การวิเคราะห์สภาพอุทกพลศาสตร์และจุดเสี่ยงน้ำล้นตลิ่งในแม่น้ำเพชรบุรีด้วยแบบจำลอง MIKE-11

Hydrodynamic Analysis and Overbank Flow Risk Assessment of the Phetchaburi River using MIKE-11 Model

วงศ์วรัณ เชยสุวรรณ[1,2] ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์[2] และ ธัญดร ออกวะลา[2,*]

[1] สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน 811 ถ.สามเสน แขวงถนนนครไชยศรี เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร

[2] ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.นครปฐม

**Corresponding author; E-mail address: fengtdo@ku.ac.th*

บทคัดย่อ

ลุ่มน้ำเพชรบุรี บริเวณจังหวัดเพชรบุรีประสบปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากในพื้นที่ท้ายเขื่อนเพชร การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สภาพอุทกพลศาสตร์ในแม่น้ำเพชรบุรีและหาจุดเสี่ยงอุทกภัยน้ำล้นตลิ่งโดยใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ MIKE-11 จำลองสภาพการไหลตั้งแต่สถานีวัดน้ำท่า B.10 ท้ายเขื่อนเพชร อำเภอท่ายาง ถึงปากอ่าวบางตะบูน อำเภอบ้านแหลม ระยะทาง 53.68 กิโลเมตร โดยใช้รูปตัดตามขวางของแม่น้ำเพชรบุรีที่ได้จากการสำรวจในปี พ.ศ. 2563 ทำการปรับเทียบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลระดับน้ำในช่วงปี พ.ศ. 2565 – 2567 ผลที่ได้พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระอยู่ในช่วงระหว่าง 0.03 - 0.07 จากนั้นตรวจพิสูจน์แบบจำลองโดยใช้ข้อมูลระดับน้ำในช่วงปี พ.ศ. 2563 - 2565 ผลการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองพบว่าที่สถานีวัดน้ำท่า B.15 และ B.16 มีค่า R^2, RMSE และ NSE อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ทั้งหมด จากนั้นจึงนำแบบจำลองที่ผ่านการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แล้วไปใช้ในการวิเคราะห์ความจุลำน้ำและความลึกน้ำต่ำสุดในแต่ละจุด ผลการศึกษาพบว่าการวิเคราะห์ความจุลำน้ำระบุจุดวิกฤติอยู่ในช่วง กม.ที่ 20+001 ถึง กม.ที่ 30+000 อำเภอเมืองเพชรบุรี ซึ่งมีความจุการไหลน้อยที่สุดเท่ากับ 82.16 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และได้เปรียบเทียบกับข้อมูลระดับน้ำต่ำสุดในช่วงดังกล่าว พบว่า บริเวณหน้าตัด กม.ที่ 28+971 ตำบลหนองโสน อำเภอเมืองเพชรบุรี มีค่าระดับน้ำต่ำสุดที่ 1.92 เมตร เป็นบริเวณหน้าตัดที่อยู่ในช่วงมีระดับน้ำต่ำกว่า 2.00 เมตร แสดงให้เห็นถึงความเสี่ยงสูงต่อการเกิดน้ำล้นตลิ่งในบริเวณนี้ สอดคล้องกับการรายงานจุดเฝ้าระวังน้ำล้นตลิ่งและน้ำท่วมขังของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณะภัย (ปภ.) ในช่วงสถานการณ์อุทกภัยในเดือนพฤศจิกายน 2564 สะท้อนให้เห็นว่าบริเวณนี้มีข้อจำกัดในการรองรับการไหลที่อาจก่อให้เกิดน้ำล้นตลิ่งในช่วงน้ำหลาก จึงควรมีการศึกษาแนวทางปรับปรุงความจุลำน้ำควบคู่กับการศึกษาปัจจัยทางกลศาสตร์แม่น้ำที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเตรียมความพร้อมและแก้ไขปัญหาอุทกภัยในพื้นที่แม่น้ำเพชรบุรีได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

คำสำคัญ : แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ MIKE-11, จุดเสี่ยงอุทกภัย, แม่น้ำเพชรบุรี

Abstract

The Phetchaburi River Basin in Phetchaburi Province has experienced recurring floods in areas downstream of the Phet Dam. This study aims to analyze the hydrodynamic conditions and identify flood-risk areas along the Phetchaburi River using the MIKE-11 hydrodynamic model. The model was employed to simulate river flow along the 53.68-kilometer river reach from streamflow gauging station B.10 (Downstream Phet Dam, Tha Yang District) to Bang Tabun Bay in Ban Laem District. The model utilizes river cross-sections surveyed in 2020. Model calibration was performed using water level data from 2022-2024, yielding Manning's roughness coefficients ranging from 0.03 to 0.07. Model validation was performed using water level data from 2020-2022. The calibration and validation results at gauging stations B.15 and B.16 showed satisfactory R^2, RMSE, and NSE values. The validated model was then applied to analyze the river capacity and minimum water depths at various locations. Results showed that channel capacity analysis identified critical sections between kilometers 20+001 and 30+000 in Mueang Phetchaburi District, where the discharge capacity drops to 82.16 cubic meters per second, and when compared with the minimum water depths data during that period, it was found that at the cross-section at kilometers 28+971, located in Nong Sano Subdistrict, Mueang Phetchaburi District, the lowest water level was 1.92 meters. This cross-section falls within the range where the water level is below 2.00 meters., indicating a high potential for overbank flow in this area. This finding corresponds with flood monitoring reports from the Department of Disaster Prevention and Mitigation during the November 2021 flood event. The analysis reveals that this section has limited flow capacity, which could lead to overbank flow during flood events. Further studies on channel capacity improvement and related river mechanics

factors are recommended to serve as a guideline for preparedness and effective flood mitigation in the Phetchaburi River area.

Keywords: MIKE-11 HD Model, Flood Risk Area, Phetchaburi River

1. คำนำ

อุทกภัยเป็นปรากฏการณ์ตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นเมื่อมีปริมาณฝนตกหนักและต่อเนื่องในพื้นที่ลุ่ม ส่งผลให้น้ำไหลบ่าตามพื้นดินลงสู่ร่องน้ำ ลำธาร และแม่น้ำ หากบางช่วงของลำน้ำไม่สามารถรองรับปริมาณน้ำที่ไหลลงมาได้ น้ำจะล้นตลิ่งและไหลเข้าท่วมพื้นที่โดยรอบ [1] แม่น้ำเพชรบุรีเป็นแม่น้ำสายหลักที่ไหลผ่านจังหวัดเพชรบุรีและมีความสำคัญต่อวิถีชีวิตของประชาชนในพื้นที่แต่กลับประสบปัญหาน้ำท่วมบ่อยครั้งโดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ท้ายเขื่อนเพชร ซึ่งส่งผลกระทบต่อพื้นที่เกษตรกรรม ชุมชนเมือง และโครงสร้างพื้นฐานที่อยู่ริมตลิ่ง การเกิดอุทกภัยในลุ่มน้ำเพชรบุรีมีสาเหตุจากหลายปัจจัย ทั้งปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาและลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ รวมถึงร่องมรสุมที่พาดผ่าน ทำให้เกิดฝนตกหนักและต่อเนื่อง [2] ส่วนปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศบริเวณตอนล่างของแม่น้ำเพชรบุรีที่ได้รับผลกระทบจากน้ำทะเลหนุน ส่งผลให้การระบายน้ำลงสู่อ่าวไทยได้ช้าลง หากมีฝนตกหนักในพื้นที่ต้นน้ำและตัวเมืองระดับน้ำในแม่น้ำเพชรบุรีจะสูงขึ้นจนล้นตลิ่ง ทำให้เกิดน้ำท่วมซ้ำซากในช่วงฤดูน้ำหลาก [3] นอกจากนี้ กิจกรรมของมนุษย์ เช่น การบุกรุกพื้นที่ลำน้ำ การก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างริมแม่น้ำ ตลอดจนการขยายตัวของชุมชนและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน [4] ยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ปัญหาอุทกภัยรุนแรงมากขึ้น

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยในการวิเคราะห์และหาแนวทางบริหารจัดการอุทกภัยอย่างมีประสิทธิภาพ โดยแบบจำลอง MIKE-11 เป็นหนึ่งในแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับและนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการบริหารจัดการน้ำ เนื่องจากมีความยืดหยุ่นและใช้งานได้สะดวก สามารถจำลองพฤติกรรมการไหลของน้ำได้ทั้งในรูปแบบทิศทางเดียวและการไหลที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา [1] จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีการประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE FLOOD และ MIKE-11 ในการศึกษาพื้นที่น้ำท่วม ความจุลำน้ำ และหาแนวทางการบรรเทาอุทกภัยในหลายพื้นที่ของประเทศไทย [5] [6] [7] [8] ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการระบุจุดวิกฤตและช่วยในการวางแผนจัดการอุทกภัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สภาพอุทกพลศาสตร์ในแม่น้ำเพชรบุรีและระบุจุดเสี่ยงต่อการเกิดน้ำล้นตลิ่ง โดยประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE-11 ในการจำลองสภาพการไหลตั้งแต่ท้ายเขื่อนเพชรจนถึงปากอ่าวบางตะบูน ผลที่ได้จากการศึกษาจะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการวางแผนปรับปรุงความจุลำน้ำบริเวณจุดเสี่ยง ตลอดจนศึกษาปัจจัยทางกลศาสตร์แม่น้ำที่เกี่ยวข้อง เพื่อบรรเทาปัญหาอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนล่างที่ประสบปัญหาอุทกภัยซ้ำซากอย่างยั่งยืน

2. วิธีการศึกษา

2.1 หลักการและทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาสภาพอุทกพลศาสตร์ในแม่น้ำเพชรบุรีครั้งนี้ ใช้แบบจำลอง MIKE-11 ซึ่งเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาโดย Danish Hydraulic Institute (DHI) สำหรับการจำลองการไหลในลำน้ำแบบหนึ่งมิติ (One-dimensional Flow) แบบจำลองนี้อาศัยหลักการทางชลศาสตร์ที่สำคัญสองประการ คือ 1) กฎทรงมวล (Conservation of Mass) หลักการนี้อธิบายว่ามวลของน้ำในระบบจะคงอยู่เสมอ ไม่สูญหายหรือเพิ่มขึ้นโดยไม่มีแหล่งที่มา สามารถแสดงในรูปของสมการความต่อเนื่อง (Continuity Equation) และ 2) กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม (Conservation of Momentum) หลักการนี้อธิบายว่าการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมในระบบเป็นผลรวมของแรงภายนอกที่กระทำต่อระบบ สามารถแสดงในรูปของสมการพลศาสตร์ (Dynamic Equation) สามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \qquad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{2Q}{A}\frac{\partial Q}{\partial x} + \left(g\frac{A}{B} - \frac{Q^2}{A^2}\right)\frac{\partial A}{\partial X} + A(S_f - S_0) = 0 \qquad (2)$$

เมื่อ

Q	=	ปริมาณการไหล (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
A	=	พื้นที่หน้าตัดลำน้ำของจุดที่คำนวณการไหล (ตารางเมตร)
t	=	เวลา (วินาที)
X	=	ระยะทาง (เมตร)
B	=	ความกว้างของลำน้ำ (เมตร)
g	=	อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (เมตรต่อวินาที^{2})
S_f	=	ความเสียดทานลำน้ำ
S_0	=	ความลาดเอียงของท้องน้ำ

สมการทั้งสองข้างต้นเป็นสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยอันดับสองที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linear Second Order Partial Differential Equation) ซึ่งไม่สามารถหาคำตอบเชิงวิเคราะห์ได้โดยตรง แบบจำลอง MIKE-11 จึงใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงตัวเลข (Numerical Analysis) โดยเฉพาะวิธีผลต่างจำกัด (Finite Difference Method) ในการหาคำตอบ ทั้งนี้ การกำหนด Time Step ที่เหมาะสมมีความสำคัญต่อเสถียรภาพ (Stability) ของแบบจำลองทั้งนี้ โดยทั่วไปการใช้ค่า Time Step ที่เล็กลงจะช่วยเพิ่มเสถียรภาพแต่ในขณะเดียวกันก็ทำให้เวลาคำนวณนานขึ้น [7]

2.2 พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำเพชรบุรีตั้งอยู่ทางภาคตะวันตกของประเทศไทย มีพื้นที่ประมาณ 5,600 ตารางกิโลเมตร โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ครอบคลุมในเขตจังหวัดเพชรบุรี ลักษณะภูมิประเทศแบ่งออกเป็น 3 เขต ได้แก่ 1.เขตพื้นที่ภูเขาสูงและพื้นที่ที่สูงทางทิศตะวันตก 2.เขตพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำ 3.เขตพื้นที่ราบชายฝั่งทะเล โดยมีทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำแม่กลอง ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันตก ทิศตะวันตกติดกับ ประเทศเมียนมาร์ ทิศตะวันออกติดกับอ่าวไทย [3]

แม่น้ำเพชรบุรีเป็นแม่น้ำสายหลักของลุ่มน้ำ มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาตะนาวศรีและไหลผ่านอำเภอแก่งกระจาน อำเภอท่ายาง อำเภอบ้านลาด อำเภอเมืองเพชรบุรี และอำเภอบ้านแหลม ก่อนจะไหลลงสู่อ่าวไทยที่ปากอ่าวบางตะบูน การศึกษานี้มุ่งเน้นวิเคราะห์สภาพอุทกพลศาสตร์ของแม่น้ำเพชรบุรีในช่วงท้ายเขื่อนเพชรลงไปจนถึงปากอ่าว ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีประวัติการเกิดอุทกภัยซ้ำซาก โดยกำหนดขอบเขตการศึกษาตั้งแต่สถานีวัดน้ำท่า B.10 ท้ายเขื่อนเพชร อำเภอท่ายาง ถึงปากอ่าวบางตะบูน อำเภอบ้านแหลม ระยะทางรวม 53.68 กิโลเมตร แสดงดังรูปที่ 1

2.3 ขั้นตอนการศึกษา

การวิเคราะห์สภาพอุทกพลศาสตร์และจุดเสี่ยงน้ำล้นตลิ่งในแม่น้ำเพชรบุรีด้วยแบบจำลอง MIKE-11 มีขั้นตอนการดำเนินงานดังแสดงในรูปที่ 2 โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 การจัดทำแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ MIKE-11

1) การจัดทำแบบจำลองอุทกพลศาสตร์เริ่มจากการนำเข้าข้อมูลรูปตัดตามขวาง (Cross-section) ของแม่น้ำเพชรบุรีที่ได้จากการสำรวจในปี พ.ศ. 2563 โดยกรมชลประทาน จำนวน 66 รูปตัด ครอบคลุมระยะทาง 53.68 กิโลเมตร ตั้งแต่สถานีวัดน้ำท่า B.10 อำเภอท่ายาง ถึงปากอ่าวบางตะบูน อำเภอบ้านแหลม จากนั้นทำการจัดทำโครงข่ายลำน้ำสำหรับจำลองสภาพแม่น้ำ

2) การกำหนดเงื่อนไขขอบเขต (Boundary Condition) เป็นการกำหนดสภาพเงื่อนไขทางด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ ซึ่งทางด้านเหนือน้ำใช้ข้อมูลอัตราการไหลรายชั่วโมงในปี พ.ศ. 2563-2567 ของสถานีตรวจวัดน้ำท่า B.10 อำเภอท่ายาง โดยกรมชลประทาน ส่วนด้านท้ายน้ำใช้ข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมง ในปี พ.ศ. 2563-2567 บริเวณปากอ่าวบางตะบูน อำเภอบ้านแหลม โดยกรมเจ้าท่า และไม่มีการคำนวณน้ำฝน น้ำท่าและน้ำสมทบ (side flow)

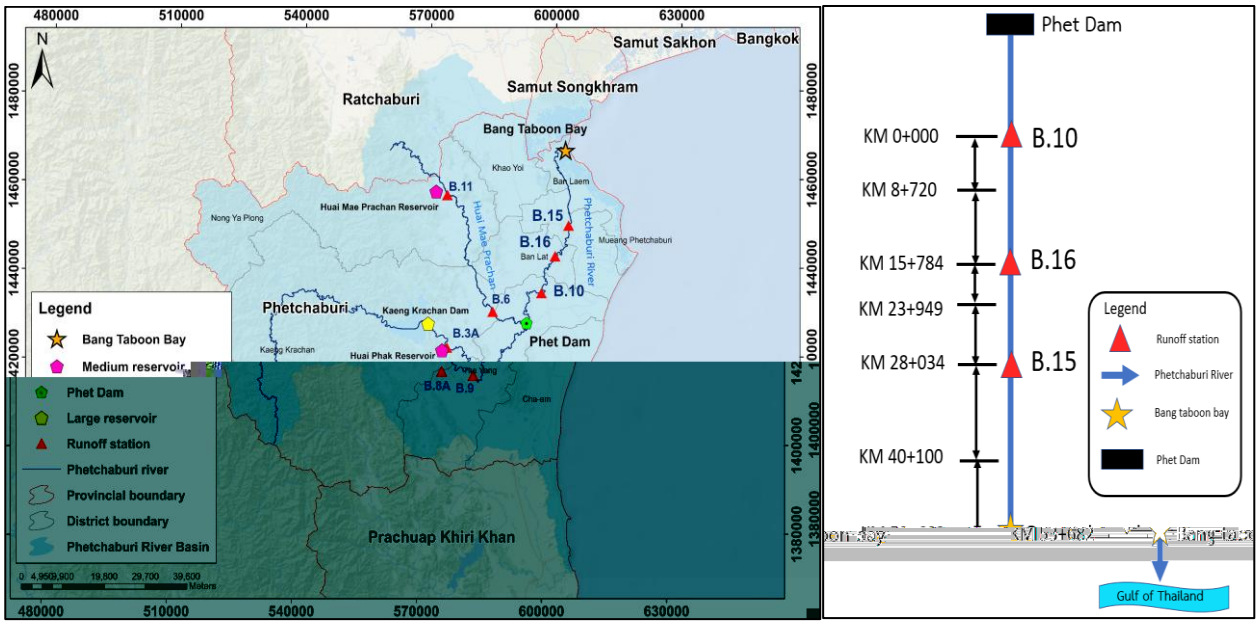


Figure 1 Study area of Phetchaburi River from Phet Dam (Station B.10) to Bang Tabun Bay.

2.3.2 การปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

การปรับเทียบแบบจำลองใช้ข้อมูลระดับน้ำในช่วงระหว่างวันที่ 1 เมษายน 2565 ถึงวันที่ 31 มีนาคม 2567 โดยปรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ (Manning's n) ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่แสดงถึงความเสียดทานต่อการไหลของน้ำ เพื่อให้ผลการคำนวณระดับน้ำจากแบบจำลองใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า B.15 และ B.16 จากนั้นทำการตรวจพิสูจน์แบบจำลองโดยใช้ข้อมูลระดับน้ำในช่วงระหว่างวันที่ 1 เมษายน 2563 ถึงวันที่ 31 มีนาคม 2565 เพื่อยืนยันความถูกต้องของแบบจำลอง

การวัดผลการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองใช้ดัชนีทางสถิติ 3 ตัว ได้แก่: ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ยกกำลังสอง (Coefficient of Determination, R^2) ค่า RMSE (Root Mean Square Error) และค่า NSE (Nash-Sutcliffe Efficiency) ดังนี้

1) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ยกกำลังสอง (Coefficient of Determination, R^2) เป็นตัวชี้วัดที่ใช้ประเมินว่าแบบจำลองสามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลจริงได้ดีเพียงใด โดยค่า R^2 ที่มากกว่า 0.6 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ [9] คำนวณดังสมการ:

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n}(H_{obs,i}-\bar{H}_{obs})x(H_{sim,i}-\bar{H}_{sim})}{[\sum_{i=1}^{n}(H_{obs,i}-\bar{H}_{obs})^2 x \sum_{i=1}^{n}(H_{sim,i}-\bar{H}_{sim})^2]^{0.5}} \right) \quad (3)$$

เมื่อ

n = จำนวนข้อมูล
$H_{Obs,i}$ = ระดับน้ำที่วัดได้จริงที่ตำแหน่ง i (ม.รทก.)
$H_{sim,i}$ = ระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลองที่ตำแหน่ง I (ม.รทก.)
$\bar{H}_{Obs}$ = ค่าเฉลี่ยของระดับน้ำที่วัดได้จริง (ม.รทก.)
$\bar{H}_{sim}$ = ค่าเฉลี่ยของระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลอง (ม.รทก.)

2) ค่า RMSE (Root Mean Square Error) เป็นตัวชี้วัดที่วัดความแตกต่างระหว่างค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองกับค่าที่ตรวจวัดจริง ค่า RMSE ที่ต่ำแสดงถึงความแม่นยำที่สูงของแบบจำลอง คำนวณได้จากสมการ:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(H_{obs,i} - H_{sim,i})^2} \quad (4)$$

เมื่อ

n = จำนวนข้อมูล
$H_{Obs,i}$ = ระดับน้ำที่วัดได้จริงที่ตำแหน่ง I (ม.รทก.)
$H_{sim,i}$ = ระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลองที่ตำแหน่ง I (ม.รทก.)

3) ค่า NSE (Nash-Sutcliffe Efficiency) เป็นดัชนีที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองโดยเปรียบเทียบกับการใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจริง หากค่า NSE เข้าใกล้ 1 หมายความว่าแบบจำลองมีความแม่นยำสูง แต่หากค่า NSE เข้าใกล้ 0 แสดงว่าผลลัพธ์จากแบบจำลองไม่แตกต่างจากการใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจริง สำหรับแบบจำลองที่ถือว่ามีประสิทธิภาพที่น่าพอใจ ค่า NSE ควรมีค่ามากกว่า 0.5 [10] คำนวณได้จากสมการ:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(H_{obs,i}-H_{sim,i})^2}{\sum_{i=1}^{n}(H_{obs,i}-\bar{H}_{Obs})^2} \quad (5)$$

เมื่อ

n = จำนวนข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบ
$H_{Obs,i}$ = ระดับน้ำที่วัดได้จริง ณ ตำแหน่งที่ I (ม.รทก.)
$H_{sim,i}$ = ระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลอง ณ ตำแหน่งที่ I (ม.รทก.)
$\bar{H}_{Obs}$ = ค่าเฉลี่ยของระดับน้ำที่วัดได้จริง (ม.รทก.)

2.3.3 การวิเคราะห์ความลึกน้ำต่ำสุดและความจุลำน้ำ

หลังจากได้แบบจำลองที่ผ่านการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แล้ว นำไปใช้ในการวิเคราะห์ดังนี้:

1) การวิเคราะห์ความลึกน้ำต่ำสุด ทำการวิเคราะห์ความลึกน้ำต่ำสุดในแต่ละจุดของแม่น้ำเพชรบุรีเพื่อประเมินประสิทธิภาพการไหลในช่วงระดับน้ำต่ำ ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายน้ำ หากลำน้ำมีความลึกน้ำต่ำสุดน้อยเกินไป จะทำให้ปริมาณน้ำไหลผ่านได้ช้าลงหรือน้อยลง เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำล้นตลิ่งและน้ำท่วมในพื้นที่ได้ โดยใช้ข้อมูลนำเข้าย้อนหลัง 5 ปีล่าสุด ตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2563 จนถึงวันที่ 31 มีนาคม 2567 ค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองเป็นความลึกน้ำต่ำสุดที่แต่ละรูปตัด จำนวนทั้งสิ้น 66 รูปตัด

2) การวิเคราะห์ความจุลำน้ำ กำหนดให้แบบจำลองทำการวิเคราะห์ความจุลำน้ำในแต่ละรูปตัดขวางเมื่อมีระดับน้ำสูงเท่ากับค่าระดับตลิ่งตัวแทนที่ต่ำกว่าระหว่างค่าระดับของตลิ่งฝั่งซ้ายหรือตลิ่งฝั่งขวา เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการไหลแบบน้ำเต็มตลิ่งและระบุจุดเสี่ยงต่อการเกิดน้ำล้นตลิ่ง

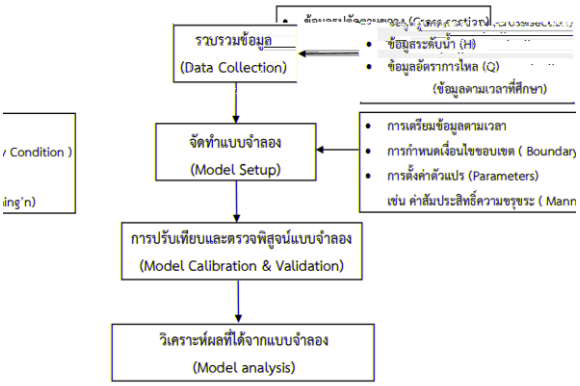


Figure 2 Methodology flowchart for MIKE-11 modeling of Phetchaburi River.

3. ผลการศึกษาและวิจารณ์

3.1 ผลการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองอุทกพลศาสตร์

การปรับเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ MIKE-11 สำหรับแม่น้ำเพชรบุรี ได้ทำการปรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning's n) ในช่วงพื้นที่ศึกษาตั้งแต่สถานีวัดน้ำท่า B.10 ท้ายเขื่อนเพชร ถึงปากอ่าวบางตะบูน ผลการปรับเทียบพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระมีค่าอยู่ในช่วง 0.03-0.07 โดยมีแนวโน้มลดลงจากด้านเหนือน้ำไปยังด้านท้ายน้ำ โดยในแต่ละหน้าตัด

ใช้ค่าเฉลี่ย Manning's n เดียวกันทั้งหน้าตัดแสดงดังตารางที่ 1 ความแปรผันของค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระที่ค่อนข้างสูงในบางช่วงอาจเกิดจากการตกตะกอนและการพัดพาของตะกอนที่ทำให้หน้าตัดลำน้ำมีการเปลี่ยนแปลง

Table 1 Manning's coefficient obtained from the calibration of the MIKE-11 model.

Phetchaburi River	Manning's n
KM 0+000 to KM 8+720	0.07
KM 8+720 to KM 23+949	0.07
KM 23+949 to KM 40+100	0.06
KM 40+100 to KM 53+682	0.03

ผลการปรับเทียบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลระดับน้ำในช่วงระหว่างวันที่ 1 เมษายน 2565 ถึงวันที่ 31 มีนาคม 2567 แสดงดังรูปที่ 3 และ 5 พบว่าที่สถานีวัดน้ำท่า B.16 มีค่า R^2, RMSE และ NSE เท่ากับ 0.950, 0.113 เมตร และ 0.954 ตามลำดับ ส่วนที่สถานีวัดน้ำท่า B.15 มีค่า R^2, RMSE และ NSE เท่ากับ 0.728, 0.257 เมตร และ 0.644 ตามลำดับ ค่าดัชนีทางสถิติทั้งสามที่สถานี B.16 แสดงประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ดีเยี่ยม โดยมีค่า R^2 และ NSE ที่สูงมาก (>0.9) และค่า RMSE ที่ต่ำ ขณะที่ที่สถานี B.15 แบบจำลองยังคงให้ผลที่น่าพอใจ แม้ว่าค่า R^2 และ NSE จะต่ำกว่าที่สถานี B.16 แต่ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (>0.6)

การตรวจพิสูจน์แบบจำลองใช้ข้อมูลระดับน้ำในช่วงระหว่างวันที่ 1 เมษายน 2563 ถึงวันที่ 31 มีนาคม 2565 แสดงดังรูปที่ 4 และ 6 ผลการตรวจพิสูจน์พบว่าที่สถานีวัดน้ำท่า B.16 มีค่า R^2, RMSE และ NSE เท่ากับ 0.973, 0.217 เมตร และ 0.962 ตามลำดับ ส่วนที่สถานีวัดน้ำท่า B.15 มีค่า R^2, RMSE และ NSE เท่ากับ 0.885, 0.280 เมตร และ 0.884 ตามลำดับ ผลการตรวจพิสูจน์นี้แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่ผ่านการปรับเทียบสามารถจำลองระดับน้ำในแม่น้ำเพชรบุรีได้อย่างแม่นยำแม้ในช่วงเวลาที่แตกต่างจากช่วงปรับเทียบ

ค่าดัชนีทางสถิติจากการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง MIKE-11 ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมและน่าเชื่อถือสำหรับนำไปใช้วิเคราะห์สภาพอุทกพลศาสตร์และระบุจุดเสี่ยงน้ำล้นตลิ่งในแม่น้ำเพชรบุรีต่อไป

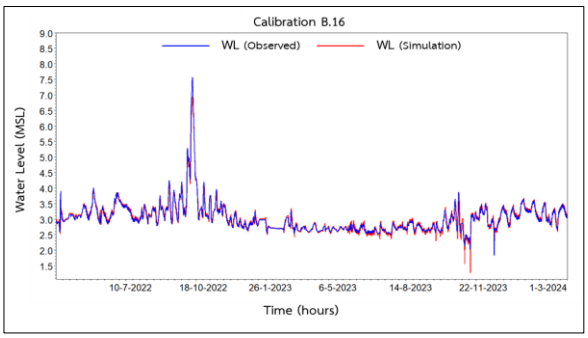


Figure 3 Model calibration results at station B.16 during 2022-2024.

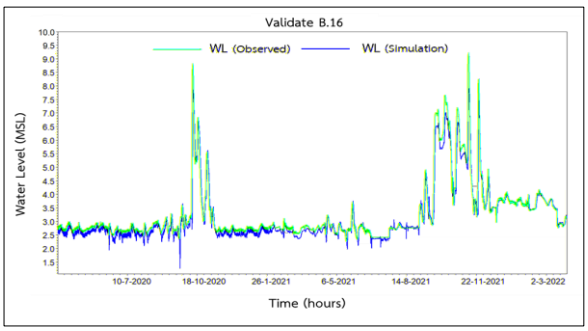


Figure 4 Model validation results at station B.16 during 2020-2022.

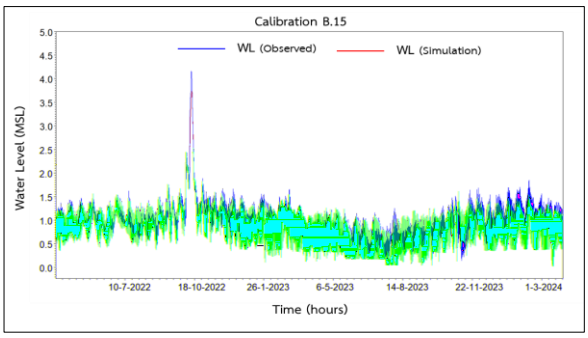


Figure 5 Model calibration results at station B.15 during 2022-2024.

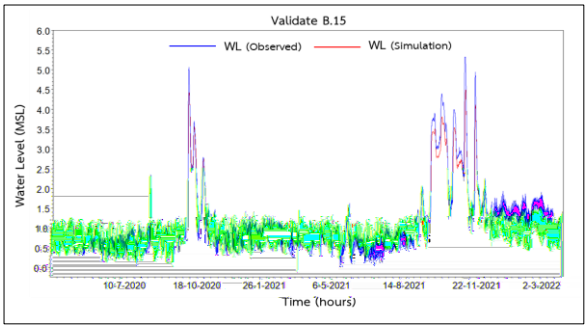


Figure 6 Model validation results at station B.15 during 2020-2022.

3.2 ผลการวิเคราะห์ความลึกน้ำต่ำสุดในแต่ละจุดของแม่น้ำเพชรบุรี

การวิเคราะห์ระดับน้ำตลอดแนวแม่น้ำเพชรบุรีในรอบ 5 ปีหลังสุด (พ.ศ. 2563-2567) ด้วยแบบจำลอง MIKE-11 ที่ผ่านการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แล้ว สามารถแสดงเป็นรูปตัดตามแนวยาวลำน้ำดังรูปที่ 7 ซึ่งแสดงระดับน้ำต่ำสุดและระดับน้ำสูงสุดในช่วงเวลาดังกล่าว เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าความลึกน้ำต่ำสุดในแต่ละรูปตัดหรือความลึกร่องน้ำ ซึ่งพิจารณาจากผลต่างระหว่างระดับท้องน้ำกับระดับน้ำต่ำสุดที่คำนวณได้จากแบบจำลอง พบว่ามีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.0-9.0 เมตร

ตารางที่ 2 แสดงการกระจายตัวของค่าความลึกน้ำต่ำสุดในรูปตัดต่างๆ ของแม่น้ำเพชรบุรี จากผลการวิเคราะห์พบว่าส่วนใหญ่ (45 จาก 66 รูปตัด หรือคิดเป็นร้อยละ 68.2) มีความลึกน้ำต่ำสุดอยู่ในช่วง 0.0-2.0 เมตร รองลงมาคือช่วง 2.01-4.00 เมตร (11 รูปตัด หรือร้อยละ 16.7) และช่วง 4.01-6.00 เมตร (7 รูปตัด หรือร้อยละ 10.6) ตามลำดับ มีเพียง 3 รูปตัดเท่านั้นที่มีความลึกน้ำต่ำสุดมากกว่า 6 เมตร

ลักษณะการกระจายตัวของความลึกน้ำต่ำสุดตลอดแนวแม่น้ำเพชรบุรี แสดงให้เห็นว่า ความลึกน้ำมีความแปรผันค่อนข้างสูงและกระจายตัวสลับกันตลอดทั้งลำน้ำ ซึ่งสะท้อนถึงลักษณะทางกายภาพของแม่น้ำที่มีความซับซ้อน อย่างไรก็ตาม การประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำล้นตลิ่งจำเป็นต้องพิจารณาร่วมกับปัจจัยอื่นๆ ที่เป็นอุปสรรคต่อการไหล เช่น ความลาดชันของลำน้ำ ความกว้างของลำน้ำ และความจุลำน้ำ

Table 2 Minimum water depth values in Phetchaburi River.

Minimum water depth	Number (cross section)
0.00-2.00 m.	45
2.01-4.00 m.	11
4.01-6.00 m.	7
6.01-8.00 m.	1
> 8 m.	2

3.3 ผลการวิเคราะห์ความความจุลำน้ำในแต่ละจุดของแม่น้ำเพชรบุรี

การวิเคราะห์ความจุลำน้ำของแม่น้ำเพชรบุรีตั้งแต่ท้ายเขื่อนเพชรที่สถานีวัดน้ำท่า B.10 (อำเภอท่ายาง) ไปจนถึงปากอ่าวบางตะบูน (อำเภอบ้านแหลม) พบว่ามีความจุลำน้ำเต็มตลิ่งแตกต่างกันไปในแต่ละช่วง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 8.17-202.03 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ดังแสดงในตารางที่ 3 อย่างไรก็ตาม ในการพิจารณาจุดเสี่ยงน้ำล้นตลิ่ง ได้กำหนดขอบเขตการวิเคราะห์เฉพาะช่วงตั้งแต่ท้ายเขื่อนเพชร (กม.ที่ 0+000) ถึงบริเวณ กม.ที่ 37+478 อำเภอบ้านแหลม เท่านั้น เนื่องจากข้อจำกัดของข้อมูลหน้าตัดสำรวจ โดยจากรูปที่ 8 จะเห็นได้ว่าบริเวณ กม.ที่ 38+489 (อำเภอบ้านแหลม) แม่น้ำเพชรบุรีแยกเป็นสองสาย คือ คลองบางตะบูนที่ไหลออกสู่อ่าวไทยที่ปากอ่าวบางตะบูน และคลองบ้านแหลมที่ไหลออกสู่อ่าวไทยที่ปากอ่าวบ้านแหลม การสำรวจหน้าตัดลำน้ำในการศึกษานี้ครอบคลุมเฉพาะเส้นทางที่ไหลออกสู่ปากอ่าวบางตะบูน ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ความจุลำน้ำรวมของทั้งสองเส้นทางได้อย่างสมบูรณ์ ส่งผลให้ค่าความจุลำน้ำที่ กม.ที่ 38+489 ถึง กม.ที่ 53+682 มีค่าต่ำผิดปกติ (8.17 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที) และไม่ควรนำมาใช้ในการระบุจุดเสี่ยงน้ำล้นตลิ่ง

ผลการวิเคราะห์พบว่า ช่วงที่มีความจุลำน้ำน้อยที่สุดอยู่ระหว่าง กม.ที่ 20+001 ถึง กม.ที่ 30+000 ในเขตอำเภอเมืองเพชรบุรี ซึ่งมีความจุการไหลเพียง 82.16 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ค่านี้น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของความจุลำน้ำสูงสุดในช่วงต้นน้ำ (202.03 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที) อย่างมีนัยสำคัญ รูปที่ 9 แสดงตำแหน่งของจุดที่มีความจุต่างๆ ตลอดแนวแม่น้ำเพชรบุรี ซึ่งช่วยในการระบุพื้นที่เสี่ยงได้อย่างชัดเจน

เมื่อพิจารณาร่วมกับผลการวิเคราะห์ความลึกน้ำต่ำสุดในหัวข้อ 3.2 พบว่ามีความสอดคล้องกัน โดยเฉพาะที่บริเวณหน้าตัด กม.ที่ 28+971 ตำบลหนองโสน อำเภอเมืองเพชรบุรี ซึ่งมีค่าระดับน้ำต่ำสุดเพียง 1.92 เมตร เป็นบริเวณที่อยู่ในช่วงที่มีระดับน้ำต่ำกว่า 2.00 เมตร และอยู่ในช่วงที่มีความจุลำน้ำน้อยที่สุดด้วย ลักษณะดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าบริเวณนี้มีพื้นที่หน้าตัดการไหลที่จำกัด ส่งผลให้มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดน้ำล้นตลิ่ง

ผลการวิเคราะห์นี้สอดคล้องกับข้อมูลจากกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (ปภ.) ซึ่งได้รายงานว่าตำบลหนองโสน อำเภอเมืองเพชรบุรี เป็นจุดเฝ้าระวังน้ำล้นตลิ่งและน้ำท่วมขังในช่วงสถานการณ์อุทกภัยเดือนพฤศจิกายน 2564 [11] การที่ผลการศึกษาสอดคล้องกับข้อมูลจริงในอดีตยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองและการวิเคราะห์ในการระบุจุดเสี่ยงน้ำล้นตลิ่งในแม่น้ำเพชรบุรี

Table 3 Flow capacity analysis of Phetchaburi River by river sections.

Phetchaburi River	Minimum flow capacity ($m^3 s^{-1}$)
KM 0+000 to KM 10+000	202.03
KM 10+001 to KM 20+000	103.10
KM 20+001 to KM 30+000	82.16
KM 30+001 to KM 37+478	110.76
KM 38+489 to KM 53+682*	8.17*

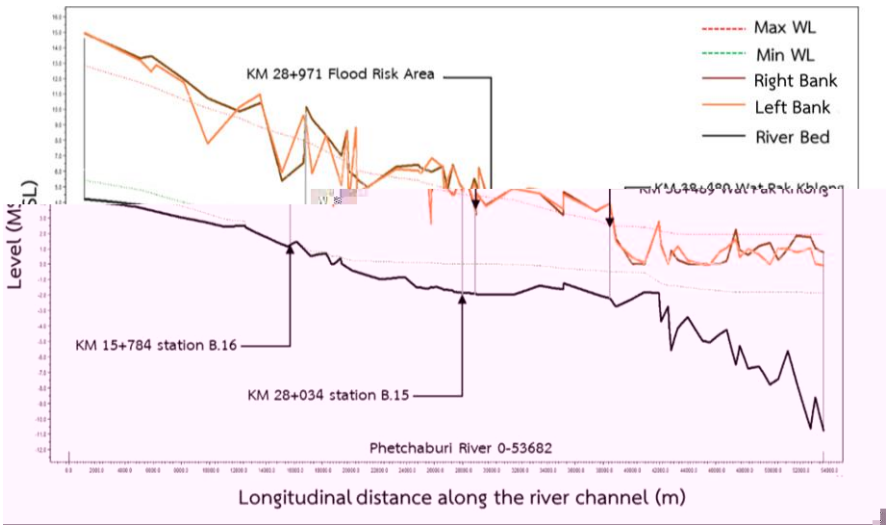


Figure 7 Longitudinal profile showing minimum and maximum water levels of Phetchaburi River during 2020-2024.

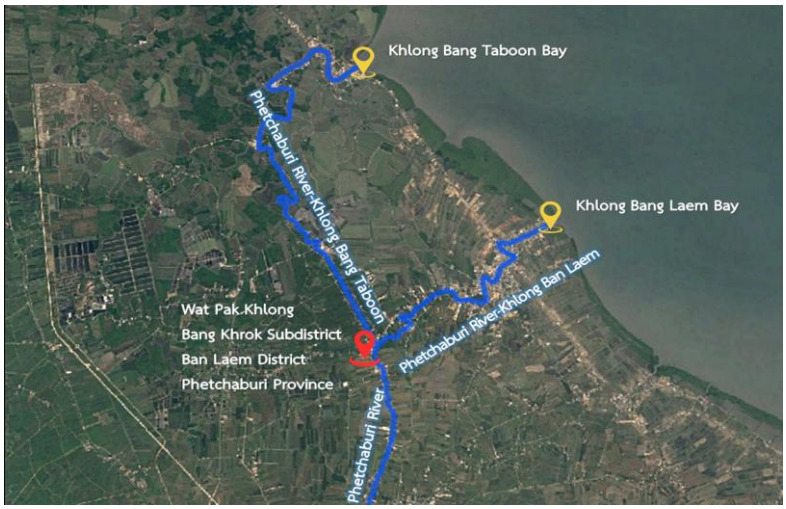


Figure 8 The Phetchaburi River bifurcation near Bang Tabun Bay.

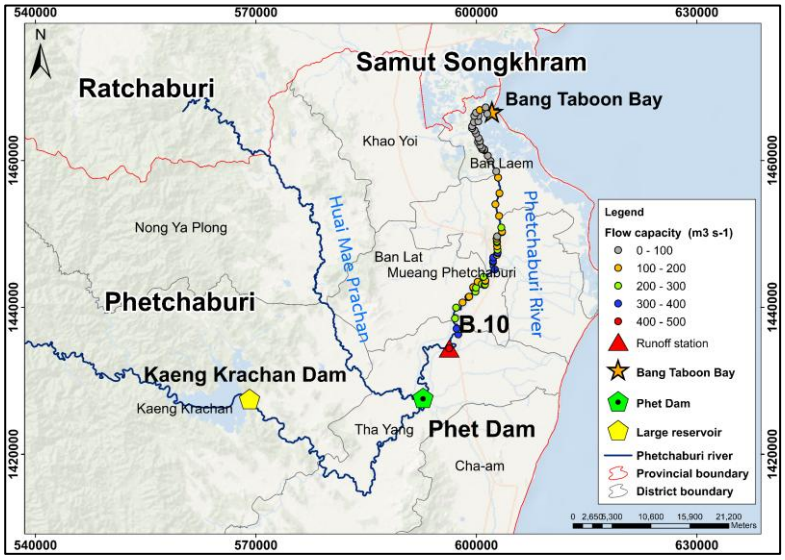


Figure 9 Distribution of flow capacity along Phetchaburi River.

4. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การวิเคราะห์สภาพอุทกพลศาสตร์และจุดเสี่ยงน้ำล้นตลิ่งในแม่น้ำเพชรบุรีด้วยแบบจำลอง MIKE-11 พบว่าแม่น้ำเพชรบุรีมีระดับความลึกน้ำต่ำสุดส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 0.0-2.0 เมตร โดยมีการกระจายตัวสลับกันตลอดทั้งลำน้ำ ส่วนการวิเคราะห์ความจุลำน้ำในช่วงตั้งแต่ท้ายเขื่อนเพชรถึงก่อนจุดแยกของแม่น้ำ พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 82.16-202.03 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที โดยช่วงที่มีความเสี่ยงน้ำล้นตลิ่งสูงสุดอยู่บริเวณอำเภอเมืองเพชรบุรี ระหว่าง กม.ที่ 20+001 ถึง กม.ที่ 30+000 ซึ่งมีความจุการไหลน้อยที่สุดในพื้นที่ศึกษา

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความจุลำน้ำและความลึกน้ำต่ำสุดพบว่า บริเวณหน้าตัด กม.ที่ 28+971 ตำบลหนองโสน อำเภอเมืองเพชรบุรี มีค่าระดับน้ำต่ำสุดเพียง 1.92 เมตร และอยู่ในช่วงที่มีความจุลำน้ำน้อย ส่งผลให้มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดน้ำล้นตลิ่ง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยที่ระบุให้เป็นจุดเฝ้าระวังน้ำล้นตลิ่งในช่วงสถานการณ์อุทกภัยเดือนพฤศจิกายน 2564 [11]

จากผลการศึกษานี้ มีข้อเสนอแนะว่าควรมีการปรับปรุงความจุลำน้ำในช่วงวิกฤติโดยการขุดลอกและปรับปรุงความลาดชันของท้องน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายน้ำ ทั้งนี้ ต้องพิจารณาปัจจัยทางด้านกลศาสตร์แม่น้ำที่เกี่ยวข้องอย่างรอบด้าน ผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นแนวทางให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องวางแผนเตรียมความพร้อมและแก้ไขปัญหาอุทกภัยในพื้นที่แม่น้ำเพชรบุรีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้มีข้อจำกัดในด้านข้อมูลหน้าตัดลำน้ำที่ไม่ครอบคลุมทั้งเส้นทางการไหลของแม่น้ำเพชรบุรี โดยเฉพาะบริเวณที่แม่น้ำแยกเป็นสองสายที่ กม.ที่ 38+489 ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ความจุลำน้ำในช่วงท้ายน้ำได้อย่างสมบูรณ์ ในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการสำรวจหน้าตัดลำน้ำให้ครอบคลุมทั้งคลองบางตะบูนและคลองบ้านแหลม เพื่อให้การจำลองสภาพการไหลสอดคล้องกับสภาพจริงในพื้นที่

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ขอขอบคุณ กรมเจ้าท่า กรมชลประทาน และกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่เป็นประโยชน์กับงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] S. Songpatkaew, W. Taesombat, and D. vanichsan, "Assessment of Flood Mitigation Strategies in The Mun River in The Provinces of Buriram And Surin Using The MIKE11 Model," *Kasem Bundit Engineering Journal,* vol. 14, no. 2, pp. 60-75, 2024.

[2] S. Chotpantarat, "The effect of land use change on floods in Phetchaburi river basin," Chulalongkorn University, 2002.

[3] I. Sawetprawitchkul, "OCCURRENCE OF FLOODS IN THE LOWER PHETCHABURI RIVER BASIN," Chulalongkorn University, 1995.

[4] S. Yodkeaw, N. Intaravicha, and A. Maksuwan, "Using of Geographic Information System for Evaluation Agricultural Potential Land Class in Phetchaburi Province," *Thai Science and Technology Journal,* pp. 191-202, 2021.

[5] E. jandee, "Hydrodynamic MIKE 11 HD Model for Assessing Flood Retention in the Pho-Phraya Detention Field ", Thammasat university, 2021.

[6] P. Teekabunya and P. Kosa, "Flooding Simulation using MIKE FLOOD Model A Case Study : Lam Taklong River Basin " *Technical Education Journal King Mongkut's University of Technology North Bangkok,* vol. 8, no. 1, 2017.

[7] D. Vanichsan and W. Taesombat, "An Analysis on Discharge Carrying Capacity of Lam Pachi River by MIKE11 Model," *Ladkrabang Engineering Journal,* vol. 34, no. 1, pp. 41-48, 06/22 2017. [Online]. Available: https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/lej/article/view/241399.

[8] S. Raksawat and W. Taesombat, "An Analysis of Discharge Carying Capacity of Lang Suan Canal, Chumphon Province by MIKE11 Model," *The 21" KU KPS National Conference,* 2024.

[9] W. Taesombat and S. Patsinghasanee, "Flood mitigation study in Nam Loei river basin using river basin modelling," *Proceedings of the 3 National Convention on Water Resources,* 2009.

[10] D. Moriasi, J. Arnold, M. Van Liew, R. Bingner, R. D. Harmel, and T. Veith, "Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations," *Transactions of the ASABE,* vol. 50, 05/01 2007, doi: 10.13031/2013.23153.

[11] กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย, "รายงานสถานการณ์สาธารณภัย (พฤศจิกายน 2564) " . กรุงเทพมหานคร, 2564.