บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย

น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง เป็นน้ำเสียสังเคราะห์ให้มีลักษณะสมบัติใกล้เคียงกับน้ำเสียชุมชน ซึ่งมีองค์ประกอบของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูง โดยให้มีอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอยู่ในช่วงของ 100 : 4 : 1 สำหรับชุดควบคุมและบ่อที่ 2 และ 100 : 8 : 2 สำหรับบ่อที่ 3 ซึ่งครอบคลุมอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชน ในการศึกษานี้ได้เตรียมและวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำเสียก่อนการทดลองที่ป้อนเข้าบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย และระบบที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน ดังแสดงผลการวิเคราะห์น้ำในตารางที่ 4.1 ส่วนรายละเอียดได้แสดงในภาคผนวกตารางที่ ก 1 ก 2 ก 15 และ ก 16

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยลักษณะสมบัติของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ป้อนเข้าบึงประดิษฐ์

พารามิเตอร์	ระบบตัวกลางดินปนทราย		ระบบตัวกลางทรายปนหินชนวน	
	ชุดควบคุมและบ่อ 2	บ่อ 3	ชุดควบคุมและบ่อ 2	บ่อ 3
pH	7.05 ± 0.11	6.97 ± 0.11	6.99 ± 0.23	6.86 ± 0.24
COD (mg./l.)	506 ± 25.61	506 ± 21.9	497 ± 35.2	504 ± 25.2
BOD (mg./l.)	319.5 ± 72.8 *	320 ± 72.1 *	279 ± 67.6 #	279 ± 67.6 #
TKN (mg./l.)	21.4 ± 0.9	39.2 ± 1.1	20.1 ± 0.7	39.0 ± 0.3
Org-N (mg./l.)	1.5 ± 0.4	1.7 ± 0.8	1.5 ± 0.2	1.4 ± 0.2
NH_3-N (mg./l.)	19.9 ± 0.9	37.5 ± 0.6	18.6 ± 0.6	37.6 ± 0.1
TP (mg./l.)	6.6 ± 1.7	9.2 ± 2.4	3.9 ± 0.4	7.5 ± 0.7

หมายเหตุ จำนวนตัวอย่างเท่ากับ 7 ยกเว้น * จำนวนตัวอย่างเท่ากับ 2 และ # จำนวนตัวอย่างเท่ากับ 6

โดยบึงประดิษฐ์บ่อที่ 1 (ชุดควบคุม) จะเป็นบ่อที่ไม่ปลูกพืช ซึ่งจะใช้เป็นชุดควบคุมเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดธาตุอาหารในตัวกลางที่ไม่ปลูกพืชกับตัวกลางที่ปลูกพืช ส่วนบ่อที่ 2 และบ่อที่ 3 จะเป็นบึงประดิษฐ์ที่มีการปลูกพืช ซึ่งพืชที่ใช้คือธูปฤาษี (*Typha angustifolia*)

4.2 การศึกษาบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย

4.2 1 คุณภาพน้ำทิ้งและประสิทธิภาพการกำจัดของบึงประดิษฐ์

การทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 บ่อ โดยบ่อที่ 1 และ 2 จะให้น้ำเสียที่มีลักษณะสมบัติเหมือนกัน เพียงแต่บ่อที่ 1 จะไม่มีการปลูกพืช ส่วนบ่อที่ 2 จะปลูกพืชเหมือนบ่อที่ 3 แต่บ่อที่ 3 จะมีอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียเป็น 2 เท่าของบ่อที่ 2

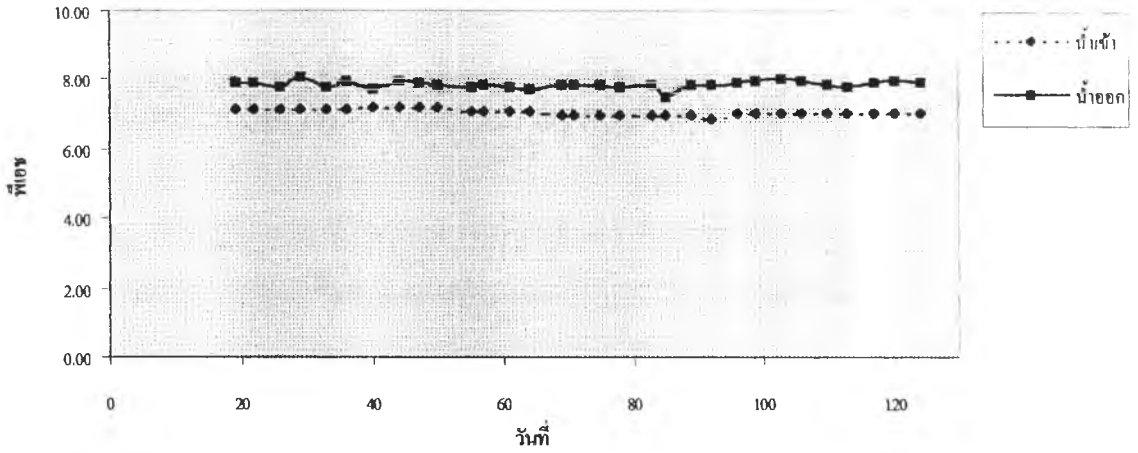
โดยบึงประดิษฐ์ทั้ง 3 บ่อจะป้อนน้ำเสียด้วยอัตราการไหล 25 ลิตร/วัน เป็นเวลาทั้งสิ้น 124 วัน และเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งเพื่อมาวิเคราะห์สัปดาห์ละ 2 ครั้ง ส่วนน้ำเสียสังเคราะห์ที่ป้อนเข้าระบบและตัวอย่างน้ำที่จุดต่างๆตามระยะทาง (1 เมตร และ 2 เมตร จากจุดน้ำเข้า) จะทำการวิเคราะห์ 2 สัปดาห์/ครั้ง

ในน้ำเข้าจะวิเคราะห์หา พีเอช, ซีโอดี, ฟอสฟอรัส, ทีเคเอ็น, แอมโมเนียไนโตรเจน, ไนไตรท์–ไนโตรเจน, ไนเตรท-ไนโตรเจน และอินทรีย์ไนโตรเจน ส่วนน้ำทิ้งจะวิเคราะห์พารามิเตอร์เหมือนน้ำเข้าทุกตัวและจะเพิ่มปริมาณของแข็งแขวนลอย

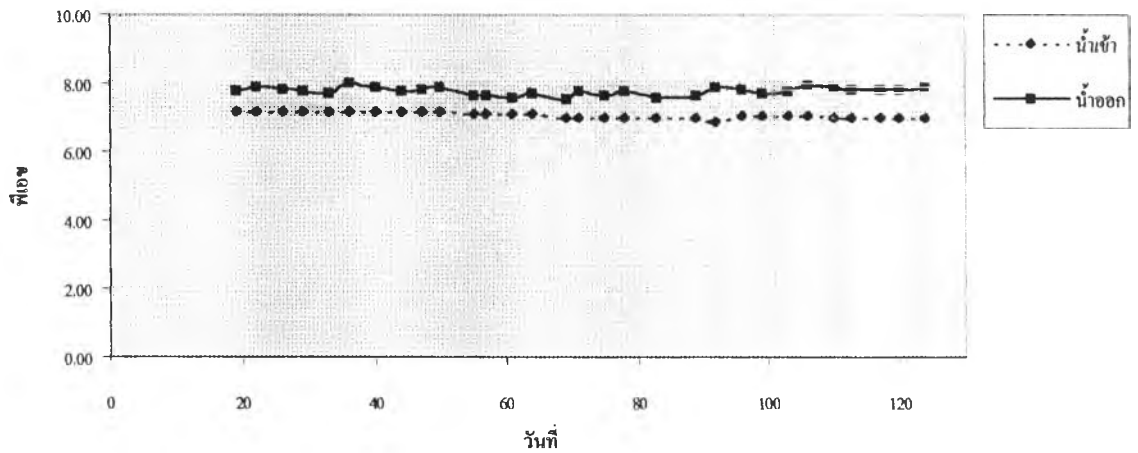
รายละเอียดผลการวิเคราะห์ลักษณะน้ำทิ้งของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายแสดงในภาคผนวก ตารางที่ ก 3 , ก 4 และ ก 5 ประสิทธิภาพการกำจัดแสดงในตารางที่ ก 6 , ก 7 และ ก 8 ซึ่งผลการทดลองสามารถวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ได้ดังนี้

1) พีเอช

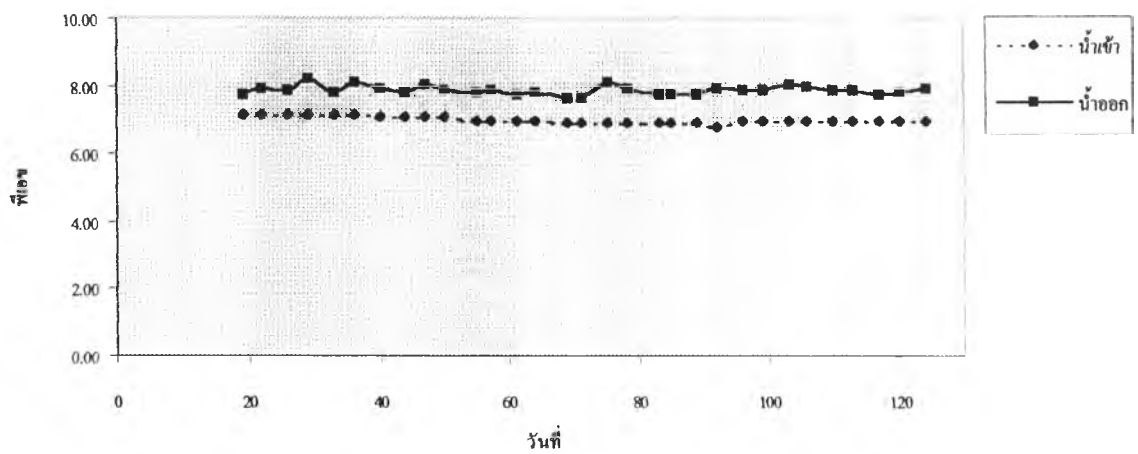
น้ำเสียดิบที่ป้อนเข้าระบบบ่อที่ 1, 2 และ 3 มีค่าพีเอช เฉลี่ย 7.05, 7.05 และ 6.97 ตามลำดับ ส่วนน้ำทิ้งจากระบบมีค่าเฉลี่ย 7.87, 7.75 และ 7.86 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า พีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกของบึงประดิษฐ์ทั้ง 3 บ่อ มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก โดยน้ำทิ้งจะมีค่าพีเอชสูงกว่าน้ำเข้าเล็กน้อย ดังแสดงในรูป 4.1 ซึ่งค่าพีเอชของน้ำทิ้งทั้ง 3 บ่อ อยู่ในช่วงที่เป็นกลางและเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน



ก) ชุดควบคุม



ข) บ่อที่ 2



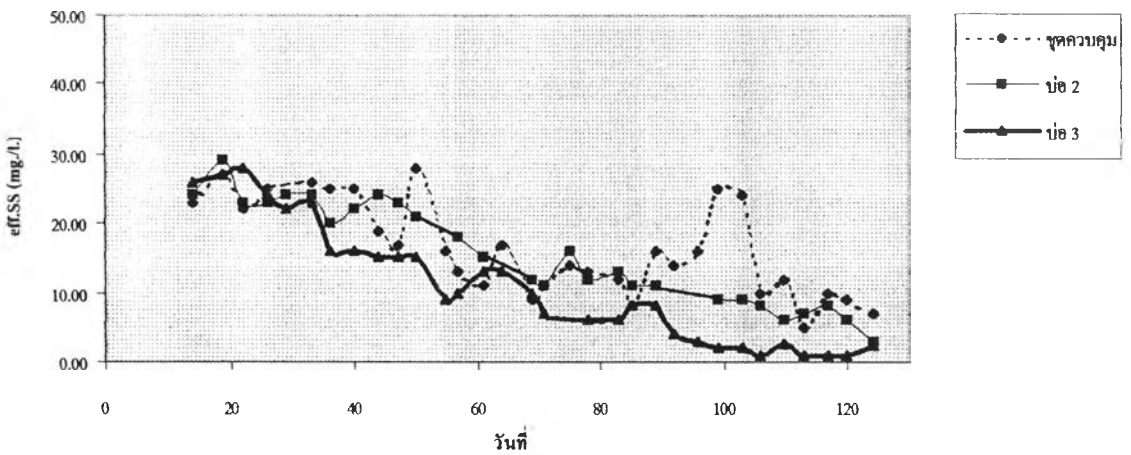
ค) บ่อที่ 3

รูปที่ 4.1 ค่าพีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกตลอดระยะเวลาการทดลองของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย

2) ของแข็งแขวนลอย

น้ำทิ้งจากระบบบ่อที่ 1, 2 และ 3 มีปริมาณของแข็งแขวนลอยเฉลี่ย 16.42, 15.43 และ 10.86 มก./ล. ตามลำดับ และจากรูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งจากระบบทั้ง 3 บ่อจะเห็นได้ว่าบ่อที่ 2 และ 3 ที่มีการปลูกต้นธูปฤาษี มีปริมาณของแข็งลอยต่ำกว่าบ่อที่ 1 ที่ไม่มีการปลูกต้นธูปฤาษี ซึ่งก็แสดงว่าต้นธูปฤาษีมีผลทำให้ปริมาณของแขวนลอยในน้ำทิ้งจากระบบมีค่าลดลง และค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งจากบ่อที่มีต้นธูปฤาษีจะมีค่าคงที่มากกว่าบ่อที่ไม่มีต้นไม้ด้วย แสดงว่ารากของต้นธูปฤาษีมีส่วนช่วยกรองของแข็งแขวนลอย

รวมทั้งจะสังเกตได้ว่าค่าแนวโน้มของปริมาณของแขวนลอยที่ออกจากบึงประดิษฐ์ทั้ง 3 บ่อ มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลา เนื่องมาจากในช่วงแรกที่เริ่มต้นเดินระบบจะมีพวกตะกอนดินและทรายขนาดเล็กๆไหลปนออกมากับน้ำทิ้งด้วย แต่เมื่อเดินระบบไปเรื่อยๆปริมาณตะกอนดินทรายขนาดเล็กๆก็มีปริมาณน้อยลงตามไปด้วย จึงทำให้ค่าปริมาณสารแขวนลอยในน้ำทิ้งในช่วงแรกมีค่าสูงกว่าในช่วงสุดท้ายของการทดลองมาก

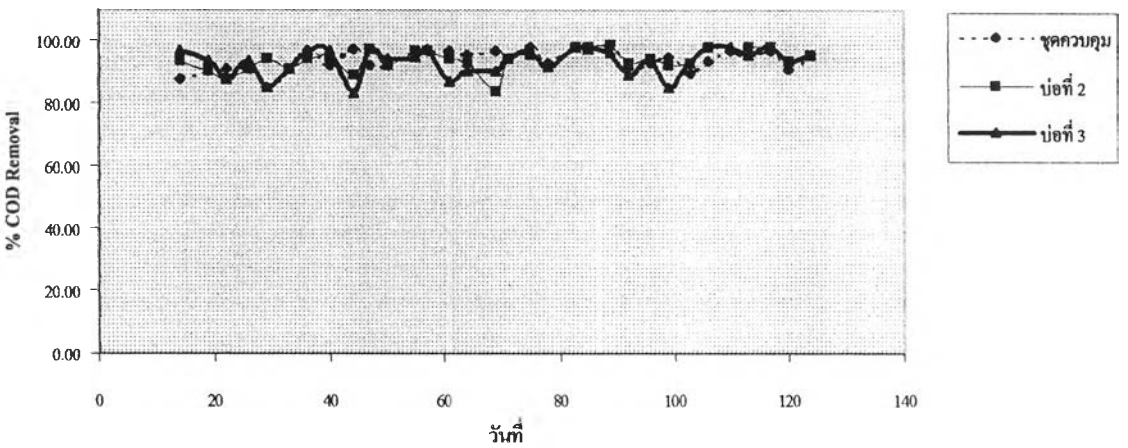


รูปที่ 4.2 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งจากบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย

I20601566

3) ซีโอดี

น้ำทิ้งจากระบบบ่อที่ 1, 2 และ 3 มีค่าซีโอดีเฉลี่ย 26.74, 25.61 และ 23.03 มก./ล. ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 94.23, 94.18 และ 93.73 ตามลำดับ โดยน้ำเสียก่อนป้อนเข้าบึงประดิษฐ์ทั้ง 3 บ่อมีค่าซีโอดีเฉลี่ย 506 มก./ล. (ตารางที่ 4.1) ซึ่งจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของทั้ง 3 บ่อมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงในรูปที่ 4.3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าบึงประดิษฐ์ที่ใช้ตัวกลางดินปนทรายมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีสูงมาก ถึงแม้จะเป็นบ่อที่ไม่มีการปลูกพืชก็ตาม



รูปที่ 4.3 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย

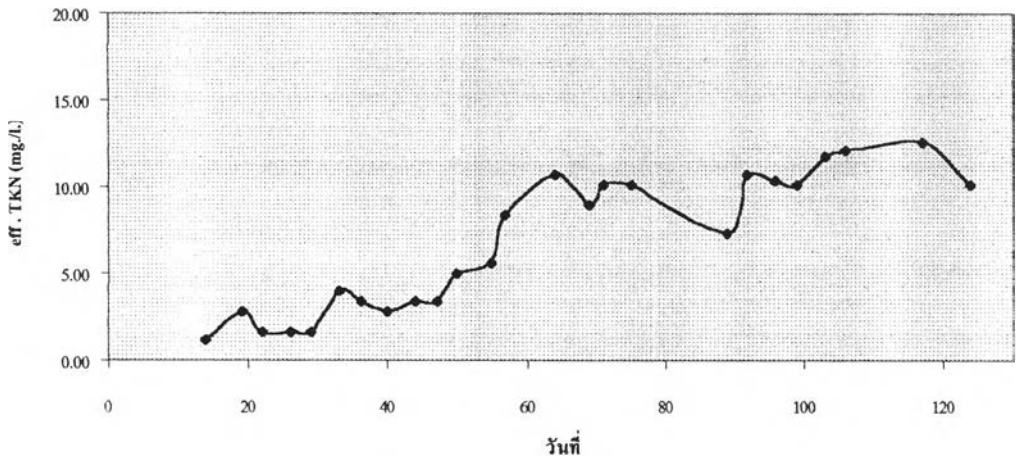
4) ไนโตรเจน

4.1) บึงประดิษฐ์บ่อที่ 1 (ชุดควบคุม)

น้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบมีค่าทีเคเอ็นเฉลี่ยเท่ากับ 21.4 มก./ล. โดยเป็นค่าอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ย 1.5 และ 19.9 มก./ล. ตามลำดับ (ตารางที่4.1) ซึ่งจะเห็นได้ว่าไนโตรเจนเฉลี่ยร้อยละ 93 อยู่ในรูปของแอมโมเนียไนโตรเจน

เมื่อผ่านระบบแล้วน้ำทิ้งมีค่าทีเคเอ็นเฉลี่ย 6.78 มก./ล. ซึ่งเป็นค่าอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ย 1.39 และ 5.39 มก./ล. ตามลำดับ ประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 29.17 และ 75.85 ตามลำดับ ส่วนทีเคเอ็นมีประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 71.07 (ตารางที่ 4.2) ซึ่งจะเห็นได้ว่าไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียถูกกำจัดสูงที่สุด

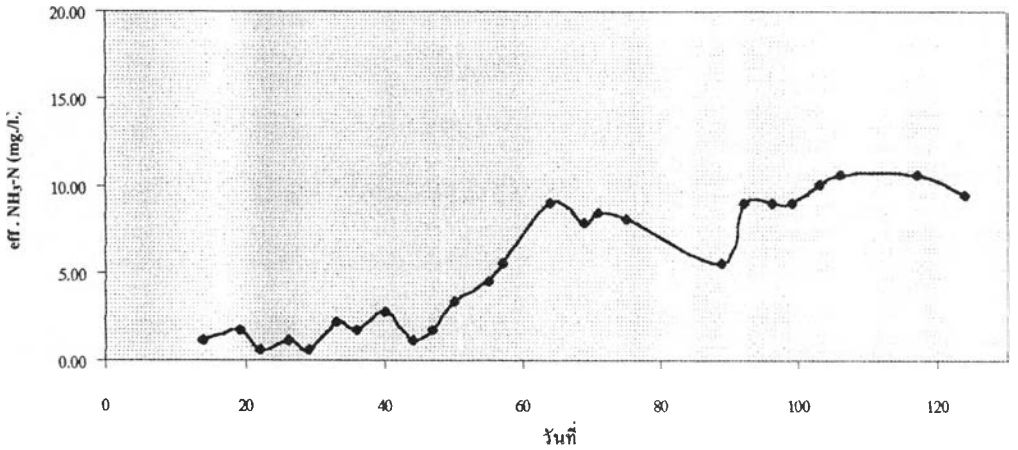
เมื่อพิจารณาค่าทีเคเอ็นในน้ำทิ้งจากระบบที่ระยะเวลาต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าปริมาณทีเคเอ็นในน้ำทิ้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา โดยในช่วง 15 วันแรก ค่าทีเคเอ็นในน้ำทิ้งมีค่าต่ำมาก คือ อยู่ในช่วง 1.12 - 2.8 มก./ล. ส่วนในช่วงเดือนที่ 2 ปริมาณทีเคเอ็นจะมีค่าสูงขึ้นค่อนข้างมากตามระยะเวลาโดยจะมีค่าอยู่ในช่วง 2.80 – 8.40 มก./ล. ส่วนในช่วงเดือนที่ 3 และ 4 จะมีค่าสูงขึ้นอีกเล็กน้อยจากเดือนที่ 2 แต่ค่าค่อนข้างจะแปรปรวน โดยค่าจะอยู่ในช่วงระหว่าง 7.28 ถึง 12.60 มก./ล.



รูปที่ 4.4 ปริมาณทีเคเอ็นในน้ำทิ้งของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายบ่อที่ 1 (ชุดควบคุม)

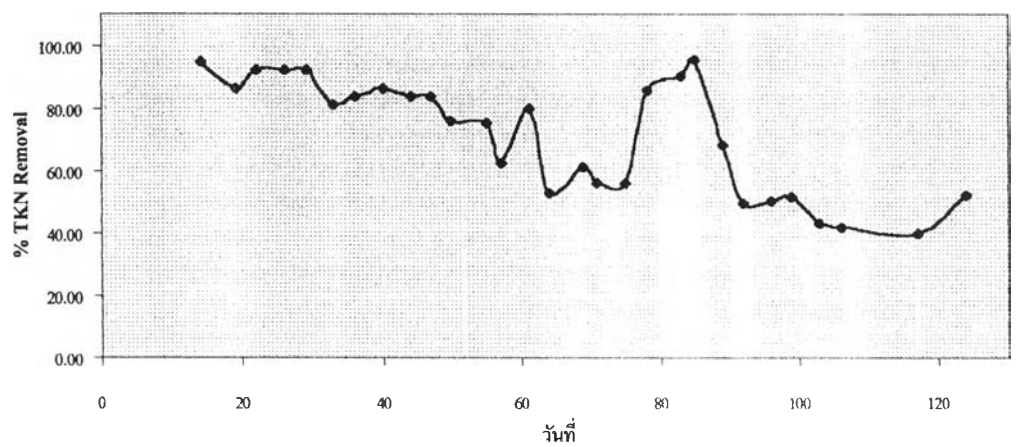
เมื่อพิจารณาปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากระบบที่ระยะเวลาต่างๆ ซึ่งก็จะมีลักษณะเดียวกันกับปริมาณทีเคเอ็นคือ จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.5 โดยในช่วง 15 วันแรก ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำทิ้งมีค่าต่ำ คือ อยู่ในช่วง 0.56 – 1.68 มก./ล. หลังจากนั้นในเดือนที่ 2 จะมีค่าสูงขึ้น โดยค่าจะอยู่ในช่วง 1.12 – 5.60 มก./ล. ส่วนในช่วงเดือนที่ 3 และ 4 จะมีค่าจะมีค่าสูงขึ้นอีกเล็กน้อยจากเดือนที่ 2 แต่ค่าค่อนข้างจะแปรปรวน โดยค่าจะอยู่ในช่วงระหว่าง 5.60 ถึง 10.64 มก./ล.

จะเห็นได้ว่าปริมาณทีเคเอ็นและแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำทิ้งจะมีความสัมพันธ์กัน คือ เมื่อปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่ามากขึ้นหรือน้อยลง ปริมาณทีเคเอ็นก็จะมากขึ้นหรือน้อยลงด้วย ก็เนื่องจากปริมาณทีเคเอ็นในน้ำเสียจะมีแอมโมเนียไนโตรเจนอยู่ในในอัตราส่วนที่มากกว่าอินทรีย์ไนโตรเจนมาก ซึ่งจากตารางที่ ก 3 ในภาคผนวก จะเห็นได้ว่าปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำเสียตลอดระยะเวลา การทดลองจะมีค่าอยู่ในช่วงเพียง 0.00 – 2.80 มก./ล. ดังนั้นในน้ำทิ้งจะมีปริมาณทีเคเอ็นมากหรือน้อยก็สามารถดูได้จากปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนได้



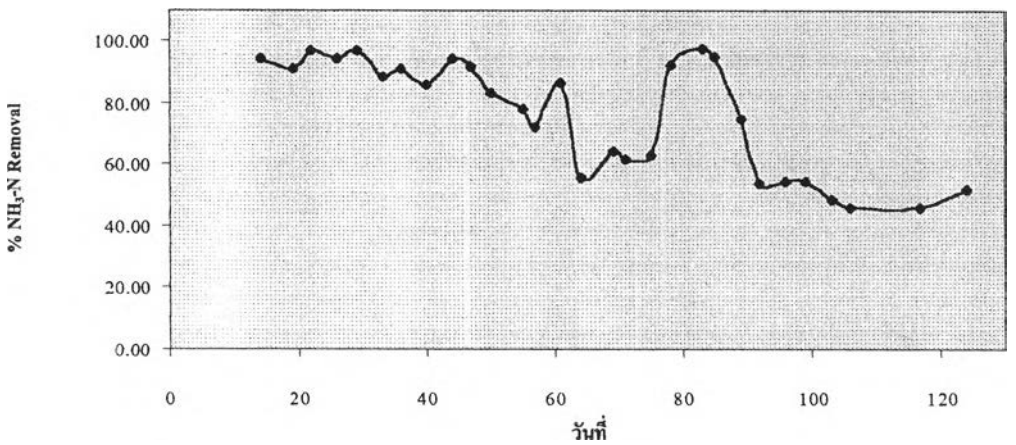
รูปที่ 4.5 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำทิ้งของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายบ่อที่ 1 (ชุดควบคุม)

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นที่ระยะเวลาต่างๆ (รูปที่ 4.6) โดยในช่วง 15 วันแรก ประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยสูงมากกว่าร้อยละ 90 ส่วนในช่วงเดือนที่ 2 ประสิทธิภาพการกำจัดลดลงตามระยะเวลาโดยจะมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 62.50 ถึง ร้อยละ 86.49 ส่วนในช่วงเดือนที่ 3 และ 4 ประสิทธิภาพการกำจัดจะมีค่าลดลงจากเดือนที่ 2 และค่อนแปรปรวน โดยค่าจะอยู่ในช่วงร้อยละ 40.13 – 52.00



รูปที่ 4.6 ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายบ่อที่ 1 (ชุดควบคุม)

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนที่ระยะเวลาต่างๆ (รูปที่ 4.7) โดยในช่วง 15 วันแรก ประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยสูงมากกว่าร้อยละ 90 ส่วนในช่วงเดือนที่ 2 ประสิทธิภาพการกำจัดลดลงตามระยะเวลาโดยจะมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 72.22 – 94.29 ส่วนในช่วงเดือนที่ 3 และ 4 ประสิทธิภาพการกำจัดจะมีค่าลดลงจากเดือนที่ 2 อีกเล็กน้อยและค่อนข้างแปรปรวน โดยค่าจะอยู่ในช่วงร้อยละ 45.71 – 97.44



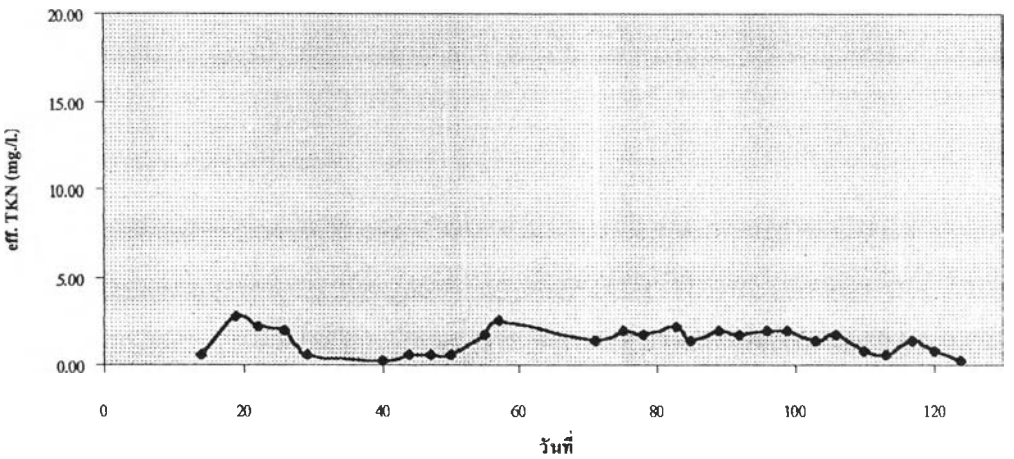
รูปที่ 4.7 ประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย บ่อที่ 1 (ชุดควบคุม)

ซึ่งจากที่กล่าวมาแสดงว่าในช่วงแรกของการเดินระบบจุลชีพมีการเจริญเติบโตเร็วมาก มีการนำแอมโมเนียไนโตรเจนไปใช้เพื่อเพิ่มจำนวนเซลให้มากขึ้นจึงทำให้น้ำทิ้งจากระบบมีค่าแอมโมเนียไนโตรเจนเหลือต่ำมาก และเมื่อระบบเข้าสู่ภาวะสมดุลที่จุลชีพมีจำนวนเพียงพอสมดุลกับปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสีย จึงทำให้อัตราการใช้แอมโมเนียไนโตรเจนลดลงทำให้มีแอมโมเนียไนโตรเจนเหลือในน้ำทิ้งเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดลดลงด้วย

4.2) บึงประดิษฐ์บ่อที่ 2

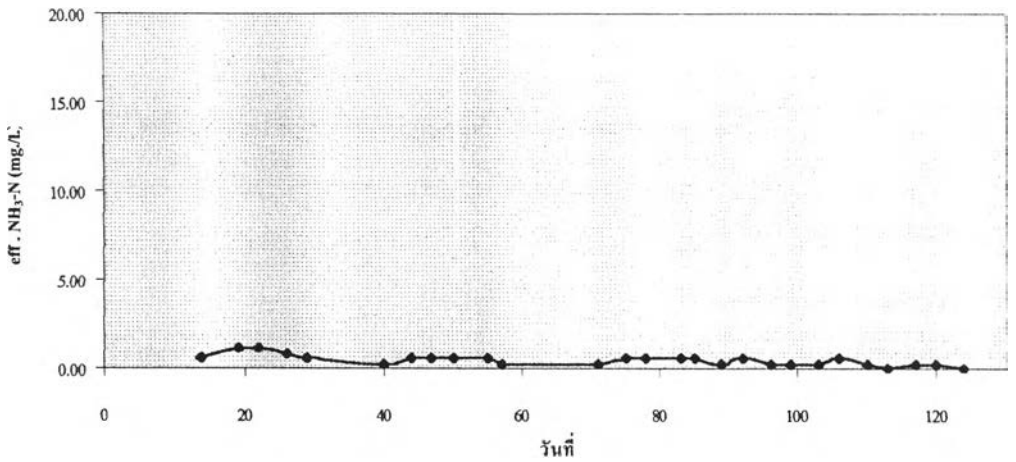
น้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบมีลักษณะสมบัติเหมือนบ่อที่ 1 ทุกประการ ส่วนน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าทีเคเอ็นอยู่ในช่วง 0.28 – 2.80 มก./ล. เฉลี่ย 1.39 มก./ล. (ตารางที่ ก 4) ประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 93.32 (ตารางที่ 4.2) ส่วนแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำทิ้งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00 – 1.12 มก./ล. (ตารางที่ ก 4) ประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 97.27 (ตารางที่ 4.2) ซึ่งจะเห็นได้ว่าไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียถูกกำจัดสูงที่สุด เช่นเดียวกับบ่อที่ 1

เมื่อพิจารณาค่าทีเคเอ็นในน้ำทิ้งจากระบบที่ระยะเวลาต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าปริมาณทีเคเอ็นในน้ำทิ้งมีค่าค่อนข้างต่ำและคงที่ ซึ่งจะเห็นได้ชัดในช่วงเดือนที่ 3 และ 4 ซึ่งค่าจะอยู่ในช่วง 0.28 –2.24 มก./ล. โดยในช่วงปลายเดือนที่ 4 ปริมาณทีเคเอ็นจะลดลงอีกเล็กน้อย ในวันสุดท้ายน้ำทิ้งมีค่าทีเคเอ็นต่ำสุด คือ 0.28 มก./ล. ส่วนในเดือนที่ 1 และ 2 ปริมาณทีเคเอ็นในน้ำทิ้งจะมีความแปรปรวนเล็กน้อย โดยค่าจะอยู่ในช่วง 0.28 – 2.52 มก./ล. ซึ่งอาจเกิดจากในช่วง 2 เดือนแรกระบบยังไม่เข้าสู่สมดุล จึงทำให้ปริมาณทีเคเอ็นของน้ำทิ้งจากระบบในช่วงแรกมีค่าแปรปรวนอยู่บ้างและต่อมาเมื่อระบบเข้าสู่ภาวะสมดุลจึงทำให้ทีเคเอ็นในน้ำทิ้งมีค่าค่อนข้างคงที่



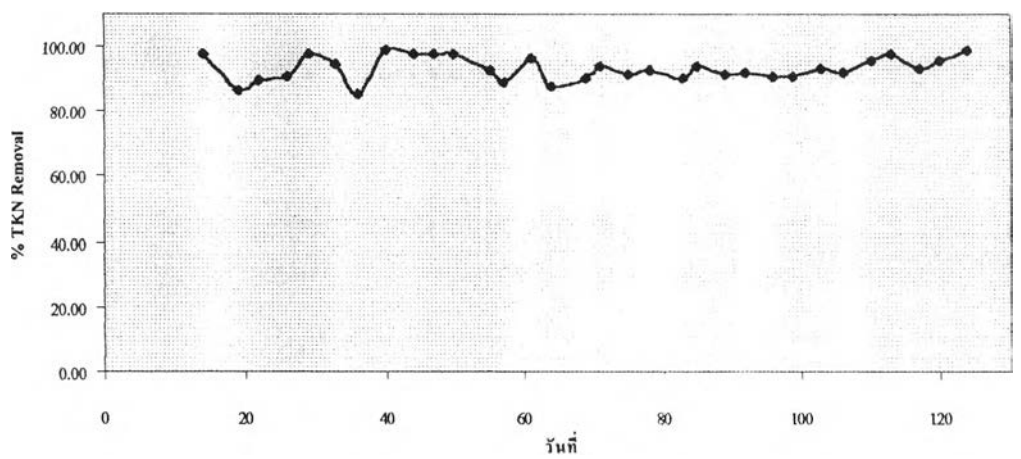
รูปที่ 4.8 ปริมาณทีเคเอ็นในน้ำทิ้งของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย บ่อที่ 2

ส่วนปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากระบบที่ระยะเวลาต่างๆ ซึ่งก็จะมีลักษณะเดียวกันกับปริมาณทีเคเอ็น แสดงในรูปที่ 4.9 คือปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำทิ้งมีค่าต่ำและค่อนข้างคงที่ และจะมีค่าลดลงอีกเล็กน้อยในช่วงปลายเดือนที่ 4 โดยตลอดการทดลองจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00 – 1.12 มก./ล. ซึ่งในวันสุดท้ายของการทดลองน้ำทิ้งจากบึงประดิษฐ์ไม่มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนเหลืออยู่เลย



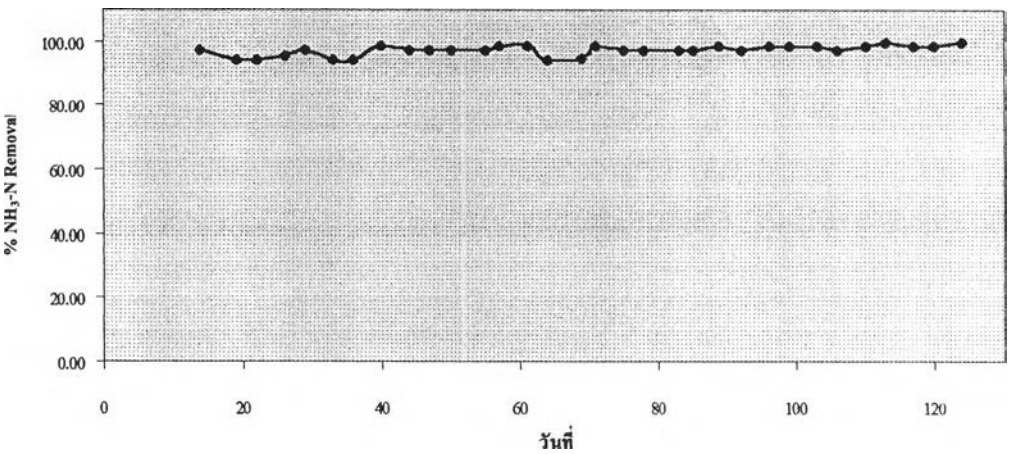
รูปที่ 4.9 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำทิ้งของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย บ่อที่ 2

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นที่ระยะเวลาต่างๆ (รูปที่ 4.10) จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าค่อนข้างคงที่ แต่จะมีความแปรปรวนเล็กน้อยในช่วง 2 เดือนแรก โดยค่าประสิทธิภาพการกำจัดอยู่ในช่วงร้อยละ 85.14 – 99.60 ซึ่งเป็นค่าที่ถือว่าสูง ซึ่งก็แสดงว่าบึงประดิษฐ์บ่อที่ 2 มีประสิทธิภาพในการกำจัดทีเคเอ็นได้ค่อนข้างดีตลอดระยะเวลาการทดลอง



รูปที่ 4.10 ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย บ่อที่ 2

และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนที่ระยะเวลาต่างๆ (รูปที่ 4.11) จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าสูงมากตลอดระยะเวลาทดลอง โดยค่าประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 94.12 ถึง 100 ซึ่งเป็นค่าที่ถือว่าสูงมาก แสดงว่าบึงประดิษฐ์บ่อที่ 2 มีประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนได้ดีมากตลอดระยะเวลาการทดลอง

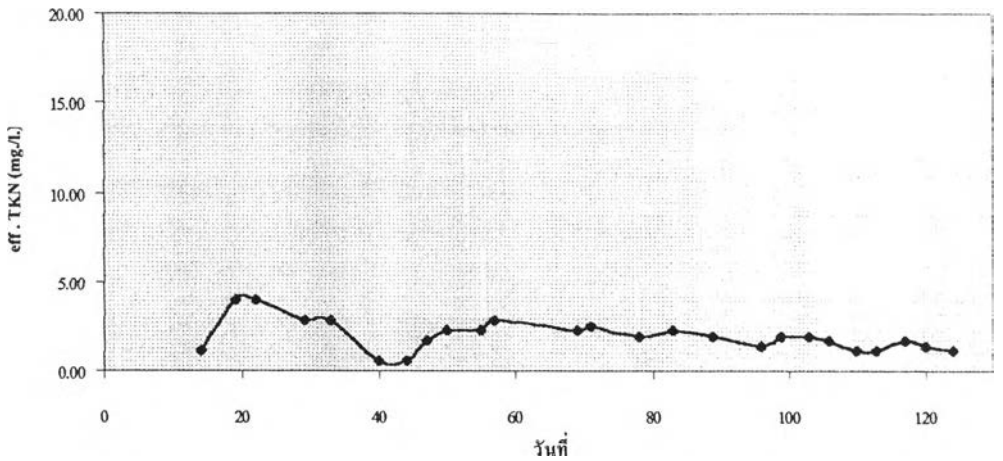


รูปที่ 4.11 ประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายบ่อที่ 2

4.3) บึงประดิษฐ์บ่อที่ 3

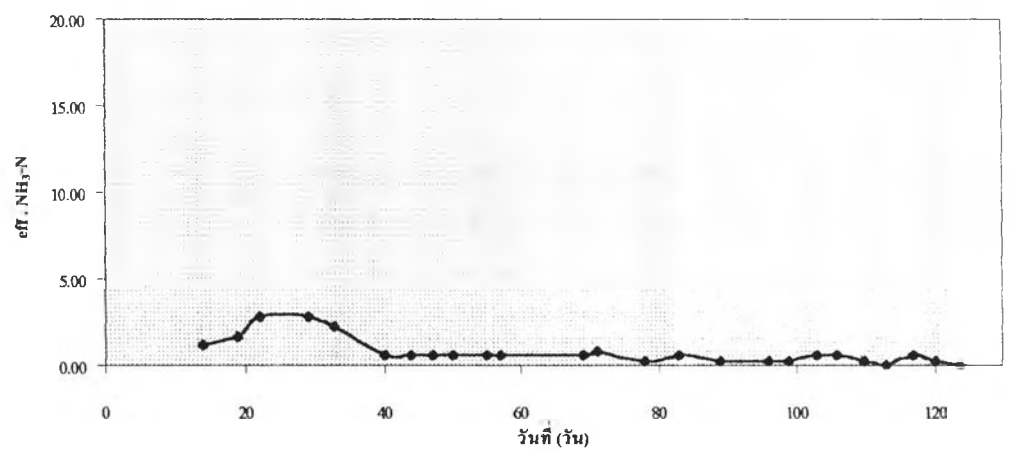
น้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบมีค่าทีเคเอ็น อินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ยเท่ากับ 39.2 , 1.7 และ 37.5 มก./ล. ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) ส่วนน้ำทิ้งจากระบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.96 , 1.19 และ 0.77 ตามลำดับ ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นและแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 94.59 และ 97.58 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2)

เมื่อพิจารณาค่าทีเคเอ็นในน้ำทิ้งจากระบบที่ระยะเวลาต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.12 จะเห็นได้ว่าปริมาณทีเคเอ็นในน้ำทิ้งมีค่าค่อนข้างต่ำ โดยจะค่อยๆลดลงเรื่อยๆตามระยะเวลา จะเห็นได้ชัดในช่วงเดือนที่ 3 และ 4 ที่ค่าทีเคเอ็นค่อนข้างคงที่และค่อยๆลดลง ค่าโดยรวมจะอยู่ในช่วง 1.12 – 2.52 มก./ล. ส่วนในเดือนที่ 1 และ 2 ปริมาณทีเคเอ็นในน้ำทิ้งจะมีความแปรปรวนเล็กน้อย โดยค่าจะอยู่ในช่วง 0.56 – 3.96 มก./ล.



รูปที่ 4.12 ปริมาณทีเคเอ็นในน้ำทิ้งของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายบ่อที่ 3

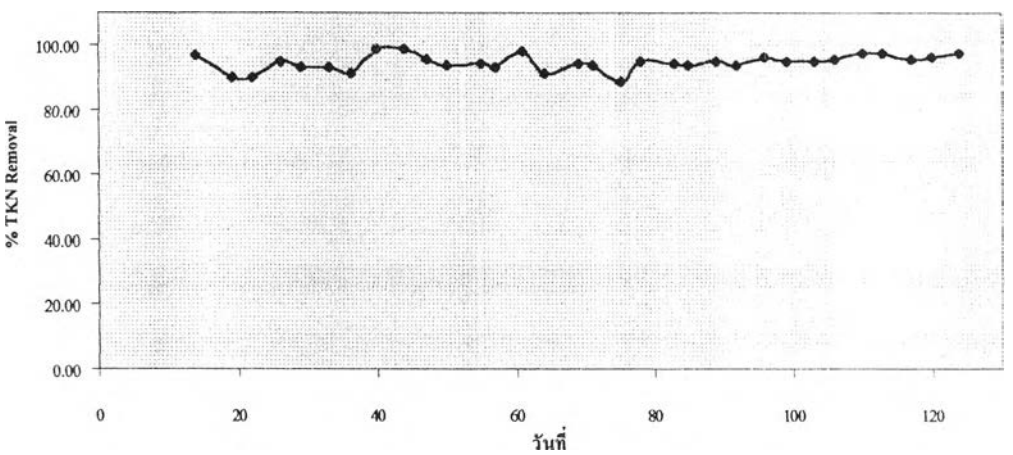
ส่วนปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากระบบที่ระยะเวลาต่างๆ ซึ่งก็จะมีลักษณะเดียวกันกับปริมาณทีเคเอ็น แสดงในรูปที่ 4.13 คือปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำทิ้งมีค่าค่อนข้างต่ำจะค่อยๆลดลงตามระยะเวลา โดยในช่วง 40 วันแรก ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนยังคงมีความแปรปรวนอยู่บ้างเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.56 – 2.80 มก./ล. แต่หลังจากนั้นปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนจะมีค่าต่ำมากและค่อนข้างคงที่อยู่ในช่วง 0.00 - 0.84 มก./ล.



รูปที่ 4.13 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำทิ้งของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย บ่อที่ 3

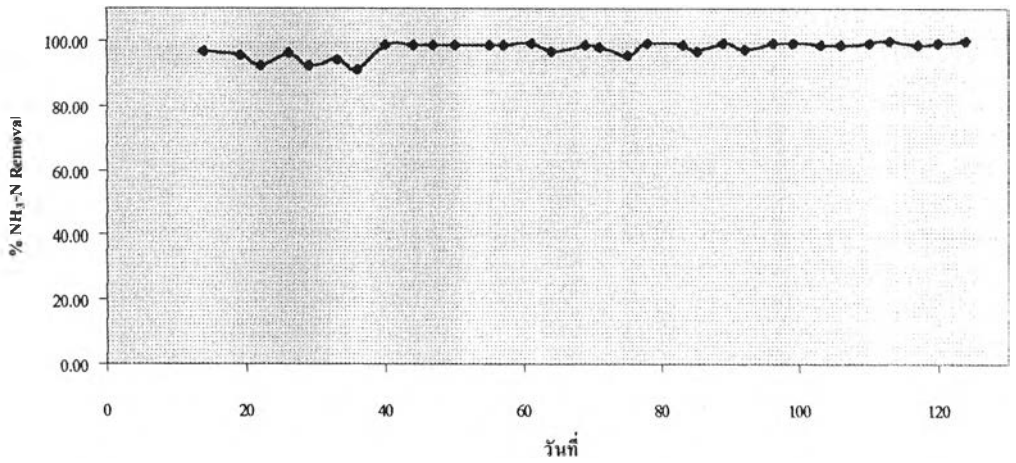
จากที่กล่าวมาอาจเกิดจากในช่วงแรกระบบยังไม่เข้าสู่สมดุล จึงทำให้ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนของน้ำทิ้งจากระบบในช่วงแรกมีค่าค่อนข้างแปรปรวน และต่อมาเมื่อระบบเข้าสู่ภาวะสมดุลจึงทำให้ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำทิ้งมีค่าค่อนข้างคงที่ ซึ่งก็ส่งผลให้ปริมาณทีเคเอ็นในน้ำทิ้งมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่เหมือนกันด้วย เนื่องจากปริมาณทีเคเอ็นส่วนใหญ่จะเป็นแอมโมเนียไนโตรเจน และส่วนน้อยจะเป็นอินทรีย์ไนโตรเจน

และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นที่ระยะเวลาต่างๆ (รูปที่ 4.14) จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาทดลอง โดยค่าประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 88.73 – 98.48 ซึ่งเป็นค่าที่สูง ซึ่งก็แสดงว่าบึงประดิษฐ์บ่อที่ 3 มีประสิทธิภาพในการกำจัดทีเคเอ็นได้ดีมากตลอดระยะเวลาการทดลอง



รูปที่ 4.14 ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายบ่อที่ 3

และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนที่ระยะเวลาต่างๆ (รูปที่ 4.15) จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าสูงและค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการทดลองเช่นเดียวกับทีเคเอ็น โดยค่าประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 91.04 - 100 ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่าทีเคเอ็น แสดงว่าบึงประดิษฐ์บ่อที่ 3 มีประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียไนโตรเจนได้ดีมากตลอดระยะเวลาการทดลอง



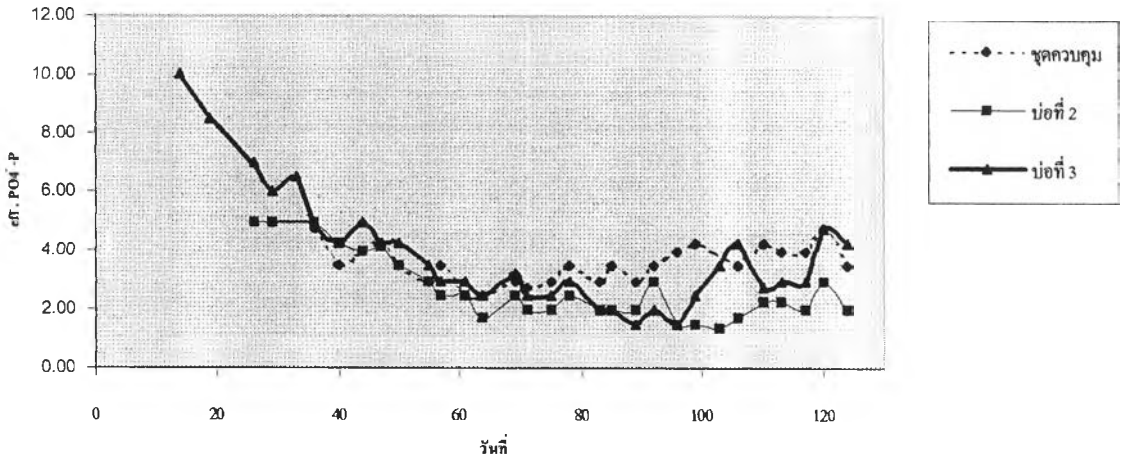
รูปที่ 4.15 ประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย บ่อที่ 3

5) ฟอสฟอรัส

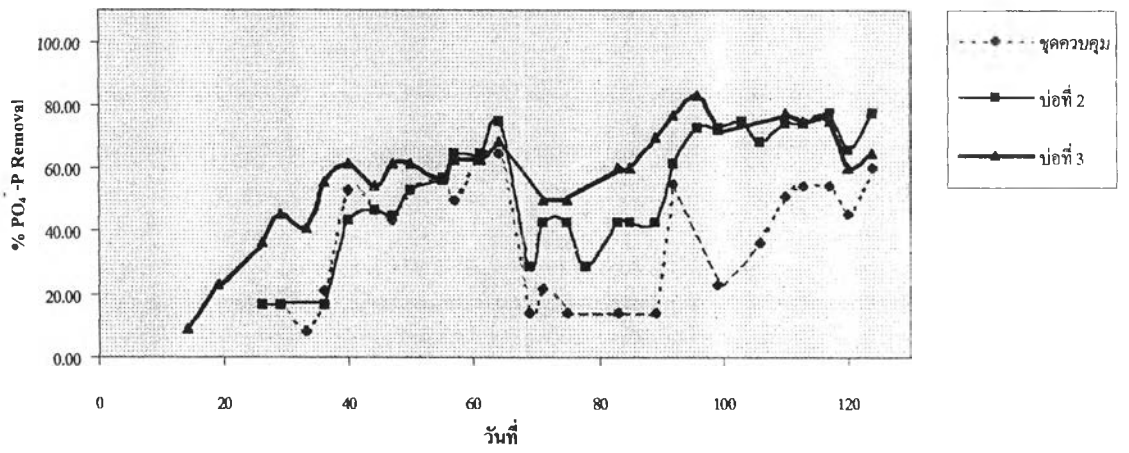
น้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบบ่อที่ 1, 2 และ 3 มีค่าฟอสฟอรัสเฉลี่ยเท่ากับ 6.6 , 6.6 และ 9.2 มก./ล. ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) น้ำทิ้งจากระบบมีค่าเฉลี่ย 3.72, 2.69 และ 3.90 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 39.73, 53.18 และ 58.26 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) ซึ่งจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดของบ่อที่ 2 และบ่อที่ 3 มีค่าใกล้เคียงกัน

ซึ่งจากกราฟรูปที่ 4.16 จะเห็นได้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งของบึงประดิษฐ์ทั้ง 3 บ่อ มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาในช่วง 3 เดือนแรก ส่วนในช่วงเดือนที่ 4 ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งของบึงประดิษฐ์ทั้ง 3 บ่อ มีค่าค่อนข้างแปรปรวน ซึ่งถ้าสังเกตจากกราฟจะเห็นได้ว่า บึงประดิษฐ์ชุดควบคุมมีแนวโน้มของปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งสูงที่สุด

ส่วนประสิทธิภาพการกำจัดของบึงประดิษฐ์ทั้ง 3 บ่อ แสดงดังรูปที่ 4.17 ซึ่งจะเห็นได้ว่าแนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในช่วง 2 เดือนแรก ส่วนในช่วงเดือนที่ 3 และ เดือนที่ 4 บ่อที่ 2 และ 3 มีค่าค่อนข้างแปรปรวน แต่ในช่วงปลายของเดือนที่ 4 ประสิทธิภาพการกำจัดของบ่อที่ 2 และ 3 มีแนวโน้มสูงขึ้นอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งเป็นไปได้ว่าเกิดจากการตัดยอดต้นไม้ในช่วงต้นของเดือนที่ 4 ดังนั้นจึงอาจ กล่าวได้ว่าการตัดยอดต้นไม้มีผลช่วยทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าสูงขึ้น



รูปที่ 4.16 ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย



รูปที่ 4.17 ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย

4.2.2 สรุปประสิทธิภาพการกำจัดของบึงประดิษฐ์

ประสิทธิภาพการกำจัดของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายแสดงในตารางที่ 4.2 โดยรายละเอียดที่จะกล่าวต่อไป จะกล่าวถึงเฉพาะประสิทธิภาพการกำจัดของ ซีโอดี ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เนื่องจากเป็นพารามิเตอร์ที่สนใจในการทดลองนี้

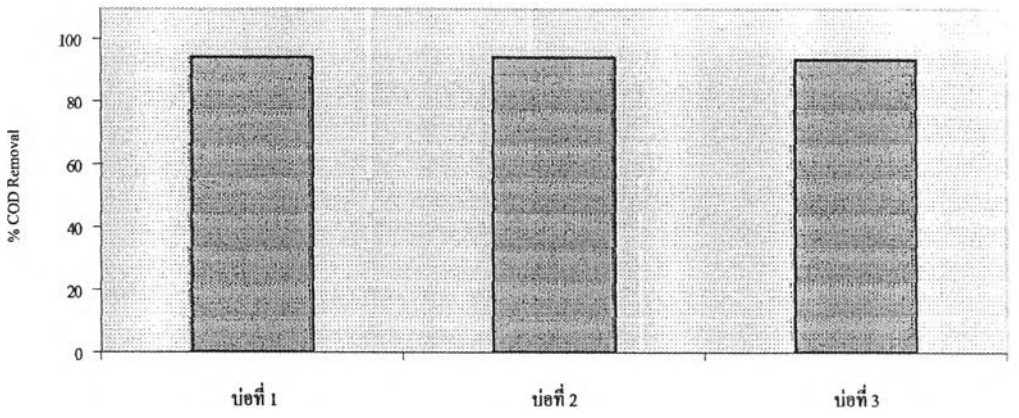
ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยลักษณะสมบัติและประสิทธิภาพการกำจัดของน้ำทิ้งของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย

พารามิเตอร์	ลักษณะสมบัติ			ประสิทธิภาพการกำจัด (ร้อยละ)		
	บ่อที่ 1	บ่อที่ 2	บ่อที่ 3	บ่อที่ 1	บ่อที่ 2	บ่อที่ 3
PH	7.87 ± 0.11	7.77 ± 0.12	7.86 ± 0.13	-	-	-
SS	16.42 ± 6.8	15.43 ± 7.3	10.86 ± 8.6	-	-	-
COD	26.74 ± 15.2	25.61 ± 14.5	23.03 ± 12.2	94.23	94.18	93.73
BOD	2.41 ± 1.5	1.90 ± 2.0	0.98 ± 1.23	99.19	99.30	99.64
TKN	6.78 ± 3.9	1.39 ± 0.7	1.96 ± 0.9	71.07	93.22	94.59
Org – N	1.39 ± 0.6	0.92 ± 0.7	1.19 ± 0.7	29.17	47.95	40.31
NH_3-N	5.39 ± 3.7	0.47 ± 0.3	0.77 ± 0.8	75.85	97.27	97.58
TP	3.72 ± 0.7	2.69 ± 1.1	3.90 ± 2.0	39.73	53.18	58.26

หมายเหตุ ลักษณะสมบัติทุกค่ามีหน่วยเป็น มก./ล. ยกเว้น ค่าพีเอช ไม่มีหน่วย

1) ซีโอดี

ระบบบำบัดบ่อที่ 1 , 2 และ 3 มีประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 94.23, 94.78 และ 93.73 ตามลำดับ และจากกราฟรูปที่ 4.18 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยของบึงประดิษฐ์ทั้ง 3 บ่อ จะเห็นได้ว่ามีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยมีค่าสูงกว่าร้อยละ 90 ทั้ง 3 บ่อ แสดงว่าบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายสามารถนำมาใช้สำหรับกำจัดซีโอดีในน้ำเสียชุมชนได้เป็นอย่างดี ถึงแม้ว่าจะเป็นระบบที่ไม่มีการปลูกพืชก็ตาม ซึ่งจากผลการทดลองแสดงว่าต้นธูปฤาษีไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสำหรับบึงประดิษฐ์ที่ใช้ตัวกลางดินปนทราย



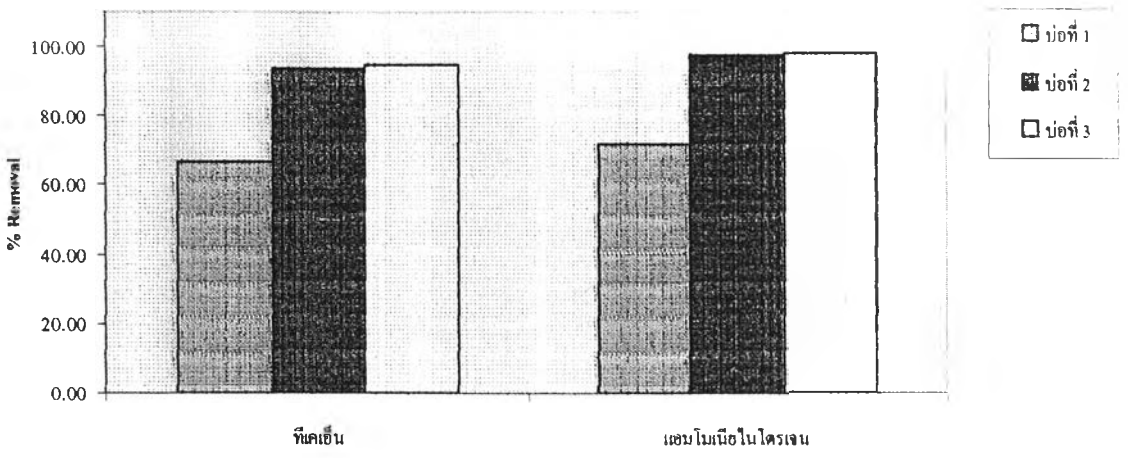
รูปที่ 4.18 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย

2) ไนโตรเจน

ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นและแอมโมเนียไนโตรเจนของบึงประดิษฐ์ทั้ง 3 บ่อ แสดงได้ดังรูปที่ 4.19 ซึ่งจะเห็นได้ว่าบึงประดิษฐ์บ่อที่ 1 (ชุดควบคุม) ที่ไม่มีการปลูกต้นธูปฤาษี จะมีประสิทธิภาพการกำจัดต่ำที่สุด ส่วนบ่อที่ 2 และ 3 ที่มีการปลูกต้นธูปฤาษีจะมีประสิทธิภาพการกำจัดใกล้เคียงกัน รวมทั้งค่าประสิทธิภาพการกำจัดก็เป็นค่าที่สูงด้วย

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างบ่อที่ 2 กับบ่อที่ 1 (ชุดควบคุม) ที่ไม่ปลูกพืชซึ่งป้อนน้ำเสียเหมือนกัน จะเห็นว่าบ่อที่ 2 ที่ปลูกต้นธูปฤาษีมีประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นและแอมโมเนียได้สูงกว่าบ่อที่ 1 ถึงร้อยละ 23.76 และ 28.24 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนระหว่างบ่อที่ 3 กับบ่อที่ 1 (ชุดควบคุม) บ่อที่ 3 มีประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นและแอมโมเนียไนโตรเจนสูงกว่าร้อยละ 24.86 และ 22.27 ตามลำดับ แสดงว่าถึงแม้น้ำเสียจะมีอัตราส่วนปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้น บึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษีก็สามารถกำจัดไนโตรเจนได้จนเกือบหมดโดยมีต้นธูปฤาษีเป็นส่วนช่วยในการกำจัดนั่นเอง

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าต้นธูปฤาษีมีผลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนของระบบทั้งในรูปทีเคเอ็นและแอมโมเนียไนโตรเจนได้มากขึ้น แต่การกำจัดไนโตรเจนส่วนใหญ่ร้อยละ 71.07 ยังคงเกิดจากปฏิกิริยาของจุลชีพในตัวกลางดินปนทรายที่นำไนโตรเจนไปใช้ในการสร้างเซลและไนโตรเจนร้อยละ 23.8 - 24.8 จะถูกกำจัดจากน้ำเสียโดยพืช (ธูปฤาษี) มีส่วนในการกำจัด



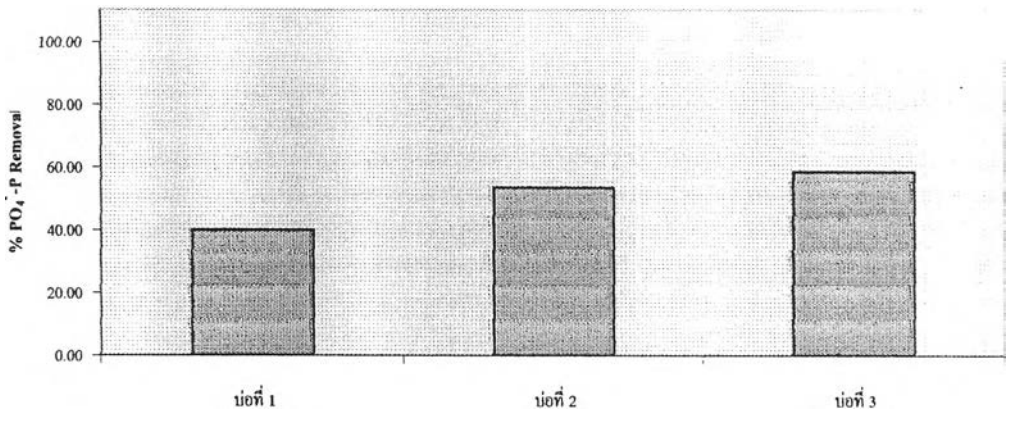
รูปที่ 4.19 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นและแอมโมเนียไนโตรเจน ของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย

3) ฟอสฟอรัส

ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสของบึงประดิษฐ์ทั้ง 3 บ่อ แสดงได้ดังรูปที่ 4.20 ซึ่งจะเห็นได้ว่าบึงประดิษฐ์บ่อที่ 1 (ชุดควบคุม) ที่ไม่มีการปลูกต้นธูปฤาษี จะมีประสิทธิภาพการกำจัดต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 39.73 ส่วนบ่อที่ 2 และ 3 ที่มีการปลูกต้นธูปฤาษีประสิทธิภาพการกำจัดจะมีค่าใกล้เคียงกัน โดยบ่อที่ 3 จะมีค่าประสิทธิภาพการกำจัดสูงกว่าเล็กน้อย

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างบ่อที่ 2 กับบ่อที่ 1 (ชุดควบคุม) ที่ไม่ปลูกพืชจะเห็นว่าบ่อที่ 2 ที่ปลูกต้นธูปฤาษีมีประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสได้สูงกว่าร้อยละ 25.29 และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสระหว่างบ่อที่ 3 กับบ่อที่ 1 (ชุดควบคุม) บ่อที่ 3 มีประสิทธิภาพการกำจัดสูงกว่าร้อยละ 31.81

แสดงว่าต้นธูปฤาษีมีส่วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสของบึงประดิษฐ์ได้มากขึ้น ถึงแม้น้ำเสียจะมีอัตราส่วนปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นก็ตาม บึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษีก็ยังมีค่าประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสมากกว่าบึงประดิษฐ์ที่ไม่มีการปลูกต้นธูปฤาษี แต่อย่างไรก็ตามการกำจัดร้อยละ 39.73 ยังคงเกิดจากปฏิกิริยาของจุลชีพในตัวกลางดินปนทรายที่นำฟอสฟอรัสไปใช้ในการสร้างเซล ถึงแม้น้ำเสียจะมีอัตราส่วนปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.20 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินทราย

4.2.3 ประสิทธิภาพการกำจัดที่ระยะทางต่างๆในบึงประดิษฐ์

ผลการวิเคราะห์ปริมาณ ซีโอดี ธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ จุดที่ 1 (จุดน้ำเข้า) จุดที่ 2 (ระยะห่าง 1 เมตรจากจุดน้ำเข้า) , จุดที่ 3 (ระยะห่าง 2 เมตรจากจุดน้ำเข้า) และ จุดน้ำทิ้ง (ระยะห่าง 3 เมตรจากจุดน้ำเข้า) ของบึงประดิษฐ์แสดงรายละเอียดการวิเคราะห์ในตารางที่ ก 9 , ก 10 และ ก 11 และแสดงค่าเฉลี่ยในตารางที่ 4.3

1) ซีโอดี

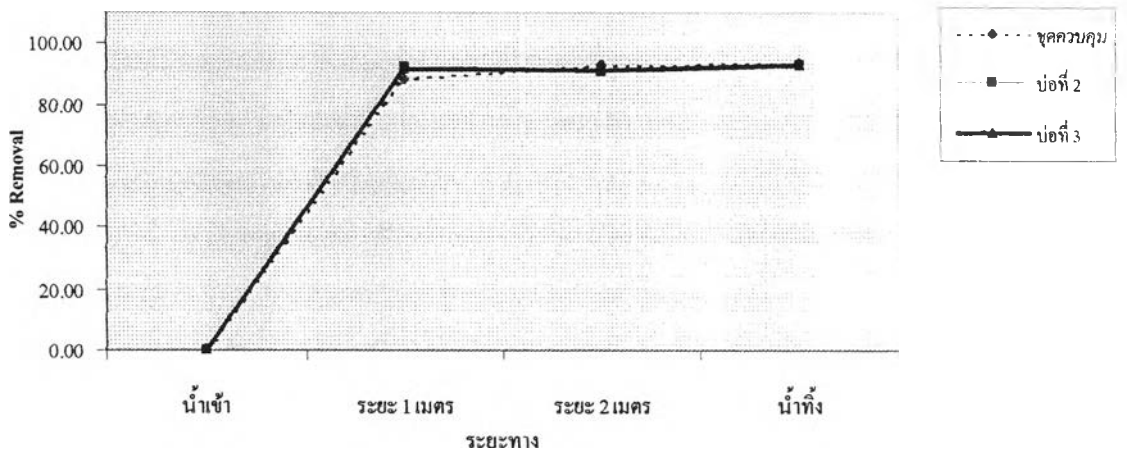
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีตามระยะทางของบึงประดิษฐ์ แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ก ตารางที่ ก 12 , ก 13 และ ก 14 และแสดงค่าเฉลี่ยในตารางที่ 4.4 จากรูปที่ 4.21 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีตามระยะทาง จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดของบึงประดิษฐ์ทั้ง 3 บ่อ มีค่าใกล้เคียงกัน โดยประสิทธิภาพการกำจัดเมื่อถึงจุดน้ำทิ้งมีค่าสูงกว่าร้อยละ 90 ทั้ง 3 บ่อ แสดงว่าตัวกลางดินปนทรายมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ได้สูงมาก และจะเห็นได้ว่าในระยะทาง 1 เมตรแรกของบึงประดิษฐ์ทั้ง 3 บ่อ การกำจัดซีโอดีเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วรวมทั้งประสิทธิภาพการกำจัดก็มีค่าสูงแล้ว โดยสังเกตได้จากเมื่อเลยระยะทาง 1 เมตรไปแล้วประสิทธิภาพการกำจัดก็ค่อนข้างคงที่และจะสูงขึ้นอีกเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จึงอาจกล่าวได้ว่าซีโอดีที่ย่อยสลายได้ง่ายจะถูกย่อยสลายจนเกือบหมดที่ระยะทาง 1 เมตรแรกจากจุดน้ำเข้า และหลังจากระยะทาง 1 เมตรไปแล้ว จะเหลือแต่เพียงซีโอดีที่ย่อยสลายได้ยากเท่านั้น

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยปริมาณธาตุอาหารที่ระยะทางต่างๆของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย

ระบบบึงประดิษฐ์	พารามิเตอร์ / จุดเก็บตัวอย่าง	pH (mg./l.)	COD (mg./l.)	TKN (mg./l.)	Org-N (mg./l.)	NH_3-N (mg./l.)	NO_2^--N (mg./l.)	NO_3^--N (mg./l.)	TP (mg./l.)
บ่อที่ 1 (ชุดควบคุม)	น้ำเข้า	7.06	506.36	21.52	1.37	20.15	0.003	0.341	5.91
	จุดที่ 2	7.48	61.48	15.54	1.37	14.18	0.013	0.431	5.47
	จุดที่ 3	7.38	37.57	10.15	1.33	8.82	0.007	0.197	4.84
	น้ำทิ้ง	7.88	34.27	6.27	1.51	4.76	0.009	0.153	6.31
บ่อที่ 2	น้ำเข้า	7.06	506.36	21.52	1.37	20.15	0.003	0.338	5.91
	จุดที่ 2	7.25	44.45	3.70	1.30	2.28	0.009	0.213	4.88
	จุดที่ 3	7.38	44.57	2.48	1.72	0.77	0.005	0.325	5.19
	น้ำทิ้ง	7.87	34.97	1.82	1.09	0.74	0.006	0.191	4.50
บ่อที่ 3	น้ำเข้า	6.98	496.68	39.34	1.61	37.73	0.004	0.322	8.75
	จุดที่ 2	7.19	42.80	20.86	1.65	19.22	0.050	1.719	9.20
	จุดที่ 3	7.08	45.13	4.24	1.54	2.07	0.021	1.209	6.06
	น้ำทิ้ง	7.91	35.44	2.56	1.33	1.23	0.008	0.231	4.70

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดธาตุอาหารที่ระยะทางต่างๆของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย

ระบบบึงประดิษฐ์	พารามิเตอร์ / จุดเก็บตัวอย่าง	% Removal						
		COD	TKN	Org-N	NH_3-N	NO_2^--N	NO_3^--N	TP
บ่อที่ 1 (ชุดควบคุม)	น้ำเข้า	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	จุดที่ 2	88.07	27.61	36.25	29.45	0.00	44.10	37.53
	จุดที่ 3	92.59	52.75	25.00	56.16	0.00	41.91	27.95
	น้ำทิ้ง	93.27	70.82	26.11	76.43	0.00	54.48	33.38
บ่อที่ 2	น้ำเข้า	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	จุดที่ 2	91.22	82.74	29.17	88.62	0.00	35.11	36.47
	จุดที่ 3	91.21	88.54	29.58	96.19	0.00	46.89	37.53
	น้ำทิ้ง	93.14	91.51	32.22	96.35	0.00	46.19	48.75
บ่อที่ 3	น้ำเข้า	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	จุดที่ 2	91.41	46.83	35.00	49.00	0.00	18.70	6.51
	จุดที่ 3	90.91	89.25	43.33	94.51	12.50	13.94	46.80
	น้ำทิ้ง	92.84	93.47	23.61	96.73	0.00	46.39	54.80



รูปที่ 4.21 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีตามระยะทางของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย

และจากการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ที่สะสมในตัวกลางดินปนทรายในบริเวณต้นบ่อ กลางบ่อ และปลายบ่อ ภายหลังการทดลอง พบว่า บึงประดิษฐ์บ่อที่ 1, 2 และ 3 มีปริมาณสารอินทรีย์สะสมอยู่ในตัวกลางดินปนทรายเฉลี่ย 26.10, 28.76 และ 30.36 มก./ก. ตามลำดับ โดยก่อนเริ่มทดลองมีปริมาณสารอินทรีย์สะสมอยู่ในตัวกลางดินปนทราย 23.32 มก./ก. ทำให้หลังการทดลองบึงประดิษฐ์บ่อที่ 1, 2 และ 3 มีปริมาณสารอินทรีย์เพิ่มมากขึ้น 0.93, 1.83 และ 2.37 กิโลกรัม ตามลำดับ คิดเป็นอัตราการเพิ่มร้อยละ 3.56, 6.36 และ 7.81 ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าการปลูกต้นธูปฤาษีทำให้มีการสะสมของสารอินทรีย์ในตัวกลางดินปนทรายมากขึ้น ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.5 และรายละเอียดการทดลองแสดงใน ภาคผนวก ข ตารางที่ ข 1 และ ข 2

ตารางที่ 4.5 การสะสมของสารอินทรีย์ในตัวกลางดินปนทรายหลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณสารอินทรีย์ (มก./ก.)		
	บ่อที่ 1	บ่อที่ 2	บ่อที่ 3
บริเวณต้นบ่อ	25.73	27.38	34.30
บริเวณกลางบ่อ	24.60	30.16	29.50
บริเวณปลายบ่อ	27.98	28.73	27.60
เฉลี่ย	26.10	28.76	30.36

2) ไนโตรเจน

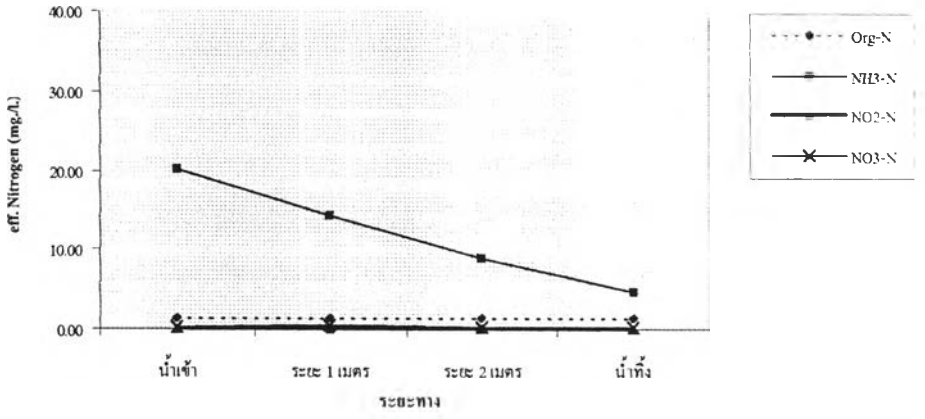
ปริมาณไนโตรเจนตามระยะทางแสดงในตารางที่ 4.3 และ ในกราฟรูปที่ 4.22 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจน ไนไตรท์ไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจน ของบึงประดิษฐ์ทั้ง 3 บ่อ มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดระยะทาง ส่วนปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนจะแตกต่างกันไปในแต่ละบ่อ โดยบ่อที่ 1 (ชุดควบคุม) ที่ไม่มีการปลูกพืช ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนจะค่อยๆลดลงตามระยะทางจากจุดน้ำเข้าจนถึงจุดน้ำทิ้ง

ส่วนบ่อที่ 2 ที่ปลูกต้นธูปฤาษี ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนจะสามารถถูกกำจัดได้เกือบทั้งหมดที่ระยะทาง 2 เมตรจากจุดน้ำเข้า ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนตามระยะทางของชุดควบคุมกับบ่อที่ 2 ซึ่งมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนที่จุดน้ำเข้าเท่ากัน พบว่าที่ระยะเพียง 1 เมตรแรกของบ่อที่ 2 ก็สามารถกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนได้เกือบหมดแล้ว แต่ถ้าเป็นบ่อที่ 1 จะต้องใช้ระยะทางถึง 3 เมตร จึงจะสามารถกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนในปริมาณที่ใกล้เคียงกับบ่อที่ 2 ได้

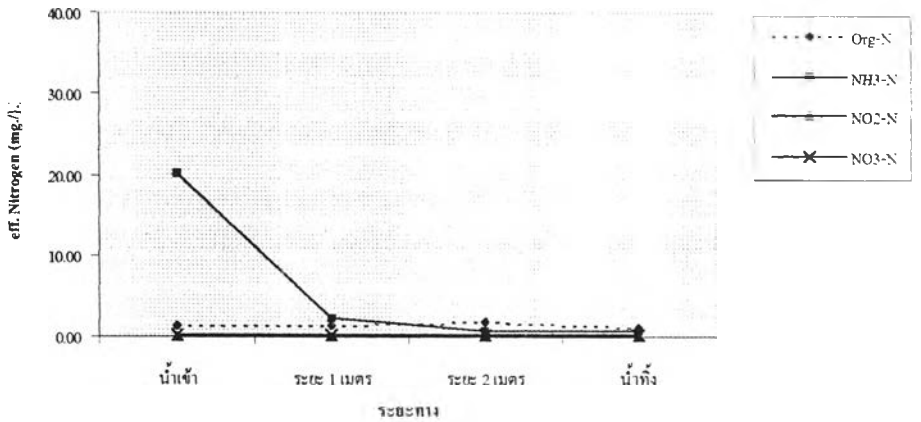
และบ่อที่ 3 ที่ปลูกต้นธูปฤาษีและมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนเป็น 2 เท่าของบ่อที่ 2 นั้น แอมโมเนียไนโตรเจนเกือบทั้งหมดจะถูกกำจัดที่ระยะทาง 2 เมตรจากจุดน้ำเข้า ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า แอมโมเนียไนโตรเจนจะถูกกำจัดไปเรื่อยๆตามระยะทาง โดยน้ำเสียที่มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนมากก็จะใช้ระยะทางมากในการกำจัดมากกว่าน้ำเสียที่มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนน้อย และการปลูกต้นธูปฤาษีจะสามารถช่วยให้ประสิทธิภาพการกำจัดเกิดได้สูงขึ้นในระยะทางที่เท่าๆกัน

3) ฟอสฟอรัส

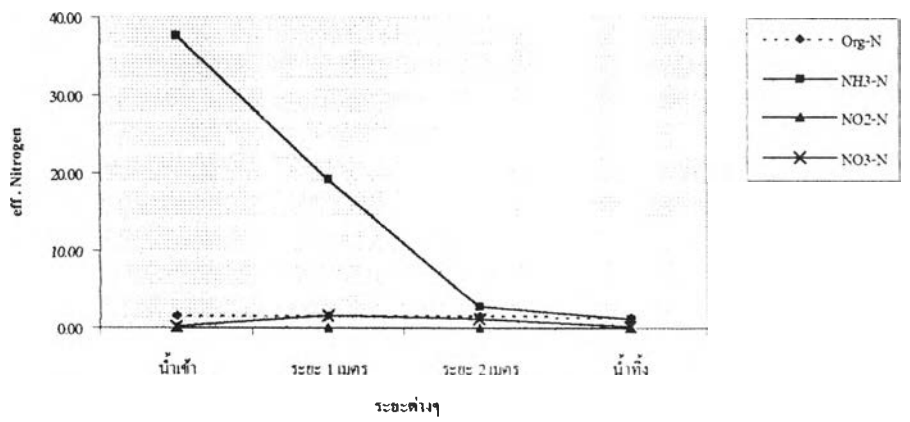
ค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสตามระยะทางของบึงประดิษฐ์บ่อที่ 1 , 2 และ 3 แสดงในตารางที่ 4.3 ส่วนประสิทธิภาพการกำจัดแสดงรายละเอียดในตารางที่ ก 12, ก 13 และ ก 14 ซึ่งสามารถนำมาเขียนกราฟประสิทธิภาพการกำจัดตามระยะทางได้ดังรูปที่ 4.23 จะเห็นได้ว่า บึงประดิษฐ์ทั้ง 3 บ่อ ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะทาง โดยที่จุดน้ำทิ้ง บึงประดิษฐ์บ่อที่ 3 มีประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือบ่อที่ 2 และบ่อที่ 1 (ชุดควบคุม) ตามลำดับ



ชุดควบคุม



บ่อที่ 2



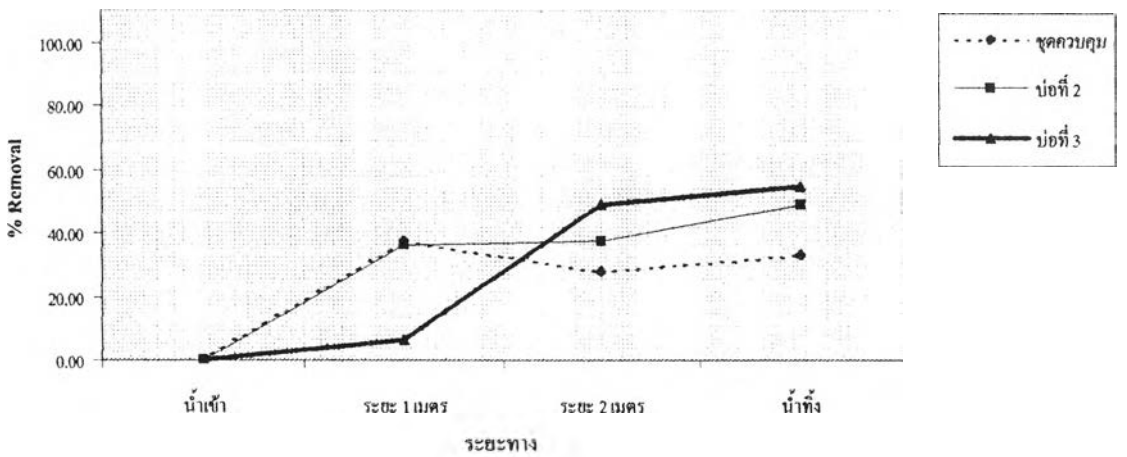
บ่อที่ 3

รูปที่ 4.22 ปริมาณไนโตรเจนรูปต่างๆที่ระยะทางต่างๆของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย

เมื่อพิจารณากราฟรูปที่ 4.23 จะเห็นได้ว่าบึงประดิษฐ์บ่อที่ 1 (ชุดควบคุม) และ บ่อที่ 2 ในระยะทาง 1 เมตรแรก การกำจัดฟอสฟอรัสจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และหลังจากระยะทาง 1 เมตร ไปแล้ว ประสิทธิภาพการกำจัดจะเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยในบ่อที่ 2 ส่วนบ่อที่ 1 ประสิทธิภาพการกำจัดค่อนข้างคงที่

สำหรับบึงประดิษฐ์บ่อที่ 3 ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสจะค่อยๆเพิ่มขึ้นในช่วงระยะทาง 1 เมตรแรก และจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงระยะทางระหว่าง 1 เมตร และ 2 เมตร ส่วนหลังจากระยะทาง 2 เมตรจนถึงจุดน้ำทิ้งแล้วประสิทธิภาพการกำจัดจะค่อยๆเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย โดยที่จุดน้ำทิ้งจะมีค่าประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยสูงที่สุด

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสตามระยะทางระหว่าง บ่อที่ 1 และ บ่อที่ 2 ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสที่จุดน้ำเข้าเท่ากันนั้น บ่อที่ 2 ซึ่งมีการปลูกต้นธูปฤาษีจะมีประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยที่จุดน้ำทิ้งสูงกว่า โดยในระทาง 1 เมตรแรกประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยยังคงมีค่าใกล้เคียงกันมาก แต่เมื่อถึงระยะทางตั้งแต่ 2 เมตรเป็นต้นไป ประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยของบ่อที่ 2 มีค่าสูงกว่า บ่อที่ 1 ตลอดจนถึงจุดน้ำทิ้ง ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าต้นธูปฤาษีมีส่วนช่วยให้ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสของบึงประดิษฐ์สูงขึ้น



รูปที่ 4.23 ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสตามระยะทางของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย

4.2.4 การทำสมดุลมวลไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

1) ไนโตรเจน

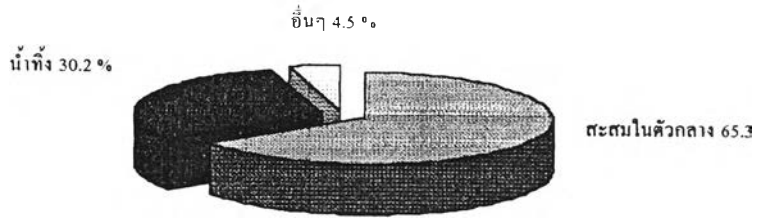
ภายหลังจากเสร็จสิ้นการทดลองแล้ว ได้ตรวจสอบและคำนวณปริมาณไนโตรเจนในน้ำเข้าและน้ำออกทั้งหมด รวมทั้งส่วนที่สะสมในตัวกลางและในพืชเพื่อทำสมดุลมวลไนโตรเจน ได้ผลดังตารางที่ 4.6 และแสดงได้ดังรูปที่ 4.24 แสดงให้เห็นว่าการกำจัดไนโตรเจนส่วนใหญ่ของบึงประดิษฐ์เกิดจากการสะสมในตัวกลางดินปนทราย โดยปริมาณการสะสมในบ่อที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละ 65.3, 70.8 และ 77.7 ตามลำดับ และจะเห็นได้ว่า บ่อที่ 2 และ 3 ที่มีการปลูกต้นธูปฤาษีจะ ทำให้ไนโตรเจนส่วนหนึ่งสะสมอยู่ในต้นธูปฤาษี ซึ่งช่วยทำให้ปริมาณไนโตรเจนในน้ำทิ้งมีค่าลดลง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการปลูกต้นธูปฤาษีในบึงประดิษฐ์ที่ใช้ตัวกลางดินปนทรายมีส่วนช่วยทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนมีค่ามากขึ้น (รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข)

ตารางที่ 4.6 ปริมาณไนโตรเจนในส่วนต่างๆของระบบบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย

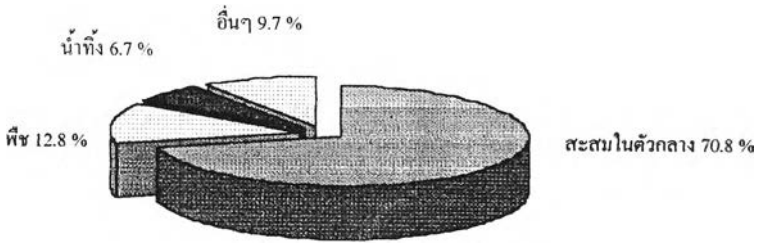
ไนโตรเจน ในส่วนต่างๆ	ชุดควบคุม		บ่อที่ 2		บ่อที่ 3	
	ปริมาณ (กรัม)	ร้อยละ	ปริมาณ (กรัม)	ร้อยละ	ปริมาณ (กรัม)	ร้อยละ
น้ำเข้า	67.26	100	67.26	100	122.56	100
น้ำทิ้ง	20.31	30.2	4.52	6.7	5.98	4.9
สะสมในตัวกลาง	43.95	65.3	47.62	70.8	95.23	77.7
สะสมในพืช	-	-	8.61	12.8	13.5	11.0
อื่นๆ	3.00	4.5	6.51	9.7	7.85	6.4

3) ฟอสฟอรัส

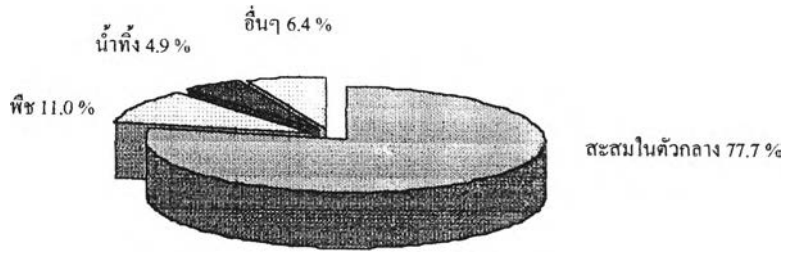
และภายหลังจากเสร็จสิ้นการทดลองแล้วได้ตรวจสอบและคำนวณปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเข้าและน้ำออกทั้งหมด รวมทั้งส่วนที่สะสมในตัวกลางและในพืชได้ผลดังตารางที่ 4.7 และแสดงได้ดังรูปที่ 4.25



ชุดควบคุม

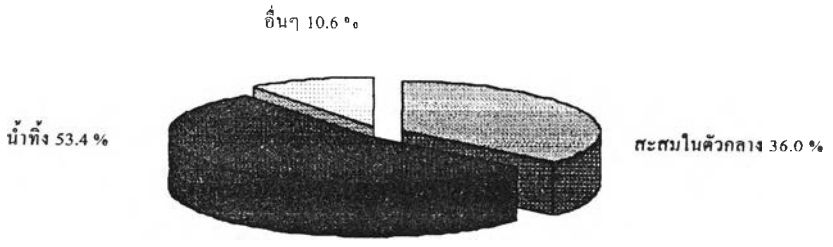


บ่อที่ 2

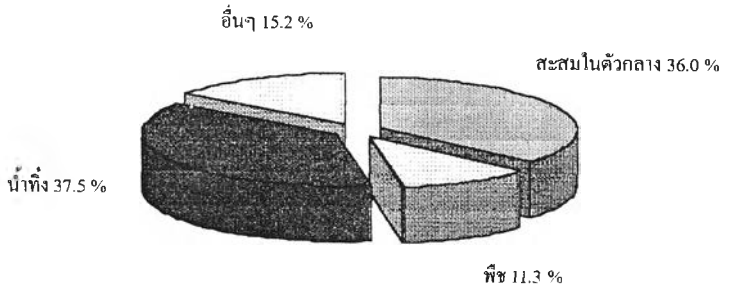


บ่อที่ 3

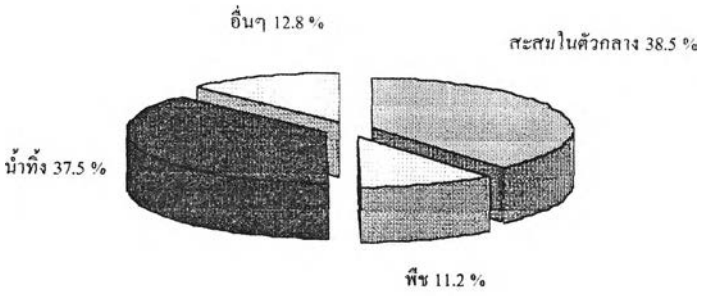
รูปที่ 4.24 ปริมาณไนโตรเจนในส่วนต่างๆของระบบบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย



ชุดควบคุม



บ่อที่ 2



บ่อที่ 3

รูปที่ 4.25 ปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนต่างๆของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย

โดยจะเห็นได้ว่าการกำจัดฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ของบึงประดิษฐ์บ่อที่ 2 และ 3 จะเกิดจากการสะสมในตัวกลาง ส่วนในบ่อที่ 1 ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะออกไปกับน้ำทิ้ง ปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสในตัวกลางของบ่อที่ 1, 2 และ 3 เป็นร้อยละ 36, 36 และ 38.5 ตามลำดับ โดยบ่อที่ 2 และ 3 ที่มีการปลูกต้นธูปฤาษี ซึ่งจะช่วยในการกำจัดฟอสฟอรัสได้ส่วนหนึ่งด้วย โดยจะมีฟอสฟอรัสสะสมอยู่ในต้นธูปฤาษีของบ่อที่ 2 และ 3 คิดเป็นร้อยละ 11.3 และ 11.2 ตามลำดับ จึงทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งมีค่าลดลงด้วย ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การปลูกต้นธูปฤาษีในบึงประดิษฐ์ที่ใช้ตัวกลางดินปนทรายมีส่วนช่วยทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสมีค่ามากขึ้น ซึ่งรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข

ตารางที่ 4.7 ปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนต่างๆของระบบบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย

ฟอสฟอรัสในส่วนต่างๆ	ชุดควบคุม		บ่อที่ 2		บ่อที่ 3	
	ปริมาณ (กรัม)	ร้อยละ	ปริมาณ (กรัม)	ร้อยละ	ปริมาณ (กรัม)	ร้อยละ
น้ำเข้า	20.37	100	20.37	100	28.55	100
น้ำทิ้ง	10.88	53.4	7.63	37.5	10.70	37.5
สะสมในตัวกลาง	7.33	36	7.33	36.0	10.99	38.5
สะสมในพืช	-	-	2.31	11.3	3.20	11.2
อื่นๆ	2.16	10.6	3.10	15.2	3.66	12.8

4.3 การศึกษาบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน

4.3.1 คุณภาพน้ำทิ้งและประสิทธิภาพการกำจัดของบึงประดิษฐ์

การทดลองทำเหมือนบึงประดิษฐ์ที่ใช้ตัวกลางดินปนทรายทุกประการ เพียงแต่เปลี่ยนตัวกลางที่ใช้จากดินปนทรายเป็นทรายปนหินชนวน โดยจะมีบึงประดิษฐ์ 3 บ่อ บ่อที่ 1 และ 2 จะให้น้ำเสียที่มีลักษณะสมบัติเหมือนกัน เพียงแต่บ่อที่ 1 จะไม่มีการปลูกพืช ส่วนบ่อที่ 2 จะปลูกพืชเหมือนบ่อที่ 3 แต่บ่อที่ 3 จะมีอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียเป็น 2 เท่าของบ่อที่ 2

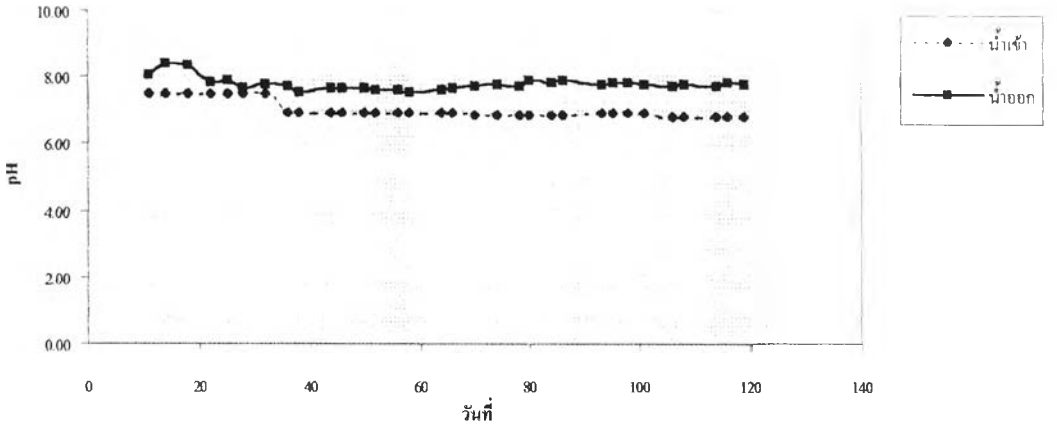
บึงประดิษฐ์ทั้ง 3 บ่อจะป้อนน้ำเสียด้วยอัตราการไหล 25 ลิตร/วัน เป็นเวลาทั้งสิ้น 124 วัน และเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่จุดปลายเพื่อมาวิเคราะห์สัปดาห์ละ 2 ครั้ง ส่วนน้ำเสียสังเคราะห์ที่ป้อนเข้าระบบและตัวอย่างน้ำที่จุดต่างๆตามระยะทาง (1 เมตร และ 2 เมตร จากจุดน้ำเข้า) จะทำการวิเคราะห์ 2 สัปดาห์/ครั้ง

ในน้ำเข้าจะวิเคราะห์หา พีเอช, ซีโอดี, ฟอสฟอรัส, ทีเคเอ็น, แอมโมเนียไนโตรเจน, ไนไตรท์–ไนโตรเจน, ไนเตรท-ไนโตรเจน และอินทรีย์ไนโตรเจน ส่วนน้ำทิ้งจะวิเคราะห์พารามิเตอร์เหมือนน้ำเข้าทุกตัวและจะเพิ่มปริมาณของแข็งแขวนลอย

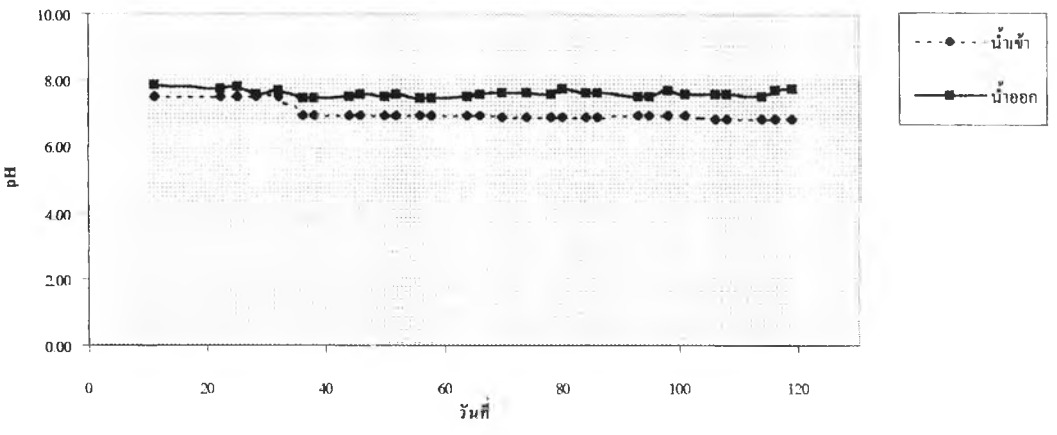
รายละเอียดการวิเคราะห์ลักษณะน้ำทิ้งของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน แสดงในภาคผนวก ก ตารางที่ ก 17, ก 18 และ ก 19 ประสิทธิภาพการกำจัดแสดงในตารางที่ ก 20, ก 21 และ ก 22 และสรุปใน ตารางที่ 4.2 ซึ่งผลการทดลองสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

1) พีเอช

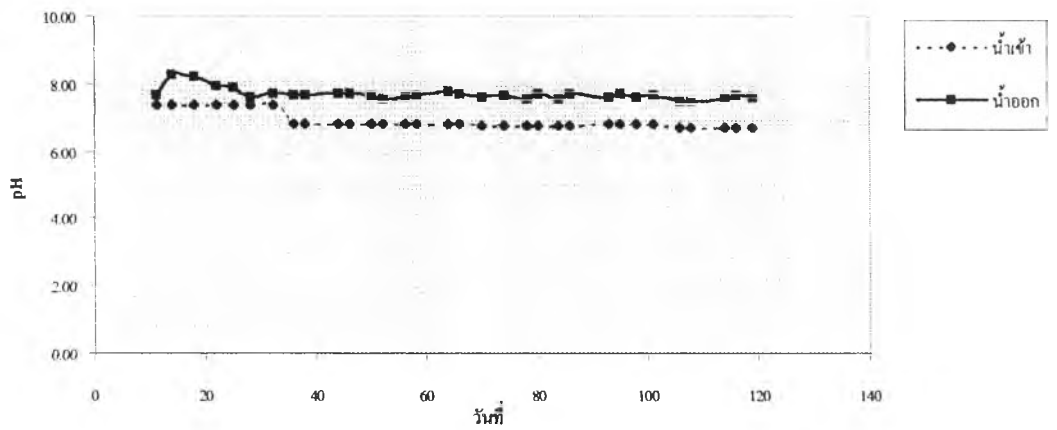
น้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบบ่อที่ 1, 2 และ 3 มีค่าพีเอช เฉลี่ย 6.99, 6.99 และ 6.86 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) ส่วนน้ำทิ้งจากระบบมีค่าเฉลี่ย 7.79, 7.59 และ 7.68 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8) ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าพีเอชของน้ำเข้าและออกของบึงประดิษฐ์ทั้ง 3 บ่อ มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก โดยน้ำทิ้งจะมีค่าสูงขึ้นจากน้ำเข้าเล็กน้อย แสดงดังรูป 4.11 ซึ่งค่าพีเอชของน้ำทิ้งทั้ง 3 บ่อ อยู่ในช่วงที่เป็นกลางและเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน



ชุดควบคุม



บ่อที่ 2



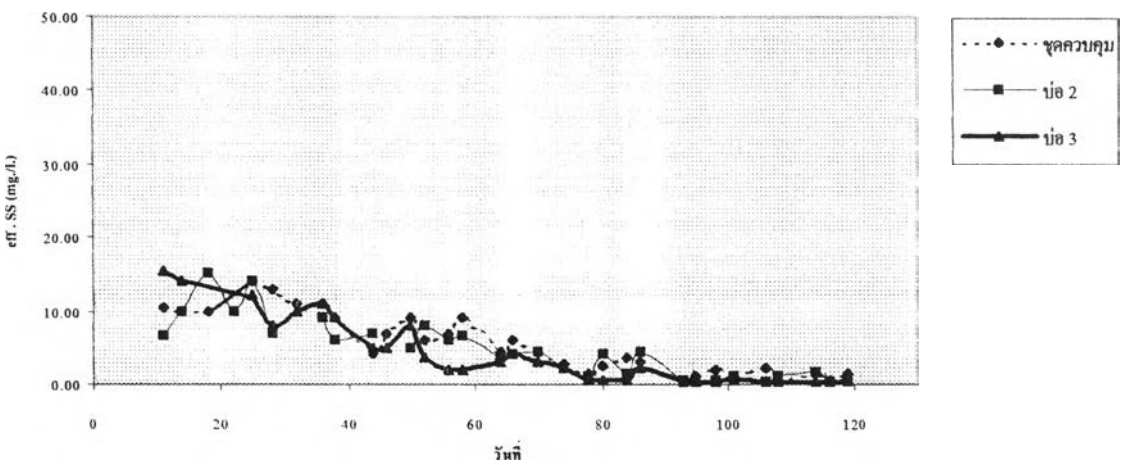
บ่อที่ 3

รูปที่ 4.26 ค่าพีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกตลอดระยะเวลาการทดลองของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน

2) ของแข็งแขวนลอย

น้ำทิ้งจากระบบบ่อที่ 1, 2 และ 3 มีปริมาณของแข็งแขวนลอยเฉลี่ย 5.41, 4.87 และ 4.14 มก./ล. ตามลำดับ และจากรูป 4.26 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งจากบึงประดิษฐ์ทั้ง 3 บ่อ จากกราฟจะเห็นได้ว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยที่ออกจากบึงประดิษฐ์ มีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 3 บ่อ แต่ถ้าคิดจากค่าเฉลี่ยบ่อที่ 1 ที่เป็นชุดควบคุมจะมีค่าสูงกว่าบ่อที่ 1 และ บ่อที่ 2 เล็กน้อย ซึ่งก็แสดงว่าต้นธูปฤาษีมีผลทำให้ปริมาณของแขวนลอยในน้ำทิ้งจากระบบมีค่าลดลง

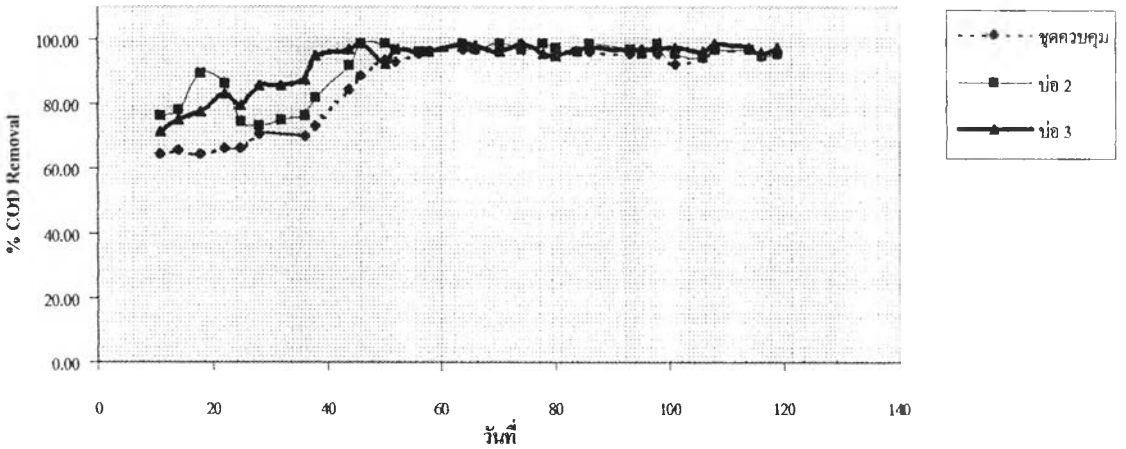
จากกราฟจะสังเกตได้อีกว่าค่าแนวโน้มของปริมาณของแขวนลอยที่ออกจาก บึงประดิษฐ์ทั้ง 3 บ่อ มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลา เนื่องมาจากในช่วงแรกที่เริ่มต้นเดินระบบจะมีพวกเศษของหินชนวนและทรายขนาดเล็กๆไหลปนออกมากับน้ำทิ้งด้วย แต่เมื่อเดินระบบไปเรื่อยๆปริมาณตะกอนดินทรายขนาดเล็กๆก็มีปริมาณน้อยลงตามไปด้วย จึงทำให้ค่าปริมาณสารแขวนลอยในน้ำทิ้งในช่วงแรกมีค่าสูงกว่าในช่วงสุดท้ายของการทดลองมาก



รูปที่ 4.27 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งจากบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน

3) ซีโอดี

น้ำทิ้งจากระบบบ่อที่ 1, 2 และ 3 มีค่าซีโอดีเฉลี่ย 59.29, 36.02 และ 34.32 มก./ล. ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 87.72, 91.84 และ 92.83 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8) น้ำเสียก่อนป้อนเข้าบึงประดิษฐ์มีค่าซีโอดีเฉลี่ย 497, 497 และ 504 มก./ล. ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) จากรูปที่ 4.28 จะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของทั้ง 3 บ่อมีค่าใกล้เคียงกันในช่วงหลังจากเดินระบบไปแล้วประมาณ 1 เดือน ส่วนในช่วง 1 เดือนแรกนั้นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของบึงประดิษฐ์ บ่อที่ 2 และ 3 มีค่าสูงกว่าชุดควบคุมเล็กน้อย ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าบึงประดิษฐ์ที่ใช้ตัวกลางทรายปนหินชนวนมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีได้สูงทั้งที่มีและไม่มีการปลูกพืช เพียงแต่บ่อที่ไม่มีการปลูกพืชอาจจะต้องใช้ระยะเวลาในการเดินระบบสักพักหนึ่งก่อน



รูปที่ 4.28 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย

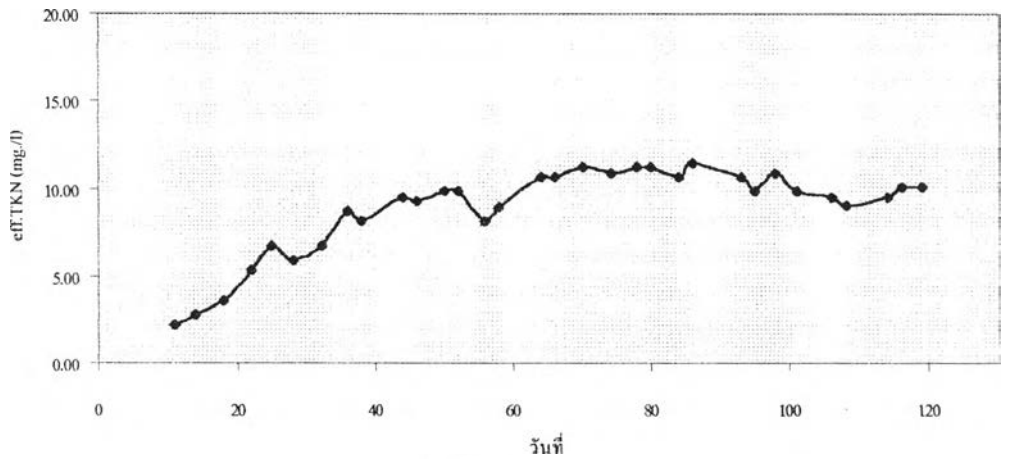
4) ไนโตรเจน

4.1) บึงประดิษฐ์บ่อที่ 1 (ชุดควบคุม)

น้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบมีค่าทีเคเอ็นเฉลี่ยเท่ากับ 20.1 มก./ล. โดยเป็นค่าอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ย 1.5 และ 18.6 มก./ล. ตามลำดับ (ตารางที่4.1) ซึ่งจะเห็นได้ว่าไนโตรเจนเฉลี่ยร้อยละ 93 อยู่ในรูปของแอมโมเนียไนโตรเจน

เมื่อผ่านบึงประดิษฐ์แล้วน้ำทิ้งมีค่าทีเคเอ็นเฉลี่ย 8.84 มก./ล. ซึ่งเป็นค่าอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ย 1.33 และ 7.51 มก./ล. ตามลำดับ ประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 18.90 และ 59.52 ตามลำดับ ส่วนทีเคเอ็นมีประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 56.10 (ตารางที่ 4.8) ซึ่งจะเห็นได้ว่าไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียถูกกำจัดสูงที่สุด

เมื่อพิจารณาค่าทีเคเอ็นในน้ำทิ้งจากระบบที่ระยะเวลาต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.29 จะเห็นได้ว่าในช่วง 2 เดือนแรกปริมาณทีเคเอ็นในน้ำทิ้งมีแนวโน้มค่อยๆเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา โดยค่าทีเคเอ็นในน้ำทิ้งมีค่าอยู่ในช่วง 2.24 – 9.52 มก./ล. ส่วนในช่วงเดือนที่ 3 - 4 ปริมาณทีเคเอ็นในน้ำทิ้งมีค่าค่อนข้างคงที่ โดยค่าทีเคเอ็นในน้ำทิ้ง 8.92 – 10.64 มก./ล.

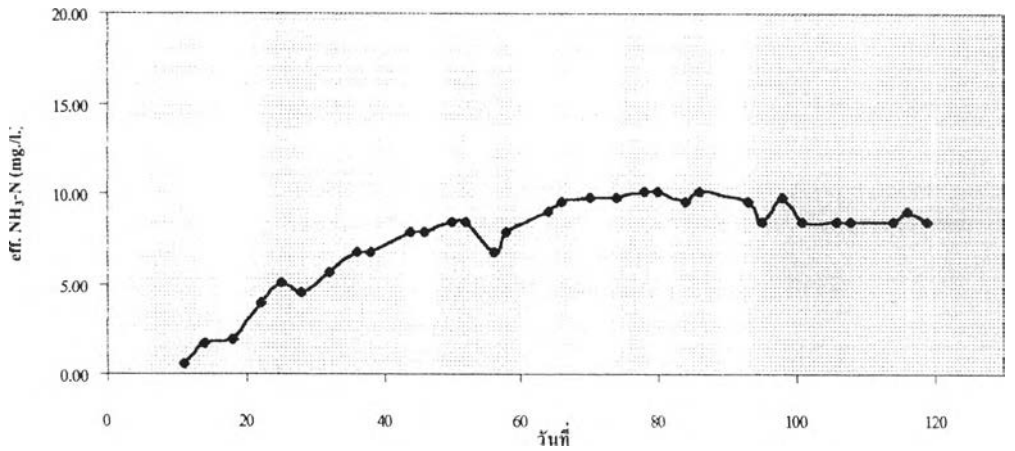


รูปที่ 4.29 ปริมาณทีเคเอ็นในน้ำทิ้งของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน บ่อที่ 1 (ชุดควบคุม)

เมื่อพิจารณาปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากระบบที่ระยะเวลาต่างๆ ซึ่งก็จะมีลักษณะเดียวกันกับปริมาณทีเคเอ็น คือ จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในช่วง 2 เดือนแรก โดยค่าจะอยู่ในช่วง 0.56 – 8.40 มก./ล. ส่วนในช่วงเดือนที่ 3 และ 4 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำทิ้งค่อนข้างคงที่ โดยค่าจะอยู่ในช่วง 7.84 – 10.08 มก./ล. ดังแสดงในรูปที่ 4.30

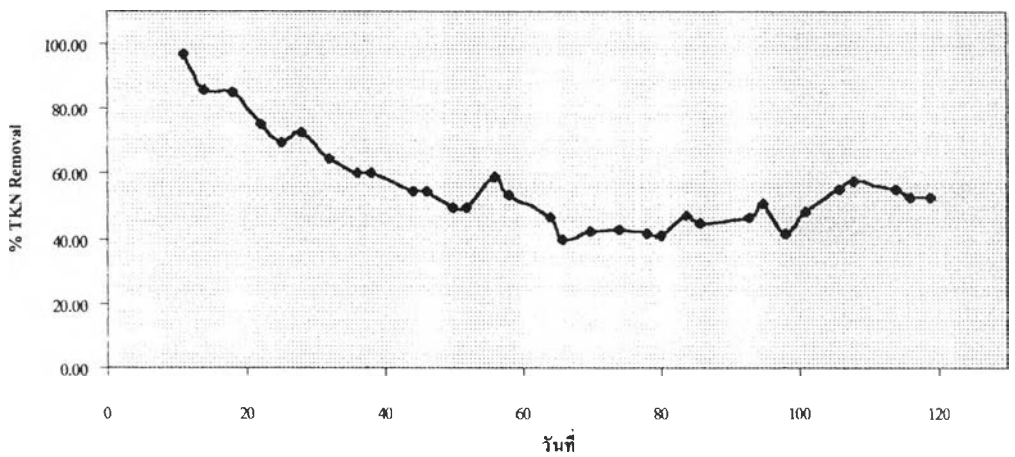
ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณทีเคเอ็นและแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำทิ้งจะมีความสัมพันธ์กัน คือ เมื่อปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่ามาก ปริมาณทีเคเอ็นก็จะมากขึ้นด้วย เนื่องจากปริมาณทีเคเอ็นในน้ำเสียจะมีแอมโมเนียไนโตรเจนอยู่ในในอัตราส่วนที่มากกว่าอินทรีย์ไนโตรเจนมาก

จากตารางที่ ก 17 ในภาคผนวก จะเห็นได้ว่าปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำเสียตลอดระยะเวลาการทดลองจะมีค่าอยู่ในช่วงเพียง 0.56 – 1.96 มก./ล. ดังนั้นในน้ำทิ้งจะมีปริมาณทีเคเอ็นมากหรือน้อยก็สามารถดูได้จากปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนได้



รูปที่ 4.30 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำทิ้งของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน บ่อที่ 1 (ชุดควบคุม)

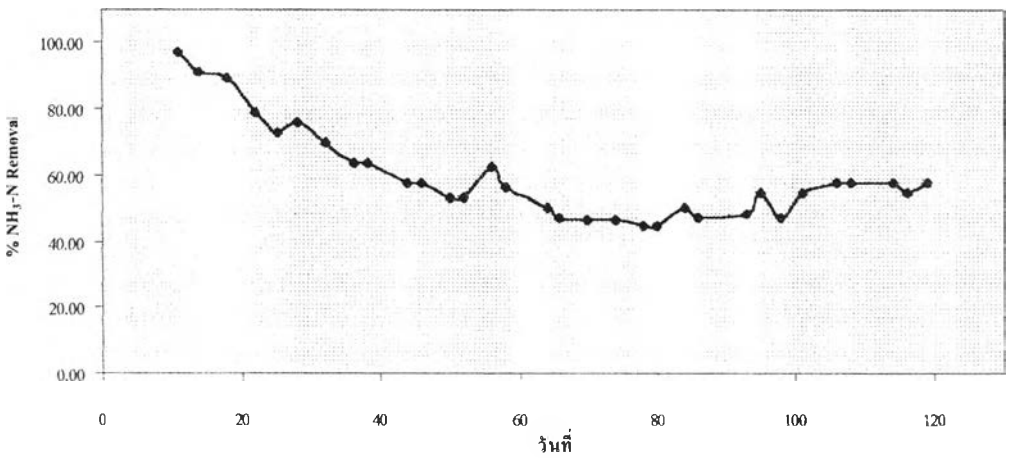
เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นที่ระยะเวลาต่างๆ (รูปที่ 4.31) โดยในช่วง 2 เดือนแรก ประสิทธิภาพการกำจัดจะค่อยๆลดลงตามระยะเวลา โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 50 – 92.15 ส่วนในช่วง 2 เดือนหลัง ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นของบึงประดิษฐ์ค่อนข้างคงที่ โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 41.58 – 58.82



รูปที่ 4.31 ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน บ่อที่ 1 (ชุดควบคุม)

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนที่ระยะเวลาต่างๆ (รูปที่ 4.32) โดยในช่วง 2 เดือนแรก ประสิทธิภาพการกำจัดค่อยๆลดลงตามระยะเวลา โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 53.13 ถึง 96.97 ส่วนในช่วง 2 เดือนหลัง ประสิทธิภาพการกำจัดค่อนข้างคงที่ โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 44.62 – 57.14

ซึ่งจากที่กล่าวมาแสดงว่าในช่วงแรกของการเดินระบบจุลชีพมีการเจริญเติบโตเร็วมาก มีการนำแอมโมเนียไนโตรเจนไปใช้เพื่อเพิ่มจำนวนเซลให้มากขึ้น จึงทำให้น้ำทิ้งจากระบบมีค่าแอมโมเนียไนโตรเจนเหลือน้อย และเมื่อระบบเข้าสู่ภาวะสมดุลที่จุลชีพมีจำนวนเพียงพอสมดุลกับปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสีย จึงทำให้อัตราการใช้แอมโมเนียไนโตรเจนลดลงทำให้มีแอมโมเนียไนโตรเจนเหลือในน้ำทิ้งเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดลดลงด้วย จึงทำให้ค่าประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นของระบบลดต่ำลงไปด้วย เนื่องจากปริมาณทีเคเอ็นในน้ำเสียจะมีแอมโมเนียไนโตรเจนอยู่ในอัตราส่วนที่มากกว่าอินทรีย์ไนโตรเจนมาก



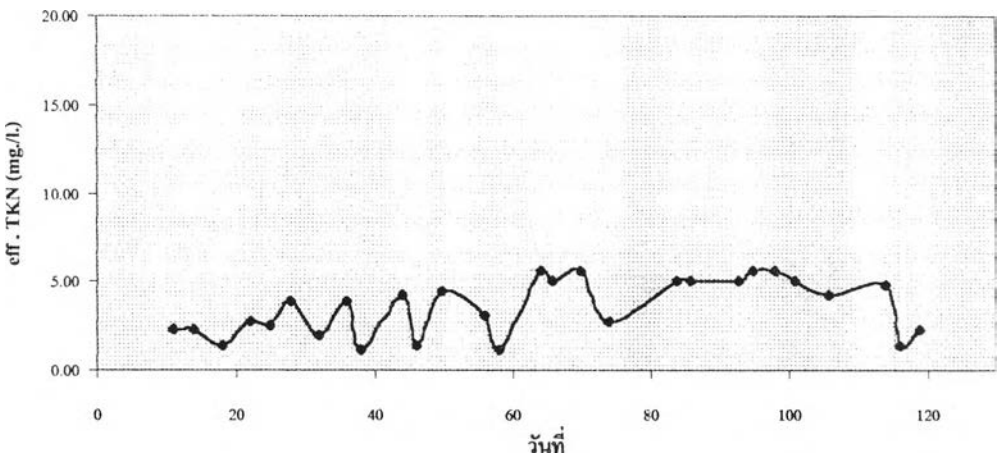
รูปที่ 4.32 ประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน บ่อที่ 1 (ชุดควบคุม)

4.2) บึงประดิษฐ์บ่อที่ 2

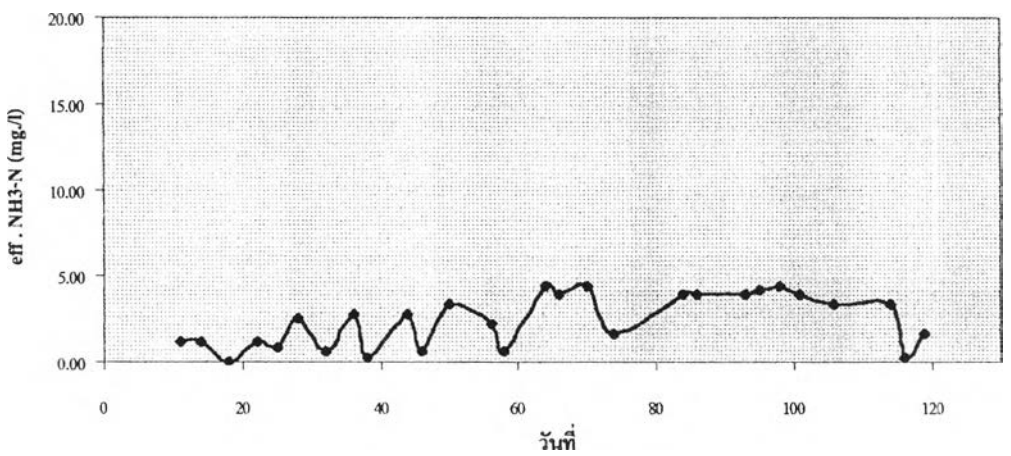
น้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบมีลักษณะสมบัติเหมือนบ่อที่ 1 ทุกประการ ส่วนน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าทีเคเอ็นอยู่ในช่วง 0.56 – 6.44 มก./ล. เฉลี่ย 3.55 มก./ล. (ตารางที่ ก 18) ประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 83.54 (ตารางที่ 4.8) ส่วนแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำทิ้งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00 – 5.04 มก./ล. (ตารางที่ ก 18) ประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 88.23 (ตารางที่ 4.8)

เมื่อพิจารณาค่าทีเคเอ็นในน้ำทิ้งจากระบบที่ระยะเวลาต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.33 จะเห็นได้ว่าปริมาณทีเคเอ็นในน้ำทิ้งมีค่าค่อนข้างแปรปรวนเกือบตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.56 – 6.44 มก./ล. เฉลี่ย 3.55 มก./ล.

ส่วนปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากระบบที่ระยะเวลาต่างๆ ซึ่งก็จะมีลักษณะเดียวกันกับปริมาณทีเคเอ็น แสดงในรูปที่ 4.34 คือ ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำทิ้งมีค่าค่อนข้างแปรปรวนเกือบตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยมีค่าอยู่ ในช่วง 0.00 – 5.04 มก./ล. เฉลี่ย 2.41



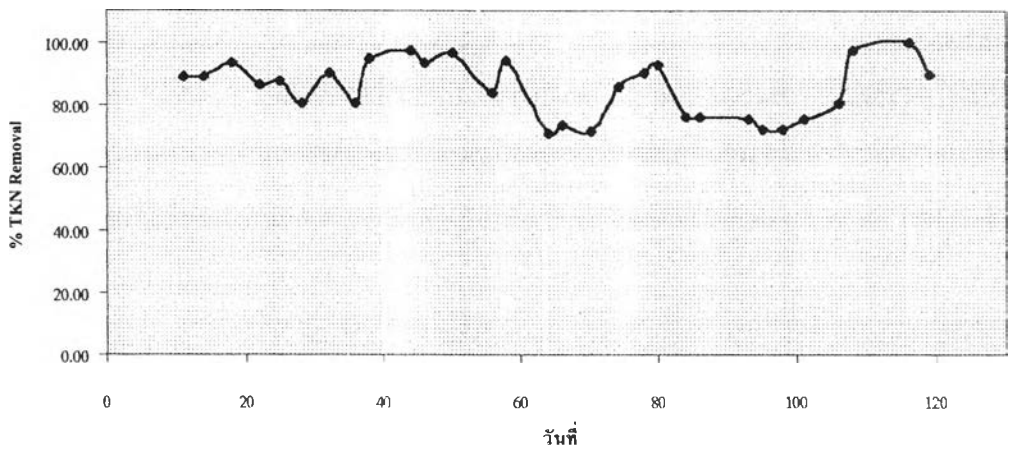
รูปที่ 4.33 ปริมาณทีเคเอ็นในน้ำทิ้งของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน บ่อที่ 2



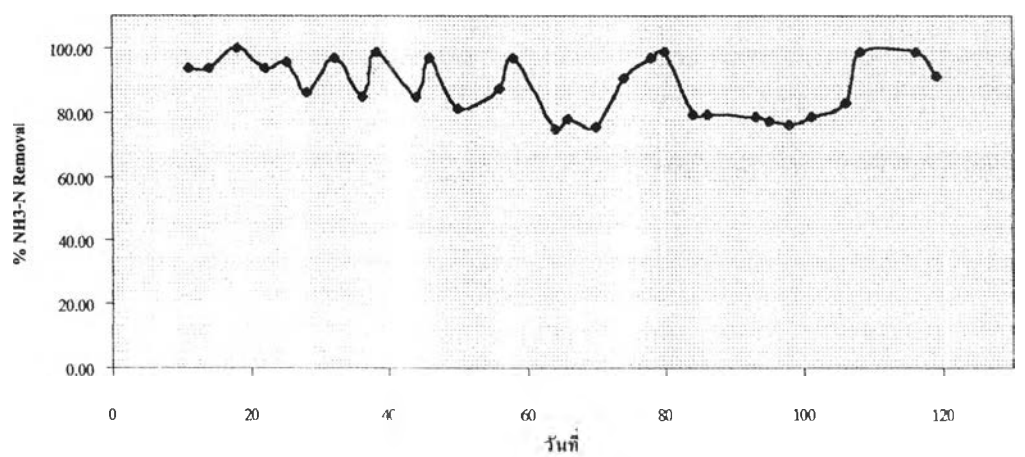
รูปที่ 4.34 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำทิ้งของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน บ่อที่ 2

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นที่ระยะเวลาต่างๆ (รูปที่ 4.35) จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดตลอดระยะเวลาการทดลองมีค่าค่อนข้างแปรปรวน แต่ค่าประสิทธิภาพการกำจัดก็จัดอยู่ในช่วงที่ค่อนข้างสูง โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 70.59 – 97.37 เฉลี่ยร้อยละ 83.54

และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนที่ระยะเวลาต่างๆ (รูปที่ 4.36) จะเห็นได้ว่าค่าประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่าแนวโน้มคล้ายกับค่าประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็น โดยค่าค่อนข้างแปรปรวนอยู่ในช่วงร้อยละ 75.00 – 100.00 เฉลี่ยร้อยละ 88.23 ซึ่งจัดว่ามีค่าประสิทธิภาพการกำจัดค่อนข้างสูง



รูปที่ 4.35 ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน บ่อที่ 1

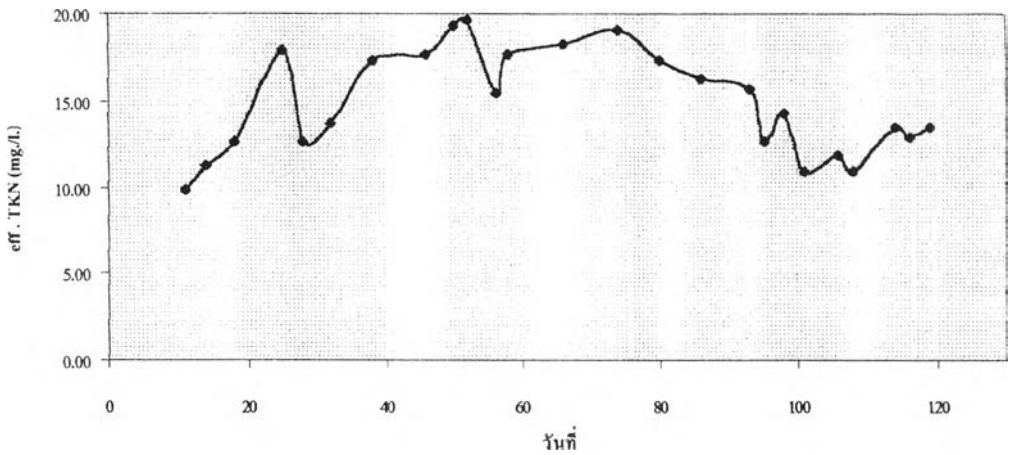


รูปที่ 4.36 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน บ่อที่ 2

4.3) บึงประดิษฐ์บ่อที่ 3

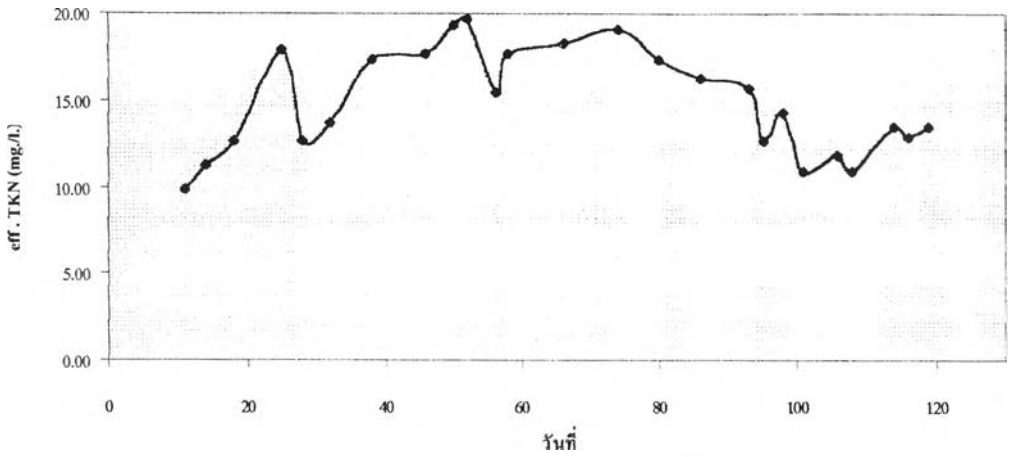
น้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบมีค่าทีเคเอ็น อินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ยเท่ากับ 39.0, 1.4 และ 36.7 มก./ล. ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) ส่วนน้ำทิ้งจากระบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.86, 1.28 และ 13.59 ตามลำดับ ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นและแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 58.16 และ 61.63 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8)

เมื่อพิจารณาค่าทีเคเอ็นในน้ำทิ้งจากระบบที่ระยะเวลาต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.37 จะเห็นได้ว่าปริมาณทีเคเอ็นในน้ำทิ้งมีค่าแปรปรวนค่อนข้างมาก โดยถ้าดูจากแนวโน้มในช่วงเดือนที่ 1 ปริมาณทีเคเอ็นในน้ำทิ้งมีค่าต่ำ และค่อยๆเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 2 และ 3 แล้วเดือนที่ 4 ก็เริ่มลดลงอีกครั้ง ซึ่งน่าจะเกิดจากผลของการตัดยอดของต้นธูปฤาษีในช่วงปลายเดือนที่ 3 ซึ่งต้นไม้จะต้องการธาตุไนโตรเจนมาใช้ในการเจริญเติบโตอีกครั้งหนึ่ง ปริมาณทีเคเอ็นที่อยู่ในน้ำเสียจึงถูกพืชนำไปใช้มากขึ้น ซึ่งก็ส่งผลให้เหลือทีเคเอ็นในน้ำทิ้งน้อยลงนั่นเอง โดยปริมาณทีเคเอ็นในน้ำทิ้งตลอดระยะเวลาการทดลอง มีค่าอยู่ในช่วง 5.04 – 21.56 มก./ล. เฉลี่ย 14.86 มก./ล.



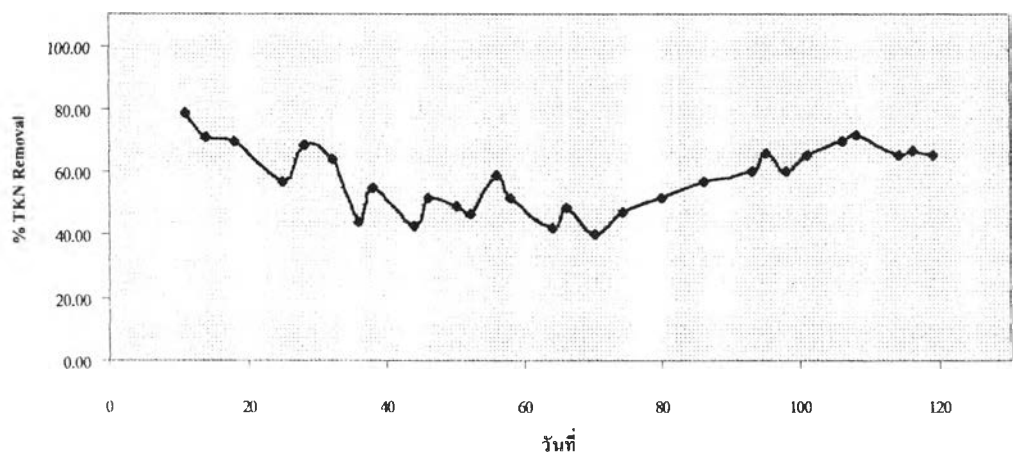
รูปที่ 4.37 ปริมาณทีเคเอ็นในน้ำทิ้งของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน บ่อที่ 3

ส่วนปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากระบบที่ระยะเวลาต่างๆ ซึ่งก็จะมีลักษณะเดียวกันกับปริมาณทีเคเอ็น คือปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำทิ้งมีค่าค่อนข้างแปรปรวนตลอดระยะเวลาการทดลอง แสดงในรูปที่ 4.38 โดยปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำทิ้งมีค่าอยู่ในช่วง 2.80 – 20.16 มก./ล. เฉลี่ย 13.59 มก./ล.



รูปที่ 4.38 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำทิ้งของบึงประดิษฐ์
ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน บ่อที่ 1 (ชุดควบคุม)

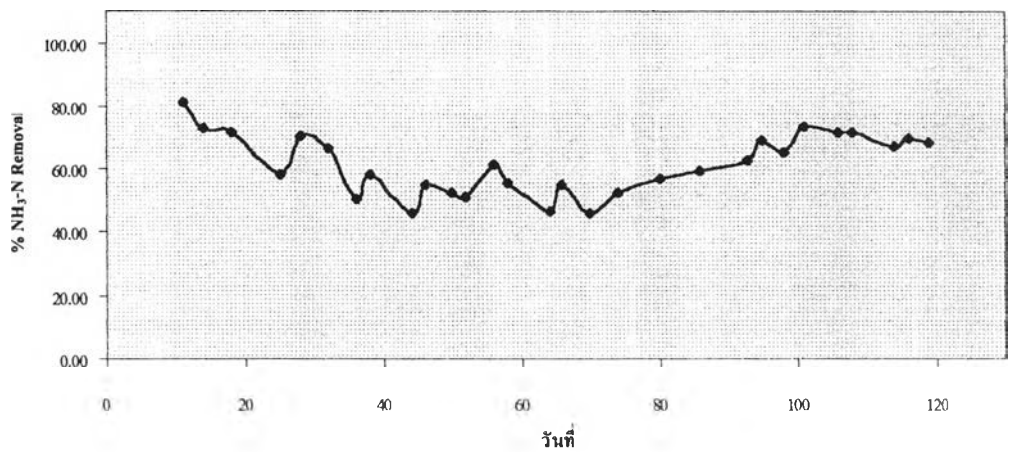
และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นที่ระยะเวลาต่างๆ แสดงในรูปที่ 4.39 จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นของบึงประดิษฐ์มีค่าค่อนข้างแปรปรวนในช่วง 2 เดือนแรก ส่วนในช่วง 2 เดือนสุดท้าย ประสิทธิภาพการกำจัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา ซึ่งเป็นไปได้ว่าเกิดจากผลของการตัดยอดของต้นธูปฤาษีในช่วงปลายเดือนที่ 3 ซึ่งทำให้ต้นธูปฤาษีต้องการสารอาหารมาใช้ในการเจริญเติบโตมากขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นจึงมีค่ามากขึ้นด้วย โดยประสิทธิภาพการกำจัดตลอดระยะเวลาทดลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 40.49 – 89.59 เฉลี่ยร้อยละ 58.16



รูปที่ 4.39 ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน
บ่อที่ 3

และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนที่ระยะเวลาต่างๆ แสดงในรูปที่ 4.40 จะเห็นได้ว่าค่าประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าแปรปรวนในช่วง 2 เดือนแรก แต่ในช่วง 2 เดือนหลัง ประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าค่อนข้างคงที่และมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อยตามระยะทาง อาจเกิดจากในช่วงแรกระบบยังไม่เข้าสู่สมดุล จึงทำให้ค่าประสิทธิภาพการกำจัดแปรปรวนอยู่บ้าง และต่อมาเมื่อระบบเข้าสู่ภาวะสมดุลจึงทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าค่อนข้างคงที่

และจากการที่ค่าประสิทธิภาพการกำจัดมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อยในช่วงเดือนที่ 4 ก็น่าจะมีผลมาจากการตัดยอดของต้นธูปฤาษีในช่วงปลายเดือนที่ 3 ซึ่งทำให้ต้นธูปฤาษีต้องการสารอาหารมาใช้ในการเจริญเติบโตมากขึ้น จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่ามากขึ้นด้วย โดยประสิทธิภาพการกำจัดตลอดระยะเวลาการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 46.27 – 92.54 เฉลี่ย 61.63

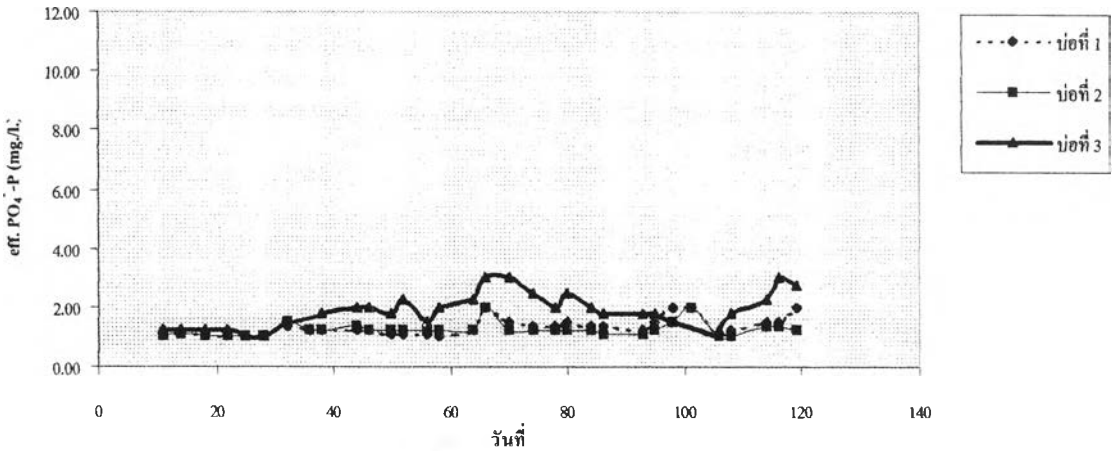


รูปที่ 4.40 ประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน บ่อที่ 3

5) ฟอสฟอรัส

น้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบบ่อที่ 1, 2 และ 3 มีค่าฟอสฟอรัสเฉลี่ยเท่ากับ 3.9, 3.9 และ 7.5 มก./ล. ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) น้ำทิ้งจากระบบมีค่าเฉลี่ย 1.34, 1.26 และ 1.91 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 65.50, 68.73 และ 74.67 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) ซึ่งจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดของบึงประดิษฐ์ทั้ง 3 บ่อมีค่าไม่ต่างกันมากนัก โดยบ่อที่ 3 มีค่ามากสุดและบ่อที่ 1 ที่ไม่มีการปลูกพืชจะมีค่าต่ำสุด

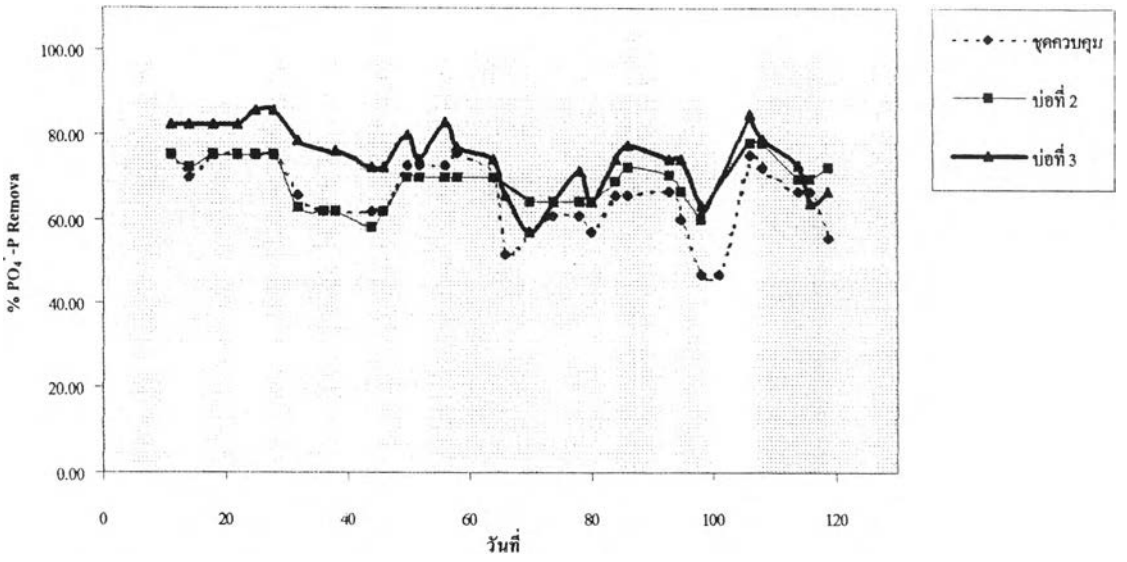
จากกราฟรูปที่ 4.41 แสดงปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งตลอดระยะเวลาการทดลอง ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งตลอดระยะเวลาการทดลองของบึงประดิษฐ์บ่อที่ 1 มีค่าค่อนข้างแปรปรวน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.00 –2.00 มก./ล. ส่วนบ่อที่ 2 และ 3 มีค่าค่อนข้างคงที่ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.00 – 2.00 มก./ล. และ 1.25 – 3.25 มก./ ล . ตามลำดับ



รูปที่ 4.41 ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน

ส่วนประสิทธิภาพการกำจัดของบึงประดิษฐ์ทั้ง 3 บ่อ แสดงดังรูปที่ 4.42 ซึ่งจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าค่อนข้างแปรปรวน โดยบ่อที่ 2 และ 3 มีแนวโน้มของค่าประสิทธิภาพการกำจัดคล้ายกัน โดยมีค่าประสิทธิภาพการกำจัดอยู่ในช่วงร้อยละ 57.85 – 77.78 และ 57.14 – 85.71 ตามลำดับ

ส่วนบ่อที่ 1 (ชุดควบคุม) ที่ไม่มีการปลูกต้นธูปฤาษี มีค่าประสิทธิภาพการกำจัดอยู่ในช่วงร้อยละ 44.67 - 75.73 ซึ่งถ้าดูโดยรวมประสิทธิภาพการกำจัดของบ่อที่ 2 และ 3 มีค่ามากกว่า บ่อที่ 1 เกือบตลอดระยะเวลาการทดลอง แสดงว่าต้นธูปฤาษีมีส่วนช่วยให้ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสของบึงประดิษฐ์ที่ใช้ตัวกลางทรายปนหินชนวนเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.42 ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน

4.3.2 สรุปประสิทธิภาพการกำจัดของบึงประดิษฐ์

ประสิทธิภาพการกำจัดของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวนแสดงในตารางที่ 4.8 โดยรายละเอียดที่จะกล่าวต่อไป จะกล่าวถึงเฉพาะประสิทธิภาพการกำจัดของ ซีโอดี ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เนื่องจากเป็นพารามิเตอร์ที่สนใจในการทดลองนี้

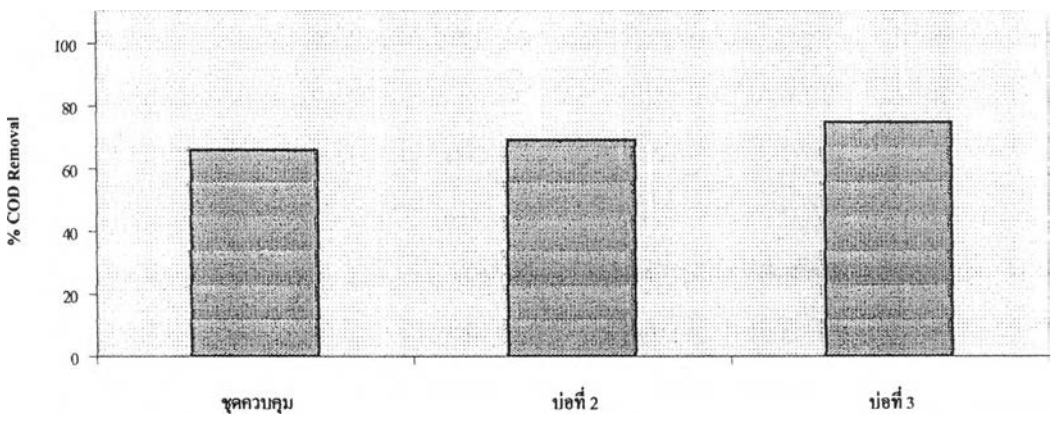
1) ซีโอดี

ระบบบำบัดบ่อที่ 1 , 2 และ 3 มีประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละ 65.50, 68.73 และ 74.67 ตามลำดับ และจากกราฟรูปที่ 4.43 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยของบึงประดิษฐ์ทั้ง 3 บ่อ จะเห็นได้ว่ามีค่าไม่ต่างกันมากนัก โดยบ่อที่ 3 จะมีค่าสูงสุด ส่วนบ่อที่ 1 และ 2 มีค่าใกล้ใกล้เคียงกันมาก ซึ่งแสดงว่าการปลูกต้นธูปฤาษีลงในบึงประดิษฐ์ที่ใช้ตัวกลางทรายปนหินชนวน จะมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในน้ำเสียน้อย

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยลักษณะสมบัติและประสิทธิภาพการกำจัดของน้ำทิ้ง ของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน

พารามิเตอร์	ลักษณะสมบัติ			ประสิทธิภาพการกำจัด (ร้อยละ)		
	บ่อที่ 1	บ่อที่ 2	บ่อที่ 3	บ่อที่ 1	บ่อที่ 2	บ่อที่ 3
pH	7.79 ± 0.19	7.59 ± 0.10	7.68 ± 0.17	-	-	-
SS	5.47 ± 4.1	4.87 ± 4.0	4.17 ± 4.6	-	-	-
COD	59.29 ± 60.5	36.02 ± 43.0	34.32 ± 39.7	87.72	91.84	92.83
BOD	26.29 ± 37.6	16.17 ± 26.0	4.36 ± 4.4	87.53	92.38	98.05
TKN	8.84 ± 2.5	3.55 ± 1.6	14.86 ± 3.0	56.10	83.54	58.16
Org – N	1.33 ± 0.3	1.14 ± 0.3	1.28 ± 0.5	18.90	25.19	22.87
NH_3-N	7.51 ± 2.6	2.41 ± 1.5	13.59 ± 3.1	59.52	88.23	61.63
TP	1.34 ± 0.3	1.26 ± 0.2	1.91 ± 0.6	65.50	68.73	74.67

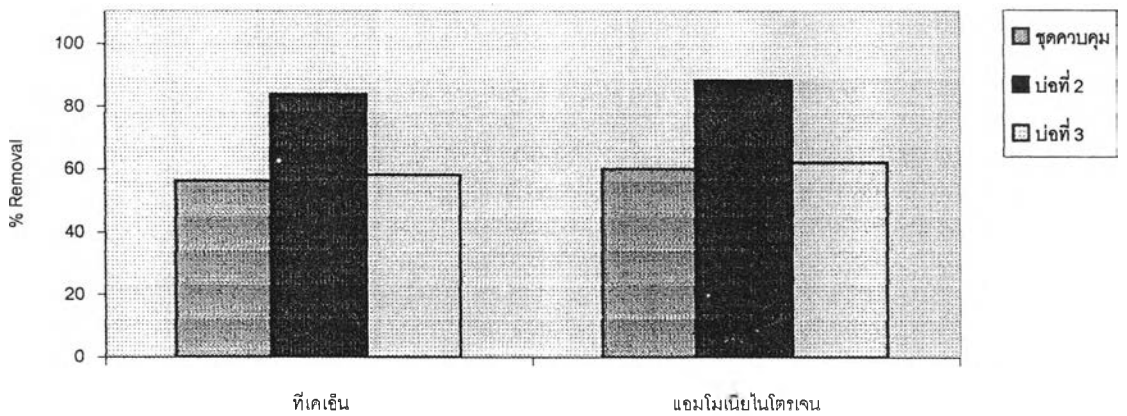
หมายเหตุ ลักษณะสมบัติทุกค่ามีหน่วยเป็น มก./ล. ยกเว้น ค่าพีเอช ไม่มีหน่วย



รูปที่ 4.43 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของบึงประดิษฐ์ที่ใช้ตัวกลางทรายปนหินชนวน

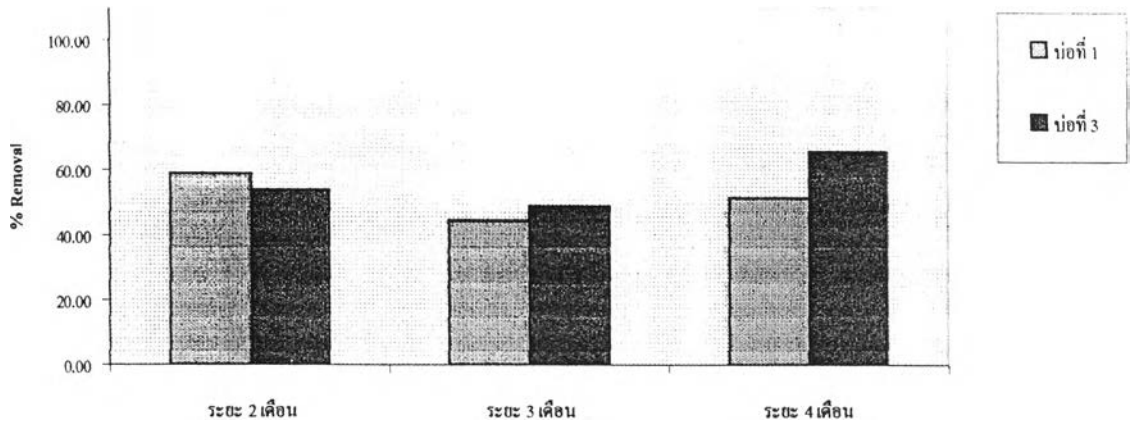
2) ไนโตรเจน

ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นและแอมโมเนียไนโตรเจนของบึงประดิษฐ์ทั้ง 3 บ่อ แสดงได้ดังรูปที่ 4.44 และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นและแอมโมเนียไนโตรเจนระหว่างบ่อที่ 2 กับบ่อที่ 1 (ชุดควบคุม) ที่ไม่ปลูกพืชจะเห็นว่าบึงประดิษฐ์บ่อที่ 2 ที่ปลูกต้นธูปฤาษีมีประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นและแอมโมเนียได้สูงกว่าถึงร้อยละ 32.85 และ 32.54 ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.16 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าต้นธูปฤาษีมีผลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนของระบบได้มากขึ้น แต่การกำจัดไนโตรเจนร้อยละ 56.10 ยังคงเกิดจากปฏิกิริยาของจุลชีพในตัวกลางทรายปนหินชนวนที่นำไนโตรเจนไปใช้ในกระบวนการสร้างเซล



รูปที่ 4.44 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นและแอมโมเนียไนโตรเจน ของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน

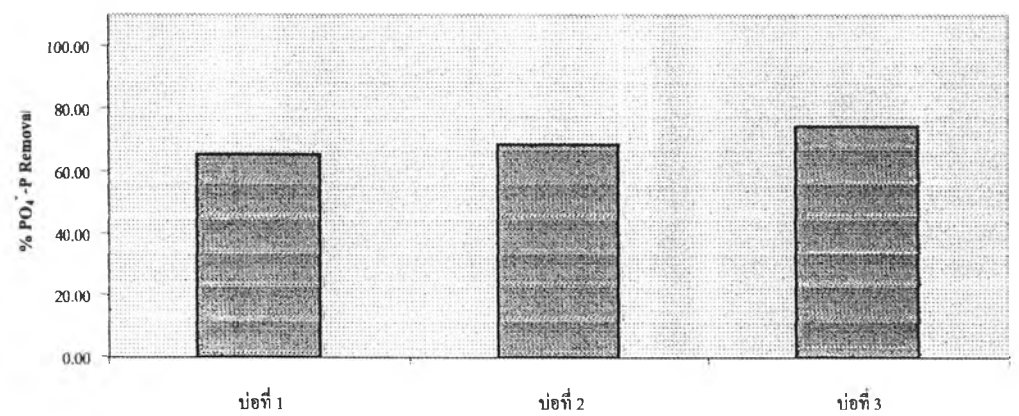
และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนของ บ่อที่ 3 กับบ่อที่ 1 (ชุดควบคุม) บ่อที่ 3 มีประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นและแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ยสูงกว่าเพียงเล็กน้อย แสดงดังรูปที่ 4.44 แต่ถ้าดูประสิทธิภาพการกำจัดตามช่วงระยะเวลาดังรูปที่ 4.45 จะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไปประสิทธิภาพการกำจัดของบ่อที่ 3 จะมีค่ามากกว่าบ่อที่ 1 มากขึ้นเรื่อยๆ โดยจะเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดของเดือนที่ 3 และเดือนที่ 4 ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่าต้นธูปฤาษีมีส่วนช่วยทำให้บึงประดิษฐ์มี ประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนเพิ่มมากขึ้น เพียงแต่อาจจะต้องใช้ระยะเวลาในการเดินระบบสักพักหนึ่งก่อนถ้าในน้ำเสียมีปริมาณไนโตรเจนมากขึ้น



รูปที่ 4.45 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นแบ่งตามระยะเวลา ของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวนบ่อที่ 1 (ชุดควบคุม) และบ่อที่ 3

3) ฟอสฟอรัส

จากรูปที่ 4.46 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสของบึงประดิษฐ์ที่ใช้ตัวกลางทรายปนหินชนวน โดยประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยของบ่อที่ 1, 2 และ 3 มีค่าร้อยละ 65.50, 68.73 และ 74.67 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดของบึงประดิษฐ์ทั้ง 3 บ่อมีค่าไม่ต่างกันมากนัก โดยบ่อที่ 3 มีค่ามากสุดและ บ่อที่ 1 ที่ไม่มีการปลูกพืชจะมีค่าต่ำสุด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าต้นธูปฤาษีสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวนได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น



รูปที่ 4.46 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน

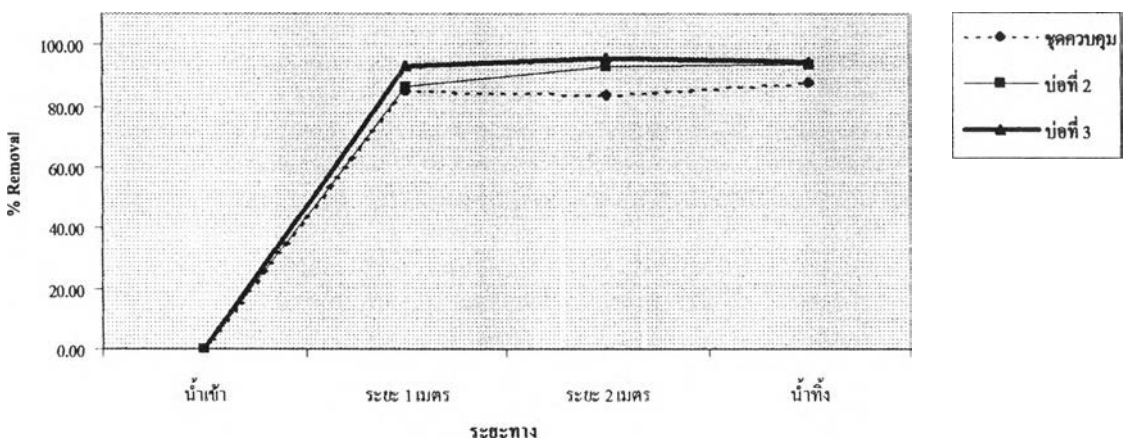
4.3.3 ประสิทธิภาพการกำจัดที่ระยะทางต่างๆ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณ ซีโอดี ธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ จุดที่ 1 (จุดน้ำเข้า) จุดที่ 2 (ระยะห่าง 1 เมตรจากจุดน้ำเข้า), จุดที่ 3 (ระยะห่าง 2 เมตรจากจุดน้ำเข้า) และ จุดน้ำทิ้ง (ระยะห่าง 3 เมตรจากจุดน้ำเข้า) ของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวนแสดงรายละเอียดการวิเคราะห์ในตารางที่ ก 23, ก 24 และ ก 25 และแสดงค่าเฉลี่ยในตารางที่ 4.9

1) ซีโอดี

ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีตามระยะทางของบึงประดิษฐ์ แสดงรายละเอียดในตารางที่ ก 26, ก 27 และ ก 28 และแสดงค่าเฉลี่ยในตารางที่ 4.10 จากรูปที่ 4.47 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีตามระยะทาง จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดของบึงประดิษฐ์ทั้ง 3 บ่อ มีค่าใกล้เคียงกัน โดยบ่อที่ 1 มีประสิทธิภาพการกำจัดต่ำกว่าบ่อที่ 2 และ 3 เล็กน้อย

ซึ่งค่าประสิทธิภาพการกำจัดเมื่อถึงจุดน้ำทิ้งของบ่อที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 87.91, 93.50 และ 93.96 ตามลำดับ จากค่าดังกล่าวแสดงว่าตัวกลางทรายปนหินชนวนมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ได้สูงมาก และจะเห็นได้ว่าในระยะทาง 1 เมตรแรกของบึงประดิษฐ์ทั้ง 3 บ่อ การกำจัดซีโอดีเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วรวมทั้งประสิทธิภาพการกำจัดก็มีค่าสูงแล้ว โดยสังเกตได้จากเมื่อเลยระยะทาง 1 เมตรไปแล้วประสิทธิภาพการกำจัดก็ค่อนข้างคงที่และจะสูงขึ้นอีกเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จึงอาจกล่าวได้ว่าซีโอดีที่ย่อยสลายได้ง่ายก็ถูกย่อยสลายจนเกือบหมดที่ระยะทาง 1 เมตรจากจุดน้ำเข้า โดยหลังจากระยะทาง 1 เมตรไปแล้ว ก็จะเหลือแต่เพียงซีโอดีที่ย่อยสลายได้ยากเท่านั้น



รูปที่ 4.47 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีตามระยะทางของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยปริมาณธาตุอาหารที่ระยะทางต่างๆของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน

ระบบบึงประดิษฐ์	พารามิเตอร์ จุดเก็บตัวอย่าง	pH	COD (mg./l.)	TKN (mg./l.)	Org-N (mg./l.)	NH_3-N (mg./l.)	NO_2^--N (mg./l.)	NO_3^--N (mg./l.)	TP (mg./l.)
บ่อที่ 1 (ชุดควบคุม)	น้ำเข้า	6.97	475.72	20.13	1.51	18.62	0.004	0.494	3.83
	จุดที่ 2	7.23	70.95	12.25	0.95	11.31	0.008	0.247	2.91
	จุดที่ 3	7.34	77.90	11.45	0.95	10.50	0.006	0.231	2.30
	น้ำทิ้ง	7.70	57.23	9 00	1.19	7.81	0.016	0.234	1.28
บ่อที่ 2	น้ำเข้า	6.97	475.72	20.13	1.51	18.62	0.004	0.494	3.83
	จุดที่ 2	7.10	65.36	9.70	1.23	8.47	0.011	0.231	2.98
	จุดที่ 3	7.08	34.44	3.96	0.88	3.08	0.012	0.253	1.67
	น้ำทิ้ง	7.63	30.77	1.68	1.02	0.67	0.034	0.294	1.22
บ่อที่ 3	น้ำเข้า	6.85	496.30	38.85	1.30	37.56	0.003	0.422	7.59
	จุดที่ 2	7.12	36.43	23.75	1.05	22.65	0.026	0.766	5.92
	จุดที่ 3	7.04	21.33	11 06	1.37	9.70	0.067	3.859	3.09
	น้ำทิ้ง	7.68	30.49	14.28	1.12	13.16	0.119	2.106	2.06

ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดธาตุอาหารที่ระยะทางต่างๆของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน

ระบบบึงประดิษฐ์	พารามิเตอร์ จุดเก็บตัวอย่าง	% Removal						
		COD	TKN	Org-N	NH_3-N	NO_2^--N	NO_3^--N	TP
บ่อที่ 1 (ชุดควบคุม)	น้ำเข้า	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	จุดที่ 2	85.01	39.03	36.88	39.21	25.00	51.21	24.21
	จุดที่ 3	83.55	43.05	37.08	43.56	6.25	54.52	41.44
	น้ำทิ้ง	87.91	55.22	27.14	58.06	19.44	53.17	65.80
บ่อที่ 2	น้ำเข้า	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	จุดที่ 2	86.17	51.56	16.67	53.40	0.00	71.49	13.89
	จุดที่ 3	92.73	80.26	39.17	83.37	21.67	63.04	57.06
	น้ำทิ้ง	93.50	91.52	39.00	96.38	12.50	52.84	67 50
บ่อที่ 3	น้ำเข้า	0.00	0.00	0.00	0 00	0.00	0.00	0.00
	จุดที่ 2	92.77	38.99	25.00	39.71	-	-	26.75
	จุดที่ 3	95.72	71.58	9.00	74.19	-	-	59.84
	น้ำทิ้ง	93.96	63.26	32.83	64.97	-	-	72.69

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ที่สะสมในตัวกลางทรายปนหินชนวนภายหลังการทดลอง พบว่า บึงประดิษฐ์บ่อที่ 1, 2 และ 3 มีปริมาณสารอินทรีย์สะสมอยู่ในตัวกลางดินปนทรายเฉลี่ย 4.27, 4.78 และ 4.53 มก./ก. ตามลำดับ โดยก่อนเริ่มทดลองมีปริมาณสารอินทรีย์สะสมอยู่ในตัวกลางทรายปนหินชนวน 3.86 มก./ก. ทำให้หลังการทดลองบึงประดิษฐ์บ่อที่ 1, 2 และ 3 มีปริมาณสารอินทรีย์เพิ่มมากขึ้น 0.19, 0.43 และ 0.31 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าการปลูกต้นธูปฤาษีทำให้มีการสะสมของสารอินทรีย์ในตัวกลางทรายปนหินชนวนมากขึ้น รายละเอียดแสดงในตารางที่ 4.11

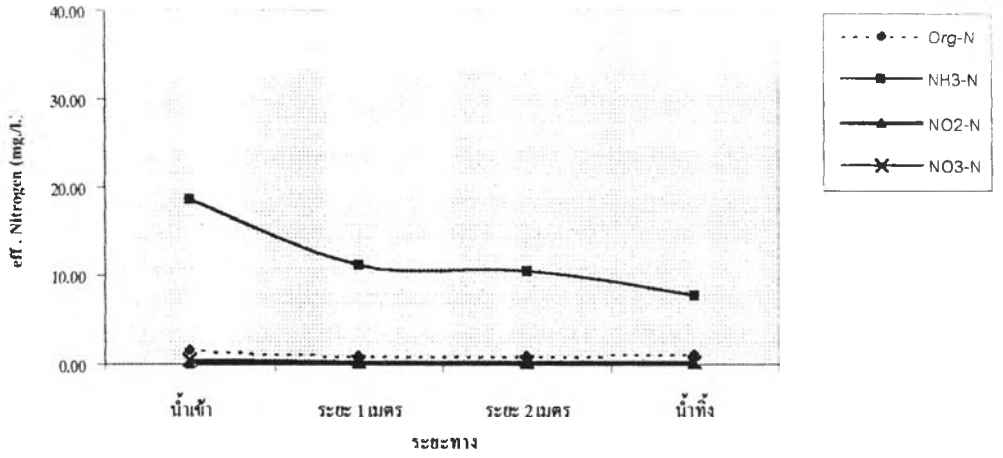
ตารางที่ 4.11 การสะสมของสารอินทรีย์ในตัวกลางทรายปนหินชนวนหลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณสารอินทรีย์ (มก./ก.)		
	บ่อที่ 1	บ่อที่ 2	บ่อที่ 3
บริเวณต้นบ่อ	4.54	4.04	5.30
บริเวณกลางบ่อ	4.56	5.04	4.23
บริเวณปลายบ่อ	3.71	5.25	4.05
เฉลี่ย	4.27	4.78	4.53

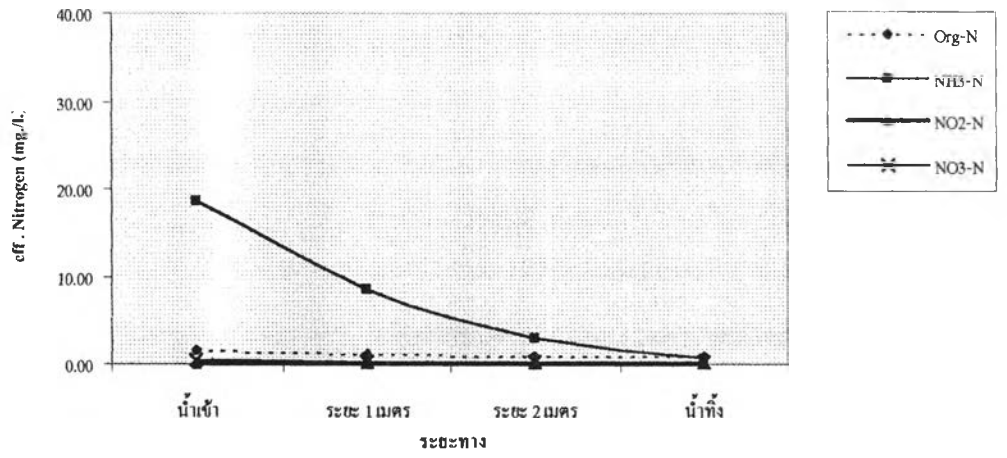
2) ไนโตรเจน

ปริมาณไนโตรเจนตามระยะทางแสดงในตารางที่ 4.12 และ ในกราฟรูปที่ 4.48 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจน ไนไตรท์ไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจน ของบึงประดิษฐ์บ่อที่ 1 และ 2 มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดระยะทาง ส่วนบ่อที่ 3 ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจน ไนไตรท์ไนโตรเจน มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดระยะทางเช่นเดียวกัน ส่วนปริมาณไนเตรทไนโตรเจนจะค่อนข้างคงที่จากจุดน้ำทิ้งจนถึงระยะ 1 เมตร หลังจากนั้นจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นจนถึงระยะ 2 เมตร แล้วจะลดลงอีกครั้งที่ระยะระหว่าง 2 เมตรจนถึงจุดน้ำทิ้ง

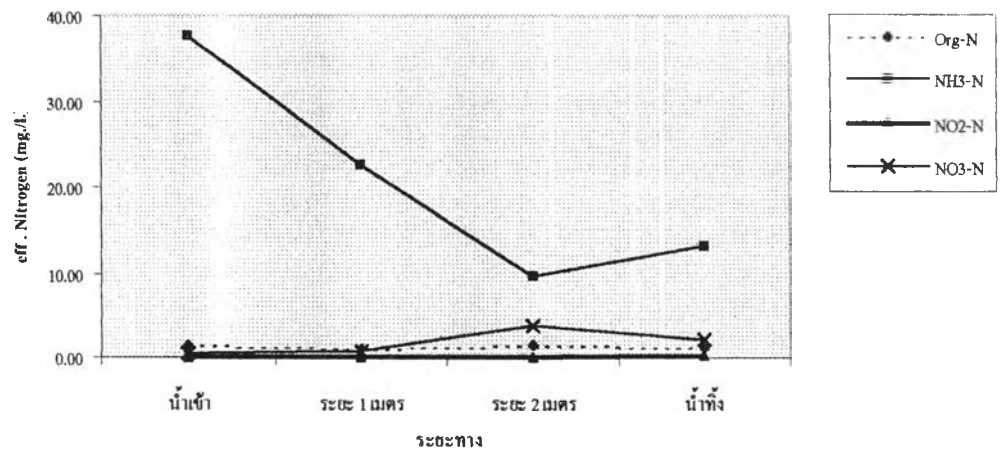
ส่วนปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนจะแตกต่างกันไปในแต่ละบ่อ โดยบ่อที่ 1 และบ่อที่ 2 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนจะลดลงตามระยะทางจากจุดน้ำเข้าจนถึงจุดน้ำทิ้ง แต่บ่อที่ 2 จะมีอัตราการลดลงมากกว่า ทำให้ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนที่จุดน้ำทิ้งของบ่อที่ 2 มีปริมาณต่ำกว่าบ่อที่ 1 พอสมควร ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่าต้นธูปฤาษีมีส่วนช่วยให้ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนของบึงประดิษฐ์มีค่าสูงขึ้น



ชุดควบคุม



บ่อที่ 2



บ่อที่ 3

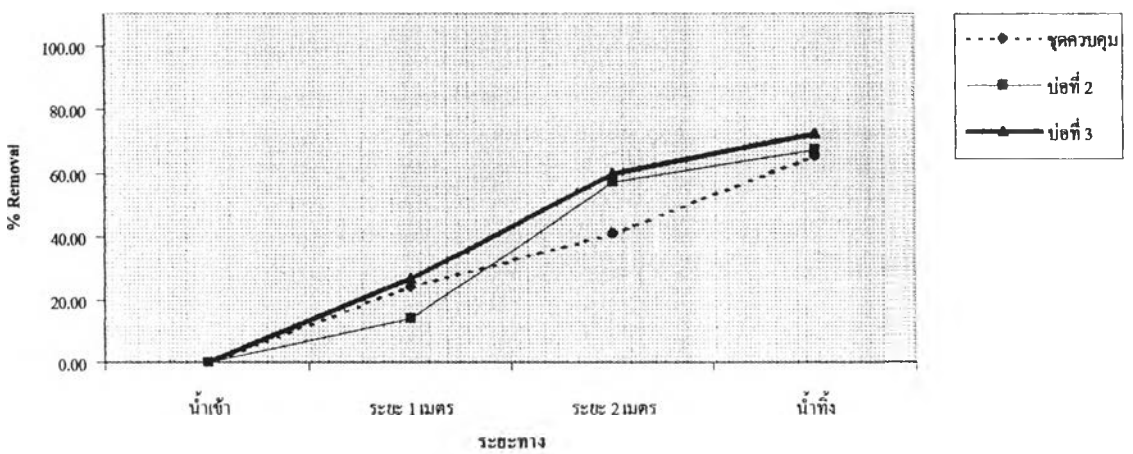
รูปที่ 4.48 ปริมาณไนโตรเจนรูปต่างๆที่ระยะต่างๆของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน

สำหรับบ่อที่ 3 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนจะลดลงอย่างรวดเร็วในระยะ 2 เมตรแรก แต่หลังจากนั้นจะค่อยๆเพิ่มขึ้นอีกครั้ง ทำให้ที่จุดน้ำทิ้งมีแอมโมเนียไนโตรเจนสูงกว่าที่ระยะ 2 เมตร ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าบึงประดิษฐ์บ่อที่ 3 ช่วงระยะ 1 เมตรถึง 2 เมตร เกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่น ส่วนในช่วงระยะ 2 เมตรถึง 3 เมตร จะเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชั่น ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวเกิดจากจุลชีพที่อาศัยอยู่ในตัวกลางทรายปนหินชนวน

3) ฟอสฟอรัส

ค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสตามระยะทางของบึงประดิษฐ์บ่อที่ 1 , 2 และ 3 แสดงในตารางที่ 4.9 ส่วนประสิทธิภาพการกำจัดแสดงรายละเอียดในตารางที่ ก 26 , ก 27 และ ก 28 ซึ่งสามารถนำมาเขียนกราฟประสิทธิภาพการกำจัดตามระยะทางได้ดังรูปที่ 4.49 โดยจะเห็นได้ว่า บึงประดิษฐ์ทั้ง 3 บ่อ ประสิทธิภาพการกำจัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะทาง

โดยในระยะ 1 เมตรแรกบึงประดิษฐ์บ่อที่ 1 และ 3 มีแนวโน้มของประสิทธิภาพการกำจัดที่สูงกว่า บ่อที่ 2 ส่วนในช่วงระยะระหว่าง 1 เมตรและ 2 เมตร ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสของบ่อที่ 2 จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว จนทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าใกล้เคียงกับบ่อที่ 3 และมีค่ามากกว่าบ่อที่ 1 และหลังจากระยะทาง 2 เมตรไปแล้วประสิทธิภาพการกำจัดของบึงประดิษฐ์ทั้ง 3 บ่อ จะค่อยๆเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย จนถึงจุดน้ำทิ้งประสิทธิภาพการกำจัดของบึงประดิษฐ์ทั้ง 3 บ่อมีค่าใกล้เคียงกันโดยบ่อที่ 3 มีค่าสูงสุด รองลงมาคือบ่อที่ 2 และ 1 ตามลำดับ จึงกล่าวได้ว่าการปลูกต้นธูปฤาษี มีส่วนช่วยในการกำจัดฟอสฟอรัสน้อยมากหรือแทบจะไม่มีส่วนช่วยเลย



รูปที่ 4.49 ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสตามระยะทางของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน

4.3.4 การทำสมดุลมวลไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

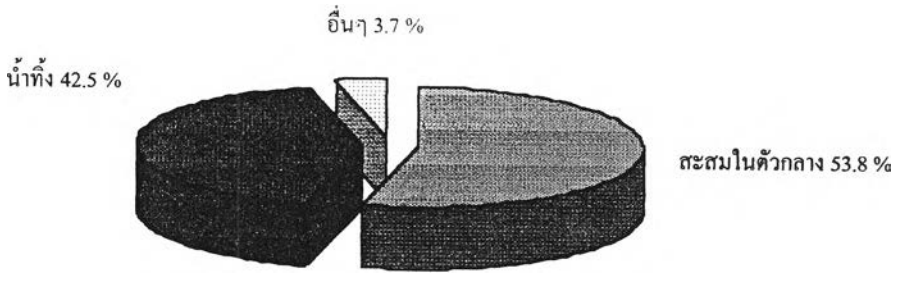
1) ไนโตรเจน

และภายหลังจากเสร็จสิ้นการทดลองแล้ว ได้ตรวจสอบและคำนวณปริมาณไนโตรเจนในน้ำเข้าและน้ำออกทั้งหมด รวมทั้งส่วนที่สะสมในตัวกลางและในพืชได้ผลดังตารางที่ 4.12 และแสดงได้ดังรูปที่ 4.50 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการกำจัดไนโตรเจนส่วนใหญ่ของบึงประดิษฐ์ เกิดจากการสะสมในตัวกลางทรายปนหินชนวน โดยปริมาณการสะสมในบ่อที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละ 53.8, 53.8 และ 27.3 ตามลำดับ (รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข) และสำหรับบึงประดิษฐ์บ่อที่ 3 ที่มีการสะสมของไนโตรเจนในตัวกลางน้อย ทำให้ไนโตรเจนส่วนใหญ่ออกมากับน้ำทิ้ง ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าต่ำด้วย

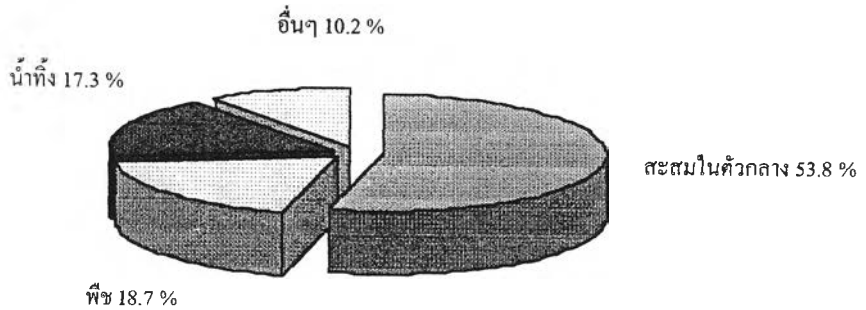
และจะเห็นได้ว่า บ่อที่ 2 และ 3 ที่มีการปลูกต้นธูปฤาษีจะทำให้ไนโตรเจนส่วนหนึ่งสะสมอยู่ในต้นธูปฤาษี ซึ่งช่วยทำให้ปริมาณไนโตรเจนในน้ำทิ้งมีค่าลดลง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการปลูกต้นธูปฤาษีในบึงประดิษฐ์ที่ใช้ตัวกลางทรายปนหินชนวนมีส่วนช่วยทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนมีค่ามากขึ้น

ตารางที่ 4.12 ปริมาณไนโตรเจนในส่วนต่างๆของระบบบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน

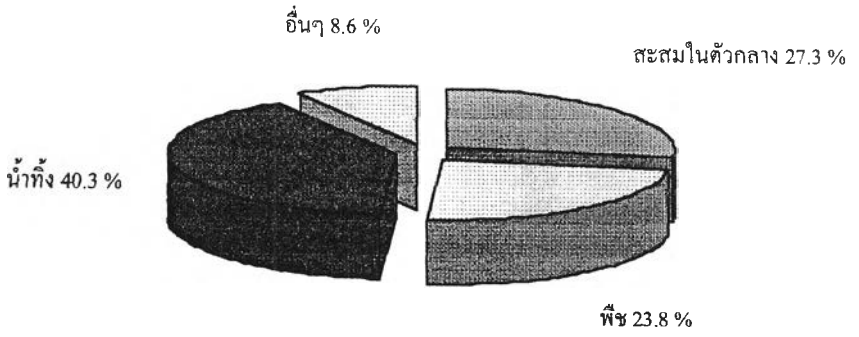
ไนโตรเจนในส่วนต่างๆ	ชุดควบคุม		บ่อที่ 2		บ่อที่ 3	
	ปริมาณ (กรัม)	ร้อยละ	ปริมาณ (กรัม)	ร้อยละ	ปริมาณ (กรัม)	ร้อยละ
น้ำเข้า	60.21	100	60.21	100	115.13	100
น้ำทิ้ง	25.57	42.5	10.44	17.3	46.38	40.3
สะสมในตัวกลาง	32.40	53.8	32.40	53.8	31.40	27.3
สะสมในพืช	-	-	11.25	18.7	22.18	19.3
อื่นๆ	2.24	3.7	6.12	10.2	15.17	13.1



ชุดควบคุม



บ่อที่ 2



บ่อที่ 3

รูปที่ 4.50 ปริมาณไนโตรเจนในส่วนต่างๆของระบบบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน

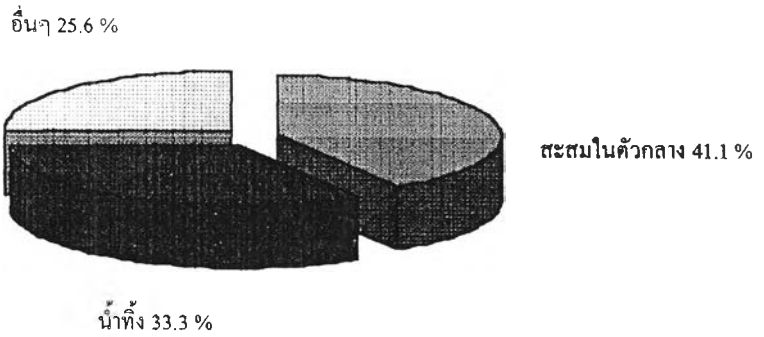
2) ฟอสฟอรัส

ภายหลังจากเสร็จสิ้นการทดลองแล้วได้ตรวจสอบและคำนวณปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเข้าและน้ำออกทั้งหมด รวมทั้งส่วนที่สะสมในตัวกลางและในพืชได้ผลดังตารางที่ 4.13 โดยการกำจัดฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ของบึงประดิษฐ์จะเกิดจากการสะสมในตัวกลาง โดยปริมาณการสะสมในบ่อที่ 1 , 2 และ 3 เป็นร้อยละ 41.1 , 41.1 และ 42.1 ตามลำดับ และแสดงได้ดังรูปที่ 4.51 โดยรายละเอียดการคำนวณแสดงอยู่ในส่วนภาคผนวก ข

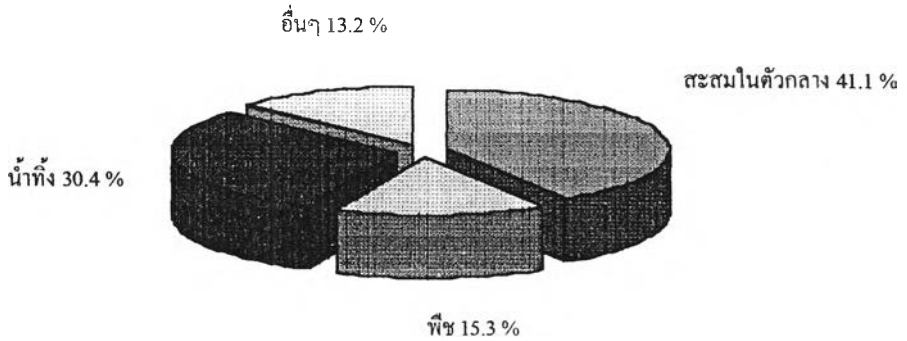
ตารางที่ 4.13 ปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนต่างๆของระบบบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน

ฟอสฟอรัสในส่วนต่างๆ	ชุดควบคุม		บ่อที่ 2		บ่อที่ 3	
	ปริมาณ (กรัม)	ร้อยละ	ปริมาณ (กรัม)	ร้อยละ	ปริมาณ (กรัม)	ร้อยละ
น้ำเข้า	11.28	100	11.28	100	21.99	100
น้ำทิ้ง	3.76	33.3	3.43	30.4	5.03	22.9
สะสมในตัวกลาง	4.63	41.1	4.63	41.1	9.26	42.1
สะสมในพืช	-	-	1.73	15.3	3.84	17.5
อื่นๆ	2.89	25.6	1.49	13.2	3.86	17.5

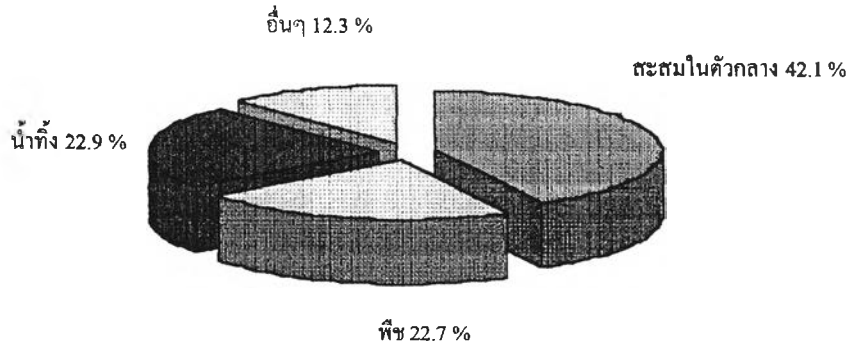
โดยจะเห็นได้ว่าการกำจัดฟอสฟอรัสของบึงประดิษฐ์บ่อที่ 2 และ 3 ที่มีการปลูกต้นธูปฤาษีซึ่งจะช่วยในการกำจัดฟอสฟอรัสได้ส่วนหนึ่งด้วย โดยจะมีฟอสฟอรัสสะสมอยู่ในต้นธูปฤาษีของบ่อที่ 2 และ 3 คิดเป็นร้อยละ 15.3 และ 22.7 ตามลำดับ จึงทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งมีค่าลดลงด้วย ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การปลูกต้นธูปฤาษีในบึงประดิษฐ์ที่ใช้ตัวกลางดินปนทรายมีส่วนช่วยทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสมีค่ามากขึ้น



ชุดควบคุม



บ่อที่ 2



บ่อที่ 3

รูปที่ 4.51 ปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนต่างๆของระบบบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน

4.4 เปรียบเทียบระหว่างบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายและบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน

ตารางสรุปการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งและค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดระหว่างบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายและบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน แสดงได้ดังตารางที่ 4.14 และ 4.15

ตารางที่ 4.14 ค่าเฉลี่ยลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งระหว่างบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายและบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน

พารามิเตอร์	ตัวกลางดินปนทราย			ตัวกลางทรายปนหินชนวน		
	บ่อที่ 1	บ่อที่ 2	บ่อที่ 3	บ่อที่ 1	บ่อที่ 2	บ่อที่ 3
pH	7.87	7.77	7.86	7.79	7.59	7.68
SS	16.42	15.43	10.86	5.47	4.87	4.17
COD	26.74	25.61	23.03	59.29	36.02	34.32
BOD	2.41	1.90	0.98	26.29	16.17	4.36
TKN	6.78	1.39	1.96	8.84	3.55	14.86
Org - N	1.39	0.92	1.19	1.33	1.14	1.28
NH_3-N	5.39	0.47	0.77	7.51	2.41	13.59
NO_2^--N	0.009	0.005	0.008	0.013	0.028	0.115
NO_3^--N	0.155	0.200	0.209	0.253	0.259	2.614
TP	3.72	2.69	3.90	1.34	1.26	1.91

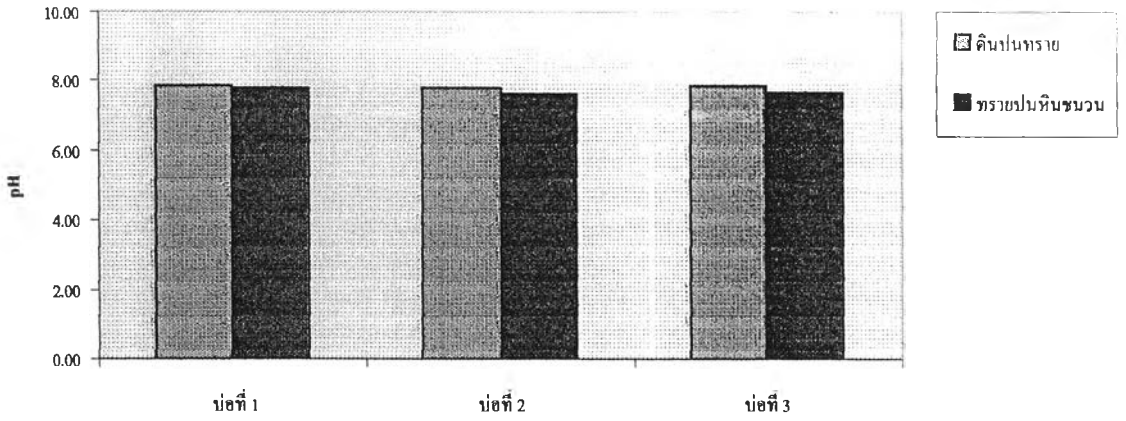
หมายเหตุ ลักษณะสมบัติทุกค่ามีหน่วยเป็น มก./ล. ยกเว้น ค่าพีเอช ไม่มีหน่วย

ตารางที่ 4.15 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดระหว่างบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย และบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน

พารามิเตอร์	ตัวกลางดินปนทราย			ตัวกลางทรายปนหินชนวน		
	บ่อที่ 1	บ่อที่ 2	บ่อที่ 3	บ่อที่ 1	บ่อที่ 2	บ่อที่ 3
COD	94.23	94.18	93.73	87.72	91.84	92.83
BOD	99.19	99.30	99.64	87.53	92.38	98.05
TKN	71.07	93.22	94.59	56.10	83.54	58.16
Org – N	29.17	47.95	40.31	18.90	25.19	22.87
NH_3-N	75.85	97.27	97.58	59.52	88.23	61.63
TP	39.73	53.18	58.26	65.50	68.73	74.67

4.4.1 พีเอช

ค่าพีเอชของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายบ่อที่ 1 , 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.87 , 7.77 และ 7.86 ตามลำดับ ส่วนค่าพีเอชของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน บ่อที่ 1 , 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.79, 7.59 และ 7.68 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าพีเอชเฉลี่ยของน้ำทิ้งในแต่ละบ่อระหว่างบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายและบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวนจะเห็นได้ว่า ค่าพีเอชมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย แสดงได้ดังรูปที่ 4.22 โดยบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวนน้ำทิ้งจะมีค่าพีเอชมากกว่า อย่างไรก็ตามค่าพีเอชของน้ำทิ้งจากบึงประดิษฐ์ทุกบ่อจากทั้งสองตัวกลาง ก็มียังมีค่าอยู่ในช่วงที่เป็นกลาง คือมีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วงที่เหมาะสมไม่เป็นกรดหรือด่างมากเกินไป ซึ่งต้นธูปฤาษีสามารถเจริญได้ดี และเป็นค่าพีเอชที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน (ตารางที่ ง 1 ในภาคผนวก ง)

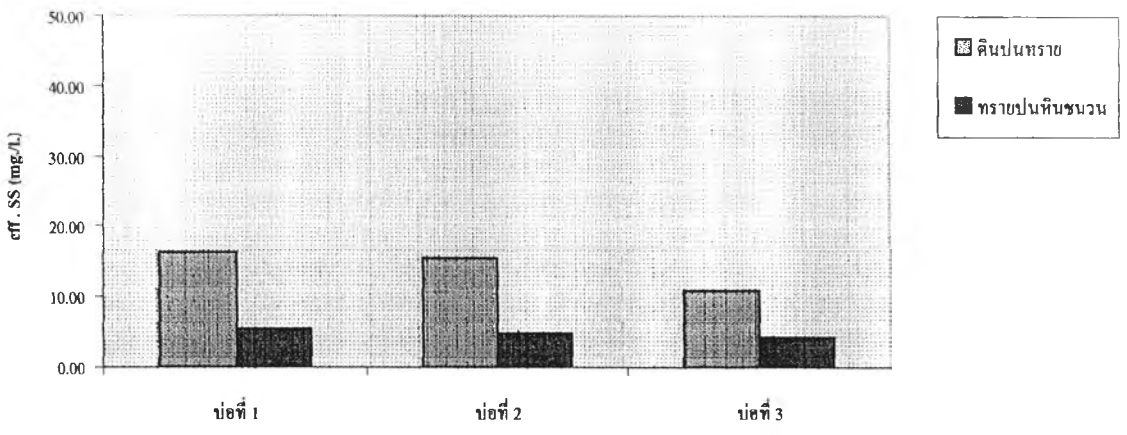


รูปที่ 4.52 ค่าพีเอชเฉลี่ยของน้ำทิ้งระหว่างบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายและบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน

4.4.2 ของแข็งแขวนลอย

ปริมาณของแข็งแขวนลอยของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย บ่อที่ 1 , 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.42, 15.43 และ 10.86 มก./ล. ตามลำดับ ส่วนบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน บ่อที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.47, 4.87 และ 4.17 มก./ล. ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14)

ซึ่งจากค่าดังกล่าวถ้าเปรียบเทียบกันระหว่างตัวกลาง จะเห็นได้ว่าน้ำทิ้งของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน แสดงได้ดังรูปที่ 4.23 มีค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยน้อยกว่าบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายมาก รวมทั้งปริมาณของแข็งแขวนลอยตามระยะเวลาก็มีลักษณะเช่นเดียวกันด้วย สาเหตุเนื่องมาจากตัวกลางดินปนทรายมีขนาดเล็กกว่าตัวกลางทรายปนหินชนวนค่อนข้างมาก รวมทั้งดินสามารถสามารถที่จะหลุดแยกออกจากกันเป็นขนาดเล็กได้ง่าย ดังนั้นเศษดินขนาดเล็กๆจึงมีโอกาสที่จะหลุดแล้วปนเปื้อนออกมากับน้ำทิ้งได้มากกว่าหินชนวนที่มีขนาดใหญ่และแข็ง ส่วนทรายที่ใช้ก็มีลักษณะคล้ายหินชนวน คือ แข็งและมีขนาดค่อนข้างใหญ่ จึงไม่หลุดปนเปื้อนออกมาได้ง่ายนัก ทรายจึงไม่ค่อยที่จะส่งผลต่อปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งจากบึงประดิษฐ์

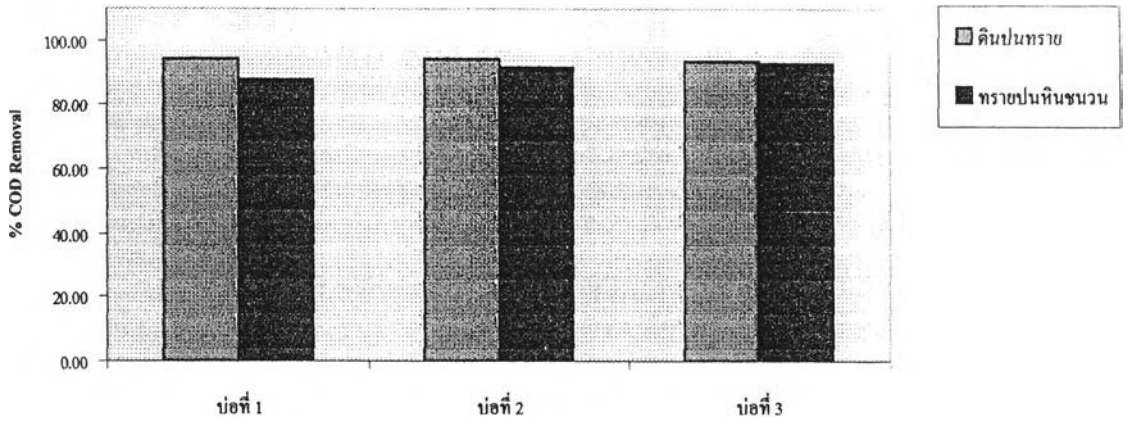


รูปที่ 4.53 ปริมาณของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยระหว่างบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินดินปนทราย และบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน

4.4.3 ซีโอดี

ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายบ่อที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 94.23, 94.18 และ 93.73 ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวนบ่อที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 87.72, 91.84 และ 92.83 ตามลำดับ แสดงได้ดังรูปที่ 4.24

ซึ่งจากค่าดังกล่าวจะเห็นได้ว่าบึงประดิษฐ์ที่ใช้ตัวกลางทรายปนหินชนวน มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีได้มากกว่าบึงประดิษฐ์ที่ใช้ตัวกลางดินปนทรายทั้ง 3 บ่อ ซึ่งถ้าพิจารณาจากค่าประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยของทุกๆบ่อไม่ว่าจะใช้ตัวกลางใด จะเห็นได้ว่าค่าประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยของทุกบ่อถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี คือส่วนใหญ่มีค่ามากกว่าร้อยละ 90 ดังนั้นตัวกลางทั้ง 2 ชนิด สามารถนำมาใช้ในบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในการกำจัดซีโอดีได้ดี เพียงแต่ระบบที่ใช้ตัวกลางทรายปนหินชนวน จะต้องใช้เวลาในการเดินระบบประมาณ 2 เดือนก่อน น้ำทิ้งจากบึงประดิษฐ์จึงจะมีประสิทธิภาพการกำจัดสูงและคงที่ แต่ถ้าใช้ตัวกลางดินปนทรายเพียงแค่เริ่มเดินระบบ ประสิทธิภาพการกำจัดก็สูงแล้วแต่ค่าประสิทธิภาพการกำจัดจะไม่คงที่เท่าใดนัก แสดงได้ดังรูปที่ 4.3 และ 4.13



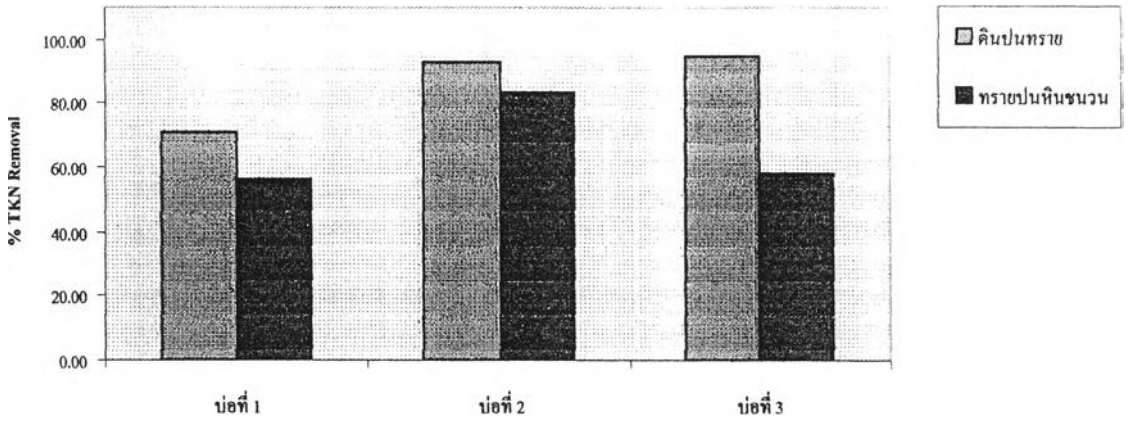
รูปที่ 4.54 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยระหว่างบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย และบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน

4.4.4 ไนโตรเจน

1) ทีเคเอ็นและแอมโมเนียไนโตรเจน

ประสิทธิภาพในการกำจัดทีเคเอ็นของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายบ่อที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 71.07, 93.22 และ 94.59 ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัดทีเคเอ็นของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวนบ่อที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 56.10 , 83.54 และ 58.16 ตามลำดับ

ประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายบ่อที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 75.85, 97.27 และ 97.58 ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวนบ่อที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 59.52, 88.23 และ 61.63 ตามลำดับ



รูปที่ 4.55 ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย และบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน

ซึ่งจากค่าดังกล่าวถ้าเปรียบเทียบในแต่ละบ่อระหว่างตัวกลาง จะเห็นได้ว่าบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายมีประสิทธิภาพในการกำจัดทีเคเอ็นและแอมโมเนียไนโตรเจนสูงกว่า (รูปที่ 4.25) ดังนั้น บึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายที่ปลูกต้นธูปฤาษีจึงมีความเหมาะสมมากกว่าสำหรับน้ำเสียชุมชนที่ต้องการกำจัดธาตุอาหารไนโตรเจน เนื่องจากต้นธูปฤาษีสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดได้ค่อนข้างมาก

แต่สำหรับค่าประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นและแอมโมเนียไนโตรเจนของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวนบ่อที่ 3 ที่มีค่าค่อนข้างต่ำทั้งที่จริงแล้วควรจะมีค่าใกล้เคียงกับบ่อที่ 2 นั้น อาจเนื่องมาจากจุลชีพที่อาศัยอยู่ในตัวกลางทรายปนหินชนวนในช่วงระยะทางระหว่าง 2 และ 3 เมตร จากจุดน้ำเข้า เกิดตายลงเนื่องจากปริมาณสารอินทรีย์ที่เป็นอาหารของจุลชีพที่อาศัยอยู่ในตัวกลางเหลืออยู่ในน้ำมีน้อยมาก โดยดูได้จากปริมาณซีโอดีที่เหลืออยู่น้อยมากในน้ำทิ้ง โดยเฉพาะในช่วงระยะเดือนที่ 5 ของการทดลอง แสดงในตารางที่ ก 25 ซึ่งทำให้จุลชีพที่อาศัยอยู่ในตัวกลางขาดอาหาร ประกอบกับจากการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ในตัวกลางทรายปนหินชนวน ซึ่งพบว่าในช่วงระยะทางดังกล่าว ก็มีค่าปริมาณสารอินทรีย์ลดลงเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 4.11) และเมื่อมีการตายของจุลชีพก็จะเกิดการย่อยสลายและมีแอมโมเนียไนโตรเจนเกิดขึ้นปนออกมากับน้ำทิ้ง

รวมทั้งบึงประดิษฐ์บ่อที่ 3 มีการปลูกต้นธูปฤาษี ซึ่งก็จะมีบางส่วนของต้นธูปฤาษีหลุดร่วงลงสู่ตัวกลาง ซึ่งก็จะเกิดการย่อยสลายเช่นเดียวกับการย่อยพวกจุลชีพที่ตายลง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้น้ำทิ้งมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนสูงขึ้นอีกครั้งหนึ่ง หลังจากที่ได้ลดลงไปจนเกือบหมดที่ระยะทางประมาณ 2 เมตรจากจุดน้ำเข้า แสดงได้ดังรูปที่ 4.19 ซึ่งเมื่อค่าแอมโมเนียไนโตรเจนเพิ่มขึ้นค่าทีเคเอ็นก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นสำหรับบึงประดิษฐ์ที่ตัวกลางทรายปนหินชนวน ถ้าต้องการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำเสียที่มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ย 40 มก./ล. ให้ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำทิ้งเหลือน้อยที่สุดก็ควรให้บึงประดิษฐ์มีความยาวเพียง 2 เมตรก็พอแล้ว เพราะที่ระยะทาง 2 เมตร หรือคิดเป็นระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียเท่ากัน 3.5 วัน ประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนจะมีค่าสูงที่สุด

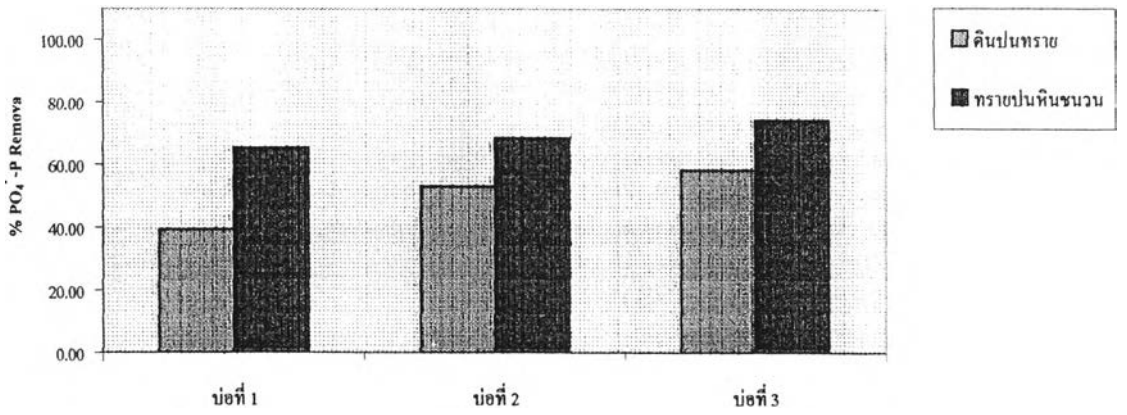
2) อินทรีย์ไนโตรเจน

ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำทิ้งของบึงประดิษฐ์ทั้งที่มีตัวกลางดินปนทรายและบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวนตลอดระยะเวลาการทดลอง ส่วนใหญ่มีค่าค่อนข้างคงที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก แต่ในน้ำทิ้งจากบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายจะมีปริมาณน้อยกว่า ดังนั้นบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายจะสามารถกำจัดอินทรีย์ไนโตรเจนได้ดีกว่าบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน

4.4.5 ฟอสฟอรัส

ประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายบ่อที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 39.73, 53.18 และ 58.26 ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวนบ่อที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 65.50, 68.73 และ 74.67 ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.26

ซึ่งจากค่าดังกล่าวจะเห็นได้ว่าบึงประดิษฐ์ที่ใช้ตัวกลางทรายปนหินชนวน มีประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสได้มากกว่าบึงประดิษฐ์ที่ใช้ตัวกลางดินปนทราย โดยถ้าเปรียบเทียบกันในแต่ละบ่อบึงประดิษฐ์ที่ใช้ตัวกลางทรายปนหินชนวนจะมีค่าประสิทธิภาพการกำจัดมากกว่าคิดเป็นร้อยละ 39.3, 29.2 และ 22.0 สำหรับ บ่อที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ จากค่าดังกล่าวก็สรุปได้ว่าตัวกลางทรายปนหินชนวนสามารถนำมาใช้เป็นตัวกลางของบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในการกำจัดฟอสฟอรัสได้สูงกว่า



รูปที่ 4.56 ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสระหว่างบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายและบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน

4.4.6 การสะสมสารอินทรีย์ , ธาตุอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในตัวกลาง

การสะสมสารอินทรีย์, ธาตุอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในตัวกลาง เป็นปริมาณการสะสม สามารถสรุปได้ในตารางที่ 4.16 ส่วนถ้าเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้น แสดงในตารางที่ 4.17 เมื่อพิจารณาจากการสะสมในตัวกลางโดยดูจากค่าเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้น ถ้าตัวกลางใดที่มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของพารามิเตอร์ที่เราสนใจต่ำ ก็จะมีความเหมาะสมในการกำจัดพารามิเตอร์นั้นมากกว่า เพราะจะเป็นการกำจัดออกไปเลย โดยจะไม่สะสมไว้ในตัวกลาง ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณการสะสมของสารอินทรีย์ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในแต่ละตัวกลางจะแตกต่างกันออกไป

โดยถ้าเป็นปริมาณสารอินทรีย์และฟอสฟอรัส บึงประดิษฐ์ที่ใช้ตัวกลางทรายปนหินชนวนจะมีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นน้อยกว่าตัวกลางดินปนทราย ดังนั้นถ้าต้องการกำจัดซีโอดีและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียชุมชนจึงควรใช้ตัวกลางทรายปนหินชนวนมากกว่า ส่วนไนโตรเจนบึงประดิษฐ์ที่ใช้ตัวกลางดินปนทรายจะมีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นน้อยกว่า ดังนั้นถ้าต้องการกำจัดไนโตรเจนจากน้ำเสียชุมชนจึงควรใช้ตัวกลางดินปนทรายมากกว่า

ซึ่งจากการทดลองนี้จะคำนึงถึงทั้งค่าซีโอดี ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากการสะสมในตัวกลางโดยดูจากค่าเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้น ถ้าดูในภาพรวมบึงประดิษฐ์ที่ใช้ตัวกลางทรายปนหินชนวนน่าจะมีความเหมาะสมมากว่า

ตารางที่ 4.16 การสะสมสารอินทรีย์, ธาตุอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในตัวกลาง

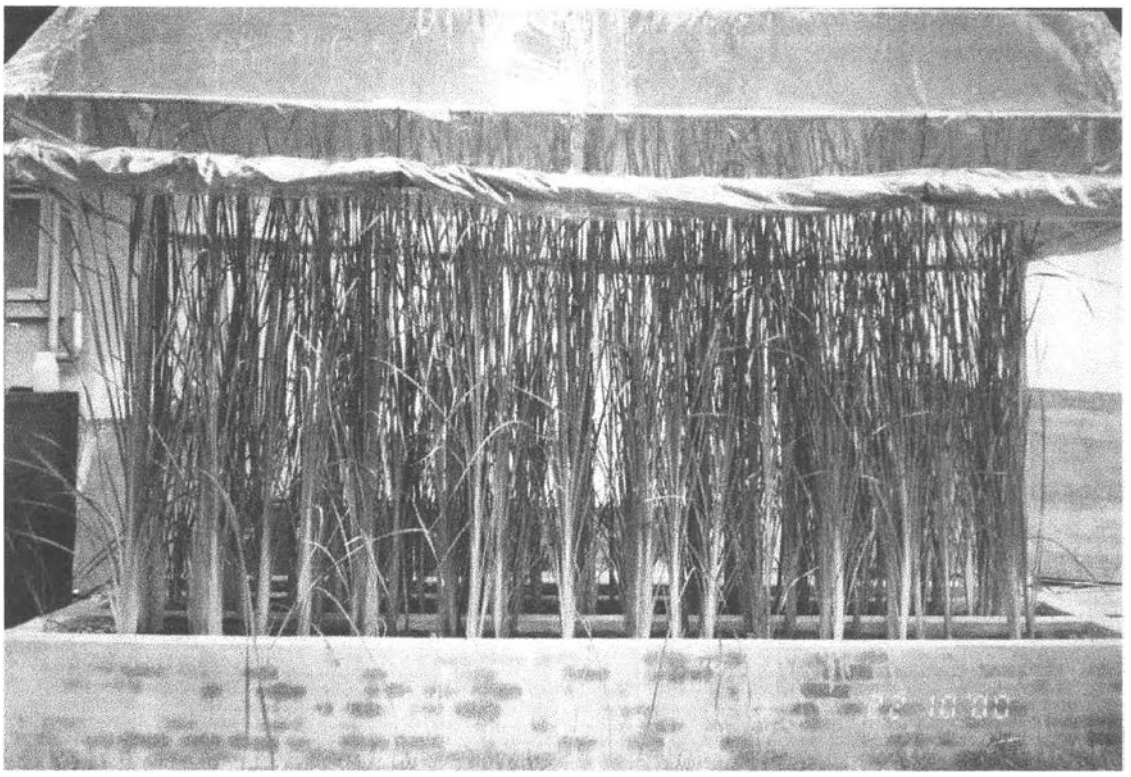
สิ่งที่สะสม	ปริมาณที่สะสม (ก./กก.)					
	บ่อที่ 1		บ่อที่ 2		บ่อที่ 3	
	ดินปนทราย	ทรายปนหินชนวน	ดินปนทราย	ทรายปนหินชนวน	ดินปนทราย	ทรายปนหินชนวน
สารอินทรีย์	26.10	4.27	28.76	4.78	30.36	4.53
ไนโตรเจน	0.54	0.24	0.55	0.24	0.42	0.24
ฟอสฟอรัส	0.51	0.64	0.51	0.64	0.52	0.65

ตารางที่ 4.17 ปริมาณการสะสมสารอินทรีย์, ธาตุอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในตัวกลาง

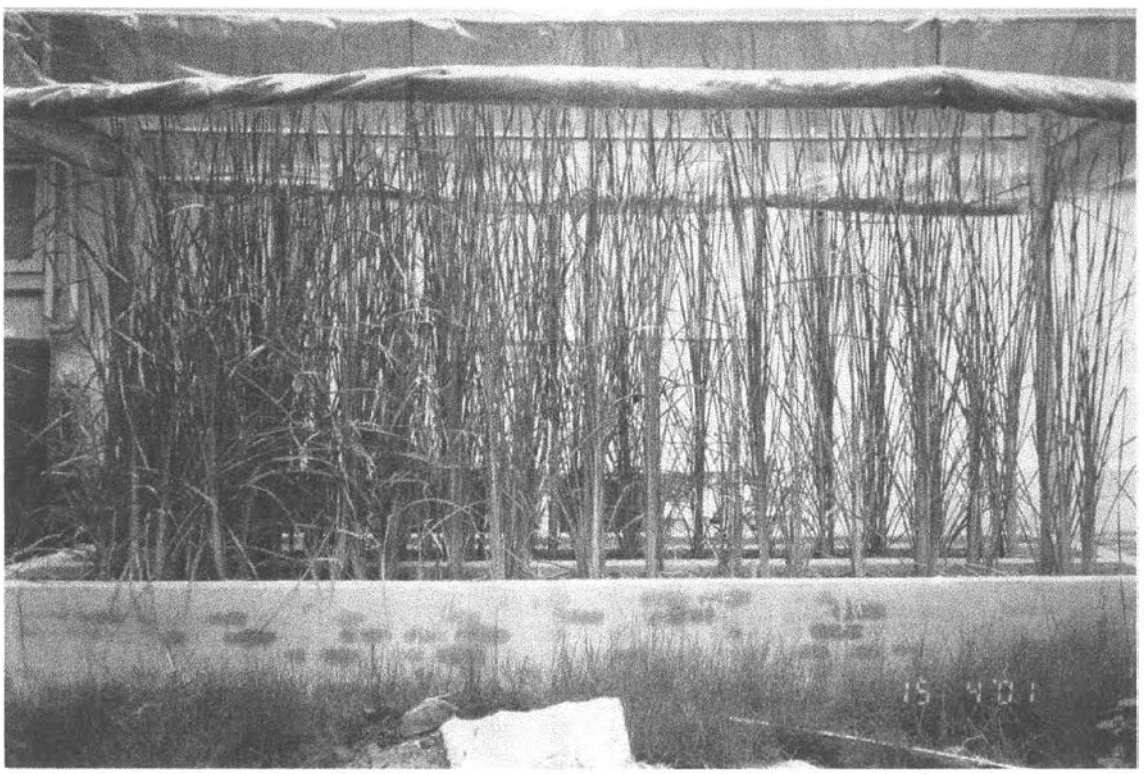
สิ่งที่สะสม	% การเพิ่มขึ้น					
	บ่อที่ 1		บ่อที่ 2		บ่อที่ 3	
	ดินปนทราย	ทรายปนหินชนวน	ดินปนทราย	ทรายปนหินชนวน	ดินปนทราย	ทรายปนหินชนวน
สารอินทรีย์	11.92	10.62	23.31	23.84	30.19	17.36
ไนโตรเจน	28.50	41.17	30.95	41.17	61.92	39.90
ฟอสฟอรัส	4.08	1.59	4.08	1.59	6.12	3.18

4.4.7 การเจริญเติบโตของต้นธูปฤาษี

การเจริญเติบโตของต้นธูปฤาษีในตัวกลางดินปนทรายและทรายปนหินชนวน แสดงได้ดังตารางที่ 4.18 (โดยรายละเอียดความสูงและน้ำหนักของต้นธูปฤาษีในบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายแสดงในตารางที่ ข 5 และ ข 6 ส่วนของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน แสดงในตารางที่ ข 11 และ ข 12 ตามลำดับ) ซึ่งจากค่าดังกล่าวจะเห็นได้ว่าต้นไม้ของบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายมีแนวโน้มของการเจริญเติบโตมากกว่าตัวกลางทรายปนหินชนวน ซึ่งสามารถเห็นได้ดังรูปที่ 4.57 และ รูปที่ 4.58 ส่วนปริมาณการสะสมไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในต้นธูปฤาษีแสดงในตารางที่ 4.19



รูปที่ 4.57 ลักษณะของต้นธูปฤาษีในบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายหลังจากทดลองแล้ว 4 เดือน



รูปที่ 4.58 ลักษณะของต้นธูปฤาษีในบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน
หลังจากทดลองแล้ว 4 เดือน

แต่ถ้าเปรียบเทียบระหว่างบ่อที่ 2 และ 3 ของแต่ละตัวกลาง จะเห็นได้ว่าความสูงโดยเฉลี่ยใกล้เคียงกัน แต่น้ำหนักในช่วง 4 เดือนแรก สำหรับบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายต้นธูปฤาษีในบ่อที่ 2 มีแนวโน้มของน้ำหนักมากกว่า ส่วนในเดือนที่ 5 ซึ่งเป็นช่วงหลังจากตัดยอดต้นธูปฤาษีออกแล้ว ปรากฏว่าบึงประดิษฐ์บ่อที่ 3 ต้นธูปฤาษีกลับมีน้ำหนักสูงกว่า ซึ่งอาจเป็นเพราะบ่อที่ 3 มีธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณที่มากกว่า จึงทำให้ต้นไม้งอกได้เร็วกว่าในช่วงหลังจากที่ตัดยอด ซึ่งในบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวนก็มีลักษณะเดียวกัน คือหลังจากตัดยอดต้นธูปฤาษีไปแล้ว 1 เดือน ต้นธูปฤาษีในบึงประดิษฐ์บ่อที่ 3 จะมีน้ำหนักมากกว่าในบึงประดิษฐ์ บ่อที่ 2 หลังจากตัดยอดแล้ว

ส่วนปริมาณการสะสมไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในต้นธูปฤาษีมีปริมาณใกล้เคียงกันทั้งในตัวกลางดินปนทรายและทรายปนหินชนวน แต่ถ้าเปรียบเทียบระหว่างบ่อที่ 2 และ 3 ของแต่ละตัวกลาง จะเห็นได้ว่าบ่อที่ 3 มีปริมาณการสะสมทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมากกว่า บ่อที่ 2 ทั้งตัวกลางดินปนทรายและตัวกลางทรายปนหินชนวน

ตารางที่ 4.18 การเจริญเติบโตของต้นธูปฤาษีระหว่างบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายและบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวนตลอดระยะเวลาการทดลอง

การเจริญเติบโต	ดินปนทราย		ทรายปนหินชนวน	
	บ่อที่ 2	บ่อที่ 3	บ่อที่ 2	บ่อที่ 3
น้ำหนัก (กรัม)				
เริ่มปลูก	0.97	0.97	0.34	0.34
ระยะ 3 เดือน	12.25	8.45	8.09	7.10
ระยะ 4 เดือน	31.82	23.24	11.35	17.00
ระยะ 5 เดือน	25.04	27.34	21.25	28.17
ความสูง (ซม.)				
เริ่มปลูก	50.5	50.5	45.5	45.5
ระยะ 3 เดือน	205.0	198.0	176.5	154.5
ระยะ 4 เดือน	226.5	217.0	199.5	211.5
ระยะ 5 เดือน	208.5	236.5	234.5	247.0

ตารางที่ 4.19 ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สะสมในต้นธูปฤาษีระหว่างบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทรายและบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน

การสะสม (มก./ก.)	ดินปนทราย		ทรายปนหินชนวน	
	บ่อที่ 2	บ่อที่ 3	บ่อที่ 2	บ่อที่ 3
ไนโตรเจน				
เริ่มปลูก	10.75	10.75	10.75	10.75
ระยะ 3 เดือน	17.23	17.56	15.06	20.19
ระยะ 4 เดือน	11.63	15.79	12.20	20.00
ระยะ 5 เดือน	9.76	12.94	14.97	17.53
ฟอสฟอรัส				
เริ่มปลูก	3.89	3.89	3.89	3.89
ระยะ 3 เดือน	2.86	2.95	2.21	4.50
ระยะ 4 เดือน	2.60	3.23	2.66	3.24
ระยะ 5 เดือน	2.80	3.70	2.57	3.83

4.5 เปรียบเทียบผลการทดลองกับงานวิจัยอื่นในประเทศ

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดของระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินที่ทดลองกับรายงานวิจัยอื่นๆ สามารถสรุปได้ดังนี้

1) ไพบูลย์ ประพฤติธรรม และ สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์ (2542)

ได้ศึกษาส่วนผสมดินและการให้น้ำโดยใช้น้ำเสียบริเวณคลองสามเสนที่อยู่ติดกับบึงมักกะสันเป็นตัวแทนน้ำเสียชุมชน พืชที่ใช้คือต้นธูปฤาษีและกกกลม จากผลการทดลองสรุปได้ว่าการใช้สัดส่วนดินผสมทรายในอัตรา 50:50 จะให้อัตราการเติบโตสูงสุด และสำหรับดินผสมทรายอัตรา 75:25 จะให้มวลชีวภาพสูงสุด ที่ระดับน้ำท่วมขัง 15 เซนติเมตร และระยะเวลาการขังน้ำ 5 วัน สลับแห้ง 3 วัน มีความเหมาะสมที่จะใช้เพื่อการบำบัดบีโอดีมากที่สุด โดยประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 93.4

ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีสำหรับบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางดินปนทราย มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 99.3 และ 99.6 ตามลำดับ ส่วนบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลางทรายปนหินชนวน บ่อที่ 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 92.4 และ 98.05 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีของบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินที่ใช้ในการทดลองมีค่าสูงกว่าซึ่งแสดงให้เห็นว่า บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินมีประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีได้สูงกว่าบึงประดิษฐ์แบบน้ำขังสลับแห้ง

2) สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์ และ สมศักดิ์ เจริญวัย (2542 ก)

ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยพืชน้ำและพืชตระกูลหญ้า เปรียบเทียบใน 2 ลักษณะการให้น้ำ คือ การให้น้ำแบบท่วมขัง 5 วัน ระบายออก 2 วัน ลักษณะที่ 2 เป็นการปล่อยน้ำเสียแบบต่อเนื่องทุกวัน วันละประมาณ 7 ชั่วโมง ตัวกลางที่ใช้ คือ ดินผสมทรายหยาบในอัตราส่วน 75:25 ทำการเก็บผลการทดลองทั้งหมด 7 สัปดาห์ ผลการทดลองประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีเมื่อพิจารณาน้ำใต้ดิน พบว่าต้นธูปฤาษีมีประสิทธิภาพการกำจัดอยู่ในช่วงร้อยละ – 400 ถึง 91.4

ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีของบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินที่มีตัวกลางดินปนทรายที่ใช้ในการทดลองมีค่าประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีสูงกว่า ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าการใช้บึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษีและใช้ตัวกลางดินปนทรายในอัตราส่วน 50:50 จะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีของบึงประดิษฐ์มีค่าสูงกว่าการใช้ตัวกลางดินปนทรายในอัตราส่วน 75:25

3) สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์ และ สมศักดิ์ เจริญวัย (2542 ข)

ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยกกกลมกับธูปฤาษี โดยระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำอิสระเหนือผิวดิน แปลงที่ใช้ทดลองมีขนาด 5x25 และ 5x100 เมตร ตัวกลางที่ใช้คือดินผสมทรายหยาบอัตราส่วน 3:1 โดยชั้นตัวกลางมีความหนา 50 เซนติเมตร การปล่อยน้ำเสียจะเป็นแบบไหลล้นโดยควบคุมให้ระดับน้ำขังสูง 30 เซนติเมตร จากผลการทดลองเมื่อเลือกธูปฤาษีในสัปดาห์ที่ 11 แปลงยาว 100 เมตร มีประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีร้อยละ 48.74 ส่วนแปลงยาว 50 เมตร มีประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีร้อยละ 62.96

ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ จะเห็นได้ว่าบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในการทดลองมีประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีสูงกว่าค่อนข้างมาก โดยในตัวกลางดินปนทรายมีประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีเฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 99 ส่วนในตัวกลางทรายปนหินชนวนประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีเฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 87 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินมีประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีจากน้ำเสียสูงกว่าบึงประดิษฐ์แบบน้ำอิสระเหนือผิวดิน รวมทั้งถ้าเปรียบเทียบขนาดของบึงประดิษฐ์คิดเป็นอัตราส่วน ความกว้าง:ความยาว จะเห็นได้ว่าบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินที่ใช้การทดลองจะใช้พื้นที่น้อยกว่า แต่ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีมีค่าสูงกว่า ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินที่ปลูกต้นธูปฤาษีมีประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีสูงกว่าบึงประดิษฐ์แบบน้ำอิสระเหนือผิวดินที่ปลูกต้นธูปฤาษี

4) เกษม จันทร์แก้ว และ ณัชพงศ์ รู้ตระกูล (2542)

ทำการทดลองวิเคราะห์หาระยะทางการระบายน้ำเสียในระบบบำบัดน้ำเสียแบบหญ้ากรอง การทดลองใช้แปลงทดลองขนาดกว้าง 5 เมตร ยาว 100 เมตร ลึก 0.5 เมตร จำนวน 4 แปลง ตัวกลางที่ใช้ คือ ดินผสมทรายในอัตราส่วน 75:25 รับน้ำเสียจากชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี ซึ่งสูบจ่ายจากบ่อรวบรวมน้ำเสียจากสถานีสูบน้ำเสียบ้านคลองยางมายังพื้นที่วิจัย รูปแบบการระบายน้ำเสียเข้าสู่แปลงทดลองเป็นแบบขังน้ำเสีย 2 วันแล้วระบายออกปล่อยแห้ง 5 วัน จากผลการทดลองเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี สรุปได้ว่าการบำบัดใต้ผิวดินมีค่าสูงสุดร้อยละ 74.19 ที่ระยะ 100 เมตร ในหญ้าโคสตรอล

ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีของบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในการทดลอง ทั้งที่ใช้ตัวกลางดินปนทรายและตัวกลางทรายปนหินชนวน มีค่าประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีสูงกว่ารวมทั้งบ่อที่ไม่มีการปลูกต้นธูปฤาษีก็มีค่าประสิทธิภาพการกำจัดสูงกว่าด้วย ซึ่งก็แสดงให้เห็นว่าการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินที่ป้อนน้ำเสียเข้าบึงประดิษฐ์ในอัตราการไหลที่แน่นอนและต่อเนื่องตลอดเวลา จะมีประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีสูงกว่าการการระบายน้ำเสียเข้าสู่แปลงทดลองเป็นแบบขังน้ำเสีย 2 วันแล้วระบายออกปล่อยแห้ง 5 วัน รวมทั้งเมื่อพิจารณาจากค่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีตามระยะทางในการศึกษาครั้งนี้ จะเห็นได้ว่าที่ระยะทางเพียง 1 เมตรแรกจากจุดน้ำเข้าค่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของบึงประดิษฐ์ทุกบ่อจะมีค่าสูงกว่าร้อยละ 80 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินที่ให้น้ำเสียไหลเข้าระบบด้วยอัตราการไหลคงที่อย่างต่อเนื่องเหมาะสมในการกำจัดบีโอดีจากน้ำเสียชุมชนมากกว่าบึงประดิษฐ์ที่ป้อนน้ำเสียแบบเปียกสลับแห้ง (ปล่อยน้ำเสียเข้าสู่แปลงทดลอง โดยขังน้ำเสียไว้ 2 วันที่ระดับน้ำสูง 15 เซนติเมตร แล้วปล่อยให้แห้ง 5 วัน)

5) สุชาดา ศรีเพ็ญ และ คณะ (2542)

ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีในบึงประดิษฐ์แบบน้ำอิสระเหนือผิวดินโดยใช้กกกลมและธูปฤาษี ตัวกลางที่ใช้ชั้นล่างเป็นทรายหยาบสูง 30 เซนติเมตร ชั้นบนเป็นดินผสมทรายอัตราส่วน 75:25 สูง 50 เซนติเมตร จากผลการทดลองเมื่อพิจารณาจากความสูงเฉลี่ยของต้นธูปฤาษีในสัปดาห์ที่ 9 มีค่า 283.4 เซนติเมตร

ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ โดยเปรียบเทียบจากค่าความสูงเฉลี่ยจะเห็นได้ว่าต้นธูปฤาษีจากบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในการทดลองมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าต้นธูปฤาษีที่ปลูกในระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำอิสระเหนือผิวดินจะมีการเจริญเติบโตมากกว่าต้นธูปฤาษีที่ปลูกในระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน ซึ่งการปลูกต้นธูปฤาษีในบึงประดิษฐ์จะมีส่วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดของบึงประดิษฐ์ได้ส่วนหนึ่ง ดังนั้นถ้าพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดของบึงประดิษฐ์โดยดูจากการเจริญเติบโตของต้นธูปฤาษีบึงประดิษฐ์แบบน้ำอยู่เหนือผิวดินจะมีประสิทธิภาพการกำจัดสูงกว่า

6) Chongrak Polprasert และ Thammarak Koottatep (2544)

ได้ศึกษาการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำอิสระเหนือผิวดินโดยปลูกต้นธูปฤาษี ตัวกลางที่ใช้คือหินก่อสร้างผสมทรายที่ระยะเวลาเก็บกัก 4.8 วัน การกำจัดทีเคเอ็น (กรัม/วัน) คิดเป็น ร้อยละ 76 และเมื่อดูสมดุลมวลไนโตรเจนในระบบจะพบว่าไนโตรเจนในระบบส่วนใหญ่จะถูกกำจัดโดยการนำไปใช้ของต้นธูปฤาษี ส่วนการกำจัดฟอสฟอรัสที่ระยะเวลาการเก็บกัก 5 วัน การกำจัดคิดเป็นร้อยละ 87 และเมื่อดูสมดุลมวลฟอสฟอรัสพบว่าฟอสฟอรัสในระบบส่วนใหญ่จะถูกกำจัดโดยการนำไปใช้ของต้นธูปฤาษี

ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ โดยดูจากสมดุลมวลไนโตรเจนจะเห็นได้ว่าบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินที่ใช้ในการทดลองการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของน้ำเสียส่วนใหญ่จะเกิดจากการสะสมอยู่ในตัวกลาง รองลงมาคือสะสมอยู่ในต้นธูปฤาษี โดยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียจะสะสมอยู่ในตัวกลางดินปนทรายร้อยละ 65.3 และ 36.0 ตามลำดับ ส่วนในตัวกลางทรายปนหินชนวนมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสียสะสมอยู่ร้อยละ 53.8 และ 41.1 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่าต้นธูปฤาษีจะมีส่วนช่วยในการบำบัดได้มากเมื่อใช้ในระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำอิสระเหนือผิวดิน และเมื่อพิจารณาจากค่าประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นและฟอสฟอรัส ตัวกลางดินปนทรายมีค่าประสิทธิภาพการกำจัดกำจัดทีเคเอ็นและฟอสฟอรัสเฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 93 และ 53 ตามลำดับ ส่วนตัวกลางทรายปนหินชนวนมีค่าประสิทธิภาพการกำจัดกำจัดทีเคเอ็นและฟอสฟอรัสเฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 58 และ 78 ตามลำดับ ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าต้นธูปฤาษีจะสามารถช่วยกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้ดีถ้าปลูกในบึงประดิษฐ์แบบน้ำอิสระเหนือผิวดิน แต่ตัวกลางที่ใช้ในบึงประดิษฐ์จะสามารถช่วยกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้ดีถ้าใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน