุม ตัวกลางอิฐแดง (ไม่ปลูกต้นธูปฤาษี) ที่ระบบตัวกลางอิฐบล็อก และระบบตัวกลางอิฐแดง (ปลูกต้นธูปฤาษี)

ขั้นตอนที่ 8 วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช โออาร์พี ปริมาณสารแขวนลอย ซีโอดี บีโอดี ทีเคเอ็น ฟอสเฟตฟอสฟอรัส และฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำ เพื่อศึกษาถึงภาพรวมของการบำบัดน้ำเสียโดยบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลในแนวดิ่ง

ขั้นตอนที่ 9 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสระหว่างชุดการทดลองที่บรรจุอิฐแดง หรือ อิฐบล๊อก ที่ทำการปลูกและไม่ปลูกต้นธูปฤาษี

ขั้นตอนที่ 10 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

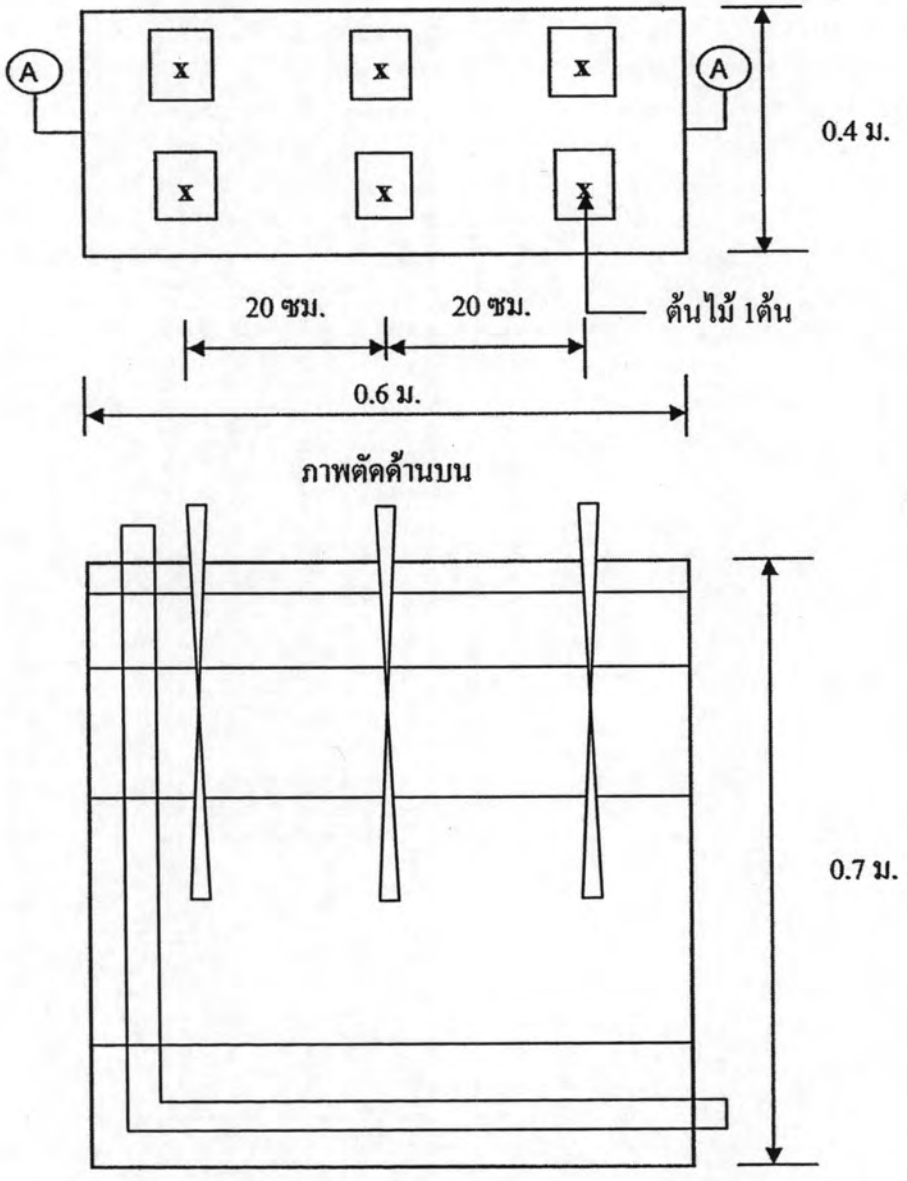


รูปที่ 3.1 แผนผังการทดลองการบำบัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียสถานบริการล้างรถโดยใช้ระบบบึงประดิษฐ์

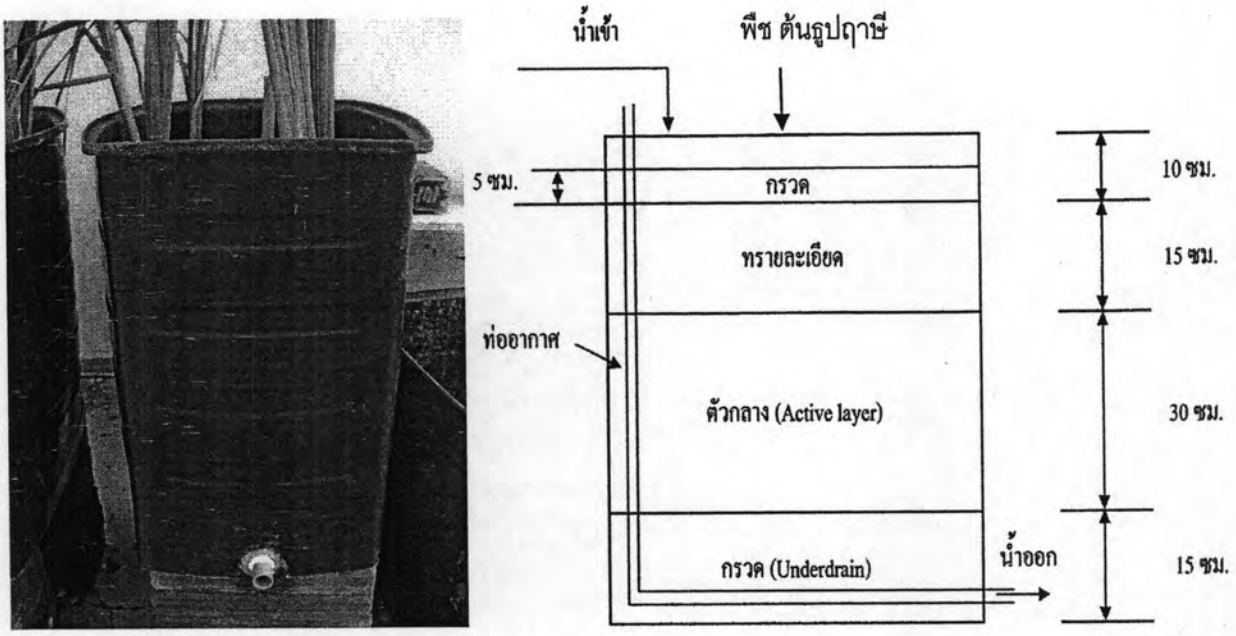
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.2.1 ระบบบึงประดิษฐ์ที่ใช้ในการทดลอง

ในการวิจัยนี้ ใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวดิ่ง ขนาดถังปฏิบัติการโดยใช้ถังน้ำโพลีเอทธิลลีน รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีขนาดกว้าง 0.4 เมตร ยาว 0.6 เมตร ลึก 0.7 เมตร แสดงดังรูปที่ 3.2 และ พื้นที่ผิว 0.24 ตารางเมตร บรรจุด้วยตัวกลาง 4 ชั้นเรียงต่อกันแสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 แสดงขนาดของถังที่ใช้ในระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลในแนวดิ่ง



รูปที่ 3.3 แสดงการจัดเรียงตัวกลางที่ใช้ในระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลในแนวดิ่ง

- ชั้นบนสุดบรรจุด้วยกรวดขนาด 10-20 มิลลิเมตร หนาประมาณ 5 เซนติเมตร เป็นชั้นที่ใช้ในการกระจายน้ำเสีย

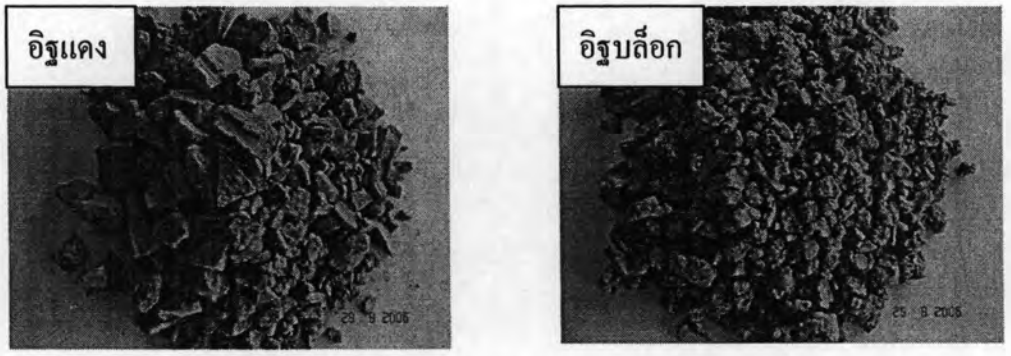
- ชั้นที่ 2 บรรจุด้วยทรายละเอียดขนาด 0.15-0.60 มิลลิเมตร หนาประมาณ 15 เซนติเมตร

- ชั้นที่ 3 ตัวกลาง (Active layer) หนาประมาณ 30 เซนติเมตร บรรจุด้วยตัวกลางที่ใช้เปรียบเทียบได้แก่ อิฐแดง และอิฐบล๊อค

- ชั้นล่างสุด บรรจุด้วยกรวดขนาด 10-20 มิลลิเมตร หนาประมาณ 15 เซนติเมตร เป็นชั้นที่ใช้ในการรวบรวมน้ำเสียออกจากระบบ

3.2.2 ตัวกลาง

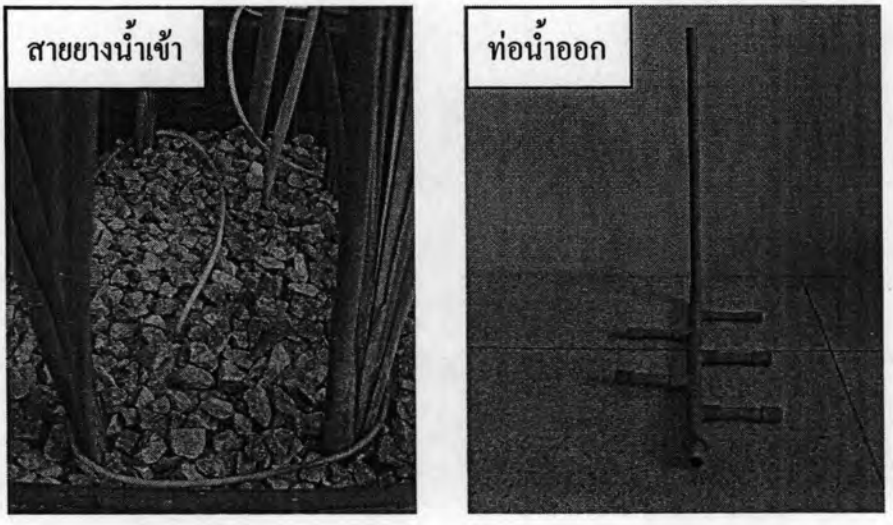
วัสดุที่ใช้เป็นตัวกลางในการเปรียบเทียบได้แก่ อิฐแดง และอิฐบล็อก ซึ่งในการเตรียมตัวกลางเปรียบเทียบ จะทำการบดอิฐแดง อิฐบล็อค ให้มีขนาดใกล้เคียงกันโดยมีขนาดของตัวกลาง 1-10 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 วัสดุที่ใช้เป็นตัวกลางในระบบบึงประดิษฐ์

3.2.3 ระบบท่อ

ท่อน้ำเข้า เป็นท่อพีวีซี ขนาดต่างๆ ใช้ในการกระจายน้ำเสียอย่างทั่วถึงโดยใช้สายยางที่เจาะรู ท่อที่ใช้รวบรวมน้ำออกที่ผ่านการบำบัดแล้ว ใช้ท่อพีวีซีขนาด 1 นิ้ว ต่อเป็นลักษณะก้างปลาเจาะเป็นรูขนาด 5 มิลลิเมตร ตลอดแนวท่อ วางที่ชั้นกรวดด้านล่างตามแนวนอน ปลายท่อด้านในต่อกับท่อพีวีซีขนาด ¾ นิ้ว ในแนวตั้งเพื่อระบายอากาศ ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ระบบท่อน้ำเข้า-ออกของระบบบึงประดิษฐ์

3.2.4 พืชที่ปลูกในการทดลอง

พืชที่ใช้ในการทดลองเป็นต้นธูปฤาษี (Cattail: *Typha*) จำนวน 6 ต้น ระยะห่างระหว่างต้นประมาณ 20 เซนติเมตร ความหนาแน่นประมาณ 25 ต้นต่อตารางเมตรดังรูปที่ 3.6 และแสดงตามภาพตัดด้านบนดังรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.6 ต้นธูปฤาษี พืชที่ใช้ในการทดลองระบบบึงประดิษฐ์

3.2.5 น้ำเสียที่เข้าระบบ

น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ เป็นน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าฟอสฟอรัสที่เป็นตัวแทนน้ำเสียสถานบริการล้างรถที่ใช้ป้อนเข้าสู่ระบบบึงประดิษฐ์ เพื่อที่ได้ลักษณะน้ำเสียที่ถูกต้องลดความแปรปรวนขององค์ประกอบในน้ำเสียระหว่างการทดลอง ซึ่งสามารถนำไปใช้บำบัดน้ำเสียได้ถูกต้อง

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบน้ำเสียสังเคราะห์

สารเคมี	ปริมาณ	ความเข้มข้นต่อลิตร	ใช้ปริมาณ	ความเข้มข้นในน้ำเสียสังเคราะห์ 40 ลิตร
น้ำยาล้างรถมีส่วนผสม คือ	1 ลิตร		10 มล.	
COD		100,000 มก./ล.		250 มก./ล.
TKN		38.3 มก./ล.		0.09 มก./ล.
$PO_4^{-}P$		40 มก./ล.		0.10 มก./ล.
TP		56.8 มก./ล.		0.14 มก./ล.
SODIUM LAURYL ETHER SULFATE		2.99 % W/W		
LINER ALKYLBENZENE SULFONATE, SODIUM SALT		5.38 % W/W		
NH_4Cl	76.57 มก.	19.91 มก./ล.	3.063 กรัม	19.91 มก./ล.
KH_2PO_4	30.35 มก.	6.86 มก./ล.	1.214 กรัม	6.86 มก./ล.
ผงฝุ่น อบ 105 ซ	100 มก.	100 มก./ล.	4.000 กรัม	100 มก./ล.
น้ำเสียสังเคราะห์มีปริมาณ		ความเข้มข้นในน้ำ 40 ลิตร		
COD =		250 มก./ล.		
TKN =		20 มก./ล.		
TP =		7 มก./ล.		
SS =		100 มก./ล.		

วิธีการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์เตรียมน้ำเสียครั้งละ 40 ลิตรจากน้ำประปามีส่วนผสมของน้ำยาล้างรถชื่อ CARRETEX ของบริษัท ลาโกพรีเมียร์ และสารเคมีธาตุอาหารดังตารางที่ 3.1 โดยผสมสารเคมี NH_4Cl 3.063 กรัม KH_2PO_4 1.214 กรัม และผงฝุ่น อบ 4.0 กรัม เพื่อให้มีค่าเฉลี่ยลักษณะน้ำเสียเหมือนกับน้ำเสียจารสถานบริการล้างรถ การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ในแต่ละวันจะเตรียมน้ำเสียแล้วเก็บไว้ในถังพลาสติกก่อนการเปลี่ยนน้ำ เมื่อน้ำเสียในถังพักน้ำเสียหมดก็จะนำถังพักน้ำเสียมาล้างทำความสะอาดก่อนแล้วจึงเติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมไว้ลงในถังพักน้ำเสียที่สะอาดแล้ว ทั้งนี้เพื่อป้องกันปัญหาการหมักที่อาจเกิดขึ้นได้ในถังพักน้ำเสีย

3.2.5.1 การหาอัตราภาระน้ำเสียและเวลากักน้ำในการทดลอง

ปริมาตรของชั้นทรายละเอียดในระบบมีขนาดกว้าง 40 cm. ยาว 60 cm. สูง 15 cm. มีอัตราส่วนช่องว่างระหว่างตัวกลาง (Void Ratio) = 0.49

ปริมาตรของชั้นกรวดในระบบมีขนาดกว้าง 40 cm. ยาว 60 cm. สูง 20 cm. มีอัตราส่วนช่องว่างระหว่างตัวกลาง (Void Ratio) = 0.35

ปริมาตรของชั้นตัวกลางระบบมีขนาดกว้าง 40 cm. ยาว 60 cm. สูง 30 cm. มีอัตราส่วนช่องว่างระหว่างในตัวกลาง (Void Ratio) = 0.65 (ภาคผนวก ค)

1) การคำนวณหาปริมาตรของชั้นตัวกลาง

ปริมาตรของชั้นทราย = $(\text{ความกว้าง x ความยาว x ความสูง})_{\text{ชั้นทราย}}$

= (0.40 m x 0.60 m x 0.15 m)

= $0.036\ m^3$

ปริมาตรของชั้นกรวด = $(\text{ความกว้าง x ความยาว x ความสูง})_{\text{ชั้นหิน}}$

= (0.40 m x 0.60 m x 0.20 m)

= $0.048\ m^3$

ปริมาตรของชั้นตัวกลาง = $(\text{ความกว้าง x ความยาว x ความสูง})_{\text{ชั้นตัวกลาง}}$

= (0.40 m x 0.60 m x 0.30 m)

= $0.072\ m^3$

2) การคำนวณหาปริมาตรช่องว่างในชั้นตัวกลาง

ปริมาตรของช่องว่าง = $(\text{ปริมาตรชั้นทราย x Void Ratio})_{\text{ทราย}}$ + $(\text{ปริมาตรชั้นหิน x Void Ratio})_{\text{หิน}}$

+ $(\text{ปริมาตรชั้นตัวกลาง x Void Ratio})_{\text{ตัวกลาง}}$

= (0.40 m x 0.60 m x 0.15 m x 0.49)+ (0.40 m x 0.60 m x 0.20m x 0.35)

+ (0.40 m x 0.60 m x 0.30 m x 0.65)

= $0.0776\ m^3$

= 77.6 ลิตร

3) การคำนวณหาพื้นที่รับน้ำ

พื้นที่รับน้ำ = พื้นที่ผิวของชั้นตัวกลาง

= $(\text{ความกว้าง x ความยาว})_{\text{ชั้นตัวกลาง}}$

$$= \quad (0.40m \times 0.60m)$$

$$= \quad 0.24\ m^2 = 240\ cm^2$$

4) การคำนวณหาอัตราภาระน้ำเสียและเวลากักน้ำที่อัตราการไหลต่างๆ

อัตราการของน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองมี 2 ค่า คือ 10 และ 20 ลิตรต่อวันตามลำดับ

○ เมื่ออัตราการไหลของน้ำเสีย = 10 ลิตรต่อวัน

- เวลาเก็บกักน้ำเสีย $= \frac{\textit{ปริมาตรของชั้นตัวกลาง}}{\textit{อัตราการไหลของน้ำเสีย}}$

$$= \frac{77.6 \text{ ลิตร}}{10 \text{ ลิตรต่อวัน}}$$

$$= 7.76 \text{ วัน}$$

- อัตราภาระบรรทุกชลศาสตร์ $= \frac{\textit{อัตราการไหลของน้ำเสีย}}{\textit{พื้นที่รับน้ำ}}$

$$= \frac{1000 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวัน}}{240 \text{ ตารางเซนติเมตร}}$$

$$= 0.041 \text{ ม}^3/(\text{ม}^2\text{-วัน})$$

○ เมื่ออัตราการไหลของน้ำเสีย = 20 ลิตรต่อวัน

- เวลาเก็บกักน้ำเสีย $= \frac{\textit{ปริมาตรของชั้นตัวกลาง}}{\textit{อัตราการไหลของน้ำเสีย}}$

$$= \frac{77.6 \text{ ลิตร}}{20 \text{ ลิตรต่อวัน}}$$

$$= 3.88 \text{ วัน}$$

- อัตราภาระบรรทุกชลศาสตร์ $= \frac{\textit{อัตราการไหลของน้ำเสีย}}{\textit{พื้นที่รับน้ำ}}$

$$= \frac{2000 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวัน}}{240 \text{ ตารางเซนติเมตร}}$$

$$= 0.083 \text{ ม}^3/(\text{ม}^2\text{-วัน})$$

3.3 ตัวแปรศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดของระบบบึงประดิษฐ์

ตารางที่ 3.2 ตัวแปรศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดของระบบบึงประดิษฐ์

ตัวแปรอิสระ	ค่าที่ใช้ในการทดลอง
1.ชนิดของตัวกลาง	อิฐแดงและอิฐบล็อก
2.อัตราการไหลของน้ำเสีย	10 ลิตรต่อวันและ 20 ลิตรต่อวัน
3.การปลูกพืช	ระบบที่ปลูกต้นธูปฤาษีและระบบที่ไม่ปลูกต้นธูปฤาษี
ตัวแปรกำหนด	**ค่าที่ใช้ในการทดลอง**
1. ขนาดของระบบ	ถังน้ำโพลีเอทธิลลีนรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้าง 0.4 เมตร ยาว 0.6 เมตร ลึก 0.7 เมตร พื้นที่ผิว 0.24 ตารางเมตร บรรจุด้วยตัวกลาง 4 ชั้นเรียงต่อกัน
2. ชนิดของต้นไม้	ต้นธูปฤาษี
3. ความสูงของชั้นตัวกลาง	ชั้นตัวกลางหนา 30 เซนติเมตรบรรจุด้วยตัวกลางที่ใช้เปรียบเทียบ คืออิฐแดงและอิฐบล็อก
4. ความเข้มข้นของน้ำเสีย	น้ำเสียสังเคราะห์
ตัวแปรตาม	**วิธีการวิเคราะห์**
1. ลักษณะน้ำเสีย	- อุณหภูมิ - พีเอช - โออาร์พี - ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด - ซีโอดี - บีโอดี - ทีเคเอ็น - ฟอสเฟตฟอสฟอรัส - ฟอสฟอรัสทั้งหมด
2. ตัวกลาง	- ปริมาณจุลชีพที่เกาะอยู่บนตัวกลาง - ปริมาณฟอสฟอรัสในจุลชีพ - การดูดซับโดยตัวกลางอิฐแดงและอิฐบล็อก
3. พืช	- วัดส่วนสูง - จำนวนต้น -วิเคราะห์หาค่าฟอสฟอรัสในใบและรากของต้นธูปฤาษี
4.สมดุลฟอสฟอรัส	$P_{influent} = P_{effluent} + P_{remove}$

3.4 ขั้นตอนการวิจัย

3.4.1 การศึกษาลักษณะทางกายภาพ-เคมีของตัวกลาง

1) หาค่าความพรุน (Porosity) ของ อิฐแดง อิฐบล๊อก โดยการหาจาก Bulk density (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) และ Particle density (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) (Methods of soil analysis, part 1, 1986)

$$\text{Bulk density} = \text{Weight/volume} \qquad (3.1)$$

$$\text{Porosity (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Bulk density}}{\text{Particle density}}\right) * 100 \qquad (3.2)$$

2) หาค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (Specific surface area) ของเศษปูน อิฐแดง อิฐบล๊อก โดย N_2 gas adsorption method รายงานผลเป็นตารางเมตรต่อกรัม

3) วัดค่า pH ของ อิฐแดง อิฐบล๊อก โดย pH meter หลังจากที่ผสมวัสดุ 2 กรัม กับ 0.01 M $CaCl_2$ 20 มิลลิลิตร

3.4.2 การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดของระบบบึงประดิษฐ์

1) ทำการสร้างแบบจำลอง อุปกรณ์จ่ายน้ำเสียเข้าสู่ระบบ วางระบบท่อรวบรวมน้ำที่ผ่านการบำบัด รวมทั้งการจัดเรียงชั้นตัวกลาง ดังรูปที่ 3.3

2) พืชที่ใช้ทดลองได้แก่ ต้นธูปฤาษี (Cattail: *Typha*) โดยทำการคัดเลือกลำต้นที่มีขนาดและความสูงใกล้เคียงกัน นำมาปลูกในแบบจำลองที่เตรียมไว้ ซึ่งจะทำการปลูกจำนวน 6 ต้น ระยะห่างระหว่างต้นประมาณ 20 เซนติเมตร ความหนาแน่นประมาณ 25 ต้นต่อตารางเมตร เริ่มต้นจะทำการเลี้ยงพืชด้วยน้ำประปา เพื่อให้พืชคุ้นเคยกับสภาพที่เป็นทรายก่อน ประมาณ 10 วัน

3) ทำการตรวจสอบเวลาเก็บกักของระบบ (Tracer test) โดยใช้โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่ความเข้มข้น 120 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาตร 500 มิลลิลิตร ป้อนเข้าสู่ระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลของน้ำประปาอย่างต่อเนื่อง แล้วทำการเก็บน้ำออกจากระบบทุก 5 นาที

4) เริ่มเดินระบบ ป้อนน้ำเสียที่ HLR 0.041 ม.^{2}/(ม.^{3}-วัน) และ 0.083 ม.^{2}/(ม.^{3}-วัน) อย่างไม่ต่อเนื่อง (เติม 2 ชั่วโมง หยุด 2 ชั่วโมง)

5) การเก็บตัวอย่างน้ำ จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียทุกครั้งที่ทำการป้อนเข้าระบบ และเก็บตัวอย่างน้ำที่ออกจากระบบแสดงตามตารางที่ 3.3

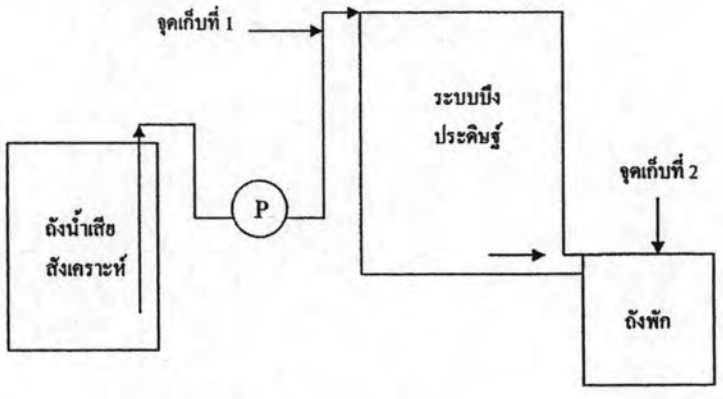
6) วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช โออาร์พี ปริมาณสารแขวนลอย ซีโอดี บีโอดี ทีเคเอ็น ฟอสเฟตฟอสฟอรัส และฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำ เพื่อศึกษาถึงภาพรวมของการบำบัดน้ำเสียโดยบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลในแนวดิ่ง

7) เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสระหว่างบึงประดิษฐ์ที่บรรจุอิฐแดงและอิฐบล็อก ที่ทำการปลูกและไม่ปลูกต้นธูปฤาษี

3.4.3 การเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์

1) จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

การทดลองนี้ จะดำเนินการเก็บตัวอย่างรวมทั้งสิ้น 2 จุด ในถังน้ำเสียที่เป็นตัวแทนจากสถานบริการล้างรถ เป็นจุดเก็บที่ 1 ทำการเก็บทุกครั้งที่เตรียมก่อนป้อนเข้าสู่ระบบ ส่วนจุดเก็บที่ 2 เป็นน้ำในถังพักน้ำที่ออกจากระบบบึงประดิษฐ์ ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างน้ำเสีย

2) ตัวแปรและความถี่ในการวิเคราะห์น้ำที่ออกจากระบบ

ตารางที่ 3.3 แสดงตัวแปรและความถี่ในการวิเคราะห์น้ำที่ออกจากระบบ

ตัวแปร	ความถี่
อุณหภูมิ	A
pH	A
ORP	A
SS	A
COD	A
BOD	B
TKN	B
PO_4^--P	A
TP	A

หมายเหตุ: A คือ พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ 3 ครั้งต่อสัปดาห์

B คือ พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ 1 ครั้งต่อ 2 สัปดาห์

3) วิธีที่ใช้วิเคราะห์น้ำตัวอย่าง

ตารางที่ 3.4 การวิเคราะห์น้ำตัวอย่างน้ำเสีย

ตัวแปร	วิธีวิเคราะห์
อุณหภูมิ	Thermometer (Mercury filled thermometer)
pH	Electrometric pH meter method
ORP	Electronic ORP meter with platinum electrode method
SS	Dried at 103-105°C
COD	Dichromate closed reflux method
BOD	Azide modification method
TKN	Macro Kjedahl method
PO_4^--P	Vanadomolybdophosphoric acid method
TP	Vanadomolybdophosphoric acid method

3.5 การศึกษากลไกการกำจัดฟอสฟอรัสในระบบ

นำตัวกลางในบึงประดิษฐ์ที่มีผลของประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสสูงที่สุด จากการทดลองในหัวข้อ 3.4.2 มาศึกษากลไกการกำจัดฟอสฟอรัสของระบบ โดยการทำสมดุลมลสารฟอสฟอรัสที่เข้าและออกจากระบบ ดังสมการที่ 3.3 และ 3.4

$$P_{influent} = P_{effluent} + P_{remove} \quad (3.3)$$

$$P_{remove} = P_{adsorb} + P_{plant} + P_{microbe} + P_{other} \quad (3.4)$$

โดยที่ $P_{influent}$ คือ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เข้าสู่ระบบ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
$P_{effluent}$ คือ ปริมาณฟอสฟอรัสที่ออกจากระบบ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
P_{remove} คือ ปริมาณฟอสฟอรัสที่ถูกกำจัด (มิลลิกรัมต่อลิตร)
P_{adsorb} คือ ปริมาณฟอสฟอรัสที่ถูกดูดซับโดยตัวกลาง (มิลลิกรัมต่อกรัม)
P_{plant} คือ ปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชนำไปใช้ (มิลลิกรัมต่อกรัม)
$P_{microbe}$ คือ ปริมาณฟอสฟอรัสที่ถูกกำจัดโดยจุลินทรีย์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
P_{other} คือ ปริมาณฟอสฟอรัสที่ถูกกำจัดโดยกลไกอื่นๆ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

3.5.1 หาค่าความสามารถในการดูดซับฟอสฟอรัสโดยตัวกลาง

วิธีการที่ใช้ในการหาค่าความสามารถในการดูดซับฟอสฟอรัสของตัวกลาง คือ Adsorption Isotherm test มีขั้นตอนดังนี้

1) เตรียมน้ำเสียปริมาตร 200 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร จำนวน 6 ใบ
2) เตรียมตัวกลางที่มีความสามารถในการกำจัดฟอสฟอรัสสูงที่สุดมาอบแห้งและชั่งน้ำหนัก แล้วเติมลงในบีกเกอร์แต่ละใบ ให้มีความเข้มข้นต่างกันคือ m_1, m_2, m_3, m_4 และ m_5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำชุดควบคุมโดยใช้ตัวอย่างน้ำที่ไม่มีสารดูดซับ
3) เปิดเครื่อง Shaker เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (หรือนานเท่ากับเวลาเก็บกักของระบบ)
4) ปิดเครื่อง และกรองน้ำเพื่อกำจัดตัวกลางผงออก
5) นำน้ำที่กรองแล้วไปหาค่าฟอสฟอรัสที่เหลือ
6) หาค่า Isotherm ของการดูดซับ

3.5.2 การวัดอัตราการเติบโตของพืช

1) วัดความสูงเริ่มต้นของพืช (เซนติเมตร) และในตอนท้ายของการทดลอง
2) นับจำนวนหน่อ ใบ และดอกที่เพิ่มขึ้น
3) หาปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชนำไปใช้ โดยการหาค่าฟอสฟอรัสจากพืชเริ่มต้นก่อนรับน้ำเสีย และหาค่าฟอสฟอรัสจากพืชในตอนท้ายการทดลอง การหาค่าฟอสฟอรัสในพืชจะใช้วิธี Vanadomolybdo-phosphoric acid colorimetric method หลังจากการย่อยด้วยกรด (Acid digestion) (Yoo J.H. และคณะ, 2005) รายงานผลเป็นมวลของฟอสฟอรัสต่อมวลของพืช

3.5.3 การย่อยและดูดซึมโดยจุลินทรีย์

การหาปริมาณฟอสฟอรัสที่ถูกย่อยและดูดซึมโดยจุลินทรีย์นั้น จะทำการศึกษาหลังจากที่ทำการเดินระบบได้ 1 เดือน แล้วคัดเลือกระบบบึงประดิษฐ์ที่มีประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสสูงที่สุดมาทำชุดการทดลองควบคุม ซึ่งเป็นระบบที่ไม่ปลูกพืช หลังจากนั้นจะทำการหาปริมาณจุลินทรีย์ที่เกาะติดผิวตัวกลาง

3.5.4 กลไกอื่นๆ

กลไกอื่นๆ ที่เกิดขึ้นได้แก่ การตกตะกอน (Yoo J.H. และคณะ, 2005; Zoubolis และ Prochaska, 2006) ซึ่งเมื่อทราบปริมาณของฟอสฟอรัสที่ถูกดูดซับโดยตัวกลางในหัวข้อ 3.5.1 และปริมาณฟอสฟอรัสที่ถูกใช้โดยพืชในหัวข้อ 3.5.2 สามารถหาค่าฟอสฟอรัสที่ถูกกำจัดโดยกลไกอื่น (P_{other})