



การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำผิวดิน กรณีศึกษา คลองท่อ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา Microplastics Contamination in Surface Waters:

A Case Study in Khlong Tho, Phranakhon Si Ayutthaya Province

ธนสินทร์ องอาจ และ วัชรารภรณ์ ตันติพานาทิพย์

Thanasin Ong-oard and Watcharaporn Tantipanatip*

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University

Received : 22 July 2021

Revised : 20 August 2021

Accepted : 6 Octoberber 2021

บทคัดย่อ

ปัจจุบันปัญหามลพิษจากไมโครพลาสติกในระบบนิเวศทางทะเลต่างได้รับความสนใจทั่วโลก แต่ข้อมูลการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในระบบนิเวศแหล่งน้ำจืดยังมีการศึกษาค่อนข้างน้อย โดยเฉพาะการศึกษาในแหล่งน้ำผิวดินของพื้นที่เขตเมือง งานวิจัยนี้จึงศึกษาการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำผิวดินของคลองท่อ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินจาก 5 สถานีศึกษาในเดือนกรกฎาคม เดือนสิงหาคม และเดือนกันยายน พ.ศ. 2563 ผลการศึกษาพบการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำผิวดินรวมทั้งสิ้น 2,916.67 ชิ้นต่อลิตร โดยเฉพาะสถานี KT-1 มีปริมาณไมโครพลาสติกสูงสุด (783.33 ชิ้นต่อลิตร) ซึ่งแสดงถึงแนวโน้มการปรากฏและความหนาแน่นที่ลดลงของไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำผิวดินตลอดเส้นทางการไหลของกระแสน้ำจากสถานี KT-5 สู่อำเภอ KT-1 ผลการจำแนกลักษณะรูปร่างของไมโครพลาสติกพบว่ารูปร่างที่พบการปนเปื้อนสูงสุด คือ รูปร่างแบบเส้นใย (1,750.00 ชิ้นต่อลิตร) รองลงมาคือ แผ่นชิ้นเล็ก แผ่นฟิล์ม และทรงกลม (753.33, 360.00 และ 53.33 ชิ้นต่อลิตร ตามลำดับ) ขณะเดียวกันผลการจำแนกสีของไมโครพลาสติกที่มีการปนเปื้อนสูงสุดในตัวอย่างน้ำ คือ ไมโครพลาสติกสีน้ำเงิน (1,086.67 ชิ้นต่อลิตร) ดังนั้นความแตกต่างของรูปร่างและสีของไมโครพลาสติกที่พบแพร่กระจายในแต่ละสถานีศึกษาแสดงถึงความสัมพันธ์ของลักษณะพื้นที่และการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์

คำสำคัญ : ไมโครพลาสติก ; แหล่งน้ำผิวดิน ; คลองท่อ ; จังหวัดพระนครศรีอยุธยา



Abstract

Recently, microplastics pollution in the global marine environment are widely interested. On the other hand, microplastic contaminants in freshwater ecosystem is still limited, especially surface waters in urban area. This study was investigated the contamination of microplastics in surface water of the Khlong Tho, Phranakhon Si Ayutthaya Province. The surface water samples were collected from 5 sampling sites during July, August and September 2020. The results revealed that the contamination of microplastics in surface water were 2,916.67 pieces per liter, with the most of microplastics abundance was KT-1 (783.33 pieces per liter). Therefore, these results indicated a gradient of microplastic presence with water flow distance: low-density microplastic decreased from the water surface in KT-5 to KT-1. Moreover, the most prevalence type of microplastics was fibers (1,750.00 pieces per liter), followed by fragments, films and pellets (753.33, 360.00 and 53.33 pieces per liter, respectively). Meanwhile, the most microplastic color in this study was blue (1,086.67 pieces per liter). The different types and colors of microplastic indicated that the landscape-specific occurrence of microplastics is likely to be related to differences in human activities, even though fibers and blue were distributed throughout the study area.

Keywords : microplastics ; surface waters ; Khlong Tho ; Phranakhon Si Ayutthaya Province



บทนำ

ไมโครพลาสติกเป็นส่วนหนึ่งของพลาสติกที่เกิดการแตกหักด้วยกระบวนการย่อยสลายทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ รวมทั้งกระบวนการย่อยสลายด้วยแสง (Photodegradation) การย่อยสลายด้วยความร้อนที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Thermo-oxidative degradation) และการย่อยสลายทางชีวภาพโดยจุลินทรีย์ (Biodegradation by microorganism) จนเกิดเป็นพลาสติกที่มีขนาดแตกต่างกัน ได้แก่ ชิ้นพลาสติกขนาดใหญ่ (Macroplastic) ชิ้นพลาสติกขนาดกลาง (Mesoplastic) ที่มีขนาดตั้งแต่ 5-25 มิลลิเมตร และชิ้นพลาสติกขนาดเล็ก (Microplastic) ที่มีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร (Desforges *et al.*, 2014) นอกจากนี้ยังเกิดจากกระบวนการผลิตพลาสติกที่มีขนาดเล็กตั้งแต่ต้นจากภาคอุตสาหกรรมเพื่อประโยชน์ในการใช้งาน ได้แก่ ผลิตภัณฑ์สำหรับการซักล้าง การทำความสะอาดผิวหน้าและเซลล์ขัดผิวที่เรียกว่า ไมโครบีดส์ ซึ่งเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ครีมอาบน้ำ และเครื่องสำอาง (Plastic scrub) รวมทั้งเส้นใยสังเคราะห์และหีบห่อบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารและเครื่องดื่ม (Kemsawasd, 2016) ดังนั้นความต้องการใช้พลาสติกจำนวนมากในปัจจุบันอาจทำให้เกิดขยะพลาสติกจำนวนเพิ่มขึ้น ซึ่งหากมีการกำจัดไม่ถูกวิธี หรือถูกปล่อยทิ้งสู่ธรรมชาติอาจเร่งให้เกิดการย่อยสลายของไมโครพลาสติกเพิ่มสูงขึ้น จนนำไปสู่การปนเปื้อนหรือการแพร่กระจายของไมโครพลาสติกหลากหลายชนิด รูปร่าง ขนาด สีและปริมาณภายในธรรมชาติ ซึ่งสามารถพบการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกได้ทั้งในระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด ระบบนิเวศชายฝั่ง พื้นที่เกษตรกรรม อากาศ ผลิตภัณฑ์อาหารและน้ำดื่ม และร่างกายของสิ่งมีชีวิต (Rillig *et al.*, 2017; Prata, 2018; Waring *et al.*, 2018; Campanale *et al.*, 2019)

การรายงานผลวิจัยจำนวนมากเกี่ยวกับสถานการณ์การปนเปื้อน การแพร่กระจาย และผลกระทบร้ายแรงของไมโครพลาสติกต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด ระบบนิเวศทางทะเล ระบบนิเวศบก มนุษย์ สัตว์ป่า สัตว์น้ำจืดและสัตว์ทะเล (Campanale *et al.*, 2020; Sarasamma *et al.*, 2020; Yong *et al.*, 2020) โดยเฉพาะระบบนิเวศแหล่งน้ำจืดที่มีแนวโน้มการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกจากการปล่อยน้ำเสีย น้ำทิ้ง ขยะจากภาคครัวเรือนและพื้นที่เขตเมือง รวมทั้งของเสียและขยะที่เกิดจากกิจกรรมประมง การท่องเที่ยว การพักผ่อนหย่อนใจ และกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตามมีการยืนยันว่าไมโครพลาสติกสามารถถูกสะสมได้ทางชีวภาพ (Bioaccumulation) และถูกถ่ายทอดผ่านระบบห่วงโซ่อาหารเนื่องจากความสามารถในการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกได้ทั้งในน้ำและดินตะกอน (Akhbarizadeh *et al.*, 2017; Naji *et al.*, 2017; Maes *et al.*, 2017; Xu *et al.*, 2018)

คลองท่อ หรือ คลองฉะไกรใหญ่ เป็นคลองขุดตั้งแต่รัชสมัยสมเด็จพระรามาธิบดีที่ 1 และเป็นคลองที่มีความสำคัญมากที่สุดอีกสายหนึ่งในพื้นที่เขตเมืองของพระนครศรีอยุธยา ปัจจุบันตั้งในเขตอุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา ซึ่งเป็นมรดกโลกทางวัฒนธรรมที่ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นเมืองมรดกโลกตั้งแต่วันที่ 13 เดือนธันวาคม พ.ศ. 2534 เป็นต้นมา นอกจากนี้คลองท่อยังมีความสำคัญด้านโครงสร้างพื้นฐานการวางผังเมืองด้วยระบบคูคลองที่ช่วยหมุนเวียนน้ำภายในตัวเมืองแหล่งที่อยู่อาศัยและที่ตั้งชุมชนตลอดความยาวของคลอง ซึ่งปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์จากคลองท่อด้านอุปโภค-บริโภค กิจกรรมการจับปลาน้ำจืดและหอยขมของประชาชนในพื้นที่เพื่อการดำรงชีวิตในเขตเมือง การใช้เส้นทางสัญจรตลอดสองฝั่งของคลองท่อ รวมถึงการใช้ประโยชน์ของคลองท่อในการระบายน้ำทิ้งและน้ำเสียจากครัวเรือน พื้นที่เขตเมืองและแหล่งชุมชนใกล้เคียงออกสู่ม่าน้ำเจ้าพระยา เป็นต้น (Mhakeeta & Mahantararat, 2015) ในทางกลับกันการเร่งพัฒนาและการขยายตัว



อย่างรวดเร็วของพื้นที่เมืองก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางวัฒนธรรม วิถีชีวิต ความต้องการใช้ประโยชน์จากแม่น้ำและลำคลอง จำนวนอาคารสิ่งปลูกสร้าง การส่งเสริมกิจกรรมท่องเที่ยว รวมทั้งการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ ของเสียและขยะมูลฝอย ขณะเดียวกันการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์พื้นที่ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงเส้นทางน้ำและคูคลองหลาย ๆ สาย เพื่อก่อสร้างเป็นเส้นทางจราจรและแหล่งที่อยู่อาศัยจนก่อให้เกิดผลกระทบต่อการระบายน้ำในช่วงฤดูฝนหรือ ช่วงน้ำหลาก นอกจากนี้ความบกพร่องด้านการบริหารจัดการ การบำรุงและฟื้นฟูคูคลองที่มีอยู่เดิมหลายแห่งและคลองที่ส่งผลให้เกิด สภาวะเสื่อมโทรม การเสื่อมสภาพและความตื่นเงินของคูคลองจนไม่สามารถใช้ประโยชน์ในการระบายน้ำทิ้งและน้ำเสียออก จากตัวเมืองได้ (Uraisakul *et al.*, 2011)

การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกภายในระบบนิเวศแหล่งน้ำผิวดิน กรณีศึกษา คลองท่อ อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เพื่อประเมินสถานการณ์การปนเปื้อนของไมโครพลาสติก ในแหล่งน้ำ การจำแนกลักษณะรูปร่างและสีของไมโครพลาสติก พร้อมทั้งนำข้อมูลการศึกษาไปสู่การใช้ประโยชน์ในการกำหนดแนวทางการจัดการ การป้องกันและลดผลกระทบจากการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกภายในระบบนิเวศและระบบห่วงโซ่อาหารอื่น ๆ ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษา

คลองท่อ ตั้งอยู่ในพื้นที่ตำบลประตูชัย อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ปัจจุบันจัดเป็นคลองในพื้นที่ เมืองมรดกโลกเพียงคลองเดียวเท่านั้นที่ยังคงสภาพความเป็นลำคลอง ความยาวตลอดของคลองประมาณ 2,063 เมตร ทิศทางการระบายของน้ำภายในคลองท่อจากคลองเมือง (ทิศเหนือ) ลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา (ทิศใต้) ระดับความลึกของน้ำ 1.20 เมตร ลักษณะการใช้ประโยชน์จากคลองท่อ ได้แก่ คลองระบายน้ำออกสู่อ่างน้ำเจ้าพระยา แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากเขตพื้นที่ชุมชนและภาคครัวเรือน ทั้งยังเป็นแหล่งทรัพยากรอาหารธรรมชาติของประชาชนที่อาศัยโดยรอบพื้นที่คลองท่อ นอกจากนี้ตลอดความยาวของคลองท่อ มีรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่หลากหลายทั้งประตูละบายน้ำออกสู่อ่างน้ำเจ้าพระยา พื้นที่แหล่งชุมชนที่มีการระบายน้ำทิ้งและน้ำเสีย จากภาคครัวเรือนและพื้นที่เขตเมืองลงสู่คลองท่อโดยตรง สถานที่ราชการและประตูละบายน้ำเข้าจากคลองเมือง สำหรับลักษณะพื้นที่ท้องน้ำในสถานี KT-1 และ KT-2 ประกอบด้วยหินทั้งขนาดใหญ่ (Boulder) และก้อนหินขนาดแตกต่างกัน ขณะที่สถานี KT-3, KT-4 และ KT-5 มีลักษณะเป็นดินโคลนปนกรวดขนาดเล็ก ดังนั้นการดำเนินงานวิจัยจึงสามารถกำหนดสถานีศึกษาและ จุดเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินทั้งสิ้น 5 สถานี พร้อมทั้งสำรวจและเก็บรวบรวมตัวอย่างน้ำผิวดินสถานีศึกษาละ 3 ซ้ำ แต่ละสถานีศึกษา มีระยะห่างกัน 500 เมตร ครอบคลุมระยะทางยาวตลอดคลองท่อ (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1)

**ตารางที่ 1** สถานีศึกษาและจุดเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินบริเวณคลองท่อ อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

| สถานีศึกษา | ชื่อสถานีศึกษา | พิกัดทางภูมิศาสตร์ |
|------------|--|----------------------------|
| KT-1 | ประตูระบายน้ำออกแม่น้ำเจ้าพระยา | 14°20'30.7"N 100°33'24.5"E |
| KT-2 | เขตพื้นที่ชุมชน 1 | 14°20'47.1"N 100°33'23.0"E |
| KT-3 | สำนักงานอุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา | 14°21'03.1"N 100°33'21.6"E |
| KT-4 | เขตพื้นที่ชุมชน 2 และแนวกำแพงโบราณ | 14°21'19.3"N 100°33'20.2"E |
| KT-5 | ประตูระบายน้ำเข้าคลองเมือง | 14°21'35.6"N 100°33'18.7"E |

การเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน

การเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินจาก 5 สถานีศึกษาของคลองท่อ อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 3 ครั้งในช่วงฤดูฝน (เดือนกรกฎาคม เดือนสิงหาคม และเดือนกันยายน พ.ศ. 2563) เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อกิจกรรมการใช้ประโยชน์ภายในคลองท่อ ได้แก่ การระบายน้ำทิ้งหรือน้ำเสียจากภาคครัวเรือนและพื้นที่เขตเมือง การเร่งระบายน้ำจากคลองเมืองออกสู่อ่างน้ำเจ้าพระยา และการไหลชะของน้ำฝนจากภาคพื้นดินลงสู่คลองท่อ เป็นต้น โดยเฉพาะการใช้ประโยชน์จากคลองท่อในด้านการระบายน้ำจากคลองเมืองทางทิศเหนือ (สถานี SK-5) ออกสู่อ่างน้ำเจ้าพระยาทางทิศใต้ (SK-1) จึงเป็นที่น่าสังเกตได้ว่าหากมีการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกภายในคลองท่ออาจเป็นสาเหตุสำคัญให้เกิดการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกไปยังอ่างน้ำเจ้าพระยาต่อไป กระบวนการศึกษาได้ประยุกต์ใช้วิธีเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วง (Grab Sampling) ที่ระดับผิวน้ำถึงระดับความลึก 30 เซนติเมตร โดยเก็บตัวอย่างน้ำแต่ละสถานีศึกษาจำนวน 3 ข้ำ จากนั้นนำน้ำตัวอย่างมาบรรจุด้วยขวดพลาสติกชนิด HDPE (High density polyethylene) จำนวน 1 ลิตร และรักษาสภาพตัวอย่างน้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (Wang *et al.*, 2021)



ภาพที่ 1 แผนที่คลองท่อ แสดงสถานีศึกษาและจุดเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

การวิเคราะห์ไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำผิวดิน

การวิเคราะห์ไมโครพลาสติกจากตัวอย่างน้ำที่เก็บรวบรวมจาก 5 สถานีศึกษาของคลองท่อ อำเภอพระนครศรีอยุธยา โดยดัดแปลงวิธีวิเคราะห์ของ Masura *et al.* (2015) และ Kwon *et al.* (2020) ตัวอย่างน้ำทั้งหมดถูกนำไปกรองด้วยตะแกรง Stainless steel ขนาดรูพรุน 0.5 มิลลิเมตร เพื่อคัดแยกขยะพลาสติกขนาดใหญ่ออกจากตัวอย่างน้ำ จากนั้นนำตัวอย่างน้ำที่ผ่านการกรองมากรองผสมและนำตัวอย่างน้ำจำนวน 100 มิลลิลิตร ไปอบไล่ความชื้นด้วยตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างมาย่อยด้วยสารละลาย Hydrogen peroxide (H_2O_2) ที่ความเข้มข้น 30% (v/v) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร และนำมากรองผสมพร้อมกับให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที จากนั้นรอให้ตัวอย่างเย็นตัวลงและเติมสารละลายอิ่มตัวของ Sodium chloride (NaCl) ที่ความเข้มข้น 30% (w/v) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร กรองผสมสารละลายและตัวอย่างอีกครั้งก่อนจะทิ้งให้สารละลายเกิดการแยกชั้นที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 28.5 องศาเซลเซียส) เวลา 24 ชั่วโมง (Wu *et al.*, 2019; Najj *et al.*, 2019) นำสารละลายมากรองด้วยกระดาษกรอง GF/F Whatman (ขนาดรูพรุน 1.2 μm) ด้วยการกรองสุญญากาศและนำกระดาษกรอง GF/F มาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ Olympus BX53 เพื่อจำแนกลักษณะรูปร่างและสีของไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในตัวอย่างน้ำผิวดิน (Barrows *et al.*, 2017; Besley *et al.*, 2017; Kwon *et al.*, 2020)



การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณ ลักษณะรูปร่างและสีของไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในตัวอย่างน้ำผิวดินของแต่ละสถานีศึกษาด้วยสถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One way ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics 21(SPSS Inc. & IBM)

ผลการวิจัย

การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำผิวดิน

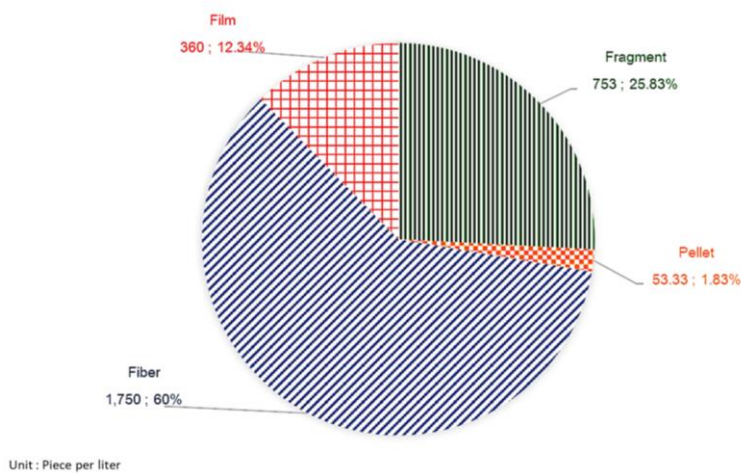
ผลวิเคราะห์การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำผิวดิน กรณีศึกษา คลองท่อ อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ทั้ง 5 สถานีศึกษา โดยดำเนินการสำรวจและเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินในเดือนกรกฎาคม เดือนสิงหาคม และเดือนกันยายน พ.ศ. 2563 พบการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกจากตัวอย่างน้ำผิวดินที่ดำเนินการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้งในทุกสถานีศึกษา จำนวนรวมทั้งสิ้น 2,916.67 ชิ้นต่อลิตร โดยเฉพาะเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2563 มีการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำผิวดินสูงสุด (1,580 ชิ้นต่อลิตร) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบแต่ละสถานีศึกษาพบว่า สถานี KT-1 มีการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกสูงสุด เท่ากับ 783.33 ชิ้นต่อลิตร (คิดเป็นร้อยละ 26.86) รองลงมา คือ สถานี KT-2 เท่ากับ 653.33 ชิ้นต่อลิตร (คิดเป็นร้อยละ 22.40) ขณะที่สถานี KT-5 พบไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำผิวดินต่ำสุด เท่ากับ 403.33 ชิ้นต่อลิตร (คิดเป็นร้อยละ 13.83) เมื่อพิจารณาข้อมูลการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำผิวดินของแต่ละสถานีศึกษา พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำผิวดินทั้ง 5 สถานีศึกษาของคลองท่อ อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2563

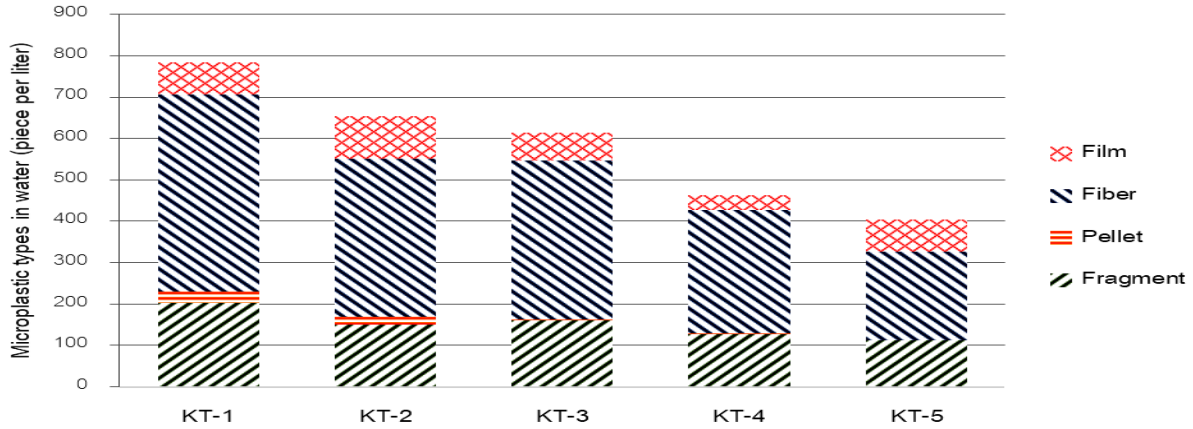
| สถานีศึกษา | การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำผิวดิน (ชิ้นต่อลิตร) | | | | ร้อยละของการปนเปื้อน ในแต่ละสถานีศึกษา |
|------------|---|--------------|--------------|----------|---|
| | เดือนกรกฎาคม | เดือนสิงหาคม | เดือนกันยายน | รวม | |
| KT-1 | 473.33 | 143.33 | 166.67 | 783.33 | 26.86 |
| KT-2 | 406.67 | 73.33 | 173.33 | 653.33 | 22.40 |
| KT-3 | 346.67 | 150.00 | 116.67 | 613.33 | 21.03 |
| KT-4 | 146.67 | 130.00 | 186.67 | 463.33 | 15.89 |
| KT-5 | 206.67 | 120.00 | 76.67 | 403.33 | 13.83 |
| รวม | 1,580.00 | 616.67 | 720.0 | 2,916.67 | 100 |

ลักษณะและสีของไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำผิวดิน

การจำแนกลักษณะรูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบในตัวอย่างน้ำผิวดินทั้ง 5 สถานีศึกษาของคลองท่าอ่ามเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยการศึกษาลักษณะรูปร่างและสีภายใต้กล้องจุลทรรศน์ Olympus BX53 สามารถจำแนกลักษณะรูปร่างของไมโครพลาสติกทั้งหมด 4 ลักษณะ ได้แก่ รูปร่างทรงกลม (Pellet) รูปร่างแบบแผ่นชิ้นเล็ก (Fragment) รูปร่างแบบเส้นใย (Fiber) และรูปร่างแบบแผ่นฟิล์ม (Film) (ภาพที่ 2) ซึ่งพบการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างแบบเส้นใยจำนวนมากที่สุด (1,750 ชิ้นต่อลิตร คิดเป็นร้อยละ 60) และพบจำนวนสูงสุดในทุกสถานีศึกษา โดยเฉพาะสถานี KT-1 (476.67 ชิ้นต่อลิตร) พบการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกสูงสุด รองลงมาคือ รูปร่างแบบแผ่นชิ้นเล็ก (753.33 ชิ้นต่อลิตร คิดเป็นร้อยละ 25.83) และรูปร่างแบบแผ่นฟิล์ม (360 ชิ้นต่อลิตร คิดเป็นร้อยละ 12.34) ขณะที่ไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างทรงกลมพบจำนวนน้อยที่สุด (53.33 ชิ้นต่อลิตร คิดเป็นร้อยละ 1.83) ในทุกสถานีศึกษา ยกเว้นสถานี KT-5 ที่ไม่พบการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างทรงกลมในตัวอย่างน้ำผิวดิน (ภาพที่ 3)

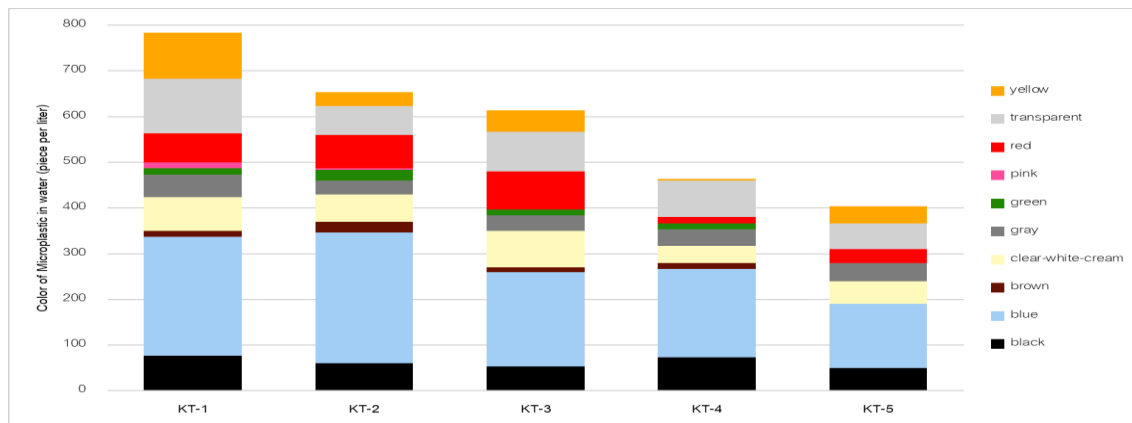


ภาพที่ 2 การจำแนกรูปร่างของไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในตัวอย่างน้ำผิวดิน กรณีศึกษา คลองท่าอ่าม อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2563

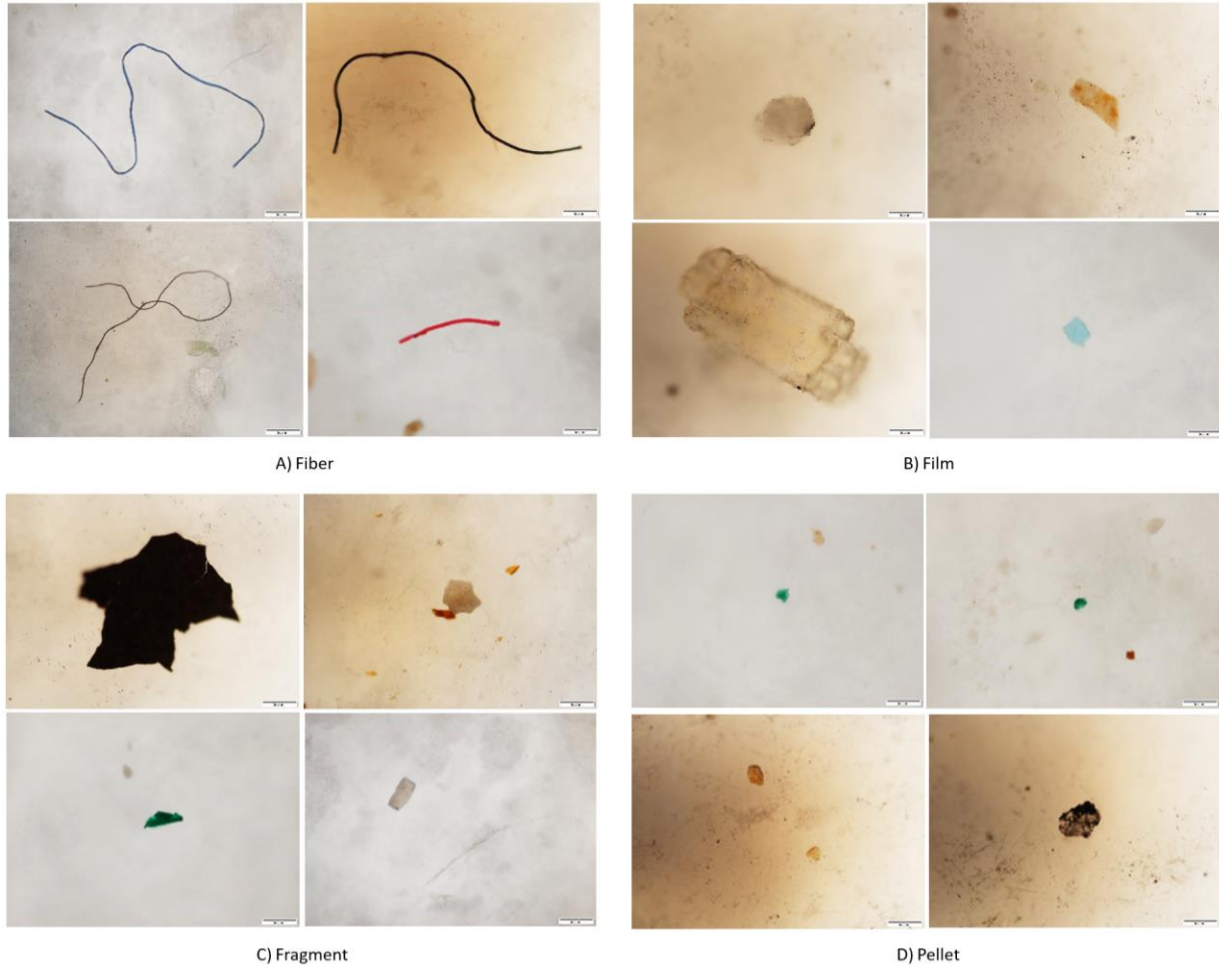


ภาพที่ 3 รูปร่างและการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำผิวดินทั้ง 5 สถานีศึกษาของคลองท่อ อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2563

ผลการจำแนกสีของไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในตัวอย่างน้ำผิวดินทั้ง 5 สถานีศึกษาของคลองท่อ โดยการสำรวจและเก็บตัวอย่างระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2563 สามารถจำแนกสีของไมโครพลาสติกทั้งหมด 10 สี ได้แก่ สีดำ น้ำเงิน น้ำตาล ขาวขุ่น เทา เขียว ชมพู แดง ขาวใส และเหลือง นอกจากนี้ยังพบว่าไมโครพลาสติกสีน้ำเงินมีการปนเปื้อนสูงสุดในทุกสถานีศึกษา จำนวนรวมทั้งสิ้น 1,086.67 ชิ้นต่อลิตร (ร้อยละ 37.26) รองลงมาคือไมโครพลาสติกสีขาวใส (406.67 ชิ้นต่อลิตร คิดเป็นร้อยละ 13.94) ขณะที่ไมโครพลาสติกสีชมพูพบการปนเปื้อนในตัวอย่างน้ำผิวดินจำนวนน้อยที่สุด โดยพบเฉพาะสถานี KT-1 (13.33 ชิ้นต่อลิตร) และสถานี KT-2 (3.33 ชิ้นต่อลิตร) เท่านั้น (ภาพที่ 4) นอกจากนี้ยังสามารถแสดงตัวอย่างลักษณะรูปร่างและสีที่ปรากฏของไมโครพลาสติกภายในคลองท่อ อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในภาพที่ 5



ภาพที่ 4 การจำแนกสีและการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำผิวดินทั้ง 5 สถานีศึกษาของคลองท่อ อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2563



ภาพที่ 5 ตัวอย่างไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำผิวดินของคลองท่อ อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำผิวดินของคลองท่อ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จาก 5 สถานีศึกษาในเดือนกรกฎาคม เดือนสิงหาคม และเดือนกันยายน พ.ศ. 2563 พบไมโครพลาสติกทั้งสิ้น 2,916.67 ชิ้นต่อลิตร โดยเฉพาะเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2563 พบการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำผิวดินสูงสุด (1,580 ชิ้นต่อลิตร) เนื่องจากเป็นช่วงที่มีจำนวนและปริมาณการตกของฝนสูงสุด (Climatological Center, 2021) จึงอาจเป็นอีกสาเหตุให้เกิดการไหลชะของน้ำบริเวณกองขยะริมตลิ่งลงสู่คลองท่อเพิ่มขึ้น นอกเหนือจากการใช้ประโยชน์ของคลองท่อในการรองรับน้ำทิ้งและน้ำเสียจากชุมชนเขตเมือง สอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่าสถานี KT-1 มีการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกสูงสุด (783.33 ชิ้นต่อลิตร) รองลงมา คือ สถานี KT-2 (653.33 ชิ้นต่อลิตร) เนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีลักษณะเป็นพื้นที่ลาดเอียงต่ำทำให้มีทิศทางการไหลของ



น้ำจากสถานี KT-5 มาสู่สถานี KT-1 (ประตูระบายน้ำออกสู่อ่างน้ำเจ้าพระยา) จึงเป็นที่น่ากังวลอย่างยิ่งว่าไมโครพลาสติกเหล่านี้สามารถปนเปื้อนเข้าสู่ระบบนิเวศแหล่งน้ำธรรมชาติได้ โดยเฉพาะการศึกษาครั้งนี้พบการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกภายในน้ำผิวดินเมื่อน้ำในคลองท่อถูกระบายออกสู่อ่างน้ำเจ้าพระยาจึงอาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตและระบบห่วงโซ่อาหารของมนุษย์ (Xiong *et al.*, 2019) สอดคล้องกับการรายงานเกี่ยวกับการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในตัวอย่างหอยเสียบที่เก็บรวบรวมตัวอย่างบริเวณชายหาดเจ้าหลาวและชายหาดคู้งวิมาน จังหวัดจันทบุรี เท่ากับ 3.13 ± 2.75 และ 2.98 ± 3.12 ชิ้นต่อตัว (Tharamon *et al.*, 2016) การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาเศรษฐกิจที่จับโดยชาวประมงและวางจำหน่ายในตลาด อำเภอสังขละ จังหวัดสงขลา ดำเนินการสำรวจระหว่างเดือนสิงหาคม และเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 พบว่าปลาที่มีแหล่งอาศัยและหากินบริเวณผิวน้ำพบไมโครพลาสติกเฉลี่ย 1.75 ชิ้นต่อกระเพาะ ขณะที่ปลาที่มีแหล่งอาศัยและหากินบริเวณแนวปะการัง ปลาที่มีแหล่งอาศัยและหากินบริเวณหน้าดินพบไมโครพลาสติกเฉลี่ย 1.24 และ 0.97 ชิ้นต่อกระเพาะ ตามลำดับ (Azad *et al.*, 2018) นอกจากนี้ยังมีรายงานเกี่ยวกับผลกระทบของไมโครพลาสติกต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในสาหร่ายสกุล *Chlorella* sp. และ *Scenedesmus* sp. (Bhattacharya *et al.*, 2010) การสะสมของไมโครพลาสติกในเนื้อเยื่อของแพลงก์ตอนสัตว์ 2 ชนิด ได้แก่ *Centropages typicus* และ *Calanus helgolandicus* ที่ส่งผลต่อการสืบพันธุ์ลดลง ไม่มีขนาดเล็กลง มีอัตราการฟักเป็นตัวต่ำ และมีอัตราการตายสูงขึ้น (Cole *et al.*, 2013) เช่นเดียวกับการสะสมของไมโครพลาสติกในเนื้อเยื่อแพลงก์ตอนสัตว์ชนิด *Daphnia magna* โดยพบการเจริญเติบโตที่ผิดปกติของตัวอ่อนและอัตราการรอดชีวิตต่ำ (Besseling *et al.*, 2014; Ogonowski *et al.*, 2016)

อย่างไรก็ตามปัญหาเกี่ยวกับปริมาณและการแพร่กระจายของขยะพลาสติกมีสาเหตุสำคัญจากความหนาแน่นของประชากร การขยายตัวอย่างรวดเร็วของพื้นที่เขตเมือง นโยบายการเร่งพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม รวมทั้งการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ได้แก่ กิจกรรมการท่องเที่ยว การอุปโภคและบริโภคภาคครัวเรือน การประมง กิจกรรมสันถนาการ และภาคอุตสาหกรรม ดังนั้นการดำเนินกิจกรรมของมนุษย์จึงเป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อปริมาณการปนเปื้อนของพลาสติกขนาดใหญ่ (Macroplastic) พลาสติกขนาดกลาง (Mesoplastic) และพลาสติกขนาดเล็ก (Microplastic) ในระบบนิเวศแหล่งน้ำ (Mani *et al.*, 2016; Dean *et al.*, 2018; Shahul Hamid *et al.*, 2018; Sterl *et al.*, 2020)

รูปร่างของไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในตัวอย่างน้ำผิวดินทั้ง 5 สถานีศึกษาของคลองท่อจำแนกได้ 4 ลักษณะ ได้แก่ ทรงกลม (Pellet) แผ่นชิ้นเล็ก (Fragment) เส้นใย (Fiber) และแผ่นฟิล์ม (Film) ซึ่งพบการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกแบบเส้นใยจำนวนมากที่สุดในทุกสถานีศึกษา (1,750 ชิ้นต่อลิตร) โดยเฉพาะสถานี KT-1 ขณะที่ไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างทรงกลมพบจำนวนน้อยที่สุด (360 ชิ้นต่อลิตร) ในทุกสถานีศึกษา แต่ไม่พบการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกแบบทรงกลมในสถานี KT-5 สำหรับการจำแนกสีของไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำผิวดินจาก 5 สถานีศึกษาของคลองท่อ สามารถจำแนกได้ 10 สี ได้แก่ สีดำ น้ำเงิน น้ำตาล ขาวขุ่น เทา เขียว ชมพู แดง ขาวใส และเหลือง โดยพบไมโครพลาสติกที่มีสีน้ำเงินปริมาณสูงสุด (1,086.67 ชิ้นต่อลิตร) รองลงมาคือ ไมโครพลาสติกสีขาวใส (406.67 ชิ้นต่อลิตร) ขณะที่ไมโครพลาสติกสีชมพูพบการปนเปื้อนในตัวอย่างน้ำผิวดินเฉพาะสถานี KT-1 (13.33 ชิ้นต่อลิตร) และ KT-2 (3.33 ชิ้นต่อลิตร) เท่านั้น ทั้งนี้การใช้ประโยชน์ของคลองท่อในปัจจุบันไม่เพียงแต่เป็นคลองสำหรับรองรับน้ำทิ้งและน้ำเสียจากชุมชนเขตเมืองเท่านั้น แต่ยังมีกิจกรรมการจับสัตว์น้ำโดยใช้อวนและแห



ในการจับปลา (Mhakeeta & Mahantararat, 2015; Srijuntrapun & Taengpun, 2020) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Shahul Hamid *et al.* (2018) ที่สรุปว่าการดำเนินกิจกรรมประมงด้วยการจับสัตว์น้ำด้วยอวนและแหที่ผลิตจากเส้นใยสังเคราะห์ จนทำให้เกิดการปนเปื้อนของไมโครพลาสติก โดยเฉพาะประเภทเส้นใย นอกจากนี้กิจกรรมการบำรุงและฟื้นฟูบริเวณริมตลิ่ง ทั้ง 2 ฝั่งด้วยการซึ่งเชือกพลาสติกป้องกันกีดขวางบริเวณริมตลิ่ง ซึ่งอาจเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการแตกหักของชิ้นส่วนพลาสติกประเภทเส้นใยสูงสุด นอกจากนี้ น้ำที่มาจากกิจกรรมการซักล้างเสื้อผ้าและวัสดุสิ่งทออาจเป็นสาเหตุสำคัญของการปนเปื้อนชิ้นส่วนไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยในแหล่งน้ำธรรมชาติ (Cesa *et al.*, 2017; De Falco *et al.*, 2019) ขยะจำพวกถุงพลาสติกหรือบรรจุภัณฑ์ที่บิ่นหรืออาจเป็นสาเหตุให้เกิดไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างแบบแผ่นฟิล์ม ขณะที่ไมโครพลาสติกแบบทรงกลม อาจเกิดจากเม็ดพลาสติกหรือไมโครบีดส์ (Microbeads) ที่เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดร่างกาย (Ta & Babel, 2019) สำหรับไมโครพลาสติกแบบแผ่นชิ้นเล็กอาจเกิดจากกระบวนการย่อยสลายทางกายภาพของผลิตภัณฑ์พลาสติกขนาดใหญ่ (Horton *et al.*, 2017) สำหรับการปรากฏตัวของไมโครพลาสติกนั้นสามารถใช้ประเมินเบื้องต้นเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมี ประเภท และแหล่งกำเนิดของผลิตภัณฑ์พลาสติกเดิมก่อนจะแตกหักด้วยกระบวนการย่อยสลายทางกายภาพ เคมี ชีวภาพ หรือการย่อยสลายด้วยแสง (Cole *et al.*, 2014) แม้ว่าสีที่ปรากฏนั้นอาจเปลี่ยนแปลงได้จากกระบวนการย่อยสลายทางกายภาพและการเกิดไบโอฟิล์ม (Stolte *et al.*, 2015) ขณะเดียวกันทั้งลักษณะรูปร่างและสีของไมโครพลาสติกที่พบภายในคลองท่อ อาจได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ การได้รับน้ำทิ้งและน้ำเสียที่ปนเปื้อนเส้นใยหรือสิ่งทอสังเคราะห์ (เสื้อผ้า พรม และเชือก) รวมถึงกิจกรรมการจับสัตว์น้ำที่สามารถทำให้เกิดการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกลงสู่ระบบนิเวศแหล่งน้ำ (Boerger *et al.*, 2010; Lusher *et al.*, 2013) ดังนั้นการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยและอนุภาคต่าง ๆ ที่มีสี สัน หลากหลายภายในคลองท่ออาจเกิดจากการดำเนินกิจกรรมเหล่านี้

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำผิวดินของคลองท่อ อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ทั้ง 5 สถานีศึกษาที่ดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำในเดือนกรกฎาคม เดือนสิงหาคม และเดือนกันยายน พ.ศ. 2563 พบไมโครพลาสติกทั้งสิ้น 2,916.67 ชิ้นต่อลิตร โดยเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2563 พบการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำสูงสุด (1,580 ชิ้นต่อลิตร) โดยเฉพาะสถานี KT-1 (783.33 ชิ้นต่อลิตร) ซึ่งการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำผิวดินมีแนวโน้มลดลงในสถานีศึกษาที่ห่างจากบริเวณระบายน้ำออกจากคลองท่อ (สถานี KT-1 เป็นประตูระบายน้ำออกสู่แม่น้ำเจ้าพระยา)

การจำแนกลักษณะรูปร่างและสีของไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในตัวอย่างน้ำผิวดินทั้ง 5 สถานีศึกษาของคลองท่อสามารถจำแนกได้ 4 ลักษณะ ได้แก่ ทรงกลม (Pellet) แผ่นชิ้นเล็ก (Fragment) เส้นใย (Fiber) และแผ่นฟิล์ม (Film) ทั้งนี้ไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างแบบเส้นใยพบการปนเปื้อนในตัวอย่างน้ำผิวดินสูงสุด (1,750 ชิ้นต่อลิตร) โดยเฉพาะสถานี KT-1 ขณะที่ไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างทรงกลมพบการปนเปื้อนในตัวอย่างน้ำผิวดินน้อยที่สุด (360 ชิ้นต่อลิตร) ในทุกสถานีศึกษา ยกเว้นสถานี KT-5 ที่ไม่พบการปนเปื้อนเลย นอกจากนี้ยังสามารถจำแนกสีของไมโครพลาสติกที่แพร่กระจายในตัวอย่างน้ำผิวดินได้ 10 สี ได้แก่ สีดำ น้ำเงิน น้ำตาล ขาวขุ่น เทา เขียว ชมพู แดง ขาวใส และเหลือง โดยไมโครพลาสติกสีน้ำเงินมีการปนเปื้อนในตัวอย่างน้ำผิวดิน



จำนวนสูงสุด (1,086.67 ชิ้นต่อลิตร) ขณะที่ไมโครพลาสติกสีชมพูพบการปนเปื้อนในตัวอย่างน้ำผิวดินน้อยที่สุด (16.67 ชิ้นต่อลิตร) และพบเฉพาะสถานี KT-1 และ KT-2 เท่านั้น

ดังนั้นการศึกษานี้เกี่ยวกับสถานการณ์การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกภายในคลองท่อ อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่มีแนวโน้มการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำผิวดินค่อนข้างสูงและอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกเข้าสู่ระบบห่วงโซ่อาหาร (Wang *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2021; Ta & Babel, 2021) ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการปนเปื้อนดังกล่าวบ่งบอกถึงผลกระทบต่อกรดำเนินการดำเนินงานของมนุษย์และลักษณะการใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามผลการศึกษาดังกล่าวสามารถนำมากำหนดแนวทางการจัดการระบบระบายน้ำทิ้งหรือน้ำเสียจากภาคครัวเรือนและแหล่งชุมชนในเบื้องต้น นอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมกิจกรรมรณรงค์ตั้งขยะมูลฝอยและส่งเสริมให้หน่วยงานในพื้นที่จัดหาถังขยะที่เพียงพอ เพื่อลดปัญหาการทิ้งขยะและกองขยะมูลฝอยบริเวณริมตลิ่ง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้อำนวยการอุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา เป็นอย่างยิ่งที่ให้ความอนุเคราะห์ต่อการศึกษาและการเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินบริเวณคลองท่อ อำเภอพระนครศรีอยุธยา เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งของนครประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยาและเมืองบริวาร ที่ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นมรดกโลก จึงทำให้การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้อย่างดี นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและสาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการและกล้องจุลทรรศน์ Olympus BX53 ตลอดการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Akhbarizadeh, R., Moore, F., Keshavarzi, B., & Moeinpour, A. (2017). Microplastic polymers and potentially toxic elements in coastal sediments of Iran's main oil terminal (Khark Island). *Environmental Pollution*, 220, 720-731.
- Azad, S.M.O., Towatana, P., Pradit, S., Patricia, B.G., Hue, H.T., & Jualaong, S. (2018). First evidence of existence of microplastic in stomach of some commercial fishes in the Lower Gulf of Thailand. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(6), 7345-7360.
- Barrows, A.P.W., Neumann, C.A., Berger, M.L., & Shaw, S.D. (2017). Grab: vs. neuston tow net: A microplastic sampling performance comparison and possible advances in the field. *Analytical Methods*, 9, 1446-1453.



Besley, A., Vijver, M.G., Behrens, P., & Boske, B. (2017). A standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand. *Marine Pollution Bulletin*, 114(1), 77-83.

Besseling, E., Wang, B., LÜrling, M., & Koelmans, A.A. (2014). Nanoplastic affects growth of *S. obliquus* and reproduction of *D. magna*. *Environmental Science & Technology*, 48(20), 12336-12343.

Bhattacharya, P., Lin, S., Turner, J.P., & Ke, P.C. (2010). Physical adsorption of charged plastic nanoparticles affects algal photosynthesis. *The Journal of Physical Chemistry C*, 114(39), 16556–16561.

Boerger, C.M., Lattin, G.L., Moore, S.L., & Moore, C.J. (2010). Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 60(12), 2275-2278.

Campanale, C., Stock, F., Massarelli, C., Kochleus, C., Bagnuolo, G., Reierscheid, G., & Uricchio, V. (2019). Microplastics and their possible sources: The example of Ofanto river in Southeast Italy. *Environmental Pollution*, 258, 113284.

Campanale, C., Massarelli, C., Savino, I., Locaputo, V., & Uricchio, V.F. (2020). A detailed review study on potential effects of microplastics and additives of concern on human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(4), 1212.

Cesa, F.S., Turra, A., & Baruque-Ramos, J. (2017). Synthetic fibers as microplastics in the marine environment: A review from textile perspective with a focus on domestic washings. *Science of the Total Environment*, 598, 1116-1129.

Climatological Center. (2021). Weather forecast - Thai Meteorological Department. Retrieved July 20, 2021, from <http://climate.tmd.go.th/map/thailand>.

Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J., & Galloway, T.S. (2013). Microplastics ingestion by zooplankton. *Environmental Science & Technology*, 47(12), 6646-6655.



- Cole, M., Webb, H., Lindeque, P.K., Fileman, E.S., Halsband, C., & Galloway, T.S. (2014). Isolation of microplastics in biota-rich seawater samples and marine organisms. *Scientific Reports*, 4, 4528.
- De Falco, F., Di Pace, E., Cocca, M., & Avella, M. (2019). The contribution of washing processes of synthetic clothes to microplastic pollution. *Scientific Reports*, 9, 6633.
- Dean, B.Y., Corcoran, P.L., & Helm, P.A. (2018). Factors influencing microplastic abundances in nearshore, tributary and beach sediments along the Ontario shoreline of Lake Erie. *Journal of Great Lakes Research*, 44, 1002-1009.
- Desforges, J.P.W., Galbraith, M., Dangerfield, N., & Ross, P.S. (2014). Widespread distribution of microplastics in subsurface seawater in the NE Pacific Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 79, 94-99.
- Horton, A.A., Walton, A., Spurgeon, D.J., Lahive, E., & Svendsen, C. (2017). Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Science of the Total Environment*, 586, 127-141.
- Kemsawasd, V. (2016). Microplastics: From cosmetics to food contaminants. *Thai Journal of Toxicology*, 31(1), 50-61.
(in Thai)
- Kwon, O.Y., Kang, J.H., Hong, S.H., & Shim, W.J. (2020). Spatial distribution of microplastic in the surface waters along the coast of Korea. *Marine Pollution Bulletin*, 155, 1-8.
- Lusher, A.L., Mchugh, M., & Thompson, R.C. (2013). Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Marine Pollution Bulletin*, 67 (1-2), 94-99.
- Maes, T., Van der Meulen, M.D., Devriese, L.I., Leslie, H.A., Huvet, A., Frère, L., Robbens, J., & Vethaak, A.D. (2017). Microplastics baseline surveys at the water surface and in sediments of the North-East Atlantic. *Frontiers in Marine Science*, 4, 135.



- Mani, T., Hauk, A., Walter, U., & Burkhardt-Holm, P. (2016). Microplastics profile along the Rhine River. *Scientific Reports*, 5, 1-7.
- Masura, J., Baker, J., Foster, G., & Arthur, C. (2015). *Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments*. NOAA Technical Memorandum, NOS-OR&R – 48.
- Mhakeeta, C., & Mahantarat, T. (2015). World heritage: Power, conflict and change in the Historical City of Ayutthaya. *Suan Dusit Graduate School Academic Journal*, 11(1), 197-206. (in Thai)
- Naji, A., Esmaili, Z., Mason, S.A., & Vethaak, A.D. (2017). The occurrence of microplastic contamination in littoral sediments of the Persian Gulf, Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 20459-20468.
- Naji, A., Nuri, M., Amiri, P., & Niyogi, S. (2019). Small microplastic particles (S-MPPs) in sediments of mangrove ecosystem on the northern coast of the Persian Gulf. *Marine Pollution Bulletin*, 146, 305-311.
- Ogonowski, M., SchÜrr, C., Jarsén, Å., & Gorokhova, E. (2016). The effect of natural and anthropogenic microparticles on individual fitness in *Daphnia magna*. *PLoS One*, 11, 1-20.
- Prata, J.C. (2018). Airborne microplastics: Consequences to human health?. *Environmental Pollution*, 234, 115-126.
- Rillig, M.C., Ingraffia, R., & de Souza Machado, A.A. (2017). Microplastic incorporation into soil in agroecosystems. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1805.
- Sarasamma, S., Audira, G., Siregar, P., Malhotra, N., Lai, Y.H., Liang, S.T., Chen, J.R., Chen, K.H., & Hsiao, C.D. (2020). Nanoplastics cause neurobehavioral impairments, reproductive and oxidative damages, and biomarker responses in zebrafish: throwing up alarms of wide spread health risk of exposure. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(4), 1-27.



- Shahul Hamid, F., Bhatti, M.S., Anuar, N., Mohan, P., & Periathamby, A. (2018). Worldwide distribution and abundance of microplastic: How dire is the situation? *Waste Management & Research*, 36(10), 873-897.
- Srijuntrapun, P., & Taengpun, P. (2020). Tragedy of the commons of the historical canal in the historic city, Phra Nakhon Si Ayutthaya. *Humanity and Social Science Journal, Ubon Ratchathani University*, 11(2), 86-105.
- Sterl, M.F., Delandmeter, P., & Seville, E. (2020). Influence of barotropic tidal currents on transport and accumulation of floating microplastics in the global open ocean. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125, 1-13.
- Stolte, A., Forster, S., Gerdts, G., & Schubert, H. (2015). Microplastic concentrations in beach sediments along the German Baltic coast. *Marine Pollution Bulletin*, 99(1-2), 216-229.
- Ta, A., & Babel, S. (2019). Microplastic pollution in surface water of the Chao Phraya River in Ang Thong area. *EnvironmentAsia*, 12, 48-53.
- Tharaman, P., Praisamkul, S., & Leitpatom, N. (2016). Contamination of micro-plastic in bivalve mollusk at Chao Lao beach and the beach at Kung Wiman Chanthaburi Province. Chanthaburi: Faculty of Marine Technology Burapha University Chanthaburi Campus. (in Thai)
- Uraisakul, S., Intaraprasit, N., & Uraisakul, K. (2011). *Study on character and Image of Historical City, Phranakorn Si Ayuttaya, as the one of World Heritage*. Retrieved July 10, 2021, from https://cscd.kku.ac.th/uploads/proceeding/140611_110902.pdf. (in Thai)
- Wang, G., Lu, J., Li, W., Ning, J., Zhou, L., Tong, Y., Liu, Z., Zhou, H., & Xiayihazi, N. (2021). Seasonal variation and risk assessment of microplastics in surface water of the Manas River Basin, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 208, 111477.
- Wang, Y., Zou, X., Peng, C., Qiao, S., Wang, T., Yu, W., Khokiattiwong, S., & Kornkanitnan, N. (2021). Occurrence and distribution of microplastics in surface sediments from the Gulf of Thailand. *Marine Pollution Bulletin*, 152, 110916.



- Waring, R.H., Harrisa, R.M., & Mitchell, S.C. (2018). Plastic contamination of the food chain: a threat to human health? *Maturitas*, 115, 64-68.
- Wu, N., Zhang, Y., Zhang, X., Zhao, Z., He, J., Li, W., Ma, Y., & Niu, Z. (2019). Occurrence and distribution of microplastics in the surface water and sediment of two typical estuaries in Bohai Bay, China. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 21, 1143-1152.
- Xiong, X., Tu, Y., Chen, X., Jiang, X., Shi, H., Wu, C., & Elser, J.J. (2019). Ingestion and egestion of polyethylene microplastics by goldfish (*Carassius auratus*): influence of color and morphological features. *Heliyon*, 5(12), e03063.
- Xu, P., Peng, G., Su, L., Gao, Y., Gao, L., & Li, D. (2018). Microplastic risk assessment in surface waters: A case study in the Changjiang Estuary, China. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 654-647.
- Yong, C.Q.Y., Valiyaveetill, S., & Tang, B.L. (2020). Toxicity of microplastics and nanoplastics in mammalian systems. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(5), 1-24.