

การศึกษาลักษณะทางอุทกวิทยาตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ต้นน้ำแม่กลอง

Hydrological Characteristic Study of Mae Klong Head Watershed on Land Use Changes, Kanchanaburi province

สำเร็จ ปานอุทัย¹ สมชาย อ่อนอาษา¹ บุญมา ดีแสง¹ และ ดอกกรัก มารอด²

¹ ส่วนวิจัยต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช

² คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ: การศึกษาลักษณะทางอุทกวิทยาตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน พื้นที่ต้นน้ำแม่กลอง ใช้ข้อมูลห้วยลั่นถัน อำเภอกองคา จ.กาญจนบุรี เป็นพื้นที่ศึกษา โดยทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2537-2554 ผลการศึกษา พบว่า ลุ่มน้ำห้วยลั่นถันมีปริมาณน้ำฝน รายปีเฉลี่ย 1,662.6 มิลลิเมตรต่อปี มีปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย 552,513 ลูกบาศก์เมตร/ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น 552.5 มิลลิเมตร และมีศักยภาพการให้น้ำท่า 33.2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำฝน โดยเป็นปริมาณน้ำในช่วงน้ำหลาก 73.5 เปอร์เซ็นต์ และเป็นน้ำในช่วงแล้งฝน 26.5 เปอร์เซ็นต์

ผลการศึกษการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาในช่วงระยะเวลา 17 ปี โดยแบ่งเป็น 3 ช่วงได้แก่ ปี พ.ศ. 2537-2542 พ.ศ. 2543-2548 และ พ.ศ. 2549-2554 ซึ่งในแต่ละช่วงมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินคือมีพื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้นจาก 84.25 เปอร์เซ็นต์ในปี พ.ศ.2535 เป็น 92.48 และ 97.27 เปอร์เซ็นต์ ในปีพ.ศ.2543 และพ.ศ.2551 ตามลำดับ พบว่า ปริมาณน้ำท่ารายปีมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย เช่นเดียวกับปริมาณน้ำในช่วงน้ำหลากที่มีแนวโน้มลดลง ส่วนปริมาณน้ำในช่วงแล้งฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สำหรับช่วงเวลาการไหลของน้ำท่าในช่วงน้ำหลากในแต่ละช่วงเวลาของ ปี พบว่า มีระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น โดยปริมาณน้ำท่า 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำทั้งหมดจะมีระยะเวลาการไหลที่เพิ่มขึ้นจากจาก 72 วัน เป็น 95 และ 96 วัน ตามลำดับ และระยะเวลาที่ปริมาณน้ำ 5 และ 1 เปอร์เซ็นต์สุดท้ายของน้ำทั้งหมดมีระยะเวลาที่สั้นลงตามการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ป่าไม้

คำสำคัญ: น้ำท่า สมดุลน้ำ ป่าเบญจพรรณ การทดแทนตามธรรมชาติ ป่ารุ่นสอง

Abstract: The study on Hydrological Characteristics of Mae Klong Head Watershed in response to Land Use Changes was conducted at Lin thin watershed, Kanchanaburi province. The meteorological and hydrological data during 1994-2011 were indentified and interpreted. The result found that average annual rainfall at Lin thin watershed was 1,662.6 mm and it provided stream flow of 552,513 m³ km⁻² or 552.5 mm. Potential stream flow of the watershed was 33.2% of rainfall amount; 73.5% was stream flow during wet period and 26.5 % was stream flow during dry period.

The response of hydrological characteristics to land use change in the study period were divided in 3 phases; 1994-1999, 2000-2005 and 2006-2011. During this period, forest area of the watershed tended to increase. There was 4.25% of forest area in 1992 or the first phase, and increased to be 92.48% and 97.27% in 2000 and 2008, respectively. The annual stream flow and stream flow during wet period tended to decrease from the first to the third phase, while those of dry period trended to increase. According to flow characteristics, it was found that 50% flow intervals tended to increase; they were 72 days at the first phase, 95 and 96 days in the second phase and the third phase, respectively. Increased forest area led to decrements in 5% and 1% intervals of the streamflow.

Keywords: Streamflow, Discharge, Water balance, Mixed deciduous forest, Secondary forest

บทนำ

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์ ทั้งทางด้านอุปโภค บริโภค โดยปริมาณน้ำส่วนใหญ่ที่นำมาใช้ประโยชน์คือน้ำผิวดินที่อยู่ตามลำห้วย ลำธาร อ่างและเขื่อนกักเก็บน้ำ แต่จากความต้องการใช้น้ำและที่ดินที่เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มของประชากร พื้นที่ต้นน้ำลำธารจึงถูกบุกรุกทำลายเปลี่ยนจากพื้นที่ป่าไม้อันอุดมสมบูรณ์ ไปเป็นพื้นที่ทางการเกษตรและที่อยู่อาศัย ทำให้เกิดความไม่สมดุลของระบบนิเวศในการทำหน้าที่ควบคุมระบบการดูดซับและระบายน้ำ ตลอดจนความรุนแรงของการเปลี่ยนแปลงสถานะอากาศ ทำให้เราประสบกับปัญหาของการเกิดอุทกภัย

ในช่วงฤดูฝนที่มีฝนตกชุก และเกิดความแห้งแล้งขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง ที่ทำความเสียหายทั้งชีวิต ทรัพย์สิน ตลอดจนเป็นชนวนความขัดแย้งของประชาชนในพื้นที่จากการแย่งชิงทรัพยากรน้ำ ซึ่งนับวันจะทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น สาเหตุสำคัญมาจากการบุกรุกทำลายป่าที่เป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร การฟื้นฟูพื้นที่ป่าต้นน้ำให้กลับมา มีความอุดมสมบูรณ์ดั้งเดิมสามารถเอื้ออำนวยน้ำให้กับประชาชนได้อย่างเหมาะสมก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อประชาชนและประเทศชาติ จึงเป็นแนวทางการแก้ไขที่ถูกนำมาใช้ในปัจจุบัน ดังนั้นการศึกษาลักษณะอุทกวิทยาของพื้นที่ ต้นน้ำในปัจจุบันเป็นอย่างไรเปรียบเทียบกับอดีตที่ผ่านมา จะช่วย

ทำให้เราทราบถึงสถานภาพของการฟื้นฟูพื้นที่ป่าต้นน้ำในอดีตว่าสำเร็จมากน้อยเพียงใด

วิธีการวิจัย

16. การรวบรวมและเก็บข้อมูล

1.1 ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลหัตถภูมิด้านต่าง ๆ ของพื้นที่ต้นน้ำแม่กลอง

1.2 เก็บวัดข้อมูลอากาศ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน รายวัน อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และการระเหยน้ำ รายวัน

1.3 วัดปริมาณน้ำในลำธาร โดยใช้เครื่องบันทึกระดับน้ำอัตโนมัติ (Data logger) แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณน้ำ

17. การวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 วิเคราะห์หาค่าทางสถิติต่าง ๆ ของข้อมูล อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และการระเหยปริมาณน้ำฝนรายวัน

2.2 วิเคราะห์ข้อมูลน้ำท่า ลักษณะการไหลของน้ำท่าในแต่ละช่วงเวลา ตลอดจนเปรียบเทียบปริมาณน้ำในช่วงน้ำหลาก (wet period) และช่วงน้ำแล้ง (dry period)

2.3 วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในช่วงเวลาต่าง ๆ และข้อมูลอากาศกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่า

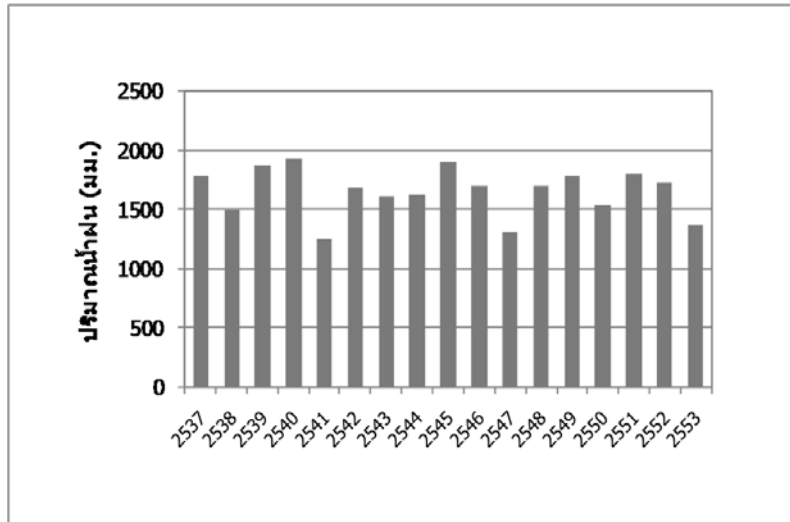
ผลการศึกษา

การศึกษาลักษณะทางอุทกวิทยา ตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่ต้นน้ำแม่กลอง จังหวัดกาญจนบุรี โดยทำการศึกษาในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลั่นถิ่น อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ที่มีขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ 109 ตารางกิโลเมตร สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยป่าธรรมชาติโดยเฉพาะป่าเบญจพรรณผสมไม้ และมีพื้นที่ทางการเกษตรกระจายอยู่บริเวณตอนกลางของลุ่มน้ำ นอกจากนี้ยังมีสวนป่าที่ปลูกฟื้นฟูพื้นที่บริเวณตอนล่างของลุ่มน้ำบ้าง

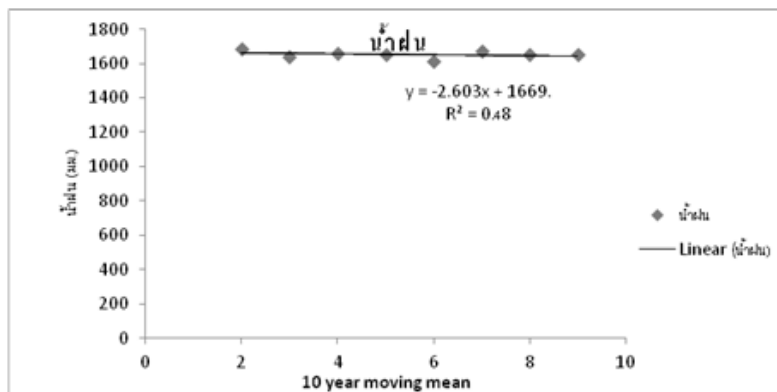
เล็กน้อย ซึ่งการดำเนินงาน ในครั้งนี้ ใช้ข้อมูลที่มีการเก็บรวบรวมในช่วง เมษายน 2537- มีนาคม 2554 มาทำการศึกษา ผลปรากฏดังนี้

19. ปริมาณน้ำฝน

ลุ่มน้ำห้วยลั่นถิ่น มีปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย 1,662.6 มิลลิเมตร โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1,250.6-1,937.9 มิลลิเมตร ส่วนรอบความผันแปรของปริมาณน้ำฝนรายปี จะอยู่ในช่วงทุก ๆ 6 ปี (ภาพที่ 1) และเมื่อนำปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานปริมาณน้ำฝน พบว่าลุ่มน้ำห้วยลั่นถิ่นเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีปริมาณน้ำฝนรายปีสูง สำหรับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่วิเคราะห์จาก 10 Year Moving Average พบว่าปริมาณน้ำฝนรายปีมีแนวโน้มที่ลดลงเล็กน้อยแต่ไม่เด่นชัดนัก (ภาพที่ 2) การตกของน้ำฝนรายเดือนนั้นพบว่า ช่วงเดือนพฤษภาคม - กันยายน จะเป็นช่วงที่มีฝนตกชุก เพราะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่นำความชื้นมาสู่พื้นที่ และบางครั้งจะได้รับอิทธิพลจากพายุไซร่อนและพายุดีเปรสชันที่เคลื่อนตัวเข้าสู่พื้นที่ โดยเดือนกรกฎาคมจะเป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด สำหรับช่วงเดือนพฤศจิกายน - กุมภาพันธ์ จะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งจะนำพาความแห้งแล้ง และหนาวเย็นมาสู่พื้นที่ ทำให้เกิดภาวะแล้งฝนมีปริมาณฝนตกน้อย โดยเฉพาะในเดือนธันวาคมจะมีปริมาณฝนตกน้อยที่สุด



ภาพที่ 1 ปริมาณน้ำฝนรายปี บริเวณลุ่มน้ำห้วยลั่นถัน



ภาพที่ 2 แนวโน้มของปริมาณน้ำฝนรายปี จาก 10 year moving mean

ปริมาณน้ำฝนรายวัน โดยเฉลี่ยจะมีจำนวนวันที่ฝนตกประมาณ 137 วันต่อปี โดยปริมาณน้ำฝนรายวันที่ตกสูงสุดในรอบวันคือ 175 มิลลิเมตร (ตารางที่ 1) และเมื่อนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันมาแจกแจงการตกของฝน ตามช่วงชั้นการตกของฝนที่ ประเดมิชัย และสมาน (2528) ได้กำหนดไว้พบว่า ฝนที่ตกน้อยกว่า 10 มิลลิเมตร มีมากที่สุดโดยมี

จำนวน 83 วัน รองลงมาได้แก่น้ำฝนที่ตกระหว่าง 10-30 มิลลิเมตร ส่วนช่วงที่เหลือจะมีปริมาณฝนตกไม่มากนัก และเมื่อนำจำนวนน้ำฝนที่ตกมาหาเปอร์เซ็นต์การเกิดน้ำฝนในแต่ละระดับ พบว่าระดับของฝนที่มี ปริมาณการตกน้อยมีโอกาสดังเกิดขึ้นได้มากกว่าระดับของฝนที่มีปริมาณมาก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ กฤษดาพร (2548) ที่พบว่าปริมาณน้ำฝนที่

มีปริมาณการตกน้อยจะมีโอกาสเกิดได้มากกว่าฝนที่มีฝนที่ตกติดต่อกันเป็นจำนวนวันมาก โดยในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วย
ปริมาณการตกเป็นปริมาณมาก สำหรับการตกของฝนที่ตก
ติดต่อกันตั้งแต่ 2 วันขึ้นไปนั้น จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า
การตกของฝนที่ตกติดต่อกันจำนวนน้อยวัน จะมีค่ามากกว่า
พื้นที่ที่รับน้ำตอนล่างได้

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำฝนรายวันเฉลี่ย ในลุ่มน้ำห้วยลื่นถิ่น เมษายน 2534 ถึงมีนาคม 2554

ลำดับ	ช่วงการตกของฝน	จำนวนวันที่มีฝนตก (วัน)	เปอร์เซ็นต์ของจำนวนวันที่ฝนตก (%)
1	>10	83	60.58
2	10-30	42	30.66
3	30-60	9	6.57
4	60-100	2	1.46
5	>100	1	0.73
รวม		137	100

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำท่าลุ่มน้ำห้วยลื่นถิ่น อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี

เดือน	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	ปริมาณน้ำท่า		
		(ลูกบาศก์เมตร)	(ลูกบาศก์เมตร/ตารางกิโลเมตร)	(มิลลิเมตร)
เมษายน	95.2	1,736,707	15,943	15.9
พฤษภาคม	213.7	2,385,930	21,903	21.9
มิถุนายน	211.7	3,301,668	30,310	30.3
กรกฎาคม	300.2	6,179,962	56,733	56.7
สิงหาคม	286.1	8,592,398	78,880	78.9
กันยายน	280.0	11,239,760	103,183	103.2
ตุลาคม	166.3	10,777,897	98,943	98.9
พฤศจิกายน	23.9	6,207,194	56,983	57.0
ธันวาคม	3.2	3,736,299	34,300	34.3
มกราคม	7.2	2,624,850	24,097	24.1
กุมภาพันธ์	23.7	1,776,648	16,310	16.3
มีนาคม	51.5	1,625,962	14,927	14.9
รวม	1,662.6	60,185,277	552,513	552.5
เปอร์เซ็นต์น้ำท่าต่อน้ำฝน (%)				33.2

ตารางที่ 3 ปริมาณน้ำท่าช่วงน้ำหลากและน้ำแล้งลุ่มน้ำห้วยลั่นถัน

ช่วงเวลา	เดือน	ปริมาณน้ำฝน		ปริมาณน้ำท่า	
		(มิลลิเมตร)	(%)	(มิลลิเมตร)	(%)
ช่วงน้ำหลาก	เมษายน-ตุลาคม	1,553.1	93.4	405.9	73.5
ช่วงน้ำแล้ง	พฤศจิกายน-มีนาคม	109.5	6.6	146.6	26.5
รวม		1,662.6	100	552.5	100

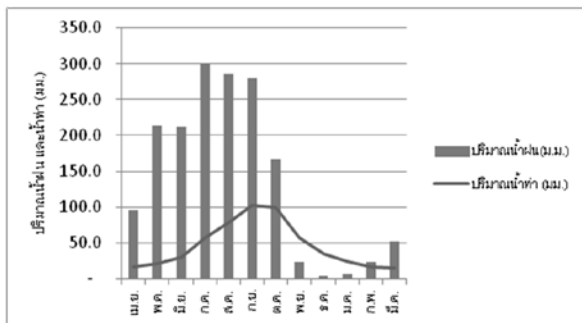
2. ปริมาณน้ำท่า

ศักยภาพการให้น้ำท่าของลุ่มน้ำห้วยลั่นถัน พบว่ามีปริมาณน้ำท่า 60,185,277 ลูกบาศก์เมตร/ปี คิดเป็นปริมาณน้ำท่าต่อพื้นที่ 552,513 ลูกบาศก์เมตร/ตารางกิโลเมตร และเป็นความสูง 552.5 มิลลิเมตร ซึ่งคิดเป็นศักยภาพการให้น้ำท่า 33.2 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำฝน (ตารางที่ 2) เมื่อนำปริมาณน้ำท่ารายปีต่อพื้นที่ และปริมาณน้ำท่าต่อปริมาณน้ำฝนรายปี ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานตามตารางผนวกที่ 1 จะพบว่าลุ่มน้ำห้วยลั่นถันเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีศักยภาพการให้ปริมาณน้ำท่าปานกลาง **หัวข้อย่อยผลและวิจารณ์** ผลการศึกษาปริมาณน้ำท่าในช่วงน้ำหลาก (wet period) และแล้งฝน (dry period) พบว่าลุ่มน้ำห้วยลั่นถันมีปริมาณน้ำท่าไหลในช่วงน้ำหลาก 73.5 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณน้ำท่าไหลในช่วงแล้งฝน 26.5 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำทั้งปี (ตารางที่ 3) เมื่อพิจารณาถึงศักยภาพการให้น้ำท่าในช่วงแล้งฝน ซึ่งเป็นช่วงที่มีฝนตกน้อย ปริมาณน้ำจะเกิดจากบทบาทของดินในการปลดปล่อยความชื้นออกจากดินในลักษณะน้ำไหลใต้ดิน โดยดินจะปลดปล่อยความชื้นที่สะสมอยู่ในรูปร่างของผิวหน้าเม็ดดิน และอยู่ในช่องว่างขนาดเล็กมากของดิน ความชื้นจะเคลื่อนที่ อย่างช้าๆ ด้วยแรงเกาะยึดโมเลกุลของน้ำถ่ายเทต่อเนื่องกัน ไปจากชั้นเขาจนถึงพื้นที่

ตอนล่างของกลุ่มน้ำจนทำให้ความชื้นของดินบริเวณใกล้ลำห้วยมีความชื้นเพิ่มขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัวแล้วไหลซึมลงสู่ลำธารเป็นปริมาณน้ำท่าในช่วงแล้งฝนต่อไป (เกษม, 2539)

สำหรับปริมาณท่าในช่วงแล้งฝนที่ศึกษาได้ในครั้งนี้พบว่า มีค่าสูงกว่าป่าเต็งรัง จังหวัดสกลนคร ที่มีปริมาณน้ำท่าในช่วงแล้งฝนเพียง 2.6 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำทั้งปี (โสภณและคณะ, 2555) ป่าดิบชื้นคลองบางเลน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่พบว่ามี 16 เปอร์เซ็นต์ (เสาวคนธ์, 2543) แต่จะมีค่าต่ำกว่าป่าดิบเขา จังหวัดเชียงใหม่ ที่มีปริมาณน้ำในช่วงแล้งฝนประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ (เพิ่มศักดิ์, 2522) แสดงให้เห็นว่าลุ่มน้ำห้วยลั่นถันมีศักยภาพการให้น้ำท่าในช่วงแล้งฝนค่อนข้างสูง ทั้งนี้ เนื่องจากลุ่มน้ำลั่นถันมีชั้นดินลึก ส่วนใหญ่เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย มีความพรุนสูง และมีความสามารถในการกักเก็บน้ำไว้ได้มากจึง ทำให้มีปริมาณน้ำที่จะปลดปล่อยลงสู่ลำธารในช่วงแล้งมากตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับที่ สาโรจน์ และคณะ (2554) สรุปไว้ว่าช่องว่างภายในดิน และความลึกของชั้นดินจะมีบทบาทต่อการกักเก็บน้ำฝนในช่วงต้นฤดูฝน และการปลดปล่อยในช่วงฤดูแล้ง โดยดินที่มีความสามารถในการกักเก็บน้ำ ไว้ในดินค่อนข้างสูงย่อมทำให้มีการระบายน้ำสู่ลำธารอย่างช้าๆ ตลอดเวลาและค่อนข้างสม่ำเสมอ

ลักษณะการไหลของน้ำท่า กลุ่มน้ำห้วยลั่นถันเป็น
 กลุ่มน้ำที่มีน้ำไหลตลอดปี (perennial stream) โดยปริมาณ
 น้ำท่าจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ตั้งแต่เดือนเมษายน - มิถุนายน
 เพราะช่วงนี้ดินยังมีความชื้นน้อย ฝนที่ตกลงมาส่วนใหญ่จะ
 ถูกดินดูดซับไว้ แล้วปริมาณน้ำท่าจึงเริ่มเพิ่มสูงขึ้นอย่าง
 รวดเร็วในเดือนกรกฎาคมจนมีค่าสูงสุดในเดือนกันยายน ซึ่ง
 เป็นเดือนที่ดินอึมตัวด้วยน้ำ ปริมาณน้ำที่ถูกเก็บสะสมไว้ใน
 ดิน จะถูกระบายลงสู่ลำธาร (Mishra และ Singh, 2003)
 ร่วมกับปริมาณน้ำท่าที่เกิดจากฝนที่ตกในเดือนนี้ จึงทำให้มี
 ปริมาณน้ำสูงสุดดังกล่าว หลังจากนั้นแล้วปริมาณน้ำท่าจะ
 เริ่มลดลงในเดือนพฤศจิกายน จนมีค่าต่ำสุดในเดือนมีนาคม
 (ภาพที่ 3) เพราะเป็นช่วงที่มีปริมาณฝนตกน้อยหรือไม่มีฝน
 ตกลงมาเติมในพื้นที่เลย ปริมาณน้ำท่า จะเกิดจากความชื้นที่
 ถูกกักเก็บไว้ในดินในช่วงก่อนหน้าแล้วระบายลงสู่ลำธาร



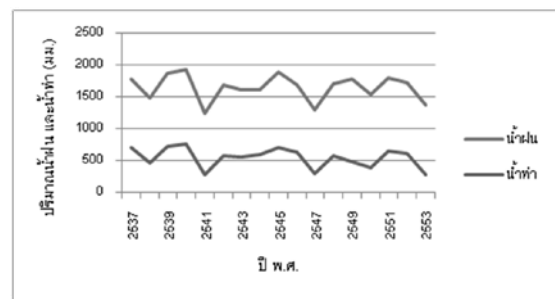
ภาพที่ 3 ลักษณะการไหลของปริมาณน้ำท่ากลุ่มน้ำห้วยลั่นถัน
 อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี

3. การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ต่อปริมาณน้ำท่า

3.1 การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ สำหรับพื้นที่
 ป่าไม้ในกลุ่มน้ำห้วยลั่นถัน อำเภอทองผาภูมิ จังหวัด
 กาญจนบุรี ในปี พ.ศ.2535, 2543 และ 2551 พบว่า มีพื้นที่
 ป่าไม้ 58,240, 63,930 และ 67,241 ไร่ ตามลำดับ หรือคิด

เป็น 84.25, 92.48 และ 97.27 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นว่าในช่วง
 ปี พ.ศ. 2535-2543 พื้นที่ป่าไม้ เพิ่มขึ้น 8.23 เปอร์เซ็นต์
 และในช่วงปี พ.ศ.2543-2551 พื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้น 4.79
 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 4 โดยพื้นที่ป่าไม้ที่เพิ่มขึ้นนี้
 เป็นผลมาจากพื้นที่ทำการเกษตรเดิมและพื้นที่ไร่ร้างที่ไม่มี
 การใช้ประโยชน์ได้มีการฟื้นตัวโดยมีไม้เบิกนำโตเร็ว และ
 ลูกไม้ของไม้ท้องถิ่นเดิมขึ้นปกคลุมพื้นที่ รวมทั้งจากพื้นที่สวน
 ป่าที่มีการปลูกฟื้นฟูพื้นที่ในช่วงที่ผ่านมา เริ่มเจริญเติบโตปก
 คลุมพื้นที่อย่างเด่นชัด

3.2 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่า จากการศึกษาการ
 เปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่ารายปี พบว่ามีลักษณะที่ผัน
 แปรไปในทางเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝน
 รายปี (ภาพที่ 4) ซึ่งสอดคล้องกับที่ Wisler และ Brater
 (1959) กล่าวไว้ว่าปริมาณน้ำท่าจะผันแปรโดยตรงกับ
 ปริมาณน้ำฝน

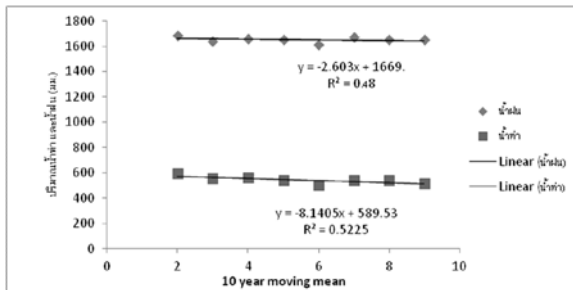


ภาพที่ 4 ปริมาณน้ำท่ารายปี บริเวณกลุ่มน้ำห้วยลั่นถัน

สำหรับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่า
 รายปี ที่ใช้ 10 year moving mean เป็นเครื่องมือวิเคราะห์
 หาแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลง พบว่าปริมาณน้ำท่ารายปี
 จะมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย (ภาพที่ 5)

ตารางที่ 4 พื้นที่ป่าไม้บริเวณลุ่มน้ำห้วยลั่นถัน อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี ปีพ.ศ.2535-2551

ปี พ.ศ.	พื้นที่ป่าไม้		
	(ไร่)	(เปอร์เซ็นต์)	(เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้น)
2535	58,240.69	84.25	-
2543	63,930.73	92.48	8.23
2551	67,241.44	97.27	4.79



ภาพที่ 5 แนวโน้มของปริมาณน้ำท่าและปริมาณน้ำฝนรายปี จาก 10 year moving mean

สำหรับการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าในครั้งนี้ได้แบ่งช่วงเวลาการศึกษาออกเป็น 3 ช่วง ตามรอบความผันแปรของปริมาณน้ำฝนและให้ครอบคลุมกับการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ คือ ช่วงปี พ.ศ. 2537-2542 ช่วงปี พ.ศ. 2543-2548 และช่วงปี พ.ศ. 2549-2554 ผลปรากฏดังตารางที่ 5 ซึ่งจะพบว่าปริมาณน้ำฝนในแต่ละช่วงเวลาจะมีค่าใกล้เคียงกันโดยปริมาณน้ำฝนจะอยู่ระหว่าง 1,643.6-1,674.8 มิลลิเมตร และปริมาณน้ำฝนส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในช่วงน้ำหลาก ส่วนในช่วงแล้งฝนมีปริมาณน้ำฝนอยู่เพียง 5.5-8.7 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำฝนทั้งปี สำหรับปริมาณน้ำท่ารายปีจะอยู่ในช่วง 552.2-582.7 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำฝนระหว่าง 31.2-34.9 เปอร์เซ็นต์

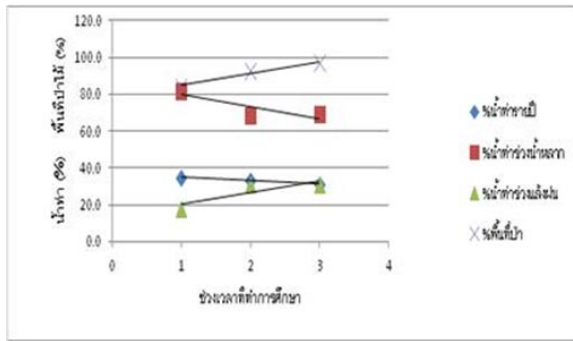
สำหรับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณท่าในแต่ละช่วงเวลา ดังแสดงในภาพที่ 6 พบว่าปริมาณน้ำท่ารายปีจะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ลดลงเล็กน้อย ส่วนปริมาณน้ำท่าในช่วงน้ำหลากก็จะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ลดลงเช่นเดียวกันกับปริมาณน้ำท่ารายปี ส่วนปริมาณน้ำท่าในช่วงแล้งฝนจะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น จากการที่ปริมาณน้ำท่ารายปีมีปริมาณลดลงเล็กน้อย น่าจะเกิดจากการกระจายการตกของฝนที่มีปริมาณการตกของฝนในช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนสูง น้อยกว่าช่วงแรกที่ทำการศึกษา (ช่วงปี พ.ศ. 2537-2542, 2543-2548 และ 2549-2554) มีปริมาณน้ำฝนมากกว่า 10 มิลลิเมตร จำนวน 39.42, 32.5 และ 34.6 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งสอดคล้องกับที่ Chow (1964) ได้สรุปไว้ว่า ปริมาณน้ำฝนที่มีปริมาณการตกสูงจะมี อิทธิพลต่อการเกิดน้ำท่าอย่างมาก โดยเฉพาะปริมาณฝนที่ตกเกิน 20 มิลลิเมตรจะเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดน้ำท่าอย่างชัดเจน รวมทั้งชนิดของพืชที่ขึ้นทดแทนส่วนใหญ่เป็นไม้เบิกนำที่มีความต้องการใช้น้ำเพื่อการเจริญเติบโตสูง และมีเรือนยอดใกล้เคียงกัน ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำไปกับคายการระเหยทางปากใบ (วารินทร์และคณะ, ไม้ระบุปีที่พิมพ์ ; สมชาย และคณะ, 2547)

ตารางที่ 5 ปริมาณน้ำท่าและน้ำฝน ในแต่ละช่วงเวลาของกลุ่มน้ำห้วยลีนถิ่น

เดือน	ปี 2537-2542		ปี 2543 - 2548		ปี 2549 - 2554	
	น้ำฝน (มม.)	น้ำท่า (มม.)	น้ำฝน (มม.)	น้ำท่า (มม.)	น้ำฝน (มม.)	น้ำท่า (มม.)
เม.ย.	90.2	13.94	104.9	19.21	90.5	14.68
พ.ค.	181.5	20.49	244.3	28.26	215.2	16.96
มิ.ย.	198.2	24.12	208.7	32.63	228.2	34.18
ก.ค.	361.8	77.73	225.9	47.83	313	44.64
ส.ค.	290.3	104.49	269.4	68.51	298.5	63.64
ก.ย.	312.9	123.27	267.3	88.53	259.7	97.75
ต.ค.	143.1	113.46	181.2	94.31	174.6	89.06
รวมเม.ย.-ต.ค.	1,578.0	477.5	1,501.7	379.28	1,579.7	360.91
เปอร์เซ็นต์	94.5	81.9	91.4	68.6	94.3	69.1
พ.ย.	26.5	40.08	24.3	64.95	20.9	65.92
ธ.ค.	0.5	21.56	3	39.11	6	42.23
ม.ค.	15	18.97	5.6	28.92	1.1	24.4
ก.พ.	4.7	13.06	47.6	21.12	18.8	14.75
มี.ค.	44.7	11.51	61.4	19.24	48.3	14.03
รวมพ.ย.-มี.ค.	91.4	105.18	141.9	173.34	95.1	161.33
เปอร์เซ็นต์	5.5	18.1	8.6	31.4	5.7	30.9
รวม	1,669.4	582.7	1,643.6	552.6	1,674.8	522.2
เปอร์เซ็นต์น้ำท่าต่อน้ำฝน		34.9		33.6		31.2

ส่วนปริมาณน้ำท่าในช่วงน้ำหลากที่มีปริมาณลดลง น่าจะเกิดจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ป่าไม้อันเนื่องมาจากการที่พื้นที่ที่ถูกบุกรุกมีการทดแทนเป็นป่ารุ่นที่สองเพิ่มมากขึ้น โดยป่าไม้ที่เพิ่มขึ้นจะช่วยชะลอการไหลบ่าของน้ำหน้าผิวดินให้ช้าลง โดยพืชพรรณที่ปกคลุมดินจะช่วยยับยั้งการไหลบ่าของหน้าดิน ช่วยลดอัตราหลากของน้ำท่า (Colman, 1953) จะเป็นการเพิ่มโอกาสให้มีการซึมน้ำลงไปกักเก็บในดินมากขึ้น ซึ่งจะเป็นการช่วยลดปริมาณน้ำในช่วงน้ำหลากดังกล่าว

ดั่งที่ พงษ์ศักดิ์ และสุชาติ (2552) ศึกษาพบว่าการเจริญเติบโตของต้นไม้ในสวนป่าที่ปลูกฟื้นฟูพื้นที่ป่าต้นน้ำ จะช่วยปรับปรุงสภาพดินให้สามารถดูดซับน้ำได้มากขึ้น



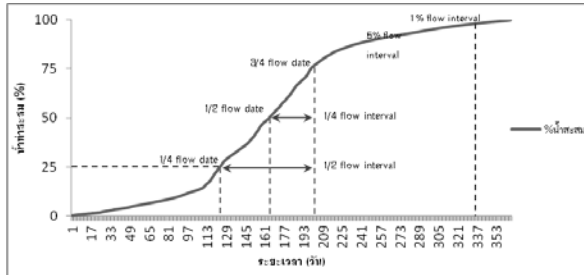
ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงของน้ำท่ารายปี น้ำท่าช่วงน้ำหลาก น้ำท่าช่วงแล้งฝน และพื้นที่ป่าไม้

สำหรับปริมาณน้ำท่าในช่วงแล้งฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในช่วงปี พ.ศ. 2543-2548 นั้นอาจจะเป็นเพราะมีปริมาณน้ำฝนตกในช่วงแล้งฝนมากกว่าช่วงก่อนหน้านั้น ประกอบกับในช่วงเดือนตุลาคมที่เป็นช่วงปลายของฤดูฝน ได้มีปริมาณน้ำฝนตกเป็นปริมาณมากทำให้น้ำฝนส่วนนี้จะถูกปลดปล่อยลงสู่ลำธารในช่วงเวลาต่อมา จึงทำให้ปริมาณน้ำท่าในช่วงแล้งฝนมีปริมาณเพิ่มขึ้น ดังกล่าว ส่วนในช่วง ปี พ.ศ.2549-2554 ปริมาณน้ำท่าที่เพิ่มขึ้นนอกจากจะมาจกลักษณะการตกของฝน ที่กล่าวมาแล้วข้างต้นแล้วยังน่าจะเกิดจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ป่าไม้อันเนื่องมาจากการที่พื้นที่ที่ถูกบุกรุกมีการทดแทนเป็นป่ารุ่นที่สองเพิ่มมากขึ้น ซึ่งป่าไม้ช่วยชะลอ การไหลบ่าของน้ำหน้าดินในช่วงน้ำหลากทำให้น้ำมีโอกาสซึมลงดินได้เพิ่มขึ้น และป่าไม้ที่เพิ่มขึ้นจะมีอิทธิพลต่อดิน คือ จะช่วงส่งเสริมสมรรถนะการซึมน้ำผ่านผิวดิน ความหนาแน่นรวม ความพรุนของดิน และโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น ทำให้สามารถดูดซับน้ำไว้ได้มาก (Whippy และ Kirkby, 1978) จึงทำให้น้ำปลดปล่อยลงสู่ลำธารในช่วงแล้งฝนเพิ่มขึ้น

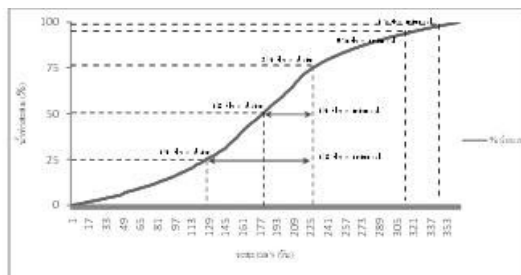
3.3 การเปลี่ยนแปลงช่วงระยะเวลาการไหลของน้ำท่า การศึกษาช่วงระยะเวลาการไหลของน้ำท่า ที่มีการนำเปอร์เซ็นต์น้ำท่าสะสมกับเวลา มาเขียนกราฟหาความสัมพันธ์ในรูป S-curve แล้วคำนวณหา วันที่ปริมาณน้ำท่าที่กำหนดให้ไหลผ่านจุดวัดน้ำ และช่วงระยะเวลาที่ปริมาณน้ำที่กำหนดไหลในลำธาร ซึ่ง นิพนธ์ และคณะ (2538) ได้ให้หลักการไว้ว่า ถ้าลุ่มน้ำมีการควบคุมการไหลของน้ำท่าในลำธารให้ค่อยๆ ททยอยไหลออกมาหรือมีการกักเก็บน้ำได้ดี จำนวนวันที่น้ำไหล (Flow date) ผ่านจุดวัดน้ำ ในช่วงต่างๆ จะมีระยะเวลายาวนาน และปริมาณน้ำในช่วง 5 และ 1 เปอร์เซ็นต์สุดท้ายของน้ำท่าทั้งหมด จะมีระยะเวลายาวนาน สำหรับผลการศึกษาค้นคว้าระยะเวลาการไหลของน้ำท่าในครั้งนี้ ปรากฏดัง ตารางที่ 6 และภาพที่ 7-9

จากผลการศึกษาข้างต้นจะเห็นได้ว่าระยะเวลาที่ปริมาณน้ำ 1/4 flow date, 1/2 flow date, 3/4 flow date ตลอดจนช่วงเวลา 1/4 flow interval และ 1/2 flow interval มีระยะเวลายาวนานขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ป่าไม้ แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำห้วยล้นถิ่นที่เพิ่มขึ้น จะมีส่วนช่วยในการควบคุมการไหลของน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก ให้มีระยะเวลายาวนานขึ้นหรือดีขึ้นนั่นเอง และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณน้ำในช่วง 5 และ 1 เปอร์เซ็นต์สุดท้ายของน้ำท่าทั้งหมด (5% flow interval และ 1% flow interval) ที่มีระยะเวลายาวนานนั้นแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ป่าไม้ จะทำให้ลุ่มน้ำมีความสามารถในการกักเก็บน้ำไว้ได้มากขึ้นจนทำให้มีปริมาณน้ำที่จะปลดปล่อยในช่วงแล้งฝนมากขึ้น ซึ่งความสามารถในการกักเก็บน้ำที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการซบซู่ของรากพืชทำให้เกิดรูพรุนในดินมากขึ้น (เกษม , 2539) ช่วงเวลาการไหลของน้ำท่าจากการศึกษาในครั้งนี้จะมีค่าใกล้เคียงกับลุ่มน้ำป่า เบญจพรรณ ท้องที่จังหวัดกาญจนบุรี

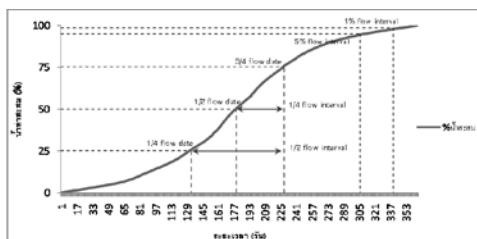
ซึ่งศึกษาโดยสรารุจ (2538) และป่าดิบชื้น ท้องที่จังหวัด
สุราษฎร์ธานี (เสาวคนธ์, 2543)



ภาพที่ 7 เปอร์เซ็นต์น้ำท่าสะสมในช่วงเวลาต่างๆ ของลุ่มน้ำ
ห้วยลั่นถีน ปี พ.ศ. 2537-2542



ภาพที่ 8 เปอร์เซ็นต์น้ำท่าสะสมในช่วงเวลาต่างๆ ของลุ่มน้ำ
ห้วยลั่นถีน ปี พ.ศ. 2543-2548



ภาพที่ 9 เปอร์เซ็นต์น้ำท่าสะสมในช่วงเวลาต่างๆ ของลุ่มน้ำ
ห้วยลั่นถีน ปี พ.ศ. 2549-2554

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาลักษณะทางอุทกวิทยาตามการ
เปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน พื้นที่ต้นน้ำแม่กลอง จังหวัด
กาญจนบุรี ที่ใช้ลุ่มน้ำห้วยลั่นถีน อำเภอทองผาภูมิ จังหวัด
กาญจนบุรี เป็นพื้นที่ศึกษา ผลสรุปได้ดังนี้

1. ลุ่มน้ำห้วยลั่นถีน เป็นพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนอยู่ใน
ในเกณฑ์สูง มีค่าเฉลี่ยน้ำฝนรายปี 1,662.6 มิลลิเมตร โดยมี
ปริมาณน้ำฝนตกหนักในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม และ
มีปริมาณฝนตกหนักที่สุดในเดือนกรกฎาคม มีจำนวนวันฝน
ตกเฉลี่ย 137 วันต่อปี และการกระจายการตกของฝนส่วน
ใหญ่จะอยู่ในช่วงน้อยกว่า 10 มิลลิเมตร

2. ศักยภาพการให้น้ำท่า มีปริมาณน้ำท่า
0,185,277 ลูกบาศก์เมตร เป็นปริมาณน้ำท่าต่อพื้นที่
52,513 ลูกบาศก์เมตร /ตารางกิโลเมตร คิดเป็นความสูง
52.5 มิลลิเมตร มีศักยภาพการให้น้ำท่าต่อปริมาณน้ำฝน
ปานกลาง ประมาณ 33.2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำฝน เป็นปริมาณ
น้ำในช่วงน้ำหลาก 73.5 เปอร์เซ็นต์ และเป็นน้ำในช่วงแล้ง
ฝน 26.5 เปอร์เซ็นต์ สำหรับศักยภาพการให้น้ำท่าในช่วงแล้ง
ฝนมีค่าค่อนข้างสูง เนื่องจากมีดินที่มีความสามารถในการกัก
เก็บน้ำไว้ในดินค่อนข้างสูงจึงทำให้มีการระบายน้ำสู่ลำธาร
อย่างช้าๆ ตลอดเวลา และค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดปี

3. แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของน้ำท่า พบว่า
ปริมาณน้ำท่ารายปีจะมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย เกิดจากการ
กระจายการตกของฝน และการสูญเสียน้ำที่เพิ่มขึ้นจากไม้
เบิกนาในพื้นที่ป่าทดแทนที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับปริมาณน้ำ
ในช่วงน้ำหลากที่จะมีแนวโน้มลดลง ส่วนปริมาณน้ำในช่วง
แล้งฝนจะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น สำหรับช่วงเวลาการไหลของ

น้ำท่าในช่วงน้ำหลากในแต่ละช่วงเวลาของปี จะมีระยะเวลา ที่ยาวนานขึ้น โดยในช่วงระยะเวลา 17 ปีที่ทำการศึกษา และแบ่งเป็น 3 ช่วงได้แก่ ปี พ.ศ. 2537-2542, พ.ศ. 2543-2548 และ พ.ศ. 2549-2554 ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ป่าไม้ อันเนื่องมาจากการที่พื้นที่ที่ถูกบุกรุกมีการทดแทนเป็นป่ารุ่นที่ สองเพิ่มมากขึ้น โดยมีพื้นที่ ป่าไม้ 58,240, 63,930 และ 67,241 ไร่ ตามลำดับ และพบว่าปริมาณน้ำท่า 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำทั้งหมดจะมีระยะเวลาการไหลที่เพิ่มขึ้น จากจาก 72 วัน เป็น 95 และ 96 วัน ตามลำดับ และ ระยะเวลาที่ปริมาณน้ำ 5 และ 1 เปอร์เซ็นต์สุดท้ายของน้ำ ทั้งหมด มีระยะเวลาที่สั้นลง ตามการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ป่าไม้ แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ป่าไม้จะมีอิทธิพลต่อ ความสามารถในการควบคุมและชะลอการไหลของน้ำท่า

ในช่วงน้ำหลาก ซึ่งเป็นการเพิ่มโอกาสให้มีการซึมน้ำลงไป เก็บในดินมากขึ้น ซึ่งเป็นการช่วยลดปริมาณน้ำในช่วงน้ำ หลากและทำให้มีปริมาณน้ำปลดปล่อยลงสู่ลำธารในช่วงแล้ง ฝนเพิ่มขึ้น

ผลจากการศึกษาชี้ให้เห็นว่าลุ่มน้ำห้วยลั่นถันเป็นลุ่มน้ำที่มี ศักยภาพการให้น้ำท่าที่ดี และมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ดี ขึ้น ในการทำน้ำที่ดูดซับและระบายน้ำ แต่จากสภาพพื้นที่ ที่มีความสูงชันถ้ามีปริมาณน้ำฝนตกเกินความสามารถที่พื้นที่ จะดูดซับไว้ จะทำให้มีโอกาสเกิดเป็นน้ำหน้าผาดินที่ไหล หลากลงสู่พื้นที่ตอนล่างอย่างรวดเร็ว อันจะทำให้เกิดความ เสี่ยงภัยแก่ประชาชนที่อยู่ตอนล่างของพื้นที่ลุ่มน้ำได้

ตารางที่ 6 ช่วงระยะเวลาการไหลตามช่วงเวลาต่างๆ ของลุ่มน้ำห้วยลั่นถัน

ช่วงปี	วันที่น้ำไหล(Flow date)			จำนวนวัน(Flow Interval)			
	1/4 FD	1/2 FD	3/4 FD	1/4 FI	1/2 FI	5% FD	1% FD
2537-2542	124	165	200	35	72	66	15
2543-2548	129	178	227	46	95	42	10
2549-2554	132	180	228	48	96	54	11

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎาพร บัวแสง . 2548. อิทธิพลของลักษณะการตก ของฝนต่อกระบวนการเกิดน้ำพีชีดในป่าดิบเขา ลุ่มน้ำห้วยคอกม้า จังหวัดเชียงใหม่ . วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพฯ.
เกษม จันทรแก้ว . 2539. หลักการจัดการลุ่มน้ำ . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กรุงเทพฯ 789 น.

นิพนธ์ ตั้งธรรม , สามัคคี บุญยะวัฒน์ และวีระศักดิ์ อุดม โขศ . 2538. ผลกระทบของการพัฒนาการใช้ที่ดิน ต่อสมดุลของน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา สถาบันวิจัย และพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.94 น.
ประเดิมชัย แสงคู่วังษ์ และสมาน รวยสูงเนิน . 2528 . อุณหภูมิอากาศบริเวณป่าเบญจพรรณ อำเภอทอง ผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี. ฝ่ายวิจัย กองอนุรักษ์ต้น

- น้ำ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 13 น.
- พงษ์ศักดิ์ วิฑูรย์สุตติกุล และ สุชาติ มูลเมือง. 2552. น้ำท่าหลังการฟื้นฟูป่าต้นน้ำที่แม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่. ส่วนวิจัยต้นน้ำ สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. 10 น.
- เพิ่มศักดิ์ มกราริรมย์. 2522. ลักษณะอุทกวิทยาของดินที่สัมพันธ์กับน้ำในลำธารช่วงแล้งฝนของป่าดิบเขาธรรมชาติ ภาคเหนือของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- วารินทร์ จิรสขุทวิกุล พรชัย ปรีชาปัญญา พงษ์ศักดิ์ วิฑูรย์สุตติกุล อาหาร บุญเสนอ ธรรมบุญ แก้วอำพุท สุชาติ มูลเมือง และชัชวาล จันทร์กล้า . ไม้ระบุปีที่พิมพ์. น้ำลำธารจากการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณภู เขา . กลุ่มลุ่มน้ำ ส่วนวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ . กรุงเทพฯ. 5 น.
- สมชาย อ่อนอาษา อาหาร บุญเสนอ และชลดา อ่อนอาษา. 2547. ศักยภาพการให้น้ำในลำธารของพื้นที่ต้นน้ำบริเวณลุ่มน้ำเข็ก อ .เขาค้อ จ .เพชรบูรณ์ . สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. 19 น.
- สรารัฐ นาแรมงาม. 2538. อิทธิพลของป่าไม้ชนิดต่างๆ ต่อลักษณะอุทกวิทยาในป่าประเทศไทย . สัมมนาครั้งที่ 2. สาขาการจัดการต้นน้ำ ภาคอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพฯ. 20น.
- สาโรจน์ ประพันธ์, พิณทิพย์ ธิติโรจนะวัฒน์ และพงษ์ศักดิ์ วิฑูรย์สุตติกุล. 2554. ลักษณะการให้น้ำท่าไหลในลำธารของป่าต้นน้ำ . ส่วนวิจัยต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ. 10 น.
- เสาวคนธ์ โนสูงเนิน. 2543. บทบาทของป่าดิบชื้นธรรมชาติบริเวณพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาสก จังหวัดสุราษฎร์ธานีต่อลักษณะการไหลของน้ำในลำธาร . วิทยานิพนธ์ปริญญาโท . มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- โสภณ ทิพย์อาภา สมชาย อ่อนอาษา ศักดิ์สิทธิ์ กิจขยัน และชลลดา ศรีตุลานนท์. 2555. บทบาทของฝายต้นน้ำต่อการไหลของน้ำและการกักเก็บตะกอน ศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดสกลนคร. 20 น.
- Chow, V.T. 1964. Handbook of Applied Hydrology. McGraw-Hill Book Co., New York. 152 p.
- Colman, E.A. 1953. Vegetation and Watershed Management. The Ronald Press, New York. 412p.
- Hank, R. J. and G. L. Ashcroft. 1980. Applied Soil Physics. Springer-Verlag, Hedelberg, Berlin.
- Mishara, S.K. and V.P. Singh. 2003. Soil conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology. Klumwer Academic Publishers. Dordrecht. 513 p.
- Whippy, R.Z. and M.J. Kirkby. 1978. Flow within the soil, pp30-48. In M.J.Kirkby (ed). Hillslope Hydrology. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Wisler, C.O. and E.F. Brater. 1959. Hydrology. John Wiley and Sons, Inc., New York. 419 p.