

การพัฒนาแบบจำลองคุณภาพน้ำอย่างง่ายเพื่อคาดการณ์ศักยภาพการรองรับ มลพิษของกลุ่มน้ำท่าจีน

Development of a Simple Water Quality Modeling for Pollution Load Carrying Capacity of Tha Chin River Basin

พานุวัฒน์ แตระกุล, พลภัทร อรัญกานนท์, วฐา ยงสมิทธิ์ และ ปิยชัย ชัยลือรัตน์

Panuwat Taerakul, Palapatra Aranyakananda, Vatha Yongsmith, and Piyachai Chailorata

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

หนองแขม กรุงเทพมหานคร

พานุวัฒน์ แตระกุล : panuwatt@sau.ac.th

วันที่รับบทความ: 27 พฤศจิกายน 2565 / วันที่แก้ไขบทความ: ครั้งที่ 1 : 17 กุมภาพันธ์ 2566 / วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 10 มีนาคม 2566

วันที่แก้ไขบทความ: ครั้งที่ 2 : 9 มีนาคม 2566

วันที่แก้ไขบทความ: ครั้งที่ 3 : 9 มีนาคม 2566

บทคัดย่อ การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างวิธีการประเมินศักยภาพการรองรับมลพิษที่มีความสะดวกในการดำเนินงาน สามารถรวบรวมข้อมูลได้ง่าย ในการดำเนินงานในครั้งนี้ใช้ค่าออกซิเจนละลายน้ำเป็นตัวแปรในการเปรียบเทียบระดับวิกฤตที่สามารถยอมให้มีการระบายมลพิษจากแหล่งกำเนิด เพื่อให้การดำเนินงานมีความสะดวกรวดเร็ว กำหนดให้ใช้จุดศูนย์กลางของจังหวัดเป็นตัวแทนในการระบายมลพิษทั้งจังหวัด และใช้ตำแหน่งอ้างอิงซึ่งเป็นจุดที่ค่าออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยในรายงานการสำรวจรายไตรมาส มาใช้เป็นจุดเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน ผลการศึกษาพบว่าสามารถใช้แนวทางการประเมินอย่างง่ายเพื่อการหาค่าศักยภาพการรองรับมลพิษระดับจังหวัดได้ ซึ่งผลการศึกษาพบว่าจังหวัดนครปฐมมีการระบายมลพิษสูงสุดแต่ยังมีความสามารถในการรองรับมลพิษ และในทางตรงกันข้ามจังหวัดชัยนาทมีการระบายมลพิษต่ำที่สุดในกลุ่มน้ำท่าจีน แต่ไม่สามารถรองรับมลพิษได้เพิ่มอีกเนื่องจากอยู่ในพื้นที่ที่ใช้เกณฑ์คุณภาพแหล่งน้ำผิวดินระดับสูงกว่าของจังหวัดนครปฐม

คำสำคัญ : ศักยภาพการรองรับมลพิษ, การระบายมลพิษ, ออกซิเจนละลายน้ำ, บีโอดี

Abstract The objective of this study is to construct a method to estimate carry capacity which is convenient to process and collect information. To simplify the process, this study uses centroid of a province as a point of the whole provincial pollution discharge, and uses a reference point, showing the lowest level of dissolved oxygen in quarterly sampling report, for comparable levels of surface water quality standards. Results indicate that this method is feasible for evaluating provincial pollution load carrying capacity. It also shows that

Nakornpathom has the highest level of pollution discharge, but still has capacity to handle more pollution in its area. In the other hand, Chainat shares the lowest level of pollution discharge in Tha chin river basin, but it does not have any capacity to handle more discharge due to its location at a higher surface water quality standard than that of Nakornpathom.

Keywords: Carrying capacity, pollution discharge, dissolved oxygen, biological oxygen demand

1. บทนำ

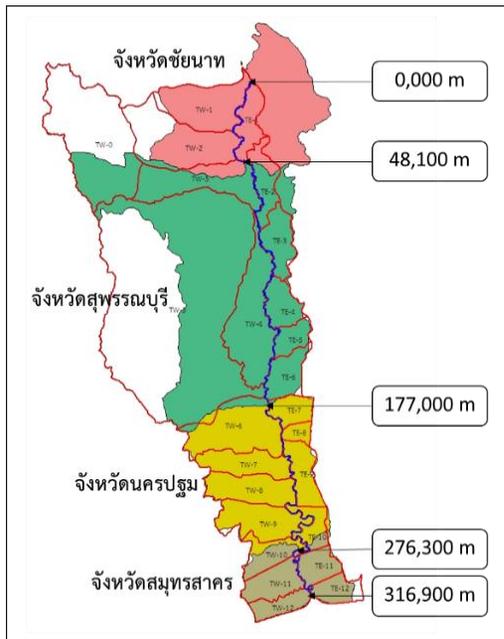
ในการดำเนินงานเพื่อกำหนดศักยภาพการรองรับมลพิษ หรือ Pollution Load Carrying Capacity (CC) ซึ่งเป็นแนวทางในการเปรียบเทียบความจุของกลุ่มประชากรทางชีวภาพ ที่สภาพแวดล้อมของประชากรเหล่านั้นกับความสามารถในการรองรับมลพิษ เพื่อประเมินปริมาณสูงสุดของประชากรในระบบ ที่ยังคงสามารถสมดุลกับสภาพแวดล้อม ซึ่งในกรณีนี้ CC สามารถเชื่อมโยงกับ ปริมาณมลพิษหรือความสกปรกในรูปแบบบีโอดี (BOD) ที่แหล่งน้ำสามารถรองรับได้ หรือ Total Maximum Daily Load (TMDL) โดยปริมาณ TMDL นี้สามารถกำหนดไว้สำหรับการระบายมลพิษของแหล่งกำเนิดมลพิษ ซึ่งมีหน่วยตั้งแต่ระดับ สถานีประกอบการ หรือกลุ่มของสถานีประกอบการ เช่น เขตอุตสาหกรรม หรือ ในระดับพื้นที่เช่น ตำบล อำเภอ จังหวัด เป็นต้น TMDL นี้ยังสามารถนำมาใช้ในการกำหนดปริมาณมลพิษสูงสุดเพื่อบังคับใช้ทางกฎหมาย (Pollution Permits) เพื่อควบคุมปริมาณมลพิษรวมของแหล่งน้ำธรรมชาติให้อยู่ในสมดุลที่ไม่เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่การนำมาใช้ยังมีความสลับซับซ้อนในแง่ของปริมาณที่จะไม่เท่ากัน ณ สถานที่ต่าง ๆ แม้ว่าจะเป็นแหล่งกำเนิดที่มีลักษณะเดียวกัน ซึ่งหน่วยงานที่รับผิดชอบจะต้องดำเนินการให้มีความสอดคล้องกับกฎหมายต่าง ๆ และมีความยุติธรรม

อย่างไรก็ตาม การดำเนินงานเพื่อประเมินคุณภาพน้ำในแม่น้ำ ลำคลอง มีความจำเป็นต้องอาศัยแหล่งข้อมูลจำนวนมากเนื่องจาก ในพื้นที่ต่าง ๆ ที่ระบาย

มลพิษมีลักษณะหรือความผันแปรไปตามการพื้นที่ที่มีการรวบรวมน้ำหรือการระบายน้ำร่วมกันหรือเรียกว่า กลุ่มน้ำย่อย และความผันแปรนี้ส่งผลต่อปริมาณการระบายและคุณภาพน้ำเป็นอย่างมาก ซึ่งเป็นกลุ่มพื้นที่ที่มีการรวบรวมน้ำจากพื้นที่ต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่แหล่งระบายน้ำรวม เช่น แม่น้ำ ทะเลสาบ เป็นต้น ลักษณะของพื้นที่กลุ่มน้ำย่อย จะเป็นไปตามลักษณะภูมิประเทศซึ่งอาจมีความแตกต่างกับ พื้นที่เขตการปกครอง ซึ่งในกรณีนี้มิใช่ผลต่อการบริหารจัดการคุณภาพน้ำเป็นอย่างมาก การบริหารจัดการ โดยใช้กฎหมายลักษณะพื้นที่ของเขตการปกครองที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพน้ำ จะสามารถดำเนินการได้ เฉพาะพื้นที่ที่อยู่ในขอบเขตปกครองนั้น ๆ แต่ลำน้ำสาธารณะเป็นเสมือนเส้นทางที่เชื่อมต่อกัน แหล่งกำเนิดมลพิษที่อยู่ต้นน้ำจะทำให้เกิดปัญหาคุณภาพน้ำในพื้นที่ปลายน้ำซึ่งอยู่ในเขตการปกครองที่ต่างกัน การดำเนินงานเพื่อแก้ไขคุณภาพน้ำจะไม่สามารถดำเนินการได้ โดยมีได้มีการร่วมพิจารณากับเขตการปกครองอื่น ๆ ที่เป็นส่วนแบ่งพื้นที่กลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน ในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีกลุ่มน้ำย่อยมากมายซึ่งจะระบายมลพิษพร้อม ๆ กันลงสู่แหล่งน้ำ เช่น แม่น้ำ มลพิษเหล่านี้จะมีการเคลื่อนที่ไปตามแม่น้ำ และมีการเปลี่ยนแปลงไปตามกระบวนการทางชีวภาพ และมีผลกระทบต่าง ๆ จากสิ่งแวดล้อม เช่น ความเร็วกระแสน้ำ ลักษณะของท้องน้ำ อุณหภูมิ แสงแดด สิ่งมีชีวิต พืชน้ำ ฯลฯ ปัจจุบันมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สามารถรวบรวมตัวแปรต่าง ๆ และคิดคำนวณคุณภาพน้ำ จนถึงประเมิน TMDL ได้ แต่ต้องใช้ข้อมูลจำนวนมาก ทั้งเรื่องข้อมูลตัวแทนคุณภาพน้ำ และแบบจำลองการไหลที่แม่นยำ ข้อมูล

เหล่านี้ต้องเป็นตัวแทนในสภาวะวิกฤต และสภาพแวดล้อมต่าง ๆ อาจเปลี่ยนแปลงไปตามสถานการณ์ต่าง ๆ ตามธรรมชาติ ซึ่งต้องใช้ระยะเวลามากในการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้นำเสนอแบบจำลองคุณภาพน้ำอย่างง่ายที่สามารถคาดการณ์สภาวะวิกฤต และรายงานผล CC ในระดับจังหวัดของกลุ่มน้ำท่าจีน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงานควบคุมตรวจสอบคุณภาพน้ำ และเพื่อใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบการดำเนินงานโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ต่อไป



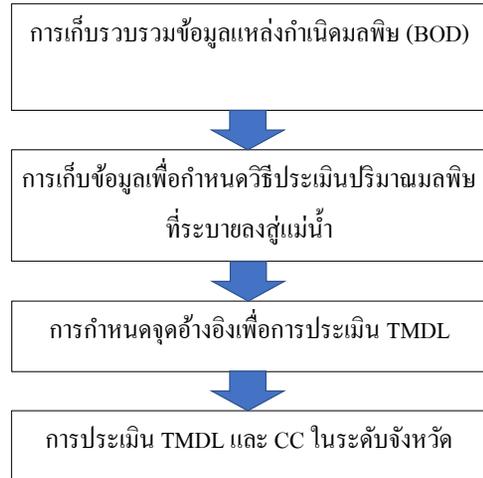
รูปที่ 1 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

และขอบเขตของกลุ่มน้ำท่าจีน [1]

2. วิธีการดำเนินงาน

การศึกษาในครั้งนี้มีกระบวนการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนคือ 1) การเก็บรวบรวมข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษในรูปแบบข้อมูลทฤษฎี 2) การเก็บข้อมูลเพื่อกำหนดวิธีการประเมินมลพิษที่ระบายลงสู่แม่น้ำ 3) การกำหนดจุดอ้างอิงเพื่อการประเมิน TMDL

และ 4) การประเมิน TMDL และ CC ในระดับจังหวัดดังแสดงไว้ในรูปที่ 2



รูปที่ 2 กระบวนการในการดำเนินงานเพื่อประเมิน TMDL และ CC

2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษ

โดยทั่วไปการเคลื่อนตัวของมลพิษในพื้นที่ย่อยต่าง ๆ จะสามารถเคลื่อนที่ได้ตามลักษณะของลำน้ำที่มีการเชื่อมต่อภายในเขตพื้นที่ย่อย ระบบคลองต่าง ๆ ที่มีการเชื่อมต่อกันจะมีการส่งผ่านมลพิษมาสู่ลำน้ำหรือคลองสายหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่รองรับมลพิษ และส่งผ่านไปยังแม่น้ำ โดยแหล่งกำเนิดมลพิษ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ แหล่งกำเนิดมลพิษที่มีจุดกำเนิดที่แน่นอน (Point Source) เช่น ชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม ฟาร์มปศุสัตว์ และ แหล่งกำเนิดมลพิษที่มีจุดกำเนิดไม่แน่นอน (Non-Point Source) เช่น พื้นที่เกษตรกรรม (นาสวน เพาะเลี้ยงสัตว์) รวมพื้นที่ป่าไม้ โดยแหล่งกำเนิดมลพิษเหล่านี้ มีการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ทั้งที่ผ่านการบำบัดและไม่ผ่านการบำบัด ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ แหล่งกำเนิดที่สำคัญคือ แหล่งกำเนิด Point Source [2] เนื่องจากเป็นแหล่งกำเนิด

ที่มีการระบายมลพิษอย่างต่อเนื่องมีการสร้างอาคารไหลจากแหล่งกำเนิดด้วยกิจกรรมของแหล่งกำเนิดเองและเป็นกิจกรรมอื่นเนื่องมาจากความต้องการในการดำเนินชีวิตของมนุษย์และมีความผันแปรกับจำนวนประชากรนั่นเอง แหล่งกำเนิดมลพิษที่สำคัญชนิดต่าง ๆ ได้แก่

แหล่งกำเนิดมลพิษที่มีจุดระบายแน่นอน

2.1.1 น้ำเสียชุมชน

น้ำเสียชุมชนเกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของประชากรที่อาศัยอยู่ในชุมชน เช่น การใช้น้ำเพื่อการชำระล้างร่างกายน้ำใช้ในครัวเรือน เป็นต้น โดยในการศึกษาข้อมูลเพื่อหาปริมาณและภาระบรรทุกของเสียจากแหล่งกำเนิดประชากรที่เหมาะสมนั้น ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจะมีค่าเท่ากับจำนวนประชากร ซึ่งสามารถรวบรวมลักษณะของประชากรในเขตการปกครองต่างๆ จากข้อมูลของกรมการปกครอง [3] คูณด้วยปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นต่อคนต่อวัน ซึ่งประเมินจากความต้องการใช้น้ำ [4,5] ส่วนภาระบรรทุกของเสียหรือปริมาณความสกปรกในรูปแบบ BOD จะมีค่าเท่ากับปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นคูณด้วยค่าความเข้มข้นของสารนั้น ๆ สำหรับการหาค่าของปริมาณน้ำเสียและปริมาณความสกปรกที่เกิดขึ้นจำเป็นต้องทราบปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นต่อคนต่อวัน และค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อน ซึ่งปริมาณความสกปรกสำหรับลักษณะประชากรในเขตการปกครองต่าง ๆ ได้นำมาสรุปไว้ในรูปแบบต่อจำนวนประชากรดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

2.1.2 น้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรม

ในการประเมินการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรม จะมีความถูกต้องและแม่นยำขึ้นอยู่กับข้อมูลพื้นฐานของโรงงานที่มีอยู่ในปัจจุบัน และการตรวจสอบและเปรียบเทียบกับค่าจริง โดยแต่ละประเภทประกอบกิจการที่แตกต่างกัน จึงทำให้กระบวนการผลิตภายใน

โรงงานแต่ละประเภท ก่อให้เกิดน้ำเสียที่มีลักษณะแตกต่างกันด้วย สำหรับแนวทางการประเมินการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมมีอยู่หลายวิธี เช่น การประเมินการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมจากพื้นที่โรงงาน การประเมินการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมจากแรงม้า และการประเมินการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมจากแรงม้าร่วมกับกำลังการผลิต [5]

ตารางที่ 1 การประเมินความสกปรกจากน้ำเสียชุมชน [4,5]

เขตการปกครอง	ปริมาณการใช้น้ำ (ลิตร/คน/วัน)	ความสกปรก (BOD) (มก./ลิตร)	อัตราส่วนน้ำทิ้งต่อน้ำใช้ (กก./วัน/คน)	ปริมาณความสกปรก
เทศบาลนคร	216	120	0.9	0.0233
เทศบาลเมือง	200	120	0.9	0.0216
เทศบาลตำบล	110	120	0.9	0.0119
นอกเขตเทศบาล	50	120	0.9	0.0054

สำหรับการประเมินการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมจากแรงม้าร่วมกับกำลังการผลิต เป็นวิธีคำนวณที่ประเมินจากข้อมูลพื้นฐานของโรงงานอุตสาหกรรม ประกอบด้วย จำนวนแรงม้าของโรงงาน กำลังการผลิต และอัตราการใช้น้ำต่อแรงม้า อัตราการใช้น้ำต่อหน่วยผลิต จำนวนชั่วโมงการทำงาน และค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water usage efficiency) (เป็นค่าของเปอร์เซ็นต์การใช้น้ำเต็มศักยภาพหรือ 100% ลบด้วยค่าของเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่โรงงานสามารถประหยัดได้) ซึ่งแบ่งการคำนวณออกเป็น 2 วิธี คือ การวิเคราะห์การใช้น้ำอุตสาหกรรมจากจำนวนแรงม้า (Industrial water demand per horse power, WDIND) และอัตราการใช้น้ำต่อแรงม้า และการวิเคราะห์ความต้องการใช้น้ำจากกำลังการผลิต และอัตราการใช้น้ำต่อหน่วยผลิต ดังแสดงความสัมพันธ์ไว้ในสมการที่ 1, ดัดแปลงจากแนวทางการประเมินการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมสำหรับประเทศไทย โดยสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย [5] จากสมการดังกล่าวสามารถคำนวณปริมาณความสกปรกได้และแสดงเป็นตัวอย่างไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การประเมินความสกปรกจากโรงงานอุตสาหกรรม, ดัดแปลงจาก [6]

ประเภทโรงงาน	เวลาทำงาน (ชม.)	จำนวนวันทำงานต่อปี (วัน)	อัตราการใช้น้ำ (ลบ.ม./วัน/แรงม้า)	ความสามารถ		ความสกปรก (BOD) (กก./ลิตร)	อัตราส่วนน้ำทิ้งต่อน้ำใช้	ปริมาณความสกปรก
				ในการประหยัดน้ำ (%)	ปริมาณการใช้น้ำ (ลบ.ม./แรงม้า/วัน)			
1	24	261	0.082	5	0.056	20	0.9	0.0010
2	24	261	0.082	5	0.056	20	0.9	0.0010
3	24	261	0.000	5	0.000	20	0.9	0.0000
4	24	261	0.320	12.1	0.201	20	0.9	0.0036
107	24	261	0.145	5	0.099	20	0.9	0.0018

$$Q_{ind} = Q_{HP} \times HP \times (HR/24) \times D \times (1-\%WSA) \quad (1)$$

โดย

Q_{ind} คือ อัตราการใช้น้ำ (ลบ.ม./วัน/ปี)

Q_{HP} คือ อัตราการใช้น้ำต่อจำนวนแรงม้าต่อวัน

HP คือ จำนวนแรงม้าทั้งหมดของโรงงาน

HR คือ จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน

D คือ จำนวนวันทำงานต่อปี

%WSA คือ ประสิทธิภาพการประหยัดน้ำ

2.1.3 น้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์

การประเมินปริมาณความสกปรกจากฟาร์มปศุสัตว์ดำเนินการโดยใช้ข้อมูลน้ำเสียที่เกิดจากการล้างทำความสะอาดคอกและโรงเรือนปศุสัตว์ การขับถ่ายของเสีย การระบายความร้อน เช่น การฉีดพรม การติดตั้งระบบสเปรย์น้ำ หรือระบบน้ำหยด รวมทั้งน้ำเสียจากการรั่วไหล นอกจากนี้ ปริมาณและลักษณะน้ำเสียยังขึ้นกับการจัดการฟาร์มของเกษตรกรผู้เลี้ยงปศุสัตว์อีกด้วย เช่น การจัดการทำความสะอาดมูลสัตว์ในพื้นที่ก่อนการฉีดล้างคอกเพื่อลดความสกปรกของน้ำเสีย [1] ตารางที่ 3 แสดงการประเมินปริมาณความสกปรกจากฟาร์มปศุสัตว์

แหล่งกำเนิดมลพิษที่มีจุดระบายไม่แน่นอน

2.1.4 น้ำเสียจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน

น้ำเสียที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม เช่น นา สวน พืชเลี้ยงสัตว์ รวมถึงพื้นที่ป่าไม้หรือพื้นที่ที่รกร้าง โดยลักษณะการก่อมลพิษนั้นเกิดขึ้นจากการถูชะล้างด้วยน้ำฝนและไหลบ่าทางหน้าดิน (Rainfall runoff) หรือเกิดจากการระบายน้ำออกจากพื้นที่ทางการเกษตร ซึ่งค่าความสกปรกนั้นขึ้นอยู่กับประเภทของพืชที่เพาะปลูก ลักษณะของพื้นที่การเกษตร (ร่องสวน พื้นที่ไร่) และประเภทของสารกำจัดศัตรูพืช ปุ๋ย หรือสารเคมีต่าง ๆ สำหรับค่าความสกปรกของพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์ขึ้นอยู่กับประเภทของสัตว์ ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ที่ตกค้างจากเศษอาหารและของเสียที่เกิดจากการขับถ่ายของสัตว์ ค่าความสกปรกจะถูกละลายจนกระทั่งมีฝนตกลงมาความสกปรกดังกล่าว จะไหลลงสู่ลำน้ำบางส่วนและเหลือไว้บางส่วน หากไม่มีฝนตกต่อความสกปรกก็จะเริ่มสะสมต่อ หรือหากฝนมีปริมาณมาก ความสกปรกก็จะไหลออกมาก และเหลือความสกปรกที่จะไหลออกน้อยหากมีฝนตกในครั้งต่อไป

ตารางที่ 3 การประเมินความสกปรกจากฟาร์มปศุสัตว์ [1]

ชนิดปศุสัตว์	ปริมาณการใช้ น้ำ (ลิตร/ตัว/วัน)	ความสกปรก (BOD) (มก./ลิตร)	อัตราส่วน น้ำที่ต่อ น้ำใช้	ปริมาณความ สกปรก (กก./ วัน/ตัว)
สุกร	24	3,500	0.9	0.0756
สัตว์ปีก	3	93	0.9	0.0003
โคกระบือ	80	19,600	0.9	1.4112
แพะ แกะ	15	4,667	0.9	0.0630

เนื่องจากน้ำเสียที่เกิดขึ้นบนที่ดินเกิดจากการชะล้างความสกปรกจากผิวดิน จึงต้องใช้ค่า C_v สำหรับประเมินปริมาณน้ำฝนชะล้างหน้าดินที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในพื้นที่ของแหล่งกำเนิดประเภท Non-Point Source สำหรับการประเมินสภาพการจัดการดินเพื่อเพาะปลูกพืชในประเทศไทย แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ การปลูกพืชเป็นแถวใช้แทนค่า C_v ของพืชไร่ ไม้ผล/ไม้ยืนต้นและสวนผัก ส่วนการปลูกพืชเป็นเมล็ดใช้แทนค่า C_v ของนาข้าว [7]

สำหรับการเลือกใช้ลักษณะของกลุ่มดิน เพื่อประกอบการคัดเลือกค่า C_v ร่วมกับลักษณะการเพาะปลูกพืชจำนวนดินออกเป็น 4 กลุ่มคือ กลุ่ม A สำหรับ ดินทราย ดินร่วนปนทราย กลุ่ม B สำหรับ ดินร่วน กลุ่ม C สำหรับ ดินผสมระหว่างดินร่วน ดินเหนียว และดินทราย และ กลุ่ม D สำหรับ ดินเหนียวปนดินร่วน ดินเหนียว ข้อมูลค่า C_v สำหรับ กลุ่มดินชนิดต่าง ๆ และลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินสรุปไว้ในตารางที่ 4

ข้อมูลจากตารางที่ 4 จะนำไปใช้ในการคำนวณอัตราการไหลของน้ำชะหน้าดินเมื่อมีน้ำฝน โดยปริมาณน้ำฝนนี้บางส่วนจะซึมลงดิน และบางส่วนจะไหลผ่านหน้าดินและรวบรวมความสกปรกที่หน้าดินลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ตารางที่ 5 ได้สรุปปริมาณความสกปรกของแหล่งกำเนิดประเภท Non-Point Source ต่อปริมาณน้ำฝนเป็นมิลลิเมตร และต่อพื้นที่เป็นจำนวนไร่

ตารางที่ 4 ค่า C_v แยกตามกลุ่มดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน [7]

แหล่งกำเนิดประเภท	ค่า C_v สำหรับกลุ่มดิน			
	A	B	C	D
Non-Point Source				
นาข้าว	0.35	0.4	0.45	0.5
เกษตรกรรม สวนผัก	0.55	0.65	0.7	0.75
สวนผลไม้	0.55	0.65	0.7	0.75
ชุมชน ชุมชนชนบท	0.3	0.4	0.45	0.5
แหล่ง ป่าไม้	0.04	0.1	0.13	0.14
ธรรมชาติ พุ่มหญ้าและพื้นที่ว่างเปล่า	0.1	0.2	0.25	0.3

ตารางที่ 5 การประเมินความสกปรกจากแหล่งกำเนิดมลพิษประเภท Non-Point Source [1-7]

แหล่งกำเนิดประเภท	ค่า BOD (mg/l)	ปริมาณความสกปรก (กก./วัน/มม./ไร่)			
Non-Point Source	(mg/l)	A	B	C	D
นาข้าว	2.4	0.00134	0.00154	0.00173	0.00192
เกษตรกรรม สวนผัก	1.1	0.00097	0.00114	0.00123	0.00132
ผลไม้	1.1	0.00097	0.00114	0.00123	0.00132
ชุมชน ชุมชน	4	0.00192	0.00256	0.00288	0.0032
แหล่ง ป่าไม้	0.5	3.2E-05	0.00008	0.0001	0.00011
ธรรมชาติ พุ่มหญ้าและพื้นที่	0.5	0.00008	0.00016	0.0002	0.00024

ความสกปรกจากแหล่งกำเนิดมลพิษที่มีจุดกำเนิดที่แน่นอนและแหล่งกำเนิดมลพิษที่มีจุดกำเนิดไม่แน่นอนของพื้นที่ต่าง ๆ ในลุ่มน้ำท่าจีน ที่ได้จากการคำนวณจะนำมารวมกันเป็นข้อมูลในระดับพื้นที่เป็นรายตำบลเพื่อความสะดวกในการจัดทำข้อมูลไปสู่การรวบรวมมลพิษในระดับจังหวัด โดยการรวบรวมข้อมูลทุกัญมิ เช่น จำนวนประชากรในเขตการปกครองต่าง ๆ จำนวนแรงแม่ในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ จำนวนสัตว์ชนิดต่าง ๆ จำนวนไร่ของพื้นที่เกษตร ป่าไม้ และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของแต่ละพื้นที่ [2-7] โดยข้อมูลดังกล่าวจะถูกรวบรวม เป็นตัวแทนของมลพิษในแต่ละลุ่มน้ำย่อยซึ่งจะถูกนำมาคำนวณและสร้างเป็นแบบจำลอง

คุณภาพน้ำในคลองระบายของกลุ่มน้ำย่อย แสดงให้เห็นเกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณความสกปรกก่อนจะไหลลงสู่แม่น้ำ

2.2 การเก็บข้อมูลเพื่อกำหนดวิธีการประเมินมลพิษที่ระบายลงสู่แม่น้ำ

มลพิษเมื่อเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดจะมีการเปลี่ยนแปลงความสกปรกในรูปแบบของ BOD โดยกระบวนการทางชีวภาพที่ใช้ออกซิเจนสามารถอธิบายได้โดยใช้สมการในรูปแบบปฏิกิริยาลำดับหนึ่งเสมือน (Pseudo-first order reaction) ซึ่งค่า BOD จะลดลงตามระยะเวลาที่เปลี่ยนไป เนื่องจากเกิดการย่อยสลายทางชีวภาพของสารอินทรีย์ [8,9] มลพิษจากแหล่งกำเนิดในแต่ละพื้นที่จะไปรวมตัวกันที่จุดระบายมลพิษของแต่ละลุ่มน้ำย่อย (ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1) และปริมาณความสกปรกที่จุดระบายมลพิษสามารถอธิบายได้ดังสมการต่อไปนี้

$$L_1 = L_0 e^{-kt} \tag{2}$$

โดย

L_1 คือ ความสกปรกในรูปแบบ BOD ณ จุดระบายลงแม่น้ำ (กก./วัน)

L_0 คือ ความสกปรกในรูปแบบ BOD ณ แหล่งกำเนิด (กก./วัน)

k คือ ค่าคงที่

t คือ ระยะเวลา (วินาที)

เพื่อให้การคำนวณมีความเรียบง่ายมากขึ้น กำหนดให้ความเร็วกระแสในคลอง (u) มีความเร็วเท่ากัน ดังนั้น ระยะเวลา (t) จะแปรผันตรงกับระยะทาง (S) ($t = S/u$, $t \sim S$) จึงสามารถเขียนสมการคำนวณค่าความสกปรกในรูปแบบ BOD ได้ดังนี้

$$L_1 = L_0 e^{-kS} \tag{3}$$

จากสมการดังกล่าว จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความสกปรกจะมีความสัมพันธ์กับระยะทาง ซึ่งคิดจากระยะทางจากจุดกึ่งกลางของแต่ละ

ตำบล ไปจนถึงจุดระบายมลพิษภายในลุ่มน้ำย่อย แต่เนื่องจากในลุ่มน้ำย่อยประกอบด้วยพื้นที่ตำบลจำนวนมากกว่าอยู่ด้วยกัน ทำให้สามารถจัดรูปสมการใหม่ให้อยู่ในรูปสมการ ดังต่อไปนี้

$$L_1 = [L_{0T1} e^{-kST1} + L_{0T2} e^{-kST2} + \dots + L_{0Tn} e^{-kSTn}] \tag{4}$$

โดย

L_{0Tn} คือ ความสกปรกในรูปแบบ BOD ณ แหล่งกำเนิดที่ตำบล n (กก./วัน)

STn คือ ระยะทางจากแหล่งกำเนิด (ตำบล) จนถึงจุดระบายมลพิษ (เมตร)

ค่าความสกปรกในรูปแบบ BOD จากแหล่งกำเนิดแต่ละตำบลภายในลุ่มน้ำย่อยจะเคลื่อนที่และเปลี่ยนแปลง และไปรวมกันที่จุดระบายมลพิษ การตรวจวัดปริมาณมลพิษที่จุดระบายด้วยการวัดความเข้มข้น BOD และอัตราการไหล จะสามารถเปรียบเทียบกับปริมาณมลพิษที่แหล่งกำเนิดและสามารถคำนวณหาค่าคงที่ k ของแต่ละลุ่มน้ำย่อยได้

2.3 การกำหนดจุดอ้างอิงเพื่อการประเมิน TMDL

การประเมินปริมาณมลพิษหรือความสกปรกที่ระดับ TMDL จะต้องมีการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนมากเพื่อที่จะจำลองการไหลของแม่น้ำซึ่งต้องใช้ตัวแปรที่เป็นมิติต่าง ๆ เช่น อัตราการไหล สภาพความชัน สภาพหน้าตัดของกลุ่มน้ำ อุปสรรคการไหลประเภทต่าง ๆ เช่น ประตูน้ำ เขื่อน เป็นต้น และการจำลองคุณภาพน้ำซึ่งมีตัวแปรมากมาย เช่น คุณภาพน้ำในปัจจุบัน อัตราการไหลของแม่น้ำ คลอง อัตราการไหลมลพิษจากแหล่งกำเนิด วัชพืชในแม่น้ำ ระดับแสงแดด ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำหรือ DO สารชนิดอื่น ๆ ที่มีผลกระทบต่อเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำ เป็นต้น ดังนั้น การเตรียมเพื่อการประเมิน TMDL จึงมีความจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรและเวลาจำนวนมาก ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้

นี้จึงได้กำหนดวิธีการประเมินอย่างง่ายที่ช่วยให้ผู้ปฏิบัติสามารถดำเนินการในเบื้องต้นเพื่อให้ได้ทราบข้อมูลมาเปรียบเทียบและใช้งานในเบื้องต้น และสามารถคาดการณ์หรือประเมินความแม่นยำของการดำเนินงานอย่างเต็มรูปแบบในภายหลังได้

การประเมินแบบง่ายนี้ใช้ค่า DO ที่เปลี่ยนไปเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์เพื่อใช้ทำนายสลายความสกปรก และเปรียบเทียบกับค่า DO ที่กำหนดเป็นค่าคุณภาพน้ำผิวดิน ซึ่งใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดปริมาณความสกปรกสูงสุดหรือ BOD และจะใช้เป็นค่า TMDL การจำลองการเปลี่ยนแปลงค่า DO ใช้สมการที่พัฒนาโดย Streeter & Phelps [10,11] ในการอธิบายดังสมการ

$$\sigma = \sigma_0 e^{-\left(\frac{K_a x}{U}\right)} + \frac{KC_0}{K_a - K} \left[e^{-\left(\frac{Kx}{U}\right)} - e^{-\left(\frac{K_a x}{U}\right)} \right] \quad (5)$$

โดย

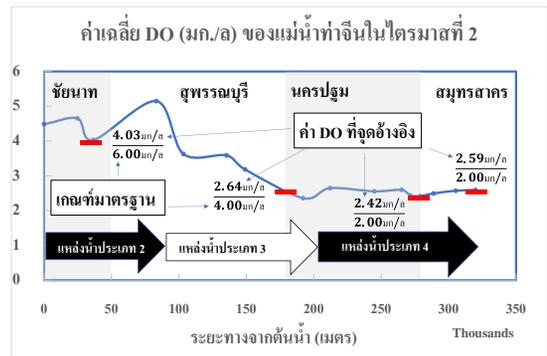
- C_0 คือระดับ BOD ที่ $X = 0$
- σ_0 คือค่า DO ที่ลดลงจากค่าอิมิตวี่ที่ $x = 0$
- σ คือค่า DO ที่ลดลงจากค่าอิมิตวี่ที่ $x = x$
- K_a คือ reaeration coefficient
- K คือ BOD constant rate
- U คือความเร็วของกระแส น้ำ (เมตร/วินาที)

แนวทางในการประเมิน TMDL อย่างง่ายคือการเปรียบเทียบค่า DO ที่จุดอ้างอิงซึ่งเป็นจุดวิกฤตที่มีค่า DO ต่ำสุดหรือเป็นจุดที่ค่า DO จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างอ่อนไหวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ BOD ในปัจจุบันและทดลองจนค่า DO นี้อยู่ในระดับตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดตามกฎหมาย ซึ่งคือค่ามาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน [12] แสดงไว้ในตารางที่ 8 จุดอ้างอิงนี้เป็นตำแหน่งที่ปรากฏว่าค่า DO เฉลี่ยมีระดับต่ำสุดหรือเป็นจุดที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงต่อการเพิ่มระดับ BOD ก็จะเป็นจุดที่อ่อนไหวที่ทำให้ค่า DO ลดลงจนมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ระดับน้ำผิวดิน รูปที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ย

DO จากการสำรวจที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของแม่น้ำท่าจีนของสถานีตรวจวัดของกรมควบคุมมลพิษ

ตารางที่ 8 ค่า DO กำหนดในมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน [12]

แหล่งน้ำผิวดิน	ค่าการละลายออกซิเจน (มก./ล.)
ประเภทที่ 1	≥6
ประเภทที่ 2	≥6
ประเภทที่ 3	≥4
ประเภทที่ 4	≥2
ประเภทที่ 5	มาตรฐานต่ำกว่าประเภทที่ 4



รูปที่ 3 ค่าเฉลี่ย DO ที่ตำแหน่งต่าง ๆ รวมถึงตำแหน่งอ้างอิงและเกณฑ์ของแต่ละจังหวัดของแม่น้ำท่าจีน

2.4 การประเมิน TMDL และ CC ในระดับจังหวัด

เพื่อให้การคำนวณมีความเรียบง่ายมากขึ้นการกำหนดจุดระบายมลพิษของพื้นที่จังหวัดใด ๆ จะถูกกำหนดให้มีเพียงตำแหน่งเดียวคือใช้ตำแหน่งจุดกึ่งกลางของจังหวัด (Centroid of Provincial Area) ปริมาณ BOD นี้จะถูกทดลองโดยใช้ สมการที่ 5 และ ใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำและข้อมูลทางชลศาสตร์ในปัจจุบันที่ตำแหน่งอ้างอิงผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นปริมาณ BOD (C_0 ในสมการที่ 5) ที่

สมมติให้ระบายที่จุดกึ่งกลางจังหวัด ที่ทำให้ค่า DO ที่จุดอ้างอิงเป็นไปตามเงื่อนไขในปัจจุบัน ค่า BOD นี้จะเป็นตัวแทนของค่า BOD ที่ระบายลุ่มน้ำย่อยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อจังหวัดนั้น ๆ

จากนั้นดำเนินการในลักษณะเดียวกันอีกครั้งเพื่อกำหนดค่า TMDL โดยใช้ค่า DO ที่จุดอ้างอิงเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน [12]

จากการประเมินเพื่อทดลองหาค่า BOD ทั้ง 2 ครั้งจะสามารถประเมินหาค่าสัดส่วนปริมาณความสกปรกซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของค่า BOD ที่ระบายที่จุด Centroid เพื่อให้ได้ค่า DO ที่จุดอ้างอิงตามเกณฑ์ฯ และค่า BOD ที่ทำให้ได้ค่า DO เท่ากับค่าเฉลี่ยจากการสำรวจในปัจจุบัน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3 ถ้าให้ค่า TMDL ที่จุดระบาย มลพิษลงสู่แม่น้ำคือ $TMDL_1$ และมีค่าดังสมการ

$$TMDL_1 = x \cdot L_1 \tag{6}$$

โดย

x คือ สัดส่วนปริมาณความสกปรก

L_1 คือ ความสกปรกในรูป BOD ณ จุดระบายลงแม่น้ำ (กก./วัน)

$$\begin{aligned} TMDL_1 &= (x) \cdot [L_{0T1} e^{-kST1} + L_{0T2} e^{-kST2} + \dots + L_{0Tn} e^{-kSTn}] \\ &= x \cdot L_{0T1} e^{-kST1} + x \cdot L_{0T2} e^{-kST2} + \dots + x \cdot L_{0Tn} e^{-kSTn} \\ &= TMDL_{0T1} + TMDL_{0T2} + \dots + TMDL_{0Tn} \end{aligned} \tag{7}$$

ดังนั้นหมายความว่าถ้าในทุกพื้นที่ที่มีการกระจายมลพิษในสัดส่วนเท่า ๆ กัน ปริมาณมลพิษในแต่ละ

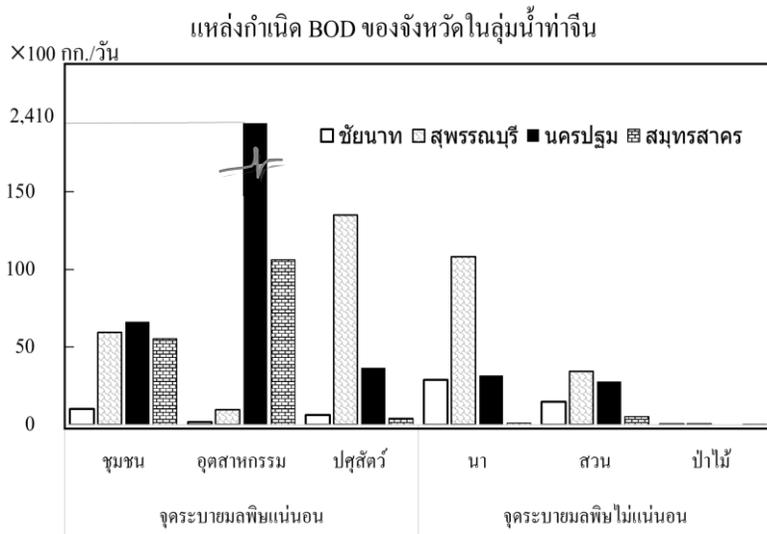
ลุ่มน้ำ (TMDL_{0Tn}) จะได้รับการกระจายมลพิษ ในอัตราที่เท่า ๆ กัน TMDL_{0Tn} ในระดับตำบลสามารถคำนวณได้โดยใช้สัดส่วนปริมาณความสกปรกของแต่ละจังหวัดคูณกับผลรวมของปริมาณพิษของแต่ละตำบล (L_{0Tn}) ที่รวบรวมโดยการคำนวณจากหัวข้อที่ 2 และถ้ารวบรวม TMDL_{0Tn} ของตำบลเหล่านี้ที่อยู่ในจังหวัดเดียวกันเข้าด้วยกัน ก็จะสามารถได้ผลลัพธ์เป็น TMDL ระดับจังหวัดได้

3. ผลลัพธ์ของการศึกษา

3.1 แหล่งกำเนิดมลพิษของกลุ่มแม่น้ำท่าจีน

จากการรวบรวมมลพิษในแต่ละตำบลของกลุ่มน้ำท่าจีนที่ระบายลงสู่คลองระบายตามลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ และลงสู่แม่น้ำท่าจีน ปริมาณมลพิษจากแหล่งกำเนิดประเภทต่าง ๆ ของจังหวัดในกลุ่มน้ำท่าจีนนำมาแสดงไว้ในตารางที่ 9 และในรูปที่ 4

จากตารางที่ 9 และรูปที่ 4 แหล่งกำเนิดมลพิษที่สำคัญของกลุ่มน้ำท่าจีนอยู่ในจังหวัดนครปฐม และอยู่ในส่วนของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีมากถึง 257 ดันต่อวัน เฉพาะความสกปรกจากโรงงานอุตสาหกรรมของจังหวัดนครปฐมมีปริมาณมากกว่าแหล่งกำเนิดอื่น ๆ ของทุกจังหวัดรวมกันถึง 4 เท่า แหล่งกำเนิดอื่นที่มีความสำคัญรองลงมาคือ ปศุสัตว์ของจังหวัดสุพรรณบุรีซึ่งมีปริมาณ 13.5 ดันต่อวัน สำหรับแหล่งกำเนิดมลพิษที่มาจาก Non-point Source คือ มลพิษจากพื้นที่นาของจังหวัดสุพรรณบุรี เช่นกัน มีเพียงจังหวัดชัยนาท เพียงจังหวัดเดียวที่มีมลพิษจาก Point Source มีปริมาณน้อย Non-point Source



รูปที่ 4 แหล่งกำเนิดมลพิษของจังหวัดต่าง ๆ ในลุ่มน้ำท่าจีน [1-7]

ตารางที่ 9 สรุปแหล่งกำเนิดมลพิษในจังหวัดต่าง ๆ ของลุ่มน้ำท่าจีน [1-7]

จังหวัด	จำนวนประชากร (คน)	BOD รวม (กก./วัน)	จุดระบายมลพิษแน่นอน			จุดระบายมลพิษไม่แน่นอน		
			ชุมชน (กก./วัน)	อุตสาหกรรม (กก./วัน)	ปศุสัตว์ (กก./วัน)	นา (กก./วัน)	สวน (กก./วัน)	ป่าไม้ (กก./วัน)
ชียนาท์	110,008	6,184	1,010	182	625	2,899	1,466	2
สุพรรณบุรี	705,707	34,754	5,961	979	13,514	10,823	3,450	27
นครปฐม	752,228	257,306	6,620	241,028	3,681	3,188	2,787	1
สมุทรสาคร	463,444	17,232	5,553	10,627	426	92	526	8

3.2 TMDL และ CC ของจังหวัดต่าง ๆ ในลุ่มน้ำท่าจีน

จากการทดสอบพบว่าค่าความสกปรกหรือ BOD ที่ใช้ทดลองเพื่อให้ได้ค่า DO ตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินของจังหวัดนครปฐมและจังหวัดสมุทรสาครมีมากกว่าค่า BOD ที่ทดลองและได้ค่า DO ตามสภาพคุณภาพน้ำในปัจจุบัน และได้สัดส่วนของค่า

ความสกปรกเท่า 1.203 และ 2.156 ตามลำดับ ซึ่งหมายความว่ามีความสามารถในการรองรับมลพิษ ส่วนในจังหวัดชียนาท์และจังหวัดสุพรรณบุรีมีสัดส่วนปริมาณความสกปรกเท่ากับ 0.262 และ 0.714 ตามลำดับ จึงเป็นพื้นที่ที่ไม่สามารถรองรับมลพิษเพิ่มขึ้นได้เพราะจะทำให้คุณภาพน้ำในแม่น้ำมีระดับต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน

ตารางที่ 10 การทดสอบหา BOD เพื่อเปรียบเทียบกับค่า DO ที่กำหนด

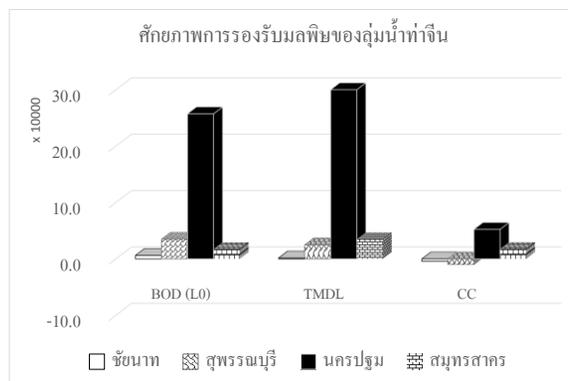
จังหวัด	สภาพแม่น้ำที่อุระบายมลพิษ (สมมติ)			เพื่อให้ได้ DO สภาพปัจจุบัน		เพื่อให้ได้ DO ตามเกณฑ์		สัดส่วนปริมาณความสกปรก
	ความเร็ว	DO	BOD	DO	BOD	DO	BOD	
	ม./วิ.	มก/ล	มก/ล	มก/ล	กก/วัน	มก/ล	กก/วัน	
ชัยนาท	0.180	6.00	1.78	4.03	7,018	6.00	1,837	0.262
สุพรรณ	0.280	3.59	2.60	2.64	43,454	4.00	31,009	0.714
นครปฐม	0.205	2.60	2.84	2.42	444,579	2.00	534,646	1.203
สมุทรสาคร	0.212	2.42	5.5	2.59	23,089	2.00	49,771	2.156

สัดส่วนปริมาณความสกปรกในตารางที่ 10 ได้นำไปใช้ในการคำนวณเพื่อหาค่า TMDL ของแหล่งกำเนิดของแต่ละตำบลในลุ่มน้ำท่าจีน และนำไปคำนวณหาค่าศักยภาพการรองรับมลพิษของแต่ละตำบล และพบว่า จังหวัดนครปฐมและจังหวัดสมุทรสาคร มีความสามารถในการรองรับมลพิษเท่ากับ 52.2 ตันต่อวัน และ 17.5 ตันต่อวัน ตามลำดับ เทียบเท่ากับการรองรับประชากรในพื้นที่เท่ากับ 152,703 คน และ 475,728 คน (คำนวณจากสัดส่วนมลพิษของพื้นที่ทั้งหมดต่อจำนวนประชากรในพื้นที่ในระดับตำบล) และจังหวัดชัยนาทและสุพรรณบุรี ไม่สามารถรองรับมลพิษเพิ่มได้อีก ดังแสดงไว้ในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ศักยภาพการรองรับมลพิษของจังหวัดต่าง ๆ ของแม่น้ำท่าจีน

จังหวัด	L ₀ กก./วัน	TMDL กก./วัน	CC กก./วัน	CC คน
ชัยนาท	6,184	1,620	-4,563	-86,580
สุพรรณบุรี	34,754	24,815	-9,940	-201,833
นครปฐม	257,306	309,539	52,233	152,703
สมุทรสาคร	17,232	34,684	17,452	475,728

จากตารางที่ 11 และรูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่าจังหวัดนครปฐมมีศักยภาพในการรองรับมลพิษสูงสุดและจังหวัดสุพรรณบุรีไม่มีศักยภาพในการรองรับมลพิษและมีความจำเป็นต้องปรับปรุงการระบายมลพิษจากแหล่งกำเนิดมากที่สุดเพื่อให้คุณภาพน้ำในแม่น้ำมีระดับตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน



รูปที่ 5 ศักยภาพการรองรับมลพิษของจังหวัดต่าง ๆ ของแม่น้ำท่าจีน

4. สรุปผล

การศึกษาในครั้งนี้สามารถสรุปผลของการดำเนินงานได้ดังนี้

1) การประเมิน TMDL และ CC สามารถดำเนินการได้ด้วยวิธีการประเมินอย่างง่ายซึ่งสามารถรวบรวมข้อมูลได้โดยง่าย มีระบบสารสนเทศที่ให้ข้อมูลคุณภาพน้ำและชลศาสตร์อย่างเพียงพอ การดำเนินงานสามารถสามารถใช้เพียงโปรแกรมคอมพิวเตอร์พื้นฐาน เช่น ไมโครซอฟต์ เอกซ์เซล ก็สามารถดำเนินงานจนสำเร็จลุล่วงได้

2) การพิจารณา TMDL สามารถดำเนินการโดยใช้เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ซึ่งในการศึกษาในครั้งนี้ใช้ระดับ DO เพียงค่าเดียวในการกำหนดค่า TMDL

3) การกำหนดแหล่งกำเนิดมลพิษในระดับตำบลมีความจำเป็นและมีประโยชน์ในการจัดการและนำเสนอข้อมูลในระดับพื้นที่ที่มีขอบเขตเฉพาะเช่น ลุ่มน้ำย่อย หรือ เขตการปกครอง เช่น จังหวัด ได้สะดวก

4) การรายงานผล CC สามารถดำเนินการโดยใช้ระดับ BOD หรือ ใช้จำนวนประชากรที่มีลักษณะเฉพาะในการก่อกำเนิดมลพิษในแต่ละพื้นที่

5) ในการดำเนินงานในครั้งนี้ใช้ข้อมูลจากกรมการปกครองส่วนท้องถิ่นในการหาจำนวนประชากรจึงแสดงเฉพาะประชากรที่อยู่ในระบบทะเบียน ประชากรอื่น ๆ เช่น นักท่องเที่ยว แรงงานต่างด้าว ซึ่งผลกระทบต่อภาระมลพิษ มิได้อยู่ในฐานข้อมูล จึงอาจทำให้เกิดความไม่แม่นยำในการประเมิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการประเมินสัดส่วนการก่อกำเนิดมลพิษในประชากรที่อยู่เขตอุตสาหกรรม ก็จะทำให้สัดส่วนต่อประชากรมีค่าสูงเกินจริง และการประเมินมลพิษจากน้ำเสียชุมชนมีปริมาณต่ำกว่าที่ควรจะเป็น

6) ผลลัพธ์ของศึกษาแสดงให้เห็นว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินมีผลกระทบต่อ TMDL และ

CC เช่น การพิจารณา TMDL และ CC ของจังหวัดนครปฐมที่มีการระบายปริมาณมลพิษสูงสุด แต่มีเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 4 ซึ่งใช้ค่า $DO \geq 2$ มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเกณฑ์ จึงทำให้จังหวัดนครปฐมยังมีสามารถในการรองรับมลพิษ ขณะที่จังหวัดชัยนาทที่มีปริมาณการระบายมลพิษน้อยที่สุด แต่คุณภาพน้ำในแม่น้ำที่จุดอ้างอิงมีระดับ DO เท่ากับ 4.03 มิลลิกรัมต่อลิตร (รูปที่ 3) มากกว่าจุดอ้างอิงของจังหวัดนครปฐม ($DO = 2.42$ มิลลิกรัมต่อลิตร) แต่จังหวัดชัยนาทใช้เกณฑ์มาตรฐานฯ ประเภทที่ 2 ซึ่งใช้ค่า $DO \geq 6$ มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ไม่สามารถรองรับมลพิษได้เพิ่มแม้ว่าจะจะเป็นพื้นที่ที่มีการระบายมลพิษต่ำที่สุด

7) การศึกษาในอนาคตสามารถดำเนินการโดยการพัฒนาแบบจำลองคุณภาพน้ำอย่างง่ายนั้นบนโปรแกรมสำเร็จรูป ที่สามารถใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์หรือบนสมาร์ตโฟน เพื่อใช้ในการประเมินศักยภาพการรองรับมลพิษของกลุ่มน้ำต่าง ๆ และนำไปใช้ในการประเมินความเป็นไปได้สำหรับโครงการต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการดูแลรักษาคุณภาพน้ำในแม่น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, การดำเนินการด้านการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล, โครงการพัฒนาระบบคลังข้อมูล 25 คู่มือน้ำ และแบบจำลองน้ำท่วมน้ำแล้ง, คู่มือน้ำท่าจีน, 2555.
- [2] M. Benedini and G. Tsakins, Water Quality Modelling for Rivers and Streams. Springer, New York, 2013.
- [3] กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย. (2565, พฤษภาคม 16). “ประกาศกรมการปกครอง เรื่อง แจกข้อมูลทางการปกครอง ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2564” [ออนไลน์]. Available: <https://www.dopa.go.th/news/cate1/view6988>.

- [4] สจิตลา ลีลาชัย และ สติงคัส พิลัยหัตถ์, “การประเมินความต้องการใช้น้ำกลุ่มที่พักอาศัยในพื้นที่รับผิดชอบของการประปานครหลวงแบบรายพื้นที่,” *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 25*, จังหวัด ชลบุรี, 15-17 กรกฎาคม 2563.
- [5] ชรรณพงษ์ เนาวบุตร, การประเมินความต้องการน้ำอุปโภค บริโภคและอุตสาหกรรม, สำนักบริหารจัดการน้ำ. [ออนไลน์]. Available: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://water.rid.go.th/wrd/const14/images/KL/KL4.pdf.
- [6] สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน, สถาบันอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. แนวทางการประเมินการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมสำหรับประเทศไทย, พิมพ์ครั้งที่ 1, บริษัท นิโอ ดิจิตอล จำกัด, 2561.
- [7] กรมควบคุมมลพิษ, โครงการประเมินศักยภาพการรองรับมลพิษ (Carrying Capacity) แม่น้ำบางปะกง แม่น้ำนครนายก และแม่น้ำปราจีนบุรี, 2550.
- [8] T.D. Reynolds and P.A. Richards, Unit operations and processes in environmental engineering, 2nd ed., PWS Publishing, 1996.
- [9] พิสุทธิ เพ็ชรมนกุล, หน่วยกระบวนการสำหรับวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2557.
- [10] H.W. Streeter and E.B. Phelps, A study of the pollution and natural purification of the Ohio River. US Public Health Service. *Public Health Bull*, Vol 146, pp. 75, 1925.
- [11] M. Owens, R.W. Edwards, and J.W. Gibbs, Some reaeration studies in streams. *Int J Air Water Pollut*, Vol 8, pp. 469–486, 1964.
- [12] ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน, 2537

ประวัติผู้ประพันธ์ :



ดร.ปานวัฒน์ แตระกุล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
ความเชี่ยวชาญ: แบบจำลองทาง
คณิตศาสตร์ ภาคอุตสาหกรรม
ขยะชุมชน



พลภัทร อรัญกานนท์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
ความเชี่ยวชาญ: น้ำเสียชุมชน



วฐา ยงสมิทธิ์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
ความเชี่ยวชาญ: ระบบท่อ ระบบ
ประปา



ปิยชัย ชัยลือรัตน์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
ความเชี่ยวชาญ: เสียง น้ำเสีย
ชุมชน ระบบท่อ