การประเมินผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่มีต่ออัตราการไหลของน้ำโดยใช้แบบจำลอง MIKESHE

EVALUATION OF LANDUSE CHANGE EFFECTS ON RIVER FLOW USING MIKESHE MODEL

ฐิติรักษ์ อภิรักษ์สันติ[1,*] และชัยวัฒน์ เอกวัฒน์พานิชย์ [2]
[1] ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย
[2,] ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย
[*]Corresponding author address: thitirak.a@gmail.com

บทคัดย่อ

ลุ่มน้ำแม่แจ่มเป็นส่วนหนึ่งของลุ่มน้ำที่สำคัญของลุ่มน้ำปิงตอนบนที่ตั้งทางภาคเหนือของประเทศไทย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือเพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำที่มีต่ออัตราการไหลของน้ำในลุ่มน้ำแม่แจ่มโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKESHE พร้อมทั้งทำการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองให้เหมาะสม โดยแบบจำลอง MIKE SHE นี้ใช้ในการวิเคราะห์น้ำท่า ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ ข้อมูลทางอุตุ-อุทกวิทยาในลุ่มน้ำแม่แจ่ม จากนั้นทำเส้นโค้งแสดงสภาพการไหลของน้ำ (Flow Duration Curves) เพื่อเปรียบเทียบอัตราการไหลของแต่ละปี จากการศึกษาพบว่าอัตราการไหลจากแบบจำลอง MIKESHE เมื่อเทียบกับค่าที่ได้จากการสำรวจในปี 2543 ได้ค่า RMSE = 27.478 และค่า IA = 0.875 และปี 2554 RMSE = 56.818 IA = 0.827 ตามลำดับ ผลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ซึ่งสามารถนำผลที่ได้มาใช้ทำการวิเคราะห์หาความเหมาะสมเพื่อนำมาบริหารจัดการที่ดินหรือหาแนวทางป้องกันต่าง ๆ ได้ในอนาคต

คำสำคัญ: *การเปลี่ยนแปลงที่ดิน, MIKESHE, แม่แจ่ม, อัตราการไหล*

Abstract

Mae Chaem basin is a part of upper Ping river basin in north of Thailand. The objective of this study is to evaluate the effect of land use change on river flow in Mae Chaem River Basin using MIKE-SHE. Moreover, suitable model parameters that can be calibration and verification based on data. This study is intended to obtain a runoff time series using MIKE SHE models by input hydrometeorological data. Flow Duration Curves (FDCs) were used to compare the model simulation result. The results indicate that the effect of land use change on river flow. From this study show runoff from MIKESHE and observe in 2000 RMSE = 27.478, IA = 0.875 and 2011 RMSE = 56.818, IA = 0.827. Moreover, the result of study can be used for optimize land use management and disaster prevention in the future.

Keywords: *Landuse, MIKESHE, Mae Chaem, Flow Rate*

1. บทนำ

การเพิ่มขึ้นของประชากร ประกอบกับความต้องการใช้ที่ดินเพื่อใช้ในกิจกรรมทางเศรษฐกิจอื่น ๆ มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น เช่น การพัฒนาเมือง การเพิ่มตัวเขตอุตสาหกรรม เป็นต้น เมื่อมีความต้องการใช้ที่ดินมากขึ้น จึงทำให้เกิดแนวคิดในการใช้ที่ดินเพิ่มขึ้นตามไปด้วย กล่าวคือ มีการการนำพื้นที่เหมาะสมทางทำการเกษตรมาใช้ในการขยายเมืองหรือการนำพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการทำการเกษตรมาใช้ในการเกษตร โดยการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินนี้ได้ดำเนินมาอย่างต่อเนื่องในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ทำให้ที่ดินเกิดการเปลี่ยนแปลง หรือเรียกได้ว่า มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use change)

ลำน้ำแม่แจ่มเป็นลุ่มน้ำที่มีความสำคัญต่อคนหลายกลุ่มที่อาศัยในบริเวณลุ่มน้ำ และยังสำคัญต่อพื้นที่ภาคกลางเพราะแม่น้ำจากลุ่มน้ำแจ่มไหลออกไปรวมที่ แม่น้ำปิงถึง 40% และ 16% ของเจ้าพระยามาจากลุ่มน้ำแม่แจ่ม หากปริมาณน้ำจากลุ่มน้ำนี้ลดลงจะมีผลกระทบกับลุ่มน้ำอื่นตามไปด้วย นอกจากนั้นลุ่มน้ำนี้ยังเป็นส่วนชี้วัดความอุดมสมบูรณ์ของป่าไม้ และความหลากหลายทางชีวภาพทั้งพันธุ์พืชและสัตว์ป่าในลุ่มน้ำนี้ด้วย [4]

P.Thanapakpawin, J.Richey, D.Thomas and S.Rodda [1] ทำการศึกษาเรื่องความขัดแย้งระหว่างพื้นที่ตอนบนที่มีการขยายตัวทางการเกษตรกับเขื่อนชลประทานด้านท้ายน้ำเนื่องจากความต้องการการใช้น้ำอย่างตึงเครียดในลุ่มน้ำแม่แจ่มในจังหวัดเชียงใหม่ประเทศไทย โดยใช้ระบบอุทกวิทยาประกอบกับการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำแม่แจ่ม 3 เหตุการณ์ที่เป็นไปได้ คือสถานการณ์ที่ป่าเป็นพื้นที่การเกษตรขยายตัวและสถานการณ์ที่กลับกันคือพื้นที่การเกษตรกลายเป็นป่า ซึ่งใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี ค.ศ. 1989 - 2000 โดยเน้นไปที่ระดับความสูงและอิทธิพลจากเขื่อนชลประทานโดยจำลองพื้นที่ลุ่มน้ำโดยใช้ estimated hydrology soil vegetation model (

DHSVM)

การศึกษานี้ได้เลือกแบบจำลอง MIKESHE ซึ่งแบบจำลองนี้เป็นแบบจำลองที่สามารถประเมินศักยภาพของลุ่มน้ำได้ จึงถูกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้

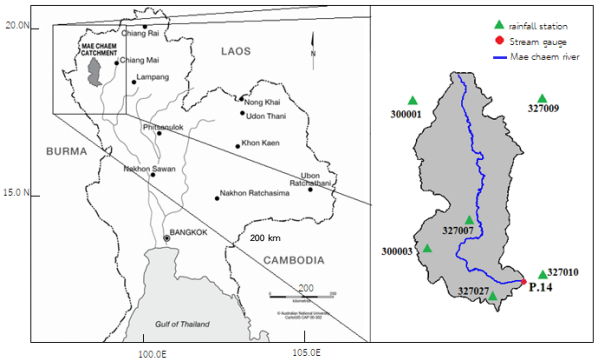
2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการจำลองสภาพการไหลของน้ำโดยใช้แบบจำลอง MIKE SHE
2. เพื่อวิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่มีต่อปริมาณน้ำท่าโดยใช้แบบจำลอง MIKE SHE

3. วิธีการศึกษา

อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้เลือกแบบจำลอง MIKESHE ในการจำลองสภาพการไหลของลำน้ำในลุ่มน้ำแม่แจ่ม โดยใช้ร่วมกับแบบจำลอง MIKE 11



รูปที่ 1 ตำแหน่งที่ตั้งของลุ่มน้ำแม่แจ่มและสถานีวัดน้ำฝนและสถานีวัดน้ำท่า P.14

1. แบบจำลอง MIKESHE

แบบจำลอง MIKESHE เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาโดยสามารถจำลองการไหลของน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน และวัฏจักรทางอุทกวิทยาบนพื้นดิน สามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลได้อย่างอิสระ แบบจำลอง MIKESHE ครอบคลุมกระบวนการที่สำคัญในวงจรทางอุทกวิทยา รวมถึงโมเดลการประมวลผลสำหรับ การคายระเหย (Evapotranspiration), การไหลบนผิวดิน, การไหลแบบไม่อิ่มตัว (Unsaturated flow), การไหลของน้ำใต้ดิน (Groundwater flow), และการไหลในลำน้ำ (channel flow) [3] แบบจำลอง MIKESHE ดังรูปที่ 2 และแบบจำลอง MIKESHE สามารถนำแบบจำลอง MIKE 11 มาช่วยในการจำลองการไหลในลำน้ำได้

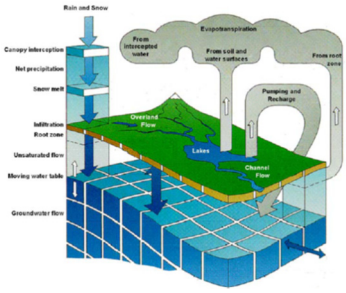
2 แบบจำลอง MIKE11 (Hydrodynamic Model : MIKE11-HD)

แบบจำลอง MIKE 11 สามารถเพิ่มการคำนวณในลำน้ำที่สลับซับซ้อนได้ เช่น ทะเลสาบ และอ่างเก็บน้ำ และโครงสร้างในแม่น้ำ เช่น ประตูระบายน้ำ (Gates, Sluices) และ ฝาย (Weir) [3] ซึ่งแบบจำลอง MIKESHE จะนำข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง MIKE 11 มาเชื่อมโยงกับรูปแบบระบบท่อระบายน้ำ หรือความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและระบบระบายน้ำ ใต้ดิน

แบบจำลอง MIKE11 ที่ใช้ร่วมกับแบบจำลอง MIKESHE คือจำลองสภาพการไหล (Hydrodynamic Model : MIKE11-HD) เพื่อจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำใน 1 มิติ โดยใช้ข้อมูลรูปตัดขวางตลอดลำน้ำ เพื่อคำนวนหาอัตราการไหลของน้ำและค่าระดับน้ำ

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

รวบรวมข้อมูลทางภูมิศาสตร์ ข้อมูลหน้าตัดของแม่น้ำแม่แจ่ม และข้อมูลอุตุอุทกวิทยาของสถานีน้ำฝนและสถานีน้ำท่าของปีพ.ศ. 2543 และ 2554 ในรูปแบบไฟล์ต่าง ๆเพื่อนำเข้าแบบจำลอง MIKESHE และ MIKE 11



รูปที่ 2 กระบวนการนำเข้าข้อมูลเพื่อจำลองวัฏจักรน้ำบนที่ดินโดยใช้แบบจำลอง MIKE SHE

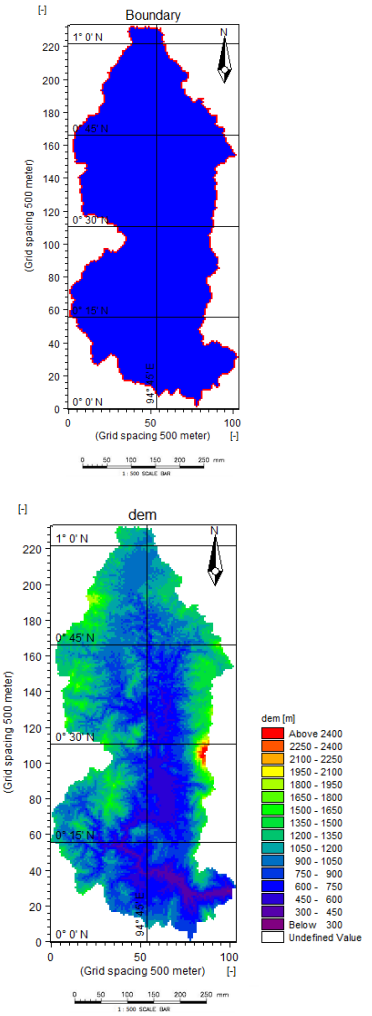
3.1. ข้อมูลทางภูมิศาสตร์

3.1.1. ขอบเขตลุ่มน้ำแม่แจ่ม

จากรูปที่ 3 (ขวา) แสดงขอบเขตของลุ่มน้ำแม่แจ่มในรูปแบบกริดไฟล์.dfs2 ขอบเขตลุ่มน้ำตั้งอยู่ ละติจูด 18° 06’ – 19° 10’ องศาเหนือ ไปจนถึง 98° 04’ – 98°34’ ลองจิจูดองศาใต้

3.1.2. ลักษณะภูมิประเทศของลุ่มน้ำแม่แจ่ม

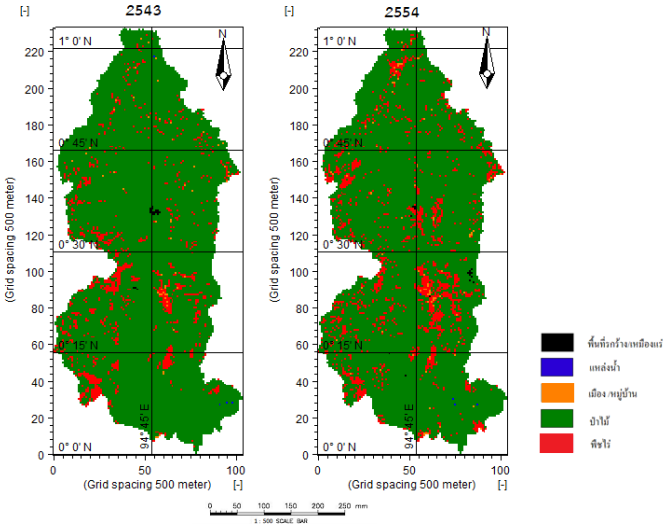
รูปที่ 3 (ซ้าย) แสดงลักษณะภูมิประเทศของลุ่มน้ำแม่แจ่มในรูปแบบกริดไฟล์.dfs2 ขอบเขตลุ่มน้ำตั้งอยู่ UTM 47 เช่นเดียวกับขอบเขตลุ่มน้ำ



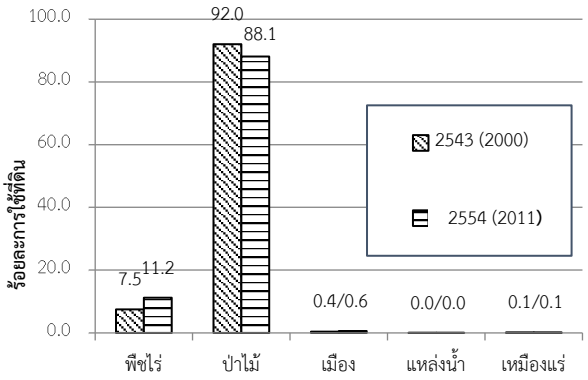
รูปที่ 3 ขอบเขตพื้นที่ของลุ่มน้ำแม่แจ่ม (บน) และลักษณะภูมิประเทศของลุ่มน้ำแม่แจ่ม (ล่าง)

3.1.3. ข้อมูลการใช้ที่ดิน

ในรูปที่ 4 แสดงการใช้ที่ดินของปี พ.ศ.2543 และ 2554 ในงานวิจัยนี้ ได้แบ่งการใช้ที่ดินออกเป็น 5 ชนิด A (Agriculture) หมายถึงการเพาะปลูก F (Forest) หมายถึงป่า U (Urban) หมายถึงเมือง W (water body) หมายถึงแหล่งน้ำ M (Miscellaneous) หมายถึง เหมือง โดยแต่ละชนิดมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบปี 2543 และปี 2554 ดังแผนภูมิแท่งรูปที่ 5 และในตารางที่ 1 แสดงค่า LAI (Leaf of area index) ที่เป็นดัชนีค่ารับแสงและการเจริญเติบโตของพืช และค่า RD (Root deft) ที่แสดงถึงการแผ่กระจายรากของการทำการเกษตร



รูปที่ 4 การใช้ที่ดิน ของปี พ.ศ.2543 และ 2554 ที่นำเข้าแบบจำลอง MIKESHE



รูปที่ 5 รูปแผนภูมิแท่งแสดงร้อยละของการใช้ที่ดินแต่ละชนิดในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มปี พ.ศ.2543 และ 2554

ตารางที่ 1 ค่า LAI, RD ของการใช้ที่ดินแต่ละชนิด

การใช้ที่ดิน	LAI	RD
Agriculture (A)	5	600
Forest (F)	6	800
Urban (U)	1	900
Water body (W)	4	800
Miscellaneous (M)	2	200

3.2. ข้อมูลทางอุตุ-อุทกวิทยา

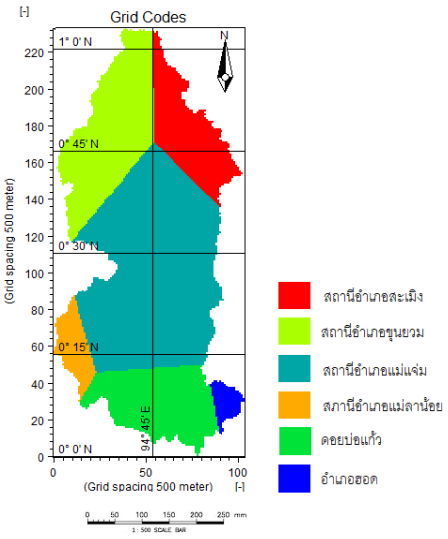
3.2.1. ข้อมูลน้ำฝน

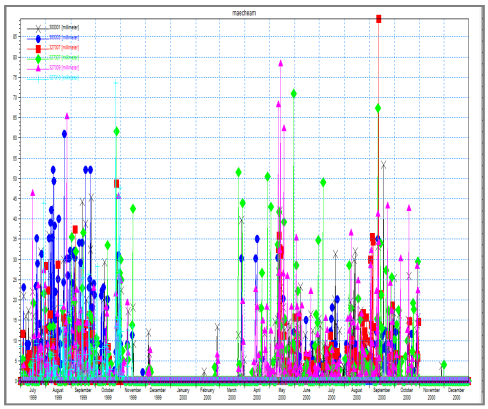
ข้อมูลน้ำฝนที่ใช้เป็นข้อมูลน้ำฝนสูงสุดรายวันโดยเลือกจาก 6 สถานี รหัส 300001, 300003, 327007, 327027, 327009, และ 327010 ของปี พ.ศ.2543 และ 2554 ของกรมอุตินิยมวิทยา โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2 หลังจากนั้นได้ทำการการแบ่งพื้นที่ของ

สถานีวัดน้ำฝน เพื่อหาปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่โดยรอบสถานีวัดน้ำฝน โดยใช้วิธีหลายเหลี่ยมธีเอสเสน (Thiessen Polygon) ผลที่ได้เป็นดังรูปที่ 7 แสดงข้อมูลน้ำฝนสูงสุดรายวันของ 6 สถานีในแต่ละปีที่นำเข้าแบบจำลองโดยแกน X เป็นปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายวัน (มิลลิเมตร) ในแต่ละวันตลอดปีที่เลือกทำการศึกษาในแกน

ตารางที่ 2 ที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนที่เลือกใช้ในแบบจำลอง

สถานี	จังหวัด	รหัส	พิกัด		ปี
			LAT	LONG	พ.ศ.
อำเภอขุนยวม	แม่ฮ่องสอน	300001	18.49.45	97.56.22	2543, 2554
อำเภอแม่ลาน้อย	แม่ฮ่องสอน	300003	18.22.45	97.56.13	2543, 2554
อำเภอแม่แจ่ม	เชียงใหม่	327007	18.30.00	98.22.00	2543, 2554
ดอยบ่อแก้ว (อ.ฮอด)	เชียงใหม่	327027	18.09.00	98.24.00	2543, 2554
อำเภอสะเมิง	เชียงใหม่	327009	18.49.00	98.46.00	2543, 2554
อำเภอฮอด	เชียงใหม่	327010	18.08.00	98.38.00	2543, 2554

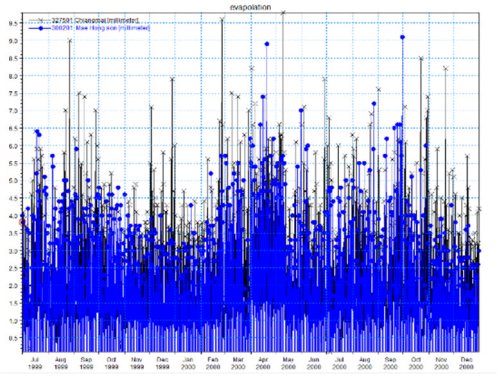




รูปที่ 7 แบ่งพื้นที่สถานีวัดน้ำฝนด้วยวิธีห้าเหลี่ยมทีเอสเซน (Thiessen Method) และข้อมูลน้ำฝนของ 6 สถานีในแต่ละปีที่แสดงผลในแบบจำลอง MIKESHE

3.2.2. ข้อมูลการระเหย

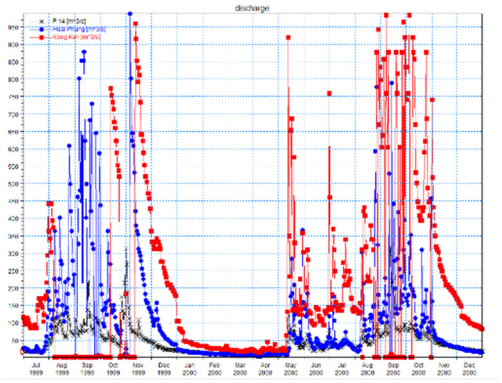
ข้อมูลการระเหยเป็นข้อมูลการระเหยรายวันของกรมอุตุนิยมวิทยาของสถานีวัดที่ตั้งอยู่ดอยสุเทพ จ.เชียงใหม่ ละจิจูด 18.47.24 ลองจิจูด 98.58.37 ที่แสดงผลในแบบจำลอง MIKESHE ดังรูปที่ 8 โดยแกน X เป็นข้อมูลการระเหยรายวัน (มิลลิเมตร) ในแต่ละวันตลอดปีที่เลือกทำการศึกษาในแกน Y



รูปที่ 8 ข้อมูลการระเหยรายวันของกรมอุตุวิทยาที่แสดงผลในแบบจำลอง MIKESHE

3.2.3. ระดับท้ายน้ำและอัตราการไหล

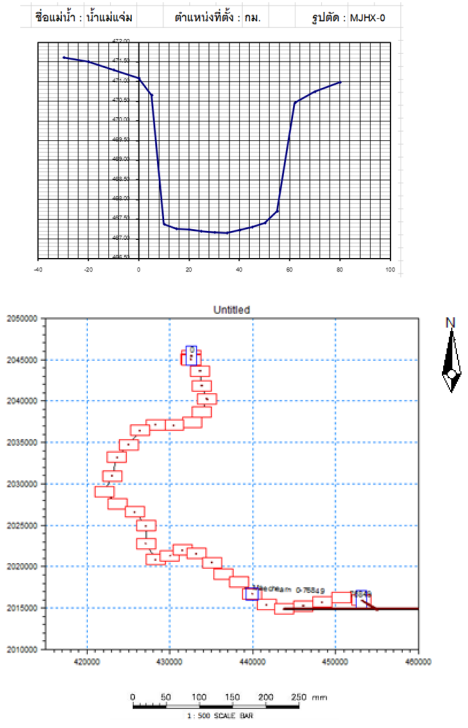
ระดับท้ายน้ำและอัตราการไหลสูงสุดรายวันจากสถานีน้ำท่า P.14 ของกรมชลประทาน เลือกใช้ของปี พ.ศ.2543 และ 2554 และรูปที่ 9 แสดงข้อมูลอัตราการไหลด้านท้ายน้ำที่นำเข้าแบบจำลอง ที่สถานี P.14 ที่แสดงผลในแบบจำลอง MIKESHE โดยแกน X เป็นอัตราการไหลด้านท้ายน้ำ (ลูกบาศก์เมตร/วินาที) ในแต่ละเดือนตลอดปีที่เลือกทำการศึกษาในแกน Y



รูปที่ 9 ข้อมูลอัตราการไหลด้านท้ายน้ำที่นำเข้าแบบจำลองที่สถานี P.14 ที่แสดงผลในแบบจำลอง MIKESHE

3.3. ข้อมูลลำน้ำใน MIKE 11

ในลุ่มน้ำแม่แจ่มมีแม่น้ำสายหลักคือแม่น้ำแม่แจ่ม ข้อมูลที่นำเข้าแบบจำลอง MIKE 11 คือข้อมูลหน้าตัดลำน้ำตลอดจนทั้งลำน้ำในลุ่มน้ำแม่แจ่มดังภาพที่ 10



รูปที่ 10 รูปหน้าตัดและข้อมูลหน้าตัดที่นำเข้าในแต่ละจุดของลำน้ำของแม่น้ำแม่แจ่มที่แสดงผลในแบบจำลอง MIKE11

3.4. การปรับเทียบ (CALIBRATE RESULT)

การปรับเทียบแบบจำลองสามารถตรวจสอบผลที่ได้จากแบบจำลองสอดคล้องกับค่าที่ได้จากการวัดจริงที่ได้บันทึกไว้ โดยค่าที่นิยมใช้ตรวจสอบแบบจำลองคือ RMSE (Root Mean square error) ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 1 ถ้าค่า RMSE มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าผลที่ได้จากแบบจำลองมีความสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการวัดจริง และค่า IA (Index of agreement)

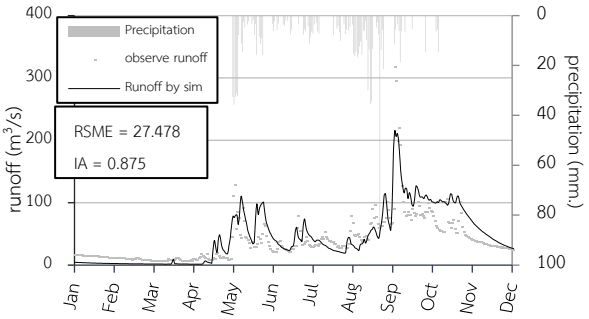
การปรับเทียบที่ใช้ตรวจสอบในการศึกษานี้เป็นค่าอัตราการไหลที่ได้หลังจากนำเข้าข้อมูลทั้งหมดเพื่อการจำลองน้ำท่ามาปรับเทียบกับค่าวัดอัตราการไหลจริงที่สถานี P.14 ของลุ่มน้ำแม่แจ่ม

3.5. ขั้นตอนการทำวิจัย

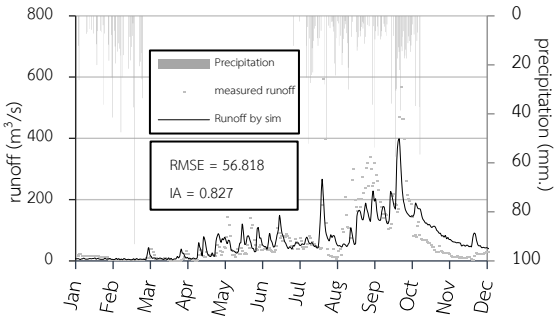
นำข้อมูลที่เตรียมจากข้อ 3.1-3.4 เข้าแบบจำลอง MIKESHE เพื่อทำการจำลองการไหลของด้านท้ายน้ำ จากนั้นนำอัตรการไหลที่ได้จากการสังเกตจริงมาเปรียบเทียบ

4. ผลการวิจัย

รูปที่ 11 (a) และ (b) แสดงกราฟแสดงอัตราการไหลที่จุดท้ายน้ำที่ได้จากการสำรวจและที่ได้จากแบบจำลอง MIKESHE เมื่อเทียบกับปริมาณฝนสูงสุดรายวัน โดยปรับเทียบค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง ให้ผล RMSE (Root Mean square error) = 27.478 และ 56.818 ของปี 2543 และปี 2554 ตามลำดับ และ ค่าการยอมรับได้ (Index of Agreement) = 0.875 และ 0.827 ของปี 2543 และปี 2554 ตามลำดับ



(a) ปี 2543

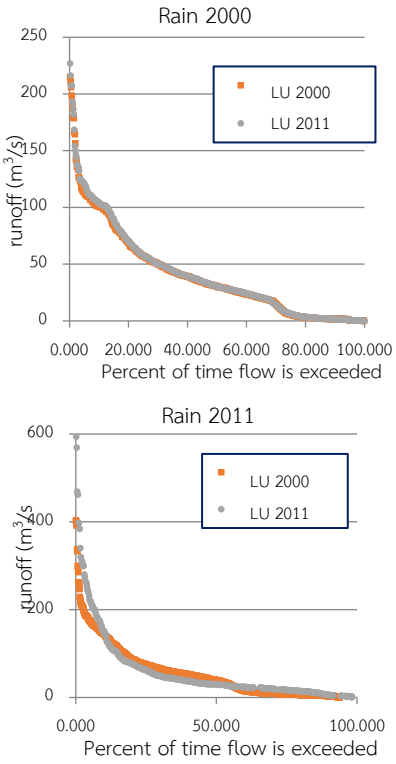


(b) ปี 2554

รูปที่ 11 (a) และ (b) แสดงอัตราการไหลที่ได้จากแบบจำลองเมื่อเทียบกับข้อมูลสำรวจจริงจากแบบจำลอง MIKE SHE ที่จุด P.14 เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสูงสุดรายวันของปี พ.ศ.2543 และ 2554 ตามลำดับ

การนำข้อมูลไปใช้

นำอัตราการไหลที่ได้จากท้ายน้ำของปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2554 มาทำการสลับข้อมูลฝนสูงสุด แล้วนำมาเปรียบเทียบอีกครั้งในรูปแบบโค้งปริมาณการไหลต่อช่วงเวลา (Flow-duration curve) ดังในรูปที่ 12



รูปที่ 12 เส้นโค้งแสดงสภาพการไหลของน้ำ

การวิเคราะห์น้ำท่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงที่ดินโดยใช้แบบจำลอง MIKE SHE สามารถวิเคราะห์ได้โดยการซ้อนทับข้อมูลทางภูมิศาสตร์สารสนเทศและข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยา ร่วมกับข้อมูลลำน้ำโดยวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง MIKE11 หลังจากการปรับเทียบค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง MIKE SHE ในปี 2543 ได้ค่า RMSE = 27.478 และค่า IA = 0.875 และปี 2554 RMSE = 56.818 IA = 0.827

เมื่อทำการสลับชุดข้อมูลฝนของปี พ.ศ.2543 และปี พ.ศ. 2554 เพื่อสอบเทียบข้อมูล หลังจากการวิเคราะห์ผ่านแบบจำลอง MIKE SHE นำอัตราการไหลมาพล็อตในรูปแบบโค้งปริมาณการไหลต่อช่วงเวลา (Flow-duration curve) เพื่อเปรียบเทียบพบว่าเมื่อใส่ข้อมูลฝนปีพ.ศ. 2543 ในชุดที่ดินปี พ.ศ. 2543 และ 2554 เส้นโค้งปริมาณการไหลของจุด P.14 ด้านท้ายน้ำมีความใกล้เคียงกันมาก โดยข้อมูลดินปี 2554 มีอัตราไหลต่ำสุดอยู่ที่ร้อยละ 98 ของช่วงเวลา และข้อมูลดินปี 2543 มีค่าอัตราไหลต่ำสุดอยู่ที่ร้อยละ 93 ของช่วงเวลา แต่เมื่อใส่ฝนปีพ.ศ. 2554 ในชุดที่ดินปี พ.ศ. 2543 และ 2554 อัตราการไหลด้านท้ายน้ำแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยข้อมูลดินปี 2554 มีอัตราไหลต่ำสุดอยู่ที่ร้อยละ 100 ของช่วงเวลา และข้อมูลดินปี 2543 มีค่าอัตราไหลต่ำสุดอยู่ที่ร้อยละ 99 ของช่วงเวลา

5. สรุป

แบบจำลอง MIKESHE สามารถจำลองการไหลของลุ่มน้ำโดยการนำข้อมูลของลุ่มน้ำทั้งหมดมาใช้ และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินอัตราการไหลด้านท้ายน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

เมื่อนำกราฟอัตราการไหลด้านท้ายน้ำเมื่อนำข้อมูลฝนของปี พ.ศ. 2543 ใส่ลงไปในการใช้ที่ดินในปีพ.ศ. 2543 และ 2554 มาเปรียบเทียบ กราฟที่ได้มีความซ้อนทับกัน แต่เมื่อนำกราฟอัตราการไหลด้านท้ายน้ำเมื่อนำข้อมูลฝนของทั้งปีพ.ศ.2554 ใส่ลงไปในการใช้ที่ดินในปีพ.ศ. 2543 และ 2554 มาเปรียบเทียบ อัตราการไหลสูงสุดที่ได้จากการใช้ที่ดินปีพ.ศ. 2554 มีค่าสูงกว่าเมื่อนำฝนปีพ.ศ. 2554 ใส่ในการใช้ที่ดิน ปีพ.ศ.2543

การใช้ที่ดินในปีพ.ศ.2543 ทำให้อัตราการไหลสูงสุดที่เกิดจากฝนปีพ.ศ.2554 ลดลง เพราะฉะนั้นการเปลี่ยนแปลงที่ดินที่มีแนวโน้มที่ปริมาณป่าที่มีแนวโน้มโลดลงในขณะที่มีการขยายตัวของการเกษตรมีผลต่ออัตราการไหลด้านท้ายน้ำ

ผลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ซึ่งสามารถนำผลที่ได้มาใช้ทำการวิเคราะห์หาความเหมาะสมเพื่อนำมาบริหารจัดการที่ดินหรือหาแนวทางป้องกันต่าง ๆ ได้ในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากผศ.ดร.ชัยวัฒน์ เอกวัฒน์พานิชย์ ตลอดจนมารดาและคนในครอบครัวของข้าพเจ้า และขอขอบคุณกรมอุตุนิยมวิทยาที่เอื้อเฟื้อข้อมูล

7. การอ้างอิง

[1] P.Thanapakpawin., (2006)., Effects of land use change on the hydrologig regime of the Mae Chaem river basib, NW Thailand., *Elsevier*, University of Washington. WA 98195, USA

[2] *ภัสสร ฉวีวงษ์และกอบเกียรติ ผ่องพุฒิ, 2551, "บัญชีน้ำในลุ่มน้ำปิงตอนบน: การประเมินปริมาณน้ำใต้ดิน"*, วิทยาสารกำแพงแสน ปีที่ 6 ฉบับที่ 2: 71 – 86

[3] MIKE powered by DHI. (2020). MIKE SHE. เข้าถึงได้จากเว็บไซต์https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-she. (เข้าถึงเมื่อ 10/03/11)

[4] ลุ่มน้ำแม่แจ่ม สายเลือดในสายนทีของ 5 ชนเผ่า (2548). MGR Online. เข้าถึงได้จากเว็บไซต์ : https://mgronline.com/qol/detail/9480000007681 (เข้าถึงเมื่อ 19/04/11)