การศึกษาผลกระทบของการดูดทรายที่มีต่อคุณภาพน้ำและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ในคลองฉวาง อำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี

The Impact of Sand Suction on Water Quality and Macroinvertebrates in the Chawang River, Bannasan District, Surat-Thani Province.

นพดล อิงควัชรกุล[1] , พงศ์ศักดิ์ เหล่าดี[2]
[1]คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
ต.คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112 โทรศัพท์: 084-3051450 E-mail: noppadol_ing@hotmail.com
[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี
31 หมู่ 6 ต.มะขามเตี้ย อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี 84100 โทรศัพท์: 081-6915713 E-mail: p_laudee@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษาผลกระทบของการดูดทรายที่มีต่อคุณภาพน้ำและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ในคลองฉวาง อำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นการศึกษาคุณภาพน้ำทั้งทางกายภาพ ทางเคมี และศึกษาสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ โดยกำหนดตำแหน่งเก็บตัวอย่างไว้ทั้งสิ้น 9 จุด และจัดแบ่งเป็นกลุ่มพื้นที่ศึกษาประกอบด้วยกลุ่มศึกษาที่ใช้สำหรับอ้างอิง 3 จุด กลุ่มศึกษาที่ได้รับผลกระทบโดยตรง 3 จุด และกลุ่มศึกษาที่คาดว่าอาจได้รับผลกระทบต่อเนื่อง 3 จุด เก็บตัวอย่าง 2 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อนและฤดูฝน ฤดูละ 2 ครั้ง ปรากฏว่ามีตำแหน่งเก็บตัวอย่างซึ่งอยู่ในกลุ่มที่ได้รับผลกระทบจากการดูดทรายทั้งที่ได้รับผลกระทบโดยตรงและได้รับผลกระทบต่อเนื่องจำนวน 5 จุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยคุณภาพสิ่งแวดล้อมของ Turbidity 33.35±1.46 NTU ค่า pH 7.8±0.37 Subpended solid 0.0352±0.0057 mg/l BOD 1.40±0.22 mg/l และ Temperature 29.9±0.38 ^{o}C สูงกว่าจุดอื่น ส่วนการศึกษาชนิดและปริมาณของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ที่พบมีจำนวน 2 ไฟลัม คือ ไฟลัมอาร์โทโพดาและไฟลัมมอลลัสกา รวม 10 อันดับ 27 วงศ์ 1,274 ตัว วงศ์เด่นที่พบทุกตำแหน่งเก็บตัวอย่างคือวงศ์ Coenagrionidae, Libellulidae, Chiorocyphidae, Geridae, Atydae, Thiaridae และ Pisauridae โดยพบว่าความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ลดลงในบริเวณพื้นที่ที่มีการดูดทรายและส่งผลกระทบต่อเนื่องมายังพื้นที่ด้านท้ายน้ำในช่วงระยะเวลาหนึ่งด้วย

คำสำคัญ: ผลกระทบ, คุณภาพน้ำ, สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่, คลองฉวาง

Abstract

The Impact of sand suction on water quality and macroinvertebrates in the Chawang River, Bannasan District, Surat-Thani Province. Physical and chemical water quality study of large invertebrates. The samples were stored at position nine points. And the study area is divided into groups. Study group for the three reference points. Study group that has been directly impacted by three points and the study is expected to impacted by the three points. Sampling two seasons: summer and rainy season, two times. It appears that the sample position. The impact of the sand suction. both directly impacted and not impacted by the study included five points. The average quality of the environment Turbidity 33.35 ± 1.46 NTU pH 7.8 ± 0.37 Subpended solid 0.0352 ± 0.0057 mg/l BOD 1.40 ± 0.22 mg/l and Temperature 29.9 ± 0.38 ^{o}C. Higher than the other. study of the types and quantities of macroinvertebrates found there are two large phylum. The study found that all the family is Coenagrionidae, Libellulidae, Chiorocyphidae, Geridae, Atydae, Thiaridae and Pisauridae. Find a large variety of macroinvertebrates decreased in areas with sand suction and the impact to downstream areas during the period too.

Keywords: Impact, water quality, Macroinvertebrates, Chawang River

1. บทนำ

ทรัพยากรธรรมชาติกับมนุษย์ มีความสัมพันธ์ที่เกี่ยวเนื่องกันอย่างใกล้ชิด ทั้งนี้ เพราะทรัพยากรธรรมชาติเอื้ออำนวยประโยชน์ให้มนุษย์ได้รับปัจจัยสี่ ได้แก่ อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค และที่อยู่อาศัย แต่เนื่องจากการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของประชากร และการแข่งขันกันด้านเศรษฐกิจ ส่งผลทำให้เกิดการแก่งแย่งการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมหรือการแพร่กระจายของภาวะมลพิษที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรธรรมชาตินั้นๆ ประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศกำลังพัฒนา ก็ได้มีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติเพื่อการเร่งรัดการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศมาโดยตลอด จึงมีผลทำให้เกิดปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และมีผลต่อคุณภาพชีวิตของประชาชนจนเห็นได้อย่างชัดเจนในปัจจุบัน อาทิเช่น พื้นที่ป่าไม้ถูกบุกรุก ทำลาย จนมีสัดส่วนไม่เหมาะสมกับการรักษาสภาพความสมดุลของระบบธรรมชาติหรือระบบนิเวศ หรือภาวะมลพิษทางน้ำในแหล่งน้ำหรือแม่น้ำสายต่างๆ เป็นต้น

ทรายเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่เป็นปัจจัยพื้นฐานสำคัญของระบบเศรษฐกิจไทยในด้านอุตสาหกรรมการก่อสร้าง ความต้องการใช้ทรายเพื่อการก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ได้ส่งผลให้มีการดูดทรายแม่น้ำขึ้นมาอย่างแพร่หลาย ถึงแม้ว่าในปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลปริมาณการใช้ทรายของประเทศ เนื่องจากยังไม่มีการจัดเก็บข้อมูลการใช้ทราย ข้อมูลปริมาณการผลิตทราย และข้อมูลปริมาณการสะสมตัวของทราย แต่ได้มีความพยายามในการประมาณการความต้องการใช้ทรายน้ำจืดของประเทศไทย โดยพิจารณาจากปัจจัยหลายๆด้าน อาทิ จำนวนประชากร มูลค่าผลิตภัณฑ์ด้านกิจการงานก่อสร้าง มูลค่าผลิตภัณฑ์ด้านอุตสาหกรรม มูลค่าผลิตภัณฑ์ด้านการคมนาคมและขนส่ง มูลค่าผลิตภัณฑ์ด้านที่อยู่อาศัย เป็นต้น มาเป็นปัจจัยในการคำนวณหาปริมาณการใช้ทราย และมีแนวโน้มว่าในอนาคตจะมีปริมาณความต้องการใช้ทรัพยากรทรายเพิ่มมากขึ้นจึงน่าจะส่งผลให้กิจการผลิตทราย มีการขยายตัวเพื่อตอบสนองกับความต้องการในอนาคต [1] จากความต้องการทรัพยากรทรายที่เพิ่มขึ้นดังกล่าว จึงหลีกเลี่ยงไม่ได้กับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการประกอบกิจการผลิตทราย แม้ว่าการผลิตทรายโดยเฉพาะในส่วนของการดูดทรายจากแม่น้ำจะเกิดผลดีทางหนึ่งในแง่ของการช่วยลดปริมาณของตะกอนในแหล่งน้ำ ซึ่งเป็นการชะลอการตื้นเขินเพิ่มศักยภาพในการรองรับน้ำ และเอื้อประโยชน์ในการคมนาคมทางน้ำ แต่ผลกระทบจากการผลิตทรายปรากฏให้เห็นเสมอ เช่น การเกิดฝุ่นละออง การพังทลายของตลิ่ง มลภาวะทางเสียง แผ่นดินทรุดตัว การเปลี่ยนแปลงของเส้นทางเดินของสายน้ำ การปนเปื้อนและการลดระดับลงของน้ำใต้ดิน การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสิ่งก่อสร้าง มีผลกระทบต่ออาชีพและความเป็นอยู่ของประชาชนในพื้นที่ใกล้เคียง เป็นต้น [2] และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดจากการดูดทรายซึ่งคาดว่ามีความสำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ ผลกระทบที่มีต่อคุณภาพน้ำทั้งทางด้านกายภาพ เคมี รวมไปถึงสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในลำน้ำที่มีการประกอบกิจการดูดทรายดังกล่าวนั้นด้วย

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาถึงผลกระทบของการดูดทรายที่มีต่อคุณภาพน้ำและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ในคลองฉวาง อำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี

2.2 เพื่อให้ได้ทราบถึงสถานการณ์ของคุณภาพน้ำและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ในคลองฉวาง อำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี

3. แนวคิด ทฤษฎี กรอบแนวคิดการวิจัยและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การขุด ตักและดูดทราย โดยเฉพาะในส่วนของการดูดทรายจากแม่น้ำแม้จะก่อให้เกิดผลดีในแง่ของการช่วยป้องกันการตื้นเขินของแหล่งน้ำ ซึ่งเป็นประโยชน์ในแง่ของการคมนาคมทางน้ำและเป็นการเพิ่มศักยภาพในการเก็บกักน้ำในแหล่งน้ำนั้น ๆ แต่หากมองทรัพยากรทรายในแง่ของทรัพยากรธรรมชาติ การดูดทรายเกินขีดความสามารถในการเติมทรายของแหล่งนั้น ๆ ย่อมก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามมาได้เช่นกัน เช่น การขุด ตัก และดูดทราย ในแม่น้ำเป็นต้นเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดตะกอนแขวนลอยปนอยู่ในน้ำ ด้านอุทกภัย การดูดทรายในแม่น้ำที่ขาดการควบคุมทำให้เกิดอุทกภัยขึ้นได้ เช่น ดูดทรายจากลำน้ำมากเกินขนาด ทำให้ลาดท้องน้ำเปลี่ยน เป็นต้น ซึ่งอาจทำให้น้ำไหลลงสู่ทางท้ายน้ำเร็วมากเกินไปจนระบายออกสู่ทะเลไม่ทัน ทำให้เกิดน้ำท่วมบริเวณเหนือปากน้ำขึ้นมาได้ [3] ปัญหาที่เกิดจากการประกอบกิจการขุด ตัก และดูดทราย อีกอย่างหนึ่ง คือ มีการทรุดตัวของตลิ่งในบริเวณที่มีการขุดตักและดูดทราย น้ำตะกอนขุ่นที่เกิดจากการมีตะกอนแขวนลอยในน้ำ ลำน้ำตื้นเขินในบริเวณที่มีการสะสมทรายที่มาจากบริเวณอื่น ปัญหาที่เกิดจากกองทรายริมตลิ่ง สภาพพื้นที่ที่ผ่านกระบวนการขุด ตักและดูดทรายที่เปลี่ยนแปลงไปจากสภาพเดิม การรบกวนทางสายตาจากการทิ้งเครื่องมือต่างๆไว้ในพื้นที่ [2] ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ การดูดทรายในแม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณอำเภอบางไทร จังหวัดอยุธยา พบลักษณะพื้นท้องน้ำที่ถูกดูดตะกอนทรายมีความลึก 20-30 เมตร จากพื้นท้องน้ำ เป็นระยะทางตามลำน้ำประมาณ 15 กิโลเมตร ผลกระทบที่ตามมา คือ การพังทลายของตลิ่งทั้งสองฟากและพื้นท้องน้ำบริเวณต้นน้ำ เนื่องจากพื้นท้องน้ำมีความลาดชันมากขึ้น ตะกอนพื้นท้องน้ำจึงมีการปรับระดับเพื่อความสมดุลตามธรรมชาติ และหลุมลึกที่เกิดจากการดูดตะกอนทรายออกไปก็จะเก็บกักตะกอนที่ถูกพัดพามาจากต้นน้ำทำให้ตะกอนที่ถูกพัดพาไปยังปลายน้ำมีน้อยลงด้วย ในขณะเดียวกันที่บริเวณปลายน้ำ ซึ่งหมายถึงบริเวณปากแม่น้ำและชายฝั่งทะเลยังคงมีการถูกทำลายโดยกระแสน้ำตามแนวชายฝั่งและคลื่นทะเล เมื่อมีการสะสมตัวของตะกอนน้อยกว่าการถูกทำลาย การพังทลายของชายฝั่งจึงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง [4] และจากการศึกษาข้อมูลความหลากหลายทางด้านชีวภาพจากการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านกายภาพจากการดูดทรายในแม่น้ำปิงบริเวณรอยต่อระหว่างจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ลดลงทั้งในบริเวณที่ทำการสูบทรายและบริเวณท้ายน้ำ [5]

อดุลย์ [6] ได้ทำการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการดูดทรายไว้ 4 ด้าน คือ 1) ผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมทางกายภาพ การดูดทรายขึ้นมาจากระดับฐานรากของพื้นที่ ทำให้เกิดการขาดสมดุลทางธรรมชาติเป็นสาเหตุของการพังทลายของตลิ่งริมฝั่ง ผลกระทบต่อคุณภาพน้ำผิวดินและแหล่งน้ำตื้นเขิน เกิดขึ้นจากการชะล้างพังทลายของดินบริเวณตลิ่ง/พื้นที่ท่าทราย ลานเก็บกองทราย หรือลานกองเศษหินหรือดิน โดยน้ำฝนจะชะล้างตะกอนดินขุ่นข้น และสารแขวนลอยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ รวมทั้งน้ำทิ้งจากการล้างทำความสะอาดและคัดแยกขนาดทราย และน้ำท้องจากการดูดทรายในกรณีของการดูดทรายแบบเคลื่อนย้ายไปตามแปลงที่ได้รับอนุญาต ซึ่งจะปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยตรง ตะกอนที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจะถูกพัดพาไปกับกระแสน้ำระยะหนึ่ง ก่อนที่อนุภาคขนาดใหญ่จะค่อย ๆ ตกตะกอนลงสู่พื้นที่ท้องน้ำ ทำให้แหล่งน้ำเกิดการตื้นเขิน ในขณะที่อนุภาคขนาดเล็กที่ยังคงแขวนลอยต่อไปในน้ำก็จะทำให้แหล่งน้ำขุ่น นอกจากนั้นการดูดทรายในลำน้ำโดยตรง ยังส่งผลให้สภาพพื้นท้องน้ำเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะที่เสื่อมโทรมลง 2) ผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมทางชีวภาพและนิเวศวิทยา การขุด ตักและดูดทราย จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาทางน้ำโดยตรง คือ ทำให้สภาพแหล่งน้ำ พื้นที่จับสัตว์น้ำหรือแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ เกิดการเปลี่ยนแปลงซึ่งมีผลกระทบต่อสัตว์น้ำขนาดใหญ่ เช่น กุ้ง หอย ปู ปลา รวมถึงสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในแหล่งน้ำตลอดจนสัตว์ที่อาศัยอยู่ในหน้าดินต่าง ๆ ผลกระทบที่เกิดขึ้นโดยทางอ้อม คือ ผลกระทบจากคุณภาพของแหล่งน้ำผิวดินที่เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากตะกอนขุ่นข้นที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ จะมีผลอย่างมากต่อการสูญเสียสมดุลของระบบนิเวศทางน้ำ เนื่องจากการส่องผ่านของแสงอาทิตย์ลงสู่แหล่งน้ำได้น้อย 3) ผลกระทบต่อคุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ เช่น ด้านเกษตรกรรม ผลกระทบทางด้านฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นอาจจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อพืชผลทางการเกษตรได้บ้าง ด้านการคมนาคม เนื่องจากบางครั้งในการขนส่งทรายต้องใช้เส้นทางขนส่งร่วมกับเส้นทางสัญจรของราษฎรในชุมชน ทำให้เป็นการเพิ่มปริมาณการจราจรบนเส้นทางที่ประชาชนทั่วไปใช้กอปรกับรถบรรทุกทรายวิ่งผ่านชำรุดเสียหายได้ และรถบรรทุกทรายบางคันไม่ได้ปกคลุมรถด้วยผ้าใบ จึงทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองบริเวณเส้นทางที่รถบรรทุกทรายวิ่งผ่าน เป็นต้น ด้านการสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ ผลกระทบต่อกระบวนการในการผลิตน้ำประปา เนื่องจากบางหมู่บ้านมีการใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติในการทำประปาหมู่บ้าน เมื่อน้ำทิ้งที่ปล่อยจากสถานประกอบการมีความเข้มข้นของตะกอนหรือสารแขวนลอยสูงแล้ว ส่งผลให้ต้องใช้สารเคมีในการผลิตน้ำประปาสูง เช่น คลอรีน สารส้ม เป็นต้น ทำให้ต้นทุนในการผลิตน้ำประปาต่อหน่วยสูงขึ้นด้วย ทำให้ราษฎรที่ต้องใช้น้ำในการอุปโภคและบริโภคได้รับความเดือดร้อน 4) ผลกระทบต่อคุณภาพชีวิต ในด้านเศรษฐกิจและสังคม ทำให้เกิดการย้ายถิ่นทั้งการอพยพย้ายเข้า-ออก หรือการย้ายเข้ามาขายแรงงานของคนต่างถิ่น ทำให้สภาพชุมชนและเศรษฐกิจของชาวบ้านเปลี่ยนแปลงไป เช่น เปลี่ยนจากอาชีพเกษตรกรรมมาเป็นคนงานขุด ตัก และดูดทราย หรืออาจเกิดปัญหาอื่น ๆ ตามมา เช่น การแย่งงานของคนงานในท้องถิ่น ปัญหาการแย่งชิงผลประโยชน์ ปัญหาอาชญากรรม เป็นต้น ด้านสาธารณสุข อาชีวอนามัยและความปลอดภัย เช่นน้ำทิ้งที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติที่มีความขุ่นข้นสูงส่งผลถึงสุขภาพอนามัยของราษฎรที่ต้องใช้น้ำจากแหล่งน้ำ เป็นต้น ด้านทัศนียภาพ การขุด ตักและดูดทรายในลำน้ำจะก่อให้เกิดผลกระทบด้านลบต่อทัศนียภาพ คือ แนวท่อดูดทรายที่วางเกะกะและกีดขวางลำน้ำหรือคราบน้ำมันจากเรือดูดทรายที่รั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำจะก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญกับผู้พบเห็น นอกจากนี้คราบน้ำมันที่ปกคลุมผิวน้ำ จะทำให้อากาศลงไปผสมกับน้ำได้ยาก อาจทำให้แหล่งน้ำนั้นขาดออกซิเจน และส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ

ปัญหามลพิษทางน้ำ เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นโดยที่คุณสมบัติของน้ำในแหล่งน้ำได้ถูกเปลี่ยนไปในทางที่ไม่พึงประสงค์ ทั้งนี้ เกิดขึ้นจากการเกิดปฏิกิริยาทางกายภาพ เคมี หรือชีวภาพของแหล่งน้ำนั้น ตัวอย่างของปัญหามลพิษทางน้ำได้แก่ การตกตะกอนของสารแขวนลอยในแหล่งน้ำแล้วทำให้เกิดสภาวะตื้นเขิน การที่แหล่งน้ำมีสารมลพิษเจือปนอยู่ในปริมาณที่สูงจนทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกายมนุษย์เมื่อได้บริโภคหรืออุปโภคน้ำนั้น การเน่าเสียของลำน้ำอันเนื่องมาจากมีสารอินทรีย์ในน้ำเสียเป็นปริมาณมาก ทำให้เกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนในน้ำ และทำให้มีปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง จนส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆในน้ำ เป็นต้น [7] จึงได้กำหนดให้มีพารามิเตอร์ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ คือ 1) คุณภาพน้ำทางกายภาพ (Physical parameters) เช่น สี ความขุ่น อุณหภูมิ 2) คุณภาพน้ำทางเคมี (Chemical parameters) เช่น ค่าออกซิเจนละลาย (DO) ค่าปริมาณความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD) ค่าปริมาณความเป็นกรด-ด่าง (pH) และสารเป็นพิษอื่น ๆ 3) คุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพ (Biological parameters) เช่น ค่าปริมาณแบคทีเรีย

กลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด ชนิด ปริมาณและสัดส่วนของสัตว์หรือพืชที่อาศัยในแหล่งน้ำ [8] นอกจากนี้ยังได้มีการจำแนกมลพิษทางน้ำตามลักษณะของสิ่งเจือปนออกเป็นประเภทต่างๆ ได้ 8 ประเภท คือ 1) น้ำเน่า ได้แก่ น้ำที่มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำที่ต่ำ มีสีดำคล้ำและอาจส่งกลิ่นเหม็น น้ำเช่นนี้เป็นอันตรายต่อการอุปโภคบริโภค การประมง และทำให้แหล่งน้ำสูญเสียคุณค่าทางด้านการพักผ่อนหย่อนใจ 2) น้ำเป็นพิษ ได้แก่ น้ำที่มีสารเป็นพิษเจือปนอยู่ในระดับที่เป็นอันตรายหรืออาจจะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตมนุษย์และสัตว์น้ำ เช่น สารประกอบของปรอท ตะกั่ว สารหนู แคดเมียม เป็นต้น 3) น้ำที่มีเชื้อโรค ได้แก่ น้ำที่มีเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส หนอนพยาธิ เช่น เชื้ออหิวาตกโรค เชื้อบิด เชื้อไทฟอยด์ เจือปนอยู่ เป็นต้น 4) น้ำขุ่นข้น ได้แก่ น้ำที่มีตะกอนดินและทรายเจือปนอยู่เป็นจำนวนมาก จนเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำและเป็นอุปสรรคต่อการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ 5) น้ำร้อน ได้แก่น้ำที่ได้รับการถ่ายเทความร้อนจากน้ำทิ้งจนมีอุณหภูมิสูงกว่าที่ควรจะเป็นตามธรรมชาติ ส่วนใหญ่เกิดจากการระบายน้ำหล่อเย็นจากโรงงานอุตสาหกรรมลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตและการเผยแพร่พันธุ์ของสัตว์น้ำและสิ่งมีชีวิตอื่นๆ 6) น้ำที่มีกัมมันตรังภาพรังสี ได้แก่ น้ำที่มีกัมมันตภาพรังสีเจือปนในระดับที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ 7) น้ำกร่อยได้แก่น้ำที่เกิดจากการละลายของเกลือในดินหรือเกิดจากน้ำทะเลไหลซึมเข้าเจือปน 8) น้ำที่มีคราบน้ำมัน ได้แก่ น้ำที่มีไขมันหรือน้ำมันเจือปนอยู่มาก [9] ลักษณะและดัชนีของมลพิษทางน้ำจากแต่ละแหล่งจะมีลักษณะที่เฉพาะตัวแตกต่างกันออกไปตามลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีววิทยา ซึ่งเกิดจากการปนเปื้อนของสารมลพิษทางน้ำชนิดต่างๆ ซึ่งข้อมูลลักษณะของมลพิษทางน้ำและชนิดของสารมลพิษทางน้ำเหล่านี้ จะเป็นตัวบอกถึงแหล่งที่มาและวิธีที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสียเหล่านี้ นอกจากนี้ยังใช้ลักษณะของมลพิษทางน้ำมาใช้เป็นดัชนีที่บอกถึงระดับความเป็นพิษของแหล่งน้ำนั้นๆ ได้อีกด้วย [10] การขุด ตัก และดูดทราย เป็นต้นเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดตะกอนแขวนลอยปนอยู่ในน้ำ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการใช้น้ำของประชาชนที่อยู่ท้ายน้ำ ผลกระทบต่อการผลิตประปา ตลอดจนส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในน้ำ [3]

Biotic Indices Score ดัชนีชีวภาพเป็นวิธีการใช้ระบบค่าคะแนน เช่น BMWP (Biological Monitoring Working Party), BMWP-ASPT (Average Score Per Taxa), FBI (Family Biotic Index), HBI (Hisenhoff Biotic Index) เป็นต้น ระบบที่นิยมใช้ได้แก่ BMWP โดยนักนิเวศวิทยาประเทศอังกฤษ ได้พัฒนาระบบนี้ ซึ่งมีหลักการ คือ ให้ค่าคะแนนตามความทนต่อมลพิษของสัตว์ในระดับวงศ์สัตว์กลุ่มใดทนมลพิษได้มากค่าคะแนนจะน้อย แต่หากกลุ่มใดทนได้น้อยค่าคะแนนก็มาก ต่อมาพบว่าค่าคะแนนที่ได้ในระบบนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสารปนเปื้อนที่มีอยู่จริง มักได้ผลไม่ตรงกันแต่หากนำผลรวมค่าคะแนนจากระบบ BMWP ของแต่ละวงศ์มาหารด้วยจำนวนวงศ์ของสัตว์ที่พบในสถานีนั้นๆ จะได้เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนต่อกลุ่มสิ่งมีชีวิต ซึ่งจะช่วยลดความแปรปรวนที่เกิดจากฤดูกาลและขนาดของลำธาร [11] พงศ์ศักดิ์ [12] ได้ศึกษาผลกระทบของการใช้พื้นที่ต่อคุณภาพน้ำบริเวณลุ่มน้ำตาปี จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่ากลุ่มสัตว์หน้าดินโดยส่วนใหญ่อยู่ในวงศ์ Baetidae, Corixidae Protoneuridae, Palaemonidae และ Oligochaetes ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความทนทานต่อการปนเปื้อนของสารมลพิษ พบมากในบริเวณจุดศึกษาที่เป็นแหล่งชุมชนเมือง ได้รับผลกระทบจากการใช้พื้นที่ในขณะที่การปรากฏของสัตว์หน้าดินในกลุ่ม Trichoptera, Plecoptera และ Ephemeroptera พบเป็นจำนวนมากในจุดควบคุม เนื่องจากสัตว์หน้าดินในกลุ่มนี้มีความทนทานน้อยต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพสิ่งแวดล้อมนฤมล [13] ได้จำแนกสัตว์หน้าดินออกเป็น 4 กลุ่ม เพื่อใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำ กลุ่มที่ 1 ได้แก่ตัวอ่อนแมลงเกาะหิน และตัวอ่อนแมลงชีปะขาว บ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำดีมาก กลุ่มที่ 2 ได้แก่ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำมีปลอกและตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำไม่มีปลอกบ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำดี กลุ่มที่ 3 ได้แก่ตัวอ่อน แมลงปอ กุ้งและปู บ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำพอใช้ กลุ่มที่ 4 ได้แก่หนอนแดง และไส้เดือนน้ำจืดบ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำเลวและหากไม่มีสัตว์เลยบ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำเลวมาก

4. วิธีดำเนินงาน

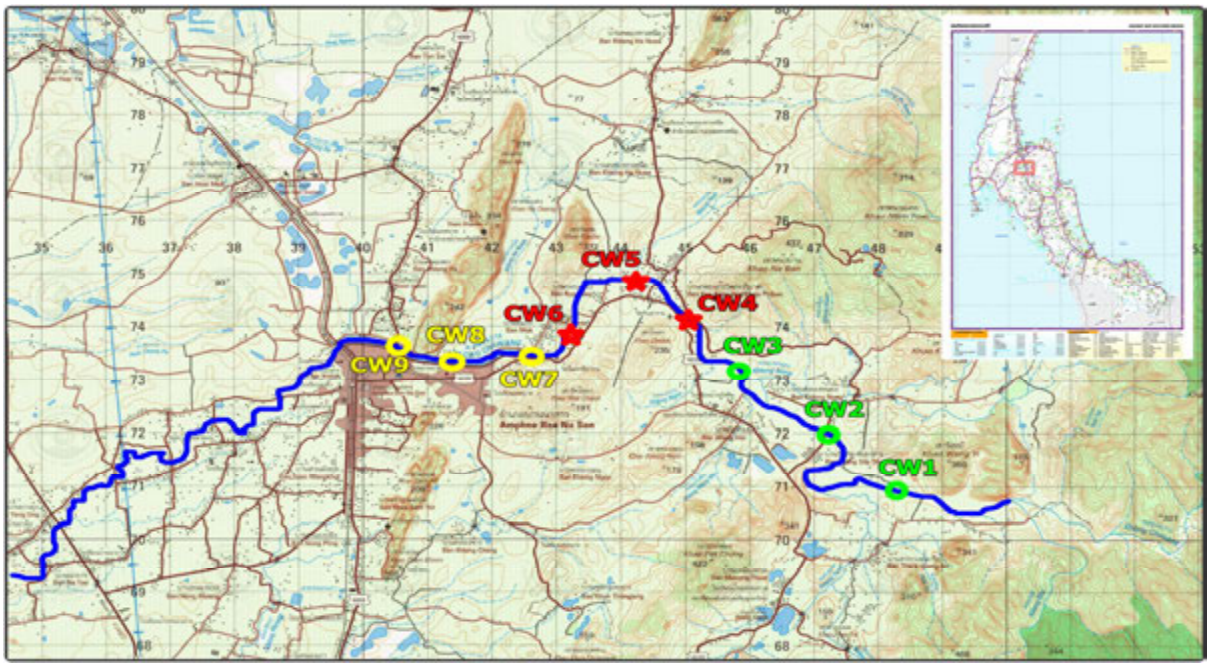
4.1 พื้นที่ศึกษา ทำการศึกษาเก็บข้อมูลบริเวณลำคลองฉวาง อำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งเป็นลำคลองที่มีการประกอบกิจการดูดทรายโดยการสำรวจจัดเก็บข้อมูลลักษณะทางกายภาพของลำน้ำ คุณภาพน้ำทั้งทางด้านกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ กำหนดตำแหน่งเก็บตัวอย่างออกเป็น 9 จุดและได้จัดแบ่งเป็นกลุ่มเพื่อศึกษาผลกระทบของการดูดทราย 3 กลุ่มๆละ 3 จุด ดังนี้คือ กลุ่มที่ 1 กำหนดไว้บริเวณเหนือพื้นที่ก่อนที่จะมีการประกอบกิจการดูดทรายขึ้นไปทางด้านต้นน้ำเพื่อใช้สำหรับเป็นกลุ่มอ้างอิง (Reference group) จำนวน 3 จุด ซึ่งมีค่าพิกัด UTM อยู่ในโซน 47P ดังนี้คือ ตำแหน่งเก็บตัวอย่าง **CW1** ค่าพิกัด N 0547459 E 0970666 **CW2** ค่าพิกัด N 0547530 E 0971636 และ **CW3** ค่าพิกัด N 0545516 E 0973240 กลุ่มที่ 2 กำหนดไว้บริเวณพื้นที่ที่มีการประกอบกิจการดูดทรายซึ่งเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการดูดทรายโดยตรง (Impact group) จำนวน 3 จุด คือ ตำแหน่งเก็บตัวอย่าง **CW4** ค่าพิกัด N 0544983 E 0974137 **CW5** ค่าพิกัด N 0544118 E 0974124 และ **CW6** ค่าพิกัด N 0543590 E 0973600 กลุ่มที่ 3 กำหนดไว้บริเวณด้านใต้ของพื้นที่ที่มีการประกอบกิจการดูดทรายค่อนลงมาทางปลายน้ำเพื่อเป็นตัวแทนของพื้นที่ที่คาดว่าอาจจะได้รับผลกระทบต่อเนื่อง (Recover group) จำนวน 3 จุดคือ ตำแหน่งเก็บตัวอย่าง **CW7** ค่าพิกัด N 0542765 E 0973200 **CW8** ค่าพิกัด N 0541948 E 0972302 และ **CW9** ค่าพิกัด N 0540827 E 0973549 ดัง**ภาพที่ 1**

4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล กำหนดช่วงระยะเวลาการเก็บข้อมูลลักษณะทางกายภาพของลำน้ำ เก็บตัวอย่างน้ำและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ในบริเวณลำคลองฉวาง ให้ครอบคลุมทั้งฤดูฝนและฤดูร้อน ดังนี้ ครั้งที่ 1 เดือนกรกฎาคม 2554 (ฤดูฝน ครั้งที่ 1) ครั้งที่ 2 เดือนกันยายน 2554 (ฤดูฝน ครั้งที่ 2) ครั้งที่ 3 เดือนกุมภาพันธ์ 2555 (ฤดูร้อน ครั้งที่ 1) ครั้งที่ 4 เดือนเมษายน 2555 (ฤดูร้อน ครั้งที่ 2) โดยได้กำหนดตัวแปรคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และทางชีวภาพที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ และเก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับความลึกจากผิวน้ำ 10-30 เซนติเมตร โดยค่าความกว้าง ความลึก ความเร็วกระแสน้ำ อุณหภูมิ pH และ ค่า DO ได้ทำการวิเคราะห์จนแล้วเสร็จในระหว่างการเก็บตัวอย่างส่วนตัวแปรอื่นได้นำมาทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ดังนี้

1) ตัวแปรคุณภาพน้ำทางกายภาพ ได้แก่ ความกว้าง ความลึกของแหล่งน้ำ โดยใช้ลูกดิ่งและสายวัด ความเร็วของกระแสน้ำโดยใช้ Velocity Meter ลักษณะของพื้นท้องน้ำ (substrate) โดยใช้การสำรวจ ความขุ่น โดยใช้เครื่องวัดความขุ่น (Turbidity meter) ของแข็งแขวนลอย (suspended solid: SS) โดยวิธีกรองและชั่งน้ำหนักแห้ง วัดอุณหภูมิน้ำโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์

2) ตัวแปรคุณภาพน้ำทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้ pH meter DO (dissolved oxygen) โดยใช้วิธี Azide modification BOD (biochemical oxygen demand) โดยใช้วิธี Azide modification ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) โดยใช้ Conductivity meter ไนเตรท-ไนโตรเจน โดยใช้ Spectrophotometer รุ่น DR/2000 ของบริษัท Hach ตามวิธี Cadmium Reduction Method แอมโมเนียม-ไนโตรเจน โดยใช้ Spectrophotometer รุ่น DR/2000 ของบริษัท Hach ตามวิธี Nessler Method ฟอสเฟตที่ละลายในน้ำ โดยใช้ Spectrophotometer รุ่น DR/2000 ของบริษัท Hach ตามวิธี Ascorbic acid Method

3) ทางด้านชีวภาพ ได้แก่ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ (Macroinvertebrates) โดยเก็บตัวอย่างเพื่อศึกษาชนิดและปริมาณ ใช้วิธีสุ่มเก็บตัวอย่างโดยเลือกเก็บตัวอย่างจากบริเวณที่ไม่ได้รับผลกระทบจากการประกอบกิจการดูดทราย (Reference group) จำนวน 3 จุดๆละ 3 ซ้ำ บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากการประกอบกิจการดูดทราย (Impact group) จำนวน 3 จุดๆละ 3 ซ้ำ และบริเวณที่อยู่ด้านล่างของลำน้ำซึ่งอาจได้รับมลภาวะจากการประกอบกิจการดูดทราย (Recover group) จำนวน 3 จุดๆละ 3 ซ้ำ โดยใช้วิธี Pick sampling และใช้ pond net ใน



ภาพที่ 1 แสดงตำแหน่งเก็บตัวอย่างบริเวณคลองฉวาง อำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี CW1-CW3=Referance group, CW4-CW6=Impact group และ CW7-CW9=Recover group

การเก็บตัวอย่างและเก็บรักษาตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ด้วยแอลกอฮอล์ 70% จากนั้นนำมาระบุเอกลักษณ์ (Identification) นับจำนวนและจำแนกจนถึงระดับวงศ์ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ และใช้การวินิจฉัยตัวอย่างของ McCaffterty [14], Dudgeon [15] อ้างอิงประกอบการจำแนกวงศ์ของสัตว์

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ (Macroinvertebrates) กับพื้นที่ศึกษาด้วยวิธี Clusster analysis วิเคราะห์ความแปรปรวนของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่กับคุณภาพน้ำ ด้วยวิธี one-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเปรียบเทียบทิศทางความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient)

5. ผลการศึกษา/การทดลอง

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทางทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของคลองฉวาง อำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นระยะเวลาต่อเนื่องครอบคลุมตลอดทั้งปีโดยทำการศึกษา 4 ช่วงครอบคลุมทั้งฤดูฝนและฤดูร้อน ครั้งที่ 1 เดือนกรกฎาคม 2554 (ฤดูฝน) ครั้งที่ 2 เดือนกันยายน 2554 (ฤดูฝน) ครั้งที่ 3 เดือนกุมภาพันธ์ 2555 (ฤดูร้อน) และครั้งที่ 4 เดือนเมษายน 2555 (ฤดูร้อน) ทั้ง 9 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างพบว่า

5.1 คุณภาพน้ำทางกายภาพ อุณหภูมิน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 27.5-31 $^{\circ}$C ค่าเฉลี่ย 29.5±0.91 $^{\circ}$C อัตราความเร็วของกระแสน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 0.22-0.66 m/s ค่าเฉลี่ย 0.37±0.09 m/s ความขุ่นของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 2.44-36.56 NTU ค่าเฉลี่ย 24.86±11.64 NTU ความเป็นกรด-ด่างของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 6.5-8.9 ค่าเฉลี่ย 7.4±0.6 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 21.10-62.20 µs/cm ค่าเฉลี่ย 36.45±7.54 µs/cm

5.2 คุณภาพน้ำทางเคมี ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 6.50-7.53 mg/l ค่าเฉลี่ย 6.95±0.25 mg/l ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 0.53-1.97 mg/l ค่าเฉลี่ย 1.15±0.38 mg/l ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0030-0.0583 mg/l ค่าเฉลี่ย 0.0278±0.0133 mg/l ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 0.40-2.40 mg/l ค่าเฉลี่ย 1.43±0.61 mg/l ค่าปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 0.06-0.30 mg/l ค่าเฉลี่ย 0.15±0.05 mg/l ปริมาณฟอสเฟตที่ละลายในน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 0.13-1.05 mg/l ค่าเฉลี่ย 0.36±0.24 mg/l

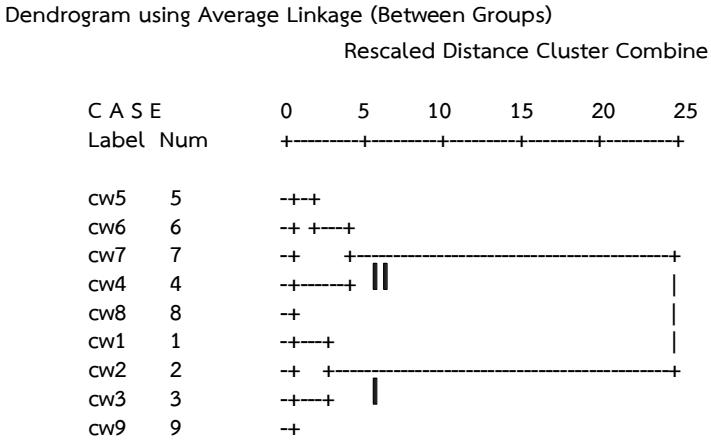
5.3 ความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ พบทั้งหมด 10 อันดับ 27 วงศ์ รวมจำนวน 1,274 ตัว จำนวนของอันดับอยู่ในช่วง 7-9 อันดับ โดยตำแหน่งเก็บตัวอย่างที่มีจำนวนอันดับมากที่สุด 9 อันดับ พบที่ตำแหน่ง CW2 ส่วนตำแหน่งเก็บตัวอย่างที่มีจำนวนอันดับต่ำสุด 7 อันดับ พบที่ตำแหน่ง CW4, CW6 และ CW7 ความหลากหลายของวงศ์ที่พบอยู่ในช่วง 16-25 วงศ์ ตำแหน่งเก็บตัวอย่างที่พบวงศ์มากที่สุด 25 วงศ์ คือ CW2 ส่วนตำแหน่งเก็บตัวอย่างที่พบวงศ์น้อยที่สุด 16 วงศ์ คือตำแหน่งที่ CW8 และ CW9 โดยวงศ์ที่เด่นพบทุกตำแหน่งเก็บตัวอย่างคือวงศ์ Coenagrionidae, Libellulidae, Chiorocyphidae, Geridae, Atydae, Thiaridae และ Pisauridae ดัง**ตารางที่ 1**

5.4 การวิเคราะห์ทางสถิติความสัมพันธ์ระหว่างความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่กับพื้นที่ศึกษา จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ (Macroinvertebrates) ในพื้นที่ศึกษาด้วยวิธี Cluster analysis สามารถแบ่งกลุ่มความสัมพันธ์ระหว่างความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 มีจำนวน 4 จุด ได้แก่ตำแหน่งเก็บตัวอย่าง CW1, CW2, CW3 และ CW9 โดยตำแหน่ง CW1, CW2, CW3 ผู้วิจัยได้กำหนดให้เป็นตัวแทนที่ไม่ได้รับผลกระทบจากการดูดทรายเลย เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่ได้กำหนดไว้ในบริเวณก่อนที่จะมีการประกอบกิจการดูดทรายเหนือขึ้นไปทางด้านต้นน้ำ (Referance group) ส่วน CW9 กำหนดไว้เป็นตัวแทนที่ไม่มีการดูดทรายแต่คาดว่าอาจจะได้รับผลกระทบต่อเนื่อง (Recover group) เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่ได้กำหนดไว้บริเวณด้านใต้ของพื้นที่ที่มีการประกอบกิจการดูดทรายค่อนไปทางปลายน้ำ โดยกลุ่มที่ 1 จะมีจำนวนและความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่มากที่สุด

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ที่พบในคลองฉวาง อำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี

Study site	Referance group			Impact group			Recover group		
	CW1	CW2	CW3	CW4	CW5	CW6	CW7	CW8	CW9
Order Ephemeroptera									
Family Heptageniidae	5	4	8	2	1			3	3
Baetidae	3	2	5	1					1
Ephemeridae	2	2	2	3					
Order Odonata									
Family Coenagrionidae	6	9	12	4	6	5	15	10	22
Libellulidae	6	5	11	2	5	4	12	7	7
Gorduliidae		8	9	9	5	6	3	1	12
Chiorocyphidae	2	8	7	3	4	5	8	12	4
Calopterygidae	4	4	4	5		2	1	1	5
Gomphidae	26	4	11	3	3	2	1		1
Aeshnidae	48	37	11	4	10	26	8	9	
Order Plecoptera									
Family Perlidae	9	7	4						
Order Lepidoptera									
Family Pyralidae	1								
Order Hemiptera									
Family Geridae	16	20	10	2	4	6	1	1	4
Nepidae	4	3	4	2	3	1	2		3
Veliidae	11	14	6	4	8	19	4	2	
Naucoridae	9	5	7	9	21				
Order Orthoptera									
Family Cryptocercidae		1			6				
Phasmatidae		1	1			1	2	2	2
Order Coleoptera									
Family Dytiscidae					1				
Gyrinidae		4		5	7	6	17	4	4
Order Decapoda									
Family Parathelphusidae	3	2	5	2	1	1			
Atydae	20	12	19	17	15	17	16	21	30
CL. Gastropoda									
Family Viviparidae		5	7		2	4	10	7	18
Thiaridae	6	26	20	13	11	10	18	13	40
Marginellidae		4	1				4		
Planorbidae		2	3				6	2	
Order Araneae									
Family Pisauridae	5	5	6	4	4	3	4	2	7
Total	**186**	**194**	**173**	**94**	**117**	**118**	**132**	**97**	**163**



ภาพที่ 2 แสดงการจับกลุ่มพื้นที่ศึกษาโดยอาศัยความหลากหลายและจำนวนของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ในพื้นที่ศึกษา

กลุ่มที่ 2 มีจำนวน 5 จุด ได้แก่ตำแหน่งเก็บตัวอย่าง CW4, CW5, CW6, CW7, และ CW8, โดยสำหรับตำแหน่ง CW4, CW5, CW6 ผู้วิจัยได้กำหนดเป็นตัวแทนที่ได้รับผลกระทบจากการดูดทราย โดยตรง (Impact group) เนื่องจากมีที่ตั้งอยู่ในบริเวณที่มีการประกอบกิจการดูดทราย ส่วน CW7, CW8 กำหนดไว้เป็นตัวแทนตำแหน่งที่ไม่มีการดูดทรายแต่คาดว่าอาจจะได้รับผลกระทบต่อเนื่อง (Recover group) โดยเป็นตำแหน่งเก็บตัวอย่างที่ต่อเนื่องมาจาก CW6 กลุ่มนี้จะมีจำนวนและความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่น้อยกว่ากลุ่มที่ 1 โดยมีรายละเอียดแสดงการจับกลุ่ม ดัง**ภาพที่ 2**

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำทั้งทางกายภาพและเคมี โดยใช้กลุ่มของพื้นที่ข้างต้นที่ได้จากการจัดกลุ่มการศึกษาสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ มาใช้ในการจัดแบ่งผลวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี one-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่ามีค่าคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่มีความแตกต่างของ 2 กลุ่มการศึกษาโดยมีค่า Turbidity, pH, SS, BOD และ Temperature เป็นตัวกำหนดดัง **ตารางที่ 2** และจากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างวงศ์ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่กับคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการด้วย Pearson's correlation of coefficient พบว่าวงศ์

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี one-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

Parameter	Unit	Group 1	Group 2
Turbidity	NTU	14.25±10.34	33.35±1.46
pH	-	7±0.59	7.8±0.37
SS	mg/l	0.0187±0.0104	0.0352±0.0057
BOD	mg/l	0.84±0.21	1.40±0.22
Temperature	^{o}C	28.9±0.60	29.9±0.38

ตารางที่ 3 แสดงผลการเปรียบเทียบทิศทางความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient)

	Phosphorus	Nitratenitrogen	Conductivity	Turbidity	pH	DO	BOD	SS	Velocity	Watertemperature
Heptageniidae		-.376*	-.394*	-.441**	-.439**	-.412*	-.525**			
Baetidae		-.592**	-.518**	-.639**	-.590**		-.488**	-.495**		
Ephemeridae		-.377*	-.379*	-.397*	-.456**					
Libellulidae						-.471**				
Chiorocyphidae									-.329*	.446**
Calopterygidae			-.376*		-.350*					
Gomphidae		-.506**	-.426**	-.564**	-.426**		-.342*	-.516**	.351*	
Aeshnidae		-.445**	-.490**	-.481**	-.345*		-.384*	-.402*		
Perlidae		-.748**	-.635**	-.833**	-.622**		-.716**	-.646**		
Geridae		-.525**	-.484**	-.607**	-.539**		-.460**	-.477**		
Nepidae		-.337*	-.346*	-.431**	-.332*			-.380*		
Naucoridae	.645**									
Cryptocercidae	.459**									
Phasmatidae	-.336*									.378*
Gyrinidae										.507**
Parathelphusidae		-.431**	-.409*	-.416*	-.501**	-.331*				
Viviparidae	-.382*									
Marginellidae									-.350*	
Planorbidae										.335*
Pisauridae			-.331*							

Heptageniidae มีความสัมพันธ์ในทางที่ตรงกันข้ามกับค่า Turbidity, pH, BOD (P<0.01) และค่า Nitrate-Nitrogen, Conductivity, DO (P<0.05) ส่วนวงศ์ Baetidae มีความสัมพันธ์ในทางที่ตรงกันข้ามกับค่า Nitrate-Nitrogen, Conductivity, Turbidity, pH, DO, BOD และ SS (P<0.01) ในขณะที่วงศ์ Ephemeridae มีความสัมพันธ์ในทางที่ตรงกันข้ามกับค่า pH (P<0.01) และค่า Nitrate-Nitrogen, Conductivity, Turbidity (P<0.05) วงศ์ Libellulidae มีความสัมพันธ์ในทางที่ตรงกันข้ามกับค่า DO (P<0.01) วงศ์ Chiorocyphidae มีความสัมพันธ์ในทางที่ตามกันกับค่าของอุณหภูมิน้ำ (P<0.01) และมีความสัมพันธ์ในทางที่ตรงกันข้ามกับค่า Velocity (P<0.05) ในขณะที่วงศ์ Calopterygidae มีความสัมพันธ์ในทางที่ตรงกันข้ามกับค่า Conductivity และ pH (P<0.05) วงศ์ Gomphidae มีความสัมพันธ์ในทางที่ตามกันกับค่า Velocity (P<0.05) แต่มีความสัมพันธ์ในทางที่ตรงกันข้ามกับค่า Nitrate-Nitrogen, Conductivity, Turbidity, pH, SS (P<0.01) และ BOD (P<0.05) วงศ์ Aeshnidae มีความสัมพันธ์ในทางที่ตรงกันข้ามกับค่า Nitrate-Nitrogen, Conductivity, Turbidity (P<0.01) และค่า pH, BOD, SS (P<0.05) ส่วนวงศ์ Perlidaeและวงศ์ Geridae มีความสัมพันธ์ในทางที่ตรงกันข้ามกับค่า Nitrate-Nitrogen, Conductivity, Turbidity, pH, BOD, SS (P<0.01) ในขณะที่วงศ์ Nepidae มีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับค่า Turbidity (P<0.01) และค่า Nitrate-Nitrogen, Conductivity, pH, SS (P<0.05**)** วงศ์ Naucoridae และวงศ์ Cryptocercidae มีความสัมพันธ์ในทางที่ตามกันกับค่า Phosphorus (P<0.01) ส่วนวงศ์ Phasmatidae มีความสัมพันธ์ในทางที่ตามกันกับค่าอุณหภูมิน้ำ (P<0.05) แต่มีความสัมพันธ์ในทางที่ตรงข้ามกันกับค่า Phosphorus (P<0.05) สำหรับวงศ์ Gyrinidae มีความสัมพันธ์ในทางที่ตามกันกับค่าอุณหภูมิน้ำ (P<0.01) และวงศ์ Parathelphusidae มีความสัมพันธ์ในทางที่ตรงกันข้ามกับค่า Nitrate-Nitrogen, pH (P<0.01) และค่า Conductivity, Turbidity, DO (P<0.05) ในขณะที่วงศ์ Viviparidae มีความสัมพันธ์ในทางที่ตรงข้ามกันกับค่า Phosphorus (P<0.05) วงศ์ Marginellidae มีความสัมพันธ์ในทางที่ตรงข้ามกันกับค่า Velocity (P<0.05) สำหรับวงศ์ Planorbidae มีความสัมพันธ์ในทางที่ตามกันกับค่าอุณหภูมิน้ำ (P<0.05) และวงศ์ Pisauridae มีความสัมพันธ์ในทางที่ตรงกันข้ามกับค่า Conductivity (P<0.05) ดัง**ตารางที่ 3**

6. การอภิปรายผล

จากผลการศึกษาคุณภาพน้ำทางทางกายภาพและทางเคมีของคลองฉวาง อำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี ทั้ง 9 ตำแหน่ง เก็บตัวอย่างพบว่าความเร็วของกระแสน้ำ (Velocity) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.22-0.66 m/sec ความแตกต่างของความเร็วกระแสน้ำในแต่ละตำแหน่งขึ้นอยู่กับขนาดความกว้างของลำคลอง โดยช่วงที่มีลำคลองกว้างความเร็วของกระแสน้ำจะมีค่าต่ำกว่าช่วงที่มีลำคลองแคบและฤดูกาลก็ยังมีผลกับความเร็วของกระแสน้ำด้วยโดยในช่วงฤดูฝนจะมีค่าความเร็วของกระแสน้ำสูงกว่าฤดูร้อน และผลจากการประกอบกิจการดูดทรายที่ทำให้เกิดตะกอนทรายฟุ้งกระจายทำให้น้ำในคลองฉวางมีค่าความขุ่น (Terbidity) และค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำ (SS) จากตำแหน่ง CW4, CW5, CW6 (Impact group) และ CW7, CW8 (Recover group) สูงขึ้นโดยพบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 29.87-36.56 NTU และ 0.0227-0.0583 mg/l ตามลำดับ นอกจากนี้การฟุ้งกระจายของตะกอนทรายยังทำให้ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) สูงขึ้นเช่นกันโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 21.10-62.20 µs/cm โดยตำแหน่ง CW5 ซึ่งเป็นจุดที่มีการประกอบการดูดทรายมีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุดที่ 62.20 µs/cm ในขณะที่อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 27.5-31.0 ^{0}C โดยความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำขึ้นอยู่กับความลึก-ตื้นของลำคลองและขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิอากาศในขณะที่ทำการเก็บข้อมูล ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าอยู่ระหว่าง 6.5-8.9 ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์ปกติ สำหรับค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) ในแต่ละตำแหน่งเก็บตัวอย่างถือว่ามีค่าไม่แตกต่างกันมากนักอยู่ระหว่าง 6.50-7.53 mg/l จัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสำหรับคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินประเภท 1-4 [9] **ตารางที่ 4** ในขณะที่ค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.53-1.97 mg/l โดยตำแหน่งเก็บตัวอย่างที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงที่สุดคือตำแหน่ง CW6, CW4 และ CW5 ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 จุดเป็นตำแหน่งที่มีการประกอบกิจการดูดทรายและเป็นตัวแทนของ Impact group แสดงว่าตะกอนทรายที่ฟุ้งกระจายขึ้นจากการดูดทรายนั้นมีสารอินทรีย์ปะปนมาด้วยทำให้จุลินทรีย์ต้องใช้ออกซิเจนเพื่อทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ดังกล่าว ในส่วนของธาตุอาหารที่มีในคลองฉวางพบว่าปริมาณฟอสเฟตที่ละลายในน้ำในตำแหน่ง CW5 มีค่าสูงที่สุด 1.05 mg/l ซึ่งอาจมีผลมาจากในบริเวณโดยรอบของตำแหน่งเก็บตัวอย่างดังกล่าวมีการทำการเกษตรกรรมสวนผลไม้อาจทำให้ปุ๋ยที่เกษตรกรใช้ในการทำการเกษตรกรรมสวนผลไม้ถูกน้ำฝนชะลงสู่ลำคลองฉวางในตำแหน่งดังกล่าว ทำให้มีปริมาณฟอสเฟตที่ละลายในน้ำในจุดดังกล่าวสูงกว่าจุดอื่นก็ได้ ในขณะที่ค่าปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนและแอมโมเนีย-ไนโตรเจน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.40-2.40 mg/l และ 0.06-0.30 mg/l ตามลำดับ ส่วนความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่พบทั้งหมด 10 อันดับ 27 วงศ์ จำนวน 1,274 ตัว โดยมีความหลากหลายอยู่ในช่วง 7-9 อันดับ ความหลากหลายของวงศ์อยู่ในช่วง 16-25 วงศ์ โดยตำแหน่งที่พบความหลากหลายของอันดับและวงศ์สูงที่สุดคือ CW2 และจากผลการวิเคราะห์จัดกลุ่มพื้นที่ศึกษาโดยอาศัยความหลากหลายและจำนวนของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ในพื้นที่ศึกษาด้วยวิธี Cluster analysis ปรากฏว่าในกลุ่มที่ 1 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างที่ CW1, CW2, CW3 และ CW9 เป็นกลุ่มที่มีจำนวนและความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่มากที่สุด ทั้งนี้ เนื่องจากตำแหน่งที่ CW1, CW2, CW3 เป็นจุดอ้างอิงที่อยู่เหนือพื้นที่ดูดทรายจึงทำให้ไม่ได้รับผลกระทบใดๆ ส่วน CW9 อยู่ในตำแหน่งที่คาดว่าอาจได้รับผลกระทบต่อเนื่องแต่เนื่องจากจุดนี้เป็นตำแหน่งสุดท้ายที่ทำการเก็บข้อมูลซึ่งอยู่ห่างจากพื้นที่ที่มีการดูดทรายพอสมควรจึงทำให้ผลกระทบที่มีมาตามกระแสน้ำเริ่มเบาบางลง จึงปรากฏจำนวนและความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่โดยพบทั้งสิ้นจำนวน 716 ตัว วงศ์เด่นคือ Aeshnidae, Thiaridae พบในอัตราส่วนสูงสุดร้อยละ 7.54 และ 7.22 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบวงศ์สัตว์ที่มีความทนทานต่อมลภาวะต่ำอย่างเช่นวงศ์ Heptageniidae, Baetidae, และ Perlidae ในอัตราส่วนร้อยละ 1.57, 0.86 และ 1.57 ตามลำดับ เป็นต้น ในขณะกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยตำแหน่งเก็บตัวอย่างที่ CW4, CW5, CW6, CW7 และ CW8 เนื่องจาก CW4, CW5, CW6 เป็นตำแหน่งที่ตั้งของจุดที่มีการประกอบการดูดทรายส่วน CW7, CW8 เป็นตำแหน่งที่มีพื้นที่ต่อเนื่องมาจากพื้นที่ที่มีการดูดทรายลงมายังด้านท้ายน้ำจึงทำให้ได้รับผลกระทบจากการดูดทราย เช่น มีค่าเฉลี่ยของ Turbidity, pH, SS, BOD, Temperature สูงกว่ากลุ่มแรก ดังนั้น จึงปรากฏจำนวนและความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ต่ำกว่ากลุ่มแรกโดยพบจำนวน 558 ตัว วงศ์เด่นคือ Atydae, Thiaridae พบในอัตราส่วนสูงสุดร้อยละ 6.75 และ 5.10 ตามลำดับและพบวงศ์สัตว์ที่มีความทนทานต่อมลภาวะต่ำอย่างเช่นวงศ์ Heptageniidae, Baetidae ในอัตราส่วนร้อยละ 0.47 และ 0.08 ตามลำดับ แต่ไม่พบสัตว์ในวงศ์ Perlidae เลย

สรุปว่าการดูดทรายในคลองฉวาง อำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี ณ บริเวณตำแหน่งเก็บตัวอย่างที่ CW4, CW5 และ CW6 นอกจากจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำบางประการแล้ว ยังส่งผลกระทบทำให้จำนวนและความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ในบริเวณดังกล่าวลดลง และยังส่งผลกระทบต่อเนื่องไปยังตำแหน่งเก็บตัวอย่างที่ CW7 และ CW8 ด้วย สอดคล้องกับการศึกษาของ Totirakul V. [5] ที่ได้ศึกษาไว้ว่าข้อมูลความหลากหลายทางด้านชีวภาพจากการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านกายภาพจากการดูดทรายในแม่น้ำปิงบริเวณรอยต่อระหว่างจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ลดลงทั้งในบริเวณที่ทำการสูบทรายและบริเวณท้ายน้ำ

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าคุณภาพน้ำที่ได้จากการศึกษากับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

Para meter	Referance group			เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินตามประกาศ กก.วล.แห่งชาติ	Impact group			เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินตามประกาศ กก.วล.แห่งชาติ	Recover group			เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินตามประกาศ กก.วล.แห่งชาติ
	CW1	CW2	CW3		CW4	CW5	CW6		CW7	CW8	CW9	
Temp.	28.3	29.7	29.1	ธ	29.9	29.7	29.5	ธ	30.5	29.8	28.8	ธ
pH	6.7	6.8	6.8	ประเภท 2	7.4	7.5	7.8	ประเภท 2	8.3	8.0	7.9	ประเภท 2
DO	7.03	6.87	6.72	ประเภท 2	7.03	7.06	6.99	ประเภท 2	6.74	7.02	7.14	ประเภท 2
BOD	0.69	0.72	0.81	ประเภท 2	1.44	1.33	1.76	ประเภท 3	1.27	1.21	1.15	ประเภท 2
NO_3	0.48	0.80	0.85	ประเภท 2	1.68	1.80	1.78	ประเภท 2	1.85	1.95	1.80	ประเภท 2
NH_3	0.21	0.10	0.10	ประเภท 2	0.11	0.19	0.18	ประเภท 2	0.16	0.14	0.16	ประเภท 2

หมายเหตุ 1. **ธ** หมายถึง เป็นไปตามธรรมชาติ

2. **ประเภท 2** หมายถึง แหล่งน้ำเพื่ออุปโภคบริโภค โดยต้องผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโรคและปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไป, การอนุรักษ์สัตว์น้ำ, การประมง, การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

3. **ประเภท 3** หมายถึง แหล่งน้ำเพื่ออุปโภคบริโภค โดยต้องผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโรคและปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไป, การเกษตร

7.1 จากผลของการวิจัยในครั้งนี้ ทำให้ทราบว่าการดูดทรายมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำทั้งทางด้านกายภาพและเคมี และยังส่งผลกระทบต่อความหลากหลายสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ แม้ว่าคุณภาพน้ำจะยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินแต่ควรมีการเฝ้าระวังหรือจำกัดควบคุมการประกอบการดูดทรายในพื้นที่คลองฉวางไม่ให้เพิ่มมากขึ้น เพราะหากมีการเพิ่มปริมาณการดูดทรายในบริเวณคลองฉวางเรื่อยๆโดยไม่มีการควบคุม ในวันข้างหน้าคุณภาพน้ำของคลองฉวางอาจต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดินลงจนส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำและอาจส่งผลกระทบต่อเนื่องมาถึงมนุษย์ได้

7.2 การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยที่ออกแบบมาเพื่อศึกษาผลกระทบของคุณภาพน้ำและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ จึงไม่ได้เก็บข้อมูลด้านการพังทลายของตลิ่ง แต่จากการสังเกตในขณะลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูล จำนวน 4 ครั้ง พบว่าตลิ่งของคลองฉวางมีการพังทลายเป็นระยะๆ แม้ว่าลักษณะทางธรณีวิทยาบริเวณคลองฉวางจะเป็นทรายอาจเกิดการพังทลายตามฤดูกาลหรือจากกระแสน้ำ แต่ควรมีการศึกษาให้ชัดเจนว่าการดูดทรายในบริเวณดังกล่าวได้ส่งผลกระทบต่อการพังทลายของตลิ่งหรือไม่อย่างไร

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.พงศ์ศักดิ์ เหล่าดี ที่ได้ให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ตลอดการทำวิจัย ขอบคุณเพื่อนๆและน้องๆที่ช่วยเหลือในการลงพื้นที่เก็บตัวอย่าง ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ และเอื้อเฟื้อสถานที่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง และที่สำคัญขอบคุณครอบครัวที่เป็นกำลังใจและได้เสียสละเวลาอันมีค่า ทำให้การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ประสบความสำเร็จ

9. การอ้างอิง

[1] สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, "โครงการวางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมจากการใช้ทรัพยากรทราย", กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550.

[2] สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, "คู่มือแนวทางลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการขุด ตัก และดูดทราย", กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2548.

[3] จิตตินันท์ เรืองวีรยุทธ และสมศักดิ์ บุญดาว, "ผลกระทบจากการดูดทราย", กองประสานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2547.

[4] ธวัชชัย เทพสุวรรณ และ วิเชียร อินต๊ะเสน, "ผลกระทบสิ่งแวดล้อมธรรมชาติจากการดูดทรายในแม่น้ำ", กองเศรษฐกิจวิทยา, กรมทรัพยากรธรณี, 2543.

[5] Totirakul V, "Physical environmental impact from sand extraction in the ping river along the Chiang Mai-Lamphun Provincial Boundary", Master's Thesis, Chiang Mai University, 1999.

[6] อดุลย์ วรรณะพีระ, "แหล่งทรายและผลกระทบจากการดูดทราย กรณีศึกษาในพื้นที่ลุ่มน้ำปิง", กรมทรัพยากรธรณี, 2548.

[7] สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์, "สิ่งแวดล้อมเบื้องต้น", มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2551.

[8] กรมควบคุมมลพิษ, "การกำหนดพารามิเตอร์ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ", สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550.

{9} คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, "ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ.2537) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งผิวดิน", คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537.

[10] สุจยา ยอดเพชร และเดชา นาวานุเคราะห์, "การศึกษาคุณภาพน้ำแม่น้ำยม", คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพิษณุโลก, 2543.

[11] Mustow, S. E., " Biological Monitoring of river in Thailand : use and adaptation of the BMWP Score", Hydrobiologia , 479, 191-229, 2002.

[12] พงศ์ศักดิ์ เหล่าดี, "การศึกษาตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมบริเวณลุ่มน้ำตาปี จังหวัดสุราษฎร์ธานี", คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี, 2548.

[13] นฤมล แสงประดับ, "นาฬิกาสัตว์หน้าดิน ทางเลือกของการดูแลเฝ้าระวังคุณภาพแหล่งน้ำโดยชุมชนท้องถิ่น", วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 27 (4), 279-287, 2542.

[14] McCafferty,W.P., "Aquatic Entomology", Jones and Bartlett Publishers Inc., Boston, 1983.

[15] Dudgeon,D., "Tropical Asian Stream Zoo benthos Ecology and Conservation", Hong Kong University Press, 1999.

[16] Mackie, G.L., "Applied Aquatic Ecosystem Concepts", Kendall/Hunt Publishing Company., 2001.