แบบจำลองการฟื้นฟูตัวเองของคุณภาพน้ำ (DO Sag Curve) ในลำเหมืองมหัศจรรย์ อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน

The DO Sag Curve Model of Water Quality in the Miracle Weir, Tha Wang Pha District, Nan Province.

พระสุวิทย์ อักขระ[1] รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐา หังสพฤกษ์[2] และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต อนุรักษ์[3]

1 พระอาจารย์โรงเรียนพระปริยัติธรรมวัด นิโครธาราม (แผนกสามัญศึกษา) อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน ภายใต้โครงการพระราชดำริในสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ email: lifewit@hotmail.com

2. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต โทรศัพท์/โทรสาร 02 564 4480-1 email: nhungspreug@hotmail.com

3. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต โทรศัพท์/โทรสาร 02 564 4480-1 email: banurugsa@yahoo.com

บทคัดย่อ

แบบจำลองการฟื้นฟูตัวเองของคุณภาพน้ำ (DO Sag Curve) ในลำเหมืองมหัศจรรย์ อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน ระหว่าง กันยายน -ตุลาคม 255 4 วิเคราะห์ ออกซิเจนละลายน้ำ (DO), ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD), อุณหภูมิ และความเร็ว เมื่อเติมมูลวัว 5 และ 10 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร เทลงในลำน้ำเหมืองมหัศจรรย์ เพื่อเปรียบเทียบแบบจำลองออกซิเจนละลายน้ำกับในภาคสนาม

ผลการศึกษาพบว่า ออกซิเจนละลายน้ำ ที่วัดจริงในภาคสนาม ที่ระยะ 0, 300, 600, 900, 1200, 1500, 1800, 2100, 2400, และ 2700 เมตร เท่ากับ 7.00, 6.90, 6.60, 6.20, 6.00, 5.80, 5.70, 5.60, 5.50 และ 5.40 mg/l ตามลำดับ เมื่อนำค่าออกซิเจนละลายน้ำ จริงในภาคสนามมาเปรียบเทียบกับแบบจำลองเพื่อหาความแตกต่างที่ความเข้มข้นน้ำเสียจากมูลวัว 5 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร พบว่าที่ระยะ 300 เมตร มีค่าความแตกต่าง ต่ำสุดเท่ากับ 0.06 mg/l และมีค่าสูงสุด 0.42 mg/l ที่ระยะทาง 1500 เมตร โดยมีอุณหภูมิสูงสุด 29.87-30.97 °C โดยที่ Kr (reaeration rate constant) ที่ 20 °C มีค่า 0.74 ต่อวัน และ Kd (deaeration rate constant) ที่ 20 °C มีค่าเท่ากับ 0.3641 ต่อวัน พบว่าออกซิเจนละลายน้ำ มีค่าใกล้เคียงกับในแบบจำลอง แต่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ และเมื่อเติมความเข้มข้นน้ำเสียจาก มูลวัว 10 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร พบว่า ออกซิเจนละลายน้ำในภาคสนามเท่ากับ 9.90, 8.70, 8.60, 8.60, 8.00, 8.10, 7.60, 7.40, 7.80 และ 8.00 mg/l ต่ำกว่าแบบจำลอง ที่ระยะทาง 300 เมตร และเพิ่มขึ้นที่ระยะทาง 2400 เมตร ผลการศึกษาแบบจำลอง พบว่า มีค่าออกซิเจนละลายน้ำลดลง เท่ากับ 9.30, 9.05, 8.76, 8.47, 8.19, 7.92, 7.66, 7.42, 7.18 และ 6.95 mg/l ตามลำดับ โดยมี ค่าพิสัยอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 29.87-30.97 °C เมื่อนำค่าออกซิเจนละลายน้ำในภาคสนามมาเปรียบเทียบกับแบบจำลอง พบว่าที่ระยะทาง 1500 เมตร มีค่าความแตกต่าง ต่ำสุดเท่ากับ 0.17 mg/l และสูงสุด เท่ากับ 0.35 mg/l ที่ระยะทาง 300 เมตร พบว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำ มีค่าไม่แตกต่างกัน แต่ เริ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระยะทาง 2400 เมตร และเมื่อ

เปรียบเทียบค่าในภาคสนามกับค่าที่ได้จากแบบจำลองโดยวิธี Paired t-test พบว่าความเข้มข้นน้ำเสียจากมูลวัว 5 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร มีค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายน้ำ แตกต่างกัน (T-Value=4.45, P-Value=0.002) ในขณะที่ความเข้มข้นน้ำเสียจาก มูลวัว 10 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน (T-Value=-1.21, P-Value=0.250) ดังนั้นแบบจำลองของเสียจากมูลวัว 10 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร จะทำนายได้ดีกว่าแบบจำลองของเสียจากมูลวัว 5 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร

Abstract

The Self-purification of water quality model in the Miracle channel was carried out at Tha Wang Pha district, Nan province during September and October, 2011. Water quality parameters such as DO, BOD, temperature and water velocity were measured after adding 5 and 10 kg of manure per 100 liters of water in the channel and compared with the result from the analysis using Streeter-Phelps models

The DO values measured at a distance of 0, 300, 600, 900, 1200, 1500, 1800, 2100, 2400 and 2700 meters were 7.00, 6.90, 6.60, 6.20, 6.00, 5.80, 5.70, 5.60, 5.50 and 5.4 mg/l, respectively. The DO values from the analysis of the model showed the values of 7.00, 6.80, 6.70, 6.50, 6.40, 6.20, 6.10, 6.00, 5.80 and 5.70 mg/l, respectively. The comparison of the measured and modeled values showed the least discrepancy of 0.06 mg/l at the distance of 300 meters and the highest discrepancy of 0.42 mg/l at 1500 meters under temperature range of 29.87-30.97 ^{o}C whereas the re-aeration coefficient (k) and the de-aeration coefficient (k_r) had the values of 0.747 and 0.3341 per day at 20 ^{0}C, respectively. The measured and modeling values of DO's were close but showed non-significant differences after adding 10 kg. of manure per 100 liter of water. The measured DO's at a distance of 0, 300, 600, 900, 1200, 1500, 1800, 2100, 2400 and 2700 meters were 9.90, 8.70, 8.60, 8.60, 8.00, 8.10, 7.60, 7.40, 7.80 and 8 mg/l, respectively. The results from the model at the same locations were 9.37, 9.05, 8.76, 8.47, 8.19, 7.92, 7.66, 7.42, 7.18 and 6.95 mg/l, respectively. It could be observed that the measured DO was increased at a distance of 2400 meter which was significantly different from the model. The DO values at other locations were non-significant differences between the measured and modeled. By employing a paired T-test to compare the measured and modeled DO's, the results showed that the DO values were significant differences after adding a manure of 5 kg./100 liter of water with t-value of 4.45 and p-value of 0.002. However, the DO values were non-significant differences under the 10 kg. manure condition with t-value of -1.21 and p-value of 0.25.

คำสำคัญ (Key words) คุณภาพน้ำ (water quality), ลำเหมืองมหัศจรรย์ (Miracle weir), แบบจำลอง (Model), เส้นหย่อนออกซิเจนละลายน้ำ (DO Sag curve), การฟื้นฟูตัวเอง (Self-purification)

บทนำ

ลำเหมืองมหัศจรรย์ เป็นลำน้ำที่ผันมาจากฝายน้ำย่างเข้าสู่ชุมชนบ้านฝายมูลและเพื่อ นำน้ำไปใช้ในการเกษตร เหมืองดังกล่าวมีการสร้างกำแพงสูงหรืออีกนัยหนึ่งเป็นลำรางน้ำลึก เป็น

ร่องรอยแห่งภูมิปัญญาของชาวพื้นที่ทำเอาไว้ตั้งแต่ร้อยกว่าปีมาแล้ว มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อกักกันน้ำให้ไหล ลงสู่พื้นที่การเกษตร มีหลักฐานถูกบันทึกไว้ว่า โดยเฉพาะที่มาของชื่อลำเหมืองมหัศจรรย์ ตามประวัติผู้เฒ่าผู้แก่เล่าสืบต่อๆ กันมาว่า ลำเหมืองสายนี้ได้สร้าง (ขุดเจาะ) มาพร้อมกับฝายลูกที่ 1 (ฝายน้ำย่าง) บ้านฝายมูล แต่สร้างเมื่อ พ.ศ. ใดไม่ปรากฏชัด ต้นเหมือง (ปากเหมือง) จะอยู่ติดกับฝายทางทิศตะวันออกของฝาย ลักษณะของลำเหมืองลึก 3 เมตร กว้าง 2.50 เมตร ลำเหมืองจะขนานไปกับลำน้ำย่าง ยาวประมาณ 1,000 เมตร โดยการขุดเจาะดานหินผาซึ่งแข็งแกร่งให้เป็นลำเหมืองได้ เมื่อ 150 ปีล่วงมาแล้ว ใช้จอบ เสียม เหล็กแหลมเจาะขุด และใช้ซุงแห้งสอดเข้าไปในช่องว่างของดานหินผาที่ขุดเจาะ แล้วใช้ฟืนเผาจนหินแตกแยก เพื่อสะดวกในการขุดเจาะ ทิ้งไว้ให้เย็นเป็นเวลานาน จึงทำการขุดเจาะเป็นช่วง ๆ ต่อไป ประมาณปี 2520 นายพยูณ มีทองคำ นายอำเภอท่าวังผา (พ.ศ. 2543 เป็นผู้ว่าราชการจังหวัดสิงห์บุรี) ท่านได้ไปตรวจเยี่ยมการซ่อมแซมเหมืองฝาย เมื่อครั้งนั้น ได้แสดงความเห็นว่า นับเป็นสิ่งมหัศจรรย์ของบรรพบุรุษที่สร้างลำเหมืองแห่งนี้ได้ จึงได้กรุณาตั้งชื่อลำเหมือง แห่งนี้ว่า “ลำเหมืองมหัศจรรย์” ตั้งแต่บัดนั้นเป็นต้นมา ต่อจากลำเหมืองมหัศจรรย์ดังกล่าวแล้ว ก็จะเป็นลำเหมืองติดต่อกันไปอีก จากสะพานคอนกรีตลำน้ำย่างไปทิศทางใต้ ผ่านบ้านฝายมูลไปสิ้นสุดที่บ้านตาลชุม ตำบลตาลชุม เป็นระยะทาง 3,000 เมตร เป็นลำเหมืองเส้นเดียวกับลำเหมืองมหัศจรรย์ เป็นลำเหมืองที่หล่อเลี้ยงชีวิต ประชาชน ใน 3 ตำบล ได้แก่ ตำบลป่าคา ตำบลศรีภูมิ และตำบลตาลชุม จำนวนครัวเรือนที่ได้รับผลประโยชน์จากเหมืองฝายแห่งนี้ ประมาณ 2,500 ครัวเรือน จำนวนที่นาได้รับประโยชน์จากเหมืองฝายแห่งนี้ ประมาณ 4,000 ไร่ ซึ่งน้ำเหมืองมหัศจรรย์ได้ไหลไปตามร่องน้ำ ผ่านพื้นที่ชุมชน ในขณะเดียวกันลำเหมืองมหัศจรรย์ยังเป็นที่รองรับน้ำที่ทิ้งจากกิจกรรมตามบ้านเรือนต่างๆ และจากการขยายตัวของชุมชนมากขึ้น จึงมีการใช้น้ำจากครัวเรือนมากขึ้นเรื่อยๆ จากนั้นก็ถูกระบายลงสู่ลำน้ำเหมืองมหัศจรรย์มากขึ้น ทำให้เกิดน้ำเสียทั้งที่ผ่านการบำบัดและไม่ผ่านการบำบัด ปริมาณมากถูกปล่อยลงสู่ลำน้ำเหมืองมหัศจรรย์และส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำโดยตรง ทำให้น้ำเสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็วและถ้าไม่ได้รับการบำบัดก็จะทำให้น้ำสกปรกมากขึ้นและเน่าเสียได้ และน้ำก็จะถูกปล่อยลงสู่แม่น้ำน่านต่อไปและก็จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำและสิ่งมีชีวิตบางชนิด จากที่ประชาชนได้มีการดำเนินกิจกรรมในครัวเรือนหรือชุมชนขยายตัวมากขึ้นมีการทิ้งของเสียลงในน้ำมากๆ อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศในแหล่งน้ำหรืออาจทำให้เกิดน้ำเน่าเสียได้จึงมีความสนใจที่จะ ศึกษาเรื่องของแบบจำลองการฟื้นฟูคุณภาพน้ำในลำเหมืองมหัศจรรย์ โดยการตรวจวัดค่า DO, BOD, อุณหภูมิ และเพื่อสร้างแบบจำลองขึ้นมา เพื่อหาวิธีหนทางแก้ไขปัญหาน้ำเสียจากชุมชน รในการทำกิจกรรมต่างๆ ทิ้งลงสู่ลำเหมืองมหัศจรรย์ เพื่อแก้ไขปัญหาการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนก่อนปล่อยลงสู่ลำเหมืองมหัศจรรย์และแม่น้ำน่าน ต่อไป

วัตถุประสงค์

(1) เพื่อศึกษาแบบจำลองสถานการณ์ การฟื้นฟูตัวเองของ คุณภาพน้ำ ในลำเหมืองมหัศจรรย์

(2) เพื่อศึกษาศักยภาพในการฟื้นฟูตัวเองของคุณภาพน้ำ (DO Sag Curve) ของลำเหมืองมหัศจรรย์

(3) เพื่อเปรียบเทียบแบบจำลองการฟื้นฟูตัวเองของคุณภาพน้ำของลำเหมืองมหัศจรรย์

วิธีการศึกษา

(1) กำหนดจุดเก็บในพื้นที่ลำเหมืองมหัศจรรย์ อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน จำนวน 10 จุด ระยะห่างกันแต่ละจุด 300 เมตร เป็นระยะทางรวมทั้งสิ้น 2,700 เมตร

(2) วัดอุณหภูมิน้ำ, pH, ความเร็วกระแสน้ำ (velocity) ออกซิเจน ละลายน้ำโดยในวิธี Azide Modification ตาม Standard Methods for the Examination of water and wastewater Analysis (America Pubic Association, America water Work Association & water Environment Federation, American Public Health, 1998)

(3) เตรียมความเข้มข้นของน้ำเสียจากน้ำหมักมูลวัว อัตราความเข้มข้น 5 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร และ 10 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร โดยเทน้ำเสียลงในน้ำแต่ละครั้งครั้งละปริมาณ 100 ลิตร ต่อ 1 ครั้งโดยการทดลองแต่ละครั้งจะเว้นช่วงห่างกัน 7-8 วัน

(4) ใช้แบบจำลองของ (Streeter-Phelps, 1925) ตามสมการ

$$D_t = \frac{[K_d L_a (e^{-k_d t} - e^{-k_r t})]}{K_r - K_d} + D_a(e^{-k_r t})$$

เมื่อ D_t = ปริมาณออกซิเจนละลายที่ถูกใช้ไป (หายไป) ที่เวลา t (mg/l)

K_d = deaeration rate constant ที่ 20 °C

L_a = ความเข้มข้นของ BOD หลังจากการผสม (mg/l)

D_a = ปริมาณออกซิเจนละลายที่หายไปหลังผสม (mg/l)

K_r = reaeration rate constant ที่ 20 °C

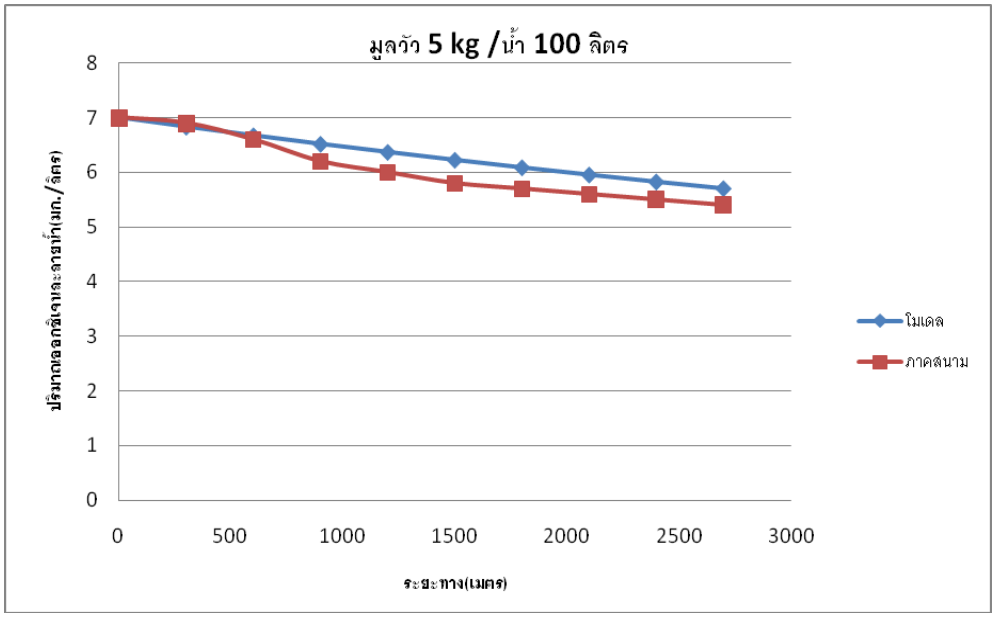
T = เวลา (วินาที)

ผลการศึกษา

ความสัมพันธ์ระหว่างออกซิเจนละลายน้ำ (mg/l) กับระยะทาง (เมตร) เมื่อเติม ความเข้มข้นน้ำเสียจากมูลวัว 5 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร พบว่า ระยะทาง 900, 1200, 1500, 1800, 2100, 2400, และ 2700 เมตร

ข้อมูลออกซิเจนละลายน้ำในภา คสนามมาเทียบกับแบบจำลอง พบว่าออกซิเจนละลายน้ำในภาคสนามมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ (P=0.002) แตกต่างกับค่าเฉลี่ย ออกซิเจนละลายน้ำในแบบจำลองอย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่1)

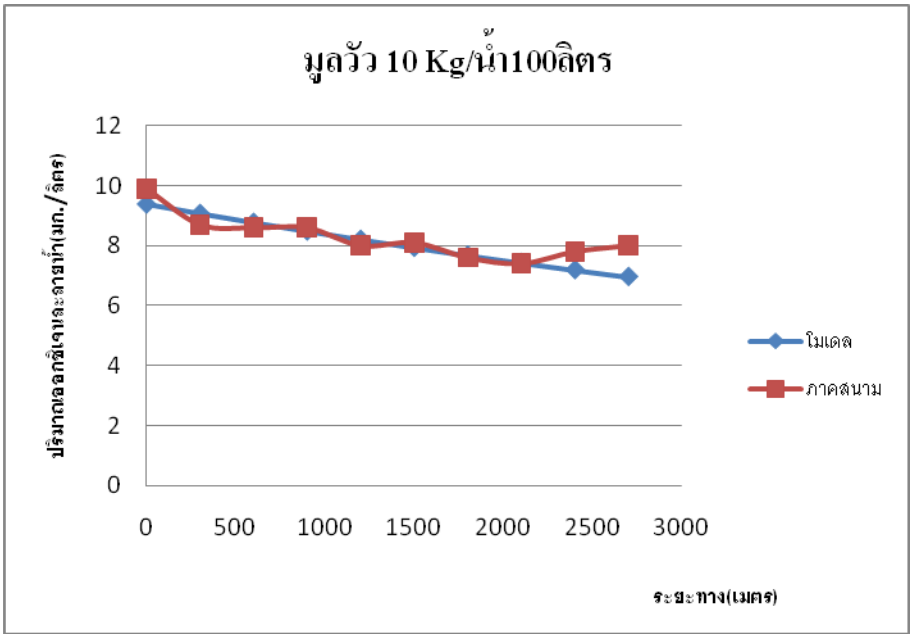
รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างออกซิเจนละลายน้ำ (mg/l) กับระยะทาง (เมตร) เมื่อเติมความเข้มข้นน้ำเสียจากมูลวัว 5 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร



กรณีเติมความเข้มข้นน้ำเสียจาก มูลวัว 10 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (mg/l) ตามระยะทาง (เมตร) ของภาคสนาม พบว่า ออกซิเจนละลายน้ำ (mg/l) ในภาคสนาม มีค่าเท่ากับ 9.90 mg/l สูงกว่าค่าแบบจำลอง และออกซิเจนลดลงที่ระยะทาง 300 เมตร มีค่าเท่ากับ 8.70 mg/l และออกซิเจนละลายน้ำเพิ่ม ขึ้นที่ระยะทาง 900 เมตร มีค่าเท่ากับ 8.60 mg/l ซึ่งมีออกซิเจนละลายน้ำใกล้เคียงกับค่าออกซิเจนละลายน้ำในแบบจำลอง และมีแนวโน้มของออกซิเจนต่ำลงที่ระยะทาง 1200 เมตรมีค่าเท่ากับ 8.00 mg/l ออกซิเจนเพิ่มขึ้นที่ระยะทาง 1500 เมตร เท่ากับ 8.10 mg/l และระยะทางที่ 1800 กับ 2100 เมตร จะมีค่าใกล้เคียงกัน เท่ากับ 7.60 กับ 7.40 mg/l แต่ระยะทางที่ 2400 เมตร ออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มขึ้นเท่ากับ 7.80 mg/l อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจจะมีหลายปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนละลายน้ำ กระแสน้ำมีค่าเท่ากับ 6.38 m/s ค่า pH เท่ากับ 7.79 และมีอุณหภูมิที่ 30.53 องศาเซลเซียส และพบว่าออกซิเจนละลายน้ำ มีค่าต่ำสุด อยู่

ที่ระยะทาง 2100 เมตร มีค่าเท่ากับ 7.40 mg/l และสูงสุดที่ระยะ 0 เมตร มีค่าเท่ากับ 9.90 mg/l และมีความแตกต่างที่ระยะ 2400 เมตรและ 2700 เมตร ซึ่งมีออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มขึ้น และเมื่อนำข้อมูลจริงจากภาคสนามมาเทียบกับแบบจำลอง ปรากฏว่าผลไม่แตกต่างกัน (รูปที่ 2)

รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างออกซิเจนละลายน้ำ (mg/l) กับระยะทาง (เมตร) เมื่อเติม ความเข้มข้นน้ำเสียจากมูลวัว 10 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร



อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

เมื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ จริงในภาคสนามกับค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ได้จากแบบจำลองปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Streeter-Phelps) โดยวิธีทางสถิติ (Paired t-test) พบว่าใส่ความเข้มข้นน้ำเสียจากมูลวัว 5 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร มีค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ แตกต่างกัน (P-Value=0.002) ในขณะที่ใส่ความเข้มข้นน้ำเสียจาก มูลวัว 10 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร มีค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P-Value=0.250)

ดังนั้นเมื่อใส่ความเข้มข้นน้ำเสียจากมูลวัว 5 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร เมื่อเปรียบเทียบ ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจริงกับค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง พบว่าค่าที่ได้แตกต่างกันอาจจะไม่สามารถใช้ทำนาย ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ได้ อาจเป็นเพราะความเข้มข้นน้ำเสียจากมูลวัวอาจจะน้อยเกินไป เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นน้ำเสียจากมูลวัว 10 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร พบว่าค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ จริงกับค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ได้จาก

แบบจำลอง ไม่มีความแตกต่างกันและอาจจะสามารถนำมาใช้ในการทำนาย ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำได้

สรุปว่าแบบจำลองสามารถ นำมาใช้ในการคาดการณ์หรืออภิปรายปรากฏการณ์ของการฟื้นฟูตัวเองของคุณภาพน้ำ (Self-purification) ในลำเหมืองมหัศจรรย์ได้

ข้อเสนอแนะ

1. แบบจำลองการฟื้นฟูตัวเองของคุณภาพน้ำ (DO Sag Curve) โดย Streeter-Phelps สามารถนำมาใช้ในการทำนายการฟื้นฟูตัวเองของคุณภาพน้ำในลำเหมืองมหัศจรรย์ได้ ถ้าลำเหมืองมหัศจรรย์ได้รับน้ำเสียจากชุมชนที่มีค่าความสกปรกเทียบได้กับน้ำเสียจากมูลวัว ในกรณีที่น้ำเสียมีค่าไม่เกิน 10 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร แต่ควรมีการทดลองเพิ่มความสกปรกจากการเพิ่มความเข้มข้นน้ำเสียจากมูลวัว มากขึ้นกว่าเดิม

2. ควรมีการวัดค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD) ของความเข้มข้นน้ำเสียจากมูลวัวที่เทลงไป เพื่อใช้เป็นประโยชน์ในการทำนายของแบบจำลองในอนาคตได้

3. ควรมีการเพิ่มระยะทางให้ครอบคลุมทั้งหมด เพราะจะได้ทราบระยะทางในการฟื้นฟูตัวเองชัดเจนขึ้น

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ , 2535. เกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำและมาตรฐานคุณภาพน้ำประเทศไทย . กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม

กรมควบคุมมลพิษ, 2551. คุณภาพน้ำและการจัดการ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

ธเนตร บ่วงดักใจ; ศักดิ์ชาย สุระสิทธิ; ชัยศรี สุขสาโรจน์; ภทรธร เอื้อกฤดาธิการม ; ธันวดี เตชะภัททวรกุล สุขสาโรจน์ , 2552 . แบบจำลองพลวัตระบบของคุณภาพน้ำในคลองอู่ตะเภา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บุญเสฐียร บุญสูง, 2549. มาตรฐานคุณภาพน้ำ และดัชนีชีวภาพ ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิทธิชัย ธนะสฤษดิ์, 2549. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ ภาควิชาอนุรักษวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,

เกษม จันทร์แก้ว , 2547. วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม พิมพ์ครั้งที่ 6 กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ, 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

http://www.fisheries.go.th/cs-trat/Bule/m.htm

คุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง รวบรวมโดยนายชนินทร์ แสงรุ่งเรือง นักวิชาการประมง 8 ว. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาประมงอ่าวคุ้งกระเบน ค้นเมื่อวันที่ 29 กันยายน 2554