

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพื่อการนันทนาการ  
น้ำตกของอุทยานแห่งชาติภูเรือ จังหวัดเลย

WATER QUALITY ANALYSIS FOR RECREATIONAL WATERFALLS  
OF PHU RUEA NATIONAL PARK, LOEI PROVINCE

สุนันทา เนตะคำ\* และสุนันทา เลาววันศิริ

Sunanta Natakam\* and Sunantha Laowansiri

Faculty of Environment and Resource Studies, Mahasarakham University

\*corresponding author e-mail: sunantapp59@gmail.com

**บทคัดย่อ**

อุทยานแห่งชาติภูเรือเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีการเข้าไปใช้ประโยชน์เพื่อดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก การเพิ่มขึ้นของนักท่องเที่ยวจนเกินขีดความสามารถในการรองรับได้ของพื้นที่อาจก่อให้เกิดปัญหาในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติของอุทยานได้ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาขีดความสามารถในการรองรับการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในด้านคุณภาพน้ำตกของอุทยานแห่งชาติภูเรือ โดยศึกษาน้ำตกจำนวน 4 แห่ง คือ น้ำตกห้วยไผ่ น้ำตกหินสามชั้น น้ำตกห้วยเตย และน้ำตกเลิศพบ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำด้วยวิธีการจ้วงตัก ในช่วงที่มีนักท่องเที่ยวในช่วงที่มีนักท่องเที่ยวปกติและนักท่องเที่ยวสูงสุด พารามิเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำตก ได้แก่ ออกซิเจนละลายน้ำ ที่เคเอ็น บีไอดี ของแข็งแขวนลอย อุณหภูมิ พีเอช ค่าความขุ่น และแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด ผลการศึกษาขีดความสามารถในการรองรับการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในด้านคุณภาพน้ำตกของอุทยานแห่งชาติภูเรือ พบว่าช่วงที่มีนักท่องเที่ยวน้อย ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวปกติ และช่วงที่มีนักท่องเที่ยวสูงสุด ของน้ำตกทั้ง 4 แห่ง พบว่ามีระดับผลกระทบสูง และระดับการใช้ประโยชน์ด้านคุณภาพน้ำอยู่ในระดับที่เกินขีดความสามารถในการรองรับได้ของพื้นที่

**คำสำคัญ:** อุทยานแห่งชาติภูเรือ คุณภาพน้ำ น้ำตก ขีดความสามารถการรองรับได้

**Abstract**

Phu Rua National Park is a tourist into use for activities is extremely allowing an increase of tourists to exceed the capacity of the area, which may cause problems in the management of natural resources of the park. The purpose of this research was to study the recreational carrying capacity in terms of waterfalls quality of Phu Ruea National Park water from the four waterfalls namely Huai Phai Waterfall, Hin Sam Chan Waterfall, Huai Toei Waterfall and Lead Phob Waterfall were collected by using grab sampling for the low visitor number period, medium visitor number period and high visitor number period. Water quality analysis parameters were Dissolved Oxygen (DO), Total Kjeldahl Nitrogen (TKN), Biochemical Oxygen Demand (BOD), Suspended Solids

(SS), Temperature, pH, Turbidity and Total Coliform Bacteria. The result recreational carrying capacity in terms of waterfalls quality of Phu Ruea National Park found that the low visitor number period, medium visitor number period and high visitor number period of four waterfalls had high impact and exceeding recreational carrying capacity level for waterfall quality.

**Keywords:** Phu Ruea National Park, water quality, waterfall, carrying capacity

## บทนำ

การท่องเที่ยวยังคงเป็นที่นิยมเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีการรณรงค์ให้ท่องเที่ยวภายในประเทศไทย จากการเกิดกิจกรรมการท่องเที่ยว พบว่ามีแหล่งท่องเที่ยวจำนวนไม่น้อยที่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมการท่องเที่ยว ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้แหล่งท่องเที่ยวเกิดความเสื่อมโทรม โดยปัญหาอาจเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น ปัญหาขยะจากแหล่งท่องเที่ยว การทำลายทรัพยากรธรรมชาติจากความไม่ตั้งใจของนักท่องเที่ยว หรือปัญหามลพิษทางน้ำจากการท่องเที่ยว เป็นต้น (Aimphan et al., 2012) อุทยานแห่งชาติภูเรือมีพื้นที่ครอบคลุมอำเภอภูเรือและอำเภอท่าลี่ จังหวัดเลย อาณาเขตด้านทิศเหนือติดกับประเทศลาว รูปพรรณสันฐานของภูเรือมีรูปร่างลักษณะเหมือนเรือใหญ่ ทินบางก้อนมีลักษณะเหมือนถูกปั้นแต่งไว้ เรียกว่า “กว้านสมอ” มีหมอกปกคลุมไว้ท่ามกลางป่าที่อุดมสมบูรณ์ มีเนื้อที่ประมาณ 120.84 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ป่าภูเรือประกอบด้วยทิวเขาสูง เรียงสลับซับซ้อนเป็นรูปต่าง ๆ สลับกับที่ราบเป็นบางส่วน สาเหตุที่ขนานนามว่า “ภูเรือ” เพราะมีภูเขาลูกหนึ่งมีชะง่อนผายื่นออกมาดูคล้ายเรือสำเภาใหญ่ และที่ราบบนยอดเขามีลักษณะคล้ายท้องเรือ ตลอดจนมีธรรมชาติและทิวทัศน์ที่สวยงาม เหมาะสมที่จะจัดตั้งเป็นอุทยานแห่งชาติ (Phu Ruea National Park, 2017) อุทยานแห่งชาติภูเรือเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงระดับประเทศ ตลอดจนมีทิวทัศน์ที่สวยงามและมีน้ำตกที่ขึ้นชื่อหลายแห่ง เช่น น้ำตกห้วยไผ่ น้ำตกหินสามชั้น น้ำตกห้วยเตยและน้ำตกเลิศพบ เป็นต้น ในปัจจุบันอุทยานแห่งชาติแต่ละแห่งรองรับปริมาณนักท่องเที่ยวที่เข้าไปใช้ประโยชน์เพื่อดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ เป็นอย่างมาก หากมองในแง่ของเศรษฐกิจก็ถือว่าเป็นผลดี แต่ในทางกลับกันหากมองไปยังตัวแหล่งท่องเที่ยวแล้วจะเห็นว่า การปล่อยให้มีการเพิ่มขึ้นของนักท่องเที่ยวจนเกินขีดความสามารถในการรองรับได้ของพื้นที่ อาจก่อให้เกิดปัญหาในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติของอุทยาน เช่น ปัญหาความแออัด สิ่งอำนวยความสะดวกไม่เพียงพอ รวมทั้งอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติจากกิจกรรมนันทนาการต่าง ๆ เมื่ออยู่ในสภาวะเกินขีดความสามารถในการรองรับได้จนเกิดปัญหาความเสื่อมโทรม ความแออัด อาจส่งผลต่อความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่จะลดลง และอาจส่งผลต่อการท่องเที่ยวในระยะยาว จากปัญหาที่กล่าวมาผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาขีดความสามารถในการรองรับ (carrying capacity) ด้านนิเวศวิทยาและกายภาพ โดยวิเคราะห์คุณภาพน้ำตกในเขตอุทยานแห่งชาติภูเรือ เพื่อศึกษาขีดความสามารถในการรองรับการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในด้านคุณภาพน้ำตกในเขตอุทยานแห่งชาติภูเรือ จังหวัดเลย เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดจำนวนนักท่องเที่ยวสูงสุดที่พื้นที่จะรองรับได้ที่จะไม่ส่งผลกระทบหรือก่อให้เกิดการเสื่อมโทรมของพื้นที่ในอุทยานแห่งชาติภูเรือ

## วิธีดำเนินการวิจัย

กำหนดเก็บตัวอย่างน้ำตกจากอุทยานแห่งชาติภูเรือ 4 จุด ได้แก่ น้ำตกห้วยไผ่ น้ำตกหินสามชั้น น้ำตกห้วยเตย และน้ำตกเลิศพบ ตามลำดับ น้ำตกห้วยไผ่เป็นน้ำตกขนาดกลาง สูงประมาณ 30 เมตร ตั้งอยู่บริเวณลำห้วยไผ่ ในฤดูฝนมีปริมาณน้ำมาก มีสายน้ำพุ่งแรงลงมาจากบริเวณเป็นลำน้ำสายเดียวลงสู่แอ่งน้ำด้านล่าง ซึ่งแอ่งนี้สามารถที่จะลงเล่นน้ำได้ แต่ถ้าเป็นฤดูแล้งปริมาณน้ำจะน้อย น้ำตกห้วยไผ่อยู่ห่างจากที่ทำการอุทยานแห่งชาติ ประมาณ 2,000 เมตร เป็นแหล่งน้ำที่สำคัญในการใช้ทำน้ำประปาในอำเภอภูเรือ น้ำตกหินสามชั้นเป็นน้ำตกขนาดเล็ก ลักษณะของตัวน้ำตกเป็นชั้นหินลดหลั่นกันไป 3 ชั้น จนถึงตัวแอ่งน้ำด้านล่าง สามารถลงเล่นได้ โดยตั้งอยู่ห่างจากศูนย์บริการนักท่องเที่ยวที่ 2 (ภูสน) ประมาณ 300 เมตร ในฤดูฝนจะมีปริมาณน้ำมาก น้ำตกห้วยเตยเป็นน้ำตกขนาดเล็กมีลักษณะเป็นลำน้ำสองสายมาบรรจบกัน ไหลลงสู่แอ่งน้ำเดียวกันซึ่งมีความสวยงามโดยเฉพาะช่วงฤดูฝน เพราะมีปริมาณน้ำมาก อยู่ใกล้กับศูนย์บริการนักท่องเที่ยวที่ 2 (ภูสน) น้ำตกเลิศพบ มีขนาดสูงน้อยกว่า 2 เมตร กว้างประมาณ 7 เมตร ลักษณะน้ำตื้น ดังภาพที่ 1 (Figure 1) ช่วงเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวสูงสุด คือ ช่วงวันหยุดนักขัตฤกษ์ มีจำนวนนักท่องเที่ยวเฉลี่ย 353 คน ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวปกติ คือ ช่วงวันหยุดเสาร์-อาทิตย์ มีจำนวนนักท่องเที่ยวเฉลี่ย 219 คน และช่วงที่มีนักท่องเที่ยวน้อย คือ ช่วงวันทำการวันจันทร์-ศุกร์ มีจำนวนนักท่องเที่ยวเฉลี่ย 81 คน โดยเก็บตัวอย่างช่วงละ 4 ครั้ง เก็บตัวอย่างเวลา 08.00 - 16.00 น. โดยเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ - มิถุนายน 2558 เนื่องจากเป็นช่วงฤดูร้อนและต้นฤดูฝน มีปริมาณน้ำน้อยและมีแนวโน้มส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำตกมากที่สุด

### การเก็บตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำ ณ จุดเก็บตัวอย่างที่กำหนดไว้ใช้วิธีเก็บแบบจ้วงตัก (grab sample) พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ในภาคสนาม ได้แก่ อุณหภูมิ (temperature) และพีเอช (pH) พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด (total coliform bacteria) โดยการเก็บน้ำปริมาตร 300 ลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าความขุ่น (turbidity) เก็บน้ำปริมาตร 300 ลูกบาศก์เซนติเมตร ไนโตรเจนในรูปที่เคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen; TKN) เก็บน้ำปริมาตร 1,500 ลูกบาศก์เซนติเมตร ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) เก็บน้ำปริมาตร 900 ลูกบาศก์เซนติเมตร บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD) เก็บน้ำปริมาตร 3,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร และของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid; SS) เก็บน้ำปริมาตร 300 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยเก็บตัวอย่างพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของน้ำตกที่กึ่งกลางความกว้างและความลึกของลำน้ำ โดยเลือกเก็บน้ำที่บริเวณน้ำค่อนข้างนิ่งและห่างออกจากบริเวณน้ำตก ในขณะที่ค่าแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมดเก็บที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร นำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำและน้ำเสียตามวิธีการของ AWWA, APHA, WPCF (1998) และศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์ ดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของชุดทดลองตัวอย่าง เก็บตัวอย่างละ 4 ครั้ง แต่ละชุดมี 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. ทดสอบอิทธิพลของทรีทเมนต์ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) และการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significance Difference (LSD) โดยใช้ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.05 ( $p < 0.05$ )

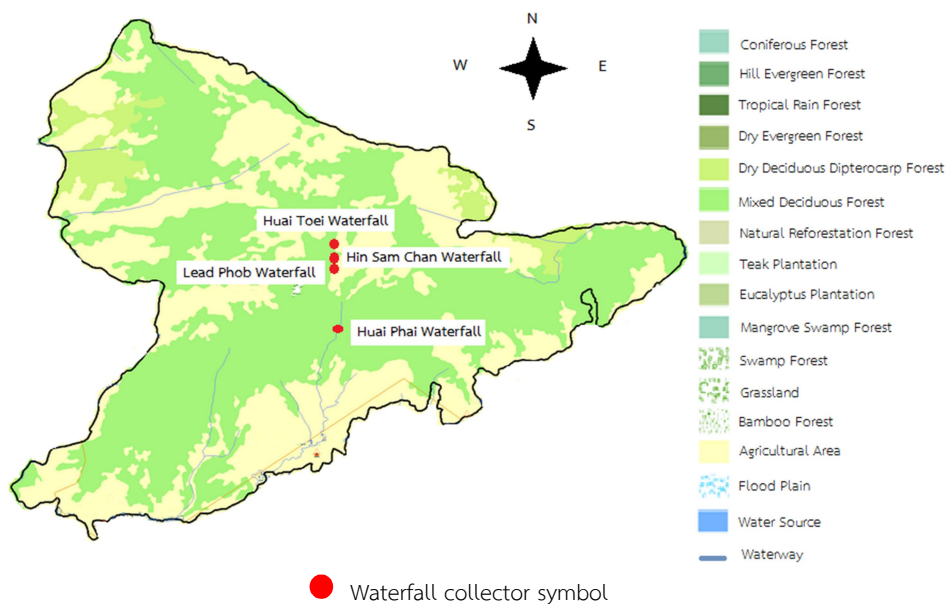


Figure 1 Four waterfall sampling points Source: Phu Ruea National Park (2017)

### ขีดความสามารถในการรองรับได้นันทนาการ (Recreation Carrying Capacity; RCC)

ขีดความสามารถในการรองรับได้นันทนาการ หมายถึง ระดับการใช้ประโยชน์สูงสุดของมนุษย์ได้นันทนาการซึ่งพื้นที่สามารถรองรับได้ โดยที่ก่อให้เกิดผลกระทบไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ทั้งยังสามารถให้ประสบการณ์ที่มีคุณภาพแก่นักท่องเที่ยวในการมาประกอบกิจกรรมนันทนาการ รวมทั้งนักท่องเที่ยวยังคงพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมที่พบเห็น (Wagar, 1964; Shelby & Heberlein, 1986; WTO & UNEP, 1992; Aimphan, 2004; Thanaphan, 2004) ประเภทของขีดความสามารถในการรองรับการใช้ประโยชน์ได้นันทนาการมี 5 ประเภท ได้แก่ 1) ขีดความสามารถในการรองรับด้านชีว-กายภาพ หรือด้านนิเวศวิทยา (Bio-physical or Ecological Carrying Capacity; ECC) 2) ขีดความสามารถในการรองรับด้านกายภาพ (Physical Carrying Capacity; PCC) 3) ขีดความสามารถในการรองรับด้านสิ่งอำนวยความสะดวก (Facility Carrying Capacity; FCC) 4) ขีดความสามารถในการรองรับด้านจิตวิทยา (Psychological Carrying Capacity; PsCC) 5) ขีดความสามารถในการรองรับด้านสังคมและวัฒนธรรม (Social and Cultural Carrying Capacity; SCC) การประเมินขีดความสามารถในการรองรับด้านนิเวศ (คุณภาพน้ำ) โดยทำการเปรียบเทียบค่าที่ตรวจวัดได้กับค่ามาตรฐานที่สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งหน่วยงานต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ เพื่อประเมินขีดความสามารถในการรองรับด้านนิเวศ (คุณภาพน้ำ) โดยจำแนกปัจจัยผลกระทบต่อคุณภาพน้ำผิวดิน ออกเป็น 3 ระดับ คือ ผลกระทบน้อยถึงไม่มีผลกระทบ ผลกระทบปานกลาง และผลกระทบระดับสูง ตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดโดย Pollution Control Department (2000) ซึ่งสัมพันธ์กับระดับขีดความสามารถในการรองรับการใช้ประโยชน์ทางนันทนาการ ทั้งนี้เบื้องต้นนี้ มีแนวคิดในการกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพผิวดินประเภทที่ 2 เป็นค่าสำหรับเปรียบเทียบ (standard value) เพื่อกำหนดระดับของผลกระทบ โดยระดับผลกระทบน้อยถึงไม่มีผลกระทบ คุณภาพน้ำจะไม่แตกต่างจากค่ามาตรฐาน ส่วนระดับผลกระทบปานกลาง และผลกระทบสูง จะมีความแตกต่าง (ด้านบวกและลบ) กับค่า

มาตรฐานมากขึ้น ส่วนแหล่งน้ำผิวดินกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 2 เป็นค่าสำหรับเปรียบเทียบ (standard value) เพื่อกำหนดระดับของผลกระทบ (Aimphan et al., 2005, 2007, 2012) ดังตารางที่ 1 (Table 1)

**Table 1** Configure water surface water quality criteria for analysis recreational carrying capacity in terms of waterfalls quality of Phu Ruea National Park

| Level of impact and carrying capacity           | Surface water standard <sup>1/</sup> |          |           |            |                                      |
|---|--------------------------------------|----------|-----------|------------|--------------------------------------|
|   | Temperature                          | pH       | DO (mg/l) | BOD (mg/l) | Total coliform bacteria (MPN/100 ml) |
| Standard  | + 3 °C of normal temperature         | 5-9      | 6         | 1.5        | 5,000                                |
| No/ Low impact (Below carrying capacity)        | normal temperature                   | 5.1-8.9  | >6        | <1.5       | <3,000                               |
| Medium impact (At and nearby carrying capacity) | normal temperature + 1- 3 °C         | 5 or 9   | 6         | 1.5        | 3,000-5,000                          |
| High impact (Exceeding carrying capacity)       | > (normal temperature + 3 °C)        | <5<br>>9 | <6        | >1.5       | >5,000                               |

**Remark** <sup>1/</sup> classified as 2<sup>nd</sup> class surface water quality standard. That is water source has received the discharge from some activity which needed to be sterilized and water quality improvement processing before consumption and for aquatic animals conservation, fishery, and swimming

**Source** Pollution Control Department (2000) and Aimphan et al. (2005, 2007, 2012)

## ผลการวิจัย

### 1. คุณภาพน้ำตก

#### 1.1 คุณภาพน้ำตกในเขตอุทยานแห่งชาติภูเรือช่วงที่มีนักท่องเที่ยวน้อย

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำตกในเขตอุทยานแห่งชาติภูเรือช่วงที่มีนักท่องเที่ยวน้อย พบว่าน้ำตกทั้ง 4 แห่ง มีอุณหภูมิไม่แตกต่างกันมากนัก โดยอุณหภูมิอยู่ในช่วง  $23.65 \pm 1.72$  ถึง  $25.35 \pm 0.41$  องศาเซลเซียส ค่าพีเอชเป็นกรดอ่อน โดยมีค่าอยู่ในช่วง  $5.02 \pm 0.91$  ถึง  $6.66 \pm 0.18$  น้ำตกหินสามชั้นมีค่าความขุ่นสูงสุดเท่ากับ  $12.67 \pm 8.07$  เอ็นทียู เนื่องจากน้ำตกแห่งนี้มีใบไม้ร่วงทับถมกัน และมีจำนวนนักท่องเที่ยวมากกว่าน้ำตกอื่น ๆ ทำให้น้ำตกหินสามชั้นมีค่าความขุ่นที่สูงกว่าน้ำตกอื่น ๆ ในขณะที่น้ำตกห้วยไผ่ น้ำตกห้วยเตย และน้ำตกเลิศพบ พบว่ามีค่าความขุ่นเท่ากับ  $6.32 \pm 4.97$ ,  $9.01 \pm 7.03$  และ  $3.38 \pm 2.44$  เอ็นทียู ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวน้อยน้ำตกห้วยไผ่ น้ำตกหินสามชั้น น้ำตกห้วยเตย และน้ำตกเลิศพบ พบว่ามีค่าบีโอดีเท่ากับ  $5.90 \pm 5.13$ ,  $6.23 \pm 4.55$ ,  $7.49 \pm 5.08$  และ  $7.75 \pm 0.81$  มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ น้ำตกหินสามชั้นมีค่าออกซิเจนละลายน้ำต่ำที่สุด เท่ากับ  $5.60 \pm 2.27$  มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำตกห้วยไผ่ น้ำตกห้วยเตย และน้ำตกเลิศพบ พบว่ามีค่าออกซิเจนละลายน้ำเท่ากับ  $6.63 \pm 0.58$ ,  $6.23 \pm 1.91$  และ  $5.93 \pm 1.41$  มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ค่าที่เคเอ็นของน้ำตก หินสามชั้นในช่วงที่มีนักท่องเที่ยวน้อย พบว่ามีค่า เท่ากับ  $1.55 \pm 0.69$  มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากน้ำตกแห่งนี้มีใบไม้ร่วงทับถมกัน ในขณะที่น้ำตกน้ำตกห้วยไผ่ น้ำตกห้วยเตย และน้ำตกเลิศพบ มีค่าที่เคเอ็นเท่ากับ  $2.02 \pm 0.54$ ,  $2.55 \pm 0.51$  และ  $1.69 \pm 1.41$  มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ค่าของแข็งแขวนลอยน้ำตกห้วยไผ่ น้ำตกหินสามชั้น น้ำตกห้วยเตย และน้ำตกเลิศพบ พบว่ามีค่าเท่ากับ  $2.07 \pm 0.75$ ,  $3.15 \pm 1.71$ ,  $3.56 \pm 1.70$  และ  $2.55 \pm 0.68$  มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมดของน้ำตกห้วยไผ่

น้ำตกหินสามชั้น น้ำตกห้วยเตย และน้ำตกเลิศพบ พบว่ามีค่าเท่ากับ  $96.95 \pm 39.52$ ,  $91.05 \pm 41.63$ ,  $96.75 \pm 34.89$  และ  $141.45 \pm 93.14$  เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร ดังตารางที่ 2 (Table 2)

**Table 2** Waterfall quality of Phu Ruea National Park for low visitor number period

| Waterfalls   | Waterfall Quality |                  |            |           |            |                         |           |                                      |
|--------------|-------------------|------------------|------------|-----------|------------|-------------------------|-----------|--------------------------------------|
|              | Turbidity (NTU)   | Temperature (°C) | BOD (mg/l) | DO (mg/l) | TKN (mg/l) | Suspended solids (mg/l) | pH        | Total coliform bacteria (MPN/100 ml) |
| Huai Phai    | 6.32±4.97         | 24.90±0.69       | 5.90±5.13  | 6.63±0.58 | 2.02±0.54  | 2.07±0.75               | 6.66±0.18 | 96.95±39.52                          |
| Hin Sam Chan | 12.67±8.07        | 23.65±1.72       | 6.23±4.55  | 5.60±2.27 | 1.55±0.69  | 3.15±1.71               | 5.05±0.52 | 91.05±41.63                          |
| Huai Toei    | 9.01±7.03         | 25.02±0.81       | 7.49±5.08  | 6.23±1.91 | 2.55±0.51  | 3.56±1.20               | 5.02±0.91 | 96.75±34.89                          |
| Lead Phob    | 3.38±2.44         | 25.35±0.41       | 7.75±0.81  | 5.93±1.41 | 1.69±1.07  | 2.50±0.68               | 6.11±0.68 | 141.45±93.14                         |

## 1.2 คุณภาพน้ำตกในเขตอุทยานแห่งชาติภูเรือช่วงที่มีนักท่องเที่ยวปกติ

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำตกในเขตอุทยานแห่งชาติภูเรือช่วงที่มีนักท่องเที่ยวปกติ พบว่าน้ำตกทั้ง 4 แห่ง มีอุณหภูมิไม่แตกต่างกันมากนัก โดยอุณหภูมิอยู่ในช่วง  $21.62 \pm 3.06$  ถึง  $23.65 \pm 3.40$  องศาเซลเซียส ค่าพีเอชเป็นกรดอ่อน โดยมีค่าอยู่ในช่วง  $5.79 \pm 0.48$  ถึง  $6.87 \pm 0.11$  ค่าความขุ่นของน้ำตกห้วยไผ่ น้ำตกหินสามชั้น น้ำตกห้วยเตย และน้ำตกเลิศพบ พบว่ามีค่าเท่ากับ  $3.96 \pm 3.83$ ,  $7.84 \pm 3.27$ ,  $8.21 \pm 4.80$  และ  $3.82 \pm 1.49$  เอ็นทียู ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวปกติ น้ำตกหินสามชั้น พบว่ามีค่าบีโอดีน้อยที่สุด เท่ากับ  $1.92 \pm 1.88$  มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่น้ำตกห้วยไผ่ น้ำตกห้วยเตย และน้ำตกเลิศพบ พบว่ามีค่าบีโอดีเท่ากับ  $3.10 \pm 4.74$ ,  $2.51 \pm 3.79$  และ  $2.04 \pm 3.05$  มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวปกติ น้ำตกห้วยไผ่ น้ำตกห้วยเตย น้ำตกหินสามชั้น และน้ำตกเลิศพบ พบว่ามีค่าออกซิเจนละลายน้ำเท่ากับ  $3.04 \pm 0.65$ ,  $4.63 \pm 0.88$ ,  $5.02 \pm 1.16$  และ  $4.53 \pm 3.12$  มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ค่าทีเคเอ็นของน้ำตกหินสามชั้นในช่วงที่มีนักท่องเที่ยวปกติ พบว่ามีค่าบีโอดีน้อยที่สุด เท่ากับ  $1.36 \pm 0.59$  มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่น้ำตกน้ำตกห้วยไผ่ น้ำตกห้วยเตย และน้ำตกเลิศพบ มีค่าทีเคเอ็นเท่ากับ  $2.15 \pm 1.28$ ,  $1.60 \pm 0.44$  และ  $1.62 \pm 0.87$  มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำตกหินสามชั้นพบว่ามีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ  $3.75 \pm 1.08$  มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำตกห้วยไผ่ น้ำตกห้วยเตย และน้ำตกเลิศพบ พบว่ามีค่าเท่ากับ  $1.56 \pm 0.51$ ,  $3.62 \pm 0.98$  และ  $1.75 \pm 0.53$  มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมดของน้ำตกห้วยไผ่ น้ำตกหินสามชั้น น้ำตกห้วยเตย และน้ำตกเลิศพบ พบว่ามีค่าเท่ากับ  $122.65 \pm 26.24$ ,  $115.75 \pm 19.30$ ,  $123.55 \pm 30.53$  และ  $122.65 \pm 36.46$  เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร ดังตารางที่ 3 (Table 3)

**Table 3** Waterfall quality of Phu Ruea National Park for medium visitor number period

| Waterfalls   | Waterfall quality |                  |            |           |            |                         |           |                                      |
|--------------|-------------------|------------------|------------|-----------|------------|-------------------------|-----------|--------------------------------------|
|              | Turbidity (NTU)   | Temperature (°C) | BOD (mg/l) | DO (mg/l) | TKN (mg/l) | Suspended solids (mg/l) | pH        | Total coliform bacteria (MPN/100 ml) |
| Huai Phai    | 3.96±3.83         | 23.40±15.6       | 3.10±4.74  | 3.04±0.65 | 2.15±1.28  | 1.56±0.51               | 6.87±0.11 | 122.65±26.24                         |
| Hin Sam Chan | 7.84±3.27         | 21.62±3.06       | 1.92±1.88  | 4.63±0.88 | 1.36±0.59  | 3.75±1.08               | 5.86±0.52 | 115.75±19.30                         |
| Huai Toei    | 8.21±4.80         | 24.00±2.68       | 2.51±3.79  | 5.02±1.16 | 1.60±0.44  | 3.62±0.98               | 5.79±0.48 | 123.55±30.53                         |
| Lead Phob    | 3.82±1.49         | 23.65±3.40       | 2.04±3.05  | 4.53±3.12 | 1.62±0.87  | 1.75±0.53               | 6.30±0.69 | 122.65±36.46                         |

### 1.3 คุณภาพน้ำตกในเขตอุทยานแห่งชาติภูเรือช่วงที่มีนักท่องเที่ยวสูงสุด

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำตกในเขตอุทยานแห่งชาติภูเรือช่วงที่มีนักท่องเที่ยวสูงสุด พบว่า น้ำตกทั้ง 4 แห่ง มีอุณหภูมิไม่แตกต่างกันมากนัก โดยอุณหภูมิอยู่ในช่วง  $22.77 \pm 2.61$  ถึง  $24.57 \pm 2.78$  องศาเซลเซียส ค่าพีเอชเป็นกรดอ่อน โดยมีค่าอยู่ในช่วง  $5.62 \pm 0.30$  ถึง  $6.83 \pm 0.24$  ค่าความขุ่นของน้ำตกหินสามชั้นพบว่ามีความขุ่นมากที่สุด เท่ากับ  $15.78 \pm 1.16$  เอ็นทียู เนื่องจากน้ำตกแห่งนี้มีใบไม้ร่วงทับถมกัน และมีจำนวนนักท่องเที่ยวมากกว่าน้ำตกอื่น ๆ ทำให้น้ำตกหินสามชั้นมีค่าความขุ่นที่สูงกว่าน้ำตกอื่น ๆ ในขณะที่น้ำตกห้วยไผ่ น้ำตกห้วยเตย และน้ำตกเลิศพบ พบว่ามีค่าความขุ่นเท่ากับ  $8.36 \pm 12.43$ ,  $6.28 \pm 4.38$  และ  $7.32 \pm 1.78$  เอ็นทียู ค่าบีโอดีช่วงที่มีนักท่องเที่ยวสูงสุดของน้ำตกห้วยไผ่ น้ำตกหินสามชั้น น้ำตกห้วยเตย และน้ำตกเลิศพบ พบว่ามีค่าเท่ากับ  $2.10 \pm 1.40$ ,  $5.70 \pm 6.30$ ,  $3.86 \pm 6.62$  และ  $2.33 \pm 2.84$  มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวสูงสุด น้ำตกห้วยไผ่ น้ำตกห้วยเตย น้ำตกหินสามชั้น และน้ำตกเลิศพบ พบว่ามีค่าออกซิเจนละลายน้ำเท่ากับ  $5.82 \pm 1.00$ ,  $5.15 \pm 1.68$ ,  $4.86 \pm 2.20$  และ  $4.63 \pm 1.34$  มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ค่าทีเคเอ็นของน้ำตกหินสามชั้นในช่วงที่มีนักท่องเที่ยวสูงสุด พบว่ามีค่าทีเคเอ็นสูงสุดเท่ากับ  $2.49 \pm 0.27$  มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากน้ำตกแห่งนี้มีใบไม้ร่วงทับถมกัน ในขณะที่น้ำตกห้วยไผ่ น้ำตกห้วยเตย และน้ำตกเลิศพบ มีค่าทีเคเอ็นเท่ากับ  $2.39 \pm 0.39$ ,  $2.08 \pm 0.79$  และ  $1.35 \pm 0.77$  มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ค่าของแข็งแขวนลอยน้ำตกหินสามชั้นพบว่ามีความมากที่สุด มีค่าเท่ากับ  $4.82 \pm 2.76$  มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำตกห้วยไผ่ น้ำตกห้วยเตย และน้ำตกเลิศพบ พบว่ามีค่าของแข็งแขวนลอยเท่ากับ  $2.16 \pm 0.39$ ,  $4.00 \pm 0.97$  และ  $3.00 \pm 0.73$  มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมดของน้ำตกหินสามชั้น พบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ  $236.05 \pm 18.46$  เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร ในขณะที่น้ำตกห้วยไผ่ น้ำตกห้วยเตย และน้ำตกเลิศพบ พบว่ามีค่าเท่ากับ  $125.75 \pm 49.13$ ,  $94.25 \pm 27.60$  และ  $148.55 \pm 30.56$  เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร ดังตารางที่ 4 (Table 4)

**Table 4** Waterfall quality of Phu Ruea National Park for high visitor number period

| Waterfalls   | Waterfall Quality |                  |                 |                 |                 |                         |                 |                                      |
|--------------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-----------------|--------------------------------------|
|              | Turbidity (NTU)   | Temperature (°C) | BOD (mg/l)      | DO (mg/l)       | TKN (mg/l)      | Suspended solids (mg/l) | pH              | Total coliform bacteria (MPN/100 ml) |
| Huai Phai    | $8.36 \pm 12.43$  | $23.20 \pm 3.45$ | $2.10 \pm 1.40$ | $5.82 \pm 1.00$ | $2.39 \pm 0.39$ | $2.16 \pm 0.39$         | $6.83 \pm 0.24$ | $125.75 \pm 49.13$                   |
| Hin Sam Chan | $15.78 \pm 1.16$  | $22.90 \pm 3.63$ | $5.70 \pm 6.30$ | $5.15 \pm 1.68$ | $2.49 \pm 0.27$ | $4.82 \pm 2.76$         | $5.70 \pm 0.49$ | $236.05 \pm 18.46$                   |
| Huai Toei    | $6.28 \pm 4.38$   | $22.77 \pm 2.61$ | $3.86 \pm 6.62$ | $4.86 \pm 2.20$ | $2.08 \pm 0.79$ | $4.00 \pm 0.97$         | $5.62 \pm 0.36$ | $94.25 \pm 27.60$                    |
| Lead Phob    | $7.32 \pm 1.78$   | $24.57 \pm 2.78$ | $2.33 \pm 2.84$ | $4.65 \pm 1.34$ | $1.35 \pm 0.77$ | $3.00 \pm 0.73$         | $5.71 \pm 0.55$ | $148.55 \pm 30.56$                   |

การศึกษาขีดความสามารถในการรองรับการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในด้านคุณภาพน้ำตกของอุทยานแห่งชาติภูเรือ ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวน้อย ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวปกติและช่วงที่มีนักท่องเที่ยวสูงสุด พบว่าน้ำตกหินสามชั้น น้ำตกห้วยไผ่ น้ำตกห้วยเตยและน้ำตกเลิศพบ ระดับผลกระทบสูง (high impact) และระดับการใช้ประโยชน์ด้านคุณภาพน้ำปัจจุบันอยู่ในระดับที่เกินขีดความสามารถในการรองรับได้ของพื้นที่ (Exceeding CC) ดังตารางที่ 5 (Table 5)

Table 5 Level of recreational carrying capacity of waterfalls quality of Phu Ruea National Park

| Waterfalls   | Low visitor number period |                             | Medium visitor number |                             | High visitor number period |                             |
|--------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
|              | Level of impact           | Level of carrying capacity  | Level of impact       | Level of carrying capacity  | Level of impact            | Level of carrying capacity  |
| Huai Phai    | High impact               | Exceeding carrying capacity | High impact           | Exceeding carrying capacity | High impact                | Exceeding carrying capacity |
| Hin Sam Chan | High impact               | Exceeding carrying capacity | High impact           | Exceeding carrying capacity | High impact                | Exceeding carrying capacity |
| Huai Toei    | High impact               | Exceeding carrying capacity | High impact           | Exceeding carrying capacity | High impact                | Exceeding carrying capacity |
| Lead Phob    | High impact               | Exceeding carrying capacity | High impact           | Exceeding carrying capacity | High impact                | Exceeding carrying capacity |

## อภิปรายผล

### 1. คุณภาพน้ำตก

ลักษณะทางกายภาพของน้ำตกทั้ง 4 แห่งในเขตอุทยานแห่งชาติภูเรือ พบว่าสีของน้ำตกหินสามชั้น มีลักษณะค่อนข้างขุ่น และมีกลิ่นเหม็น ซึ่งเกิดจากใบไม้ที่ร่วงทับถมเนื่องจากน้ำตกแห่งนี้ไม่มีการไหลของน้ำตก มีน้ำขัง ในหน้าแล้งมีน้ำแห้งขอด มีนักท่องเที่ยวมากเพราะเป็นน้ำตกที่อยู่ใกล้ที่ทำการอุทยาน ไม่ต้องเดินไกล น้ำตกห้วยไผ่ ลักษณะของน้ำมีสีใส ไม่มีกลิ่น แต่มีความขุ่นอยู่บ้างเล็กน้อย ไม่ค่อยมีนักท่องเที่ยวไปเที่ยวเนื่องจากน้ำตกห้วยไผ่อยู่ไกล ต้องใช้เวลาการเดินทางมาก น้ำตกห้วยเตยลักษณะของน้ำมีสีใส ไม่มีกลิ่นและมีความขุ่นเล็กน้อย น้ำตกเลิศพบ ลักษณะสีของน้ำใสมาก ไม่มีกลิ่น เนื่องจากมีการไหลของน้ำและมีนักท่องเที่ยวไปเที่ยว เนื่องจากอยู่ไม่ไกลจากที่ทำการอุทยาน ค่าความขุ่นของน้ำตกในเขตอุทยานแห่งชาติภูเรือ ช่วงที่ 1 คือ ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวสูงสุด ช่วงที่ 2 คือ ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวปกติ และช่วงที่ 3 คือ ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวน้อย โดยในช่วงที่มีนักท่องเที่ยวสูงสุดมีแนวโน้มมีค่าความขุ่นสูงกว่าช่วงนักท่องเที่ยวปกติและช่วงนักท่องเที่ยวน้อย โดยน้ำตกหินสามชั้น ในช่วงที่มีนักท่องเที่ยวสูงสุด มีค่าความขุ่นสูงสุด เท่ากับ  $15.78 \pm 1.16$  เอ็นทียู ดังตารางที่ 4 (Table 4) ค่าอุณหภูมิ ของน้ำตกในเขตอุทยานแห่งชาติภูเรือ ช่วงที่ 1 คือ ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวสูงสุด ช่วงที่ 2 คือ ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวปกติ และช่วงที่ 3 คือ ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวน้อย โดยอุณหภูมิของน้ำตกทั้ง 3 ช่วงไม่แตกต่างกันมาก ค่าของแฉ่งแขวนลอยของน้ำตกในเขตอุทยานแห่งชาติภูเรือ 4 แห่ง พบว่าช่วงที่ 1 คือ ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวสูงสุด มีค่าของแฉ่งแขวนลอยสูงกว่าช่วงที่ 2 คือ ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวปกติ และช่วงที่ 3 ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวน้อย โดยเฉพาะน้ำตกหินสามชั้นช่วงที่มีนักท่องเที่ยวสูงสุด มีค่าของแฉ่งแขวนลอยมากที่สุดเท่ากับ  $4.82 \pm 2.76$  มิลลิกรัม/ลิตร ดังตารางที่ 4 (Table 4) ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากน้ำตกมีนักท่องเที่ยวไปทำกิจกรรมที่น้ำตกแห่งนี้มากที่สุด เนื่องจากเป็นน้ำตกที่อยู่ใกล้ จึงทำให้น้ำตกหินสามชั้นมีค่าของแฉ่งแขวนลอยสูงกว่าน้ำตกอื่น ๆ ในขณะที่น้ำตกห้วยไผ่ เป็นน้ำตกที่อยู่ไกลที่สุดทำให้นักท่องเที่ยวไปทำกิจกรรมน้อย ส่งผลให้ค่าของแฉ่งแขวนลอยน้อย ตามลำดับ



จากงานวิจัยของ Phetyoo & Benprom (2012) ได้ศึกษาผลการวัดค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำตกในเขตอุทยานแห่งชาติภูกระดึง พบว่าค่าของน้ำตกทั้ง 6 แห่ง มีค่าแตกต่างกัน โดยค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำตกวังแก้ว มีค่าของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 42 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่ามากกว่าน้ำตกอื่น ๆ อาจมีสาเหตุมาจากน้ำตกแห่งนี้อยู่ใกล้กับสถานประกอบการ ทำให้มีสารแขวนลอยต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก ในขณะที่น้ำตกเพ็ญพบ น้ำตกเพ็ญพบใหม่ น้ำตกถ้ำใหญ่ น้ำตกธารสวรรค์ และน้ำตกโผนพบ มีค่าของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 10.0, 6.8, 13.0, 11.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งพบว่าค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำตกวังแก้วในอุทยานภูกระดึง มีค่ามากกว่าน้ำตกทั้ง 4 แห่งของอุทยานแห่งชาติภูเรือ เนื่องจากน้ำตกวังแก้วมีสถานประกอบการอยู่ใกล้ ในขณะที่น้ำตกทั้ง 4 แห่งในอุทยานแห่งชาติภูเรือเป็นน้ำที่มาจากธรรมชาติเพียงอย่างเดียว คุณภาพน้ำทางเคมีของน้ำตกทั้ง 4 แห่งในเขตอุทยานแห่งชาติภูเรือ ค่าพีเอชอยู่ในช่วงที่ไม่แตกต่างกันมากนัก คืออยู่ในช่วงระหว่าง  $5.6 \pm 0.36$  ถึง  $6.87 \pm 0.11$  เป็นกรดอ่อน ๆ จากงานวิจัยของ Phetyoo & Benprom (2012) ได้ศึกษาผลการวัดค่าพีเอชในน้ำตกในเขตอุทยานแห่งชาติภูกระดึง จำนวน 6 แห่ง พบว่าค่าพีเอชในน้ำตกในเขตอุทยานแห่งชาติภูกระดึงทั้ง 6 แห่ง มีค่าค่อนข้างเป็นกรดอ่อน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 5.54 - 6.89 ยังแสดงให้เห็นว่าค่าพีเอชของน้ำตกทั้ง 6 แห่ง มีค่าไม่ต่างกันมากนัก ค่าบีโอดีของน้ำตกทั้ง 4 แห่งในอุทยานแห่งชาติภูเรือ ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวน้อย มีค่าบีโอดีอยู่ในช่วง  $5.9 \pm 5.13$  ถึง  $7.75 \pm 0.81$  มิลลิกรัมต่อลิตร ดังตารางที่ 2 (Table 2) พบว่าในช่วงที่มีนักท่องเที่ยวน้อยที่สุด มีค่าบีโอดีสูงกว่าช่วงที่มีนักท่องเที่ยวน้อยที่สุดและช่วงที่มีนักท่องเที่ยวกด อาจจะมีผลมาจากช่วงที่มีนักท่องเที่ยวน้อยเป็นฤดูร้อน (หน้าแล้ง) น้ำตกแห้งขอดไม่มีการไหลของน้ำ จากงานวิจัยของ Laowansiri (2013) ได้ศึกษาค่าบีโอดี ของน้ำตกในอุทยานแห่งชาติภูกระดึง 6 แห่ง ได้แก่ น้ำตกวังแก้ว น้ำตกเพ็ญพบ น้ำตกเพ็ญพบใหม่ น้ำตกถ้ำใหญ่ น้ำตกธารสวรรค์ และน้ำตกโผนพบ พบว่าค่าบีโอดีช่วงที่มีนักท่องเที่ยวน้อยที่สุดน้ำตกวังแก้วสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 1.4 มิลลิกรัมต่อลิตร และช่วงที่มีนักท่องเที่ยวกดพบว่าค่าบีโอดีมีค่าเท่ากับ 1.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าออกซิเจนละลายน้ำของน้ำตกในเขตอุทยานแห่งชาติภูเรือ ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวน้อยที่สุด และช่วงที่มีนักท่องเที่ยวกด และช่วงที่มีนักท่องเที่ยวน้อย ช่วงที่ 1 ของน้ำตกทั้ง 4 แห่ง มีค่าออกซิเจนละลายน้ำสูงกว่าช่วงที่ 2 และ 3 โดยเฉพาะน้ำตกห้วยไผ่ ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวน้อย มีค่าออกซิเจนละลายน้ำมากที่สุดเท่ากับ  $6.63 \pm 0.58$  มิลลิกรัมต่อลิตร ดังตารางที่ 2 (Table 2) อาจมีสาเหตุมาจากนักท่องเที่ยวน้อยส่งผลให้มีสิ่งสกปรกหลงเหลือ น้ำตกน้อย ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์น้อย จึงทำให้มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำสูง ค่าที่เคเอ็นของน้ำตกในเขตอุทยานแห่งชาติภูเรือ ช่วงที่ 1 คือ ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวน้อยที่สุด ช่วงที่ 2 คือ ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวกด และช่วงที่ 3 ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวน้อยที่สุด โดยพบว่าค่าที่เคเอ็นทั้ง 3 ช่วงของน้ำตกทั้ง 4 แห่ง โดยช่วงที่ 1 มีแนวโน้มค่าสูงกว่าช่วงที่ 2 โดยเฉพาะน้ำตกหินสามชั้นในช่วงที่มีนักท่องเที่ยวน้อยที่สุด พบว่ามีค่าที่เคเอ็นเท่ากับ  $2.49 \pm 0.27$  มิลลิกรัมต่อลิตร ดังตารางที่ 4 (Table 4) อาจมีสาเหตุมาจากน้ำตกแห่งนี้ไม่มีการไหลของน้ำ มีการทับถมของใบไม้ ทำให้ค่าที่เคเอ็นได้มีค่าสูงกว่าน้ำตกอื่น ๆ ในขณะที่น้ำตกห้วยไผ่ น้ำตกห้วยเตย และน้ำตกเลิศพบ ในช่วงที่มีนักท่องเที่ยวน้อย มีค่าที่เคเอ็นเท่ากับ 2.39, 2.08 และ 1.35 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ค่าแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด ของน้ำตกในเขตอุทยานแห่งชาติภูเรือ โดยเฉพาะน้ำตกหินสามชั้นช่วงที่มีนักท่องเที่ยวน้อยที่สุด มีค่าแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด เท่ากับ  $236.05 \pm 18.46$  เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิเมตร ดังตารางที่ 4 (Table 4) เนื่องจากน้ำตกแห่งนี้ไม่มีการไหลของน้ำ และมีใบไม้ทับถม และมีจำนวนนักท่องเที่ยวกิจกรรมมากที่สุด ทำให้น้ำตกหินสามชั้นมีค่า

แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมดที่สูงกว่าน้ำตกแห่งอื่น ๆ ส่วนค่าแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมดของน้ำตกอีก 3 แห่ง ที่มีนักท่องเที่ยวสูงสุด คือ น้ำตกห้วยไผ่ น้ำตกห้วยเตย และน้ำตกเลิศพบ มีค่าเท่ากับ 125.75, 94.25 และ 148.55 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร ตามลำดับ และพบว่าแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมดมีค่าแตกต่างกันของช่วงที่มีนักท่องเที่ยวสูงสุด นักท่องเที่ยวปกติ และนักท่องเที่ยวน้อย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Laowansiri (2013) ได้ศึกษาค่าแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมดของน้ำตกในเขตอุทยานแห่งชาติภูกระดึง 6 แห่ง พบว่า ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวสูงสุด น้ำตกวังกวางมีค่าแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด มีค่าสูงสุดเท่ากับ 314 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร อาจมีสาเหตุจากน้ำตกแห่งนี้ อยู่ใกล้กับสถานประกอบการ ซึ่งมีการปล่อยน้ำทิ้งที่มีคราบไขมันและน้ำมันจากการทำกิจกรรมต่างๆ เช่น การซักล้าง การใช้ห้องน้ำ รวมทั้งการอุปโภคบริโภคผ่านแหล่งน้ำแห่งนี้

## 2. ชีตความสามารถในการรองรับการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูเรือ

ศึกษาชีตความสามารถในการรองรับการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในด้านคุณภาพน้ำตกของอุทยานแห่งชาติภูเรือ ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวน้อย ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวปกติและช่วงที่มีนักท่องเที่ยวสูงสุด พบว่าน้ำตกหินสามชั้น น้ำตกห้วยไผ่ น้ำตกห้วยเตยและน้ำตกเลิศพบ ระดับผลกระทบสูงและระดับการใช้ประโยชน์ด้านคุณภาพน้ำปัจจุบันอยู่ในระดับที่เกินชีตความสามารถในการรองรับได้ของพื้นที่ ดังตารางที่ 5 (Table 5) แต่ทั้งนี้การศึกษาศีตความสามารถในการรองรับการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการ มีการศึกษา 5 ด้าน โดยการศึกษาชีตความสามารถในการรองรับด้านชีวภาพหรือด้านนิเวศวิทยา เช่น การลดลงของชนิดพันธุ์สัตว์ป่าและพันธุ์พืชที่เคยปรากฏในบริเวณแหล่งท่องเที่ยว การพังทลายของดินบริเวณเส้นทางศึกษาธรรมชาติ การเกิดมลพิษในแหล่งน้ำ เป็นต้น ดังนั้นการศึกษาศีตคุณภาพน้ำตกจึงเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินชีตความสามารถในการรองรับการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการ Aimphan et al. (2012) ศึกษาชีตความสามารถในการรองรับการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในพื้นที่การใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูกระดึง การปล่อยให้มีการเพิ่มของนักท่องเที่ยวจนเกินชีตความสามารถในการรองรับได้ของพื้นที่อาจก่อให้เกิดปัญหาในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติเพื่อรองรับการใช้ประโยชน์ของนักท่องเที่ยวเอง เช่น ปัญหาความแออัด สิ่งอำนวยความสะดวกไม่เพียงพอ ผลกระทบจากกิจกรรมนันทนาการนำไปสู่ความเสื่อมโทรมของทรัพยากร มีผลทำให้ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวลดลง และเป็นผลเสียต่อการท่องเที่ยวในระยะยาวด้วย ดังนั้น การศึกษาชีตความสามารถในการรองรับการใช้ประโยชน์ด้านนันทนาการของพื้นที่ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจัดการทรัพยากรนันทนาการให้อำนวยประโยชน์ได้สูงสุด และยังยืนตลอดไป และสอดคล้องกับหลักการจัดการของอุทยานแห่งชาติของประเทศไทย

ดังนั้นเนื่องจากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพื่อการนันทนาการน้ำตกของอุทยานแห่งชาติภูเรือ จังหวัดเลย พบว่ามีค่าเกินชีตความสามารถในการรองรับได้ของพื้นที่ ผู้วิจัยขอเสนอแนะให้อุทยานแห่งชาติภูเรือควรมีมาตรการจำกัดจำนวนนักท่องเที่ยว และมีการเพิ่มแนวทางในการปิดอุทยานภูเรือ ในช่วงฤดูร้อน (หน้าแล้ง) เพื่อฟื้นฟูคุณภาพน้ำตกและลดปัญหาที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำตก

### สรุปผลการวิจัย

วิเคราะห์คุณภาพน้ำตกในเขตอุทยานแห่งชาติภูเรือ จากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูเรือ อำเภอภูเรือ จังหวัดเลย พบว่าชีตความสามารถในการรองรับการใช้

ประโยชน์ด้านนันทนาการในด้านคุณภาพน้ำตกของอุทยานแห่งชาติภูเรือ ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวน้อย ช่วงที่มีนักท่องเที่ยวปกติและช่วงที่มีนักท่องเที่ยวสูงสุด พบว่าน้ำตกหินสามชั้น น้ำตกห้วยไผ่ น้ำตกห้วยเตย และน้ำตกเลิศพบ มีระดับผลกระทบสูงและระดับการใช้ประโยชน์ด้านคุณภาพน้ำปัจจุบันอยู่ในระดับที่เกินขีดความสามารถในการรองรับได้ของพื้นที่

#### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติภูเรือ ขอขอบคุณทุนอุดหนุนงานวิจัยจากงบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

#### เอกสารอ้างอิง

- Aimphan D. *Carrying Capacity Course Materials 308511 Recreation and Nature Tourism*. Department of Conservation, Faculty of Forestry. Kasetsart University, Bangkok Thailand, 2004.
- Aimphan D, Yeemin T, Pattanakiat S. et al. *Final Report Study Carrying Capacity of Mu Ko Surin National Park Phang Nga Province and Khao Leam Ya - Mu Ko Samet National Park Rayong Province Project*. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok Thailand present to Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, 2005.
- Aimphan D, Yeemin T, Pattanakiat S, Somgleep N. et al. *Final Report Study Carrying Capacity Tourism Coral Reef of Mu Ko Chang National Park Trat Province Project*. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok Thailand Present to UNEP GEF Project on Reversing Environmental Degradation Trends in the South China Sea and Gulf of Thailand (UNEP GEF SCS), 2007.
- Aimphan D, Chimchome V, Sungkaew S. et al. *Final Report Recreational Carrying Capacity in Terms of Waterfalls Quality of Phu Kradueng National Park*. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok Thailand Present to Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, 2012.
- AWWA, APHA, WPCF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20<sup>th</sup> ed. Washington D.C. APHA, 1998.
- Laowansiri S. Recreational carrying capacity in terms of waterfalls quality of Phu Kradueng National Park. *SDU Research Journal Sciences and Technology*. 2013; 6(2): 139-152.
- Phetyoo R, Benprom K. *Analysis of Water Quality in Phu Kradueng National Park, Loei Province*. Faculty of Environment and Resource Studies, Mahasarakham University, 2012.
- Phu Rua National Park Information. *Phu Rua National Park*, 2014. Available at: <http://www.dnp.go.th/parkreserve/forprint.asp?npid=33&lg=1>. Accessed November 28, 2017.
- Pollution Control Department. *Water Quality Standards and Water Quality Standards in Thailand*. Ministry of Science, Technology and the Environment. Bangkok, 2000.
- Shelby B, Heberlein TA. *Carrying Capacity in Recreation Settings*. Oregon State University Press. U.S.A., 1986.
- Thanaphan N. *Standard-Based Approaches to Carrying Capacity and Limits of Acceptable Change (LAC)*. Course materials 308521 planning and design parks and recreation areas. Department of Conservation, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok Thailand, 2004.
- Wagar JA. *The Carrying Capacity of Wild Lands for Recreation*. Forest service mono graph 2. society of American foresters. Washington, D.C., 1964.
- WTO & UNEP. *Guidelines: Development of National Parks and Protected Areas for Tourism*. Tourism and environment technical series. WTO/UNEP Joint Publication with the Assistance of IUCN., 1992.