

นิพนธ์ต้นฉบับ

การตรวจวัดคุณภาพน้ำในพื้นที่ป่าไม้ เกษตรกรรม ป่าไม้ผสมเกษตรกรรม
โดยใช้ลุ่มน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำสาขแม่ตาง จังหวัดแพร่

**Water Quality Monitoring in Forested, Agricultural and Mixed Forested-
Agricultural Areas Using Small Watersheds in the Mae Thang
Sub-Watershed, Phrae Province**

นภาพร ทิพมาส¹Napaporn Tippmasn¹สมนนิมิตร พุกงาม²Somnimirt Pukngam²¹ วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

College of Environment, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok, 10900, Thailand

E-mail: nap_oa@hotmail.com

² คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok, 10900, Thailand

รับต้นฉบับ 19 กันยายน 2551

รับลงพิมพ์ 27 ตุลาคม 2551

ABSTRACT

Water quality monitoring in forested, agricultural and mixed forested -agricultural areas using small watersheds was carried out in the Mae Thang sub-watershed, Phrae province. The study focused on the effects of land-use practices on some parameters of surface water quality. Samples were taken during May-November 2007 at the outlets of six smalls watersheds, namely: Huai Namkla (FW1); Huai Tub (FW2); Huai Namgor (AW1); Huai Manai (AW2); Huai Pathan (FAW1); and Huai Phaqhwan (FAW2). The results revealed that the average temperature and pH of water in all land uses ranged from 25.29 to 26.39°C and from 8.17 to 8.51, respectively, with no differences among sites, indicating that all sites were categorized as within the standard range of values for surface water quality. Values for dissolved oxygen (DO) and biochemical oxygen demand (BOD) ranged from 3.35 to 4.02 and 0.51 to 1.04 mg/l, respectively. Turbidity of water taken from the mixed forested-agricultural area was the highest. Nitrate-nitrogen, ammonia-nitrogen and total phosphate in the agricultural area were the highest due to the use of fertilizer and chemical substances. Total hardness of water in the Huai Namkla forest area ranged within the standard values, while the others had higher values. It could be concluded that runoff from the forested watershed was identified as first class based on water quality standards, while that from either the agricultural area or the mixed forested-agricultural area was third class.

Keywords: water quality, land use, Mae Thang watershed

บทคัดย่อ

การตรวจวัดคุณภาพน้ำในพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ป่าไม้ผสมเกษตรกรรม โดยใช้พื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็ก ในลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อคุณภาพน้ำบางประการ โดยทำการคัดเลือกลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน และกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ปลายลุ่มน้ำ (outlet) ของลุ่มน้ำขนาดเล็กที่คัดเลือก 6 ลุ่มน้ำ คือลุ่มน้ำห้วยน้ำกล้า ห้วยต๊ับ ห้วยหมาโน ห้วยน้ำก่อ ห้วยป่าแดน และห้วยผาขาว โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำที่จุด outlet ของแต่ละลุ่มน้ำดังกล่าวทุกเดือน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนพฤศจิกายน 2550 ผลการศึกษาพบว่าในพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ป่าไม้ผสมเกษตรกรรมมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิระหว่าง 25.29 – 26.39 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 8.17 -8.51 ซึ่งพบว่าทุกพื้นที่ศึกษามีค่าไม่แตกต่างกัน และจัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และค่าบีโอดี มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.35 – 4.02 และ 0.51 – 1.04 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนค่าความขุ่น มีค่าสูงที่สุดในพื้นที่ป่าไม้ผสมเกษตรกรรม ส่วนค่าไนโตรเจนในโตรเจน แอมโมเนียในโตรเจน และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด พบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในพื้นที่เกษตรกรรม เนื่องจากในพื้นที่เกษตรกรรมมีการใช้ปุ๋ยและสารเคมี ส่วนค่าความกระด้างของน้ำมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าค่ามาตรฐาน ยกเว้นลุ่มน้ำห้วยน้ำกล้า ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าไม้ที่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ผลจากการเปรียบเทียบ พบว่าน้ำท่าที่มาจากพื้นที่ลุ่มน้ำป่าไม้จัดเป็นแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 1 เนื่องจากเป็นแหล่งน้ำที่มีคุณภาพตามธรรมชาติ ส่วนลุ่มน้ำเกษตรกรรม และลุ่มน้ำป่าไม้ผสมเกษตรกรรม ให้น้ำท่าที่จัดเป็นแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 เนื่องจากเป็นแหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทที่ต้องผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อนนำไปใช้ในการบริโภค

คำสำคัญ: คุณภาพน้ำ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ลุ่มน้ำแม่ถาง

คำนำ

ทรัพยากรน้ำที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อสิ่งมีชีวิต ในการใช้ประโยชน์เพื่ออุปโภค บริโภค และการประกอบกิจกรรมต่างๆ การเพิ่มขึ้นของประชากรอย่างรวดเร็ว ประกอบกับความก้าวหน้าของเทคโนโลยี ส่งผลให้เกิดการขยายตัวของพื้นที่ทำกิน ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ เป็นพื้นที่เกษตรกรรมเป็นไปอย่างกว้างขวาง ซึ่งส่งผลอย่างยิ่งต่อทรัพยากรน้ำ ทั้งทางด้านปริมาณ คุณภาพ และระยะเวลาการไหล ทำให้ประสบปัญหาที่แตกต่างกันไป เช่น น้ำท่วม การขาดแคลนน้ำ น้ำเน่าเสีย เป็นต้น ปัญหาเหล่านี้ส่งผลให้คุณภาพชีวิตของคนลดลง

การศึกษาค้นคว้านี้ทำการเลือกพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ถาง เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่ประสบปัญหาการบุกรุกพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ เพื่อใช้ในการเกษตรอย่างต่อเนื่อง เป็นผลทำให้พื้นที่ถูกเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและหน้าที่ไปจากเดิม ส่งผลให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนไป ดังนั้นเพื่อการหาแนวทางในการจัดการปัญหาที่พบจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาคุณภาพน้ำของลุ่มน้ำตัวอย่าง เพื่อข้อมูลที่ได้จะสามารถบอกถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำที่มีความสัมพันธ์กับการใช้ประโยชน์ที่ดินและการประกอบกิจกรรม และเป็นประโยชน์ในการวางแผนการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำต่อไป งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อตรวจวัดคุณภาพน้ำบางประการ ซึ่งประกอบด้วยอุณหภูมิ

ความชื้น การนำไฟฟ้า ของแข็งแขวนลอย ของแข็งทั้งหมด ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ บีโอดี ความกระด้างของน้ำ ไนโตรเจนในโตรเจน แอมโมเนียในโตรเจน ฟอสฟอรัสทั้งหมด ของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างในพื้นที่ลุ่มแม่ถาง อำเภอร่องขวาง จังหวัดแพร่ 2) เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำระหว่างพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ป่าไม้ผสมเกษตรกรรมบริเวณลุ่มน้ำแม่ถาง ดังกล่าว และ 3) เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่เป็นประโยชน์ในการวางแผนการในการจัดการลุ่มน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ถาง และประยุกต์ใช้ในพื้นที่ลุ่มน้ำอื่นๆ ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินคล้ายคลึงกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

การเลือกพื้นที่ศึกษา

กำหนดจุดเก็บตัวอย่าง ซึ่งจากสภาพภูมิประเทศ และลักษณะเด่นของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ถาง เป็นพื้นที่ที่มีการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เปลี่ยนเป็นพื้นที่ทำการเกษตร จึงเลือกพื้นที่ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพน้ำโดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำได้ 6 จุด โดยแบ่งออกเป็นลุ่มน้ำย่อย (Figure 1.) ดังนี้ 1) ลุ่มน้ำห้วยน้ำกล้า (Forest watershed 1 : FW1) มีพื้นที่ 2.05

ตารางกิโลเมตร ความลาดชันเฉลี่ย 28.05 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย ป่าเบญจพรรณ 99.27 % และสวนสัก 0.73 % 2) ลุ่มน้ำห้วยต๊ับ (Forest watershed 2 : FW2) มีพื้นที่ 2.96 ตารางกิโลเมตร ความลาดชันเฉลี่ย 35.47 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย ป่าเบญจพรรณ 100 % 3) ลุ่มน้ำห้วยน้ำก่อ (Agricultural watershed 1 : AW1) มีพื้นที่ 3.08 ตารางกิโลเมตร ความลาดชันเฉลี่ย 22.73 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย ป่าเบญจพรรณ 3.70 % และไร่นา 96.30 % 4) ลุ่มน้ำห้วยหมาไน (Agricultural watershed 2 : AW2) มีพื้นที่ 2.20 ตารางกิโลเมตร ความลาดชันเฉลี่ย 21.59 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย ป่าเบญจพรรณ 23.25 % และไร่นา 76.75 % 5) ลุ่มน้ำห้วยป่าแดน (Forest Agricultural watershed 1 : AFW1) มีพื้นที่ 3.93 ตารางกิโลเมตร ความลาดชันเฉลี่ย 17.18 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย ป่าเบญจพรรณ 34.80 % ป่าผลัดใบ 19.48 % และไร่นา 45.72 % 6) ลุ่มน้ำห้วยผาขวาง (Forest Agricultural watershed 2 : AFW2) มีพื้นที่ 2.46 ตารางกิโลเมตร ความลาดชันเฉลี่ย 25.41 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย ป่าเบญจพรรณ 52.38 % และไร่นา 47.62 %

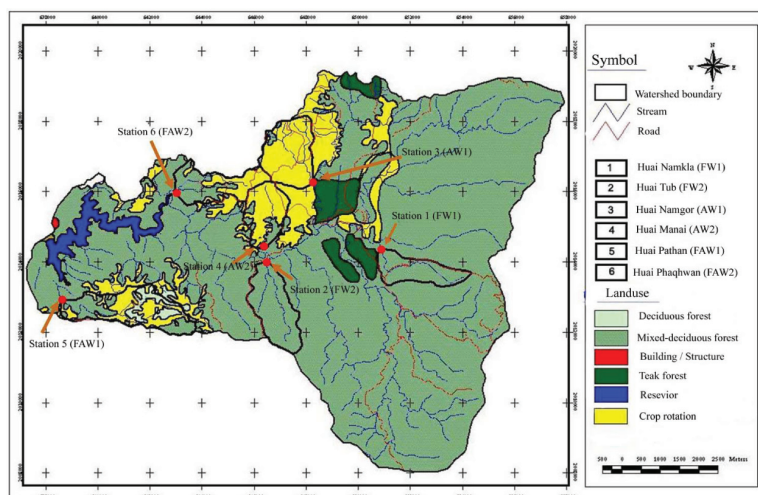


Figure 1. Water sampling stations and landuse in selected small watersheds of Mae Thang sub-watershed, Phrae province.

การเก็บ และรวบรวมข้อมูล

การเก็บและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับพื้นที่ศึกษา เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดิน การประกอบกิจกรรมในพื้นที่ ลักษณะทางอุตุ-อุทกวิทยา

ของกลุ่มน้ำ จากหน่วยงานต่างๆ ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวิจัยต้น น้ำยมปี 2550 (Table 1.) พบว่ามีปริมาณฝนเฉลี่ย 720 มิลลิเมตรต่อปี

Table 1. Climatic data during the year 2007 in Mae Thang sub-watershed, Phrae province

Month	Temperature (°C)			Rain fall (mm)	Number of rainy day (day)
	Max	Min	Average		
January	30.2	16.8	22.9	0.5	1
February	32.7	18.1	24.6	9.0	1
March	35.7	21.9	28.2	0.5	1
April	35.0	23.9	29.0	47.0	6
May	22.9	31.3	26.3	157.0	20
June	32.7	23.4	27.1	109.0	16
July	32.2	23.0	26.6	31.5	11
August	31.3	22.6	25.8	146.0	17
September	31.5	22.1	25.7	108.0	15
October	31.1	20.7	24.8	111.5	10
November	30.0	17.6	22.8	0.0	0
December	23.3	17.0	21.3	0.0	0
Total	-	-	-	720	98
Average	30.71	21.54	25.43	-	8.17

การเก็บตัวอย่างน้ำ

การเก็บตัวอย่างน้ำ ณ จุดเก็บตัวอย่างที่กำหนดไว้ โดยเก็บตัวอย่างน้ำที่เป็นตัวแทนในฤดูฝน โดยวิธีแยก (Grab sample) ทำการเก็บที่ระดับความลึกจากผิวน้ำประมาณ 30 เซนติเมตร ที่บริเวณจุดกึ่งกลางของลำธาร บรรจุตัวอย่างน้ำในขวดโพลีเอทิลีน (Polyethylene) ขนาดบรรจุ 1 ลิตร เก็บ

รักษาอุณหภูมิน้ำตัวอย่างไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำมาวิเคราะห์ตามวิธีการมาตรฐาน วิเคราะห์น้ำเสียตามข้อกำหนดของ APHA, AWWA และ WPCF หลังจากนั้นทำการเปรียบเทียบค่ามาตรฐานน้ำดื่มตามกองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2534) และมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติของประเทศไทย

ผลและวิจารณ์

การตรวจวัดคุณภาพน้ำในพื้นที่ป่าไม้ เกษตรกรรม ป่าไม้ผสมเกษตรกรรม โดยใช้กลุ่มน้ำขนาดเล็ก ในลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่ เริ่มทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2550 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2550 เนื่องจากเป็นช่วงที่มีการเพาะปลูกพืชในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ถาง ซึ่งใช้น้ำจากน้ำฝนเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งพืชที่ปลูกเป็นพืชไร่ โดยเฉพาะในพื้นที่บนภูเขา จะเป็นการปลูกข้าวโพด และถั่วเหลือง ซึ่งเริ่มเตรียมพื้นที่เพาะปลูกในช่วงเดือนพฤษภาคม โดยการไถพรวน ถางวัชพืชในพื้นที่ และทำการหยอดเมล็ด

ข้าวโพด โดยมีการคลุกปุ๋ยลงในเมล็ดข้าวโพดก่อน แล้วทำการหยอดลงหลุมปลูก จากนั้นเดือนมิถุนายน ถึงเดือนกันยายน เป็นช่วงข้าวโพดเจริญเติบโต โดยในช่วงนี้มีการใส่ปุ๋ย ถิดยากำจัดวัชพืช และยาปราบศัตรูพืช จนถึงเดือนตุลาคมเก็บเกี่ยวข้าวโพด และเตรียมพื้นที่ในการปลูกถั่วเหลืองต่อไป จากการตรวจวัดคุณภาพน้ำบางประการได้ผลการศึกษา ดังนี้

อุณหภูมิของน้ำ (Water Temperature)

จากการตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำ ณ จุดต่างๆ ของกลุ่มน้ำขนาดเล็กที่ใช้เป็นตัวแทนในการศึกษาได้ ผลการศึกษาดังแสดงใน Figure 2.

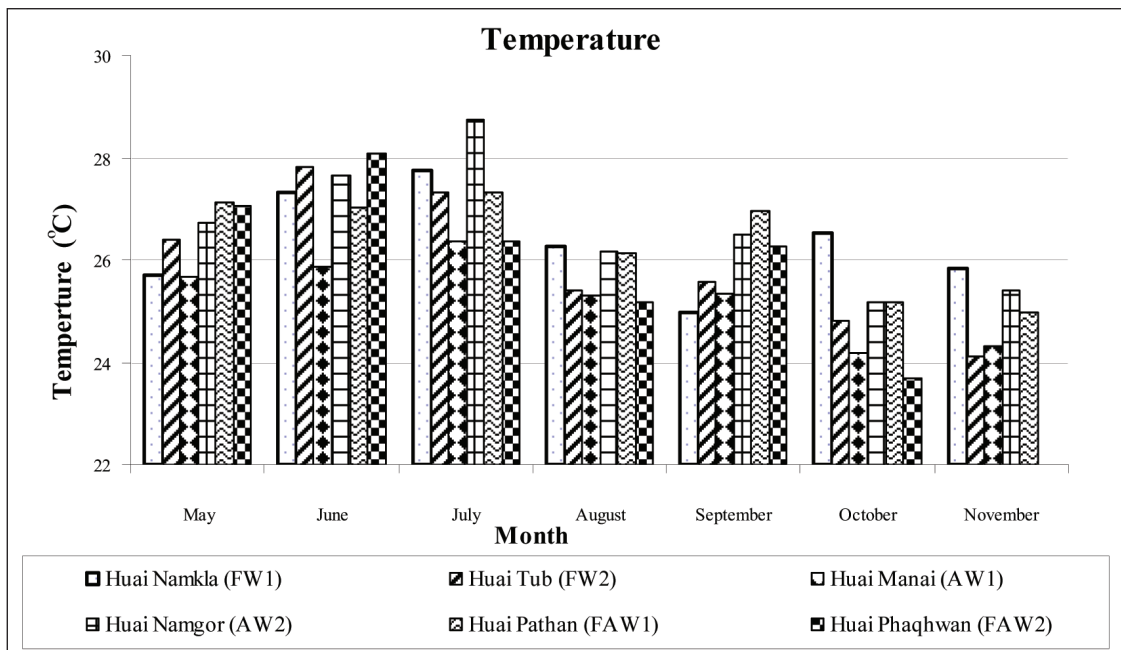


Figure 2. Water temperature in selected small watersheds of Mae Thang sub-watershed, Phrae province.

จาก Figure 2. พบว่า มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของพื้นที่ศึกษามีค่าเฉลี่ยผันแปรระหว่าง 25.29 – 26.62 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของกลุ่มน้ำทั้ง 6 กลุ่มน้ำมี

แนวโน้มลดลงตามระยะเวลาที่ทำการศึกษา ทั้งนี้เนื่องจากอยู่ในช่วงฤดูฝนถึงต้นฤดูหนาว จึงมีผลต่ออุณหภูมิของน้ำลดลงตามฤดูกาล ซึ่งสอดคล้อง

กับผลการศึกษาของจำเนียร และนิวัติ (2524) ที่พบว่า อุณหภูมิของน้ำในลำธารที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดิน ประเภทต่างๆ จะผันแปรตามอุณหภูมิของอากาศ หรือฤดูกาล และยังพบว่าอุณหภูมิของน้ำเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินมีค่าไม่เกิน

ค่าธรรมชาติ จึงไม่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ

ความขุ่น (Turbidity)

จากการตรวจวัดความขุ่นของน้ำ ณ จุดต่างๆ ของลุ่มน้ำขนาดเล็กที่ใช้เป็นตัวแทนในการศึกษาได้ ผลการศึกษาดังแสดงใน Figure 3.

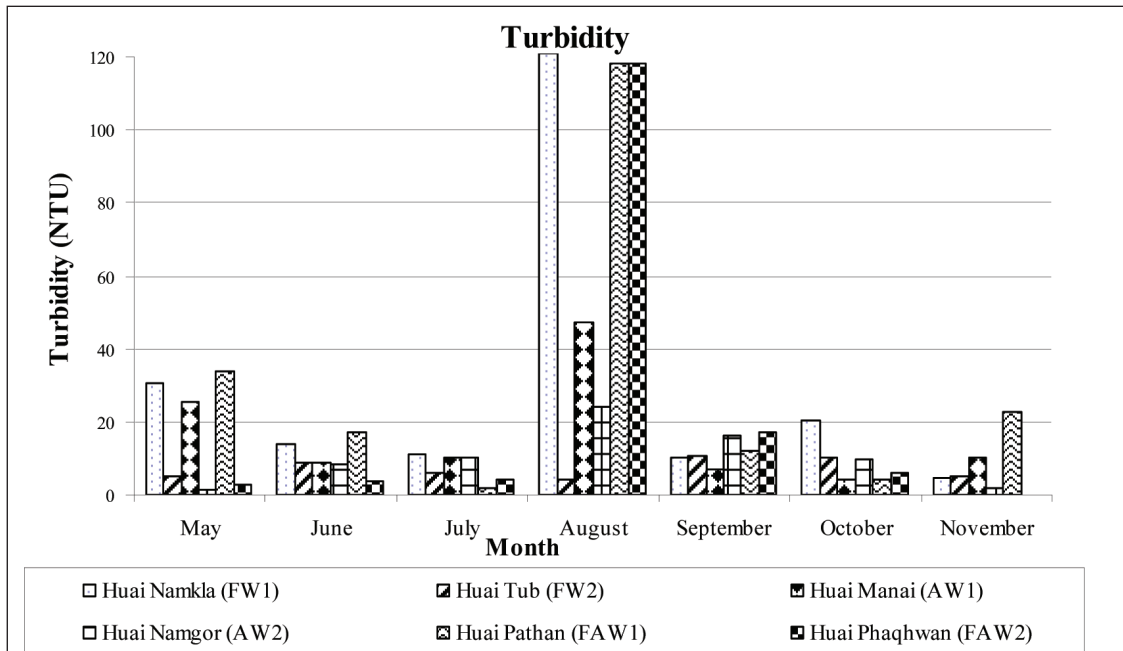


Figure 3. Water turbidity in selected small watersheds of Mae Thang sub-watershed, Phrae province.

จาก Figure 3. พบว่าความขุ่นของน้ำมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในพื้นที่ป่าไม้ ได้แก่ ลุ่มน้ำห้วยน้ำกล้า (FW1) คือ 30.25 NTU ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณน้ำมากและไหลแรง และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยต๊ับ (FW2) คือ 7.15 NTU และพบว่าความขุ่นของกลุ่มน้ำทั้ง 6 นั้นจะมีค่าสูงสุดในช่วงเดือนสิงหาคม เป็นเดือนที่มีปริมาณฝนมาก รวมทั้งจะมีการไถ พรวนดิน เพื่อกำจัดวัชพืช และใส่ปุ๋ยแก่พืชเมื่อฝนตกจึงเกิดการชะล้างเอาดินหลังจากการไถ พรวนลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของวรารักษ์ลักษณ์ และชัยวัฒน์ (2548) พบว่าความขุ่น

ของน้ำจากพื้นที่เกษตรจะผันแปรตามปริมาณ น้ำฝน และฤดูกาลและจากการเปรียบเทียบกับความขุ่นของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติในประเทศไทย (เกษม, 2526) มีค่าระหว่าง 25 – 75 JTU ดังนั้น พบว่าความขุ่นของน้ำโดยเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงธรรมชาติ

การนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity)

จากการตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ณ จุดต่างๆ ของลุ่มน้ำขนาดเล็กที่ใช้เป็นตัวแทน ในการศึกษาได้ผลการศึกษาดังแสดงใน Figure 4.

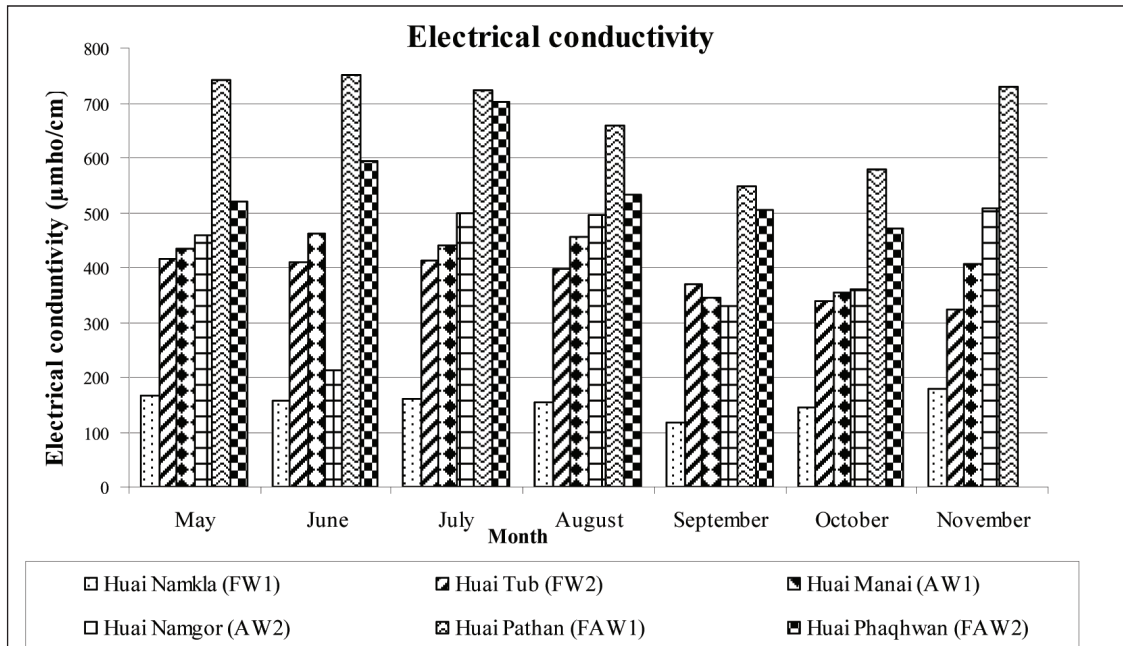


Figure 4. Water electrical conductivity in selected small watersheds of Mae Thang sub-watershed, Phrae province.

จาก Figure 4. พบว่า การนำไฟฟ้าของน้ำ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในพื้นที่ป่าไม้ผสมเกษตรกรรม คือลุ่มน้ำห้วยผาขาว (FAW1) และค่าเฉลี่ยต่ำสุดในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยน้ำกล้า (FW1) ซึ่งเป็นตัวแทนพื้นที่ป่าไม้ มีค่า 676.29 และ 153.71 ไมโครซิเมนต่อเซนติเมตร ตามลำดับ โดยภาพรวมลุ่มน้ำที่มีการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตร จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้มีไอออนต่างๆ ที่ละลายมากับน้ำชะล้างดิน รวมทั้งปุ๋ยจากการเกษตรลงมาด้วยจะมีความนำไฟฟ้าโดยเฉลี่ยสูงกว่า ลุ่มน้ำป่าไม้จะมีสิ่งปกคลุมดินที่ดีกว่าทำให้ป้องกันการชะล้างหน้าดินได้ สติรัชชัย (2549) กล่าวว่าน้ำในแม่น้ำลำธารในภาคเหนือซึ่งไหลมาจากป่าต้นน้ำ และผ่านพื้นที่การใช้ประโยชน์ของมนุษย์จะมีความนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์จากมนุษย์ในรูปแบบต่างๆ ทั้งจากการเกษตรกรรม พื้นที่ชุมชน จะส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้ามีค่ามากกว่าพื้นที่ป่าธรรมชาติ

ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)

จากการตรวจวัดของแข็งแขวนลอยในน้ำ ณ จุดต่างๆ ของลุ่มน้ำขนาดเล็กที่ใช้เป็นตัวแทนในการศึกษาได้ผลการศึกษาดังแสดงใน Figure 5.

จาก Figure 5. พบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงสุดในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยป่าแดง (FAW2) คือ 29.29 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าเฉลี่ยต่ำสุดในห้วยหมาไน (AW1) คือ 8.29 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแข็งแขวนลอยของลุ่มน้ำทั้ง 6 นั้นจะมีค่าสูงสุดในช่วงเดือนสิงหาคม ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าธรรมชาติ เนื่องจากมีการไถพรวนดิน เพื่อกำจัดวัชพืช และใส่ปุ๋ยแก่พืช เมื่อฝนตกจึงเกิดการชะล้างเอาดินลงสู่แหล่งน้ำ จึงส่งผลให้ในเดือนสิงหาคมน้ำในลุ่มน้ำจึงมีปริมาณของแข็งแขวนลอยมากกว่าเดือนอื่นๆ โดยปริมาณของแข็งแขวนลอยนี้จะมีการแปรผันตามปริมาณความชุ่มชื้น โดยเห็นได้ว่าเมื่อความชุ่มชื้นมากขึ้นในช่วงเดือนสิงหาคมปริมาณของแข็งแขวนลอยก็มีปริมาณมากขึ้นตามไปด้วย

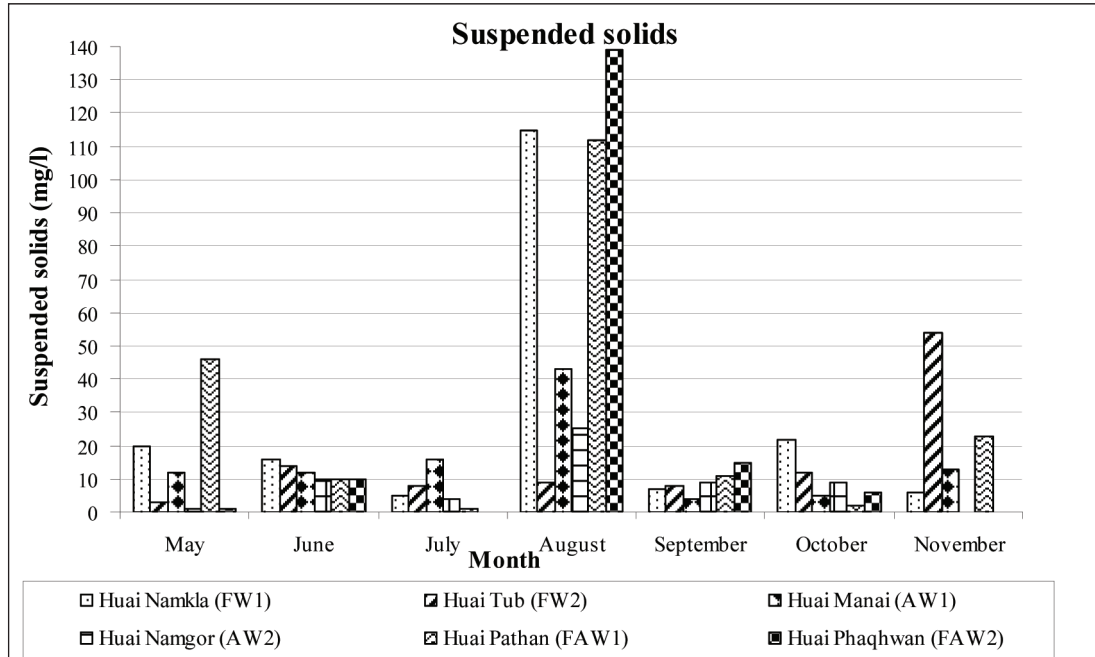


Figure 5. Water suspended solids in selected small watersheds of Mae Thang sub-watershed, Phrae province.

ของแข็งทั้งหมด (Total Solids)

จุดต่างๆ ของกลุ่มน้ำขนาดเล็กที่ใช้เป็นตัวแทนในการ

จากการตรวจวัดของแข็งทั้งหมดในน้ำ ณ

ศึกษาได้ผลการศึกษาดังแสดงใน Figure 6.

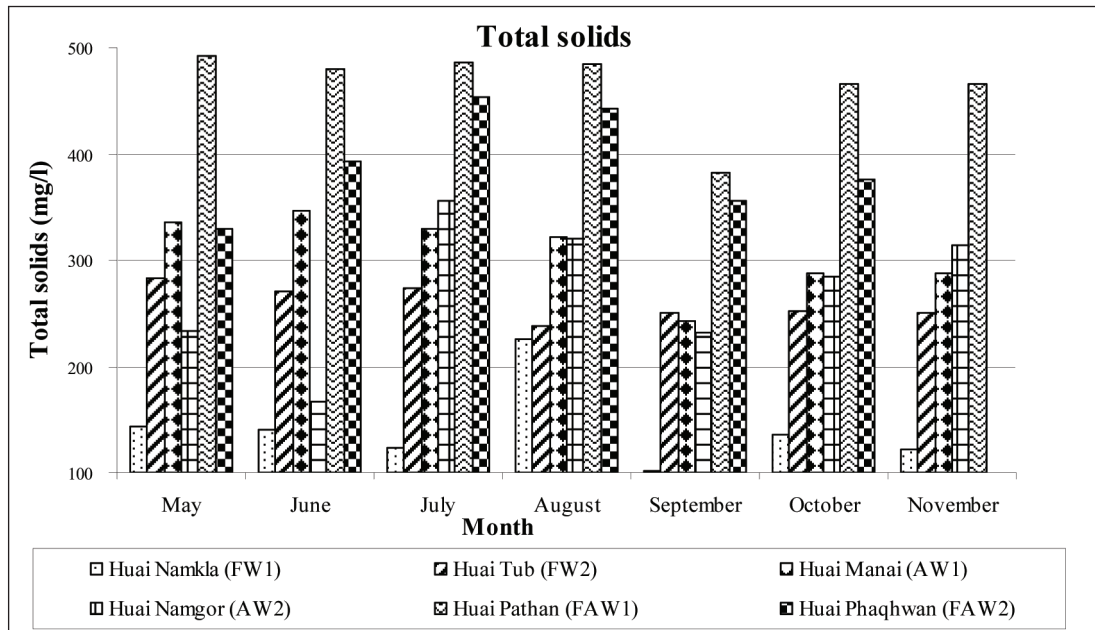


Figure 6. Water total solids in selected small watersheds of Mae Thang sub-watershed, Phrae province.

จาก Figure 6. พบว่า มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยป่าแดน (FAW2) คือ 465.29 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าเฉลี่ยต่ำสุดในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยน้ำกล้า (FW1) คือ 141.57 มิลลิกรัมต่อลิตร และพบว่าลุ่มน้ำห้วยน้ำก่อ (AW2) ลุ่มน้ำห้วยหมาไน (AW1) ลุ่มน้ำห้วยป่าแดน (FAW2) และลุ่มน้ำห้วยผาขวาง (FAW1) จะมีปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำ โดยเฉลี่ยสูงกว่าลุ่มน้ำห้วยน้ำกล้า (FW1) และลุ่มน้ำห้วยต๊ับ (FW2) ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณมีการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตร จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้มีชะล้างดิน ตะกอนดิน ซากพืชผลทางการเกษตร รวมทั้งปุ๋ยจากแปลงเกษตรลงมาด้วย ส่งผลให้บริเวณลุ่มน้ำดังกล่าวมีปริมาณของแข็ง

ทั้งหมดในน้ำที่สูงกว่าบริเวณลุ่มน้ำห้วยน้ำกล้า (FW1) และลุ่มน้ำห้วยต๊ับ (FW1) ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าจะมีสิ่งปกคลุมดินที่ดีกว่าทำให้ป้องกันการชะล้างหน้าดินได้ และเมื่อเปรียบเทียบกับของแข็งทั้งหมดในน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติในประเทศไทย มีค่าระหว่าง 100 - 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นพบว่าของแข็งทั้งหมดในน้ำโดยเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงธรรมชาติ

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

จากการตรวจวัดความเป็นกรด-ด่างในน้ำ ณ จุดต่างๆ ของลุ่มน้ำขนาดเล็กที่ใช้เป็นตัวแทนในการศึกษาได้ผลการศึกษาดังแสดงใน Figure 7.

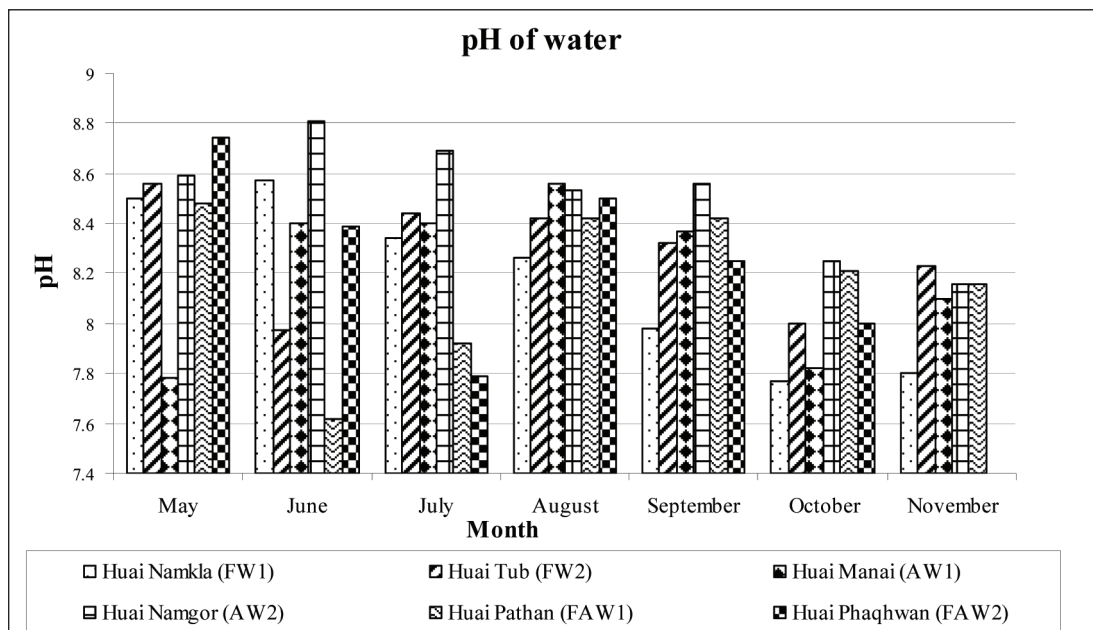


Figure 7. Water pH in selected small watersheds of Mae Thang sub-watershed, Phrae province.

จาก Figure 7. พบว่ามีค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำศึกษาทั้ง 6 มีค่าผันแปรระหว่าง 8.17-8.51 ซึ่งมีค่าสูงกว่า 7 แสดงว่าน้ำมีความเป็นด่างเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของดินตะกอนท้องน้ำที่มีสมบัติเป็นบัฟเฟอร์ที่ช่วยรักษา

ไม่ให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำแปรปรวนมาก และเมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (กองจัดการคุณภาพน้ำ, 2540) คือ 5-9 พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen)
จากการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลาย

ในน้ำ ณ จุดต่างๆ ของลุ่มน้ำขนาดเล็กที่ใช้เป็นตัวแทน
ในการศึกษาได้ผลการศึกษาดังแสดงใน Figure 8.

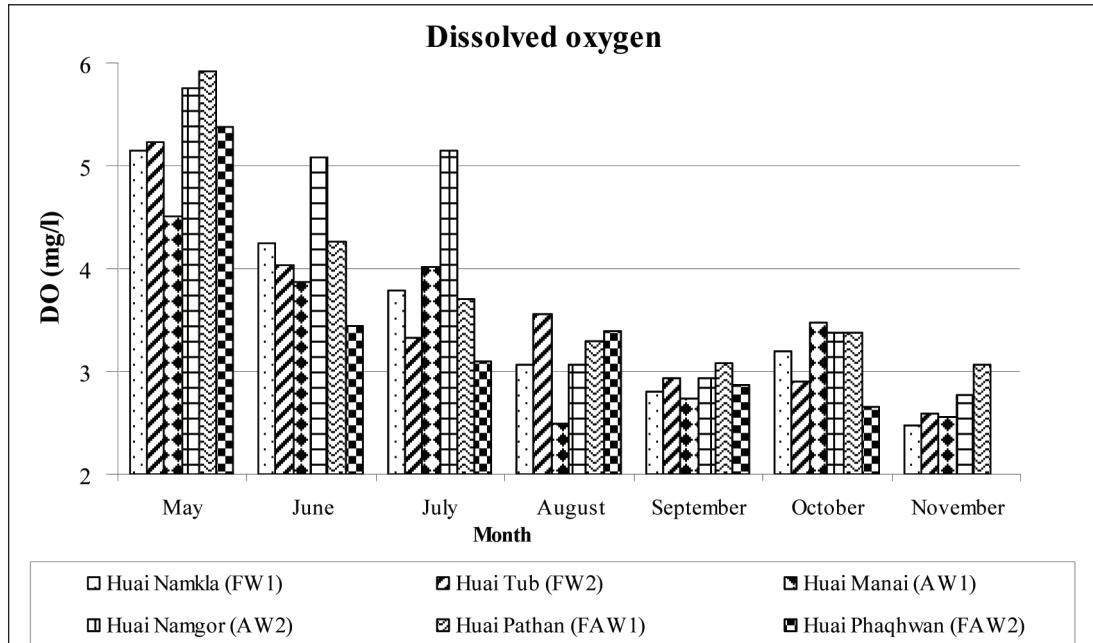


Figure 8. Water dissolved oxygen in selected small watersheds of Mae Thang sub-watershed, Phrae province.

จาก Figure 8. พบว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มน้ำศึกษาทั้ง 6 มีค่าผันแปรระหว่าง 3.38-4.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งไม่แตกต่างกันมากนัก ค่าออกซิเจนละลายในน้ำมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาที่ทำการศึกษา โดยเฉพาะตั้งแต่เดือนสิงหาคมเป็นต้นไป ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณลุ่มน้ำที่มีการประกอบกิจกรรมทางการเกษตร ในช่วงของการเก็บเกี่ยวพืชผลทางการเกษตรนั้นจะมีเศษซากของพืชหลงเหลืออยู่ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณของแอมโมเนียไนโตรเจนที่มีค่าสูงในเดือนสิงหาคมซึ่งเป็นช่วงที่มีฝนตกมาก เมื่อฝนตกก็จะมีสารละลายธาตุอาหารของพืชเหล่านี้ลงน้ำไปด้วย ซึ่งซากพืชเหล่านี้ถือเป็นสารอินทรีย์ที่สำคัญที่เป็นเหตุให้ค่าออกซิเจนละลายในน้ำลดลงเพราะว่า

จุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำจะใช้ออกซิเจนที่ละลายในน้ำในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำ

บีโอดี (Biochemical oxygen demand)

จากการตรวจวัดค่าบีโอดีในน้ำ ณ จุดต่างๆ ของลุ่มน้ำขนาดเล็กที่ใช้เป็นตัวแทนในการศึกษาได้ผลการศึกษาดังแสดงใน Figure 9.

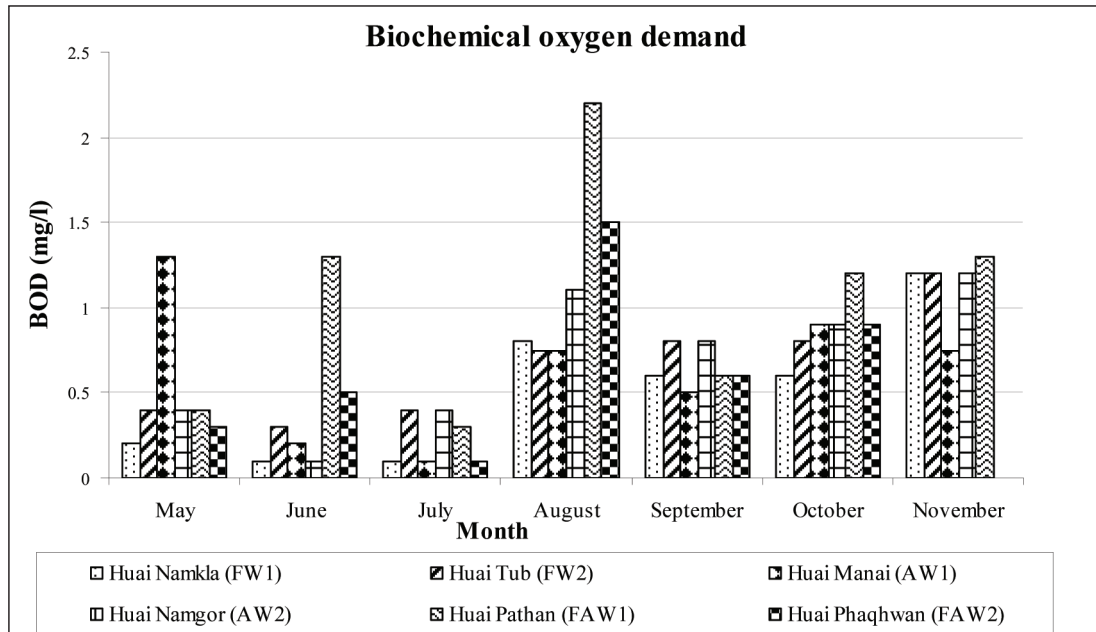


Figure 9. Water biochemical oxygen demand in selected small watersheds of Mae Thang sub-watershed, Phrae province.

จาก Figure 9. พบว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มน้ำศึกษาทั้ง 6 มีค่าผันแปรระหว่าง 0.51-1.04 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในกลุ่มน้ำห้วยป่าแต่น (FAW1) และต่ำสุดในพื้นที่ห้วยน้ำเกล้า (FW1) กลุ่มน้ำที่มีพื้นที่ทำการเกษตรจะมีค่าบีโอดีในน้ำ โดยเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มน้ำที่เป็นพื้นที่ป่าไม้ ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณที่มีการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตร เป็นสาเหตุที่ทำให้มีชะล้างดิน ตะกอนดิน ซากพืชผลทางการเกษตร รวมทั้งปุ๋ยจากแปลงเกษตรลงมา ส่งผลให้บริเวณกลุ่มน้ำดังกล่าวมีค่าบีโอดีในน้ำที่สูง แต่โดยเฉลี่ยแล้วค่าบีโอดีของกลุ่มน้ำทั้ง 6 นั้นมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ดังนั้นจึงถือได้ว่ากลุ่มน้ำทั้ง 6 กลุ่มน้ำนั้นมีความสกปรกน้อย

ความกระด้างของน้ำ (Hardness)

จากการตรวจวัดความกระด้างของน้ำ ณ จุดต่างๆ ของกลุ่มน้ำขนาดเล็กที่ใช้เป็นตัวแทนใน

การศึกษาได้ผลการศึกษาดังแสดงใน Figure 10.

จาก Figure 10. พบว่าค่าความกระด้างของน้ำในกลุ่มน้ำมีความกระด้างที่สูงกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร จัดอยู่ในน้ำกระด้างเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินคือไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณกลุ่มน้ำดังกล่าวนี้เป็นกลุ่มน้ำที่อยู่ในภูเขาหินปูน และเมื่อฝนตกมานั้นก็จะมีการชะล้าง ละลายหินปูนลงมาด้วย ยกเว้นกลุ่มน้ำห้วยน้ำเกล้า (FW1) มีค่าเฉลี่ย 85.71 มิลลิกรัมต่อลิตร ของ CaCO_3 จัดเป็นน้ำค่อนข้างกระด้าง วรรณิกัร (2525) ได้แบ่งความกระด้างของน้ำไว้ 4 ระดับ ถือน้อยกว่า 75, 75-150, 150-300 และมากกว่า 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ของ CaCO_3 ตามลำดับ และพบว่าความกระด้างของน้ำมีค่ามากที่สุดในพื้นที่ป่าไม้ผสมเกษตรกรรม รองลงมาได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ป่าไม้ตามลำดับ

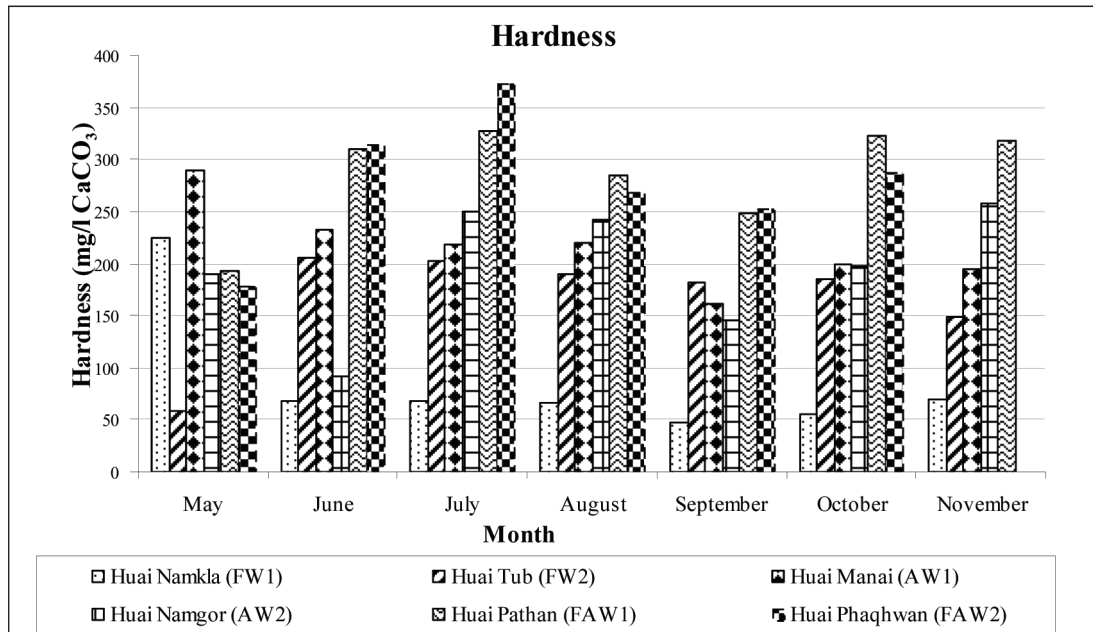


Figure 10. Water hardness in selected small watersheds of Mae Thang sub-watershed, Phrae province.

ไนเตรทไนโตรเจน (Nitrate Nitrogen)

จากการตรวจวัดไนเตรทไนโตรเจนในน้ำ

ณ จุดต่างๆ ของลุ่มน้ำขนาดเล็กที่ใช้เป็นตัวแทนใน

การศึกษาได้ผลการศึกษาดังแสดงใน Figure 11.

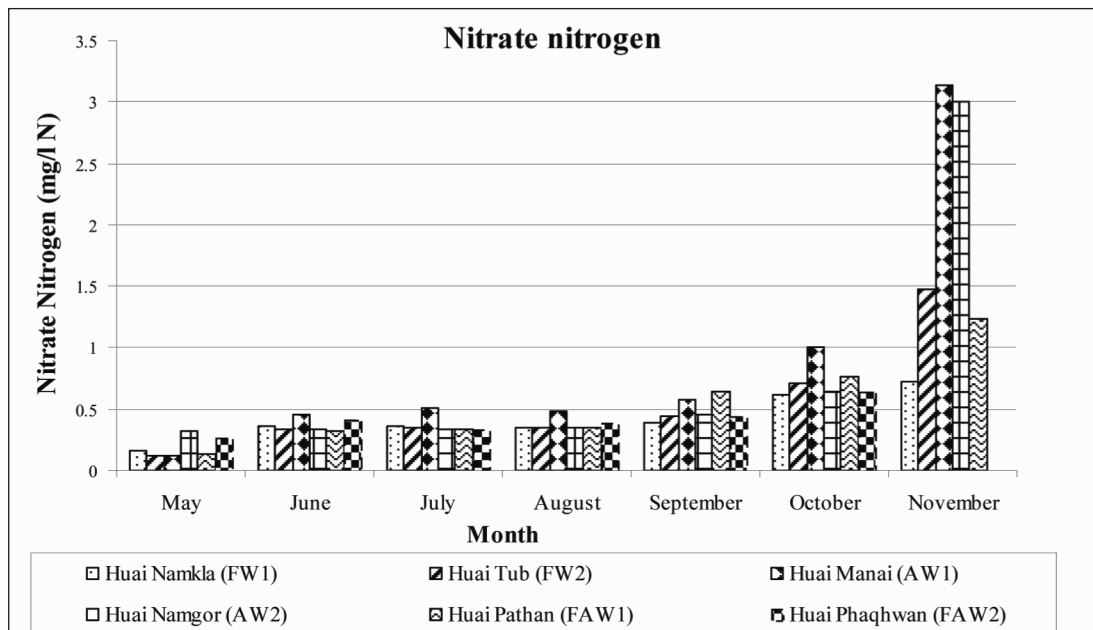


Figure 11. Water nitrate nitrogen in selected small watersheds of Mae Thang sub-watershed, Phrae province.

จาก Figure 11. พบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงสุดในพื้นที่ลุ่มน้ำเกษตรกรรม โดยเฉพาะลุ่มน้ำห้วยน้ำก้อ (AW1) และลุ่มน้ำห้วยหมาใน (AW2) มีค่าเฉลี่ย 0.898 และ 0.780 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และเฉลี่ยต่ำสุดในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยน้ำกล้า (FW1) คือ 0.426 มิลลิกรัมต่อลิตร และพบว่าโดยเฉลี่ยแล้วมี ค่าสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน เนื่องจากในพื้นที่ ดังกล่าวนั้นมีการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตร ซึ่งการใช้ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ และเมื่อเกิดการปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำจะมีค่ามากกว่าพื้นที่ที่ไม่มีการใช้ปุ๋ย 3-10 เท่า การใส่ปุ๋ยเคมี รวมทั้งปุ๋ยอินทรีย์ โดยไนโตรเจนในโตรเจนนั้นมาจากปุ๋ยที่มีส่วนประกอบของธาตุ

ไนโตรเจน และปุ๋ยทั้งสองชนิดนี้พืชจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ต้องอยู่ในรูปของไนเตรทไนโตรเจน เมื่อมีการใส่ปุ๋ยเท่ากับเป็นการเพิ่มปริมาณไนเตรทไนโตรเจนทางอ้อมแก่ลุ่มน้ำด้วย โดยเฉลี่ยปริมาณไนเตรทไนโตรเจนคือไม่สูงกว่า 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

แอมโมเนียไนโตรเจน (Ammonia Nitrogen)

จากการตรวจวัดแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำ ณ จุดต่างๆ ของลุ่มน้ำขนาดเล็กที่ใช้เป็นตัวแทนในการศึกษาได้ผลการศึกษาดังแสดงใน Figure 12.

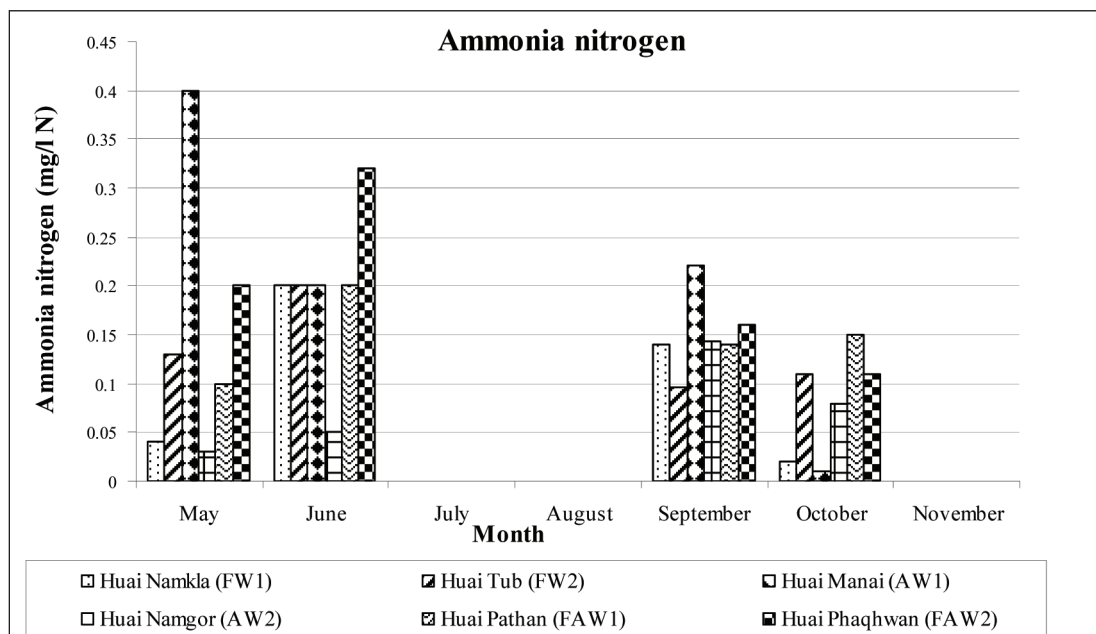


Figure 12. Water ammonia nitrogen in selected small watersheds of Mae Thang sub-watershed, Phrae province.

จาก Figure 12. พบว่าแอมโมเนียไนโตรเจนจะมีปริมาณสูง 2 ช่วง คือช่วงเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน และกันยายน-ตุลาคม และพบว่าลุ่มน้ำที่มีการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตร โดยเฉพาะ

ลุ่มน้ำห้วยน้ำก้อ (AW1) และลุ่มน้ำห้วยผาขาว (FAW2) มีค่า 0.12 และ 0.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนสูงกว่าลุ่มน้ำอื่น ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณปุ๋ยที่ใส่ ในพื้นที่เพาะปลูก

ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ โดยเฉลี่ยแล้ว ปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรเจนของกลุ่มน้ำทั้ง 6 นั้น มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินคือต่ำกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total phosphate)

จากการตรวจวัดฟอสฟอรัสในน้ำ ณ จุดต่างๆ ของลุ่มน้ำขนาดเล็กที่ใช้เป็นตัวแทนในการศึกษาได้ ผลการศึกษาดังแสดงใน Figure 13.

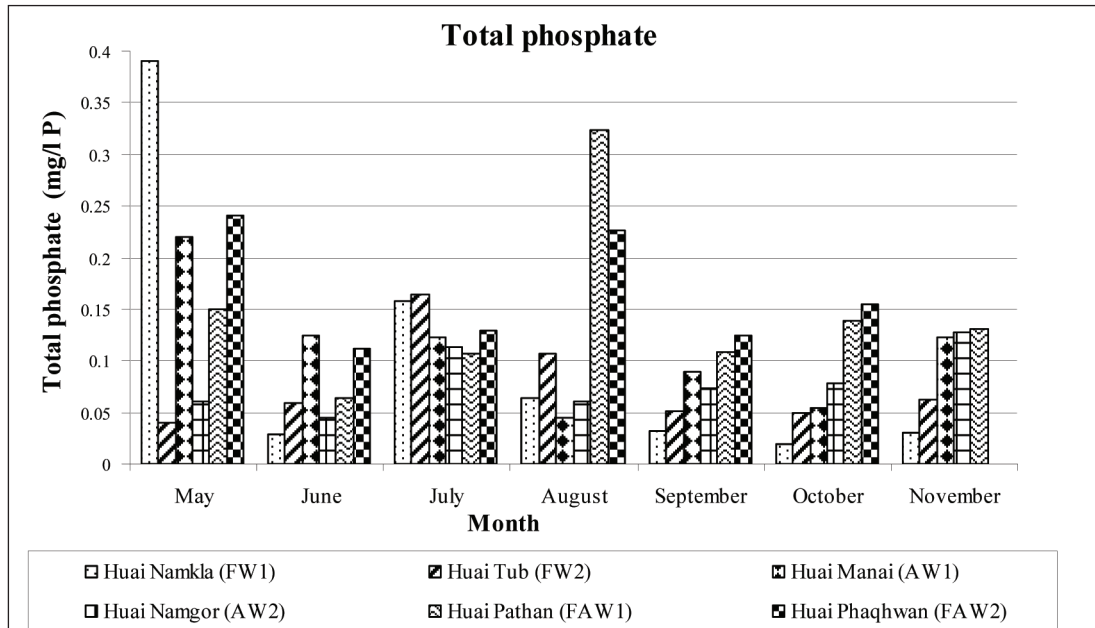


Figure 13. Water Total phosphate in selected small watersheds of Mae Thang sub-watershed, Phrae province.

จาก Figure 13. พบว่าโดยเฉลี่ยแล้ว ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของกลุ่มน้ำที่มีการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตรมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงกว่าลุ่มน้ำที่เป็นพื้นที่ป่าไม้ โดยปริมาณฟอสฟอรัสนั้นจะมาจากปุ๋ย ทั้งปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ที่ใส่ในพื้นที่เพาะปลูกพืชผลทางการเกษตร เมื่อฝนชะล้างปุ๋ยส่วนที่เหลือลงสู่แหล่งน้ำส่งผลทำให้แหล่งน้ำนั้นมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงขึ้น ซึ่งเมื่อฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์จะได้ฟอสฟอรัสในรูปของสารอนินทรีย์คือฟอสเฟต

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาพบว่าในพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ป่าไม้ผสมเกษตรกรรมมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 3 ประเภท ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยมีค่าระหว่าง 25.29 – 26.39 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเฉลี่ยผันแปรระหว่าง 8.17 - 8.51 ซึ่งพบว่าทุกพื้นที่ศึกษาจัดอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ความขุ่นของน้ำเฉลี่ยมากที่สุดในพื้นที่ป่าไม้ คือ ห้วยน้ำกล้า คือ 30.25 JTU เนื่องมาจากลักษณะของน้ำ

มีการไหลแรง และน้อยที่สุดในพื้นที่ป่าไม้เช่นกัน คือ 7.15 JTU แต่โดยภาพรวมแล้วค่าความขุ่นมากที่สุดในพื้นที่ป่าไม้ผสมเกษตรกรรม ซึ่งค่าความขุ่นนั้นมีความสัมพันธ์กับค่าของแข็งทั้งหมดในน้ำ ของแข็งแขวนลอยในน้ำ และค่าการนำไฟฟ้าของน้ำด้วย คือโดยเฉลี่ยแล้วมีค่ามากที่สุดในพื้นที่ป่าไม้ผสมเกษตรกรรม รองลงมาได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ป่าไม้ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าจะมีค่ามากในช่วงเดือนสิงหาคม เนื่องจากเป็นเดือนที่มีปริมาณฝนตกลงมามากที่สุด ส่วนค่าไนโตรเจนในโตรเจน แอมโมเนียในโตรเจน และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำนั้นพบว่า มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในพื้นที่เกษตรกรรม รองลงมาได้แก่พื้นที่ป่าไม้ผสมเกษตรกรรม และพื้นที่ป่าไม้ตามลำดับ ทั้งนี้ก็เนื่องจากในพื้นที่เกษตรกรรมมีการใช้ปุ๋ยและสารเคมีในการเพิ่มผลผลิตพืชนั่นเอง ค่าบีโอดีมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.51 – 1.04 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน ถือว่าน้ำยังมีความสกปรกน้อย ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำนั้น พบว่าลดลงตามระยะเวลาที่ศึกษา ส่วนค่าความกระด้างของน้ำทุกพื้นที่ที่มีค่าเฉลี่ย มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมากกว่าค่ามาตรฐาน ยกเว้นลุ่มน้ำห้วยน้ำกล้า (FW1) ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าไม้ ที่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน สามารถแบ่งประเภทแหล่งน้ำผิวดินตามการใช้ประโยชน์ได้คือ

ลุ่มน้ำห้วยน้ำกล้า (FW1) และลุ่มน้ำห้วยด้าย (FW2) จัดเป็นแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 1 เนื่องจากเป็นแหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำที่จากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ 1) การอุปโภคและบริโภคโดยไม่ต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน 2) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน 3) การอนุรักษ์ระบบนิเวศของแหล่งน้ำสำหรับลุ่มน้ำห้วยน้ำกล้า (AW1) ลุ่มน้ำห้วยหมาไน (AW2)

ลุ่มน้ำห้วยป่าแดน (FAW1) และลุ่มน้ำห้วยผาขวาง (FAW2) จัดเป็นแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 เนื่องจากเป็นแหล่งน้ำที่ได้รับน้ำที่จากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ 1) การอุปโภคและบริโภคโดยไม่ต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน 2) การเกษตร

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเพื่อการจัดการลุ่มน้ำที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ ดังนี้

1) พื้นที่ลุ่มน้ำสาขามากมาย มีสภาพเป็นพื้นที่สูงชันเมื่อมีปริมาณฝนตกมาจะส่งผลให้เกิดการพัดพาตะกอนลงสู่แหล่งน้ำ จะพบว่าค่าความขุ่นมากในพื้นที่ที่มีการประกอบกิจกรรมทางการเกษตร การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดิน ส่งผลต่อการชะล้างพังทลายของดินที่มากขึ้น ดังนั้นจึงควรควบคุมไม่ให้มีการขยายพื้นที่ทำการเกษตรเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีการฟื้นฟูพื้นที่เสื่อมโทรม โดยเฉพาะพื้นที่ต้นน้ำลำธาร

2) จากผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ พบว่าน้ำท่าจากพื้นที่ที่มีการทำการเกษตรกรรม มีค่าของความขุ่นในปริมาณที่มาก การทำการเกษตรกรรมควรมีการนำมาตรการอนุรักษ์ดิน และน้ำที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้ รวมทั้งการควบคุมการใช้สารเคมี ในการเกษตร เพื่อที่จะสามารถลดผลกระทบโดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านการชะล้างพังทลายของดินที่จะส่งผลต่อคุณภาพน้ำต่อไป

3) เนื่องด้วยระยะเวลา และงบประมาณที่จำกัดการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาคูณภาพน้ำบางประการ และในระยะเวลาสั้นๆ เท่านั้น ดังนั้นเพื่อเป็นการติดตามผลกระทบอย่างต่อเนื่อง และครอบคลุม ควรทำการศึกษาให้ครอบคลุมคุณภาพน้ำทั้ง 3 ด้าน

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

1) ควรเก็บข้อมูลให้ครอบคลุม และอย่างต่อเนื่อง ทั้งที่เป็นข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่ศึกษา รวมทั้งควรศึกษาข้อมูลการทำการเกษตรกรรมในพื้นที่ถึงวิธีการทำการเกษตร ลักษณะพืชพันธุ์ การใช้สารเคมีในการเพาะปลูกด้วย เพื่อเป็นข้อมูลที่สามารถแสดงถึงการเปลี่ยนแปลง หรือกิจกรรมที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำได้

2) ควรมีการศึกษาวิจัยโดยการสร้างมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ เข้ามาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับพื้นที่ รวมทั้งการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ และสารกำจัดศัตรูพืชที่ไม่ใช่สารเคมี เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดขึ้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2534. โครงการศึกษาและวิจัยคุณภาพน้ำในแม่น้ำสายหลัก. สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- กองจัดการคุณภาพน้ำ. 2540. เกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำและมาตรฐานคุณภาพน้ำประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.
- กรรณิการ์ สิริสิงห์. 2525. เคมิของน้ำ น้ำโสโครก และการวิเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 2 บริษัท ประจวบรังศ์ จำกัด, กรุงเทพฯ.
- เกษม จันทรแก้ว. 2526. การจัดการลุ่มน้ำ. ภาควิชา อนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จำเนียร ธนสีสังกุล และนิติ เรืองพานิช. 2524. คุณภาพของน้ำด้านกายภาพและเคมีภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ณ สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสระเกล้า. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วรังก์ลักษณ์ ช่อนกลิ่น และชัยวัฒน์ โพธิ์ทอง. 2548. คุณภาพน้ำของแม่น้ำน่านที่ไหลผ่านพื้นที่เกษตรกรรมและชุมชนเมืองจังหวัดพิษณุโลก. ว. มหาวิทยาลัยนเรศวร. 13(1) (ม.ค.-เม.ย. 2548) 37-44
- สิทธิชัย ดันธนะศฤงคาร. 2549. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.