การบำบัดน้ำเสียจากสถานศึกษาด้วยบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวดิ่ง

Treatment of Wastewater from academic institution by Vertical Subsurface Flow Constructed Wetland

กานต์ นามีผล[1], มณีรัตน์ องค์วรรณดี[2*], ปรีชา สุราฤทธิ์[3], มณีรัตน์ เนตรจันทร์[4]

Kan Nameepol[1], Maneerat Ongwandee[2*], Preecha Surarit[3], Maneerat Netjan[4]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวดิ่งขนาดห้องปฏิบัติการที่ใช้ชนิดตัวกลางในชั้นกรองต่างกัน ได้แก่ แกลบ และทรายหยาบ และทดสอบผลของการปลูกและไม่ปลูกหญ้าแฝกในบึงประดิษฐ์ น้ำเสียที่ใช้ทดลองมาจากอาคารเรียนที่ผ่านการบำบัดด้วยบ่อกรองไร้อากาศ ระบบทดลองประกอบด้วยบึงประดิษฐ์ 4 ถัง ดังนี้ ถังที่ 1 ตัวกลางแกลบและปลูกหญ้าแฝก ถังที่ 2 ตัวกลางแกลบ ถังที่ 3 ตัวกลางทราย และถังที่ 4 ตัวกลางทรายและปลูกหญ้าแฝก โดยควบคุมอัตราการไหลของน้ำเสียเข้าสู่ระบบ 80 ลิตรต่อวัน เวลากักเก็บทางชลศาสตร์ประมาณ 1 วัน น้ำเสียมีค่าบีโอดีเริ่มต้น 41.8 – 47.4 มก./ล. เดินระบบเป็นเวลาหนึ่งเดือนเพื่อให้เข้าสู่สภาวะสมดุล จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำต่อเป็นเวลาอีกหนึ่งเดือน พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 14.1, 17.1, 61.7และ 61.6 ตามลำดับ ในขณะที่ไนเตรทในน้ำออกทุกถังมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 1.0 – 2.9 มก./ล. สูงกว่าน้ำเสียเข้าระบบ 0.2 – 0.9 มก./ล. บึงประดิษฐ์ที่ใช้ตัวกลางทรายหยาบสามารถกำจัดของแข็งทั้งหมดได้สูงสุดร้อยละ 51.4 แต่ตัวกลางแกลบกลับเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำออกซึ่งอยู่ในรูปของแข็งละลายเป็นหลักเนื่องจากเกิดการย่อยสลายหรือการละลายสีของแกลบออกมา เมื่อพิจารณาบึงประดิษฐ์ที่ใช้ตัวกลางชนิดเดียวกันพบว่าการปลูกหญ้าแฝกไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ : แกลบ หญ้าแฝก บีโอดี ไนเตรท ทราย

Abstract

This research aimed to measure efficiencies of municipal wastewater treatment by vertical subsurface flow constructed wetland using different media, i.e. rice husk and coarse sand. The effect of planting was also investigated. The studied wastewater was obtained from the academic building-wastewater treated effluent by anaerobic filter. The experimental system consisted 4 wetland tanks as follows: Tank I – rice husk, Tank II – rice husk and Vetiver grass, Tank III – sand and Tank IV – sand and Vetiver grass. A flow rate of wastewater was regulated at 80 l/day. A hydraulic retention time was approximately 1 day. The influent BOD ranged from 41.8 to 47.4 mg/l. After feeding the wastewater into the wetland for a month to achieve steady state, The effluent sampling was conducted for a month further. Results show that BOD removal efficiencies were

---

[1]นิสิตปริญญาโท , [2]รองศาสตราจารย์ , [3-4]นิสิตปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44150.

[1]Master degree Student, [2] Assoc.Prof, [3-4] Bachelor degree Student, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Mahasarakham 44150.

*Corresponding author: Assoc.Prof.Maneerat Ongwandee, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Mahasarakham 44150. E-mail: maneerat.o@msu.ac.th

14.1%, 17.1%, 61.7% and 61.6% for Tanks I, II, III and IV, respectively. Instead, the effluent NO_3 concentrations of all tanks were 1.0 – 2.9 mg/l, which were higher than the influent NO_3 of 0.2 – 0.9 mg/l. The wetland tank containing coarse sand exhibited the highest removal of total solids of 51.4%, while the wetland tanks with rice husk increased the effluent total solids. Degradation or solution of the rice husk color contributed to a significant increase of dissolved solids in the effluents. As comparing between the wetland tanks using the same filtration media, there was no difference of BOD removal efficiency between the presence and absence of planting at the significant level of 0.05.

Keywords: Rice husk, Vetiver grass, BOD, Nitrate, Sand

บทนำ

น้ำเสียชุมชนหมายถึงน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมด้านต่างๆของคนในชุมชน ไม่ว่าจะเป็นการใช้ชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ โดยน้ำเสียชุมชนจะประมาณร้อยละ 80 ของน้ำใช้ ในพุทธศักราช 2545 ประชากรไทยในแต่ละภูมิภาคมีอัตราการผลิตน้ำเสียดังนี้ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลางและภาคใต้ เท่ากับ 225, 258, 229และ 204 ลิตรต่อคนต่อวัน[1] ซึ่งจะข้อมูลที่กล่าวมาทำให้รู้ว่ายิ่งประชากรมีจำนวนมากขึ้นปริมาณน้ำเสียชุมชนก็จะมากขึ้นตามไปด้วย ลักษณะของน้ำเสียชุมชนจะมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงทำให้ต้องเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่สามารถกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้ก่อนที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

บึงประดิษฐ์ ได้ถูกสร้างขึ้นเพื่อเลียนแบบบึงน้ำตามธรรมชาติด้วยการปลูกพืชชนิดต่างๆบนทรายกรวดหรือดิน เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงและไม่มีความยุ่งยากซับซ้อนในการดูแลรักษาระบบบึงประดิษฐ์ไม่ต้องใช้สารเคมีในการบำบัด โดยกลไกการบำบัดน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์นี้ จะใช้พืชที่ขึ้นในน้ำและจุลินทรีย์ที่เกาะอยู่บริเวณตัวกลางและรากของพืช ในการย่อยสลายสารอินทรีย์และสารปนเปื้อนที่มากับน้ำเสียพร้อมอาศัยการตกตะกอนโดยผ่านตัวกลางของชั้นกรอง ระบบจะมีการกำจัดสารแขวนลอย และสารอินทรีย์ได้ดี นอกจากนี้ระบบยังสามารถกำจัดสารพวกไนโตรเจน และฟอสฟอรัส[2]

จากการศึกษาข้อมูลการทำงานและค่าใช้จ่ายในการลงทุนในแบบจำลองบึงประดิษฐ์ในการใช้งานจริงและพื้นที่จริง พบว่าบึงประดิษฐ์เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนก่อสร้าง, การเดินระบบ, การบำรุงรักษาระบบค่อยข้างต่ำ[3] และบึงประดิษฐ์ยังสามารถกำจัดไนโตรเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพ บึงประดิษฐ์ที่ถูกออกแบบและควบคุมให้มีการทำงานโดยมีการไหลของน้ำในแนวนอน (Horizontal-Flow) ได้แก่ ระบบที่น้ำไหลท่วมผิวชั้นกรองอย่างอิสระ (Free Water Surface Flow) และระบบที่น้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวนอน (Subsurface Flow) ส่วนบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลของน้ำในแนวดิ่ง (Vertical-Flow) โดยทั่ว ไปจะใช้ในการกำจัดกากตะกอน หรือสิ่งปฏิกูลตามอาคารบ้านเรือนซึ่งน้ำเสียที่ออกมาจากอาคารบ้านเรือนส่วนมากจะมีของแข็งเป็นส่วนประกอบมาก[4]

จากการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลในแนวดิ่ง โดยมีตัวกลางเป็นชั้นกรวดและชั้นทรายและการปลูกหญ้าแฝก อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบ 144 ลิตรต่อวัน พบว่ามีประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี ฟอสฟอรัส ไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนียและของแข็งแขวนลอยได้ร้อยละ 42.47, 28.42, 63.93, 50.49และ 72.66 ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบเป็น 288 ลิตรต่อวัน พบว่ามีประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี ฟอสฟอรัส ไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนียและของแข็งแขวนลอยได้ร้อยละ 31.63, 21.10, 37.77, 49.04 และ 59.43 ตามลำดับ[5] และยังมีการศึกษาที่นำ

หญ้าแฝกมาบำบัดน้ำเสียจากโรงงานนมโดยปลูกลักษณะเป็นแพลอยน้ำ พบว่ามีประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีร้อยละ 88[6] ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกหญ้าแฝกมาเป็นพืชที่ใช้ปลูกในระบบบึงประดิษฐ์

เนื่องจากบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวดิ่งเป็นระบบที่ควบคุมและดูแลง่าย ระบบมีเสถียรภาพสูง พร้อมกับมีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกอนออกจากน้ำเสียได้ดีเพราะตัวกลางทรายและแกลบจะมีความสามารถในการกำจัดของแข็งเขวงลอย ส่วนหญ้าแฝกจากงานวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาการใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวดิ่งบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดขั้นแรกแล้ว โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดด้วยบึงประดิษฐ์ที่ใช้ชนิดตัวกลางในชั้นกรองต่างกันและผลของการปลูกและไม่ปลูกหญ้าแฝกในบึงประดิษฐ์

วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

งานวิจัยนี้ใช้น้ำเสียจากอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ผ่านการบำบัดขั้นแรกด้วยบ่อกรองไร้อากาศ (Anaerobic filter) โดยน้ำเสียที่ตรวจวัดในเดือนมีนาคม 2559 มีลักษณะดังนี้ บีโอดี 41.8 – 47.4 มก./ล. พีเอช 7.54 – 7.81 ไนเตรท0.2 – 0.9 มก./ล. ของแข็งแขวนลอย 20 – 31 มก./ล. และ ของแข็งทั้งหมด 336 – 496 มก./ล.

2. บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวดิ่ง

2.1 ชนิดตัวกลางและต้นไม้

งานวิจัยนี้เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียระหว่างตัวกลาง 2 ชนิดที่ต่างกัน ได้แก่ แกลบ และ ทรายหยาบ ซึ่งแกลบเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากการทำนา ในขณะที่ทรายหยาบนิยมใช้ในถังกรองของระบบประปา ส่วนต้นไม้ที่ใช้ปลูกในระบบบึงประดิษฐ์ ได้แก่ หญ้าแฝก ซึ่งมีคุณสมบัติในการปรับปรุงดินและน้ำ ปลูกง่ายและมีรากมาก[7]

2.2 ลักษณะบึงประดิษฐ์

ผู้วิจัยออกแบบบึงประดิษฐ์ด้วยสมการการลดลงของบีโอดีเป็นไปตามปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง โดยค่าคงที่ปฏิกิริยาอันดับที่หนึ่ง (k) ขึ้นกับค่าความพรุนของชั้นตัวกลางและอุณหภูมิของน้ำ[8] ซึ่งกำหนดที่ 25°ซ. Figure 1 แสดงบึงประดิษฐ์ที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วยชั้นตัวกลางหนา 70 ซม. โดยมีชั้นกรวดด้านบนและด้านล่างความหนาด้านละ 10 ซม. เพื่อช่วยกระจายน้ำและกันตัวกลางด้านในไม่ให้ไหลออกพร้อมน้ำทิ้ง ส่วนตอนกลางชั้นกรอง คือ แกลบ (ถังที่ 1 และ 2) หรือ ทรายหยาบ (ถังที่ 3 และ 4 Figure 2) หนา 50 ซม. จากลักษณะชั้นกรองดังกล่าวสามารถคำนวณค่า k ของบึงประดิษฐ์ตัวกลางแกลบเท่ากับ 3.9 ต่อวัน และบึงประดิษฐ์ตัวกลางทราย 6.3 ต่อวัน เมื่อกำหนดค่าบีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ 70 มก./ล. (ออกแบบเผื่อกรณีบีโอดีเพิ่มกว่าปกติ) และบีโอดีน้ำออก 20 มก./ล. (ตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก) จะได้ค่าในการออกแบบเวลากักเก็บน้ำเท่ากับ 5 ชม. และ 16 ชม. สำหรับบึงประดิษฐ์ตัวกลางแกลบและตัวกลางทราย ตามลำดับ ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ถังพลาสติกเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 ซม. สูง 80 ซม. และควบคุมอัตราการไหลน้ำเสียเข้าระบบ 80 ล./วัน ดังนั้นเวลากักเก็บจริงประมาณ 20 – 24 ชม. ซึ่งเพียงพอสำหรับการใช้งาน ระบบท่อน้ำเข้าถังบึงประดิษฐ์ใช้วาล์วควบคุมอัตราการไหลและท่อเจาะรูเพื่อกระจายน้ำให้ทั่วถัง

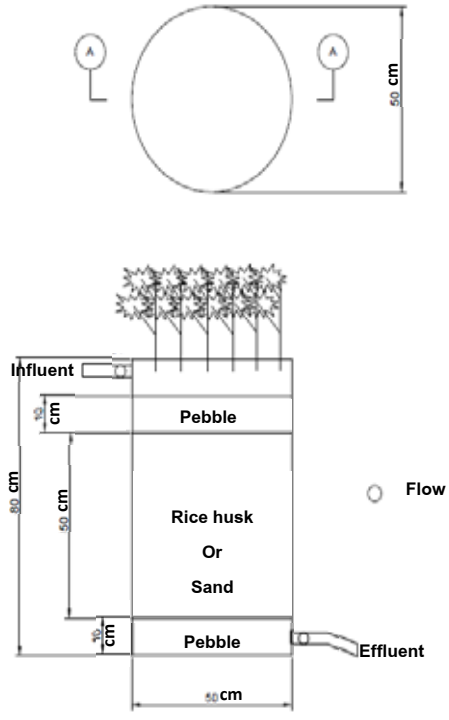

Figure 1. Schematic of vertical subsurface flow constructed wetland

3. การทดลองบำบัดน้ำเสียและการเก็บตัวอย่าง

Figure 2 แสดงระบบทดลองประกอบด้วยบึงประดิษฐ์ 4 ถัง ดังนี้ ถังที่ 1 ตัวกลางแกลบและปลูกหญ้าแฝก 9 ต้น ถังที่ 2 ตัวกลางแกลบ ไม่ปลูกหญ้าแฝก ถังที่ 3 ตัวกลางทราย ไม่ปลูกหญ้าแฝก และถังที่ 4 ตัวกลางทรายและปลูกหญ้าแฝก 9 ต้น

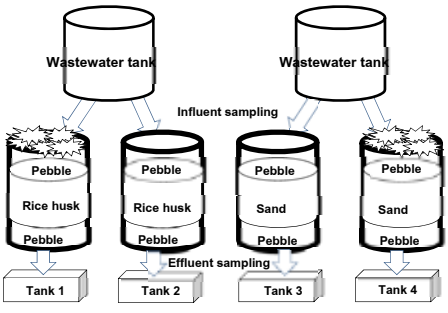

Figure 2. Schematic of experimental system

ช่วง 2 สัปดาห์หลังปลูกหญ้าแฝกใช้น้ำประปาไหลเข้าระบบเพื่อทดสอบการควบคุมอัตราการไหลหลังจากนั้นจึงผ่านน้ำเสียเข้าระบบและขังน้ำไว้เป็นเวลา 1 สัปดาห์เพื่อให้พืชเจริญเติบโตได้ หลังจากนั้นจึงปล่อยน้ำที่ขังออก และผ่านน้ำเสียเข้าระบบด้วยอัตรา 80 ล./วัน เป็นเวลา 1 เดือน เพื่อให้ระบบการบำบัดเข้าสู่สภาวะสมดุล จากนั้นจึงเก็บตัวอย่างน้ำออกและน้ำเสียเข้าระบบมาวิเคราะห์พารามิเตอร์ทุกๆ 3 หรือ 7 วัน อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 1 เดือน

พารามิเตอร์น้ำที่วิเคราะห์ ได้แก่ พีเอช (เครื่องวัดพีเอช Mettler-Toledo) บีโอดี (วิธีเอไซด์แบบปรับปรุง) ไนเตรท (วิธีการดูดกลืนแสง) ของแข็งแขวนลอย และ ของแข็งทั้งหมด (วิธีชั่งน้ำหนัก)

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ตัวกลางที่ต่างกันและการปลูกหญ้าแฝกมีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของบึงประดิษฐ์ทั้ง 4 ถัง ดังแสดงตามพารามิเตอร์ที่ตรวจวัด ดังนี้

1. พีเอช

Figure 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงพีเอชของน้ำเสียเข้าระบบและออกจากบึงประดิษฐ์ในช่วงเวลา 1 เดือน พบว่าค่าพีเอชของน้ำเสียที่ออกจากบึงประดิษฐ์ทั้ง 4 ถัง อยู่ในช่วง 6.4 – 7.6 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าน้ำเสียเข้าระบบ โดยเฉพาะถังที่ 1 และ 4 ที่มีหญ้าแฝก มีพีเอชต่ำกว่าถังที่มีแต่ตัวกลาง เป็นไปได้ว่าเมื่อพืชใช้ก๊าซออกซิเจนในดินที่แพร่เข้าสู่เซลล์ขนรากเพื่อสลายสารอาหารให้เป็นพลังงานแล้ว จะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากเซลล์เข้าสู่ช่องว่างในชั้นตัวกลาง เมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำจึงทำให้เกิดกรดคาร์บอนิก คล้ายคลึงกับงานวิจัยของฐิติณัฏฐ์ ศักรานุกิจ ที่ศึกษาการบำบัดน้ำเสียชุมชนภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์โดยระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการปลูกหญ้าแฝกแตกต่างกัน 4 ชนิด พบว่าค่าพีเอชของน้ำออกลดลงจากน้ำเข้าระบบ ในทุกกรณีที่ได้ศึกษาหญ้าแฝกทุกชนิด[9]

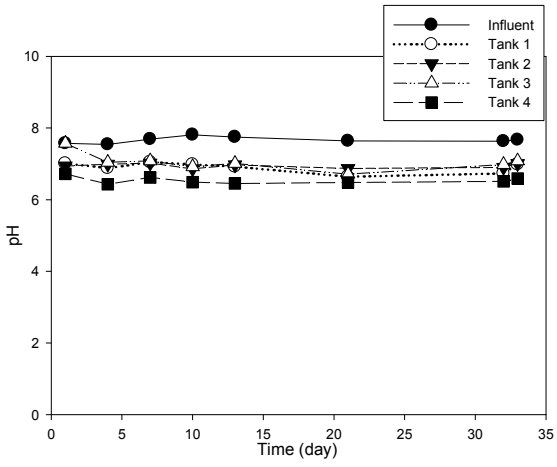

Figure 3. Variation of pH in the wastewater influent and wetland effluents

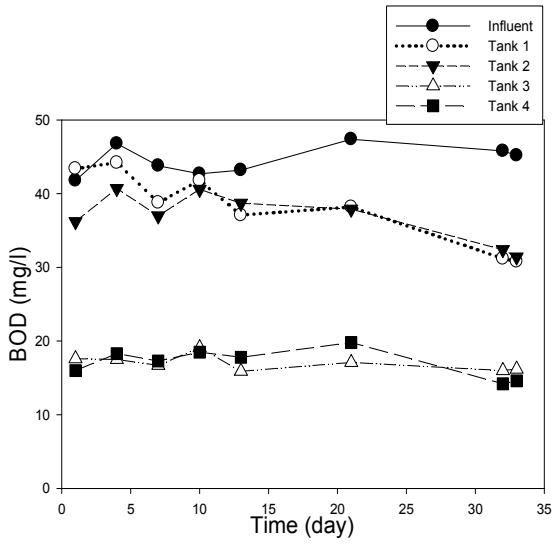

Figure 4. Variation of BOD in the wastewater influent and wetland effluents

2. บีโอดี

Figure 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าบีโอดีในน้ำเสียเข้าระบบและออกจากบึงประดิษฐ์ พบว่าบีโอดีของน้ำออกจากถังที่ 3 และ 4 ซึ่งมีตัวกลางทรายหยาบมีค่าต่ำกว่าถังที่ 1 และ 2 ที่ใช้แกลบอย่างเห็นได้ชัด บีโอดีน้ำออกจากถังที่ใช้แกลบมีค่าใกล้เคียงน้ำเสียเข้าระบบในช่วงแรกและมีแนวโน้มของลดลงเมื่อเวลาผ่านไป จึงเป็นไปได้ว่าแกลบในชั้นกรองเกิดการย่อยสลายหรือละลายซึ่งสังเกตจากสีน้ำออกของ 2 ถังนี้เป็นสีชา สารอินทรีย์ที่เกิดจากการย่อยสลายของอินทรียสารซากพืชซากสัตว์ในธรรมชาติ เกิดเป็นสารอินทรีย์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กจนสามารถละลายน้ำได้ เช่น สารกลุ่มฮิวมิก (Humic acid) และฟลูวิก (Fluvic acid) ซึ่งสารทั้งสองนี้ยังมีส่วนทำให้เกิดสีในน้ำเป็นสีน้ำตาลอ่อนหรือสีชา[10] จึงทำให้ค่าบีโอดีไม่ลดลงในช่วงแรก ถึงแม้ว่าอาจเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียก็ตาม

Figure 5 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีในรูปร้อยละของแต่ละถังที่เวลาต่างๆ กัน และประสิทธิภาพเฉลี่ย พบว่า ถังที่ 3 และ 4 ตัวกลางทรายหยาบกำจัดบีโอดีได้ประมาณร้อยละ 60 ซึ่งมากกว่าถังที่ 1 และ 2 ตัวกลางแกลบที่กำจัดบีโอดีได้ประมาณร้อยละ 15 และยังพบว่าบึงประดิษฐ์ที่ใช้ตัวกลางเดียวกันแต่มีกับไม่มีหญ้าแฝกมีประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ดังนั้นจึงสอดคล้องกับงานวิจัยประกายธรรม สุขสถิตย์ ที่มีการศึกษาประสิทธิภาพบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลใต้ผิวดินในแนวดิ่ง โดยประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอน ซึ่งวิเคราะห์ด้วยค่าซีโอดีในระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการปลูกและไม่มีการปลูกพืช ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95[11] ทั้งนี้เนื่องมาจากสารอินทรีย์คาร์บอนที่ละลายน้ำได้ในระบบจะถูกกำจัดโดยกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน กลายเป็นก๊าสคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำ ในขณะที่สารอินทรีย์คาร์บอนบางส่วนจะถูกชั้นตัวกลางดูดซับเอาไว้[12]

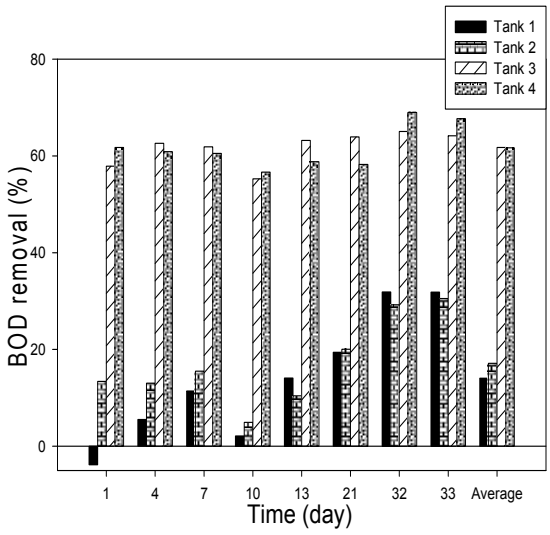

Figure 5. Variation of BOD removal efficiencies for each wetland tank and average efficiencies

3. ไนเตรท

Figure 6 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าไนเตรทในน้ำเสียเข้าระบบและออกจากบึงประดิษฐ์ พบว่าถังทั้ง 4 ถังมีค่าไนเตรทในน้ำออก 1.0 – 2.9 มก. /ล. สูงกว่าน้ำเสียเข้าระบบ 0.2 – 0.9 มก./ล. สันนิษฐานได้ว่าน้ำเสียที่ใช้ทดลองซึ่งเป็นน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยถังกรองไร้อากาศอาจมีไนโตรเจนส่วนใหญ่ในรูปสารอินทรีย์ไนโตรเจนหรือแอมโมเนีย เมื่อน้ำเสียผ่านเข้าสู่บึงประดิษฐ์จึงอาจเกิดกระบวนไนตริฟิเคชัน (Nitrification) เปลี่ยนเป็นไนเตรทภายใต้สภาวะมีออกซิเจนพอเพียง ซึ่งสังเกตได้ว่าถังที่ 4 ตัวกลางทรายหยาบและปลูกหญ้าแฝกมีไนเตรทในน้ำออกสูงสุดและค่อนข้างคงที่

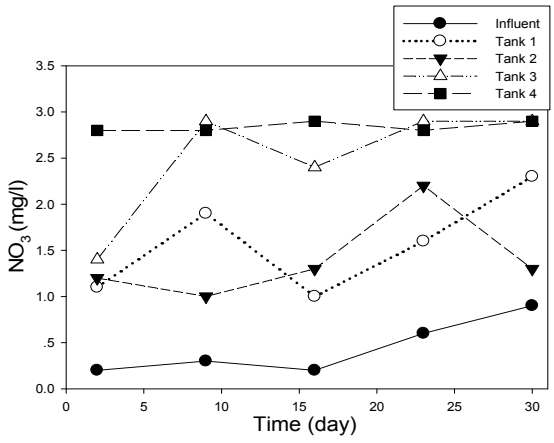

Figure 6. Variation of NO_3 in the wastewater influent and wetland effluents

4. ของแข็งแขวนลอย

Figure 7 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียเข้าระบบและออกจากบึงประดิษฐ์ พบว่าของแข็งแขวนลอยในน้ำออกจากทั้ง 4 ถังมีค่าต่ำกว่าในน้ำเสียเข้าระบบ โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดได้ร้อยละ 40.4, 76.2, 45.0และ 56.5 ตามลำดับ ซึ่งบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ชั้นกรองในแนวดิ่งมีความสามารถในการดักจับตะกอนแขวนลอยได้อย่างไรก็ดี ของแข็งแขวนลอยในน้ำออกในบางช่วงเวลามีค่าเพิ่มสูงขึ้นกะทันหันเนื่องจากเกิดลมแรงอาจพาฝุ่นหรือเศษดินปลิวลงไปในถังพักน้ำได้

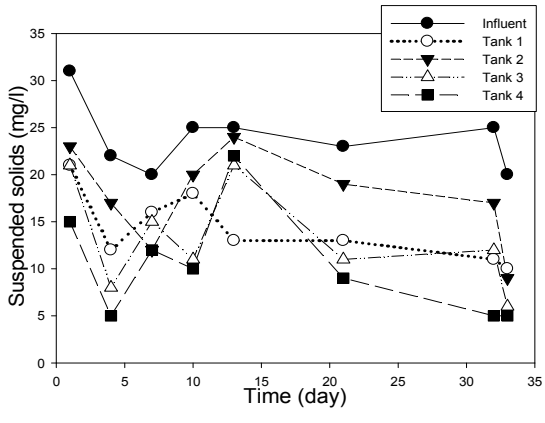

Figure 7. Variation of total suspended solids in the wastewater influent and wetland effluents

5. ของแข็งทั้งหมด

Figure 8 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของแข็งทั้งหมดในน้ำเสียเข้าระบบและออกจากบึงประดิษฐ์ พบว่าในช่วงครึ่งเดือนหลังของการเก็บตัวอย่างน้ำออกถังที่ 3 และ 4 ตัวกลางทรายหยาบสามารถลดของแข็งทั้งหมดในน้ำเสียโดยเฉลี่ยได้ร้อยละ 55.9 และ 42.9 ตามลำดับ ส่วนถังที่ 1 และ 2 ตัวกลางแกลบลดได้เพียงร้อยละ 18.0 และ 16.8 ตามลำดับ

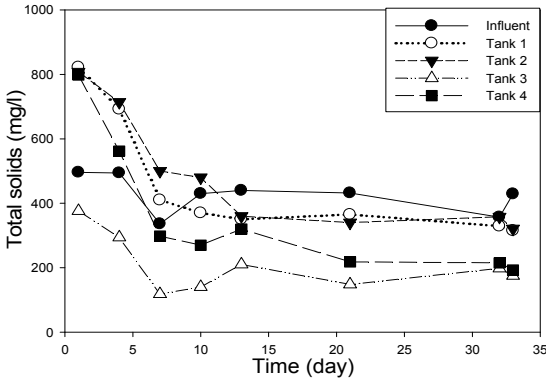

Figure 8. Variation of total solids in the wastewater influent and wetland effluents

6. ของแข็งละลายน้ำ

Figure 9 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของแข็งละลายในน้ำเสียเข้าระบบและออกจากบึงประดิษฐ์ หมายเหตุ ปริมาณของแข็งละลายคำนวณได้จากผลต่างระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดและของแข็งแขวนลอย จะเห็นได้ว่าของแข็งในน้ำออกจากบึงประดิษฐ์ทั้ง 4 ถังอยู่ในรูปของแข็งละลายเป็นหลัก และพบว่าน้ำออกจากถังที่ 1 และถังที่ 2 ในการเก็บตัวอย่างช่วงสัปดาห์แรกมีปริมาณของแข็งละลายน้ำสูงกว่าน้ำเสียเข้าระบบ สังเกตได้ว่าถังที่ 1 และ 2 ใช้ตัวกลางแกลบน้ำออกมีสีน้ำตาลใส อาจเกิดจากการย่อยสลายของแกลบเกิดเป็นสารอินทรีย์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กจนสามารถละลายน้ำได้ เช่น สารกลุ่มฮิวมิก (Humic acid) และฟลูวิก (Fluvic acid) ซึ่งสารทั้งสองนี้ยังมีส่วนทำให้เกิดสีในน้ำเป็นสีน้ำตาลอ่อนหรือสีชา[10] ละลายออกมากับน้ำออกจากระบบทำให้ค่าของแข็งละลายน้ำเพิ่มขึ้น แต่หลังจากสัปดาห์แรกถังที่ 4 มีประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งละลายน้ำที่สูงขึ้นและค่อนข้างคงที่

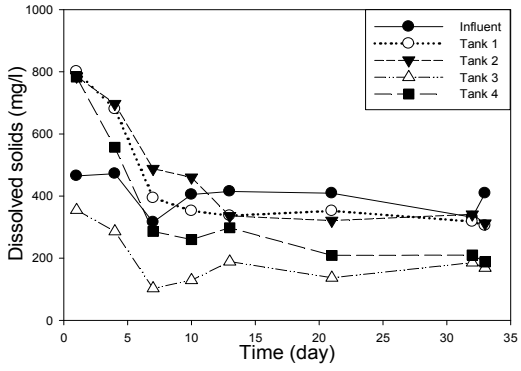

Figure 9. Variation of dissolved solids in the wastewater influent and wetland effluents

7. ผลการเดินระบบด้วยน้ำประปา

ผู้วิจัยได้ศึกษาทดสอบเพิ่มเติมหลังเสร็จสิ้นการทดลองบำบัดน้ำเสียเป็นเวลา 2 เดือน โดยใช้น้ำประปาไหลผ่านบึงประดิษฐ์ทั้ง 4 ถังแทนเป็นเวลาต่อเนื่อง 3 วัน พบว่า น้ำออกมีของแข็งทั้งหมดเฉลี่ยจากการวัด 2 ครั้งเท่ากับ 220, 170, 50และ 90 มก./ล. ตามลำดับ เปรียบเทียบกับน้ำประปาเข้าระบบเท่ากับ 10 มก./ล. ในขณะที่ของแข็งแขวนลอยในน้ำออกเท่ากับใกล้เคียงกับน้ำประปาประมาณ 2 – 4 มก./ล. ดังนั้นการไหลผ่านของน้ำในชั้นบึงประดิษฐ์สามารถละลายองค์ประกอบบางอย่างของตัวกลาง เช่น แกลบหรือละลายแร่ธาตุ อนินทรีย์อื่นๆ ในชั้นตัวกลางออกมาได้ ทั้งนี้เพราะค่าบีโอดีในน้ำออกใกล้เคียงกับน้ำประปาประมาณ 2 – 4 มก./ล. ซึ่งยังอาจชี้ให้เห็นว่าไม่มีการตกค้างหรือดูดซับสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่ตัวกลาง

สรุปผลการทดลอง

การบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดด้วยบ่อกรองไร้อากาศด้วยบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ชั้นตัวกลางทรายในแนวดิ่ง สามารถกำจัดบีโอดีให้เหลือต่ำกว่า 20 มก./ล. ตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก ในขณะที่บึงประดิษฐ์ที่ใช้ชั้นตัวกลางแกลบไม่สามารถลดบีโอดีลงได้และปริมาณ

ของแข็งละลายกลับเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการย่อยสลายหรือการละลายสีของแกลบออกมา ดังนั้นแกลบสดจึงไม่เหมาะที่จะใช้เป็นตัวกลางในระบบบึงประดิษฐ์ หรือควรมีการเผาแบบอับอากาศเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ในองค์ประกอบของแกลบก่อน ส่วนการปลูกหญ้าแฝก เช่น หญ้าแฝกซึ่งมีรากจำนวนมาก ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีในน้ำเสียเมื่อใช้ตัวกลางในชั้นกรองชนิดเดียวกัน อาจกล่าวได้ว่าการกำจัดสารอินทรีย์เกิดขึ้นที่ชั้นตัวกลางเป็นหลักด้วยกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพด้วยจุลินทรีย์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคามสำหรับทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. กรมควบคุมมลพิษ. คู่มือน้ำเสียชุมชนและระบบบำบัดน้ำเสีย : สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย , 2545
2. กรมควบคุมมลพิษ. เกณฑ์การออกแบบระบบรวบรวมน้ำเสียและโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชน.กรุงเทพมหานคร : สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย , 2546
3. Cooper,P.E., Job, G.D., Green M.B., and ShuteR.B.E. Reed beds and Constructed wetland for wastewater treatment. 1996. Separation and Purification Technology 37 : 117-125
4. ทรงศักดิ์ ศรีคราม. การบำบัดน้ำเสียจากอาคารเรียนโดยใช้บึงประดิษฐ์ที่มีการไหลใต้ผิวดินตามแนวดิ่ง. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม , 2553
5. สมพร เปรมปรามอมร. การกำจัดไนโตรเจนโดยใช้พืชต่างชนิดในระบบบึงประดิษฐ์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ , 2547
6. ดารินทร์ แซ่ตั้ง. การใช้หญ้าแฝกในระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงนม. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , 2551
7. ผดุงศักดิ์ ภักดีภักดิ์. การใช้หญ้าแฝกในการปรับปรุงคุณภาพน้ำในคลองระบายน้ำทิ้งชุมชน. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี , 2548
8. Metcraft and Eddy Inc. Wastewater Engineering : Treatment disposal and Reuse , 3rd ed., Mcgraw-hill, New York, 1991
9. ฐิติณัฏฐ์ ศักรานุกิจ. การใช้หญ้าแฝกบำบัดน้ำเสียชุมชนภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , 2549
10. วนิดา ชูอักษร. เทคโนโลยีการกำจัดสีในน้ำเสียอุตสาหกรรม. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 2555;17(1):181-191.
11. ประกายธรรม สุขสถิตย์. ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ในน้ำเสียชุมชนโดยใช้ระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินแนวดิ่ง. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมีสิ่งแวดล้อม : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง , 2550
12. Watson, J.T., Reed, S.C.., Kadlec, R.H., Knight, R.L. and Whitchouse, A.E.. Performance Expectations and Loading Rates

for Constructed Wetlands. 1989. Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: Municipal, Industrial and Agricultural. Chelsea, Michigan :Lewis Publishers