

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 ข้อมูลทั่วไป

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล 8 สัปดาห์ ในช่วงเดือนกันยายน-พฤศจิกายน 2536 เก็บตัวอย่างค่า COD, SS, pH และอุณหภูมิสัปดาห์ละ 3 ครั้ง เป็นจำนวน 24 ครั้ง และเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ ค่า BOD, Total Coliform Bacteria สัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นจำนวน 8 ครั้ง ตามจำนวนขนาดตัวอย่างที่ได้จากการคำนวณ (ภาคผนวก ก.) โดยทำการเก็บตัวอย่างตามจุดเก็บตัวอย่างที่กำหนดไว้ 6 จุด

4.1.1 ปริมาณน้ำเสียจากบ้านพักอาศัยที่ทำการวิจัย

ปริมาณน้ำเสียทั้งหมดจากบ้านพักอาศัยจากบ้านอาสาสมัคร ซึ่งมีสมาชิก 4 - 6 คน คิดเป็นปริมาณเฉลี่ย 148.40 ลิตร/คน/วัน (ดูภาคผนวก ตาราง ก.7)

4.1.2 อัตราการรับสารอินทรีย์ (organic loading rates)

อัตราการรับสารอินทรีย์จากบ้านพักอาศัยที่ทำการทดลองพบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 0.90 - 0.59 kg COD/วัน คิดเป็นอัตราเฉลี่ย 0.29 kg COD/วัน หรืออยู่ในช่วง 0.04 - 0.24 kg BOD/วัน คิดเป็นอัตราเฉลี่ย 0.15 kg BOD/วัน โดยแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอัตราการรับสารอินทรีย์มีแนวโน้มลดลง ดังแสดงในภาพที่ 8

4.1.3 อุณหภูมิของอากาศ

อุณหภูมิของอากาศเฉลี่ยในช่วงที่ทำการเก็บน้ำตัวอย่างเดือนกันยายน-เดือนพฤศจิกายน 2536 พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันคือ เวลา 13.00 น. มีค่าเฉลี่ย 27.0 °C ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.5 °C อุณหภูมิ สูงสุด 29.7 °C อุณหภูมิต่ำสุด 22.6 °C (ภาพที่ 9)

4.1.4 อุณหภูมิของน้ำตัวอย่างที่ตรวจสอบ 6 จุด

จุดที่ 1 (S₁) Effluent จากถังเกรอะเดิม พบว่ามีอุณหภูมิเฉลี่ย 26.9 °C ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.7 °C อุณหภูมิสูงสุด 28.5 °C อุณหภูมิต่ำสุด 25.0 °C

จุดที่ 2 (S₂) Influent ของระบบฯทดลอง อุณหภูมิเฉลี่ย 27.0°C ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.9 °C อุณหภูมิสูงสุด 29.5 °C อุณหภูมิต่ำสุด 25.0 °C

จุดที่ 3 (S₃) Effluent ของถังเกรอะซึ่งเป็นหน่วยแรกของระบบฯทดลอง อุณหภูมิเฉลี่ย 27.2 °C ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.9 °C อุณหภูมิสูงสุด 30.0 °C อุณหภูมิต่ำสุด 25.5 °C

จุดที่ 4 (S₄) Effluent ของถังกรองไร้อากาศ ซึ่งต้องรับน้ำส่วนที่ล้นออกมาจากถังเกรอะ อุณหภูมิเฉลี่ย 27.1°C ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.0°C อุณหภูมิสูงสุด 30.0°C อุณหภูมิต่ำสุด 25.4 °C

จุดที่ 5 (S₅) Effluent ของถังตกตะกอนต่อรับน้ำส่วนที่ล้นออกมาจากถังกรองไร้อากาศ อุณหภูมิเฉลี่ย 27.1°C ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.9°C อุณหภูมิสูงสุด 30.2°C อุณหภูมิต่ำสุด 25.4 °C

จุดที่ 6 (S₆) Effluent ของถังทรายกรอง เป็นหน่วยสุดท้ายของระบบฯทดลอง ถือเป็น Effluent ของระบบฯ อุณหภูมิเฉลี่ย 27.0 °C ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.9 °C อุณหภูมิสูงสุด 29.9 °C อุณหภูมิต่ำสุด 25.4 °C

อุณหภูมิของ Effluent จากจุดที่ 1 ถึงจุดที่ 6 มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้มีค่าที่ไม่แตกต่างกันมากนัก คือ มีค่า 26.9, 27.0, 27.2, 27.1, 27.1, 27.1 และ 27.0 °C ตามลำดับ (ภาคผนวก ตาราง ก.1) ดังแสดงในภาพที่ 10 ค่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นในจุดที่ 3 นั้นเป็นผลจากขบวนการหมักสารอินทรีย์แบบไร้อากาศ ซึ่งจะทำให้ค่า BOD และ SS ลดลง

4.1.5 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของ Effluent จากจุดเก็บน้ำตัวอย่าง 6 จุด (S₁ - S₆) มีค่าเฉลี่ย 8.15, 7.51, 7.69, 7.71, 7.83 และ 8.00 ตามลำดับ (ภาคผนวกตาราง ก.2) ค่า pH จะมีส่วนสัมพันธ์กับค่า BOD และ SS ซึ่งหากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 2 มีค่าสูงจะทำให้มีกรดอินทรีย์มากขึ้น ค่าอัลคาไลน์ดีก็จะลดลง และจะทำให้ pH ลดต่ำลงจนเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียพวกสร้างก๊าซมีเทน ดังที่ได้กล่าวในบทที่ 2 pH และหากต่ำกว่า 6 และสูงกว่า 8 ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซมีเทนจะลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อเทียบ pH เฉลี่ยของน้ำตัว อย่างทั้ง 6 จุด พบว่าค่าที่ได้ไม่แตกต่างกันมากนัก และพบว่า pH ก็อยู่ในช่วงที่เป็นกลาง คือ 7.51 - 8.00 ดังแสดงในภาพที่ 11

4.2 ผลการวิเคราะห์ค่า BOD, COD, SS และ Total Coliform Bacteria ของระบบฯ

4.2.1 ค่าเฉลี่ย BOD

ค่าเฉลี่ย BOD ของจุดที่ 1 ถึงจุดที่ 6 มีค่า 203.7, 170.3, 62.4, 54.8, 49.0 และ 41.0 มิลลิกรัม/ ลิตร ตามลำดับ(ภาคผนวกตาราง ก.3)เมื่อนำข้อมูลมาเขียนเป็นกราฟเส้นจะเห็นว่าค่า BOD จากจุดที่ 1 ถึงจุดที่ 6 จะค่อย ๆ ลดลงหลังจากผ่านแต่ละหน่วยของระบบฯทดลอง เช่นเดียวกับค่า COD และ SS ของระบบ ดังแสดงในภาพที่ 12 แสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพของระบบฯในการลดค่า BOD ทดลองพบว่าดีขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อพิจารณาจากจุด 3 ถึงจุด 6 มีประสิทธิภาพในการลด BOD ร้อยละ 63.32, 67.82, 71.20 และ 75.91 (ภาพที่ 13) ประสิทธิภาพของระบบทดลองคือ ลดได้ร้อยละ 75.91 ค่า BOD ของ influent 170.34 mg/l และค่า BOD ของ Effluent มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 41.04 mg/l.

4.2.2 ค่าเฉลี่ย COD

ค่าเฉลี่ย COD จากจุดที่ 1 ถึงจุดที่ 6 มีค่า 603.8, 385.7, 196.5, 162.3, 129.0 และ 95.4 mg/l ตามลำดับ (ภาคผนวกตาราง ก.4) เห็นได้ว่าคุณค่าเฉลี่ยของ COD จะมีค่าค่อยๆ ลดต่ำลง เมื่อพิจารณาจากกราฟเส้นในภาพ ที่ 14 ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียต้นแบบ เมื่อศึกษาน้ำที่จุดตรวจ S₃, S₄, S₅ และ S₆ พบว่า ประสิทธิภาพในการลดค่า COD ร้อยละ 49.04, 57.90, 60.54 และ 75.27 ตามลำดับ (ภาพที่ 15) โดยประสิทธิภาพในการลด COD ทั้งระบบฯ มีค่าร้อยละ 75.27 ค่า COD ของ Effluent ที่ออกจาก ระบบฯ มีค่า 95.40 mg/l แนวโน้มของการลดค่า COD ของระบบใกล้เคียงกับค่า BOD ของระบบ

4.2.3 ค่าเฉลี่ยตะกอนแขวนลอย (Suspended Solids : SS)

ค่าเฉลี่ยของ SS ทั้ง 6 จุดมีค่า 209.7, 500.3, 161.3, 55.8, 30.3 และ 8.7 mg/l ตามลำดับ (ภาพที่ 16) โดยมี ค่า SS ที่จุดเก็บตัวอย่าง S₂ มีค่าสูงขึ้นจากการที่นำ Grey Water มารวมกับน้ำทิ้งจากถังเกรอะเดิม ค่าเฉลี่ย SS จะค่อย ๆ ลดลงในจุดตรวจ S₃ ถึง S₆ เช่นเดียวกับค่าพารามิเตอร์ BOD และ COD มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 67.76, 88.84, 93.94 และ 98.25 ตามลำดับ (ภาพที่ 17) โดยมีประสิทธิภาพทั้งระบบเท่ากับร้อยละ 98.25 และมีค่าเฉลี่ย SS ของ Effluent ที่ออกจาก ระบบฯ เท่ากับ 8.75 mg/l (ภาคผนวกตาราง ก.5)

4.2.4 ค่าเฉลี่ย Total Coliform Bacteria (MPN/100 ml)

ค่าเฉลี่ย Total Coliform Bacteria จากจุดที่ 1 ถึงจุดที่ 6 มีค่า 6.29×10^6 , 2.1×10^6 , 8×10^5 , 6.6×10^5 , 7.0×10^5 MPN/100 ml ตามลำดับ (ภาคผนวกตาราง ก.6) โดยมีค่าในจุดตรวจที่ 5 ที่มีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อยเนื่องจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ภายนอกของถังตกตะกอนที่เปิดฝาด้านบนและลดลงใน จุดที่ 6 ดังแสดงในภาพที่ 18

ประสิทธิภาพเฉลี่ยระบบฯ ในการลด Total Coliform Bacteria โดยพิจารณาเฉพาะจุด 3 ถึงจุด 6 พบว่ามีค่าร้อยละ 61.90, 68.57, 66.67, 95.24 ตามลำดับ (ภาพที่ 19) ประสิทธิภาพเฉลี่ย ทั้งระบบเท่ากับร้อยละ 95.24 ค่าเฉลี่ย Total Coliform Bacteria ของ Effluent ที่ออกจากระบบฯ เท่ากับ 10^5 (MPN/100 ml)

4.3 ประสิทธิภาพในการลดค่า BOD, COD, SS และ Total Coliform Bacteria ของแต่ละถังย่อยในระบบฯ

4.3.1 ถังเกรอะ

จากการศึกษาประสิทธิภาพของถังเกรอะ ซึ่งเป็นหน่วยบำบัดแรกของระบบฯ มี Hydraulic Loading Rate อยู่ในช่วง 0.19 - 1.29 ม³/ม².วัน หลักในการลดความสกปรกของถังเกรอะคือ การตกตะกอน และการย่อยสลายสารอินทรีย์ของแบคทีเรียที่ไม่ใช้อากาศ พบว่ามีประสิทธิภาพ ในการลด

BOD, COD, SS และ Total coliform Bacteria เฉลี่ย ร้อยละ 63.33, 49.3, 67.76 และ 61.9 ตามลำดับดังแสดงในภาพที่ 20

4.3.2 ถังกรองไร้อากาศ

ถังกรองไร้อากาศเป็นหน่วยบำบัดที่ 2 รับน้ำทิ้งจากถังกรอง Hydraulic Loading Rate อยู่ในช่วง 0.28 - 1.80 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{วัน}$ ใช้หลักในการลดค่าพารามิเตอร์โดยการกรอง และการย่อยสลาย สารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ไม่ใช้อากาศเช่นเดียวกับถังกรอง มีประสิทธิภาพในการลด BOD, COD, SS และ Total coliform Bacteria เฉลี่ย ร้อยละ 12.25, 16.98, 65.39 และ 17.5 ตามลำดับดังแสดง ในภาพที่ 21

4.3.3 ถังตกตะกอน

ถังตกตะกอนมีวัตถุประสงค์ในการสร้างขึ้น เพื่อรับน้ำทิ้งจากถังกรองไร้อากาศลดตะกอน ที่หลุดลอยมาจากถังกรองไร้อากาศ ป้องกันไม่ให้ตะกอนตกที่หน้าทรายกรองในถังทรายกรองสุดท้ายมากเกินไป เพิ่มอายุการใช้งานมากขึ้น มี Hydraulic Loading Rate อยู่ในช่วง 0.28 - 1.80 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{วัน}$ ประสิทธิภาพในการลด BOD, COD, SS และ Total Coliform Bacteria เฉลี่ย ร้อยละ 10.56, 20.51, 6.06 และ 45.67 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 20 - 23

4.3.3 ถังทรายกรอง

ถังทรายกรองเป็นหน่วยบำบัดสุดท้าย ใช้หลักการกรองความสกปรกต่างให้อยู่บนหน้าทรายกรองที่เป็นทรายหยาบไม่คัดขนาด มี Hydraulic Loading Rate อยู่ในช่วง 0.28 - 1.80 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{วัน}$ กรองน้ำเสียจากถังตกตะกอนเป็นพักๆตามการใช้งานของบ้านพักอาศัย พบว่ามี ประสิทธิภาพในการลด BOD, COD, SS และ Total Coliform Bacteria เฉลี่ย ร้อยละ 16.3, 26.09, 71.15 และ 85.71 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 20 - 23

4.4 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยการทดสอบค่า t - test จากกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (t-test independent sample)

4.4.1 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย BOD

จากการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย BOD ระหว่างจุด S_2 และ S_6 ซึ่งเป็นจุดน้ำเข้าและน้ำออก จากระบบบำบัดน้ำเสียในแบบโดยใช้การทดสอบค่า t ของตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน พบว่าค่าเฉลี่ยของ BOD ของน้ำตัวอย่างทั้ง 2 จุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P Value < 0.01) โดยที่น้ำเสียก่อนเข้าระบบ (S_2) มี ค่าเฉลี่ย BOD สูงกว่าค่าเฉลี่ย BOD ของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ ดังแสดงในตารางที่ 6

4.4.2 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย COD

จากการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย COD ระหว่างจุด S_2 และ S_6 ซึ่งเป็นจุดน้ำเสียที่เข้าระบบฯ กับน้ำทิ้งที่ออกจากระบบฯ โดยใช้การทดสอบค่า T (t-test independent samples) พบว่าค่าเฉลี่ย COD ของน้ำเสียก่อนเข้าระบบฯ กับค่าเฉลี่ย COD ของน้ำทิ้งที่

ออกจากระบบฯ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P Value < 0.01) โดยที่น้ำเสียก่อนเข้าระบบฯ มีค่าเฉลี่ย COD สูงกว่าค่าเฉลี่ย COD ของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบฯ ดังแสดงในตารางที่ 7

4.4.3 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตะกอนแขวนลอย (SS)

จากการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตะกอนแขวนลอย (SS) ของน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสียต้นแบบ (S_2) และน้ำทิ้งที่ออกจากระบบฯ (S_6) โดยการใช้การทดสอบค่า t (t-test independent samples) พบว่าค่าเฉลี่ยของตะกอนแขวนลอยของน้ำเสียทั้ง 2 จุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P Value < 0.01) โดยที่น้ำเสียก่อนเข้าระบบฯ มีค่าเฉลี่ยของตะกอนแขวนลอย (SS) สูงกว่าค่าเฉลี่ยของตะกอนแขวนลอยของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบฯ ดังแสดงในตารางที่ 8

4.4.4 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ Total Coliform Bacteria

จากการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ Total Coliform Bacteria ของน้ำเสียก่อนเข้าระบบฯ (S_2) และน้ำทิ้ง (S_6) โดยการใช้การทดสอบค่า t (t-test, independent samples) พบว่าค่าเฉลี่ยของ Total Coliform Bacteria ของน้ำเสียทั้ง 2 จุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P Value < 0.01) โดยที่น้ำเสียก่อนเข้าระบบฯ มีค่าเฉลี่ยของ Total Coliform Bacteria สูงกว่าค่าเฉลี่ยของ Total Coliform Bacteria ของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบฯ ดังแสดงในตารางที่ 9

สำหรับจุดเก็บน้ำตัวอย่างที่ 5 (S_5) และ 6 (S_6) ได้มีการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ Total Coliform Bacteria ของน้ำเสียก่อนเข้าถังทรายกรอง และน้ำเสีย ที่ออกจากถังทรายกรอง โดยการใช้การทดสอบค่า t (t-test, independent samples) พบว่าค่าเฉลี่ยของ Total Coliform Bacteria ของน้ำเสียทั้ง 2 จุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P Value < 0.05) ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ย BOD ระหว่างน้ำเสียก่อนเข้าระบบฯ (S_2) และน้ำทิ้งที่ออกจากระบบฯ (S_6)

กลุ่ม (Sampling Station)	จำนวน ตัวอย่าง (n)	ค่าเฉลี่ย mg/l	ความเบี่ยงเบน มาตรฐาน	t	ระดับนัยสำคัญ (P-Value)
S_2	8	170.34	41.57	8.65	<0.01
S_6	8	41.03	7.80		

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ย COD ระหว่างน้ำเสียก่อนเข้าระบบฯ (S₂) และน้ำทิ้งที่ออกจากระบบฯ (S₆)

กลุ่ม (Sampling Station)	จำนวน ตัวอย่าง (n)	ค่าเฉลี่ย mg/l	ความเบี่ยงเบน มาตรฐาน	t	ระดับนัยสำคัญ (P-Value)
S ₂	24	385.73	95.88	14.40	<0.01
S ₆	24	95.40	23.72		

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ย SS ระหว่างน้ำเสีย ก่อนเข้าระบบฯ (S₂) และน้ำทิ้งที่ออกจากระบบฯ (S₆)

กลุ่ม (Sampling Station)	จำนวน ตัวอย่าง (n)	ค่าเฉลี่ย mg/l	ความเบี่ยงเบน มาตรฐาน	t	ระดับนัยสำคัญ (P-Value)
S ₂	24	497.33	321.39	7.45	<0.01
S ₆	24	8.75	7.66		

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ย Total Coliform Bacteria($\times 10^4$) ระหว่างน้ำเสียก่อนเข้าระบบฯ (S₂) และน้ำทิ้งที่ออกจากระบบฯ (S₆)

กลุ่ม (Sampling Station)	จำนวน ตัวอย่าง (n)	ค่าเฉลี่ย mpn/100ml	ความเบี่ยงเบน มาตรฐาน	t	ระดับนัยสำคัญ (P-Value)
S ₂	8	210.37	204.56	2.77	<0.05
S ₆	8	10.25	5.623		

ตารางที่ 10 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ย Total Coliform Bacteria ($\times 10^4$) ระหว่างน้ำเสียก่อนเข้าถังทรายกรอง (S₅) และน้ำทิ้งจากถังทรายกรอง(S₆)

กลุ่ม (Sampling Station)	จำนวน ตัวอย่าง (n)	ค่าเฉลี่ย mpn/100ml	ความเบี่ยงเบน มาตรฐาน	t	ระดับนัยสำคัญ (P-Value)
S ₂	8	69.87	62.95	2.67	<0.01
S ₆	8	5.625	5.62		

4.5 อภิปรายผล

4.5.1 พิจารณาจากทั้งระบบฯ

4.5.1.1 สิ่งแวดล้อมของระบบ

จากการศึกษาสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการทดลองโดยการนำค่าอุณหภูมิ จากทั้ง 6 จุด เก็บตัวอย่างมาหาค่าเฉลี่ยพบว่า มีค่าใกล้เคียงมากคือ 26.9, 27.0, 27.2, 27.1, 27.1 และ 27°C ตามลำดับ สรุปได้ว่าไม่มีความแตกต่างกัน โดยในจุด S₃ ซึ่งเป็นถังเกรอะ (septic tank) มีอุณหภูมิ สูงกว่าจุดอื่น เป็นผลจากขบวนการหมักแบบไร้อากาศของ Anaerobic Bacteria ภายในถัง (ภาคผนวก ตาราง ก.1)

ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อยู่ในช่วง 7.51 - 8.15 ทั้ง 6 จุด พบว่าค่าความเป็นเบเนมาตรฐานมีการเปลี่ยนแปลงน้อย คือ 0.18 - 0.22 ในจุดที่ 3 มีค่า pH ลดต่ำเล็กน้อย ซึ่งเป็นผล มาจากขบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้อากาศ และค่า pH เฉลี่ยทั้ง 6 จุด อยู่ในช่วงที่ เหมาะสม ต่อ การทำงานของจุลินทรีย์ในขบวนการหมักแบบไร้อากาศ คือ ไม่ต่ำกว่า 6 และไม่สูงกว่า 8 มากนัก น้ำทิ้งของระบบมีค่า pH เฉลี่ย 8.0 อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน ที่กำหนดค่า pH ต้องอยู่ในช่วง 5 - 9 (ภาคผนวกตาราง ข.1)

ปริมาณน้ำเสียที่ไหลเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นไปตามสภาพการณ์จริง ค่าของ ปริมาณดังกล่าวเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 219 - 1,458 ลิตร/วัน ในจำนวนสมาชิก 4 - 6 โดยมีค่าเฉลี่ย ประมาณ 148 ลิตร/คน/วัน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ระบบบำบัดฯสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ สอดคล้องกับเกณฑ์การใช้น้ำที่องค์การอนามัยโลกสำหรับบ้านพักอาศัยที่ติดตั้งมาตรวัดน้ำ ใช้น้ำประ-มาณ 100-200 ลิตร/คน/วัน (มสธ,2531)

4.5.1.2 ค่า BOD ของระบบ

จะเห็นว่าค่า BOD ของ Effluent ในการวิเคราะห์ตัวอย่างทั้ง 8 ครั้งจะมีค่าที่ค่อย ๆ ลดต่ำลง ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากจำนวนสมาชิกในบ้านที่มีการเปลี่ยนแปลงจาก 6 คนมาเป็น 5 คน และ 4 คน ในที่สุดทำให้มีปริมาณน้ำใช้เข้าสู่ระบบฯน้อยลง ทำให้ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย (detention time) มากขึ้น เป็นผลให้ค่า BOD ในสัปดาห์ท้าย ๆ มีค่าต่ำกว่าสัปดาห์แรก ๆ ของการวิจัย เมื่อเทียบค่า BOD กับมาตรฐานน้ำทิ้งชุมชนที่มีประชากรไม่เกิน 101 คน สำนักงานคณะกรรมการ สิ่งแวดล้อม กำหนดไว้ว่าควรมี BOD ไม่เกิน 90 มิลลิกรัม/ลิตร (ภาคผนวก ตาราง ข.1) แต่ BOD ของ Effluent ที่ ออกจากระบบหรือน้ำตัวอย่างจุดที่ 6 พบว่ามีค่าเฉลี่ยเพียง 41.04 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งยังต่ำกว่าค่า มาตรฐานมาก (ภาคผนวก ตาราง ก.3) ค่า BOD ที่ได้นี้ใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ บุญส่ง และ ยงยศ (2526), วีระชัย และปรียะดา (2534), สุวิษ (2531) และบุญต่วน (2535) ซึ่งใช้ระบบ Septic - Anaerobic ในลักษณะเดียวกัน

4.5.1.3 ค่า COD ของระบบ

ค่า COD ของน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย (Effluent) มีค่าเฉลี่ย 95.40 มิลลิกรัม/ลิตร (ภาคผนวก ตาราง ก.4) ในขณะนี้นักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ไม่ได้กำหนดค่า COD เป็นมาตรฐานในการ ตรวจวัด แต่เมื่อ พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่า BOD และ COD ในงานวิจัย ครั้งนี้พบว่า ค่า BOD จะมีค่าประมาณ 0.45 เท่าของ COD เมื่อเทียบค่า COD เป็น BOD แล้ว ก็ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชนที่มีประชากรได้ 101 คน เช่นกัน (ภาคผนวก ตาราง ข.1)

4.5.1.4 ค่า SS ของระบบ

ในการวิจัยครั้งนี้ ในระบบบำบัดน้ำเสียทดลองมีหน่วยที่ทำหน้าที่กรองอยู่ 2 หน่วยคือ ถังกรองไร้อากาศ ซึ่งมีชั้นยางรัดจักรยานยนต์ที่ใช้แล้วเป็นตัวกรอง และมีถังทรายกรองเป็นหน่วย บำบัด จึงทำให้ค่า SS ในน้ำทิ้งของระบบมีค่าเพียง 8.75 mg/l ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำมากเมื่อเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้งชุมชนที่กำหนดไว้ 60 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถปล่อยออกสู่แหล่งน้ำโดยตรงได้ ค่าของ SS จะเริ่มต่ำกว่ามาตรฐานเมื่อผ่านหน่วยงานถังกรอง และถังกรองไร้อากาศ (ภาคผนวก ตาราง ก.5) เมื่อเปรียบเทียบค่า SS กับระบบบำบัดของ วีระชัย และปริยะดา (2534) ทรงศักดิ์และบุญส่ง (2534) สุวิธ (2529) และวัชร (2529) ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 พบว่าค่า SS จากระบบบำบัดน้ำเสีย ทดลองครั้งนี้มีค่า SS ของ Effluent ต่ำกว่ามาก และเมื่อทดสอบทางสถิติ ระหว่างน้ำเสียที่เข้าระบบฯ และน้ำทิ้ง พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99%

4.5.1.5 ค่า Total Coliform Bacteria ของระบบ

โดยปกติถังกรองและถังกรองไร้อากาศจะมีจุลินทรีย์ ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ ต่างๆ อยู่ แล้ว ซึ่งจะมีผลทำให้ Coliform Bacteria ลดลงได้ การทดลองในครั้งนี้ก็เช่นเดียวกัน จะเห็น ว่า Total Coliform Bacteria จะเริ่มลดลงเมื่อผ่านถังกรองและถังกรองไร้อากาศ แต่กลับมีค่าเฉลี่ย เพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อผ่านถังตกตะกอน ซึ่งผิวด้านบนเปิดให้มีการเติมอากาศ (ภาคผนวก ตาราง ก.6) ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการปนเปื้อนของน้ำ กับ Coliform Bacteria จากแหล่งอื่น เช่น อากาศ หรือ อาจมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการขยายพันธุ์ของ Coliform Bacteria อย่างไรก็ดีเมื่อผ่านถังทราย กรอง พบว่าค่าเฉลี่ยของ Total Coliform Bacteria มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แม้ประสิทธิภาพ ในการลด Total Coliform Bacteria มีประสิทธิภาพเพียงร้อยละ 95.24 ค่าเฉลี่ย Total Coliform Bacteria ในน้ำทิ้งของระบบฯ ก็ยังมีค่าสูงถึง 10^5 MPN/100 ml มาตรฐาน Total Coliform Bacteria ในแหล่งน้ำ ผิวดินประเภท 3 ควรมีค่าไม่เกิน 2×10^4 MPN/100 ml (ภาคผนวก ตาราง ข.2) แต่มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชนยังไม่ได้กำหนดค่า Total Coliform Bacteria ไว้

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลด Total Coliform Bacteria กับ Chlorination ซึ่งทำการ ศึกษาโดย นิตยาและคณะ(2531) พบว่าระบบฯทดลองยังมีประสิทธิภาพต่ำ คือ สามารถลดได้เพียง 95.24 ส่วน Chlorination มีประสิทธิภาพถึง ร้อยละ 99.99 และเมื่อเทียบกับงานวิจัยของอุดมและคณะ

(2531) ซึ่งใช้หาคัดขนาดนำมากรองพบว่ามีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน แต่ค่า Total Coliform Bacteria ของ Effluent ในงานวิจัยครั้งนี้มีค่าสูง 10^5 MPN/100 ml ข้อดีของการใช้ทรายกรองเพื่อนำมาลด Total Coliform Bacteria คือ ไม่มีสารเคมีตกค้างต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถลดพารามิเตอร์อื่นได้ เช่น SS และ BOD เป็นต้น

4.5.2 พิจารณาแต่ละถังย่อยภายในระบบฯ

4.5.2.1 ถังเกรอะ

ในการวิจัยครั้งนี้พบว่าถังเกรอะมีประสิทธิภาพในการลด BOD , COD ได้มากที่สุด เมื่อเทียบกับ ถังกรองไร้อากาศ ถังตกตะกอน และถังทรายกรอง โดยเฉพาะค่า BOD เมื่อผ่านการบำบัดโดยถังเกรอะแล้วจะมีค่าเฉลี่ย 62.4 mg/l ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชนที่กำหนดไว้ไม่เกิน 90 mg/l เป็นเพราะขนาดของถังมีขนาดใหญ่ที่สุด มีปริมาตรเก็บกักน้ำ 1.81 m^3 ระยะเวลาในการเก็บกักน้ำ 2 วัน และมีค่า Hydraulic Loading Rate น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับถังอื่น ทำให้น้ำในถังมีการไหลล้นออกจากถังช้า การเก็บกักน้ำเพื่อบำบัดโดยการย่อยสลายสารอินทรีย์ของแบคทีเรียที่ไม่ใช้อากาศจึงทำงานได้ดี เป็นผลทำให้ประสิทธิภาพในการลดค่า BOD และ COD สูงที่สุด เมื่อเทียบกับถังอื่น

4.5.2.2 ถังกรองไร้อากาศ

ในการวิจัยครั้งนี้ประสิทธิภาพของถังกรองไร้อากาศ ในการลดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ มีค่าค่อนข้างต่ำ โดยประสิทธิภาพในการลดค่า BOD , COD , SS และ Total Coliform Bacteria เฉลี่ยร้อยละ 12.25 , 16.98 , 65.39 และ 17.5 เมื่อพิจารณาจากการศึกษาของ Young and Yang (1989) ที่เปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวกรองไร้อากาศ พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานคือ ระยะเวลาในการเก็บกักน้ำเสีย และทิศทางการไหลของน้ำเสียที่ผ่านตัวกรอง มีข้อที่น่าสังเกตเปรียบเทียบในงานวิจัยครั้งนี้ ถังกรองไร้อากาศมีระยะเวลาในการเก็บกักน้ำเสียเพียง 17.42 ชั่วโมง การเรียงตัวของตัวกรองไม่เป็นรูปแบบที่แน่นอน อาจเป็นผลให้ความเร็วน้ำที่ผ่านตัวกรองมีความเร็วสูงและเมื่อเปรียบเทียบกับ การศึกษาของบุญส่ง และปรีชา(2527) วีระชัยและปรีชา(2534) บุขมาพร (2534) ซึ่งใช้ระบบถังกรองไร้อากาศในการบำบัดน้ำเสียจากส้วม ปริมาณน้ำเสียที่ไหลเข้าสู่ระบบต่ำ ทำให้มีระยะเวลาในการเก็บกักน้ำเสียนาน จึงให้ประสิทธิภาพสูงกว่างานวิจัยครั้งนี้

อย่างไรก็ดีน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดโดยถังเกรอะและถังกรองไร้อากาศพบว่ามีค่าเฉลี่ย SS อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชนขนาดประชากรไม่เกิน 101 คน สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

4.5.2.3 ถังตกตะกอน

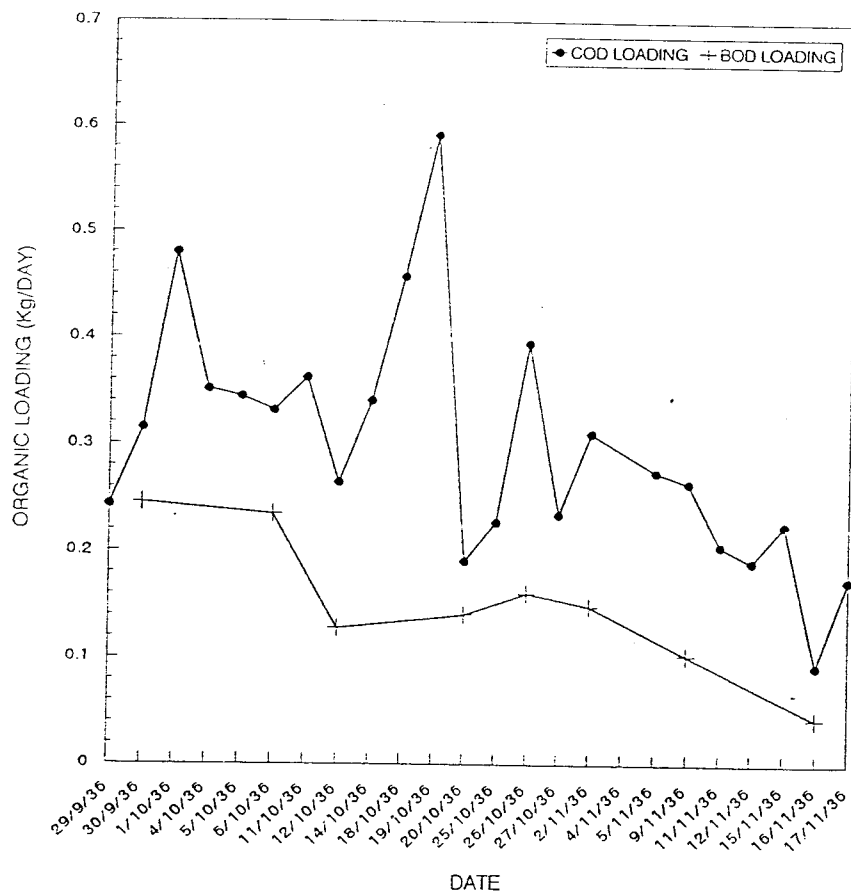
ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้นว่า ในถังตกตะกอนนั้นมิได้มุ่งหวังให้มีผลในการบำบัดพารามิเตอร์ แต่มุ่งหวังในด้านการดำเนินการเพื่อปรับสภาพน้ำทิ้งให้เหมาะสม เนื่องจากถังตกตะกอน

จะทำหน้าที่ในการลดตะกอนจากน้ำทิ้งของถังกรองไว้อากาศ ให้ตกลงบนหน้าทรายกรองมากจนทำให้ต้อง ล้างหน้าทรายกรองบ่อยครั้ง ดังนั้นจึงได้จัดสร้างถังตกตะกอนขึ้นมาตามเหตุผลดังกล่าวโดยใช้ตัวเลข ในการออกแบบของ Tchobanoglous and Burton, 1991 มาเป็นตัวกำหนดขนาดของถังประสิทธิภาพ ในการลดค่า BOD, COD, SS เฉลี่ยร้อยละ 10.56, 20.51, 5.67 ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดโดยสรุป ต่ำกว่าถังย่อยอื่นของระบบฯ

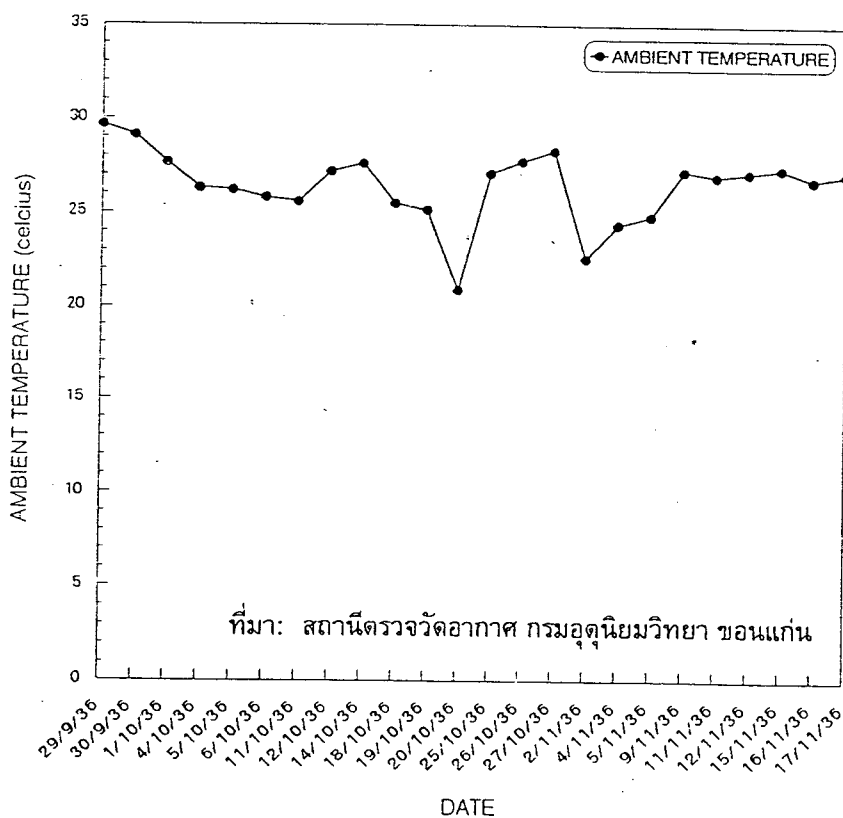
4.5.2.4 ถังทรายกรอง

ถังทรายกรองมีประสิทธิภาพในการลด SS ,Total Coliform Bacteria สูงที่สุด เมื่อเทียบกับถังย่อยอื่นๆ ในการลด Coliform Bacteria นั้นเมื่อเทียบกับงานวิจัยของอุดมและคณะ (2531), Gross และคณะ (1990) ,Boyleและคณะ (1981) ซึ่งมีการใช้ระบบทรายกรองมาลดค่าพารามิเตอร์ และจุลินทรีย์ในน้ำเสียจะมีประสิทธิภาพสูงกว่างานวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากทรายที่เป็นตัวกรองของงานวิจัยข้างต้นจะมีการหาขนาดประสิทธิผล (effective size) และ สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (uniformity coefficient) ประสิทธิภาพในการกรองจึงสูงกว่างานวิจัยครั้งนี้ซึ่งใช้ทรายหยาบที่ได้มาจากการร่อนแบบง่าย ๆโดยใช้มุ้งในลอนขนาดช่องว่าง 0.1 ซม. x 0.1 ซม. แต่มีข้อดีคือสามารถหาทราย ซึ่งจะนำมาทำหน้าที่ในการกรองได้ง่ายประสิทธิภาพในการลด BOD, COD, SS และ Total Coliform Bacteria เฉลี่ยร้อยละ 16.3, 26.09, 71.15 และ 85.71 ตามลำดับ

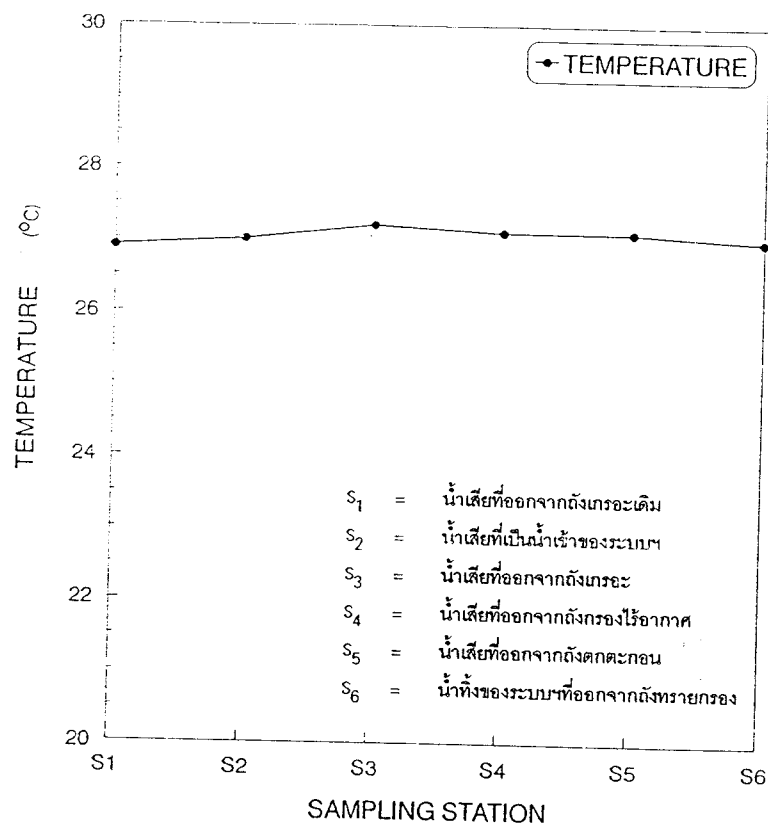
จากการศึกษาประสิทธิภาพของแต่ละถังย่อยภายในระบบฯ จะเห็นได้ว่าการทำหน้าที่ในการลดพารามิเตอร์ของแต่ละถังจะแตกต่างกันออกไป ตามหลักการหรือทฤษฎีดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ในบทที่ 2 ข้อมูลที่ได้จากส่วนนี้สามารถนำไปพิจารณาเพื่อประยุกต์ใช้ถังย่อยต่างๆ เพื่อทำหน้าที่ในการลดพารามิเตอร์ที่ต้องการให้เหมาะสมต่อไป แต่อย่างไรก็ดีในการศึกษครั้งนี้มุ่งหวังที่ศึกษาประสิทธิภาพของทั้ง ระบบบำบัดน้ำเสียต้นแบบ โดยอาศัยการทำงานที่สัมพันธ์กันของถังย่อยในระบบฯซึ่งจะทำหน้าที่แตกต่างกันไป เพื่อลดความสกปรกในน้ำทิ้งสุดท้าย ให้มีค่าน้อยที่สุด เท่าที่ระบบฯ จะสามารถลดได้



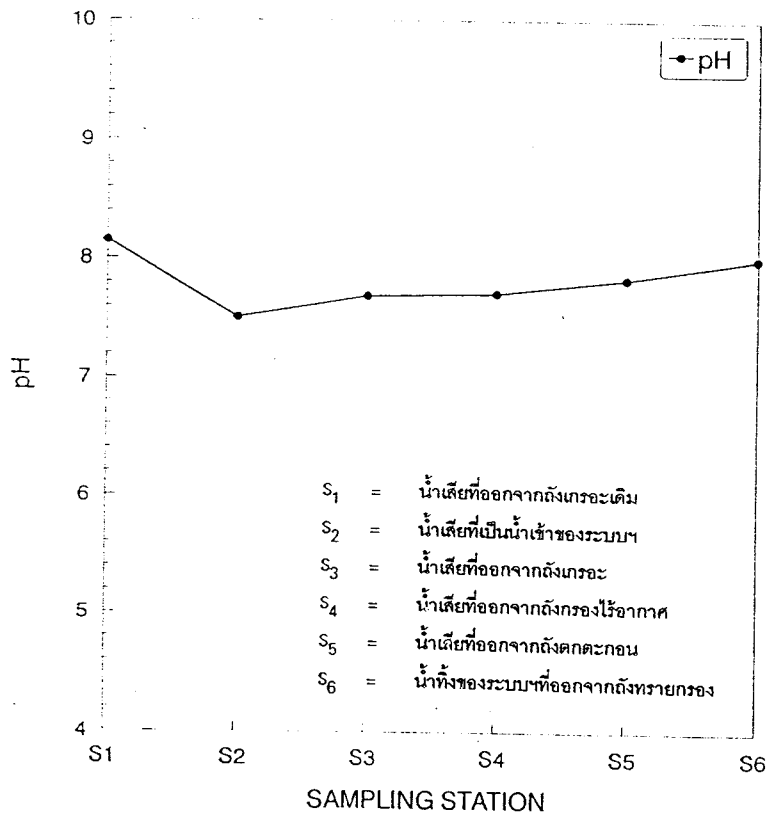
ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับ อัตราการรับสารอินทรีย์



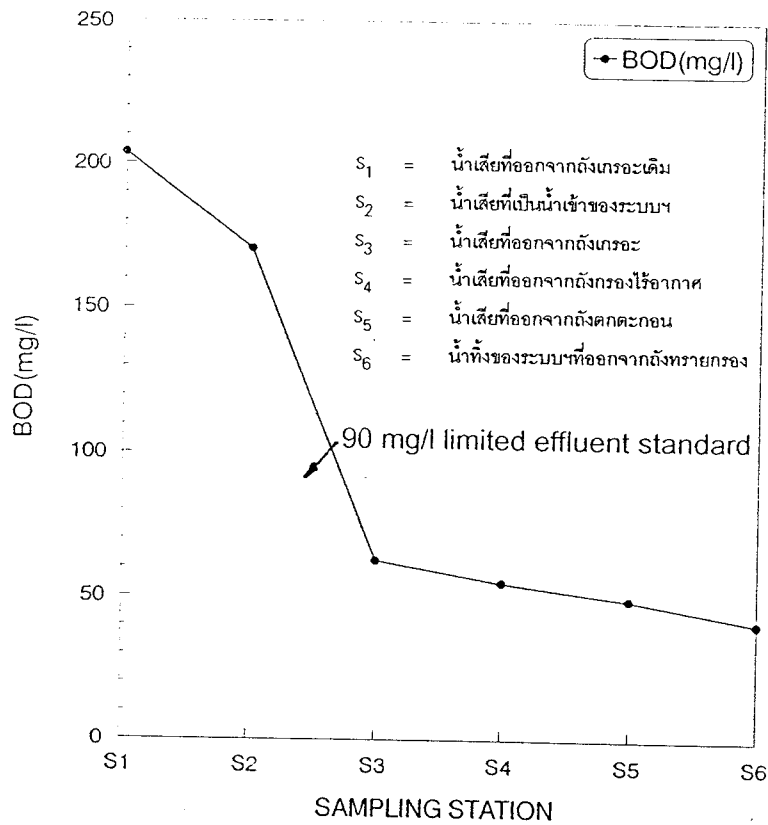
ภาพที่ 9 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยกับวันที่ทำการทดลอง



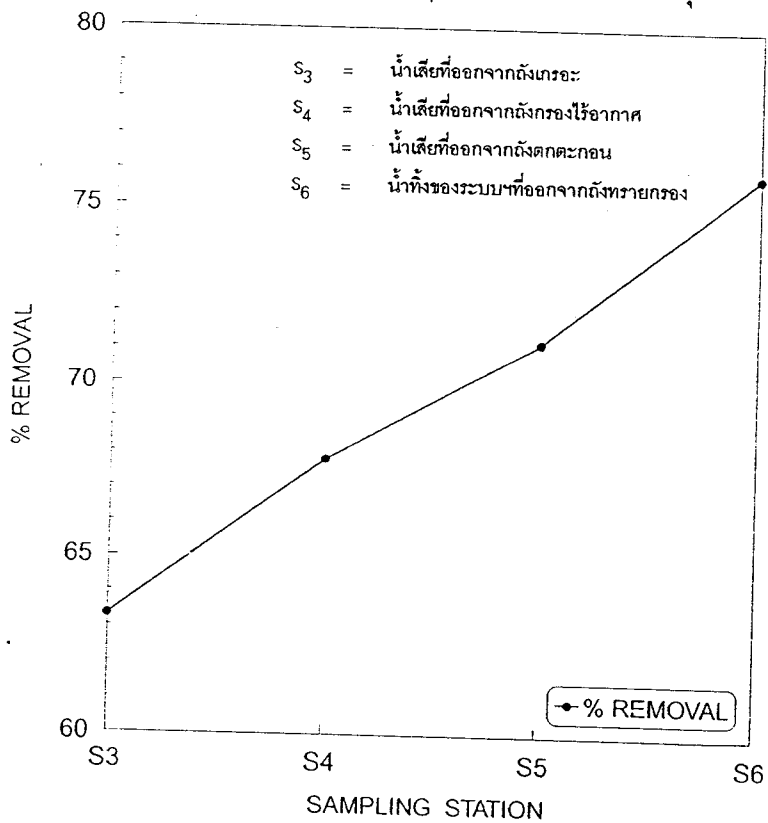
ภาพที่ 10 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำเสียที่จุดเก็บน้ำตัวอย่างทั้ง 6 จุด



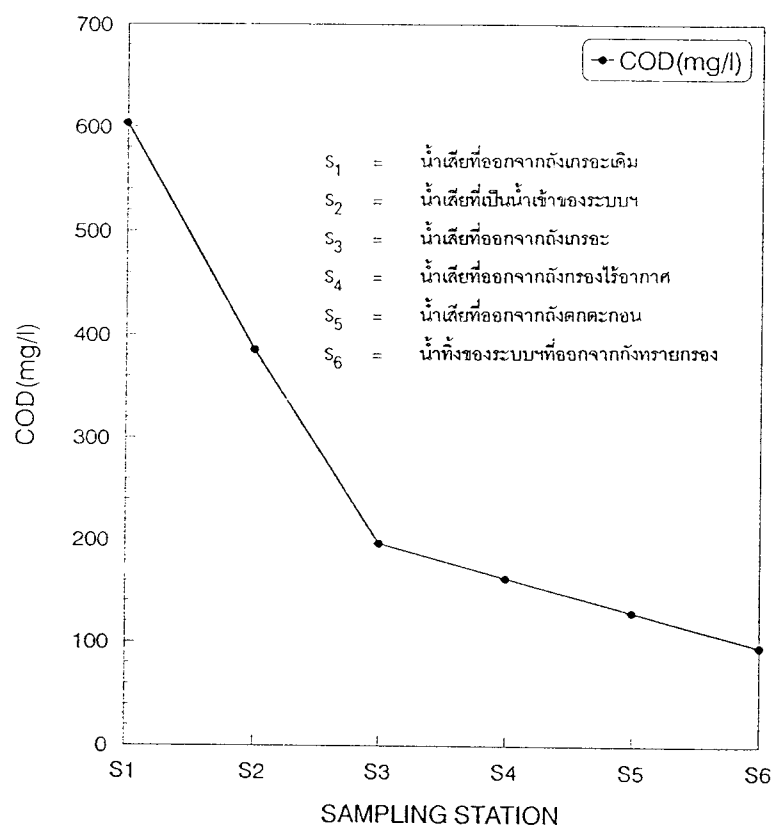
ภาพที่ 11 ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นด่างที่จุดเก็บน้ำตัวอย่างทั้ง 6 จุด



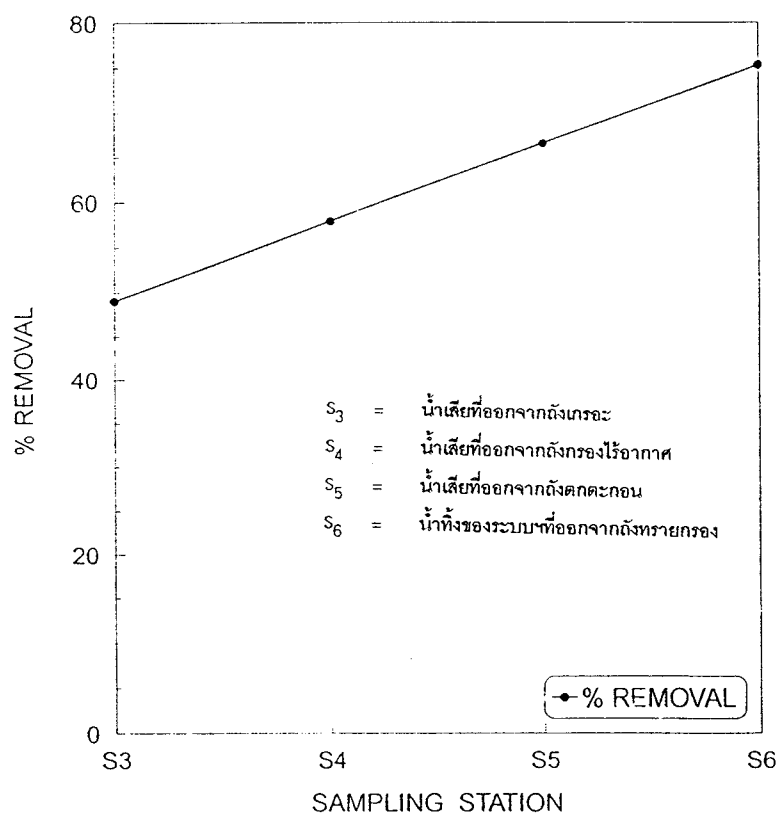
ภาพที่ 12 ค่าเฉลี่ย BOD ที่จุดเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง 6 จุด



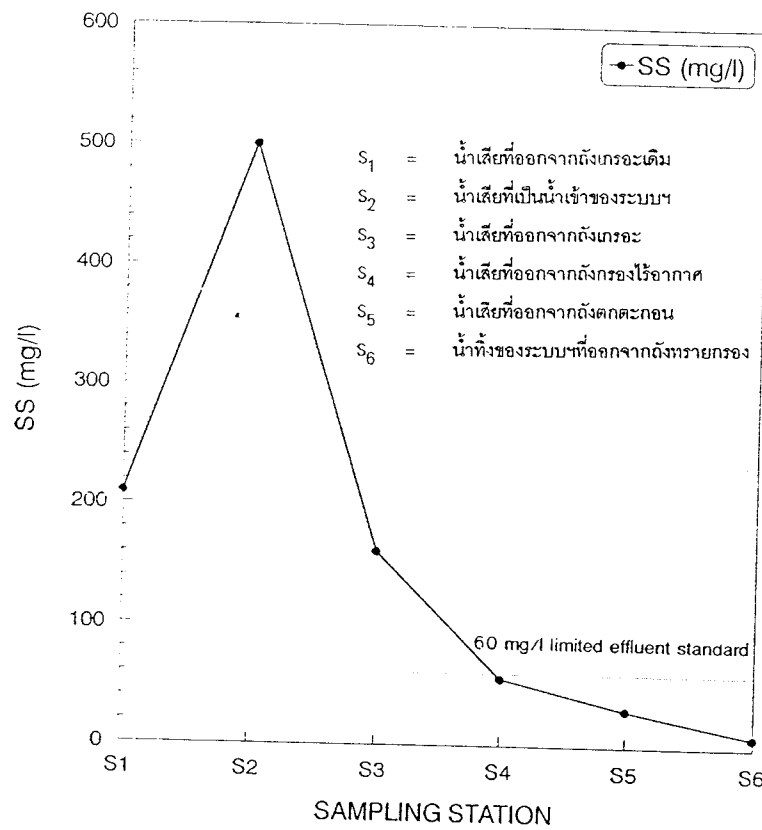
ภาพที่ 13 ประสิทธิภาพในการลด BOD เมื่อผ่านแต่ละจุดภายในระบบฯ



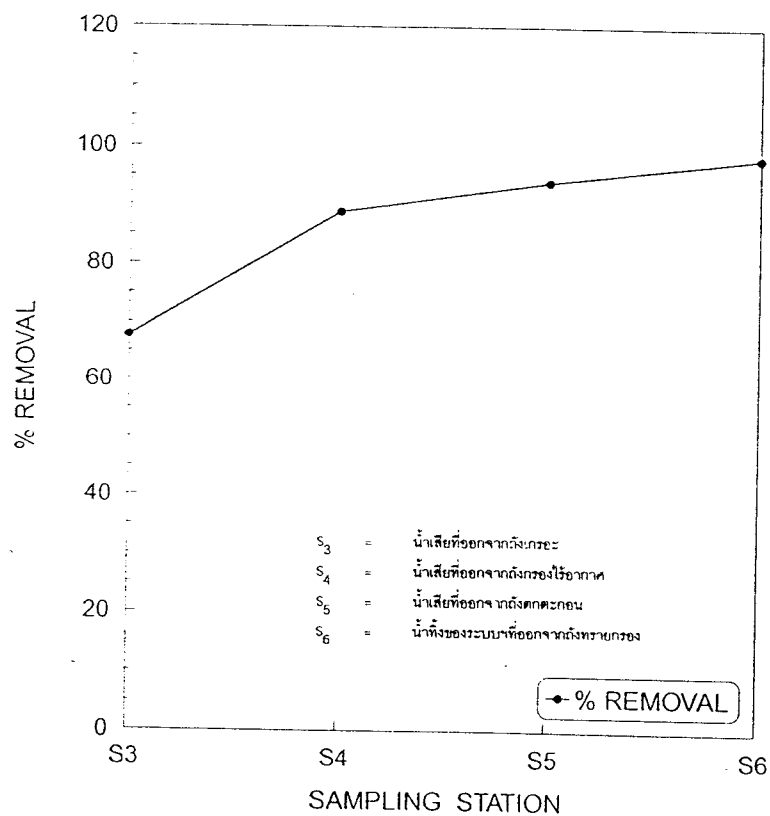
ภาพที่ 14 ค่าเฉลี่ย COD ที่จุดเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 6 จุด



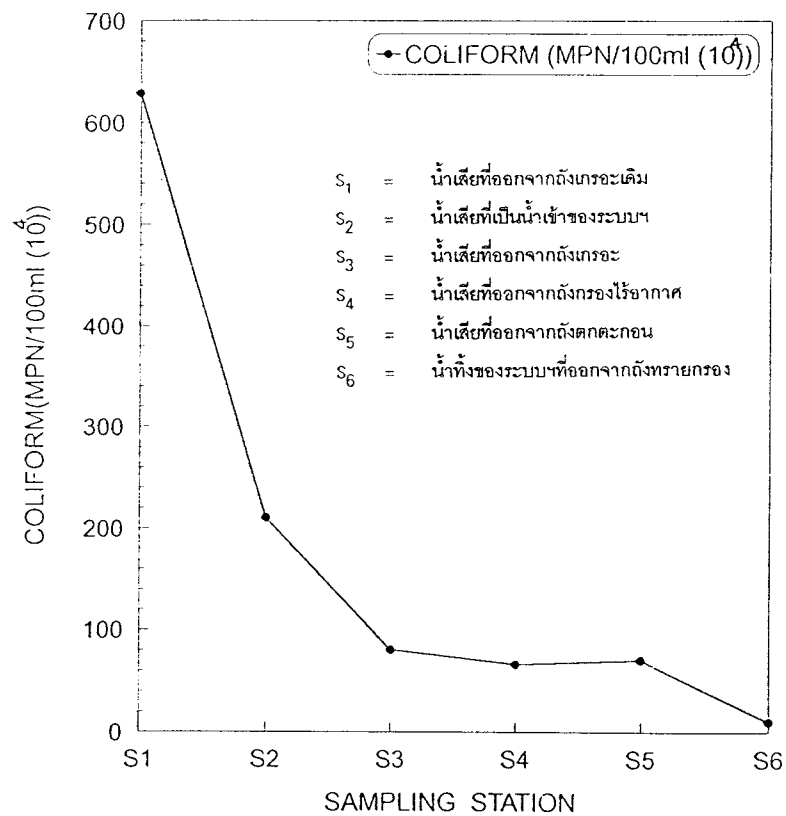
ภาพที่ 15 ประสิทธิภาพในการลด COD เมื่อผ่านแต่ละจุดภายในระบบฯ



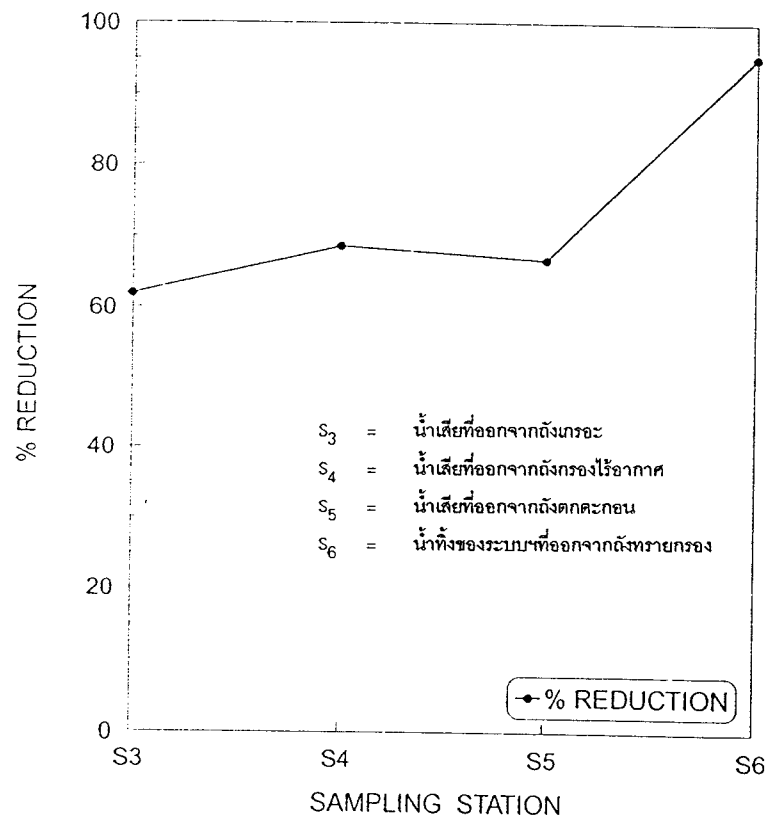
ภาพที่ 16 ค่าเฉลี่ย SS ที่จุดเก็บตัวอย่างทั้ง 6 จุด



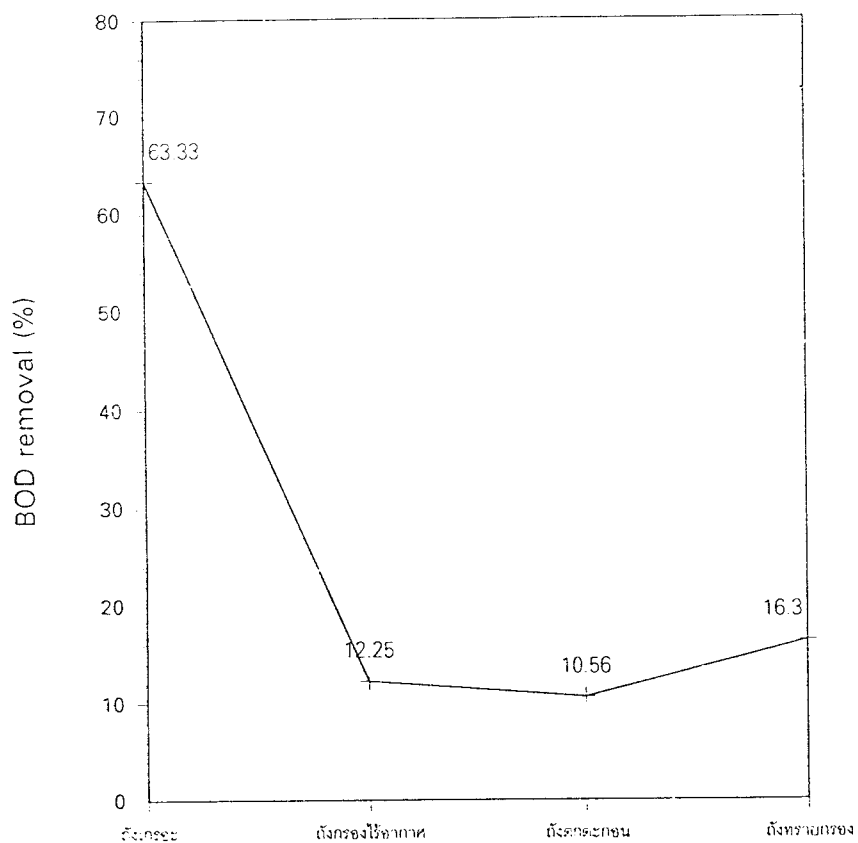
ภาพที่ 17 ประสิทธิภาพในการลด SS เมื่อผ่านแต่ละจุดภายในระบบฯ



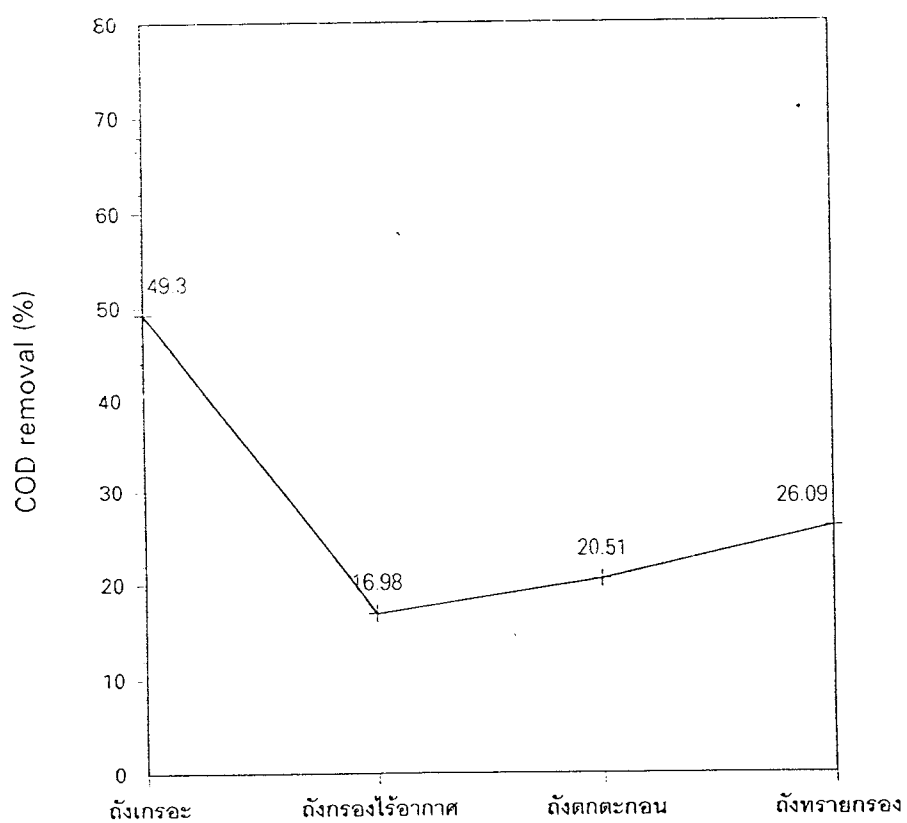
ภาพที่ 18 ค่าเฉลี่ย Total Coliform Bacteria ที่จุดเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 6 จุด



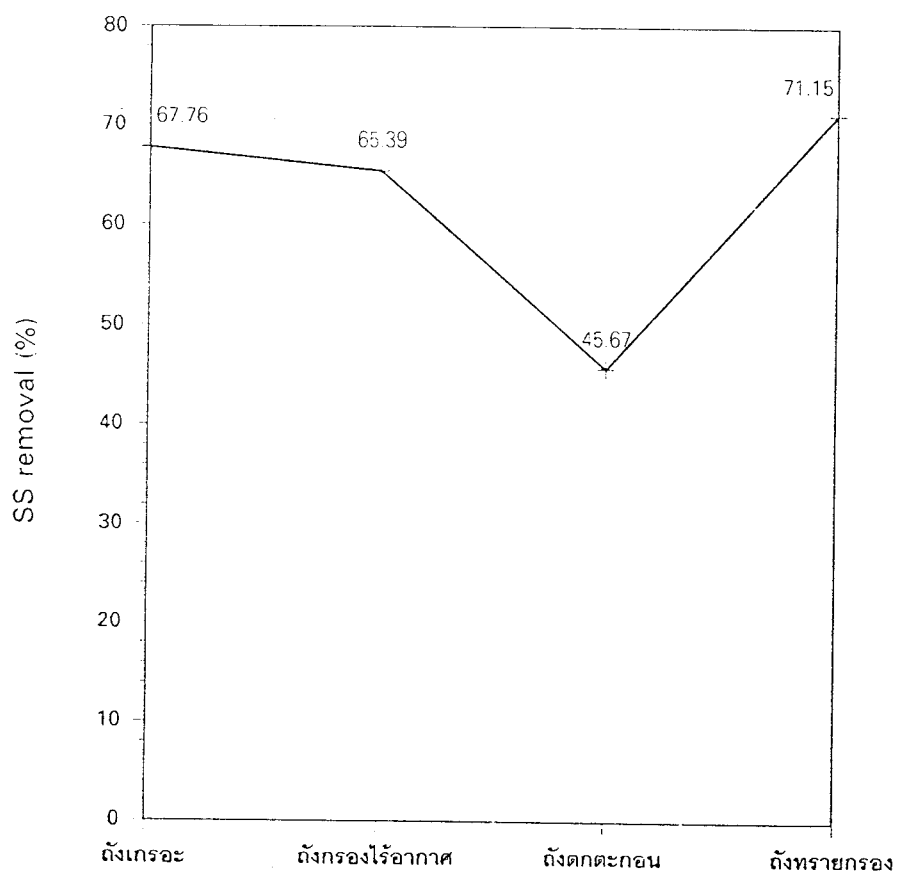
ภาพที่ 19 ประสิทธิภาพในการลด Total Coliform Bacteria เมื่อผ่านแต่ละจุดภายในระบบฯ



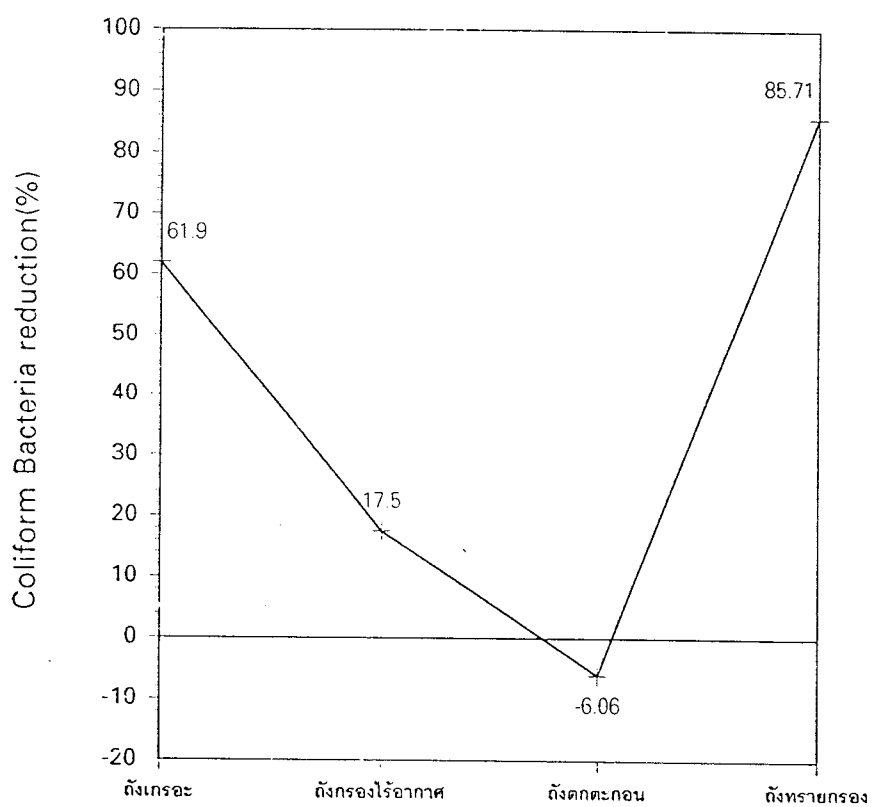
ภาพที่ 20 ประสิทธิภาพการลด BOD ในหน่วยย่อยของระบบฯ



ภาพที่ 21 ประสิทธิภาพการลด COD ในหน่วยย่อยของระบบฯ



ภาพที่ 22 ประสิทธิภาพการลด SS ในหน่วยย่อยของระบบฯ



ภาพที่ 23 ประสิทธิภาพการลด Coliform Bacteria ในหน่วยย่อยของระบบฯ