สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

2(3)

# รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

# คุณภาพน้ำและความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำระหว่าง $BOD_5$ และ COD ของแม่น้ำบางปะกง

# THE WATER QUALITY AND CORRELATION OF WATER QUALITY INDEX BETWEEN $BOD_5$ AND COD IN THE BANGPAKONG RIVER

โดย

วันดี นิลสำราญจิต
สุวรรณา จันทร์ประเสริฐ
ลาวัลย์ เอียวสวัสดิ์

28 พ.ย. 2545
159794

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2543

# กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จของงานวิจัยเรื่องนี้ที่ลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น คณะผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์ทางด้านงบประมาณในการทำวิจัยจากทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2543 ของมหาวิทยาลัยบูรพา คณะผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ อีกทั้งขอขอบพระคุณคณบดีคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ให้ใช้ห้องปฏิบัติการ และให้โอกาสในการฝึกฝนพัฒนานักวิจัยเป็นอย่างดี

อนึ่งงานวิจัยนี้จะสำเร็จลงมิได้ ถ้าปราศจากความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจจากอาจารย์ คนัย บวรเกียรติกุล และคณาจารย์ภาควิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา และขอขอบคุณ คุณรจฤดี โชติกาวินทร์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม ที่ได้ให้การอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ ขอขอบคุณ คุณวัลลภ ใจดี, คุณประสิทธิ์ โชคช่วยพัฒนากิจ คุณเอกรินทร์ สายศรีหยุด คุณรักชาติ เหรียญทอง คุณสรายุธ บุญนาค คุณสุณัฐชัย จินดาศรี คุณสุรเชษฐ์ เพชรเหมือน คุณเนตรน้อย บัวขาว คุณพิริยะพงศ์ นกเล็ก คุณอัญชนา บัวแปลง และคุณพิชาดา คำสุมาลี ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างน้ำเป็นอย่างดีตลอดการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านที่เกี่ยวข้องทั้งที่ได้กล่าวนามและไม่ได้กล่าวนามมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้วิจัย

# บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณภาพน้ำและความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี $BOD_5$ และ COD ของแม่น้ำบางปะกง โดยนำตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกงตลอดลำน้ำในช่วงระยะ 230 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ โดยเก็บตัวอย่างจาก 11 สถานี ตั้งแต่อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา ถึงอำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี นอกจากนี้ยังทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำพระปรง (สถานี 11) และแม่น้ำหนุมาน (สถานี 10) ซึ่งเป็นแม่น้ำสาขาก่อนที่จะรวมกันเป็นแม่น้ำปราจีนบุรี (แม่น้ำบางปะกงสายหลักในการศึกษาครั้งนี้) ในช่วง 10 เดือน ๆ ละ 1 ครั้ง ๆ ละ 2 วัน ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2542 ถึง กรกฎาคม 2543 โดยทำการศึกษาดัชนีจำนวน 9 ดัชนี คือ พีเอช อุณหภูมิ ความเค็ม ความนำไฟฟ้า ของแข็งละลายน้ำ ออกซิเจนละลายน้ำ ความขุ่น บีโอดี และซีโอดี ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

ค่าเฉลี่ย pH เท่ากับ 6.95 และ 6.82 ในฤดูแล้ง และฤดูน้ำตามลำดับ อุณหภูมิของน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 23.10 ถึง 33.60 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ย 29.29 องศาเซลเซียส

ในฤดูแล้ง พบค่าความเค็มค่อนข้างสูงในช่วง 0.30 ถึง 31.20 ส่วนในพันส่วน ค่าเฉลี่ย $5.49 \pm 9.01$ ส่วนในพันส่วน และพบความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกงขึ้นสูงถึงอำเภอบ้านสร้างที่ระยะทาง 150 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ สำหรับฤดูน้ำความเค็มเฉลี่ย $0.36 \pm 0.05$ ส่วนในพันส่วน ค่าเฉลี่ยความนำไฟฟ้า $9.62 \pm 14.93$ mS และ $0.17 \pm 0.12$ mS ของแข็งละลายน้ำเฉลี่ย $5,431.72 \pm 8,789.01$ มิลลิกรัมต่อลิตร และ $101.95 \pm 70.22$ มิลลิกรัมต่อลิตร ความขุ่นเฉลี่ย $95.90 \pm 132.32$ NTU และ $58.43 \pm 19.93$ NTU ในช่วงฤดูแล้ง และฤดูน้ำ ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ $3.70 \pm 1.20$ และ $4.12 \pm 1.71$ มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ย $BOD_5$ เท่ากับ $1.21 \pm 0.65$ และ $0.93 \pm 0.47$ มิลลิกรัมต่อลิตร ค่า เฉลี่ย COD เท่ากับ $77.98 \pm 104.62$ และ $13.01 \pm 7.92$ มิลลิกรัมต่อลิตร ในฤดูแล้ง และฤดูน้ำ ตามลำดับ

จากการศึกษาพบว่า ทั้ง $BOD_5$ และ COD ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p = 0.117$ และ $p = 0.223$ ในฤดูแล้ง และฤดูน้ำตามลำดับ

# ABSTRACT

The purposes of this research are to identify water quality and to determine the correlation of water quality indexes between $BOD_5$ and COD in the Bangpakong River. Eleven sampling stations along 230 km long were established at the Bangpakong River, from Bangpakong district in Chachoengsao province to Kabinburi district in Prachinburi province, in order to facilitate the sample collection. Additionally, two other sites were established in two upstream tributaries, including at the Hanuman (station 10) and Praprong Rivers (station 11). The Hanuman and Praprong rivers join together at Kabinburi district to form the Bangpakang River. The collected samples were analyzed in a monthly basis over a ten month period (October 1999 - July 2000). In the sample analysis process, nine significant parameters - pH, temperature, salinity, conductivity, total dissolved solid, dissolved oxygen, turbidity, chemical oxygen demand and biochemical oxygen demand - are included. The results of this research are shown in the following:

The average values of pH were 6.95 and 6.82 in the dry and wet seasons respectively. While water temperature values were found in the range of 23.10°C to 33.60°C, at the average of 29.29°C.

In the dry season, salinity values were found in the range of 0.30 - 31.20 ppt, and found up till Bansang district, Prachinburi province, with 150 kms from the river mouth. The average salinity values were 5.49 $\pm$ 9.01 ppt and 0.36 $\pm$ 0.05 ppt in the dry and wet seasons respectively. The average of conductivity value was at 9.62 $\pm$ 14.93 mS and 0.17 $\pm$ 0.12 mS, while the TDS average values were at 5.431.72 $\pm$ 8,789.01 and 101.95 $\pm$ 70.22 mg/l. The average of turbidity was 95.90 $\pm$ 132.32 NTU and 58.43 $\pm$ 19.92 NTU during the dry and wet seasons, respectively.

The average of dissolved oxygen was 3.70 $\pm$ 1.20 mg/l and 4.12 $\pm$ 1.71 mg/l. The average $BOD_5$ values were 1.21 $\pm$ 0.65 mg/l and 0.93 $\pm$ 0.47 mg/l. The average COD values were 77.98 $\pm$ 104.62 mg/l and 13.01 $\pm$ 7.92 mg/l in the dry and wet seasons respectively.

It was found that $BOD_5$ and COD values had no association at $p = 0.117$ and $p = 0.223$ during the wet and dry seasons.

# สารบัญ


| | | หน้า |
|---|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | | ก |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | | ข |
| สารบัญ | | ค |
| สารบัญตาราง | | จ |
| สารบัญภาพ | | ช |
| บทที่ 1 | บทนำ | |
| 1.1 | ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| 1.2 | วัตถุประสงค์ของโครงการ | 2 |
| 1.3 | ขอบเขตของการวิจัย | 2 |
| 1.4 | คำนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย | 3 |
| บทที่ 2 | ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 4 |
| 2.1 | ลักษณะภูมิอากาศบริเวณลุ่มน้ำบางปะกงและลุ่มน้ำปราจีนบุรี | 4 |
| 2.2 | ลักษณะของลำน้ำบางปะกง | 6 |
| 2.3 | สารอินทรีย์ในน้ำเสีย | 9 |
| 2.4 | ความต้องการออกซิเจนในขบวนการกำจัดมลพิษของน้ำเสีย | 10 |
| 2.5 | การวิเคราะห์สารอินทรีย์ในน้ำ | 12 |
| 2.6 | $BOD_5$ (biochemical oxygen demand) | 12 |
| 2.7 | COD (chemical oxygen demand) | 20 |
| 2.8 | งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 25 |
| บทที่ 3 | วิธีดำเนินการวิจัย | 30 |
| 3.1 | สถานีเก็บตัวอย่างน้ำ | 30 |
| 3.2 | จุดเก็บตัวอย่างน้ำ | 31 |
| 3.3 | วิธีการเก็บข้อมูลอัตราการไหลของน้ำ | 31 |
| 3.4 | วิธีการเก็บตัวอย่าง | 32 |
| 3.5 | วิธีการตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการหาค่า บีโอดี ($BOD_5$) | 33 |
| 3.6 | วิธีการตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการหาค่า ซีโอดี (COD) | 36 |
| 3.7 | การวิเคราะห์ทางสถิติ | 39 |

| | | หน้า |
|---|---|---|
| บทที่ 4 | ผลการศึกษาวิจัย..... | 40 |
| 4.1 | ลักษณะทั่วไปของน้ำในแม่น้ำบางปะกง..... | 40 |
| 4.2 | คุณภาพน้ำแม่น้ำบางปะกง..... | 44 |
| 4.3 | การวิเคราะห์สถิติการกระจายตัวและความสัมพันธ์ของข้อมูล..... | 63 |
| บทที่ 5 | สรุป วิจารณ์และเสนอแนะผลการศึกษา..... | 68 |
| 5.1 | สรุปผลการศึกษา..... | 68 |
| 5.2 | วิจารณ์ผลการศึกษา..... | 70 |
| 5.3 | เสนอแนะจากผลการศึกษา..... | 71 |
| บรรณานุกรม..... | | 72 |
| ภาคผนวก..... | | 74 |
| ภาคผนวก ก | สภาพดินฟ้าอากาศ และสภาพลำน้ำขณะทำการเก็บตัวอย่าง | 75 |
| ภาคผนวก ข | ดัชนีคุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกง ณ สถานีต่าง ๆ จำแนกรายเดือน | 81 |
| ภาคผนวก ค | มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน | 91 |
| ภาคผนวก ‘ | ภาพถ่ายสถานีเก็บตัวอย่างน้ำและสภาพลำน้ำ | 95 |

# สารบัญตาราง


| | | หน้า |
|---|---|---|
| **ตารางที่ 1** | ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศ, ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณฝนรวม บริเวณลุ่มน้ำบางปะกงและลุ่มน้ำปราจีนบุรี ในช่วงเดือน ตุลาคม 2542 ถึง กรกฎาคม 2543 | 4 |
| **ตารางที่ 2** | ปริมาณ BOD loading ของแหล่งชุมชนในแม่น้ำบางปะกง สายหลักปี 2541 (8) | 9 |
| **ตารางที่ 3** | ผลของระยะเวลา reflux ต่อการหาค่า COD วิธีไดโครเมต โดยใช้ $AgSO_4$ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา | 23 |
| **ตารางที่ 4** | การเปรียบเทียบค่า COD และ $BOD_5$ ของสารประกอบอินทรีย์คาร์บอนเทียบกับความต้องการออกซิเจนตามทฤษฎี | 29 |
| **ตารางที่ 5** | ตำแหน่งและสถานที่ตั้งของสถานีเก็บตัวอย่างน้ำ | 30 |
| **ตารางที่ 6** | ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าดัชนีต่าง ๆ ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู | 46 |
| **ตารางที่ 7** | การกระจายตัวของข้อมูลคุณภาพน้ำจากแม่น้ำบางปะกง | 63 |
| **ตารางที่ 8** | Spearman rank correlation coefficients (Rho) ของดัชนีคุณภาพจากแม่น้ำบางปะกง | 64 |
| **ตารางที่ 9** | สภาพดินฟ้าอากาศ และสภาพลำน้ำขณะทำการเก็บตัวอย่าง ประจำเดือนตุลาคม | 76 |
| **ตารางที่ 10** | สภาพดินฟ้าอากาศ และสภาพลำน้ำขณะทำการเก็บตัวอย่าง ประจำเดือน พฤศจิกายน | 76 |
| **ตารางที่ 11** | สภาพดินฟ้าอากาศ และสภาพลำน้ำขณะทำการเก็บตัวอย่าง ประจำเดือน ธันวาคม | 77 |
| **ตารางที่ 12** | สภาพดินฟ้าอากาศ และสภาพลำน้ำขณะทำการเก็บตัวอย่าง ประจำเดือน มกราคม | 77 |
| **ตารางที่ 13** | สภาพดินฟ้าอากาศ และสภาพลำน้ำขณะทำการเก็บตัวอย่าง ประจำเดือน กุมภาพันธ์ | 78 |
| **ตารางที่ 14** | สภาพดินฟ้าอากาศ และสภาพลำน้ำขณะทำการเก็บตัวอย่าง ประจำเดือนมีนาคม | 78 |

หน้า


| | | |
|---|---|---|
| **ตารางที่ 15** | สภาพดินฟ้าอากาศ และสภาพลำน้ำขณะทำการเก็บตัวอย่าง ประจำเดือน เมษายน | 79 |
| **ตารางที่ 16** | สภาพดินฟ้าอากาศ และสภาพลำน้ำขณะทำการเก็บตัวอย่างประจำเดือน พฤษภาคม | 79 |
| **ตารางที่ 17** | สภาพดินฟ้าอากาศ และสภาพลำน้ำขณะทำการเก็บตัวอย่างประจำเดือน มิถุนายน | 80 |
| **ตารางที่ 18** | สภาพดินฟ้าอากาศ และสภาพลำน้ำขณะทำการเก็บตัวอย่างประจำเดือน กรกฎาคม | 80 |
| **ตารางที่ 19** | ความขุ่นของน้ำในแม่น้ำบางปะกง ณ สถานีต่าง ๆ จำแนกรายเดือน (ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2542 ถึง กรกฎาคม 2543) | 82 |
| **ตารางที่ 20** | ของแข็งละลายน้ำของน้ำในแม่น้ำบางปะกง ณ สถานีต่าง ๆ จำแนกรายเดือน (ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2542 ถึง กรกฎาคม 2543) | 83 |
| **ตารางที่ 21** | ความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกง ณ สถานีต่าง ๆ จำแนกราย เดือน (ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2542 ถึง กรกฎาคม 2543) | 84 |
| **ตารางที่ 22** | ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในแม่น้ำบางปะกง ณ สถานีต่าง ๆ จำแนกรายเดือน (ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2542 ถึง กรกฎาคม 2543) | 85 |
| **ตารางที่ 23** | พีเอช ของน้ำในแม่น้ำบางปะกง ณ สถานีต่าง ๆ จำแนกราย เดือน (ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2542 ถึง กรกฎาคม 2543) | 86 |
| **ตารางที่ 24** | อุณหภูมิของน้ำ ของน้ำในแม่น้ำบางปะกง ณ สถานีต่าง ๆ จำแนกรายเดือน (ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2542 ถึง กรกฎาคม 2543) | 87 |
| **ตารางที่ 25** | ออกซิเจนละลายน้ำในแม่น้ำบางปะกง ณ สถานีต่าง ๆ จำแนก รายเดือน (ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2542 ถึง กรกฎาคม 2543) | 88 |
| **ตารางที่ 26** | บีโอดีของน้ำในแม่น้ำบางปะกง ณ สถานีต่าง ๆ จำแนกราย เดือน (ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2542 ถึง กรกฎาคม 2543) | 89 |
| **ตารางที่ 27** | ซีโอดีของน้ำในแม่น้ำบางปะกง ณ สถานีต่าง ๆ จำแนกราย เดือน (ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2542 ถึง กรกฎาคม 2543) | 90 |

# สารบัญภาพ


| | | หน้า |
|---|---|---|
| **ภาพที่ 1** | ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศ บริเวณลุ่มน้ำบางปะกงและลุ่มน้ำปราจีนบุรี ในช่วงเดือนตุลาคม 2542 ถึง กรกฎาคม 2543 | 5 |
| **ภาพที่ 2** | ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณฝนรวม บริเวณลุ่มน้ำบางปะกงและลุ่มน้ำปราจีนบุรี ในช่วงเดือนตุลาคม 2542 ถึง กรกฎาคม 2543 | 5 |
| **ภาพที่ 3** | ขบวนการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในลำน้ำโดยขบวนการทางชีววิทยา | 13 |
| **ภาพที่ 4** | เส้น $BOD_5$ curve a) curve ปกติแสดงการออกซิไดซ์ของสารอินทรีย์ b) ผลการ nitrification | 14 |
| **ภาพที่ 5** | เส้น $BOD_5$ ของน้ำใสจากถังย่อยสลายตะกอน A) คือเส้น $BOD_5$ ปกติที่ควรเป็น B) คือ $BOD_5$ ของตัวอย่างน้ำที่เกิด lag phase | 19 |
| **ภาพที่ 6** | พื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงและลุ่มน้ำปราจีนบุรี และจุดเก็บตัวอย่างน้ำ | 31 |
| **ภาพที่ 7** | ค่าดัชนีพีเอช (pH) ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง ในภาพสามมิติ จำแนกตามเดือน และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ | 44 |
| **ภาพที่ 8** | ค่าเฉลี่ย และ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของดัชนี พีเอช (pH) ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ | 45 |
| **ภาพที่ 9** | Boxplot ของดัชนีพีเอช (pH) ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดูกาล | 45 |
| **ภาพที่ 10** | ค่าดัชนีอุณหภูมิของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง ในภาพสามมิติ จำแนกตามเดือน และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ | 47 |
| **ภาพที่ 11** | ค่าเฉลี่ย และ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของดัชนีอุณหภูมิ ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ | 47 |
| **ภาพที่ 12** | Boxplot ของดัชนีอุณหภูมิของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู | 48 |

| | | หน้า |
|---|---|---|
| **ภาพที่ 13** | ค่าดัชนีความเค็มของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง ในภาพสามมิติ จำแนกตามเดือน และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ | 49 |
| **ภาพที่ 14** | ค่าเฉลี่ย และ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของดัชนีความเค็ม ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ | 49 |
| **ภาพที่ 15** | Boxplot ของดัชนีความเค็มของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู | 50 |
| **ภาพที่ 16** | ค่าดัชนีความนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง ในภาพสามมิติ จำแนกตามเดือน และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ | 51 |
| **ภาพที่ 17** | ค่าเฉลี่ย และ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของดัชนีความนำไฟฟ้า ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ | 51 |
| **ภาพที่ 18** | Boxplot ของดัชนีความนำไฟฟ้า ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู | 52 |
| **ภาพที่ 19** | ค่าดัชนีของแข็งละลายน้ำของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง ในภาพสามมิติ จำแนกตามเดือน และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ | 52 |
| **ภาพที่ 20** | ค่าเฉลี่ย และ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของดัชนีของแข็งละลายน้ำ ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ | 53 |
| **ภาพที่ 21** | Boxplot ของดัชนีของแข็งละลายน้ำ ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู | 53 |
| **ภาพที่ 22** | ค่าดัชนีความขุ่นของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง ในภาพสามมิติ จำแนกตามเดือน และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ | 54 |
| **ภาพที่ 23** | ค่าเฉลี่ย และ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของดัชนีความขุ่น ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ | 55 |
| **ภาพที่ 24** | Boxplot ของดัชนีความขุ่น ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู | 55 |

| | | หน้า |
|---|---|---|
| **ภาพที่ 25** | ค่าดัชนีออกซิเจนละลายน้ำของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง ในภาพสามมิติ จำแนกตามเดือน และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ | 56 |
| **ภาพที่ 26** | ค่าเฉลี่ย และ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของดัชนีออกซิเจนละลายน้ำ ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ | 57 |
| **ภาพที่ 27** | Boxplot ของดัชนีออกซิเจนละลายน้ำ ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู | 57 |
| **ภาพที่ 28** | ค่าดัชนีบีโอดี ($BOD_5$) ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง ในภาพสามมิติ จำแนกตามเดือน และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ | 59 |
| **ภาพที่ 29** | ค่าเฉลี่ย และ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของดัชนีบีโอดี ($BOD_5$) ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ | 59 |
| **ภาพที่ 30** | Boxplot ของดัชนีบีโอดี ($BOD_5$) ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู | 60 |
| **ภาพที่ 31** | ค่าดัชนีซีโอดี (COD) ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง ในภาพสามมิติ จำแนกตามเดือน และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ | 61 |
| **ภาพที่ 32** | ค่าเฉลี่ย และ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของดัชนีซีโอดี (COD) ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ | 61 |
| **ภาพที่ 33** | Boxplot ของดัชนีซีโอดี (COD) ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู | 62 |
| **ภาพที่ 34** | ลักษณะการกระจายของข้อมูลและเส้นสมการถดถอยเชิงเส้นของความสัมพันธ์ระหว่าง $BOD_5$ และ COD ของน้ำจากแม่น้ำบางปะกง ในฤดูน้ำ | 66 |
| **ภาพที่ 35** | ลักษณะการกระจายของข้อมูลและเส้นสมการถดถอยเชิงเส้นของความสัมพันธ์ระหว่าง $BOD_5$ และ COD ของน้ำจากแม่น้ำบางปะกง ในฤดูแล้ง | 67 |
| **ภาพที่ 36** | สภาพลำน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณสะพานพระปรง อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรีในฤดูแล้ง | 96 |

| | | หน้า |
|---|---|---|
| **ภาพที่ 37** | สภาพลำน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณสะพานพระปรง อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรีในฤดูน้ำ | 96 |
| **ภาพที่ 38** | สภาพลำน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณสะพานหนุมาน อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรีในฤดูแล้ง | 97 |
| **ภาพที่ 39** | สภาพลำน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณสะพานหนุมาน อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรีในฤดูน้ำ | 97 |
| **ภาพที่ 40** | สภาพลำน้ำ ณ จุดบรรจบของแม่น้ำปราจีนบุรี หรือแม่น้ำบางปะกง สายหลักในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ แม่น้ำหนุมาน และแม่น้ำพระปรง อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี | 98 |
| **ภาพที่ 41** | สภาพลำน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่างน้ำชั่วคราว บริเวณวัดปากแพรก อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรีในฤดูแล้ง | 98 |
| **ภาพที่ 42** | สภาพลำน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณวัดปากแพรก อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี ในฤดูน้ำ ซึ่งสะพานชั่วคราวถูกรื้อถอนแล้ว | 99 |
| **ภาพที่ 43** | สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณสะพานศรีมหาโพธิ์ อำเภอศรีมหาโพธิ์ จังหวัดปราจีนบุรี | 99 |
| **ภาพที่ 44** | สภาพลำน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณสะพานณรงค์ดำริห์ อำเภอเมืองปราจีนบุรี จังหวัดปราจีนบุรี | 100 |
| **ภาพที่ 45** | สภาพลำน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณสะพานบ้านสร้าง อำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี | 100 |
| **ภาพที่ 46** | สภาพลำน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณสะพานบางขนาก อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา | 101 |
| **ภาพที่ 47** | สภาพลำน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณสะพานวัดบางตลาด กิ่งอำเภอคลองเขื่อนจังหวัดฉะเชิงเทรา | 101 |
| **ภาพที่ 48** | สภาพลำน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณสะพานฉะเชิงเทรา อำเภอเมืองฉะเชิงเทรา จังหวัดฉะเชิงเทรา | 102 |
| **ภาพที่ 49** | สภาพลำน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณสะพานบ้านโพธิ์ อำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา | 102 |
| **ภาพที่ 50** | สภาพลำน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณสะพานเทพหัสดิน อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา | 103 |

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แม่น้ำบางปะกงเป็นแม่น้ำสายหลักที่สำคัญของภาคตะวันออกของประเทศไทย มีต้นกำเนิดจากแม่น้ำสายใหญ่ 2 สาย คือ แม่น้ำนครนายกที่ไหลมาจากเทือกเขาสันกำแพงและบริเวณที่ราบสูงทางตอนเหนือของจังหวัดนครนายก มาบรรจบกับแม่น้ำปราจีนบุรีที่เกิดจากการไหลมาบรรจบกันของแม่น้ำสาขา 2 สายคือ แม่น้ำหนุมานและแม่น้ำพระปรง ซึ่งไหลออกมาจากลุ่มน้ำปราจีนบุรีที่บริเวณเส้นแบ่งเขต 3 จังหวัด คือ บริเวณอำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก และอำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี กลายเป็นแม่น้ำบางปะกง และไหลลงสู่อ่าวไทยที่อำเภอบางปะกง ซึ่งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัดฉะเชิงเทรา แม่น้ำบางปะกงสายหลักมีความยาวประมาณ 230 กิโลเมตร ไหลจากทางทิศเหนือผ่านที่ราบต่ำตอนกลางและตอนล่างลงสู่ทิศใต้ เกิดเป็นลุ่มน้ำประธานขนาดใหญ่ที่สำคัญ 2 ลุ่มน้ำในภาคตะวันออกของประเทศ คือ ลุ่มน้ำบางปะกง พื้นที่ประมาณ 8,679 ตารางกิโลเมตร และลุ่มน้ำปราจีนบุรี มีพื้นที่ประมาณ 9,821 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 3.6 ของพื้นที่ประเทศ

เนื่องจากพื้นที่เป็นที่ราบต่ำในช่วงฤดูแล้งจึงมีอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงจากทะเลส่งผลกระทบในเรื่องความเค็ม ในบางปีความเค็มของน้ำขึ้นไปถึงอำเภอบางคล้า จึงมีการสร้างประตูระบายน้ำและทำนบระบายน้ำ ตลอดจนคันป้องกันน้ำเค็มตามแนวแม่น้ำบางปะกงสายหลักเกือบตลอดทั้งแนว

ในปัจจุบันมีการใช้น้ำจากแม่น้ำบางปะกงเพื่อการเกษตรกรรม เช่น การปลูกข้าว ซึ่งจำเป็นต้องพึ่งพาระบบชลประทาน สำหรับการเพาะเลี้ยงกุ้งน้ำเค็มและปลาน้ำจืดพบมากบริเวณพื้นที่ตอนล่างเป็นระยะทางประมาณ 40 กิโลเมตร ในเขตอำเภอบางปะกง และอำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยผู้เพาะเลี้ยงจะสูบน้ำกร่อยจากแม่น้ำเข้ามายังบ่อเพาะเลี้ยงระหว่างช่วงที่เปลี่ยนจากฤดูฝนไปเป็นฤดูแล้ง ส่วนการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืด ส่วนมากจะเลี้ยงในบริเวณตอนบนของแม่น้ำปราจีนบุรีและนครนายก แต่ก็มีการเพาะเลี้ยงกันบ้างในเขตจังหวัดชลบุรี และฉะเชิงเทราด้วย สำหรับการใช้น้ำสำหรับอุตสาหกรรมนั้น แม่น้ำบางปะกงจะเป็นเสมือนแหล่งระบายน้ำเสีย จากสภาพการดังกล่าว จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการเฝ้าระวังคุณภาพของแม่น้ำบางปะกง ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย คุณภาพของแหล่งน้ำในธรรมชาติ โดยทั่วไปขึ้นอยู่กับฤดูกาลด้วย การศึกษาคุณภาพน้ำในเดือนต่าง ๆ ด้วยการแสดงผลค่าดัชนีที่เหมาะสมย่อมเป็นข้อมูลสำคัญในการควบคุมและปรับคุณภาพน้ำต่อไป

ในปัจจุบันการบอกกำลังความสกปรกของน้ำในเทอมของออกซิเจนซึ่งต้องการใช้เมื่อปล่อยน้ำเสียนั้นลงสู่แม่น้ำ อาจบอกได้ 2 ค่า คือ ค่า $BOD_5$ และค่า COD ซึ่งค่า $BOD_5$ จะบอกถึงปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน จากขบวนการนี้แบคทีเรียจะได้รับพลังงานเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและแบ่งตัวต่อไป ผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการออกซิไดส์สารอาหารเหล่านี้อาจเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ หรือแอมโมเนีย ขึ้นอยู่กับชนิดของสารอาหาร ค่า $BOD_5$ มาตรฐานจะใช้ incubate ที่อุณหภูมิ $20 \pm 1$ องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน ในขณะที่ค่า COD จะบอกถึงปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการเพื่อใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์ในน้ำให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ซึ่งโดยปกติแล้วค่า COD จะสูงกว่าค่า $BOD_5$ ทั้งนี้เนื่องจากสารอินทรีย์คาร์บอนถูกเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ โดยไม่ต้องอาศัยการดูดซึมทางชีวะของสารเหล่านั้น การที่ COD จะสูงกว่า $BOD_5$ มากน้อยแค่ไหนนั้น ขึ้นอยู่กับการมีสารอินทรีย์ที่ไม่สามารถถูกออกซิไดส์ทางชีวะอยู่ด้วยมากน้อยขนาดใด ส่วนใหญ่อัตราส่วนระหว่างบีโอดีและซีโอดี ($BOD_5$ : COD) อาจเป็นไปได้ตั้งแต่ 0.1-0.8 แต่ไม่เกิน 1 บีโอดีอาจสูงกว่าซีโอดีได้แต่มีโอกาสน้อยกว่า

คณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญดังกล่าว จึงได้สนใจที่จะทำการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ด้วย $BOD_5$ และ COD ของน้ำในแม่น้ำบางปะกง เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำที่เหมาะสม ไวต่อการเปลี่ยนแปลงและสะดวกต่อการใช้ต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำแม่น้ำบางปะกงด้วยค่า $BOD_5$ , COD ในฤดูกาลต่าง ๆ ตลอดปี

1.2.2 เพื่อหาความสัมพันธ์ของดัชนีค่า $BOD_5$ และ COD ของแม่น้ำบางปะกง

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ในการศึกษาครั้งนี้จะดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกงสายหลัก ซึ่งหมายรวมถึงแม่น้ำบางปะกงและแม่น้ำปราจีนบุรี

1.3.2 ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาคุณภาพน้ำจากแม่น้ำบางปะกงในช่วงเดือนตุลาคม 2542 – กรกฎาคม 2543

1.3.3 คุณภาพน้ำในการศึกษาครั้งนี้จะหมายรวมถึง ออกซิเจนละลาย ความขุ่น ของแข็งละลายน้ำ ความเค็ม ค่าการนำไฟฟ้า พีเอช อุณหภูมิ บีโอดี และ ซีโอดี เท่านั้น

## 1.4 คำนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

1.4.1 ออกซิเจนละลาย (dissolved oxygen หรือ DO) หมายถึง ปริมาณของออกซิเจนที่มีละลายอยู่ในน้ำ ส่วนใหญ่ได้มาจากการละลายของออกซิเจนในอากาศโดยธรรมชาติ ปริมาณของออกซิเจนละลาย (DO) วัดในหน่วย มิลลิกรัมต่อลิตร

1.4.2 ความขุ่น (turbidity) หมายถึง น้ำที่มีพวกสารห้อยแขวนซึ่งขัดขวางทางเดินของแสงที่ผ่านน้ำนั้น ความขุ่นของน้ำเกิดจากการที่มีสารห้อยแขวน (suspended solid) อยู่ในน้ำนั้น สารพวกนี้จะทำให้เกิดการกระจัดกระจาย และดูดซึมของแสงแทนที่จะปล่อยให้แสงผ่านไปเป็นเส้นตรง (6)

1.4.3 ของแข็งละลายน้ำ (total dissolved solid) หมายถึง ปริมาณของสารที่สามารถละลายในน้ำ ซึ่งจะมีความแตกต่างไปตามชนิดของน้ำ

1.4.4 ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) หมายถึง เป็นค่าที่ใช้ในการวัดความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าผ่าน ซึ่งคุณสมบัติข้อนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้น ชนิดของอิออนที่มีอยู่ในน้ำ และอุณหภูมิ สารประกอบอนินทรีย์ เป็นต้น ค่าการนำไฟฟ้าไม่ได้เป็นตัวบอกถึงชนิดของสารในน้ำ บอกแต่เพียงว่ามีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอิออนที่ละลายในน้ำเท่านั้น

1.4.5 พีเอช (pH) หมายถึง ค่าลบของ logarithm ของความเข้มข้นของ hydrogen ion เป็นเครื่องชี้ให้ทราบถึงสภาวะของน้ำโสโครกว่ามีความเป็นกรดหรือเป็นด่างอยู่มากน้อยเพียงใด

1.4.8 บีโอดี (biochemical oxygen demand หรือ $BOD_5$) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสรอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน ค่า $BOD_5$ จะบอกถึงความสกปรกของน้ำเสียต่าง ๆ ในเทอมของออกซิเจนซึ่งจุลินทรีย์ต้องการใช้เมื่อปล่อยน้ำเสียลงสู่แม่น้ำลำคลอง ซึ่งมีสภาวะที่มีออกซิเจนอยู่ค่า $BOD_5$ มาตรฐานจะใช้วิธีการ incubate ที่อุณหภูมิ $20 \pm 1$ องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วัน มีหน่วยวัดเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

1.4.8 ซีโอดี (chemical oxygen demand หรือ COD) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการเพื่อใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์ในน้ำให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ โดยอาศัยหลักที่ว่า สารอินทรีย์เกือบทั้งหมดสามารถที่จะถูกออกซิไดส์โดยตัวเติมออกซิเจนอย่างแรง ภายใต้สภาวะที่เป็นกรด ค่า COD มีหน่วยวัดเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ลักษณะภูมิอากาศบริเวณลุ่มน้ำบางปะกงและลุ่มน้ำปราจีนบุรี

ลักษณะภูมิอากาศของบริเวณลุ่มน้ำบางปะกงและลุ่มน้ำปราจีนบุรี เป็นแบบ tropical savanna climate คือ มีช่วงที่อากาศแห้งแล้งและช่วงเวลาที่ฝนตกเท่า ๆ กัน อากาศค่อนข้างร้อน จากค่าเฉลี่ยข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของสถานีอุตุนิยมวิทยา 4 แห่งที่ตั้งในบริเวณลุ่มน้ำบางปะกงและลุ่มน้ำปราจีนบุรี ได้แก่

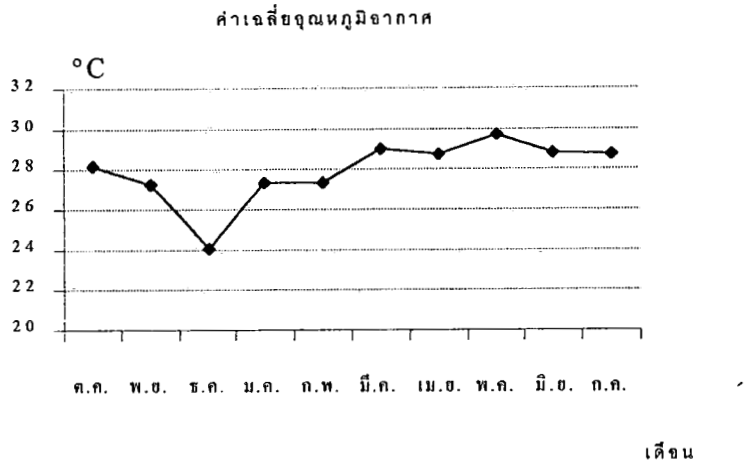
- สถานีอุตุนิยมวิทยาอุทก อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี
- สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดปราจีนบุรี
- สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดฉะเชิงเทรา
- สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดชลบุรี

พบว่าอุณหภูมิในช่วงของการศึกษาวิจัย (ตุลาคม 2542 – กรกฎาคม 2543) มีค่าเฉลี่ย 27.92 องศาเซลเซียส โดยมีค่าพิสัย อยู่ในช่วง 24.05 – 29.74 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 1) ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศต่ำสุดพบในเดือนธันวาคม และค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศสูงสุดพบในเดือนพฤษภาคม (ภาพที่ 1)

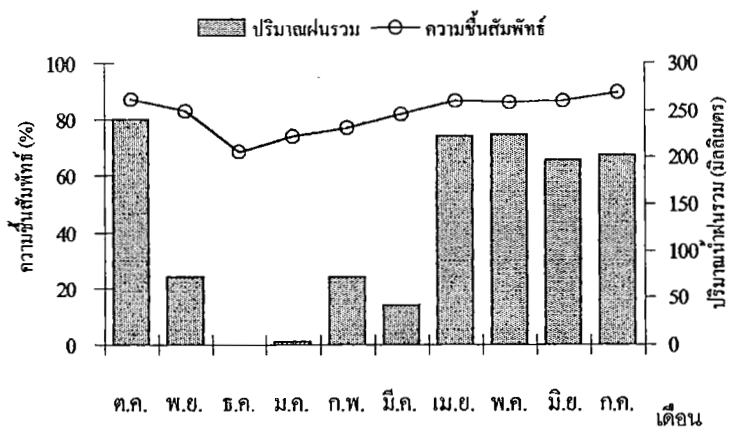
ปริมาณน้ำฝนรวมในรอบปี 2542 พบว่าจำนวนวันที่มีฝนตกรวม 136 วัน ในช่วงฤดูน้ำ (ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึง พฤศจิกายน) มีฝนตกเฉลี่ยเดือนละ 15.17 วัน ส่วนในฤดูแล้ง (ตั้งแต่เดือนธันวาคม ถึง พฤษภาคม) ฝนตกเฉลี่ยเดือนละ 7.58 วัน โดยมีปริมาณน้ำฝนรวม 1,549.51 มิลลิเมตร/ปี และพบว่าในช่วงของการศึกษาวิจัย (ตุลาคม 2542 ถึง กรกฎาคม 2543) ปริมาณน้ำฝนมีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 0.43 – 240.50 มิลลิเมตร/เดือน (ตารางที่ 1) พบว่าค่าต่ำสุดวัดได้ในเดือนธันวาคม 2542 และค่าสูงสุดวัดได้ในเดือนตุลาคม 2542 (ภาพที่ 2) ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับ 82.25 % (ตารางที่ 1)

**ตารางที่ 1** ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศ, ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณฝนรวม บริเวณลุ่มน้ำบางปะกงและลุ่มน้ำปราจีนบุรี ในช่วงเดือนตุลาคม 2542 ถึง กรกฎาคม 2543

| | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | เฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| อุณหภูมิ | 28.21 | 27.24 | 24.05 | 27.35 | 27.37 | 28.96 | 28.70 | 29.74 | 28.85 | 28.71 | **27.92** |
| ปริมาณฝนรวม | 240.50 | 72.30 | 0.43 | 2.75 | 72.95 | 41.38 | 221.78 | 223.35 | 197.60 | 202.20 | |
| ความชื้นสัมพัทธ์ | 87.53 | 83.02 | 68.58 | 74.33 | 77.30 | 81.91 | 86.94 | 86.37 | 86.90 | 89.66 | **82.25** |




**ภาพที่ 1** ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศ บริเวณลุ่มน้ำบางปะกงและลุ่มน้ำปราจีนบุรี ในช่วงเดือนตุลาคม 2542 ถึง กรกฎาคม 2543




**ภาพที่ 2** ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณฝนรวม บริเวณลุ่มน้ำบางปะกงและลุ่มน้ำปราจีนบุรี ในช่วงเดือนตุลาคม 2542 ถึง กรกฎาคม 2543

## 2.2 ลักษณะของลำน้ำบางปะกง

แม่น้ำบางปะกงเป็นแม่น้ำสายหลักที่สำคัญของภาคตะวันออกของประเทศไทย มีต้นกำเนิดจากแม่น้ำสายใหญ่ 2 สาย คือ แม่น้านครนายกที่ไหลมาจากเทือกเขาสันกำแพงและบริเวณที่ราบสูงทางตอนเหนือของจังหวัดนครนายก มาบรรจบกับแม่น้ำปราจีนบุรีที่เกิดจากการไหลมาบรรจบกันของแม่น้ำสาขา 2 สายคือ แม่น้ำหนุมานและแม่น้ำพระปรง ซึ่งไหลออกมาจากลุ่มน้ำปราจีนบุรีที่บริเวณเส้นแบ่งเขต 3 จังหวัด คือ บริเวณอำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก และอำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี กลายเป็นแม่น้ำบางปะกง และไหลลงสู่อ่าวไทยที่อำเภอบางปะกง ซึ่งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัดฉะเชิงเทรา แม่น้ำบางปะกงสายหลักมีความยาวประมาณ 230 กิโลเมตร ไหลจากทางทิศเหนือผ่านที่ราบต่ำตอนกลางและต่อนล่างลงสู่ทิศใต้ เกิดเป็นลุ่มน้ำประธานขนาดใหญ่ที่สำคัญ 2 ลุ่มน้ำในภาคตะวันออกของประเทศ คือ ลุ่มน้ำบางปะกง พื้นที่ประมาณ 8,679 ตารางกิโลเมตร (1) และลุ่มน้ำปราจีนบุรี มีพื้นที่ประมาณ 9,821 ตารางกิโลเมตร (2) คิดเป็นร้อยละ 3.6 ของพื้นที่ประเทศ (1, 2)

ตอนเหนือของลุ่มน้ำเป็นภูเขา มีความสูงสุด 1,300 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล บริเวณได้แก่ อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ตอนล่างลักษณะภูมิประเทศโดยส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่ม เหมาะแก่การทำนา โดยเฉพาะเขตจังหวัดนครนายก ฉะเชิงเทรา บริเวณถัดเข้ามาทางจังหวัดปราจีนบุรี ชลบุรี พื้นที่จะเริ่มสูงขึ้นเล็กน้อย ลักษณะเป็นลูกคลื่นและภูเขาเตี้ย พืชพรรณ เป็นป่าโปร่งและทุ่งหญ้า

ลักษณะดินบริเวณลุ่มน้ำบางปะกงส่วนใหญ่เป็นดิน podzolic soil (red yellow podzolic soil and glay podzolic soil) ถัดลงมาบริเวณลุ่มน้ำตอนล่างเป็น alluvial soils และ low humic glay soils ดินส่วนใหญ่เป็นดินกรวด มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างสูงจนถึงปานกลาง แต่บริเวณที่มีความลาดชันสูงจะมีการชะล้างพังทลายได้ง่าย เนื่องจากเนื้อดินเป็นดินทรายปนดินเหนียวเล็กน้อยจนถึงดินทรายร่วนปนดินเหนียว (3).

ลักษณะทางธรณีวิทยา บริเวณลุ่มน้ำบางปะกงตอนบนเป็นภูเขาหินทรายและหินควอทไซต์ที่เกิดในยุค Jurassic บริเวณทางตอนล่างเป็นที่ราบที่มีการตกตะกอนของวัตถุซึ่งถูกพัดพามาจากบริเวณที่เป็นภูเขาลงมาตอนล่าง เรียกว่าตะกอนน้ำพา (alluvial deposits) และมีทรายชายหาด (beach sand) ซึ่งเกิดขึ้นในยุค Triassic ส่วนบริเวณที่เนินมีการสะสมของตะกอนบนตะพักลุ่มน้ำระดับสูงและต่ำมีหินศิลาแลง หินกรวดทราย และหินทรายแป้งที่เกิดในยุค Triassic (3).

ลำน้ำบางปะกงเป็นแบบ old-age-stream มีลักษณะคดเคี้ยวความลาดชันน้อย (4) น้ำไหลช้า ในฤดูแล้งตอนบนของลำน้ำส่วนใหญ่จะแห้งและมีน้ำขังเป็นแอ่ง ในฤดูฝนมีน้ำไหลเต็มลำน้ำ บางบริเวณไหลบ่าท่วมทั้งสองฝั่ง ระดับน้ำในแม่น้ำบางปะกงจะขึ้นสูงประมาณเดือนสิงหาคมถึงกันยายน มีน้ำท่วมสองฝั่งของลำน้ำในบางบริเวณ ระยะเวลาการท่วมยาวนานหรือไม่ขึ้นอยู่กับแรงหนุนของน้ำทะเล ระบบนิเวศน์บริเวณปากแม่น้ำบางปะกงเป็นบริเวณที่มวลน้ำจืดจากแม่น้ำไหลลงมาพบกับมวลน้ำเค็มในทะเล เป็นบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพทางอุทกศาสตร์ในช่วงกว้าง ซึ่งเป็นลักษณะความเค็มของน้ำบริเวณปากแม่น้ำในเขตร้อนมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเค็มในช่วงกว้างมาก คือ ตั้งแต่ 0-39 ppt ผิดกับอุณหภูมิน้ำซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงน้อยในรอบปีประมาณ 27-30 องศาเซลเซียส (3)

คลองทั้งหมดที่ไหลเชื่อมลงสู่แม่น้ำบางปะกงมีจำนวน 74 คลอง อยู่ทางฝั่งขวา 34 คลอง และฝั่งซ้าย 40 คลอง ทางฝั่งขวาของแม่น้ำนครนายก และแม่น้ำบางปะกงมีคลองเชื่อมโยงกับแม่น้ำเจ้าพระยา และบริเวณปากคลองเหล่านี้จะมีประตูน้ำสำหรับการระบายน้ำ ควบคุมปริมาณน้ำเพื่อการเกษตร และป้องกันน้ำเค็ม (5) ได้แก่

- คลองรังสิต เชื่อมกับแม่น้ำนครนายกที่อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก
- คลองแสนแสบ แยกออกเป็น 2 คลอง คือ คลองบางน้ำเปรี้ยว และคลองนครเนื่องเขต
- คลองประเวศบุรีรมย์ (คลองท่าถั่ว) เชื่อมกับแม่น้ำบางปะกงที่อำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา
- คลองสำโรง เชื่อมกับแม่น้ำบางปะกงที่อำเภอบางปะกง

เนื่องจากยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของน้ำขึ้นน้ำลงในแม่น้ำบางปะกง จึงมีความจำเป็นต้องประเมินจากรายงานมาตราน้ำในน่านน้ำไทยของกรมอุทกศาสตร์ ซึ่งมีสถานีตรวจวัดอยู่ที่ปากแม่น้ำบางปะกง พอสรุปได้ว่า ลักษณะน้ำขึ้นน้ำลงในอ่าวไทยตอนบนเป็นแบบผสม (mixed type) กล่าวคือ มีน้ำขึ้นน้ำลงวันละ 2 ครั้ง ในช่วงน้ำตาย (neap tide) และวันละ 1 ครั้งในช่วงน้ำเกิด (spring tide) และมีความแตกต่างกันระหว่างระดับน้ำสูงสุดและระดับน้ำต่ำสุดในแต่ละวัน (tide range) ประมาณ 1.5 เมตร หรือต่ำกว่าในช่วงน้ำตาย และมากกว่า 3 เมตรในช่วงน้ำเกิด (6)

เนื่องจากพื้นที่เป็นที่ราบต่ำในช่วงฤดูแล้งจึงมีอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงจากทะเลส่งผลกระทบในเรื่องความเค็ม ในบางปีความเค็มของน้ำขึ้นไปถึงอำเภอบางคล้า (ที่ระยะทาง 150 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ) (1) จึงมีการสร้างประตูระบายน้ำและทำนบระบายน้ำ ตลอดจนคันป้องกันน้ำเค็มตามแนวแม่น้ำบางปะกงสายหลักเกือบตลอดทั้งแนว

ปริมาณน้ำในแม่น้ำบางปะกง โดยเฉพาะฤดูแล้งจะมีปริมาณน้อย อัตราการไหลของน้ำจะต่ำและต่ำสุด ที่ระดับ 16 ลูกบาศก์เมตร/วินาทีในเดือนธันวาคม ส่วนในฤดูฝนมีปริมาณน้ำมากและ

ไหลแรง อัตราการไหลของน้ำสูงสุดที่ระดับ 360 ลูกบาศก์เมตร/วินาทีในเดือนสิงหาคม (3) ในขณะที่ Pramot (14) ได้รายงานผลการคำนวณค่าอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำบางปะกงช่วง 2-5 กรกฎาคม 2537 ไว้ประมาณ 900 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที บริเวณสองฝั่งที่แม่น้ำไหลผ่านเป็นที่ราบลุ่มเหมาะสมต่อการเกษตรกรรมอย่างมาก เห็นได้จากบริเวณสองข้างฝั่งลำน้ำมีการทำการเกษตรกรรม ทั้งการเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์ นอกจากนั้นยังมีความอุดมสมบูรณ์และเหมาะสมในด้านการประมงเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นแม่น้ำที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยสัตว์น้ำที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจอาศัย เคลื่อนย้าย และเจริญเติบโตในบริเวณต้นน้ำเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะกุ้งก้ามกราม ปลากระพงขาว ปลากระบอก เป็นต้น แต่เนื่องจากปัจจุบันได้มีการพัฒนาอุตสาหกรรมทางด้านชายฝั่งตะวันออกของไทย (Eastern Seaboard Development Project) ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2530 – 2534) ซึ่งแนวโน้มของการพัฒนาดังกล่าวคาดว่าจะมีผลให้จำนวนประชากรและกิจกรรมประเภทต่าง ๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำขยายตัวเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง ยังเป็นที่ตั้งของโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำและโรงไฟฟ้าแบบความร้อนรวม (combined cycle) โรงไฟฟ้าจะใช้น้ำจากแม่น้ำบางปะกงถึงปริมาณนาทีละ 7,560 ลูกบาศก์เมตร (3) ดังนั้นจากการพัฒนากิจกรรมต่าง ๆ ในบริเวณลุ่มน้ำทำให้ความต้องการในการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำรวมทั้งการระบายของเสียลงสู่แหล่งน้ำก็จะมีมากขึ้นด้วยตามลำดับ จึงอาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ทางน้ำและสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ แม่น้ำบางปะกงซึ่งเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม พื้นที่เกษตรกรรม และชุมชนบ้านเรือน

ลุ่มน้ำบางปะกงเป็นที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ รวม 1,137 โรงงาน ส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรมเกษตร ได้แก่ โรงสีข้าว โรงงานผลิตข้าวนึ่งผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง มันเส้น แป้งมัน มันอัดเม็ด โดยในจังหวัดฉะเชิงเทราจะมีจำนวนโรงงานที่มีน้ำทิ้งมากที่สุด รองลงมาได้แก่ จังหวัดปราจีนบุรีและจังหวัดนครนายก (6)

จากรายงานของกรมควบคุมมลพิษ (7) ได้ทำการประเมินมลพิษในแหล่งชุมชนที่ตั้งอยู่ริมฝั่งแม่น้ำที่ระบายน้ำเสียลงในแม่น้ำ คิดความสกปรกในรูปของ $BOD_5$ ซึ่งได้จากการคำนวณโดยนำจำนวนประชากรปี 2541 จากกองราชการส่วนท้องถิ่น กรมการปกครอง คูณด้วยค่าสมมูลประชากรแยกตามลักษณะของชุมชน ปริมาณความสกปรกในรูปของ $BOD_5$ ที่ปล่อยลงสู่แม่น้ำบางปะกง แม่น้ำปราจีนบุรี มีค่า BOD loading เท่ากับ 1,367.7 และ 946.9 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ (ตารางที่ 2) สำหรับปริมาณความสกปรกของน้ำทิ้งที่ถูกปล่อยออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรมคิดในรูปของ BOD loading ลงสู่แม่น้ำบางปะกง และแม่น้ำปราจีนบุรี มีค่าประมาณ 3,478 และ 5,373 กิโลกรัม/วัน นอกจากนี้ปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมเกษตรกรรมที่อาจปล่อยลงสู่แม่น้ำบางปะกงและแม่น้ำปราจีนบุรี มีค่า BOD loading เท่ากับ 257 และ183 กิโลกรัม/วัน

**ตารางที่ 2** ปริมาณ BOD loading ของแหล่งชุมชนในแม่น้ำบางปะกงสายหลักปี 2541

| แม่น้ำ | แหล่งชุมชนที่ส่งผลกระทบ | จำนวนประชากร (คน) | ค่าสมมูลประชากร (กก./คน/วัน) | ปริมาณ BOD loading (กก./วัน) |
|---|---|---|---|---|
| แม่น้ำบางปะกง | เทศบาลตำบลบางปะกง | 9,160 | 0.020 | 183.2 |
| | เทศบาลบ้านโพธิ์ | 1,247 | 0.020 | 24.9 |
| | เทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา | 44,384 | 0.025 | 1,109.6 |
| | เทศบาลตำบลบางขนาก | 2,499 | 0.020 | 50.0 |
| **รวม** | | **57,290** | | **1,367.7** |
| แม่น้ำปราจีนบุรี | เทศบาลตำบลบ้านสร้าง | 5,233 | 0.020 | 104.7 |
| | เทศบาลเมืองปราจีนบุรี | 22,490 | 0.025 | 562.2 |
| | เทศบาลตำบลศรีมหาโพธิ์ | 2,382 | 0.020 | 47.6 |
| | เทศบาลตำบลสระบัว | 3,611 | 0.020 | 72.2 |
| | เทศบาลตำบลเมืองเก่า | 8,910 | 0.020 | 178.2 |
| **รวม** | | **42,626** | | **946.9** |

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (7)

## 2.3 สารอินทรีย์ในน้ำเสีย

สารอินทรีย์ คือ สารประกอบซึ่งประกอบด้วย 3 ธาตุหลัก ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน และในบางประเภทอาจมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบด้วย นอกจากนี้อาจมีพวก กำมะถัน ฟอสฟอรัส และเหล็กรวมอยู่ด้วย น้ำเสียที่มีกำลังความสกปรกปานกลางนั้น ประมาณร้อยละ 75 ของของแข็งแขวนลอยเป็นสารอินทรีย์และในของแข็งซึ่งละลายน้ำจะเป็นสารอินทรีย์ประมาณ ร้อยละ 40 การควบคุมปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียมีความจำเป็นมาก เพราะสารอินทรีย์ในลำน้ำเป็นตัวก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำได้ เนื่องจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์นั้นต้องอาศัยออกซิเจนซึ่งถ้ามีสารอินทรีย์จากน้ำเสียลงไปในลำน้ำธรรมชาติมาก จะทำให้ออกซิเจนในลำน้ำถูกใช้ในการนี้หมดไป ทำให้สิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ในลำน้ำตาย นอกจากนั้นในสภาวะที่ลำน้ำขาดออกซิเจนสารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายแบบไม่มีออกซิเจน ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์สุดท้าย เช่น มีเทนและก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งทำให้น้ำเน่ามีสีดำและมีกลิ่นเหม็น ดังนั้นการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง

สารอินทรีย์ในน้ำเสียอาจแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

2.3.1 โปรตีน ในน้ำเสียมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 40-60 องค์ประกอบหลักของโปรตีนได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจน จึงอาจเรียกว่าเป็นสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน นอกจากนี้บางทีอาจมีแร่ธาตุพวก กำมะถัน ฟอสฟอรัส และเหล็กประกอบอยู่ด้วยเล็กน้อย โปรตีนเมื่อถูกย่อยเล็กลงจะเป็น กรดอะมิโน นอกจากนี้แล้วสารประกอบอินทรีย์โปรตีนที่มักพบในน้ำเสียเสมอเช่นกัน คือ ยูเรีย ทั้งโปรตีน กรดอะมิโน และยูเรียจะถูกย่อยสลายกลายเป็นสารประกอบไนเตรท คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำในที่สุด

2.3.2 คาร์โบไฮเดรท ในน้ำเสียมีคาร์โบไฮเดรทเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 25 ถึง 50 องค์ประกอบหลักของคาร์โบไฮเดรท ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน สารประกอบคาร์โบไฮเดรทได้แก่ น้ำตาล แป้ง และเซลลูโลส น้ำตาลเมื่อละลายน้ำจะถูกย่อยสลายโดยน้ำย่อยของแบคทีเรียและยีสต์ได้เป็นอัลกอฮอร์ และคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนแป้งไม่ละลายน้ำจะถูกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลโดยแบคทีเรียหรือกรดแร่ สำหรับเซลลูโลสในน้ำเสียย่อยสลายโดยแบคทีเรียได้ยาก แต่ถ้าอยู่ในดินจะถูกย่อยสลายโดยเชื้อรา

2.3.3 ไขมัน เป็นสารประกอบเอสเตอร์ (ester) ของอัลกอฮอร์ หรือกลีเซอรอล กับกรดไขมัน องค์ประกอบหลักคือ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน อีกเล็กน้อยในน้ำเสียมีไขมันเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 10 แบคทีเรียส่วนใหญ่ย่อยไขมันไม่ได้ คราบไขมันที่ปิดหน้าของลำน้ำจะเป็นตัวกั้นไม่ให้ก๊าซออกซิเจนละลายน้ำ เป็นผลเสียต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่

นอกจากสารอินทรีย์ทั้งสามประเภทที่กล่าวแล้ว ยังมีสารอินทรีย์บางประเภทที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นซึ่งนับวันจะมีความสำคัญและปนเปื้อนลงในแหล่งน้ำมากขึ้น ได้แก่ผงซักฟอก ฟีนอล และยาฆ่าแมลงที่ใช้ในการเกษตร เป็นต้น (8)

## 2.4 ความต้องการออกซิเจนในขบวนการกำจัดมลพิษของน้ำเสีย

น้ำเสียที่ทิ้งลงสู่ลำน้ำประกอบไปด้วยสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ซึ่งแบคทีเรีย (autotrophic bacteria) บางชนิดสามารถย่อยสลายได้โดยขบวนการที่ใช้ออกซิเจน ดังนั้นในระบบกำจัดน้ำเสียโดยใช้ขบวนการทางชีววิทยาและในการปรับสภาพแหล่งน้ำตามธรรมชาติ (self purification) จึงจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารปนเปื้อน ออกซิเจนที่ใช้ในการนี้แบ่งตามลักษณะการนำไปใช้เป็น 3 ประเภท คือ (9)

2.4.1 ออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอน (carboneceous oxygen demand)

2.4.2 ออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารประกอบไนโตรเจน (nitrogeneous oxygen demand)

2.4.3 ออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอนินทรีย์บางตัว (oxygen demand for some chemical reducing agent)

2.4.1 **ออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอน (carboneceous oxygen demand)** สารประกอบอินทรีย์ปกติจะไม่คงตัวและสามารถถูกย่อยสลายโดยขบวนการทางชีววิทยาหรือขบวนการทางเคมี จะได้เป็นสารที่มีความคงตัวและไม่ย่อยสลายต่อไป เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ไนเตรท และน้ำ ออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนนี้ คือ ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์ในส่วนที่เป็นองค์ประกอบของคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ของคาร์โบไฮเดรท โปรตีน และสารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ จนได้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ตัวอย่างการย่อยสลายของคาร์โบไฮเดรทและโปรตีน เช่น การย่อยสลายของน้ำตาล กลูโคส และไกลซีน ดังแสดงในสมการ [1] และ [2]

$$C_6H_{12}O_6 + O_2 \longrightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O \text{ ----------[1]}$$

$$2\,CH_2(NH_2)COOH + 3\,O_2 \longrightarrow 2\,NH_3 + 4\,CO_2 + 2\,H_2O \text{—[2]}$$

2.4.2 **ออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารประกอบไนโตรเจน (nitrogeneous oxygen demand)** คือออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารประกอบไนโตรเจน อันได้แก่ แอมโมเนีย ($NH_3$) ซึ่งเกิดจากขบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจน เช่น โปรตีน, กรดอะมิโน และยูเรีย หรือแอมโมเนียซึ่งละลายลงในน้ำเสียหรือน้ำธรรมชาติ และสารประกอบไนไตร์ท ($NO_2^-$) ให้เป็นไนเตรท ($NO_3^-$) ดังสมการที่ [3] , [4] แสดงขบวนการย่อยสลายของสารอินทรีย์ไนโตรเจน การย่อยสลาย แอมโมเนีย ($NH_3$) และ สารประกอบไนไตร์ท ($NO_2^-$) โดยแบคทีเรียในขบวนการซึ่งใช้ออกซิเจน

$$\text{Org N} + O_2 \longrightarrow NH_3\text{-N} + O_2 \longrightarrow NO_2^-\text{-N} + O_2^- \longrightarrow NO_3^-\text{-N} + O_2 \text{—[3]}$$

$$2\,NH_3\text{-N} + O_2 \xrightarrow{\text{nitrite-forming bacteria}} 2\,HNO_2 + 2\,H_2O \text{----------[4]}$$

$$2\,HNO_2 + O_2 \xrightarrow{\text{nitrate-forming bacteria}} 2\,HNO_3 \text{ ----------[5]}$$

2.4.3 **ออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอนินทรีย์บางตัว (oxygen demand for some chemical reducing agents)** นอกจากสารอินทรีย์จะเป็นสาเหตุให้ออกซิเจนในลำน้ำลดลงแล้ว ยังมีสารเคมีบางตัวที่ปนเปื้อนในลำน้ำ และสามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในน้ำได้ เช่น เหล็กเฟอร์รัส ($Fe^{+2}$), ซัลไฟท์ ($SO_2^-$) และซัลไฟด์ ($S^-$) เป็นต้น

## 2.5 การวิเคราะห์สารอินทรีย์ในน้ำ

สารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติมีหลายชนิด การที่จะวิเคราะห์ทีละตัวไม่เป็นการสะดวกจึงวิเคราะห์ในปริมาณรวม ๆ ค่าที่นิยมใช้บอกปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำที่แพร่หลายอยู่ในปัจจุบัน คือ ค่า $BOD_5$ (biochemical oxygen demand), COD (chemical oxygen demand) การวิเคราะห์สารอินทรีย์ในรูปปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ มีหลายวิธี ได้แก่

2.5.1 **$BOD_5$ (biochemical oxygen demand)** เป็นการวัดปริมาณออกซิเจนที่จุลชีพใช้ในขบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำในสภาพที่มีออกซิเจน วิธีนี้ใช้เวลานานประมาณ 5 วัน

2.5.1 **COD (chemical oxygen demand)** คือปริมาณออกซิเจนที่สารอินทรีย์ต้องการใช้เมื่อถูกย่อยสลายโดยตัวย่อยสลายทางเคมี (chemical oxidizing agent) ในสภาวะที่เป็นกรด วิธีนี้ใช้เวลานานประมาณ 3 ชั่วโมง

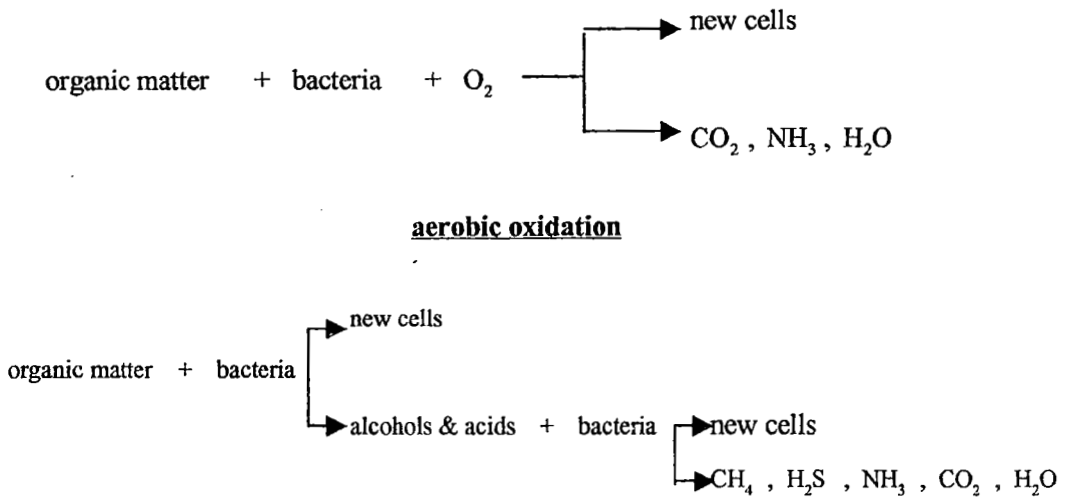
## 2.6 $BOD_5$ (biochemical oxygen demand)

คือ ออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ (biodegradable organic matter) ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน หรืออาจกล่าวได้ว่า $BOD_5$ เป็นการหาปริมาณของสารอินทรีย์ที่สามารถถูกย่อยได้ด้วยขบวนการทางชีวภาพโดยวัดออกมาในรูปของออกซิเจนที่แบคทีเรียต้องการใช้ในการนี้

### 2.6.1 การย่อยสลายทางชีวภาพของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

สารอินทรีย์ที่มีอยู่ในลำน้ำและที่ปนเปื้อนมากับน้ำทิ้งสามารถถูกย่อยสลายด้วยขบวนการทางชีววิทยาโดยจุลชีพ ซึ่งโดยขบวนการที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน ในสภาวะที่มีออกซิเจนจะย่อยสลายด้วยขบวนการทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน (aerobic oxidation) แบคทีเรียจะใช้ส่วนหนึ่งของสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายในการสร้างเซลล์ใหม่ ส่วนที่เหลือจะเปลี่ยนเป็นสารที่มีสภาพคงทน ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$), น้ำ ($H_2O$) และแอมโมเนีย ($NH_3$) ขึ้นอยู่กับชนิดของ

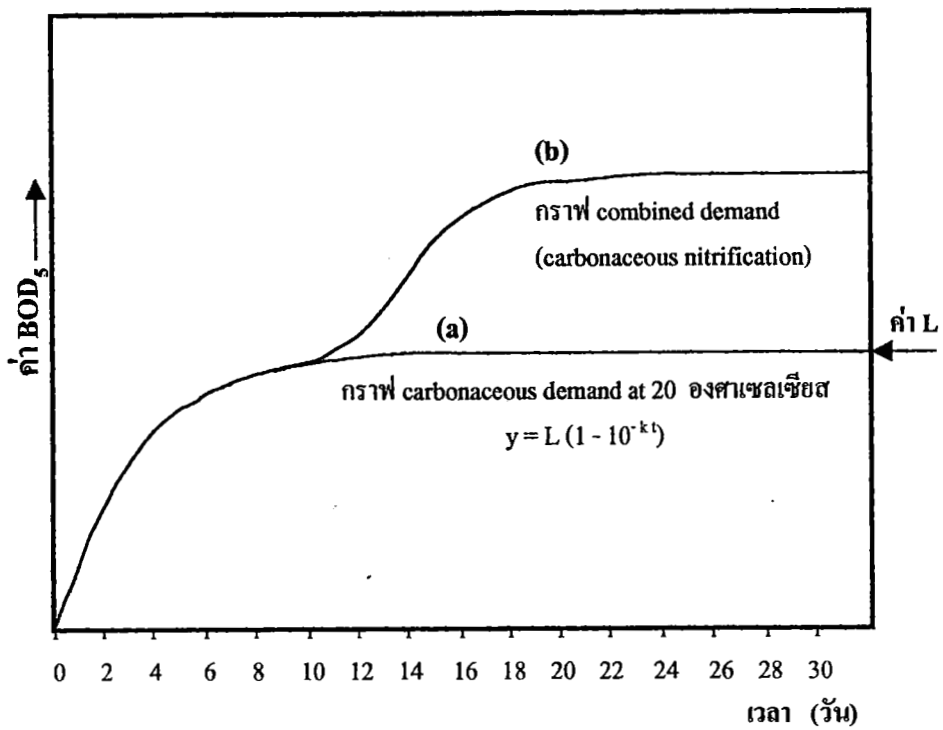
สารอินทรีย์ที่ถูกออกซิไดส์ ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนการย่อยสลายจะเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic oxidation) ผลของการย่อยสลายได้แบคทีเรียเซลล์ใหม่เช่นกัน และได้ผลผลิตที่ไม่เป็นที่พอใจ ทำให้เกิดภาวะมลพิษของแหล่งน้ำ เช่น กรดอินทรีย์ (organic acid), อัลกอฮอร์ (alcohols), คีโตน (ketone), และมีเทน (methane) ดังแสดงในภาพที่ 3




**ภาพที่ 3** ขบวนการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในลำน้ำโดยขบวนการทางชีววิทยา (8)

ในการควบคุมมลพิษทางน้ำ จำเป็นต้องควบคุมสภาพการย่อยสลายทางชีววิทยาให้อยู่ในสภาวะที่ใช้ออกซิเจน คือ มีออกซิเจนเพียงพอ การใช้ออกซิเจนของแบคทีเรียในการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นปฏิกริยาที่เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ เป็นเวลาหลายวัน ตามทฤษฎีเสถียรภาพที่สมบูรณ์ไม่สามารถจำกัดเวลา ในทางปฏิบัติเมื่อใช้เวลา 20 วัน จะสามารถออกซิไดซ์สารอินทรีย์ได้ประมาณร้อยละ 95-99 ของทั้งหมด (8)

กรรณิการ์ (9) กล่าวว่าการใช้ออกซิเจนของแบคทีเรียในการย่อยสลายสารอินทรีย์แบ่งเป็น 2 ระยะ ซึ่งอาจแสดงได้ด้วย $BOD_5$ curve ดังแสดงในภาพที่ 4




**ภาพที่ 4** เส้น $BOD_5$ curve a) เส้นโค้งปกติแสดงการออกซิไดซ์ของสารอินทรีย์
b) ผลการ nitrification (9)

ระยะที่ 1 เป็นการออกซิไดซ์ของสารประกอบคาร์บอน ดังสมการ

$$\text{carbohydrate} + O_2 \xrightarrow{\text{saprophytic bacteria}} CO_2 + H_2O \quad \text{----------[6]}$$

$$\text{protein} + O_2 \xrightarrow{\text{saprophytic bacteria}} CO_2 + H_2O \quad \text{----------[7]}$$

ระยะที่ 2 เป็นการออกซิไดซ์ของ แอมโมเนีย ($NH_3$) ไปเป็น สารประกอบไนไตรท ($NO_2^-$) และ สารประกอบไนเตรท ($NO_3^-$) ตามลำดับโดยพวก autotrophic bacteria ที่มีชื่อว่า nitrifying bacteria ซึ่งมีอยู่น้อยในน้ำทิ้งที่ไม่ผ่านระบบบำบัด

ค่า $BOD_5$ เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับบอกปริมาณออกซิเจนที่ต้องการสำหรับน้ำทิ้งชุมชน น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมและน้ำในลำน้ำที่เกิดมลพิษ (10) ดังนั้นค่า $BOD_5$ จึงมีความสำคัญในการควบคุมภาวะมลพิษของแหล่งน้ำ เพราะเป็นสภาวะที่เกิดขึ้นคล้ายคลึงกับธรรมชาติ (9) และยังใช้ในการประมาณขนาดของระบบบำบัดน้ำทิ้ง รวมทั้งบอกประสิทธิภาพของระบบ

การวิเคราะห์ค่า $BOD_5$ เป็น bioassay procedure ซึ่งเกี่ยวกับการวัดค่าออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งหาในขวด $BOD_5$ โดยกำหนดปัจจัยต่าง ๆ คงที่เป็นสภาพมาตรฐาน เดิมหน่วยงาน The Royal Commission on Sewage Disposal ของประเทศอังกฤษกำหนดการหาค่า $BOD_5$ ให้ใช้เวลาในการเพาะเชื้อ (incubate) 5 วันที่อุณหภูมิ 65 องศาฟาเรนไฮต์ (18.3 องศาเซลเซียส) ทั้งนี้เนื่องจากเป็นอุณหภูมิของน้ำโดยเฉลี่ยของประเทศอังกฤษ แหล่งน้ำต่าง ๆ ในประเทศอังกฤษใช้เวลาไหลลงทะเลไม่เกิน 5 วัน โดยขณะนั้นเรียกว่า dissolved oxygen taken up in 5 days at 65 องศาฟาเรนไฮต์ และได้เปลี่ยนชื่อใหม่เป็น biochemical oxygen demand โดยมีตัวย่อเป็น $BOD_5$ ต่อมา The Ministry of Housing and Local Government ของสหรัฐอเมริกาได้เปลี่ยนอุณหภูมิมาตรฐานที่หาค่า $BOD_5$ เป็น 20 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำโดยทั่วไป ซึ่งยังคงใช้อยู่จนทุกวันนี้ สำหรับเวลาในการเพาะเชื้อปัจจุบันยังคงใช้ 5 วัน ด้วยเหตุที่ว่า ถ้าใช้เวลา 20 วัน ซึ่งใกล้เคียงความต้องการออกซิเจนจริง ๆ ในธรรมชาติที่สุดแล้ว จะนานเกินไปไม่ทันกับการที่จะปล่อยน้ำเสียต่าง ๆ ลงสู่แม่น้ำลำคลอง และที่เวลาเพาะเชื้อ 5 วัน นี้จะเป็นการหลีกเลี่ยงการใช้ออกซิเจนในระยะที่ 2 ของแบคทีเรีย แต่ถ้าใช้เวลาน้อยกว่านี้ ปริมาณออกซิเจนที่จะใช้ไปจะน้อยเกินไป กรรณิการ์ (9) กล่าวว่าที่เวลาเพาะเชื้อ 5 วัน สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งชุมชนได้ประมาณร้อยละ 65 ส่วนเหตุผลที่เลือกใช้อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้ออกซิเจนของแบคทีเรียในระยะที่ 2 ด้วยเช่นกัน กรรณิการ์ (9) ให้เหตุผลว่า nitrifying bacteria จะเจริญเติบโตช้าที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสนั้น เป็นค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิน้ำในลำน้ำที่ไหลเอื่อย ๆ โดยทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นการง่ายต่อการควบคุมในตู้เพาะเชื้อ

### 2.6.2 <u>สมการที่เกี่ยวข้องกับปฏิกริยา $BOD_5$</u>

กรรณิการ์ (9) กล่าวว่า การย่อยสลายของสารอินทรีย์ เนื่องจากแบคทีเรียในน้ำเสียภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนจัดเป็น first order reaction กล่าวคืออัตราเร็วของปฏิกริยาเป็นปฏิภาคกับปริมาณสารอินทรีย์ที่เหลืออยู่ ณ เวลานั้น ๆ จะเห็นว่าสารอินทรีย์จะลดลงเรื่อย ๆ ทำนองเดียวกับออกซิเจนในน้ำที่ลดลงเพราะต้องใช้ออกซิเจนไปย่อยสลายสารอินทรีย์ และค่า $BOD_5$ ก็จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งสารถูกย่อยสลายหมด ค่า $BOD_5$ ที่ได้จะเป็นค่า $BOD_5$ ทั้งหมดของน้ำนั้นเรียกว่า ultimate demand เขียนแทนด้วยตัวอักษร L ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า $BOD_5$ ทั้งหมดของน้ำใด ก็เปรียบได้กับความเข้มข้นของสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำที่ถูกออกซิไดซ์ได้ด้วยแบคทีเรีย อาจเขียนสมการการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำได้ดังนี้

$$-\frac{dC}{dt} = K'C \text{ ----------[8]}$$

เมื่อ C เป็นความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเมื่อเริ่มต้นเวลา t

K' เป็นค่าคงที่

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะลดลงเรื่อย ๆ เมื่อความเข้มข้นของสารอินทรีย์ลดลง อาจใช้ L ซึ่งเป็นค่า ultimate demand หรือค่า $BOD_5$ ทั้งหมดของน้ำแทน C และ -dL/dt จะแทนอัตราเร็วของสารอินทรีย์ซึ่งถูกทำลาย เนื่องจากออกซิเจนถูกใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นอัตราส่วนโดยตรงกับปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกออกซิไดซ์ ดังนั้น จึงอาจจะบอกค่า L ในรูปสารอินทรีย์ในน้ำหรือในรูปของออกซิเจนที่ถูกใช้ไปก็ได้ สมการเป็นดังนี้

$$-\frac{dL}{dt} = k'L \text{----------[9]}$$

$$-\int \frac{1}{L} DL = \int k'dt \text{----------[10]}$$

$$\ln \frac{Lt}{L} = k't \text{---------- [11]}$$

$$\frac{Lt}{L} = e^{-k'.t} = 10^{-k.t} \text{---------- [12]}$$

เมื่อ $k = k'/2.303$ จากสมการที่ 13 จะทราบถึงปริมาณสารอินทรีย์หรือ $BOD_5$ ที่เหลืออยู่ในน้ำที่เวลา t ถ้าต้องการจะทราบว่า $BOD_5$ ที่ถูกใช้ไปก็หาได้โดยการดัดแปลงสมการที่ [13] ดังนี้

$$Lt = L \times 10^{-k'.t} \text{---------- [13]}$$

$$1 - \frac{Lt}{L} = 1 - e^{-k'.t}$$

$$L - Lt = L(1 - e)^{-k'.t}$$

ถ้า $y = L - Lt =$ $BOD_5$ ที่ถูกใช้ไปในเวลา t

$$y = L(1 - e^{-k'.t}) \quad \text{.....[14]}$$

ในสมการที่ [14] y = ค่า $BOD_5$ ที่เวลา t หรือคือปริมาณออกซิเจนเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร ที่ถูกใช้ไปในเวลา t

k = ค่าคงที่ซึ่งแปรผันไปตามอุณหภูมิของน้ำ ชนิดของแบคทีเรียและสารอินทรีย์ อาจหาได้จากการทดลองมีค่าประมาณ 0.05 - 0.30 ต่อวัน ปกติประมาณ 0.10 ต่อวัน

L = total หรือ ultimate $BOD_5$ เป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

การหาค่า % remaining เป็นการหาว่าค่า $BOD_5$ ที่หาได้คิดเป็นร้อยละเท่าไรของค่า $BOD_5$ ทั้งหมด

### 2.6.3 หลักการหาค่า $BOD_5$

ค่า $BOD_5$ เป็นผลต่างของออกซิเจนละลายน้ำ (DO หรือ dissolved oxygen) ในวันเริ่มต้น ซึ่งเรียก day zero ($DO_0$) กับค่า DO ของตัวอย่างเดียวกันภายหลังการเพาะเชื้อ (incubate) ไว้ 5 วัน ที่ 20 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้สัญลักษณ์ $DO_5$ มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นอาจเขียนสูตรได้ว่า

$$BOD_5 = DO_0 - DO_5$$

ในการหาค่า $BOD_5$ นั้น ถ้าน้ำตัวอย่างมีความสกปรกน้อยค่า $BOD_5$ ไม่เกิน 7 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่ต้องทำการเจือจางก่อน (dilution method) แต่ถ้า $BOD_5$ มากกว่า 7 มิลลิกรัมต่อลิตร ต้องทำให้เจือจางก่อน โดยใช้น้ำสำหรับเจือจาง (dilution water) และ ถ้าในน้ำมีแบคทีเรียไม่เพียงพอต้องทำการเติมน้ำเชื้อ (seeding) ด้วย

ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ที่ต้องการในการหาค่า $BOD_5$ อาจทดสอบได้หลายวิธี (9) ดังนี้

1. The Winkler Method
2. The Azide Modification of the Winkler Method
3. Rideal - Stewart Modification of the Winkler Method
4. The Alkaline - hypochlorite Modification
5. Alum Flocculation Modification
6. Membrane Electrode Method

วิธี Winkler Method นี้เป็นวิธีมาตรฐานสำหรับหาออกซิเจนละลายน้ำ (DO) หรืออาจเรียกว่า Iodometric Method ส่วนวิธีที่ 2-5 เป็นการปรับปรุงวิธี Winkler Method นี้ไปใช้ในกรณีต้องการกำจัดตัวรบกวนต่าง ๆ ที่มีผลต่อการหา DO ส่วนในการหา $BOD_5$ ของน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบจะใช้วิธี Azide Modification of the Winkler Method เพื่อกำจัดการรบกวนของไนไตร์ท ซึ่งพบบ่อยในน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดทางชีววิทยา รวมทั้งน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ

### 2.6.4 ปัจจัยที่ต้องคำนึงในการหาค่า $BOD_5$

Klein (อ้างถึงใน (5)) กล่าวว่าการวิเคราะห์ค่า $BOD_5$ เป็นขบวนการทดสอบทางชีวเคมี จึงขึ้นอยู่กับกิจกรรมของแบคทีเรียเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่จะส่งผลกระทบต่อกิจกรรมของแบคทีเรียให้คงที่ สภาวะแวดล้อมเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในขบวนการทางชีวเคมี คือ จะต้องเหมาะสมกับจุลชีพ ปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึงเช่น

1. เวลาเป็นปัจจัยสำคัญตัวหนึ่งที่มีผลต่อการหาค่า $BOD_5$ เพราะมีอิทธิพลต่อปริมาณการออกซิเดชั่นของสารอินทรีย์ จากสมการ $BOD_5 = Y = L(1 - 10^{-k't})$ จะเห็นว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายเพิ่มขึ้น

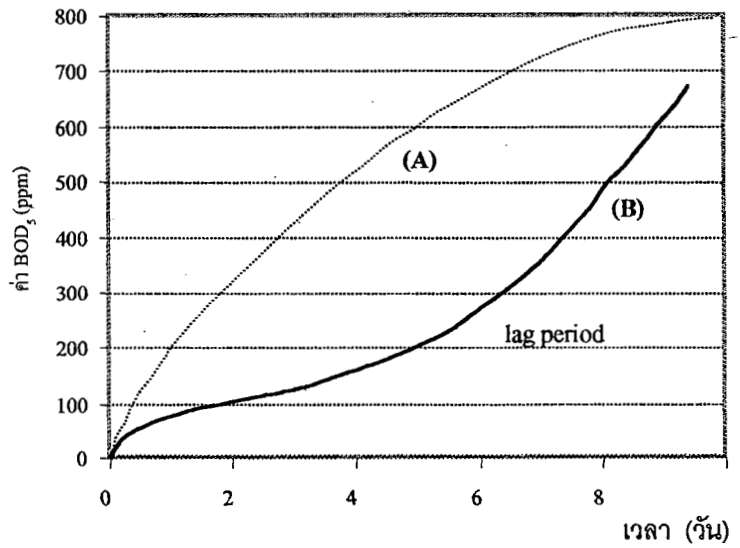
2. อุณหภูมิมีความสัมพันธ์กับระบบทางชีววิทยาของแบคทีเรีย ในปฏิกริยาการหา $BOD_5$ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนจะมีผลทำให้ค่าคงที่ของอัตราการย่อยสลาย (k) เปลี่ยน

3. การเจือจางตัวอย่าง ในตัวอย่างที่มีความสกปรกน้อย คือ $BOD_5$ ไม่เกิน 7 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่จำเป็นต้องมีการเจือจาง แต่ถ้า $BOD_5$ ของตัวอย่างเกินกว่า 7 มิลลิกรัมต่อลิตร จำเป็นต้องมีการเจือจางตัวอย่างให้มีความเข้มข้นเหมาะสม จะต้องทำให้ออกซิเจนที่ใช้ไประหว่างเพาะเชื้อ 5 วัน มีค่าไม่น้อยกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร และเหลือออกซิเจน ในวันที่ 5 อยู่ ($DO_5$) ไม่ต่ำกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ในทางปฏิบัติเมื่อหาค่า $BOD_5$ ของน้ำเสียจะทำการเจือจางตัวอย่างประมาณ 3 ความเจือจาง ถ้าในแต่ละความเข้มข้นให้ค่า $BOD_5$ ออกมาแตกต่างกันมาก จำเป็นต้องพิจารณาโดยยึดหลักว่า ค่า $BOD_5$ ที่

เหมาะสมคือ ความเข้มข้นที่ค่าออกซิเจนที่วันที่ 0 ($DO_0$) ลดลงอยู่ในช่วงร้อยละ 40-70 เมื่อถึงวันที่ 5 ($DO_5$)

4. จุลชีพที่ใช้ย่อยสารอินทรีย์ เนื่องจากการหาค่า $BOD_5$ อาศัยจุลชีพเป็นตัวย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำตัวอย่าง ปริมาณและชนิดของจุลชีพที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญต่อการหาค่า $BOD_5$ มาก น้ำทิ้งจากบ้านเรือนที่ไม่ได้ผ่านขบวนการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน น้ำทิ้งที่มีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ รวมทั้งน้ำในแม่น้ำมักมีจำนวนจุลชีพเพียงพอ แต่มีน้ำทิ้งบางประเภทที่มีจุลินทรีย์ไม่เพียงพอ เช่น น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท อาทิ น้ำทิ้งที่มีความเป็นกรด-ด่างสูง น้ำทิ้งที่มีสารพิษ และน้ำทิ้งที่มีอุณหภูมิสูง ซึ่งทำให้จุลชีพตายนั้นมีจุลชีพไม่เพียงพอต่อการหาค่า $BOD_5$ ต้องมีการทำการเติมเชื้อ (seeding)

จุลชีพที่ใช้ในการหาค่า $BOD_5$ เป็นพวกที่ใช้ออกซิเจน (aerobic organism) ถ้าในน้ำเสียมีจุลชีพที่ไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic organism) อยู่มากกว่า เช่นในน้ำเสียจากบ่อเกรอะ (septic sewage) ในกากของเสียที่ถูกย่อยสลาย (digested sludge) โคลนใต้น้ำ น้ำใสจากถังย่อยกากตะกอน จะมีผลทำให้เกิด lag phase ขึ้นในช่วงแรกของการหาค่า $BOD_5$ คือประมาณ 1-3 วัน ทำให้ค่า $BOD_5$ ต่ำกว่าความเป็นจริง ดังแสดงในภาพที่ 5




**ภาพที่ 5** เส้น $BOD_5$ ของน้ำใสจากถังย่อยสลายตะกอน A) คือเส้น $BOD_5$ ปกติที่ควรเป็น B) คือ $BOD_5$ ของตัวอย่างน้ำที่เกิด lag phase (8)

## 2.7 COD (chemical oxygen demand)

COD คือ ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการเพื่อใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) และน้ำ ($H_2O$) โดยตัวเติมออกซิเจนอย่างแรง (strong oxidizing agent) ภายใต้สภาวะที่เป็นกรด

### 2.7.1 หลักการทั่วไป

ในการวัดกำลังความสกปรกของน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือนและน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบ โดยใช้ค่า COD นั้น อาศัยหลักการที่ว่าสารอินทรีย์เกือบทั้งหมด (มียกเว้นบางตัวเป็นส่วนน้อย) สามารถถูกออกซิไดซ์โดยตัวเติมออกซิเจนอย่างแรงภายใต้สภาวะที่เป็นกรด สารอินทรีย์คาร์บอนในน้ำทิ้งประมาณร้อยละ 95-100 ถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) และน้ำ ($H_2O$) ในขณะที่สารอินทรีย์ไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนเป็นไนเตรท และพวกอะมิโนไนโตรเจน ก็ถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียไนโตรเจน ปฏิกริยาพื้นฐานของการเติมออกซิเจนอาจเขียนได้ดังสมการที่ [15] ดังนี้

$$C_nH_aO_bN_c + (n + a/4 - b/2 - (3/4)\,c)\,O_2 \rightarrow n\,CO_2 + (a/2 - (3/2)\,c)\,H_2O + c\,NH_3 \quad .....[15]$$

โดยที่การหาค่า COD นั้น ออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ดังสมการที่ [15] ได้มาจากตัวเติมออกซิเจนอย่างแรง จึงอาจเขียนสมการโดยสรุปได้ดังนี้

$$\text{organic carbon} + \text{chemical oxidizing agent} \xrightarrow[H+]{\Delta} CO_2 + H_2O + \text{reduced oxidizing agent}$$

เมื่อสิ้นสุดปฏิกริยาปริมาณตัวเติมออกซิเจนที่ถูกใช้ไปจะถูกนำไปคำนวณหาค่าปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้สำหรับย่อยสลายสารอินทรีย์ ถ้าปริมาณออกซิเจนถูกใช้ไปมากจะแสดงว่าสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายมีจำนวนมากด้วย

สารเติมออกซิเจนที่ใช้ในการหาค่า COD ของน้ำทิ้งมีหลายตัว เช่น โปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) เซริคซัลเฟต ($Ce(SO_4)_3$ โปตัสเซียมไอโอเดต ($KIO_3$) กรดไอโอดิค ($HIO_3$) โปตัสเซียมเปอร์ซัลเฟต ($K_2S_2O_9$) โปตัสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) แต่ละตัวมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน (9) (10)

แต่ที่นิยมใช้มากในปัจจุบัน และเป็นวิธีที่ใช้เป็นมาตรฐานของสหรัฐอเมริกาตามข้อกำหนดของ APHA คือ โปตัสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) เพราะมีความสามารถในการออกซิเดชั่นสูง และเหมาะสมกับตัวอย่างน้ำหลายชนิด โดยเฉพาะน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือน สามารถออกซิไดซ์สารประกอบอินทรีย์ได้มากชนิดจนเกือบสมบูรณ์ได้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) และน้ำ ($H_2O$) นอกจากนี้การวัดปริมาณของไดโครเมตอิออน ($Cr_2O_7^{-2}$ ) ที่เกิดพอดียังทำได้ง่ายและได้ผลแน่นอน และยังเป็นสารที่มีราคาถูก นอกจากนี้ยังมีข้อดีของโปตัสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) อีกอย่างหนึ่ง คือถ้าใช้โปตัสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ชนิด analytical grade เอามาอบให้แห้งที่ 103 องศาเซลเซียส ก่อนใช้เตรียมน้ำยา จะได้สารละลายที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน (primary standard)

หลักการของการหาค่า COD โดยใช้โปตัสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) คือ สารอินทรีย์คาร์บอนในน้ำตัวอย่างไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95-98 จะถูกออกซิไดซ์ด้วยโปตัสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ภายใต้สภาวะที่เป็นกรดอย่างแรง และอุณหภูมิสูง ได้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) และน้ำ ($H_2O$) ในขณะซึ่งแอมโมเนีย ($NH_3$) รวมทั้งสารอินทรีย์ไนโตรเจน เช่น พวก amino-, amide-และ nitrile-nitrogen จะถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียมซัลเฟต ($(NH_4)\ SO_4$) ซึ่งไม่ถูกออกซิไดซ์อีก ความผิดพลาดประมาณร้อยละ 2-3 อาจเกิดจากสารระเหยได้บางตัวที่ไม่ถูกออกซิไดซ์ เช่น มีเทน ($CH_4$) ดังนั้นปฏิกิริยาจึงต้องอาศัยขบวนการกลั่นย้อนกลับ (reflux) หรือกระทำในระบบปิดเพื่อป้องกันการสูญหายไปของสารระเหยได้ที่มีอยู่เดิมในตัวอย่างน้ำ หรือที่เกิดขึ้นในระหว่างปฏิกิริยาการย่อยสลาย นอกจากนั้นยังมีสารอินทรีย์บางตัวที่ย่อยสลายด้วยโปตัสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ได้ยาก เช่น fatty acid straight-chain aliphatic, straight-chain alcohol และ straight-chain acid จึงจำเป็นต้องเติมซิลเวอร์ซัลเฟต ($AgSO_4$) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) และใช้เมอร์คิวรีซัลเฟต ($HgSO_4$) เป็นตัวกำจัดขัดขวางของพวกคลอไรด์อิออน ($Cl^-$) ซึ่งมักพบเสมอในน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือนและน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ปฏิกิริยาการย่อยสลายเป็นดังต่อไปนี้

$$C_nH_aO_b + cCr_2O_7^{-2} + 8cH^+ \Rightarrow nCO_2 + a+8c\,H_2O + 2cCR^{+3} \quad \text{.....[16]}$$

เมื่อ $c = \frac{2n}{3} + \frac{a}{6} - \frac{b}{3}$ หรืออาจเขียนสมการง่าย ๆ ได้ดังนี้ คือ

$$3 \text{ organic C} + 2\,Cr_2O_7^{-2} + 16\,H^+ \Rightarrow 3CO_2 + 8\,H_2O + 4\,CR^{+3} \quad \text{.....[17]}$$

ในการวิเคราะห์จะเติมสารละลายโปตัสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ที่ทราบความเข้มข้นและปริมาตรจำนวนมากเกินพอลงไป หลังจากสิ้นสุดปฏิกิริยาการย่อยสลายแล้วโปตัสเซียมไดโครเมต

($K_2Cr_2O_7$) ที่คงเหลือจะถูกติเตรทด้วยสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ หรือ FAS โดยใช้เฟอร์โรอิน ($Fe(C_{12}H_8N_2)_3^{+2}$) เป็นอินดิเคเตอร์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในช่วงนี้ดังสมการที่ [18]

$$Cr_2O_7^{-2} + 6\,Fe^{+2} + 14\,H^{+} \xrightarrow{\text{ferroin}} 6\,Fe^{+3} + 2\,Cr^{+3} + 7\,H_2O \quad \text{.....[18]}$$

โครเมียมอิออนในสารละลายโปตัสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ที่เหลืออยู่ใน $Cr^{+6}$ ซึ่งมีสีเหลืองจะถูกรีดิวส์ด้วยเฟอรัสอิออน ($Fe^{+2}$) ในสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$) ให้เป็น $Cr^{+3}$ ซึ่งมีสีเขียวแทน แต่เนื่องจากสีเหลืองของ $Cr^{+6}$ และสีเขียวของ $Cr^{+3}$ ต่างกันไม่ชัดเจน จึงใช้เฟอร์โรอินเป็นอินดิเคเตอร์ทำให้จุดยุติ (end point) เป็นสีน้ำตาลแดง (reddish brown) ซึ่งชัดเจนกว่าสีเขียวของเกลือโครมิค จากนั้นคำนวณหาปริมาณออกซิเจนซึ่งสมดุลย์กับปริมาณสารอินทรีย์ได้

### 2.7.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการวิเคราะห์ค่า COD

ในการวิเคราะห์ค่า COD นั้น มีปัจจัยหลายสิ่งที่ส่งผลกระทบต่อการวิเคราะห์ ซึ่งจะส่งผลให้ค่า COD ที่วิเคราะห์ได้มีความถูกต้องแม่นยำ หรือคลาดเคลื่อนได้ถ้าขาดการควบคุมปัจจัยเหล่านี้อย่างดีพอ ปัจจัยเหล่านี้ เช่น อุณหภูมิ ความเข้มข้นของกรด จุดยุติของปฏิกิริยา เวลาที่ใช้ในการย่อยสลายและความเข้มข้นของสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$) ในปี 1974 Stone ได้นำเสนอผลการวิจัยของเขา ซึ่งเปรียบเทียบการหาค่า COD โดยวิธีไดโครเมต (dichromate) โดยใช้เวลารีฟลักซ์นาน 1, 2 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ กับตัวอย่างน้ำทิ้งจากบ้านพักอาศัยและน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม พบว่าระยะเวลาเพียง 1 ชั่วโมงก็เพียงพอในการย่อยสลาย แต่ที่ระยะเวลาการรีฟลักซ์ 2 ชั่วโมงให้ค่าสูงที่สุดเขาจึงแนะนำให้ใช้เวลารีฟลักซ์ 2 ชั่วโมง ผลการวิจัยดังแสดงในตารางที่ 3

### 2.7.3 ตัวขัดขวาง (interference)

วัตถุประสงค์ของการหาค่า COD ของน้ำตัวอย่าง ก็เพื่อหาปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนโดยอาศัยตัวออกซิไดซ์อย่างแรง เป็นตัวให้ออกซิเจนในปฏิกิริยารีดอกซ์ (redox) ดังนั้นจึงอาจมีสารอนินทรีย์บางตัวสามารถถูกออกซิไดซ์หรือสามารถออกซิไดซ์ตัวออกซิไดส์ที่ใช้ในปฏิกิริยาหาค่า COD ซึ่งในที่นี้คือ โปตัสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ได้มีผลทำให้ค่า COD ที่หาได้มากขึ้นหรือน้อยลงกว่าความเป็นจริงตามลำดับ

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131



**ตารางที่ 3** ผลของระยะเวลา reflux ต่อการหาค่า COD วิธีไดโครเมต โดยใช้ $AgSO_4$ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

| การทดลองที่ | ค่า COD (มิลลิกรัมต่อลิตร) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | น้ำทิ้งชุมชน | | | น้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม | | |
| | รีฟลักซ์ 1 ชม. | รีฟลักซ์ 2 ชม. | รีฟลักซ์ 4 ชม. | รีฟลักซ์ 1 ชม. | รีฟลักซ์ 2 ชม. | รีฟลักซ์ 4 ชม. |
| 1 | 652 | 656 | 648 | 1004 | 1004 | 100 |
| 2 | 832 | 840 | 844 | 1064 | 1072 | 1076 |
| 3 | 740 | 736 | 724 | 972 | 972 | 964 |
| 4 | 720 | 736 | 708 | 940 | 948 | 948 |
| 5 | 820 | 824 | 820 | 832 | 940 | 832 |
| 6 | 680 | 684 | 680 | 916 | 920 | 916 |
| ค่าเฉลี่ย | 741 | 746 | 737 | 955 | 959 | 956 |

ตัวขัดขวางหรือตัวรบกวนการวิเคราะห์ค่า COD นี้เช่น $NO_2^-$ , $SO_2$ และอนุมูลลบของธาตุกลุ่มเฮไลด์ เช่น คลอไรด์อิออน ($Cl^-$), โบรไมด์อิออน ($Br^-$) และ ไอโอไดร์อิออน ($I^-$) โดยเฉพาะคลอไรด์ซึ่งมักพบในน้ำทิ้งจากอาคารพักอาศัย จะไปทำปฏิกิริยากับโปตัสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ได้มีผลทำให้ค่า COD ที่หาได้สูงกว่าความเป็นจริงและนอกจากนี้คลอไรด์ยังสามารถทำปฏิกิริยาทำให้ซิลเวอร์ซัลเฟต ($AgSO_4$) ซึ่งเป็นตัวเร่งในปฏิกิริยาการหา COD ตกตะกอน ทำให้สารอินทรีย์บางตัวไม่ถูกย่อยสลาย ปัญหานี้ Dobbs และ William ได้พบแนวทางแก้ไขในปี 1963 โดยการใส่เมอร์คิวรีซัลเฟตในตัวอย่างที่จะรีฟลักซ์ เพื่อให้เมอร์คิวรีซัลเฟตทำปฏิกิริยากับคลอไรด์ ($Cl^-$) ได้เป็นเมอร์คิวรีคลอไรด์ ($HgCl_2$) ซึ่งมีความสามารถในการละลายน้ำต่ำมาก ปฏิกิริยาการจับคลอไรด์ ($Cl^-$) ของ $Hg^+$ ในเมอร์คิวรีซัลเฟต ($HgSO_4$) ดังแสดงในสมการ

159794
628.16
อ 129 ค
ล.ส

$$Hg^{+2} + 2\,Cl^- \longrightarrow HgCl_2 \quad \text{.....[19]}$$

แต่อย่างไรก็ตามการใช้เมอร์คิวรีซัลเฟต ($HgSO_4$) เป็นตัวลดอิทธิพลของคลอไรด์อิออน ($Cl^-$) ในการวิเคราะห์ค่า COD ก็มีข้อจำกัด คือสามารถใช้การได้ดีในตัวอย่างน้ำที่ปริมาณคลอไรด์ ($Cl^-$) ไม่เกิน 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณของเมอร์คิวรีซัลเฟต ($HgSO_4$) ที่ใช้ต้องอยู่ในอัตราส่วน $HgSO_4 : Cl^- = 10 : 1$ โดยน้ำหนัก ดังนั้นในน้ำตัวอย่างที่มีปริมาณคลอไรด์ ($Cl^-$) สูง ๆ เช่น น้ำทะเล จึงไม่สามารถใช้วิธี dicromate reflux แบบธรรมดาได้ นราพร ได้ทดลองหาค่า COD ของตัวอย่างน้ำที่มีคลอไรด์ ($Cl^-$) สูงและได้รวบรวมแนวทางการกำจัดคลอไรด์อิออน ($Cl^-$) สำหรับตัวอย่างที่มีคลอไรด์อิออน ($Cl^-$) สูง ๆ เช่น ในน้ำทะเลไว้ดังนี้

2.7.3.1 กำจัดคลอไรด์อิออน ($Cl^-$) ก่อนจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น

1. โดยการตกตะกอนคลอไรด์ ($Cl^-$) แล้วกรองตะกอนออกก่อนทำการวิเคราะห์วิธีนี้ค่า COD ที่ได้ค่อนข้างต่ำเพราะซิลเวอร์ซัลเฟต ($AgSO_4$) ตกตะกอนเป็น ซิลเวอร์คลอไรด์ (AgCl) และไปชักนำให้สารประกอบอินทรีย์ที่จะหาค่า COD บางตัวตกตะกอนลงมาด้วย ซึ่งเรียกว่า เกิดการ occlusion

2. โดยการตกตะกอนในรูปของซิลเวอร์คลอไรด์ (AgCl) แต่ไม่กรองออก แล้วเพิ่มซิลเวอร์อิออน ($Ag^+$) ลงไปเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อให้ซิลเวอร์คลอไรด์ (AgCl) แตกตัวกลับมาน้อยที่สุด ผลที่ได้จะทำให้การออกซิเดชั่นของคลอไรด์อิออน ($Cl^-$) ลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณของซิลเวอร์ซัลเฟต ($AgSO_4$) ลงไป

3. โดยการใช้ เมอร์คิวรีซัลเฟต ($HgSO_4$) จับกับคลอไรด์อิออน ($Cl^-$) ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่เป็น nonionic ไม่ไปรบกวนการออกซิเดชั่นด้วยโปตัสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ในการหา COD และไม่มีผลต่อสารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง

4. โดยการทำให้คลอไรด์อิออน ($Cl^-$) ระเหยออกมาในรูปของก๊าซไฮโดรคลอริค (HCl) โดยการใช้กรดซัลฟูริค $H_2SO_4$ แล้วใช้ความร้อนช่วย แต่วิธีค่อนข้างยากและกำจัดคลอไรด์อิออน ($Cl^-$) ได้ไม่ทั้งหมด

2.7.3.2 โดยการปรับแก้ไขค่าคลอไรด์ (chloride correction)

Burns และ Marshall ทดลองใช้ เกลือแกง (NaCl) ขนาดความเข้มข้นต่าง ๆ กันเพื่อหาค่า COD เนื่องจากการออกซิเดชั่นของคลอไรด์และนำไปสร้างสมการแก้ไขผลกระทบของคลอไรด์อิออน ($Cl^-$) ในการหาค่า COD

การปรับค่า COD เนื่องจากการรบกวนของของคลอไรด์อิออน $Cl^-$ ทำได้โดยใช้สูตร

$$\text{COD mg/L} = \frac{((A-B)\,C \times 8000 - D) \times 1.20}{\text{mL sample}} \quad \text{.....[20]}$$

เมื่อ A = mL ของ $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ สำหรับ blank

B = mL ของ $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ สำหรับตัวอย่าง

C = normality ของ $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$

D = chloride correction

วิธีการปรับค่า COD ทำได้โดยหาปริมาณความเข้มข้นของคลอไรดอิออน ($Cl^-$) ในน้ำตัวอย่าง เพื่อนำมาเทียบหาค่า COD เนื่องจากการออกซิเดชั่นคลอไรด์อิออน ($Cl^-$) ได้เป็นค่า D

### 2.7.4 สารที่ย่อยสลายด้วยวิธี COD-dicromate ได้ยาก

สารอินทรีย์โดยทั่วไปจะสามารถถูกออกซิไดซ์ด้วยโปตัสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ได้ถึงร้อยละ 95-98 ได้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) และน้ำ ($H_2O$) แต่ก็มีสารบางตัวที่ย่อยสลายได้น้อยจนเกือบไม่ย่อยสลายเลย ถ้าไม่เติมซิลเวอร์ซัลเฟต ($AgSO_4$) ได้แก่ volatile strainght-chain aliphatic compounds เพราะพวกนี้ถูกเปลี่ยนเป็นไอลอยขึ้นเหนือสารละลายไม่กลับคืนลงมาในสารละลายที่กำลังถูก refluxed การเติม ซิลเวอร์ซัลเฟต ($AgSO_4$) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะทำให้การย่อยสลายได้มากขึ้นโดยเฉพาะพวก short-chain carbon acid และ alcohol เช่น acetic acid และ amino acid และการทำการย่อยสลายในระบบปิด (cloesd reflux) ก็จะช่วยให้ volatile organic compounds ย่อยสลายได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สารบางตัวไม่สามารถย่อยสลายได้โดยวิธี COD dicromate แม้ว่าจะใช้ซิลเวอร์ซัลเฟต ($AgSO_4$) เป็นตัวเร่งแล้วก็ตาม สารเหล่านั้นได้แก่ aromatic hydrocarbon เช่น benzene, toluene และ pyridine สารประกอบ N-containing heterocyclic compounds เช่น pyrrole, pyrrolidine, proline และ nicotinic acid รวมทั้งพวก hydrocarbon บางตัวที่ละลายน้ำได้น้อย benzene และอนุพันธ์ของมัน และ parafin

## 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาของไมตรี และคณะ (อ้างถึงใน (3)) พบว่าคุณสมบัติของน้ำในแม่น้ำน้ำบางปะกง ในเดือนมกราคม 2525 ถึงเดือนมกราคม 2526 อยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 5.5-7.5 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 3.2 – 7.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเค็มตั้งแต่ปากน้ำถึงอำเภอเมืองฉะเชิงเทรา มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างสูงมาก 0.1 – 27.1 ppt อุณหภูมิมีค่าระหว่าง 25.0 – 35.5 องศาเซลเซียส

งานวิจัยการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำน้ำจากปากแม่น้ำบางปะกงเข้ามาเป็นระยะทาง 17 กิโลเมตร ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2527 ถึง เดือนมกราคม 2528 พบว่าความเค็มของน้ำในรอบปีเปลี่ยนแปลงมากคือ 0.00 – 31.60 ppt และแบ่งได้เป็น 2 ช่วง ของความแตกต่างอย่างชัดเจน คือช่วงเดือนธันวาคม ถึงพฤษภาคม มีความเค็มสูงระหว่าง 23.60 – 29.50 ppt และช่วงเดือนมิถุนายน ถึง เดือนพฤศจิกายน มีความเค็มต่ำระหว่าง 0.00 – 3.60 ppt ความขุ่นของน้ำในรอบปี พบว่ามีเพียง 2 เดือนเท่านั้นที่ระดับ

ความขุ่นสูงมาก คือ เดือนมิถุนายนมีความขุ่น 213.40 NTU และเดือนกรกฎาคม มีความขุ่น 205.40 NTU ส่วนเดือนอื่น ๆ มีระดับความขุ่นค่อนข้างต่ำมาก คือ 12.90 – 135.80 NTU ระดับ ผันแปรอยู่ระหว่าง 6.30 - 7.50 และอุณหภูมิในรอบปีอยู่ระหว่าง 24.60 – 31.80 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังพบยังพบการเปลี่ยนแปลงของความเค็ม ความขุ่น ระดับ pH และอุณหภูมิของน้ำในแต่ละเดือน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างสถานีต่าง ๆ ในเดือนเดียวกัน (11)

จากการศึกษาของคณะประมง (อ้างถึงใน(3)) คุณภาพน้ำบางปะกงตอนล่างในช่วงตั้งแต่เดือนมีนาคม ถึง เมษายน 2533 สรุปได้นี้ อุณหภูมิหน้าโรงไฟฟ้าจะสูงกว่าบริเวณด้านเหนือน้ำประมาณ 2.5 – 3.4 องศาเซลเซียส และสูงกว่าบริเวณปากแม่น้ำประมาณ 0.2 – 1.0 องศาเซลเซียส บริเวณหน้าโรงไฟฟ้าความขุ่นเฉลี่ยสูงสุดที่พบบริเวณปากแม่น้ำมีค่าสูงมากกว่า 200 NTU โดยมีตะกอนแขวนลอยมากกว่า 350 มิลลิกรัมต่อลิตร และด้านเหนือมีความขุ่นเฉลี่ยสูงสุดประมาณ 200 NTU มีปริมาณตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยประมาณ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเค็มในแม่น้ำบางปะกงบริเวณปากแม่น้ำถึงหน้าโรงไฟฟ้า มีค่าความเค็มเฉลี่ยอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน คือ 30 ppt ส่วนด้านเหนือขึ้นไปค่าความเค็มของน้ำผันแปรไปตามการหมุนเวียนของน้ำอยู่ระหว่าง 15 – 25 ppt ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ในช่วงฤดูแล้งบริเวณปากแม่น้ำจะอยู่ในระดับ 5 – 6 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่บริเวณอำเภอบ้านโพธิ์ จะอยู่ในระดับประมาณ 4.7 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจะลดลงในฤดูน้ำมาก โดยเฉพาะน้ำที่ไหลผ่านชุมชนอำเภอบางคล้า อำเภอเมือง อำเภอบางปะกงมีปริมาณออกซิเจนต่ำสุดในปี 2529 มีค่า 3.1 มิลลิกรัม/ ลิตร และลดลงเป็น 2.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ในปี 2530

จากการศึกษาคุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกงโดยธิดาพร (3) ช่วงเดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม 2537 โดยเริ่มทำการเก็บตัวอย่าง ตั้งแต่จุดบรรจบของแม่น้ำปราจีนบุรีและแม่น้านครนายกจนกระทั่งถึงปากแม่น้ำ มีระยะทางประมาณ 126 กิโลเมตร พบว่า อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 25.0 – 38.0 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดด่าง 6.0 – 8.8 สารแขวนลอย 4.0 – 2,112.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเค็ม 0 – 35 ppt

มลพิษในลำน้ำจากสารอินทรีย์ เนื่องมาจากสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายในลำน้ำได้ด้วยขบวนการทางชีวภาพ (biodegradable content of organic) เป็นความจำเป็นที่ต้องหากำลังความสกปรกของสารอินทรีย์ในลำน้ำ การหาทำได้ 2 ทาง คือ หาการเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์โดยขบวนการทางชีววิทยา หรือโดยการหาปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์นั้น หรืออาจกล่าวง่าย ๆ ว่าวัด total carbon change หรือวัด thermodynamic energy change ของออกซิเจน ($O_2$) ซึ่งพบว่าปริมาณของสารอินทรีย์คาร์บอนจะเปลี่ยนแปลงไปตามขบวนการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในลำน้ำ จึงย่อมแสดงให้เห็นว่าสารอินทรีย์คาร์บอนน่าจะมีความสัมพันธ์กับการใช้ออกซิเจน ($O_2$) ในลำน้ำด้วย จึงได้มีการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า TOC ที่มีต่อค่า $BOD_5$ หรือ COD หรืออีกนัยหนึ่งคือ

หาความสัมพันธ์ของปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนกับการใช้ออกซิเจน ($O_2$) ในการย่อยสลายสารนั้น Davis (อ้างถึงใน (8)) ได้เสนอแนวการหาความสัมพันธ์ของ TOC ที่มีต่อ $BOD_5$ และ COD ในทางทฤษฎี (theoritical correlation) ไว้ดังนี้ ความสัมพันธ์ของค่า $BOD_5$ / COD ได้มีการวิจัยหลายครั้งแล้วว่า ค่า $BOD_5$ ของน้ำทิ้งโดยเฉพาะน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือนมีค่า $BOD_5$ ประมาณร้อยละ 60-80 ของค่า COD โดยบางคนยังประมาณว่าค่า COD มีค่าประมาณเท่ากับค่า ultimat $BOD_5$ นั่นเอง ดังนั้น $BOD_5$ / COD จึงประมาณ 0.6-0.8 สำหรับน้ำทิ้งชุมชน ทางทฤษฎีอาจเขียนได้ คือ

$$\frac{BOD_5}{COD} = \frac{mol.wt.O_2}{mol.wt.O_2} = \frac{32\,(0.90)\,(0.80)}{32\,(0.90)} = 0.8$$

เมื่อประมาณค่า COD เท่ากับค่า ultimate $BOD_5$ ซึ่งมีค่าประมาณร้อยละ 90 ของ theoritical oxygen demand และค่า $BOD_5$ ประมาณร้อยละ 80 ของ ultimate demand

ทางปฏิบัติในการหาค่าความสัมพันธ์ของทั้ง 3 ค่า คือ $BOD_5$, COD และ TOC ของน้ำตัวอย่างนั้นจะเกิดความสัมพันธ์ขึ้นหรือไม่ หรือความสัมพันธ์จะมีมากน้อยเพียงใด มีนักวิจัยหลายท่านสรุปไว้ในแนวเดียวกันว่าขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของน้ำตัวอย่างนั้นเป็นหลักใหญ่ คือ Jones (อ้างถึงใน (8)) กล่าวว่าถ้าสัดส่วนองค์ประกอบของน้ำเสียชนิดหนึ่ง ๆ มีความคงที่ แม้ว่าความเข้มข้นของน้ำเสียจะแปรเปลี่ยน น้ำเสียนั้นก็สามารถหาความสัมพันธ์ของค่า $BOD_5$, COD และ TOC ได้ Davis (อ้างถึงใน (8)) ว่าความสัมพันธ์ของค่า $BOD_5$, COD และ TOC ยังแปรเปลี่ยนไปตามขบวนการกำจัดน้ำเสียอีกด้วย ทั้งนี้ก็ด้วยหลักการที่ว่าองค์ประกอบของน้ำเสียในแต่ละจุดของระบบกำจัดแตกต่างกันนั่นเอง

จากการศึกษาหาค่าความสัมพันธ์ของค่า $BOD_5$ และ COD ของน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบและน้ำธรรมชาติโดย นฤมล แก้วกล่ำ (8) เพื่อนำความสัมพันธ์ที่ได้ไปพยากรณ์ค่า $BOD_5$ หรือ COD โดยไม่ต้องทำการวิเคราะห์ทุกค่า ผลการศึกษากับน้ำเสียจากชุมชนแฟลต, น้ำเสียจากโรงงานผลิตเบียร์, น้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว, น้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา 2 แห่ง พบว่า ความสัมพันธ์ของค่า $BOD_5$ กับ COD ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha = 0.05$) และสามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

น้ำทิ้งชุมชนแฟลตพิบูลย์วัฒนา

$$BOD_5 = 0.50129\,COD + 2.52388 \qquad (R^2 = 97.99\%)$$

น้ำทิ้งโรงงานเบียร์บริษัทบุญรอดบริเวอร์รี่ จำกัด

$$BOD_5 = 0.79708\,COD + 18.31729 \qquad (R^2 = 97.14\%)$$

น้ำทิ้งโรงงานผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว

$BOD_5 = 0.53607\ COD + 1933.13772 \quad (R^2 = 98.93\%)$

น้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณท่าช้าง

$BOD_5 = 0.14805\ COD + 0.07352 \quad (R^2 = 66.71\%)$

น้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณสะพานกรุงธนฯ

$BOD_5 = 0.11585\ COD + 0.45756 \quad (R^2 = 82.72\%)$

อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ที่หาได้เหล่านี้อาจแปรเปลี่ยนตามแหล่งน้ำชนิดต่าง ๆ เนื่องจากคุณภาพน้ำเสียนั้น ๆ ไม่เหมือนกัน จึงน่าจะได้ทำการทดลองหาความสัมพันธ์เหล่านี้ในน้ำตัวอย่างชนิดอื่น ๆ ต่อไป

Eckenfelder อ้างถึงใน (8) ได้รวบรวมผลการทดลองหาค่า $BOD_5$ และ COD ของสารประกอบพวก aliphatics, aromatic และอินทรีย์ไนโตรเจนจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เพื่อดูว่าค่า $BOD_5$ และ COD สามารถบอกค่าได้ร้อยละเท่าไร ของความต้องการออกซิเจนจริง ๆ ตามทฤษฎี ผลการศึกษาของเขาดังแสดงในตารางที่ 4

**ตารางที่ 4** การเปรียบเทียบค่า COD และ $BOD_5$ ของสารประกอบอินทรีย์คาร์บอนเทียบกับความต้องการออกซิเจนตามทฤษฎี

| ชนิดของสารเคมี | Th OD (มก./มก.) | COD ที่หาได้ (มก./มก.) | COD / Th OD (ร้อยละ) | $BOD_5$ ที่หาได้ (มก./มก.) | $BOD_5$ / Th OD (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|---|
| **aliphatic** | | | | | |
| metanol | 1.50 | 1.05 | 70 | 1.12 | 75 |
| ethanol | 2.08 | 2.11 | 100 | 1.58 | 16 |
| ethylene glycal | 1.26 | 1.21 | 96 | 0.36 | 29 |
| isopropanol | 2.39 | 2.12 | 89 | 0.16 | 7 |
| maleic Acid | 0.83 | 0.80 | 96 | 0.64 | 77 |
| acetone | 2.20 | 2.07 | 94 | 0.81 | 37 |
| methyl Ethyl ketone | 2.44 | 2.20 | 90 | 1.81 | 74 |
| ethyl acetate | 1.82 | 1.54 | 85 | 1.24 | 68 |
| oxalic acid | 0.18 | 0.18 | 100 | 0.16 | 89 |
| | ค่าเฉลี่ย | | 91 | | 56 |
| **aromatic** | | | | | |
| toluene | 3.13 | 1.41 | 45 | 0.86 | 28 |
| benzaldehyde | 2.42 | 1.98 | 80 | 1.62 | 67 |
| benzoic acid | 1.96 | 1.95 | 100 | 1.45 | 74 |
| hydroquinone | 1.89 | 1.83 | 100 | 1.00 | 53 |
| O-cresol | 2.52 | 2.38 | 95 | 1.75 | 70 |
| | ค่าเฉลี่ย | | 84 | | 58 |
| **nitrogenous organics** | | | | | |
| monothanolamie | 2.49 | 1.27 | 51 | 0.83 | 34 |
| acrylonitrile | 3.17 | 1.39 | 44 | วัดไม่ได้ | 0 |
| aniline | 3.18 | 2.34 | 74 | 1.42 | 44 |
| | ค่าเฉลี่ย | | 58 | | 26 |
| **refractory** | | | | | |
| tertiary butanol | 2.59 | 2.18 | 84 | 0 | 0 |
| diethylene glycol | 1.51 | 1.06 | 70 | 0.15 | 10 |
| pyridine | 3.13 | 0.05 | 2 | 0.06 | 2 |
| | ค่าเฉลี่ย | | 52 | | 4 |

# บทที่ 3
# วิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อการตรวจวิเคราะห์คุณภาพ จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำตามสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 11 สถานี เดือนละ 1 ครั้ง ๆ ละ 2 วัน เป็นเวลา 10 เดือน โดยแต่ละครั้งเก็บตัวอย่างน้ำในช่วงเวลาน้ำลงถึงลงต่ำสุดของแต่ละเดือน เพื่อให้ได้คุณภาพของน้ำในแม่น้ำจริง ๆ มิใช่น้ำจากทะเล โดยวันแรกของแต่ละเดือนจะเก็บตัวอย่างน้ำจากสถานีที่ 11 - 6 ส่วนในวันที่สองของแต่ละเดือน จะเก็บตัวอย่างจากสถานีที่ 5 - 1

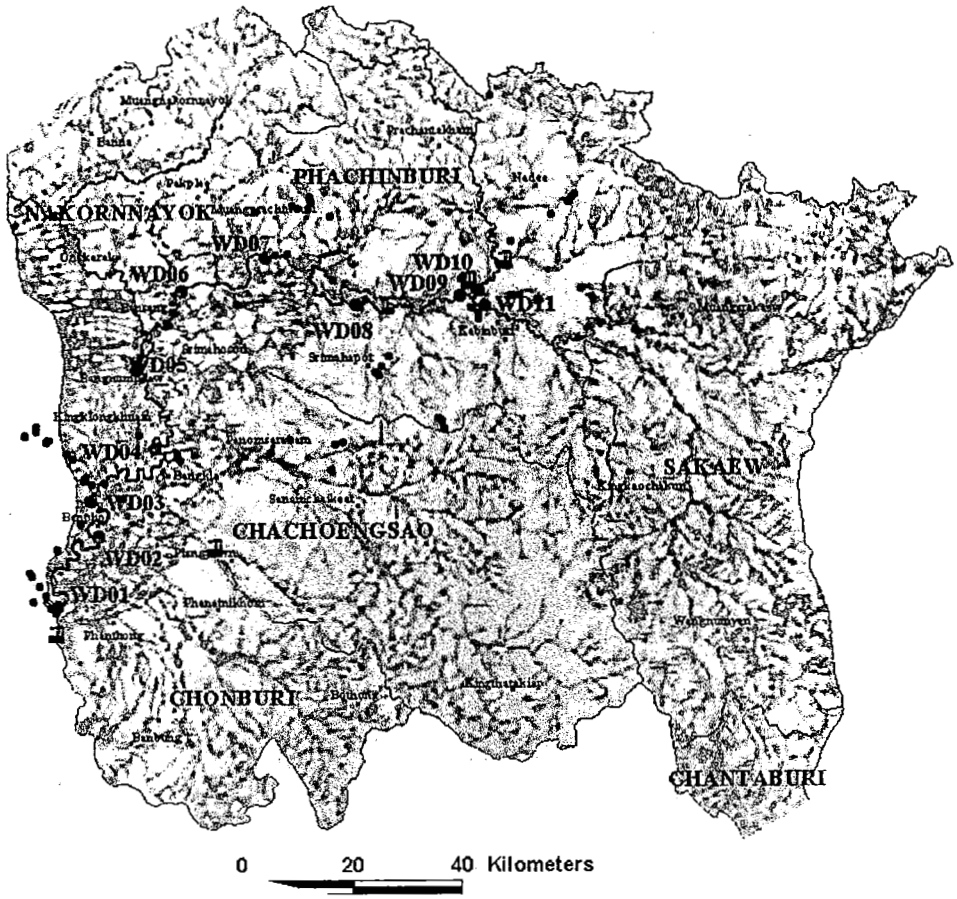
## 3.1 สถานีเก็บตัวอย่างน้ำ

การดำเนินงานศึกษาในครั้งนี้จะเลือกสถานีเก็บตัวอย่างจากตำแหน่งที่มีสะพานข้ามแม่น้ำอยู่แล้ว เพื่อความสะดวกในการเก็บตัวอย่าง ที่จะเป็นตัวแทนของน้ำในแม่น้ำบางปะกงสายหลักตลอดสาย จำนวน 9 สถานี โดยมีค่าเฉลี่ยระยะห่างแต่ละสถานีประมาณ 27 กิโลเมตร นอกจากนี้ยังดำเนินการเก็บตัวอย่างจากแม่น้ำหนุมานและ แม่น้ำพระปรง (สถานีที่ 10 และ 11) ซึ่งเป็นแม่น้ำสาขาก่อนจะมาบรรจบกันเป็นแม่น้ำปราจีนบุรี หรือแม่น้ำบางประกงสายหลัก ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะถือเป็นสถานีพื้นฐาน ดังรายละเอียดในตารางที่ 4 และภาพที่ 6

**ตารางที่ 5** ตำแหน่งและสถานที่ตั้งของสถานีเก็บตัวอย่างน้ำ

| สถานี | ละติจูด | ลองติจูด | ระยะทาง * | สะพาน | อำเภอ | จังหวัด |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 01 | 13 ° 29 ' 03.1 " | 101 ° 00 ' 27.4 " | 8 | เทพหัสดิน | บางปะกง | ฉะเชิงเทรา |
| 02 | 13 ° 35 ' 53.4 " | 101 ° 04 ' 46.9 " | 42 | บ้านโพธิ์ | บ้านโพธิ์ | ฉะเชิงเทรา |
| 03 | 13 ° 39 ' 26.5 " | 101 ° 03 ' 59.1 " | 58 | ฉะเชิงเทรา | เมืองฉะเชิงเทรา | ฉะเชิงเทรา |
| 04 | 13 ° 44 ' 23.2 " | 101 ° 10 ' 36.8 " | 87 | วัดบางตลาด | กิ่ง อ.คลองเขื่อน | ฉะเชิงเทรา |
| 05 | 13 ° 52 ' 06.7 " | 101 ° 08 ' 51.0 " | 121 | บางขนาก | บางน้ำเปรี้ยว | ฉะเชิงเทรา |
| 06 | 13 ° 59 ' 52.4 " | 101 ° 13 ' 29.3 " | 153 | บ้านสร้าง | บ้านสร้าง | ปราจีนบุรี |
| 07 | 14 ° 02 ' 58.9 " | 101 ° 22 ' 15.5 " | 171 | ณรงค์ดำริห์ | เมืองปราจีนบุรี | ปราจีนบุรี |
| 08 | 13 ° 58 ' 19.2 " | 101 ° 31 ' 14.7 " | 195 | ศรีมหาโพธิ์ | ศรีมหาโพธิ์ | ปราจีนบุรี |
| 09 | 13 ° 59 ' 02.3 " | 101 ° 41 ' 46.6 " | 220 | วัดปากแพรก | กบินทร์บุรี | ปราจีนบุรี |
| 10 | 13 ° 59 ' 32.0 " | 101 ° 43 ' 39.8 " | 223 | หนุมาน | กบินทร์บุรี | ปราจีนบุรี |
| 11 | 13 ° 58 ' 04.6 " | 101 ° 44 ' 21.0 " | 227 | พระปรง | กบินทร์บุรี | ปราจีนบุรี |

* หมายถึง ระยะทางจากปากแม่น้ำ มีหน่วยเป็นกิโลเมตร




ภาพที่ 5 พื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงและลุ่มน้ำปราจีนบุรี และจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

## 3.2 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำจากบริเวณกลางลำน้ำ ระดับความลึก 1 เมตรจากผิวหน้าน้ำของแต่ละสถานี

## 3.3. วิธีกาเก็บข้อมูลอัตราการไหลของน้ำ

การวัดอัตราการไหลได้ใช้เครื่องวัดกระแสน้ำวัดความเร็วแบบใบพัด (Propeller type) โดยวิธีนี้กระแสน้ำจะทำให้แกนใบพัดหมุนในแนวนอน (Horizontal axis) จำนวนรอบของการหมุนและเวลาที่ใช้จะแสดงที่เครื่อง Counter set เพื่อใช้ในการคำนวณหาความเร็วของกระแสน้ำ ทำการวัดความเร็วของกระแสน้ำ โดยในการศึกษาครั้งนี้ใช้วัดที่ระดับความลึก 1 เมตรจากผิวหน้าน้ำของแต่ละสถานี และเป็นตำแหน่งเดียวกับที่เก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์

## 3.4. วิธีการเก็บตัวอย่าง

3.4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำเดือนละครั้ง ๆ ละ 2 วัน เป็นเวลา 10 เดือน (เนื่องจากแม่น้ำบางปะกงสายหลักมีความยาวประมาณ 230 กิโลเมตร และค่าเฉลี่ยระยะห่างแต่ละสถานีที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประมาณ 27 กิโลเมตร) โดยวันแรก จะดำเนินการเก็บตัวอย่าง 6 สถานี จากสถานีที่ 11 ถึงสถานีที่ 6 จากนั้นจะรีบนำตัวอย่างน้ำกลับห้องปฏิบัติการเพื่อทำการตรวจวิเคราะห์ สำหรับวันที่สองจะดำเนินการเก็บตัวอย่าง 5 สถานี จากสถานีที่ 5 ถึงสถานีที่ 1 ตามลำดับ

3.4.2 เนื่องจากการเก็บตัวอย่างจะต้องดำเนินการให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงการขึ้นลงของน้ำตามธรรมชาติ (จะดำเนินการในช่วงน้ำกำลังลงถึงลงต่ำสุด ซึ่งช่วงขณะน้ำกำลังลงในบางเดือนจะมีเวลาดำเนินการได้เพียง 6 ชั่วโมงต่อวัน) การจัดแบ่งภาระงานในการเก็บตัวอย่างจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น ฉะนั้นในการเก็บตัวอย่างจึงได้จัดแบ่งภาระงานไว้ดังนี้

1. บันทึกภาพถ่ายและบันทึกผลสภาพแวดล้อมขณะเก็บตัวอย่าง

2. ในแต่ละสถานีจะเก็บตัวอย่างน้ำด้วยวิธี grab sampling โดยเครื่องเก็บตัวอย่างน้ำแบบ kammerer ดังนี้

ก. ใส่ขวดแก้วบีโอดี ($BOD_5$) ขนาด 300 มิลลิลิตร ก่อนนำขวดมาใช้ทำความสะอาดด้วยการล้างด้วยผงซักฟอก น้ำประปาและน้ำกลั่นตามลำดับ ทิ้งให้แห้ง ในระหว่างการเติมน้ำตัวอย่างลงในขวดแก้วบีโอดีจำนวน 4 ขวด ให้สอดปลายสายยางจากเครื่องเก็บตัวอย่างน้ำแบบ kammerer ลงใต้น้ำเสมอ ปล่อยให้น้ำตัวอย่างล้นปากขวดประมาณ 2 วินาที เคาะข้างขวดไล่อากาศออกจนหมด ปิดด้วยฝาจุกแก้วที่เป็น ground joint

ข. บรรจุในขวดแก้วสีชา ขนาด 500 มิลลิลิตร พร้อมจุกแก้วสีชาที่เป็น ground joint ที่ทำความสะอาดโดยการล้างด้วยผงซักฟอก น้ำประปา จากนั้นล้างด้วยสารละลายซัลฟูริค ($H_2SO_4$) 20%

3. ทำการถนอมตัวอย่างสำหรับการตรวจวิเคราะห์ค่า $BOD_5$ และ COD โดย

ก. ตัวอย่างสำหรับตรวจวิเคราะห์ $BOD_5$ จำนวน 4 ขวดนั้น จะนำ 2 ขวดมา เทน้ำส่วนเกินที่อยู่บนฝาจุกแก้วออก น้ำตัวอย่างในขวดจะเป็น 300 มิลลิลิตร ทำการ fix ตัวอย่างน้ำด้วย $MnSO_4$ 1 มิลลิลิตร และ alkalide iodide azide reagent 1 มิลลิลิตร โดยใช้ปิเปตจุ่มใต้ผิวน้ำตัวอย่างในขวด $BOD_5$ เพื่อตรวจหา $DO_0$ ปิดด้วยฝาจุกแก้วที่เป็น ground joint เขย่าอย่างแรงโดยการกลับขวดไปมา 4-5 ครั้ง นำทั้งหมด 4 ขวด หล่อน้ำบนฝาขวด เพื่อป้องกันอากาศแทรกเข้าไปในขวด $BOD_5$ ปิด

ด้วยฝาครอบพลาสติก นำไปแช่เย็นในถังน้ำแข็งตลอดระยะเวลาการเดินทาง ดำเนินการวิเคราะห์ทันทีหลังกลับมาจากเก็บตัวอย่างภาคสนามในแต่ละวัน

ข. ตัวอย่างสำหรับตรวจวิเคราะห์ COD ถนอมรักษาตัวอย่างด้วยกรดซัลฟิคเข้มข้น (conc $H_2SO_4$) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และแช่เย็นในถังน้ำแข็ง ดำเนินการวิเคราะห์ทันทีหลังกลับมาจากเก็บตัวอย่างภาคสนามในแต่ละวัน

สรุปเวลาในการเก็บตัวอย่างในแต่ละสถานี จะใช้เวลาประมาณ 15 นาทีต่อพนักงานช่วยเก็บข้อมูล จำนวน 4 คน และระยะเวลาในการเดินทางจากสถานีหนึ่งถึงอีกสถานีหนึ่งเฉลี่ยประมาณ 45 นาที รวมเป็นเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมดประมาณ 7-8 ชั่วโมงต่อวัน (ไม่รวมระยะเวลาในการเดินทางไป-กลับจากมหาวิทยาลัยถึงสถานีที่ทำการเก็บตัวอย่างในแต่ละวัน)

## 3.5 วิธีการตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการหาค่า บีโอดี (biochemical oxygen demand)

ตัวอย่างน้ำถูกนำมาวิเคราะห์โดยแต่ละตัวอย่างทำซ้ำ 2 ครั้ง (duplicate) โดยวิธี azide modification of the Winkler's Method ตามที่กำหนดใน Standard Method for the Examination of Water and Waste Water 18 $^{th}$ edition 1992 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

### 3.5.1 เครื่องมือและเครื่องแก้ว

1. ขวด $BOD_5$ ขนาด 300 มิลลิลิตร พร้อมจุกแก้ว ที่เป็น ground joint และฝาครอบพลาสติก

2. ขวดรูปกรวยขนาด 250 มิลลิลิตร

3. บุเรตอัตโนมัติ (automatic burette) ขนาด 50 มิลลิลิตร ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

4. กระบอกตวง (cylinder) ขนาด 100 มิลลิลิตร

5. ปิเปตชนิด graduated pipettes ขนาด 10 มิลลิลิตร

6. ขวดปรับปริมาตรขนาด 1,000 , 500 , 250 มิลลิลิตร

7. บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร สำหรับชั่งสารและตวงสารละลาย

8. ตู้เพาะเชื้อ (air incubator) ใช้ตู้ยี่ห้อ WTW รุ่น TS 605/3 พร้อมเครื่องควบคุมอุณหภูมิ ชนิดใช้อากาศสำหรับควบคุมและปรับอุณหภูมิได้โดยอัตโนมัติที่ 20 ± 1 องศาเซลเซียส และสามารถป้องกันมิให้แสงเข้าไปได้

9. เครื่องชั่งไฟฟ้าแบบจานเดียว (electronic balance) ยี่ห้อ Sartorius รุ่น AC 211 S สำหรับชั่งสารเคมี เพื่อเตรียมสารเคมีมาตรฐานต่าง ๆ

3.5.2 สารเคมี

1. สารละลายแมงกานีสซัลเฟต (manganous sulfate solution) ละลาย $MnSO_4$ $H_2O$ 364 กรัม ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร สารละลายนี้จะต้องไม่เกิดสีกับน้ำแป้ง เมื่อเติมลงในสารละลายที่ทำให้เป็นกรดแล้วของโปตัสเซียมไอโอไดร์ (KI)

2. alkalide iodide azide reagent ละลาย NaOH 500 กรัม และ NaI 135 กรัม ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นละลาย $NaN_3$ 10 กรัมในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร แล้วเติมลงในสารละลายข้างต้นสารละลายนี้ไม่ควรให้สีกับน้ำแป้ง เมื่อทำให้เจือจางหรือทำให้เป็นกรด

3. กรดซัลฟูริคเข้มข้น (conc $H_2SO_4$) ชนิด analytical grade ความเข้มข้น 36 นอร์มัล

4. น้ำแป้ง (starch solution) ละลายแป้ง (soluble starch) 5 กรัม ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร ต้มให้เดือด 2-3นาที ตั้งทิ้งค้างคืนใช้แต่น้ำใสข้างบน เติม salicylic acid 1.25 กรัม

5. สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต (standard sodium thiosulfate titrate) 0.1 N. ละลาย 24.82 กรัม $Na_2S_2O_3$ 5 $H_2O$ ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร และเติม NaOH 1 กรัม

6. สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต (standard sodium thiosulfate titrate) 0.025 N. ใช้ 250.00 มิลลิลิตรของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต (standard sodium thiosulfate titrate) 0.1 N. เติมน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร และเติม NaOH 0.4 กรัม

7. สารละลายโปตัสเซียมไดโครเมต 0.025 นอร์มอล (standard potassium dicromate solution), 0.025 N) ชั่งโปตัสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ซึ่งอบให้แห้งที่ 103 องศาเซลเซียสประมาณ 2 ชั่วโมง หนัก 1.226 กรัมในนำกลั่น แล้วเติมน้ำกลั่นอีกจนมีปริมาตร 1 ลิตร

### 3.5.3 วิธีการทำ standardization

ละลายโปตัสเซียมไอโอไดร์ (KI) ประมาณ 2 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 100-150 มิลลิลิตร เติม 10 มิลลิลิตรของ 1+1 $H_2SO_4$ ตามด้วย standard potassium dicromate ($K_2Cr_2O_7$) เข้มข้น 0.025 นอร์มัล ปริมาตร ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ในที่มืด 5 นาที เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 400 มิลลิลิตร แล้วไตเตรทด้วยสารละลาย $Na_2S_2O_3$ ที่ต้องการทราบความเข้มข้น

ความเข้มข้นของ $Na_2S_2O_3$ เป็นนอร์มอล = $\frac{\text{ปริมาตรของ 0.025 N } K_2Cr_2O_7 \text{ (มิลลิลิตร)} \times 0.025}{\text{ปริมาตรของ } Na_2S_2O_3 \text{ ที่ใช้ในการไตเตรท (มิลลิลิตร)}}$

### 3.5.4 วิธีการตรวจวิเคราะห์

1. จากตัวอย่างน้ำ 4 ขวดต่อสถานี นำ 2 ขวด (ซึ่งได้เติม 1 มิลลิลิตร ของสารละลายแมงกานีสซัลเฟต และ 1 มิลลิลิตรของ alkalide iodide azide reagent มาแล้ว) มาดำเนินการวิเคราะห์ทันทีที่เดินทางถึงห้องปฏิบัติการในแต่ละวัน เพื่อป้องกันการย่อยสลายของสารอินทรีย์ไปก่อน อันเป็นเหตุให้ $BOD_5$ ที่หาได้มีค่าน้อยกว่าความเป็นจริง โดยปล่อยให้อุณหภูมิของตัวอย่างน้ำเท่าอุณหภูมิห้อง

2. เปิดฝาครอบพลาสติก เทน้ำส่วนเกินบนฝาจุกแก้วที่หล่อเพื่อป้องกันอากาศแทรกเข้าในขวดตัวอย่างทิ้ง น้ำตัวอย่างในขวด $BOD_5$ จะมีปริมาณ 300 มิลลิลิตรพอดี นำมาเติม 1 มิลลิลิตรของกรดกำมะถันเข้มข้น ปิดจุกแก้ว เขย่าอย่างแรงโดยการกลับขวดไปมาเพื่อละลายตะกอน

3. ตั้งทิ้งไว้สักครู่ ตวงตัวอย่างโดยยึดถือปริมาตรเริ่มต้นของตัวอย่าง 200 มิลลิลิตรเป็นหลัก คือตัวอย่างถูกแทนที่ด้วยสารเคมีประมาณ 2 มิลลิลิตร ($MnSO_4$ และ alkalide iodide azide reagent อย่างละ 1 มิลลิลิตร ดังนั้น ปริมาตรที่จะต้องนำมาไตเตรทจะเป็น 200 x 300 / (300-2) เท่ากับ 201 มิลลิลิตร

4. นำไปไตเตรทกับ 0.025 N. สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ซึ่งมีน้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์ สังเกตการเปลี่ยนแปลงสีจากนี้เงินเป็นไม่มีสีเป็นจุดยุติ (end point) ของการไตเตรท นำผลการไตเตรทที่ได้ไปคำนวณหาค่า $BOD_5$ เป็น มิลลิลิกรัมต่อลิตร ดังรายละเอียดในข้อ 3.4.5

5. ส่วนอีก 2 ขวด (ซึ่งไม่ได้เติม 1 มิลลิลิตร ของสารละลายแมงกานีสซัลเฟต และ 1 มิลลิลิตรของ alkalide iodide azide reagent) นำไปอบเพาะเลี้ยง (incubate) ใน air incubator ซึ่งควบคุมอุณหภูมิได้ที่ $20 \pm 1^{\circ}C$ ที่มืด เป็นเวลา 5 วัน

6. จากนั้นนำออกมาปล่อยให้อุณหภูมิของน้ำเท่าอุณหภูมิห้อง เปิดฝาครอบพลาสติก เทน้ำส่วนเกินบนฝาจุกแก้วที่หล่อเพื่อป้องกันอากาศแทรกเข้าในขวดตัวอย่างทิ้ง น้ำตัวอย่างในขวด $BOD_5$ จะมีปริมาณ 300 มิลลิลิตร พอดีเติม 1 มิลลิลิตร ของสารละลายแมงกานีสซัลเฟต และ 1 มิลลิลิตรของ alkalide iodide azide reagent มิลลิลิตร โดยใช้ปิเปตจุ่มใต้ผิวน้ำตัวอย่างในขวด $BOD_5$ ปิดจุกแก้วเขย่าอย่างแรงปล่อยให้ตะกอนนอนก้นประมาณ 2/3 ของขวด

7. ดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 2-5

### 3.5.5 การคำนวณหาค่า $BOD_5$

$$BOD_5\ (mg/L) = DO_0 - DO_5$$

## 3.6 วิธีการตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการหาค่า ซีโอดี (chemical oxygen demand)

ตัวอย่างน้ำถูกนำมาวิเคราะห์โดยแต่ละตัวอย่างทำซ้ำ 3 ครั้ง โดยวิธี dicromate closed reflux, titrimetric method ตามที่กำหนดไว้ใน Standard Method for the Examination of Water and Waste Water 18 $^{th}$ edition 1992 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

### 3.6.1 เครื่องมือและเครื่องแก้ว

1. หลอดทดลองพร้อมฝาจุกเกลียว (digestion vessel) ขนาด 20 x 150 มิลลิเมตร ฝาจุกชนิดทนกรดฉาบด้วย TFE (tetrafloro ethylene) ก่อนใช้ล้างผงซักฟอก น้ำประปา และกรดซัลฟูริค 20% ตามด้วยน้ำกลั่นทิ้งไว้ให้แห้ง

2. ตะแกรง (rack) สำหรับวาง digestion vessel ขนาด 20 x 150 มิลลิเมตร ซึ่งทำด้วยโลหะ

3. ขวดรูปชมภู่ (flask) ขนาด 125 มิลลิลิตร

4. บุเรตอัตโนมัติ (automatic buret) ขนาด 50 มิลลิลิตร ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

5. ปิเปตชนิด graduated pipettes ขนาด 5 และ 10 มิลลิลิตร

6. ขวดปรับปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 1,000 , 500 , 250 มิลลิลิตร

7. บีกเกอร์ (beaker) ขนาด 100 มิลลิลิตร สำหรับชั่งสารและตวงสารละลาย

8. เครื่องชั่งไฟฟ้าแบบจานเดียว (electronic balance) ยี่ห้อ Sartorius รุ่น AC 211 S สำหรับชั่งสารเคมี เพื่อเตรียมสารเคมีมาตรฐานต่าง ๆ

9. เดสิคเคเตอร์ (desicator) สำหรับเก็บสารเพื่อป้องกันความชื้น

10. ตู้อบ (hot air oven) ยี่ห้อ Contherm รุ่น 240 M ชนิดใช้อากาศ สามารถควบคุมและปรับอุณหภูมิได้โดยอัตโนมัติที่ 150±2 องศาเซลเซียสซึ่งควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 150°C นาน 2 ชั่วโมง

3.6.2 สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไดโครเมต (Standard potassium dichromate digestion) ($K_2Cr_2O_7$) (0.0167 M.) ละลาย 0.4913 กรัม ของ $K_2Cr_2O_7$ (อบให้แห้งที่ 103 องศาเซลเซียส นาน 2 ชม.) ในน้ำกลั่นประมาณ 500 มิลลิลิตร เติม 167 มิลลิลิตร $H_2SO_4$ เข้มข้น และ 33.3 กรัม $HgSO_4$ ปล่อยไว้จนสารละลายเย็น ปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร

2. สารละลายเฟอโรอินอินดิเคเตอร์ (ferroin indicator solution) ละลาย 1.485 กรัม ของ 1,10-phenanthroline monohydrate และ 0.695 กรัม $FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$ ในน้ำกลั่นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร

3. สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (ferrous ammonium sulfate) (FAS) (0.10 M.) ละลาย 39.2 กรัม $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6\ H_2O$ ในน้ำกลั่น และเติม 20 มิลลิลิตร $H_2SO_4$ เข้มข้น ทำให้เย็น ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร standardize สารละลายนี้ทุกครั้งที่ใช้ด้วย standard $K_2Cr_2O_7$ digestion solution

4. เมอรคิวริคซัลเฟต ($HgSO_4$) ชนิดผง analytical grade

5. เงินซัลเฟต ($Ag_2SO_4$) ชนิดผง analytical grade

6. สารละลายซัลฟูริคเข้มข้นสำหรับ COD (sulfuric acid reagent) เติม 22 กรัม $Ag_2SO_4$ ลงในขวดกรด $H_2SO_4$ เข้มข้นขนาด 2.5 ลิตร ทิ้งไว้ 2 วัน เพื่อให้ $Ag_2SO_4$ ละลาย

### 3.6.3 วิธีการทำ standardization

ใส่น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลองชนิดฝาจุกเกลียว (digestion vessel) ขนาด 20 x 150 มิลลิลิตร เติมสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไดโครเมต 0.0167 M จำนวน 3.0 ลิตร ตามด้วยกรดซัลฟูริคเข้มข้นสำหรับ COD จำนวน 7.0 ลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น และใส่สารละลายเฟอโรอินอินดิเคเตอร์ 1-2 หยด ไตเตรทด้วยสาระลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ต้องการทราบความเข้มข้น จากสูตร

$$\text{ความเข้มข้นของ FAS เป็นโมลาร์} = \frac{\text{ปริมาตรของ 0. 0167 M } K_2Cr_2O_7 \text{ (มิลลิลิตร) x 0.10}}{\text{ปริมาตรของ FAS ที่ใช้ในการไตเตรท (มิลลิลิตร)}}$$

### 3.6.4 วิธีการตรวจวิเคราะห์

1. ปล่อยให้อุณหภูมิของตัวอย่างน้ำเท่าอุณหภูมิห้องก่อนเสมอ

2. คัดเลือกขนาดของตัวอย่างตามความเหมาะสม โดยอาจใส่ตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร หรือตัวอย่างที่เจือจางแล้วจนมีความเข้มข้นที่เหมาะสมจำนวน 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองชนิดฝาจุกเกลียว (digestion vessel) ขนาด 20 x 150 มิลลิลิตร

3. เติมสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไดโครเมต (digestion solution) 0.0167 M จำนวน 3.0 มิลลิลิตร

4. เติมกรดซัลฟูริคเข้มข้น (sulfuric acid reagent) สำหรับ COD จำนวน 7.0 ลิตร โดยค่อย ๆ ปล่อยกรดจากปิเปตให้ไหลลงข้าง ๆ หลอดด้านใน ชั้นของกรดจะลงไปอยู่ด้านล่าง ปิดฝาให้แน่น ค่อย ๆ เขย่าให้สารละลายเข้ากันดี

5. ใส่หลอดทดทลองลงในตะแกรง (Rack) โลหะ

6. นำไปย่อยสลายในตู้อบ (hot air oven) ที่ 150 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชม. (ใช้น้ำกลั่น 1 ตัวอย่าง เพื่อเป็น blank)

7. ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

8. ไตเตรท $K_2Cr_2O_7$ ที่เหลือจากการใช้ย่อยสลายด้วยสารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) ความเข้มข้น 0.0167 M โดยใช้เฟอโรอินอินดิเคเตอร์ 1-2 หยด เป็นตัวบอกจุดยุติ (end point) โดยเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีออกน้ำตาลแดง

### 3.6.5 การคำนวณหาค่า COD

$$\text{COD (mg/L)} = \frac{(A - B) \times M \times 8000}{\text{ปริมาตรน้ำตัวอย่าง (มิลลิลิตร)}}$$

เมื่อ : A = มิลลิลิตรของ FAS ที่ใช้สำหรับ Blank

B = มิลลิลิตรของ FAS ที่ใช้สำหรับน้ำตัวอย่าง

C = ความเข้มข้นของ FAS (โมลาร์)

## 3.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ ดังนี้

3.7.1 วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (mean), ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard deviation), ค่าสูงสุด (Maximum), ค่าต่ำสุด (Minimum)

3.7.2 วิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient; r), และสัมประสิทธิ์การทำนาย (coefficient of determination; $r^2$) เพื่อดูว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ ทิศทางตามกัน (positive correlation) หรือทิศทางผกผันกัน (negative correlation) ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

# บทที่ 4
# ผลการศึกษาวิจัย

จากการนำตัวอย่างน้ำ จากแม่น้ำบางปะกงตลอดลำน้ำ ในระยะ 230 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ โดยเก็บตัวอย่างจาก 11 สถานี ตั้งแต่สถานีเก็บตัวอย่างที่ 01 สะพานเทพหัสดิน อำเภอบางปะกง ถึงสถานีที่ 11 สะพานพระปรง อำเภอกบินทร์บุรี โดยทำการศึกษาจากดัชนีชี้วัด จำนวน 9 ดัชนี ในช่วง 10 เดือน ๆ ละ 1 ครั้ง ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2542 ถึง กรกฎาคม 2543 ซึ่งในการนำเสนอครั้งนี้จะนำเสนอเป็น 2 ฤดู ดังนี้

ฤดูแล้ง ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2542 ถึง พฤษภาคม 2543

ฤดูน้ำ ตั้งแต่เดือนตุลาคม–พฤศจิกายน 2542 และเดือนมิถุนายน–กรกฎาคม 2543

## 4.1 ลักษณะทั่วไปของน้ำในแม่น้ำบางปะกง

จากการสำรวจสภาพแม่น้ำบางปะกง พบลักษณะทั่วไปของน้ำในแม่น้ำบางปะกงพบว่า ความกว้าง ความลึก และความเร็วของน้ำในลำน้ำในช่วงฤดูน้ำจะมากกว่าในช่วงฤดูแล้งในทุกสถานี มีรายละเอียดดังนี้

### 4.1.1 สะพานเทพหัสดิน อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา

อยู่ห่างจากปากแม่น้ำประมาณ 8 กิโลเมตร ความกว้างเฉลี่ยของลำน้ำในช่วงฤดูน้ำเท่ากับ 301.29 เมตร ขณะที่ฤดูแล้งกว้างเฉลี่ย 291.52 เมตร ความลึกกลางลำน้ำเฉลี่ยในช่วงฤดูน้ำมีค่าเท่ากับ 11.73 เมตร ในขณะที่ฤดูแล้ง 12.25 เมตร น้ำไหลค่อนข้างแรง อัตราการไหลเฉลี่ย 33.00 เมตรต่อนาที ในฤดูน้ำ และ 24.82 เมตรต่อนาทีในฤดูแล้ง ลักษณะส่วนใหญ่ในทั้งสองฤดูน้ำค่อนขุ่นมาก น้ำมีสีน้ำตาล ในฤดูน้ำ ส่วนในฤดูแล้งส่วนใหญ่น้ำจะมีสีน้ำตาลเขียว สถานีนี้เป็นสถานีเก็บน้ำหลังน้ำไหลผ่าน โรงไฟฟ้าบางปะกงมาแล้ว (ดูภาพประกอบในภาคผนวก ง)

**4.1.2 สะพานบ้านโพธิ์ อำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา**

อยู่ห่างจากปากแม่น้ำประมาณ 42 กิโลเมตร ความกว้างเฉลี่ยของลำน้ำในช่วงฤดูน้ำอยู่เท่ากับ 329.49 เมตร ในขณะที่ฤดูแล้งค่าเฉลี่ยเท่ากับ 324.93 เมตร ความลึกกลางลำน้ำเฉลี่ยในช่วงฤดูน้ำมีค่าเท่ากับ 8.64 เมตร ในขณะที่ฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ย 6.50 เมตร น้ำไหลแรงพอประมาณ อัตราการไหลเฉลี่ย 29.22 เมตรต่อนาทีในฤดูน้ำ และ 31.86 เมตรต่อนาทีในฤดูแล้ง ในทั้งสองฤดูน้ำจะมีลักษณะค่อนข้างขุ่น สีน้ำตาล เป็นสถานีที่ตั้งอยู่บริเวณแหล่งชุมชนอำเภอบ้านโพธิ์ (ดูภาพประกอบในภาคผนวก ง)

**4.1.3 สะพานฉะเชิงเทรา อำเภอเมืองฉะเชิงเทรา จังหวัดฉะเชิงเทรา**

อยู่ห่างจากปากแม่น้ำประมาณ 58 กิโลเมตร ความกว้างเฉลี่ยของลำน้ำในช่วงฤดูน้ำอยู่เท่ากับ 351.63 เมตร ในขณะที่ฤดูแล้งค่าเฉลี่ยเท่ากับ 351.40 เมตร ความลึกกลางลำน้ำเฉลี่ยในช่วงฤดูน้ำมีค่าเท่ากับ 9.60 เมตร ในขณะที่ฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ย 9.08 เมตร น้ำไหลค่อนข้างแรง อัตราการไหลเฉลี่ย 33.65 เมตรต่อนาทีในฤดูน้ำ และ 24.05 เมตรต่อนาทีในฤดูแล้ง ลักษณะน้ำส่วนใหญ่ค่อนข้างขุ่น สีน้ำตาลในฤดูแล้งน้ำอาจจะมีสีน้ำตาลเหลือง หรือน้ำตาลเขียวบ้าง เป็นสถานีที่ตั้งหลังน้ำไหลผ่านชุมชนเมืองฉะเชิงเทรา (ดูภาพประกอบในภาคผนวก ง)

**4.1.4 สะพานวัดบางตลาด กิ่งอำเภอคลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา**

อยู่ห่างจากปากแม่น้ำประมาณ 87 ความกว้างเฉลี่ยของลำน้ำในช่วงฤดูน้ำอยู่เท่ากับ 175.87 เมตร ในขณะที่ฤดูแล้งค่าเฉลี่ยเท่ากับ 172.72 เมตร ความลึกกลางลำน้ำเฉลี่ยในช่วงฤดูน้ำมีค่าเท่ากับ 9.10 เมตร ในขณะที่ฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ย 8.72 เมตร น้ำไหลค่อนข้างแรง อัตราการไหลเฉลี่ย 18.54 เมตรต่อนาทีในฤดูน้ำ ในขณะที่ฤดูแล้งน้ำค่อนข้างนิ่งมีอัตราการไหลเฉลี่ย 13.71 เมตรต่อนาที ลักษณะน้ำส่วนใหญ่มีตะกอนและน้ำมีสีน้ำตาลบ้าง โดยในบางเดือนของฤดูแล้งจะพบน้ำค่อนข้างใส สีเขียว สถานีนี้เป็นสถานีก่อนผ่านชุมชนเทศบาลบางคล้า (ดูภาพประกอบในภาคผนวก ง)

**4.1.5 สะพานบางขนาก อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา**

อยู่ห่างจากปากแม่น้ำประมาณ 121 กิโลเมตร ความกว้างเฉลี่ยของลำน้ำในช่วงฤดูน้ำอยู่เท่ากับ 133.54 เมตร ในขณะที่ฤดูแล้งค่าเฉลี่ยเท่ากับ 130.05 เมตร ความลึกกลางลำน้ำเฉลี่ยในช่วงฤดูน้ำมีค่าเท่ากับ 8.78 เมตร ในขณะที่ฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ย 7.60 เมตร น้ำไหลแรงพอประมาณ อัตราการไหลเฉลี่ย 26.75 เมตรต่อนาทีในฤดูน้ำ ในขณะที่ฤดูแล้งน้ำค่อนข้างนิ่งมีอัตราการไหลเฉลี่ย 17.21 เมตรต่อนาที ลักษณะน้ำส่วนใหญ่มีตะกอนบ้างเล็กน้อย สีเหลืองเขียว เป็นสถานีหลังผ่านชุมชนบางขนาก (ดูภาพประกอบในภาคผนวก ง)

### 4.1.6 สะพานบ้านสร้าง อำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี

อยู่ห่างจากปากแม่น้ำประมาณ 153 ความกว้างเฉลี่ยของลำน้ำในช่วงฤดูน้ำอยู่เท่ากับ 93.84 เมตร ในขณะที่ฤดูแล้งค่าเฉลี่ยเท่ากับ 79.50 เมตร ความลึกกลางลำน้ำเฉลี่ยในช่วงฤดูน้ำมีค่าเท่ากับ 10.49 เมตร ในขณะที่ฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ย 10.14 เมตร น้ำไหลค่อนข้างแรง อัตราการไหลเฉลี่ย 34.57 เมตรต่อนาที ในฤดูน้ำ ในขณะที่ฤดูแล้งน้ำค่อนข้างนิ่งมีอัตราการไหลเฉลี่ย 7.02 เมตรต่อนาที ลักษณะน้ำในฤดูฝนค่อนข้างขุ่นสีน้ำตาล ส่วนในฤดูแล้งสีของน้ำจะเป็นสีเขียว เป็นสถานีที่ตั้งอยู่ในเขตชุมชนอำเภอบ้านสร้าง โดยชุมชนอำเภอบ้านสร้าง ตั้งอยู่ฝั่งซ้ายของแม่น้ำ (ดูภาพประกอบในภาคผนวก ง)

### 4.1.7 สะพานณรงค์ดำริ อำเภอเมืองปราจีนบุรี จังหวัดปราจีนบุรี

อยู่ห่างจากปากแม่น้ำประมาณ 171 กิโลเมตร ความกว้างเฉลี่ยของลำน้ำในช่วงฤดูน้ำอยู่เท่ากับ 88.55 เมตร ในขณะที่ฤดูแล้งค่าเฉลี่ยเท่ากับ 80.77 เมตร ความลึกกลางลำน้ำเฉลี่ยในช่วงฤดูน้ำมีค่าเท่ากับ 5.92 เมตร ในขณะที่ฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ย 4.88 เมตร น้ำไหลค่อนข้างแรง อัตราการไหลเฉลี่ย 43.54 เมตรต่อนาทีในฤดูน้ำ ในขณะที่ฤดูแล้งน้ำค่อนข้างนิ่งมีอัตราการไหลเฉลี่ย 5.86 เมตรต่อนาที ลักษณะน้ำส่วนใหญ่ค่อนข้างขุ่น สีน้ำตาล เป็นสถานีที่ตั้งอยู่ในเขตชุมชนเทศบาลเมืองปราจีนบุรี (ดูภาพประกอบในภาคผนวก ง)

### 4.1.8 สะพานศรีมหาโพธิ์ อำเภอศรีมหาโพธิ์ จังหวัดปราจีนบุรี

อยู่ห่างจากปากแม่น้ำประมาณ 195 กิโลเมตร ความกว้างเฉลี่ยของลำน้ำในช่วงฤดูน้ำอยู่เท่ากับ 103.14 เมตร ในขณะที่ฤดูแล้งค่าเฉลี่ยเท่ากับ 87.51 เมตร ความลึกกลางลำน้ำเฉลี่ยในช่วงฤดูน้ำมีค่าเท่ากับ 5.91 เมตร ในขณะที่ฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ย 3.25 เมตร น้ำไหลค่อนข้างแรง อัตราการไหลเฉลี่ย 33.57 เมตรต่อนาทีในฤดูน้ำ ในขณะที่ฤดูแล้งน้ำค่อนข้างนิ่งมีอัตราการไหลเฉลี่ย 7.97 เมตรต่อนาที ลักษณะน้ำส่วนใหญ่สีน้ำตาล หรือสีน้ำตาล เขียว ขุ่นค่อนข้างน้อย เป็นสถานีที่ตั้งอยู่ในเขตชุมชน โดยชุมชนอำเภอศรีมหาโพธิ์ ตั้งอยู่ฝั่งซ้ายของแม่น้ำ (ดูภาพประกอบในภาคผนวก ง)

**4.1.9 สะพานชั่วคราววัดปากแพรก อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี**

อยู่ห่างจากปากแม่น้ำประมาณ 220 ความกว้างและความลึกของลำน้ำในช่วงฤดูน้ำไม่สามารถวัดได้ เนื่องจากสะพานชั่วคราวถูกรื้อถอนเพื่อป้องกันน้ำพัดพาสะพานชำรุดเสียหาย ในขณะที่ฤดูแล้งค่าเฉลี่ยความกว้าง และ ความลึก เป็น 42.46 และ 1.24 เมตรตามลำดับ น้ำไหลค่อนข้างแรง อัตราการไหลเฉลี่ย 18.74 เมตรต่อนาทีในฤดูแล้ง ลักษณะน้ำส่วนใหญ่สีน้ำตาล ขุ่นค่อนข้างมาก สถานีนี้เป็นจุดเริ่มต้นแม่น้ำปราจีนบุรี หลังจากการรวมกันของแม่น้ำสาขา 2 สาย คือแม่น้ำหนุมาน และแม่น้ำพระปรง เป็นแม่น้ำปราจีนบุรี หรือแม่น้ำบางปะกงสายหลักในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ (ดูภาพประกอบในภาคผนวก ง)

**4.1.10สะพานหนุมาน อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี**

อยู่ห่างจากปากแม่น้ำประมาณ 223 กิโลเมตร ความกว้างเฉลี่ยของลำน้ำในช่วงฤดูน้ำอยู่เท่ากับ 52.55 เมตร ในขณะที่ฤดูแล้งค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.53 ความลึกกลางลำน้ำเฉลี่ยในช่วงฤดูน้ำมีค่าเท่ากับ 3.79 เมตร ในขณะที่ฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ย 0.68 เมตร น้ำไหลแรง อัตราการไหลเฉลี่ย 39.82 เมตรต่อนาทีในฤดูน้ำ ในขณะที่ฤดูแล้งน้ำไหลแรงพอประมาณมีอัตราการไหลเฉลี่ย 22.67 เมตรต่อนาที ลักษณะน้ำสีน้ำตาล ค่อนข้างขุ่นมาก สถานีนี้เป็นสถานีพื้นฐาน (baseline station) ของคุณภาพน้ำในแม่น้ำหนุมาน ซึ่งเป็นแม่น้ำสาขาก่อนจะรวมกับแม่น้ำพระปรงเป็นแม่น้ำปราจีนบุรี หรือแม่น้ำบางปะกงสายหลักในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ (ดูภาพประกอบในภาคผนวก ง)

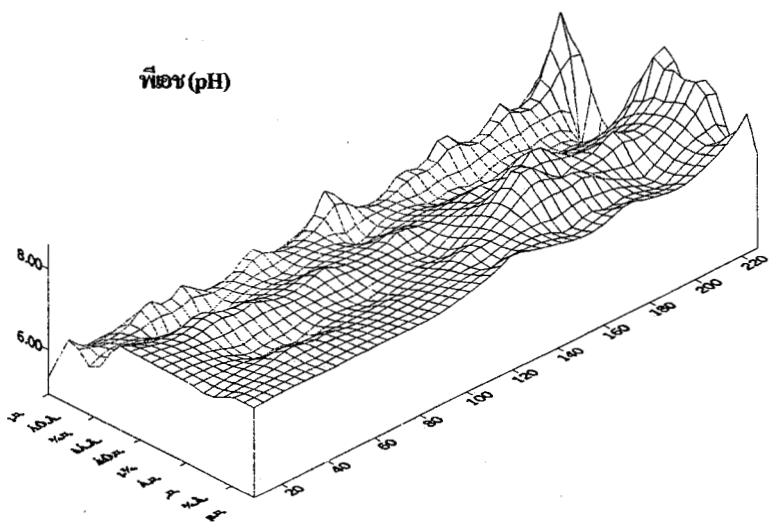
**4.1.11สะพานพระปรง อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี**

อยู่ห่างจากปากแม่น้ำประมาณ 227 ความกว้างเฉลี่ยของลำน้ำในช่วงฤดูน้ำอยู่เท่ากับ 51.13 เมตร ในขณะที่ฤดูแล้งค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.25 ความลึกกลางลำน้ำเฉลี่ยในช่วงฤดูน้ำมีค่าเท่ากับ 5.38 เมตร ในขณะที่ฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ย 0.75 น้ำไหลแรง อัตราการไหลเฉลี่ย 37.46 เมตรต่อนาทีในฤดูน้ำ ในขณะที่ฤดูแล้งน้ำไหลแรงพอประมาณมีอัตราการไหลเฉลี่ย 23.52 เมตรต่อนาที ลักษณะน้ำสีน้ำตาล ขุ่นค่อนข้างมาก สถานีนี้เป็นสถานีพื้นฐาน (baseline station) ของคุณภาพน้ำในแม่น้ำพระปรง ซึ่งเป็นแม่น้ำสาขาก่อนจะรวมกับแม่น้ำหนุมานเป็นแม่น้ำปราจีนบุรี หรือแม่น้ำบางปะกงสายหลักในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ (ดูภาพประกอบในภาคผนวก ง)

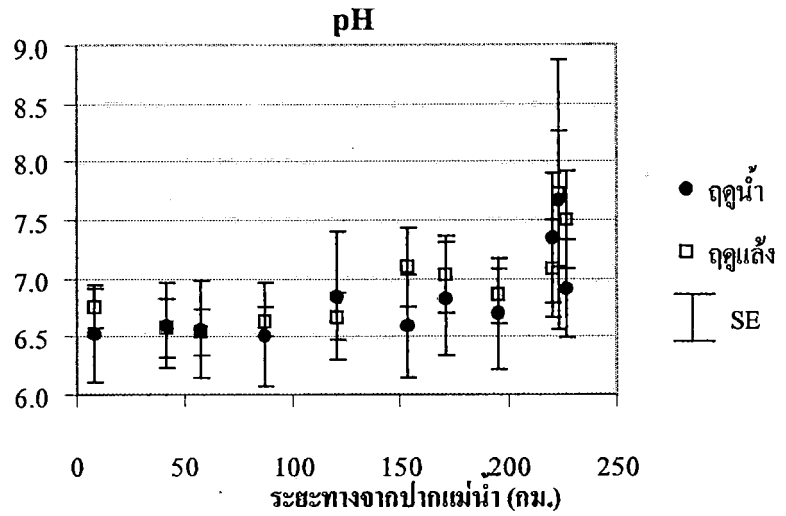
## 4.2 คุณภาพน้ำแม่น้ำบางปะกง

จากการนำตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกงมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีต่าง ๆ และวิเคราะห์หาค่าสถิติเบื้องต้น ซึ่งทำการหาค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุด ของค่าคุณภาพน้ำจำนวน 9 ดัชนีของแต่ละสถานี ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 6 ซึ่งพอสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

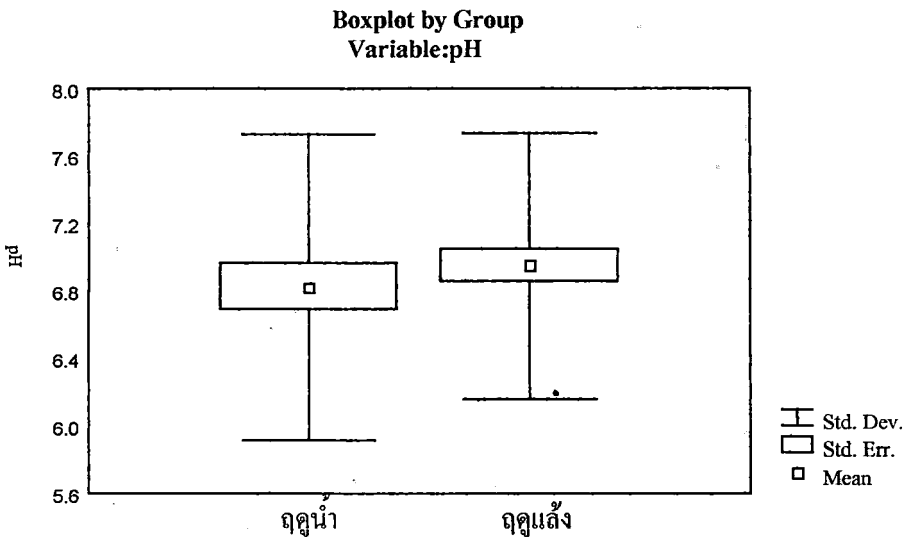
จากการศึกษาระดับพีเอช (pH) ของน้ำในแม่น้ำบางปะกง พบว่า ระดับ pH ค่อนข้างสูง ในบริเวณสถานีที่ 09 ถึง สถานีที่ 11 (บริเวณ 220 – 227 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ) พบในช่วง 5.74 ถึง 8.57 (ภาพที่ 7) และพบระดับ pH ต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม และเดือนกรกฎาคม ในทุกสถานีตลอดลำน้ำ ซึ่งพบในช่วง 5.21 ถึง 6.85 (ภาพที่ 7) ค่าเฉลี่ยพีเอช ของแต่ละสถานีในทั้งสองฤดูมีแนวโน้มลดลงจากต้นน้ำลงสู่บริเวณปากแม่น้ำ โดยพบค่าเฉลี่ย pH ลดลงจาก 7.68 ณ บริเวณสถานี 10 เป็น 6.52 ณ บริเวณสถานี 01 ในฤดูน้ำ ส่วนในฤดูแล้ง พบค่าเฉลี่ย pH ลดลงจาก 7.72 ณ บริเวณสถานีที่ 10 เป็น 6.54 ณ บริเวณสถานี 03 หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ณ บริเวณสถานีปากแม่น้ำ (สถานี 01 และ 02) (ภาพที่ 8) อย่างไรก็ตาม พบว่าค่าเฉลี่ย pH ในแต่ละฤดูมีค่าใกล้เคียงกันคือ $6.82 \pm 0.91$ และ $6.95 \pm 0.79$ ในฤดูน้ำและฤดูแล้ง ตามลำดับ (ภาพที่ 8 และ ตารางที่ 6) นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าเฉลี่ย pH ในแต่ละฤดูไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p = 0.0707$ (ภาพที่ 9)




**ภาพที่ 7** ค่าดัชนีพีเอช (pH) ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง ในภาพสามมิติ จำแนกตามเดือน และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ




**ภาพที่ 8** ค่าเฉลี่ย และ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของดัชนีพีเอช (pH) ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ

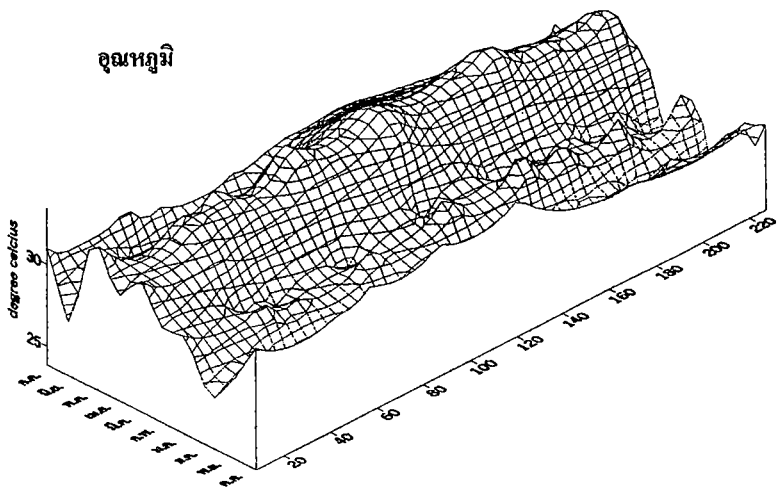



**ภาพที่ 9** Boxplot ของดัชนีพีเอช (pH) ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู

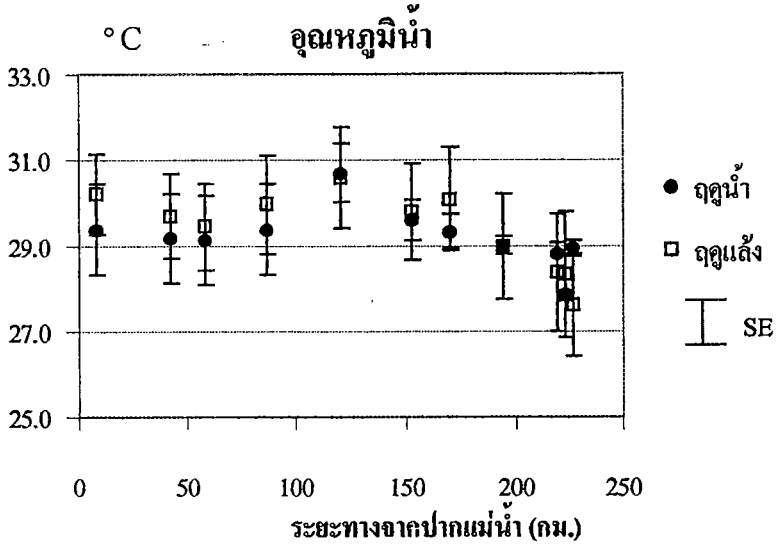
**ตารางที่ 6** ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าดัชนีต่าง ๆ ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู

| ค่าทางสถิติ | pH | อุณหภูมิ °C | ความเค็ม ppt | ความนำไฟฟ้า mS | TDS มก./ล. | DO มก./ล. | ความขุ่น NTU | $BOD_5$ มก./ล. | COD มก./ล. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ฤดูแล้ง** | | | | | | | | | |
| ค่าเฉลี่ย | 6.95 | 29.36 | 5.49 | 9.62 | 5,431.72 | 3.70 | 95.90 | 1.21 | 77.98 |
| ค่าสูงสุด | 8.75 | 33.60 | 31.20 | 46.10 | 27,700.00 | 6.39 | 668.00 | 3.62 | 386. 60 |
| ค่าต่ำสุด | 5.45 | 23.10 | 0.30 | 0.04 | 17.90 | 2.05 | 2.97 | 0.16 | 1.04 |
| SD. | 0.79 | 2.81 | 9.01 | 14.93 | 8,789.01 | 1.20 | 132.32 | 0.65 | 104.62 |
| จำนวนข้อมูล | 66.00 | 66.00 | 66.00 | 66.00 | 66.00 | 66.00 | 66.00 | 66.00 | 66.00 |
| **ฤดูแล้ง** | | | | | | | | | |
| ค่าเฉลี่ย | 6.82 | 29.19 | 0.36 | 0.17 | 101.95 | 4.12 | 58.43 | 0.93 | 13.01 |
| ค่าสูงสุด | 8.78 | 32.20 | 0.50 | 0.56 | 288.00 | 7.60 | 103.40 | 2.40 | 39.73 |
| ค่าต่ำสุด | 5.21 | 26.60 | 0.30 | 0.01 | 15.50 | 2.06 | 19.05 | 0.22 | 1.08 |
| SD. | 0.91 | 1.40 | 0.05 | 0.12 | 70.22 | 1.71 | 19.93 | 0.48 | 7.92 |
| จำนวนข้อมูล | 44.00 | 44.00 | 44.00 | 44.00 | 44.00 | 44.00 | 44.00 | 44.00 | 44.00 |

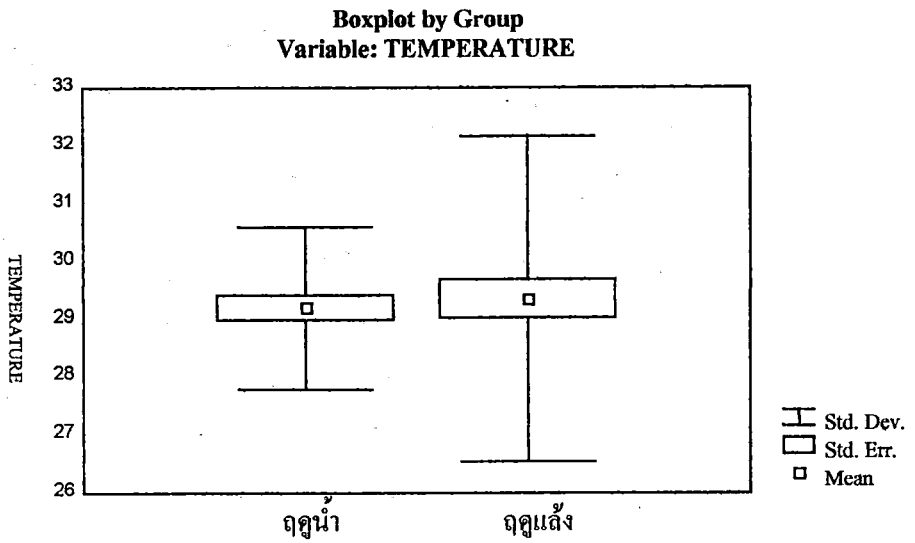
จากการศึกษาพบว่า อุณหภูมิของน้ำต่ำสุดพบในเดือนธันวาคม ในทุกสถานีตลอดลำน้ำ พบในช่วง 23.10 –26.60 องศาเซลเซียส และพบอุณหภูมิของน้ำสูงสุดพบในเดือนเมษายน ในเกือบทุกสถานีตลอดลำน้ำ พบในช่วง 30.30 –33.60 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 10) นอกจากนี้ยังพบว่า ในฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำสูงกว่าในฤดูน้ำเล็กน้อยเกือบทุกสถานี และพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างฤดูน้ำและฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p = 0.272$ (ภาพที่ 12) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 23.10 ถึง 33.60 องศาเซลเซียส (ค่าเฉลี่ย 29.36 $\pm$ 2.81 องศาเซลเซียส) ในฤดูแล้ง ขณะที่พบในช่วง 26.60 ถึง 32.20 องศาเซลเซียส (ค่าเฉลี่ย 29.19 $\pm$ 1.40 องศาเซลเซียส) ในฤดูน้ำ จากภาพที่ 11 พบว่าอุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นตามระยะทางที่เข้าใกล้ปากแม่น้ำถึงระยะกิโลเมตรที่ 121 จากนั้นเริ่มลดลง ดังแสดงในภาพที่ 11




**ภาพที่ 10** ค่าดัชนีอุณหภูมิของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง ในภาพสามมิติ จำแนกตามเดือน และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ



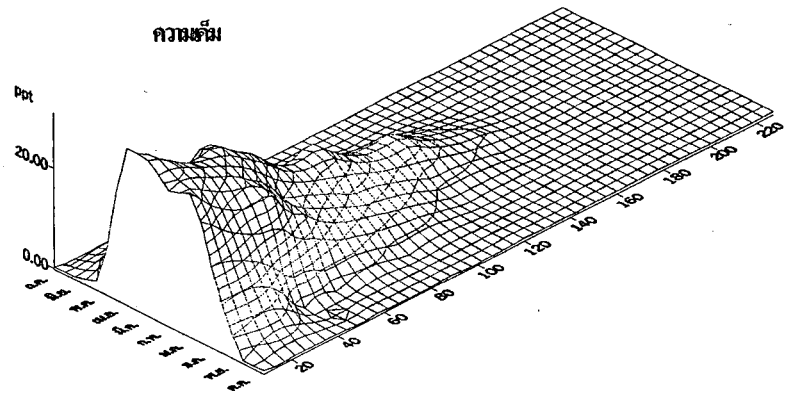

**ภาพที่ 11** ค่าเฉลี่ย และ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของดัชนีอุณหภูมิ ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ



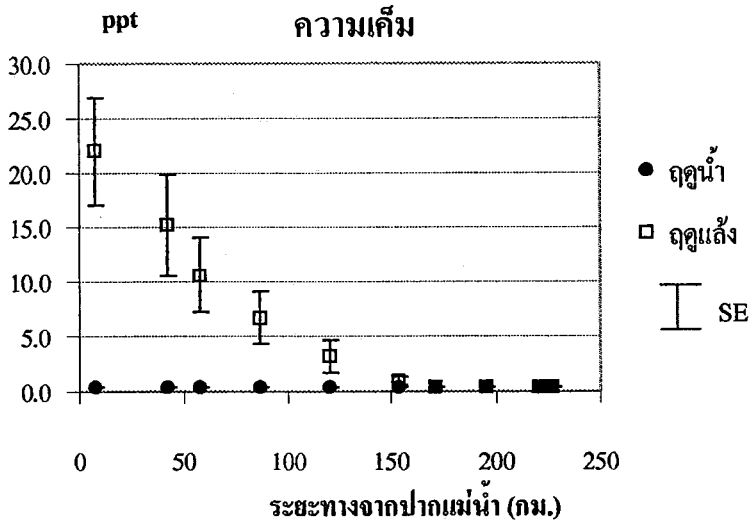

**ภาพที่ 12** Boxplot ของดัชนีอุณหภูมิของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู

จากการศึกษา พบว่า ระยะทางยิ่งใกล้ปากแม่น้ำค่าความเค็ม (salinity) ที่พบก็จะยิ่งสูงขึ้นในทั้งสองฤดู โดยเฉพาะอย่างยิ่งพบเห็นได้อย่างชัดเจนในฤดูแล้ง ซึ่งความเค็มในฤดูแล้ง เพิ่มขึ้นจาก 0.30 ส่วนในพันส่วนบริเวณต้นน้ำเป็น 31.20 ส่วนในพันส่วนในบริเวณปากน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่าความเค็มขึ้นสูงถึงอำเภอบ้านสร้างที่ระยะทาง 150 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ ในขณะที่พบค่าความเค็มอยู่ในช่วงแคบเท่ากับ 0.30 - 0.50 ส่วนในพันส่วนในบริเวณต้นน้ำถึงบริเวณปากน้ำในฤดูน้ำ (ภาพที่ 13) โดยพบค่าเฉลี่ย 5.49 $\pm$ 9.01 ส่วนในพันส่วน และ 0.36 $\pm$ 0.05 ส่วนในพันส่วนในช่วงฤดูแล้งและฤดูน้ำ ตามลำดับ (ภาพที่ 14)

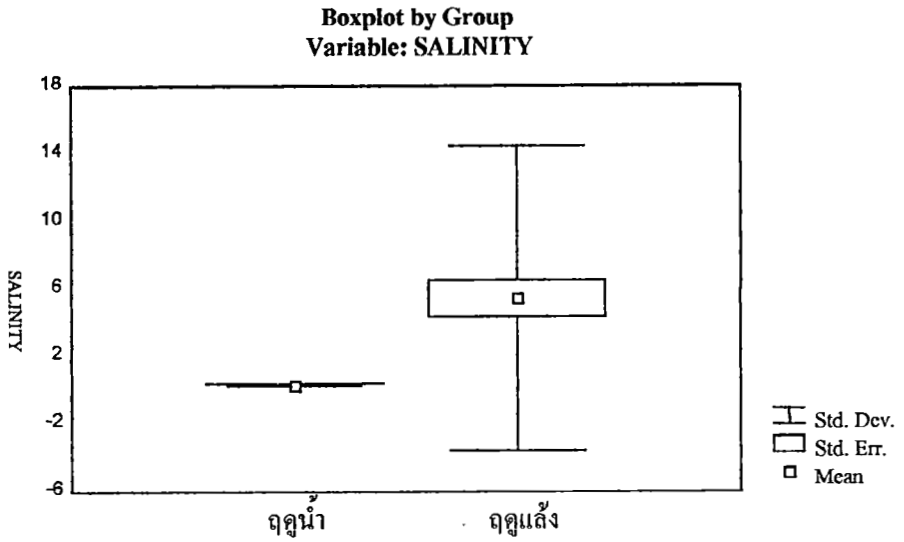
จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ในฤดูแล้งค่าเฉลี่ยความเค็มมีปริมาณสูงกว่าในฤดูน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.001$ ดังรายละเอียดในภาพที่ 15 นอกจากนี้ยังพบว่าในฤดูแล้งสถานีใกล้ปากแม่น้ำ (สถานี 01- 06) มีปริมาณค่าเฉลี่ยความเค็มสูงกว่า ณ สถานีต้นน้ำ (สถานี 07 – 11) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.001$ ในขณะที่ฤดูน้ำไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเค็ม ณ สถานีใกล้ปากแม่น้ำและสถานีต้นน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p = 0.343$




**ภาพที่ 13** ค่าดัชนีความเค็มของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง ในภาพสามมิติ จำแนกตามเดือน และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ



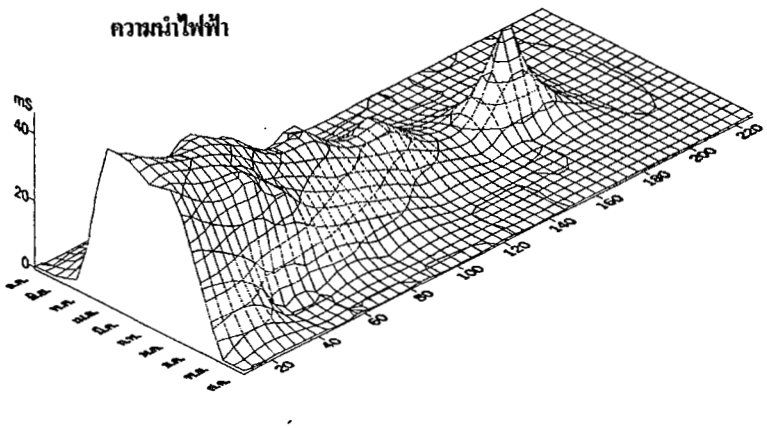

**ภาพที่ 14** ค่าเฉลี่ย และ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของดัชนีความเค็ม ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ



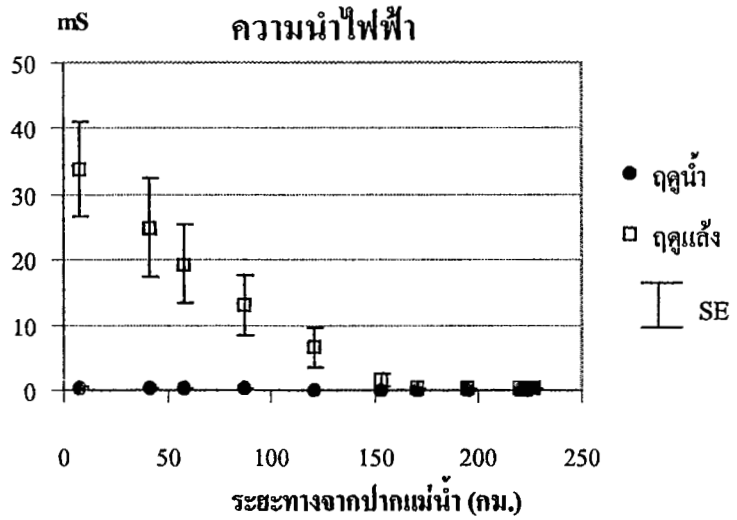

**ภาพที่ 15** Boxplot ของดัชนีความเค็มของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู

จากการศึกษาค่าดัชนีความนำไฟฟ้า (conductivity) และของแข็งละลายน้ำ (total dissolved solid) พบลักษณะที่คล้ายคลึงกันของดัชนี ความเค็ม (salinity) กล่าวคือ ระยะทางยิ่งใกล้ปากแม่น้ำ ค่าที่พบก็จะยิ่งสูงขึ้นในทั้งสองฤดู โดยเฉพาะจะพบเห็นได้อย่างชัดเจนในฤดูแล้ง ความนำไฟฟ้าพบอยู่ในช่วง 0.04 ถึง 46.10 mS (ค่าเฉลี่ย 9.62 $\pm$ 14.93 mS) และในช่วง 0.01 – 0.56 mS (ค่าเฉลี่ย 0.17 $\pm$ 0.12 mS) ในช่วงฤดูแล้ง และฤดูน้ำ ตามลำดับ (ภาพที่ 16 และ 17) สำหรับของแข็งละลายน้ำพบอยู่ในช่วง 17.90 –27,700.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ย 5,431.72 $\pm$ 8,789.01 มิลลิกรัมต่อลิตร) และ 15.50 –288.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ย 101.95 $\pm$ 70.22 มิลลิกรัมต่อลิตร) ในช่วงฤดูแล้ง และฤดูน้ำ ตามลำดับ (ภาพที่ 19 และ 20)

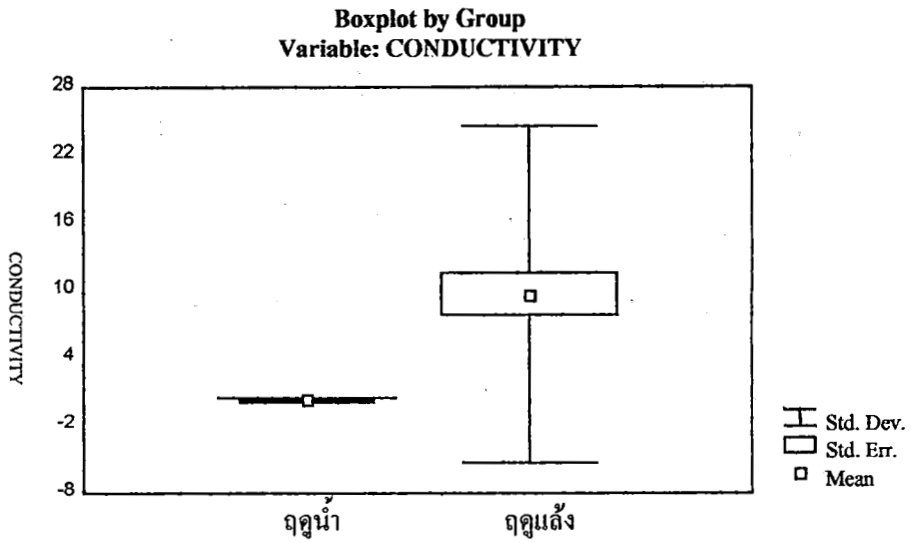
จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าค่าเฉลี่ยความนำไฟฟ้า และของแข็งละลายน้ำ ในฤดูแล้งมีปริมาณสูงกว่าในฤดูน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.001$ ดังรายละเอียดในภาพที่ 18 และ 21 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าในฤดูแล้งค่าเฉลี่ยความนำไฟฟ้า และของแข็งละลายน้ำ ณ สถานีใกล้ปากแม่น้ำมีปริมาณสูงกว่า ณ สถานีต้นน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.001$ ในขณะที่ฤดูน้ำ ณ สถานีใกล้ปากแม่น้ำมีค่าเฉลี่ยความนำไฟฟ้า และของแข็งละลายน้ำสูงกว่า ณ สถานีต้นน้ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.001$ และ $p = 0.003$ ตามลำดับ



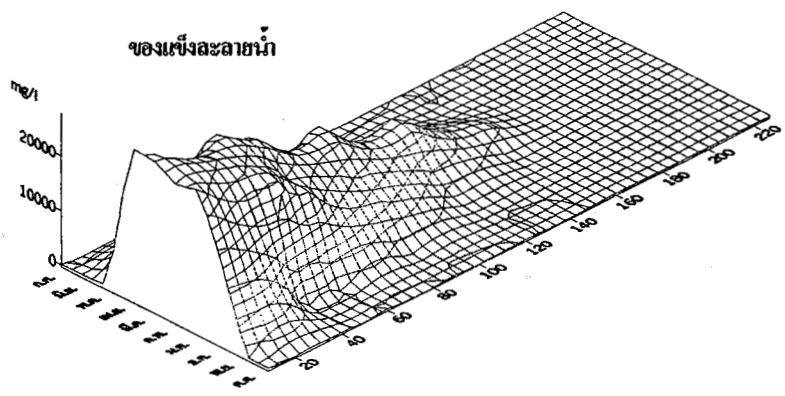

**ภาพที่ 16** ค่าดัชนีความนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง ในภาพสามมิติ จำแนกตามเดือน และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ



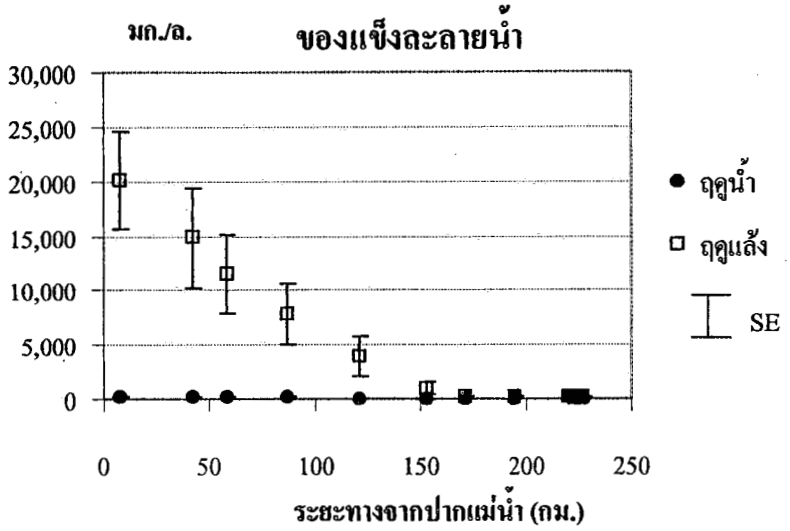

**ภาพที่ 17** ค่าเฉลี่ย และ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของดัชนีความนำไฟฟ้า ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ



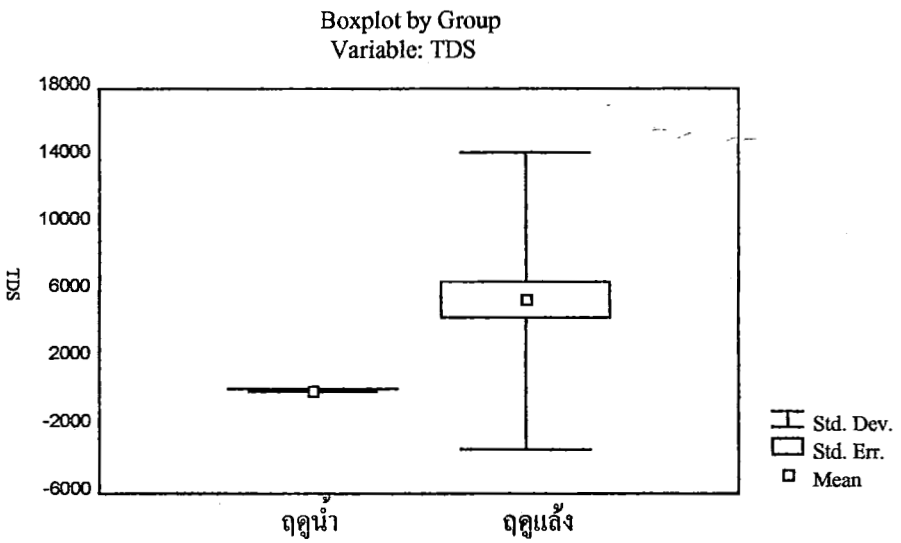

**ภาพที่ 18** Boxplot ของดัชนีความนำไฟฟ้า ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู




**ภาพที่ 19** ค่าดัชนีของแข็งละลายน้ำของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง ในภาพสามมิติ จำแนกตามเดือน และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ

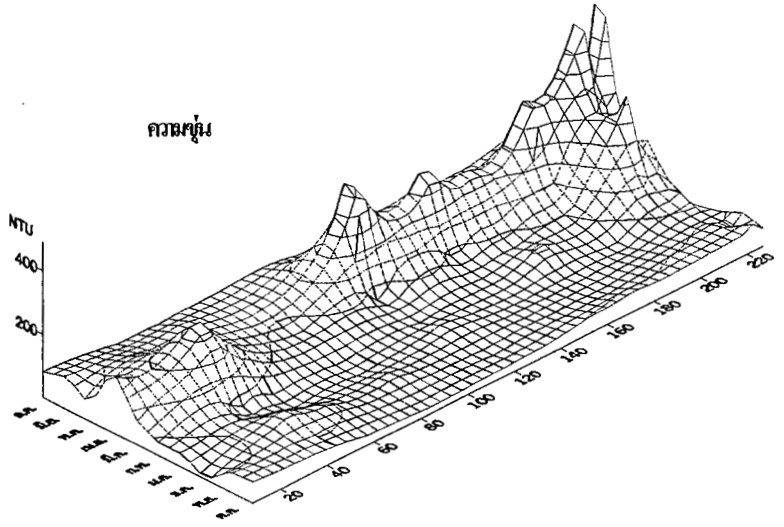



**ภาพที่ 20** ค่าเฉลี่ย และ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของดัชนีของแข็งละลายน้ำ ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ

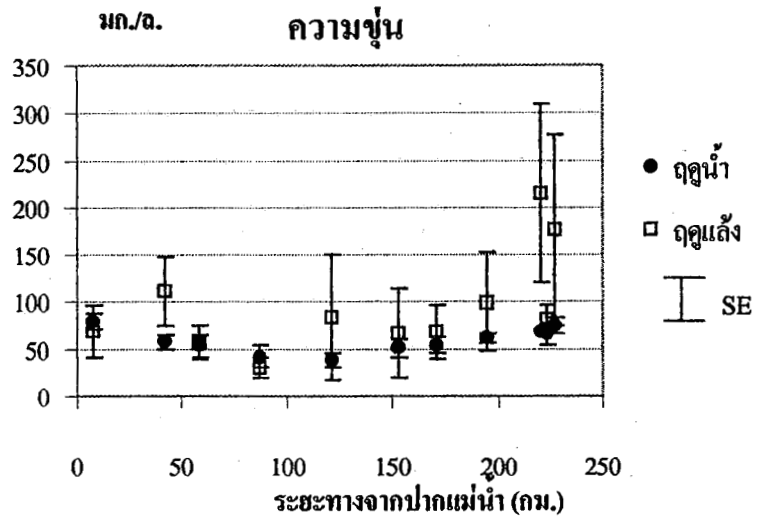



**ภาพที่ 21** Boxplot ของดัชนีของแข็งละลายน้ำ ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู

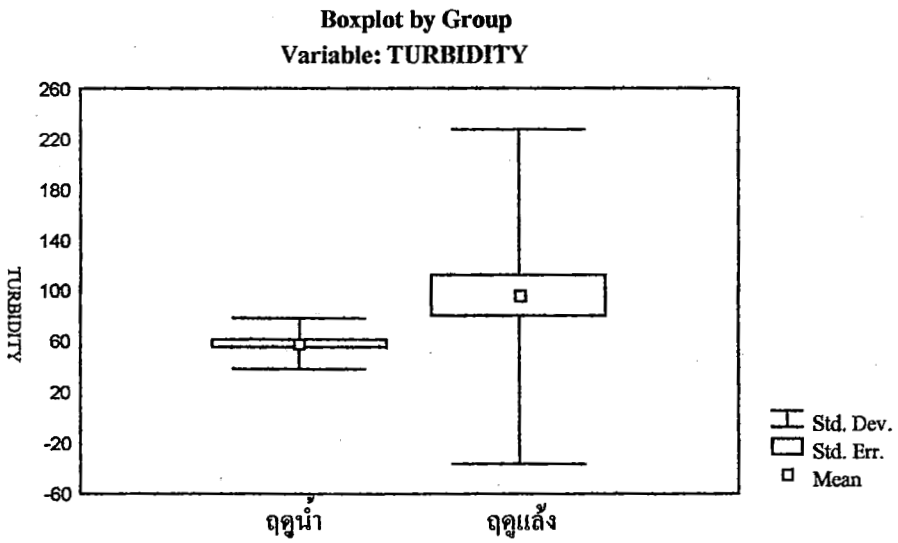
จากผลการศึกษาพบปริมาณความขุ่นค่อนข้างสูงในช่วงเดือนพฤษภาคม โดยเฉพาะในบริเวณต้นน้ำถึงปริมาณกิโลเมตรที่ 121 (สถานีที่ 05) โดยพบในช่วง 206.00 – 668.00 NTU และพบในปริมาณค่อนข้างสูงในบริเวณ สถานีที่ 01 และ 02 (กิโลเมตรที่ 08- 42) ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน โดยพบในช่วง 197.00 – 238.00 NTU (ภาพที่ 22) จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติของคุณภาพน้ำแม่น้ำบางปะกงด้วยดัชนีชี้วัดความขุ่น (turbidity) ในแต่ละสถานี พบว่า ในฤดูแล้งสถานีส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยความขุ่นสูงกว่าในฤดูฝนค่อนข้างมาก โดยพบค่าความขุ่นในฤดูแล้งอยู่ในช่วง 2.97 – 668.00 NTU (ค่าเฉลี่ย 95.90 $\pm$ 132.32 NTU) ในขณะที่พบในช่วง 19.05 ถึง 103.40 NTU (ค่าเฉลี่ย 58.43 $\pm$ 19.93 NTU) ในฤดูน้ำ (ภาพที่ 23) ปริมาณความขุ่นลดลงจากบริเวณต้นน้ำลงสู่บริเวณช่วงกลางแม่น้ำ ณ บริเวณสถานีที่ 05 และ 06 และกลับเพิ่มขึ้นในบริเวณปากแม่น้ำ (สถานี 04 ถึง 01) แต่อย่างก็ตามพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างฤดูแล้งและฤดูน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p = 0.570 (ภาพที่ 24)




**ภาพที่ 22** ค่าดัชนีความขุ่นของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง ในภาพสามมิติ จำแนกตามเดือนและระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ

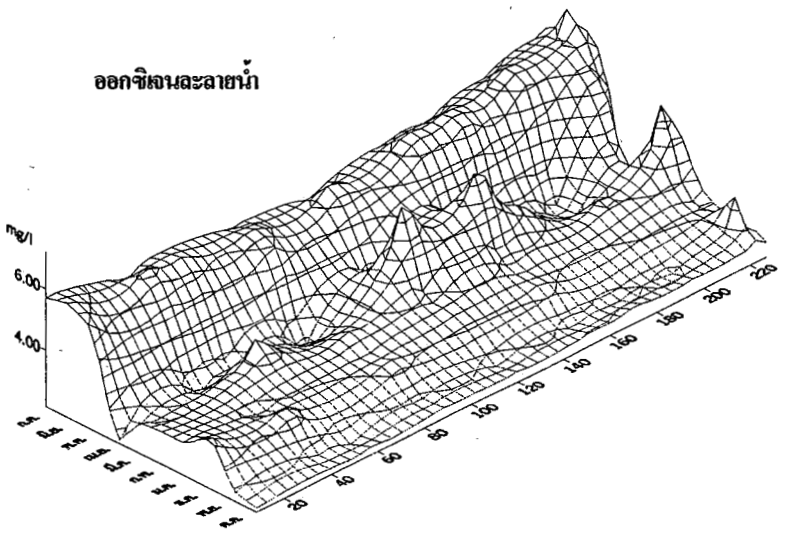



**ภาพที่ 23** ค่าเฉลี่ย และ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของดัชนีความขุ่น ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ

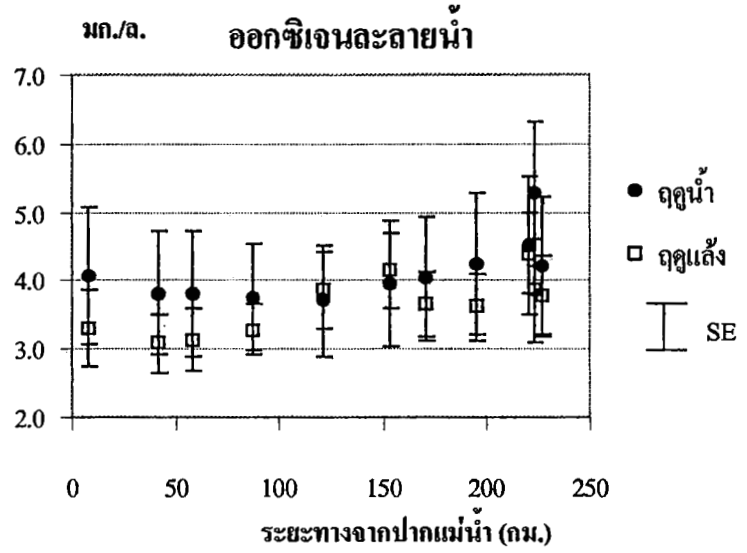



**ภาพที่ 24** Boxplot ของดัชนีความขุ่น ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู

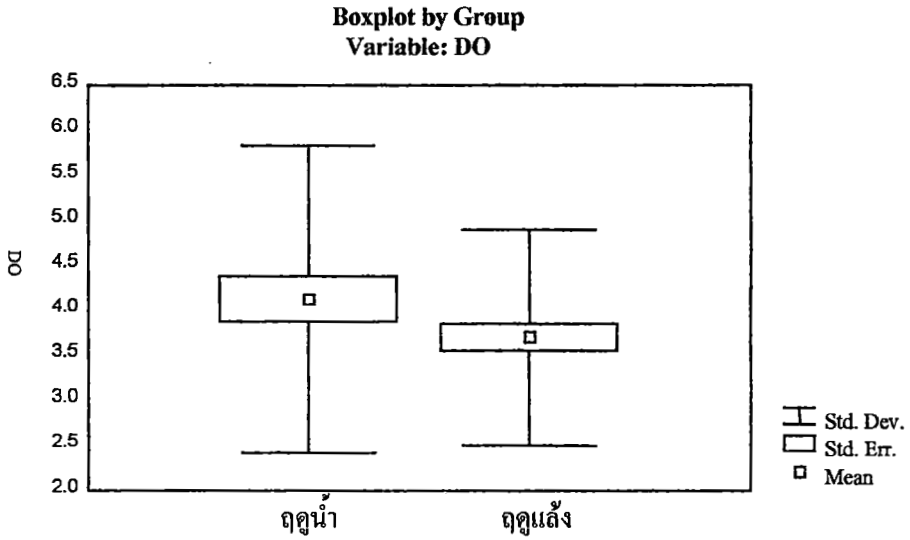
ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำสุดพบในเดือนพฤศจิกายนโดยพบในช่วง 2.06 ถึง 2.92 มิลลิกรัมต่อลิตร และพบปริมาณสูงสุดในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคมโดยพบในช่วง 4.41 ถึง 7.60 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 25) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในฤดูน้ำ อยู่ในช่วง 2.06 ถึง 7.60 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ย $4.12 \pm 1.71$ มิลลิกรัมต่อลิตร) ในขณะที่ฤดูแล้งพบในช่วง 2.05 ถึง 6.39 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ย $3.70 \pm 1.20$ มิลลิกรัมต่อลิตร) (ภาพที่ 26) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในฤดูน้ำมีค่าสูงกว่าออกซิเจนละลายน้ำในฤดูแล้งเล็กน้อย แต่จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทั้งสองฤดู (ภาพที่ 27) นอกจากนี้ยังพบปริมาณออกซิเจนในลำน้ำค่อนข้างต่ำในทั้งสองฤดู พบว่าจำนวน 75 ตัวอย่างหรือร้อยละ 68.18 ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด มีระดับออกซิเจนละลายน้ำต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 20 ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมดต้องมีระดับออกซิเจนไม่น้อยกว่า 4.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ณ บริเวณปากแม่น้ำ ถึง บริเวณจุดบรรจบของแม่น้ำปราจีนบุรี แม่น้ำบางปะกง และแม่น้ำนครนายก และไม่น้อยกว่า 6.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ณ บริเวณจุดบรรจบของแม่น้ำปราจีนบุรี แม่น้ำบางปะกง และแม่น้ำนครนายก ถึง ต้นแม่น้ำปราจีนบุรี) นอกจากนี้ยังพบว่า ร้อยละ 89.39 ของจำนวนตัวอย่างที่เก็บในฤดูแล้งพบระดับออกซิเจนละลายน้ำต่ำกว่าเกณฑ์กำหนด ซึ่งมากกว่าที่พบในฤดูน้ำ โดยร้อยละของจำนวนตัวอย่างที่เก็บในฤดูน้ำที่พบระดับออกซิเจนละลายน้ำต่ำกว่าเกณฑ์กำหนดเป็นร้อยละ 61.36 ของจำนวนตัวอย่างที่เก็บในฤดูน้ำทั้งหมด




**ภาพที่ 25** ค่าดัชนีออกซิเจนละลายน้ำของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง ในภาพสามมิติ จำแนกตามเดือน และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ




**ภาพที่ 26** ค่าเฉลี่ย และ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของดัชนีออกซิเจนละลายน้ำ ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ

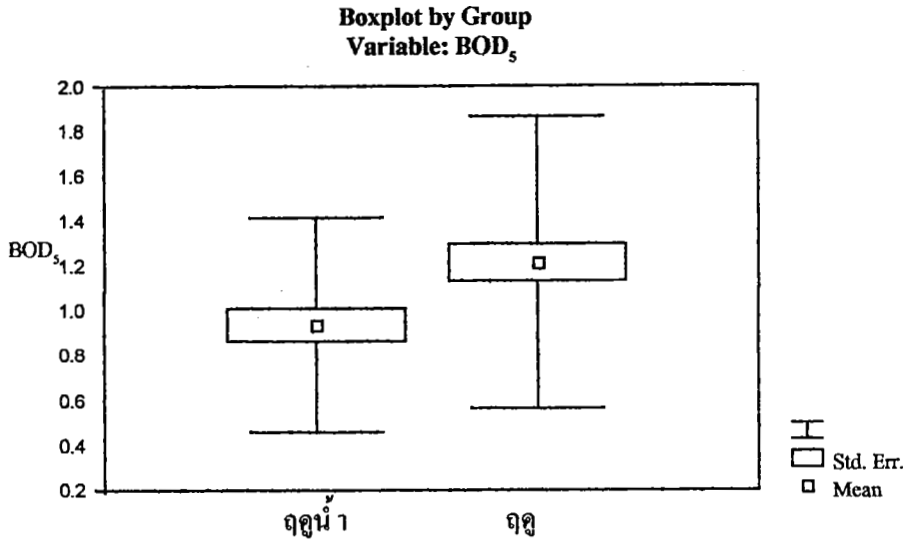



**ภาพที่ 27** Boxplot ของดัชนีออกซิเจนละลายน้ำ ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู

จากผลการศึกษาพบปริมาณบีโอดี ($BOD_5$) ค่อนข้างสูงในบริเวณสถานต้นน้ำ (ตั้งแต่สถานีที่ 09 –11) โดยเฉพาะในช่วงเดือนตุลาคม และ เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม โดยพบในช่วง 0.95 ถึง 3.62 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนี้ยังพบในปริมาณค่อนข้างสูงในบริเวณกิโลเมตรที่ 58 (สถานีที่ 03) ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ และบริเวณกิโลเมตรที่ 42 (สถานีที่ 02) ในช่วงเดือนกรกฎาคม โดยพบปริมาณ $BOD_5$ เท่ากับ 2.78 และ 2.40 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 28)

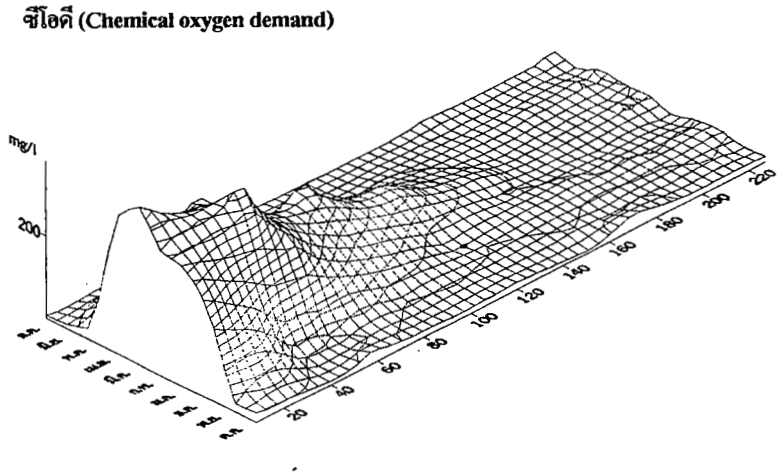
จากบริเวณสถานี 06 ถึง สถานี 11 พบ 19 ตัวอย่างหรือร้อยละ 31.67 ของจำนวนตัวอย่างมีปริมาณ $BOD_5$ สูงกว่า 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และบริเวณสถานี 01 ถึง สถานี 05 พบจำนวนเพียง 2 ตัวอย่างหรือร้อยละ 4.00 ของจำนวนตัวอย่างมีปริมาณ $BOD_5$ สูงกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยฤดูแล้งพบ 17 ตัวอย่างหรือร้อยละ 25.76 ของจำนวนตัวอย่างมีค่า $BOD_5$ ต่ำกว่าเกณฑ์กำหนด ในขณะที่ 4 ตัวอย่างหรือร้อยละ 9.09 ของจำนวนตัวอย่างที่เก็บในน้ำมีค่า $BOD_5$ ต่ำกว่าเกณฑ์กำหนด อย่างไรก็ตามพบว่าบริเวณสถานีปากแม่น้ำตั้งแต่ สถานี 01 – สถานี 05 มีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งกำหนดให้เปอร์เซ็นต์ไฟล์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างทั้งหมดมีค่า $BOD_5$ ไม่เกิน 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่บริเวณสถานีต้นน้ำตั้งแต่ สถานี 09 – สถานี 11 มีคุณภาพน้ำต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งกำหนดให้เปอร์เซ็นต์ไฟล์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างทั้งหมดมีค่า $BOD_5$ ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากภาพที่ 29 พบว่า ค่าเฉลี่ย $BOD_5$ ช่วงสถานีที่ 03 – 11 ในฤดูแล้งมีค่าค่าเฉลี่ย $BOD_5$ สูงกว่าในฤดูน้ำ โดยพบว่าในฤดูแล้ง อยู่ในช่วง 0.16 – 3.62 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ย $1.21 \pm 0.65$ มิลลิกรัมต่อลิตร) ในขณะที่พบในช่วง 0.22 – 2.40 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ย $0.93 \pm 0.47$ มิลลิกรัมต่อลิตร) ในฤดูน้ำ ดังรายละเอียดตารางที่ 7 และจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่าเฉลี่ย $BOD_5$ ในฤดูแล้งมีปริมาณสูงกว่าค่าเฉลี่ย $BOD_5$ ในฤดูน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p = 0.019$ (ภาพที่ 30)

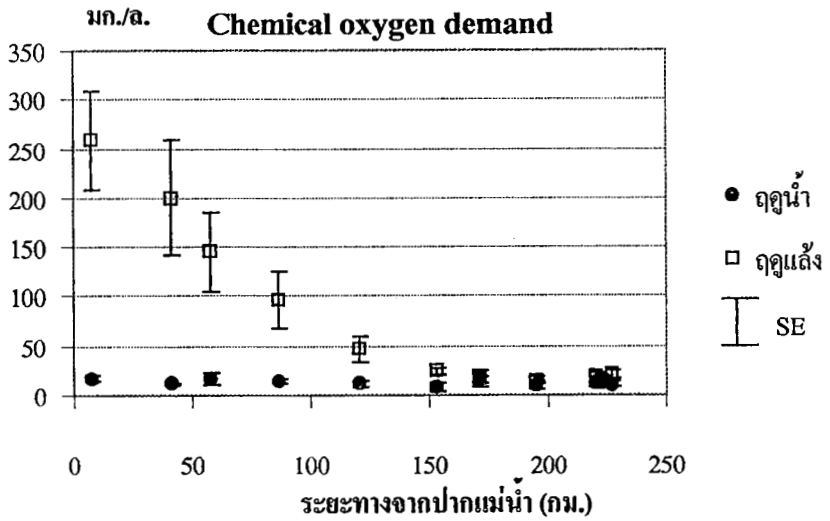



**ภาพที่ 30** Boxplot ของดัชนีบีโอดี ($BOD_5$) ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู

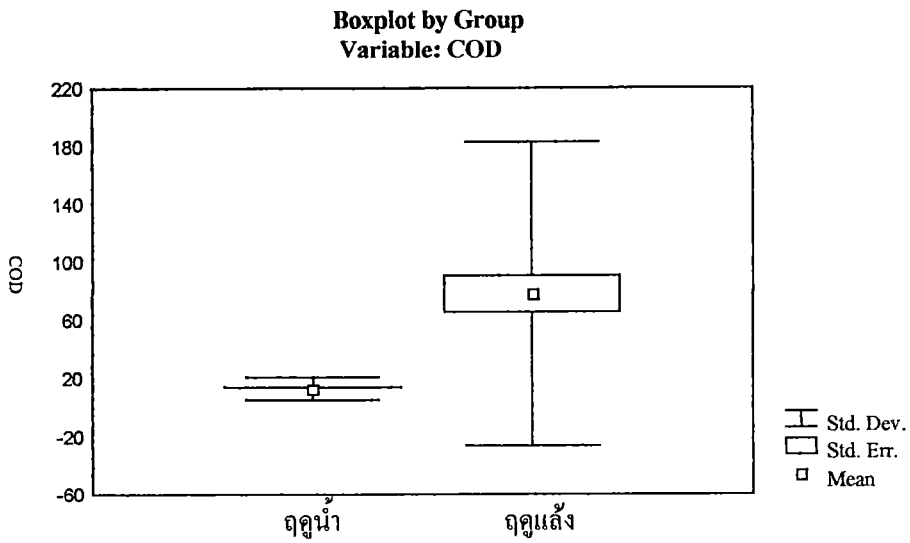
จากผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณซีโอดี (COD) พบปริมาณเพิ่มสูงขึ้นจากบริเวณสถานีต้นน้ำ สู่สถานีใกล้ปากแม่น้ำในทั้งสองฤดู โดยเพิ่มขึ้นจาก 1.04 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 386.56 มิลลิกรัมต่อลิตรในฤดูแล้ง ในขณะที่เพิ่มขึ้นจาก 1.08 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 39.73 มิลลิกรัมต่อลิตร ในฤดูน้ำ (ภาพที่ 31) ค่าเฉลี่ย COD เท่ากับ $77.98 \pm 104.62$ และ $13.01 \pm 7.92$ มิลลิกรัมต่อลิตร ในฤดูแล้ง และฤดูน้ำ ตามลำดับ (ภาพที่ 32) และผลการวิเคราะห์ทางสถิติของคุณภาพน้ำแม่น้ำบางปะกง พบว่าค่าเฉลี่ย COD ในฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย COD ในฤดูน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.001$ (ภาพที่ 33) นอกจากนี้ยังพบว่า ในฤดูแล้ง ค่าเฉลี่ย COD ในบริเวณสถานีใกล้ปากแม่น้ำ (สถานี 01 – 06) และสถานีต้นน้ำ (สถานี 07 ถึง 11) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.001$ ในขณะที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p = 0.604$ ระหว่างค่าเฉลี่ย COD ในบริเวณสถานีใกล้ปากแม่น้ำ และสถานีต้นน้ำในฤดูน้ำ




**ภาพที่ 31** ค่าดัชนีซีโอดี (COD) ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง ในภาพสามมิติ จำแนกตามเดือน และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ




**ภาพที่ 32** ค่าเฉลี่ย และ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของดัชนีซีโอดี (COD) ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู และระยะทางห่างจากปากแม่น้ำ




**ภาพที่ 33** Boxplot ของดัชนีซีโอดี (COD) ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกง จำแนกตามฤดู

## 4.3 การวิเคราะห์สถิติการกระจายตัวและความสัมพันธ์ของข้อมูล

### 4.3.1 ผลการวิเคราะห์สถิติการกระจายของข้อมูลคุณภาพน้ำจากแม่น้ำบางปะกง

จากการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลคุณภาพน้ำ ดัชนีชี้วัดต่าง ๆ ทั้ง 9 ดัชนี พบว่าในฤดูน้ำ ดัชนีชี้วัดค่า พีเอช อุณหภูมิของน้ำ ความนำไฟฟ้า ของแข็งละลายน้ำ ความขุ่น $BOD_5$ และ COD และในฤดูแล้งค่าดัชนี พีเอช อุณหภูมิของน้ำ และ $BOD_5$ มีการกระจายตัวเป็นแบบ normal distribution สำหรับความขุ่น และออกซิเจนละลายน้ำในฤดูแล้ง มีการกระจายตัวเป็นแบบ log normal distribution รายละเอียดแสดงในตารางที่ 7

**ตารางที่ 7** การกระจายตัวของข้อมูลคุณภาพน้ำจากแม่น้ำบางปะกง

| ดัชนี | การกระจายของข้อมูล | |
|---|---|---|
| | ฤดูแล้ง | ฤดูน้ำ |
| พีเอช | ND | ND |
| อุณหภูมิของน้ำ | ND | ND |
| ความเค็ม | NND | NND |
| ความนำไฟฟ้า | NND | ND |
| ของแข็งละลายน้ำ | NND | ND |
| ความขุ่น | LND | ND |
| ออกซิเจนละลายน้ำ | LND | NND |
| บีโอดี ($BOD_5$) | ND | ND |
| ซีโอดี (COD) | NND | ND |

หมายเหตุ : ND = เป็น normal distribution

: LND = เป็น log normal distribution

: NND = ไม่เป็น normal distribution

### 4.3.2 ผลการวิเคราะห์สถิติความสัมพันธ์ของข้อมูลคุณภาพน้ำจากแม่น้ำบางปะกง

จากการนำค่าดัชนีต่าง ๆ ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกงมาวิเคราะห์มาค่าความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ดังรายละเอียดในตารางที่ 8 พบว่า

ความขุ่นมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับออกซิเจนละลายน้ำในฤดูน้ำ (Rho = 0.623 ที่ระดับ $p < 0.01$) สำหรับฤดูแล้งความขุ่นมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอุณหภูมิของน้ำ (Rho = 0.297 ที่ระดับ $p < 0.05$) ในขณะที่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับความเค็มและซีโอดี Rho เท่ากับ – 0.318 และ – 0.281 ที่ระดับ $p < 0.01$ และ $p < 0.05$ ตามลำดับ

สำหรับดัชนีความเค็ม ความนำไฟฟ้า และของแข็งละลายน้ำ พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกซึ่งกันและกันค่อนข้างมากในทั้งสองฤดูที่ระดับ $p < 0.01$ โดยพบค่าความสัมพันธ์อยู่ในช่วง 0.400 ถึง 0.830 ในฤดูแล้ง ในขณะที่ฤดูน้ำพบความสัมพันธ์อยู่ในช่วง 0.845 ถึง 0.979 (ตารางที่ 8)

นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์เชิงลบของดัชนีความเค็มกับออกซิเจนละลายน้ำในทั้งสองฤดู โดยพบ Rho เท่ากับ - 0.759 และ - 0.329 ที่ระดับ $p < 0.01$ ในฤดูน้ำ และฤดูแล้งตามลำดับ ในขณะที่พบความสัมพันธ์เชิงลบของความนำไฟฟ้า และของแข็งละลายน้ำกับออกซิเจนละลายน้ำเฉพาะในฤดูน้ำเท่านั้น โดยพบ Rho เท่ากับ - 0.337 และ - 0.315 ที่ระดับ $p < 0.05$ ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์เชิงบวกของดัชนีความเค็มกับซีโอดีในทั้งสองฤดู และพบความสัมพันธ์เชิงบวกของความนำไฟฟ้า และของแข็งละลายน้ำกับซีโอดีเฉพาะในฤดูแล้งเท่านั้น โดยพบค่า Rho ในช่วง 0.673 – 0.762 ที่ระดับ $p < 0.01$

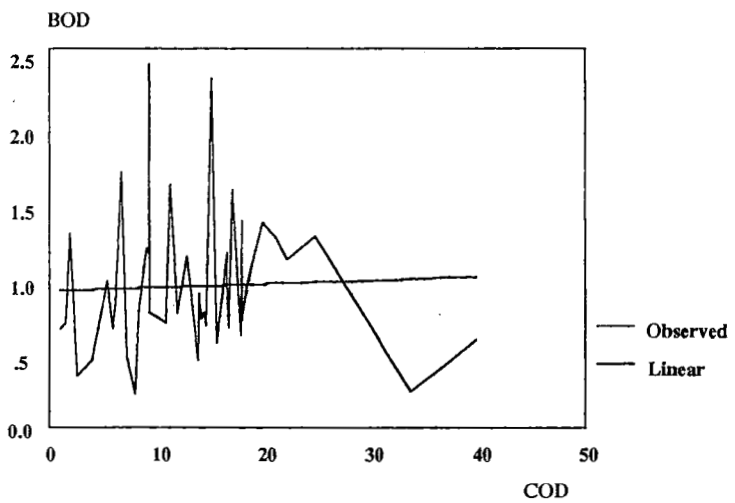
จากการศึกษาพบความสัมพันธ์ของออกซิเจนละลายน้ำกับบีโอดีและซีโอดีในที่สองฤดู โดยพบความสัมพันธ์ของออกซิเจนละลายน้ำกับบีโอดีเท่ากับ – 0.393 และ 0.390 ที่ระดับ $p < 0.01$ ในฤดูน้ำและฤดูแล้ง ตามลำดับ ในขณะที่ความสัมพันธ์ของออกซิเจนละลายน้ำกับซีโอดีเท่ากับ – 0.588 ที่ระดับ $p < 0.01$ และ - 0.335 ที่ระดับ $p < 0.05$ ในฤดูน้ำและฤดูแล้ง ตามลำดับ

**ตารางที่ 8 -** Spearman rank correlation coefficients (Rho) ของดัชนีคุณภาพจากแม่น้ำบางปะกง. *ns* = non significant; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; n = 44 – 66.

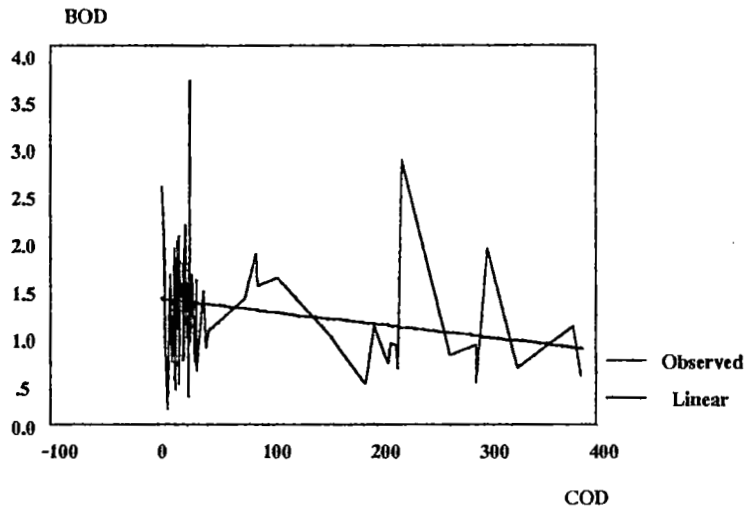
| | จุด | ความขุ่น | TDS | ความเค็ม | Cond | pH | อุณหภูมิ | DO | $BOD_5$ | COD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ความขุ่น | น้ำ | 1.000 | *ns* | *ns* | *ns* | *ns* | *ns* | 0.623** | *ns* | *ns* |
| | แล้ง | 1.000 | *ns* | -0.318** | *ns* | *ns* | 0.297* | *ns* | *ns* | -0.281* |
| TDS | น้ำ | *ns* | 1.000 | 0.400** | 0.830** | *ns* | *ns* | -0.315* | *ns* | *ns* |
| | แล้ง | *ns* | 1.000 | 0.895** | 0.979** | *ns* | *ns* | *ns* | | 0.715** |
| ความเค็ม | น้ำ | *ns* | 0.400** | 1.000 | 0.411** | 0.381* | *ns* | -0.759** | *ns* | 0.654** |
| | แล้ง | -0.318** | 0.895** | 1.000 | 0.830** | *ns* | *ns* | -0.329** | | 0.762** |
| Cond | น้ำ | *ns* | 0.830** | 0.411** | 1.000 | *ns* | *ns* | -0.337* | *ns* | *ns* |
| | แล้ง | *ns* | 0.979** | 0.849** | 1.000 | *ns* | 0.245* | *ns* | *ns* | 0.673** |
| pH | น้ำ | *ns* | *ns* | 0.381* | *ns* | 1.000 | *ns* | *ns* | *ns* | *ns* |
| | แล้ง | *ns* | *ns* | *ns* | *ns* | 1.000 | -0.683** | *ns* | *ns* | *ns* |
| อุณหภูมิ | น้ำ | *ns* | *ns* | *ns* | *ns* | *ns* | 1.000 | *ns* | *ns* | *ns* |
| | แล้ง | 0.297* | *ns* | *ns* | 0.245* | -0.683** | 1.000 | *ns* | *ns* | *ns* |
| DO | น้ำ | 0.623** | -0.315* | -0.759** | -0.337* | *ns* | *ns* | 1.000 | -0.393** | -0.588** |
| | แล้ง | *ns* | *ns* | -0.329** | *ns* | *ns* | *ns* | 1.000 | 0.390** | -0.335* |
| $BOD_5$ | น้ำ | *ns* | *ns* | *ns* | *ns* | *ns* | *ns* | -0.393** | 1.000 | *ns* |
| | แล้ง | *ns* | -0.264* | -0.317** | *ns* | *ns* | *ns* | 0.390** | 1.000 | *ns* |
| COD | น้ำ | *ns* | *ns* | 0.654** | *ns* | *ns* | *ns* | -0.588** | *ns* | 1.000 |
| | แล้ง | -0.281* | 0.715** | 0.762** | 0.673** | *ns* | *ns* | -0.335* | *ns* | 1.000 |

### 4.3.2 ผลการวิเคราะห์สถิติความสัมพันธ์ของดัชนี $BOD_5$ และ COD จากแม่น้ำบางปะกง

จากการนำค่าดัชนี $BOD_5$ และ COD ของตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำบางปะกงมาวิเคราะห์มาค่าความสัมพันธ์ เนื่องจากผลการศึกษาพบว่าทั้ง BOD และ COD มีความแตกต่างระหว่างฤดูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p = 0.019$ และ $p < 0.001$ ตามลำดับ ฉะนั้นในการศึกษาความสัมพันธ์ของดัชนี $BOD_5$ และ COD ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ศึกษาความสัมพันธ์ของดัชนี $BOD_5$ และ COD แยกตามฤดู พบว่า $BOD_5$ และ COD ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p = 0.223$ และ $p = 0.117$ ในฤดูน้ำและฤดูแล้ง ตามลำดับ (ภาพที่ 34 และ 35)




**ภาพที่ 34** ลักษณะการกระจายของข้อมูลและเส้นสมการถดถอยเชิงเส้นของความสัมพันธ์ระหว่าง $BOD_5$ และ COD ของน้ำจากแม่น้ำบางปะกง ในฤดูน้ำ




**ภาพที่ 35** ลักษณะการกระจายของข้อมูลและเส้นสมการถดถอยเชิงเส้นของความสัมพันธ์ระหว่าง $BOD_5$ และ COD ของน้ำจากแม่น้ำบางปะกง ในฤดูแล้ง

# บทที่ 5
# สรุป วิจารณ์และเสนอแนะผลการศึกษา

จากการศึกษาโดยนำตัวอย่างน้ำ จากแม่น้ำบางปะกงตลอดลำน้ำ ในระยะ 230 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ โดยเก็บตัวอย่างจาก 11 สถานี ตั้งแต่สถานีเก็บตัวอย่างที่ 01 สะพานเทพหัสดิน อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา ถึงสถานีที่ 11 สะพานพระปรง อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี ในช่วง 10 เดือน ๆ ละ 1 ครั้ง ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2542 ถึง กรกฎาคม 2543 โดยนำมาทำการศึกษาจากดัชนีชี้วัด จำนวน 9 ดัชนี และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของ ค่าดัชนีต่าง ๆ ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

## 5.1 สรุปผลการศึกษา

### 5.1.1 ลักษณะทั่วไปของน้ำในแม่น้ำบางปะกง

ความกว้างและความลึกของลำน้ำมีความแตกต่างตั้งแต่บริเวณต้นน้ำและบริเวณปากแม่น้ำค่อนข้างมาก คือพบค่ากว้างเฉลี่ยของลำน้ำในช่วงฤดูแล้งค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 20 – 330 เมตร และมีความลึกเฉลี่ยอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.68 –12.25 เมตร น้ำไหลค่อนข้างแรง อัตราการไหลเฉลี่ยสูงสุด 48.00 เมตรต่อนาที บริเวณสถานี 01 สะพานเทพหัสดิน อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทราในฤดูน้ำ ลักษณะน้ำส่วนใหญ่ค่อนข้างขุ่น สีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลเหลืองในฤดูแล้ง หรืออาจพบสีน้ำตาลเขียวในบางเดือนของฤดูแล้งพบน้ำค่อนข้างใส สีเขียวได้บ้าง

### 5.1.2 คุณภาพน้ำแม่น้ำบางปะกง

ค่าเฉลี่ย pH ในแต่ละฤดูมีค่าใกล้เคียงกันคือ 6.82 $\pm$ 0.91 และ 6.95 $\pm$ 0.79 ในฤดูน้ำและฤดูแล้ง ตามลำดับ ค่าเฉลี่ย pH ในแต่ละฤดูไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p = 0.0707$

ในฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำสูงกว่าในฤดูน้ำเล็กน้อยเกือบทุกสถานี และพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างฤดูน้ำและฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p = 0.272$ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 23.10 ถึง 33.60 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 29.29 องศาเซลเซียส

ระยะทางยิ่งใกล้ปากแม่น้ำค่าความเค็ม ความนำไฟฟ้าและซองแข็งละลายน้ำ ก็จะยิ่งสูงขึ้นในทั้งสองฤดู โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้ง ค่าความเค็มอยู่ในช่วง 0.30 ถึง 31.20 ส่วนในพันส่วน โดยพบค่าเฉลี่ย 5.49 $\pm$ 9.01 และ 0.36 $\pm$ 0.05 ส่วนในพันส่วนในช่วงฤดูแล้ง และฤดูน้ำ ตามลำดับ และพบความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกงขึ้นสูงถึงอำเภอบ้านสร้างที่ระยะทาง 150 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ

ค่าเฉลี่ยความนำไฟฟ้าที่พบ 9.62 ± 14.93 mS และ 0.17 ± 0.12 mS สำหรับของแข็งละลายน้ำพบค่าเฉลี่ย 5,431.72 ± 8,789.01 และ 101.95 ± 70.22 มิลลิกรัมต่อลิตร ในช่วงฤดูแล้ง และฤดูน้ำตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าค่าเฉลี่ยความเค็ม ความนำไฟฟ้า และของแข็งละลายน้ำในฤดูแล้งมีปริมาณสูงกว่าในฤดูน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.001$

ในฤดูแล้งสถานีส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยความขุ่นสูงกว่าในฤดูฝนค่อนข้างมาก แต่อย่างก็ตามพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างฤดูแล้งและฤดูน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p = 0.570$ โดยพบค่าความขุ่นในฤดูแล้งเฉลี่ย 95.90 ± 132.32 NTU ในขณะที่เฉลี่ย 58.43 ± 19.93 NTU ในฤดูน้ำ

ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในฤดูน้ำ 4.12 ± 1.71 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่ฤดูแล้งเท่ากับ 3.70 ± 1.20 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทั้งสองฤดู นอกจากนี้ยังพบปริมาณออกซิเจนในลำน้ำค่อนข่างต่ำในทั้งสองฤดู พบว่าร้อยละ 78.18 ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด มีระดับออกซิเจนละลายน้ำต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

ในฤดูแล้งค่าเฉลี่ย $BOD_5$ เท่ากับ 1.21 ± 0.65 มิลลิกรัมต่อลิตร และเฉลี่ย 0.93 ± 0.47 มิลลิกรัมต่อลิตร ในฤดูน้ำ จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่าเฉลี่ย $BOD_5$ ในฤดูแล้งมีปริมาณสูงกว่าค่าเฉลี่ย $BOD_5$ ในฤดูน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p = 0.019$

ปริมาณซีโอดี (COD) พบเพิ่มสูงขึ้นจากบริเวณสถานีต้นน้ำ สู่สถานีใกล้ปากแม่น้ำในทั้งสองฤดู โดยเพิ่มขึ้นจาก 1.04 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 386.56 มิลลิกรัมต่อลิตรในฤดูแล้ง ในขณะที่เพิ่มขึ้นจาก 1.08 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 39.73 มิลลิกรัมต่อลิตร ในฤดูน้ำ ค่าเฉลี่ย COD เท่ากับ 77.98 ± 104.62 และ 13.01 ± 7.92 มิลลิกรัมต่อลิตร ในฤดูแล้ง และฤดูน้ำ ตามลำดับ และพบค่าเฉลี่ย COD ในฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย COD ในฤดูน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.001$

### 5.1.3 การวิเคราะห์สถิติการกระจายตัวและความสัมพันธ์ของข้อมูล

จากการศึกษาพบว่า ทั้ง $BOD_5$ และ COD ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p = 0.223$ และ $p = 0.117$ ในฤดูน้ำและฤดูแล้ง ตามลำดับ

## 5.2 วิจารณ์ผลการศึกษา

จากข้อมูลอัตราการไหลในการศึกษาครั้งนี้ วัดที่ระดับความลึก 1 เมตรจากผิวหน้าน้ำของแต่ละสถานี ซึ่งเป็นตำแหน่งเดียวกับที่เก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์ ซึ่งอาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้บ้าง เนื่องจากในทางทฤษฎีแล้ว เนื่องจากความเร็วของกระแสน้ำในลำน้ำไม่เท่ากันคือ จะเป็นศูนย์ที่ก้นลำน้ำ แล้วเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนมีความเร็วสูงสุดที่ประมาณ 0.75 – 0.95 ของความลึกและจะลดลงเล็กน้อยจนถึงผิวน้ำ ฉะนั้น การวัดความเร็วของกระแสน้ำ ควรพิจารณาความลึกของลำน้ำด้วย และใช้เกณฑ์ในการหาความเร็วเฉลี่ย

จากการศึกษาพบว่า อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นตามระยะทางที่เข้าใกล้ปากแม่น้ำถึงสถานีที่ 05 ระยะกิโลเมตรที่ 121 จากนั้นเริ่มลดลงระยะหนึ่งและเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยจนถึงบริเวณปากแม่น้ำ ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้นี้สัมพันธ์กับระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำมาศึกษาวิจัยในครั้งนี้ (โดยในการเก็บตัวอย่างครั้งนี้จะเริ่มเก็บตัวอย่างในช่วงเช้าที่สถานี 11 (ระยะทาง 227 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ) และเก็บลงมาที่สถานีปากแม่น้ำ ตามลำดับ ซึ่งทำให้ระยะเวลาในการเก็บถึงสถานี 05 และ 06 (ระยะทาง 121 ถึง 153 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ) จะเป็นเวลาประมาณใกล้เที่ยง ทำให้อุณหภูมิของน้ำค่อนข้างสูงตามความเข้มของแสงอาทิตย์ ในขณะที่อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นเล็กน้อยบริเวณสถานีที่ 02 และ 01 (ระยะทาง 42 ถึง 8 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ) ทั้งนี้อาจเนื่องจากอิทธิพลของน้ำหล่อเย็นที่ถูกปล่อยออกจากโรงไฟฟ้าบางปะกงซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณดังกล่าว ทั้งสอดคล้องกับการศึกษาของคณะประมง (อ้างถึงใน (3)) ที่กล่าวถึงอุณหภูมิของน้ำหน้าโรงไฟฟ้าจะสูงกว่าบริเวณด้านเหนือน้ำประมาณ 2.5 – 3.4 องศาเซลเซียส

จากการศึกษา เปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน เฉพาะดัชนีที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าคุณภาพน้ำบริเวณปากแม่น้ำบริเวณสถานี 01 ถึง สถานี 05 ซึ่งกำหนดไว้เป็นคุณภาพประเภท 3 และบริเวณต้นน้ำบริเวณสถานี 06 ถึง สถานี 11 ซึ่งกำหนดไว้เป็นคุณภาพประเภท 2 จากผลการศึกษาพบว่าทุกสถานีคุณภาพจัดอยู่ในคุณภาพน้ำประเภท 4 ทั้งสิ้น ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคได้ หากจำเป็นและไม่สามารถหาแหล่งน้ำอื่น ต้องผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษและผ่านการฆ่าเชื้อโรคก่อน ดัชนีบ่งชี้ที่สำคัญคือ ออกซิเจนละลายน้ำ

ผลการศึกษาดัชนี COD ในครั้งนี้ พบว่าในฤดูแล้งมีค่าค่อนข้างสูง โดยเฉพาะสถานีใกล้ปากแม่น้ำ ซึ่งพบค่าสูงถึง 386.56 มิลลิกรัมต่อลิตรเฉลี่ย 77.98 $\pm$ 104.62 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งเลือกใช้วิธี dicromate closed reflux , titrimetric method อาจจะไม่เหมาะสมนักในการตรวจวิเคราะห์กับคุณภาพของน้ำที่มีปริมาณคลอไรด์ค่อนข้างสูง เช่นตัวอย่างน้ำจากบริเวณดังกล่าว

จากการศึกษาพบว่า ทั้ง $BOD_5$ และ COD ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p = 0.223$ และ $p = 0.117$ ในฤดูน้ำและฤดูแล้ง ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยลงสู่ลำน้ำมาจากแหล่งกำเนิดที่เป็นรูปแบบกระจัดกระจาย หรือที่เรียกว่าเป็นแบบ non point source เช่นการเลี้ยงสุกรและการเพาะเลี้ยงกุ้งน้ำเค็ม(กุ้งกุลาดำ) สิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยทำให้เกิดการเปลี่ยนค่าของ $BOD_5$ และ COD เป็นอย่างมากและมีปริมาณไม่สม่ำเสมอ จึงอาจเป็นส่วนหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงค่าความสัมพันธ์ของดัชนี $BOD_5$ และ COD นั่นหมายถึง ความสัมพันธ์ของ $BOD_5$ และ COD อาจพบได้กับคุณภาพของน้ำที่มีคุณภาพค่อนข้างสม่ำเสมอ เช่นน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละแห่ง

## 5.3 เสนอแนะจากผลการศึกษา

จากการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งมีข้อจำกัดอย่างมากในเรื่องของระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างซึ่งค่อนข้างสั้นมาก ทำให้ข้อมูลที่ได้รับอาจจะมีจำนวนเพียงเล็กน้อย ดังนั้นหากมีการศึกษาครั้งต่อไป ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะ ดังนี้

1. ในการศึกษาคุณภาพน้ำในแม่น้ำต่าง ๆ ควรทำการศึกษาในระยะเวลาต่อเนื่องกันไม่น้อยกว่า 2 ปี ทั้งนี้เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจนขึ้น

2. ดัชนีในการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งควรจะมากเพียงพอที่จะอธิบายคุณภาพน้ำได้อย่างครอบคลุม เนื่องจากดัชนีต่าง ๆ จะร่วมกันอธิบายคุณภาพน้ำได้เป็นอย่างดี

3. ควรทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ของค่า $BOD_5$ และ COD กับคุณภาพของน้ำจากน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละชนิดและแต่ละแห่ง เพื่อประโยชน์ในการนำค่าความสัมพันธ์ที่ได้ไปพยากรณ์ค่าของอีกดัชนีหนึ่งได้โดยไม่ต้องทำการวิเคราะห์ ทั้งนี้เนื่องจากคุณภาพน้ำค่อนข้างคงที่ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมากนัก เพื่อประโยชน์ในแง่ของการประหยัดงบประมาณ หรือประหยัดระยะเวลาในการตรวจวิเคราะห์เพื่อประโยชน์ในการควบคุมระบบต่อไปได้เป็นอย่างดี

3. ควรทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ของค่า $BOD_5$ และ COD กับคุณภาพของน้ำจากจุดต่าง ๆ ของระบบบำบัดน้ำเสียด้วยขบวนการชีวภาพ (biological treatment) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบ

# บรรณานุกรม


1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2537). *โครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำบางปะกง (รายงานฉบับสุดท้าย รายงานหลัก).* ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2537). *โครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำปราจีนบุรี (รายงานฉบับสุดท้าย รายงานหลัก).* ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

3. ธิดาพร หรบรรพ์. (2540). *ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำบางปะกง.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง) สาขาวิทยาศาสตร์การประมง. โครงการวิทยาศาสตร์การประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

4. กรมแผนที่ทหาร. (2516). *แผนที่ภูมิประเทศบริเวณบางปะกง.* กรมแผนที่ทหาร กระทรวงกลาโหม. กรุงเทพฯ.

5. มนูวดี หังสพฤกษ์ ศิริชัย ธรรมวนิช และ กัลยา วัฒยากร. (2528). *การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลในองค์ประกอบทางเคมีของแม่น้ำบางปะกงในระหว่างการผสมผสานกับน้ำทะเล.* จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

6. พรทิพย์ งานสกุล. (2535). *การแพร่กระจายของธาตุอาหารในแม่น้ำบางปะกง.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

7. กรมควบคุมมลพิษ. (2542). *โครงการสำรวจและตรวจสอบคุณภาพน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาและแหล่งน้ำประปาทั่วไป (รายงานหลัก)* กรมควบคุมมลพิษ. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

8. นฤมล แก้วกล่ำ. (2532). *การหาความสัมพันธ์ของค่า BOD COD และ TOC ของน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบ และน้ำธรรมชาติ.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม). มหาวิทยาลัยมหิดล.

9. กรรณิการ์ สิริสิงห์. (2525). *เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และการวิเคราะห์.* พิมพ์ครั้งที่ 2 คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

10. APHA, AWWA, WPCF. (1992). *Standard Method for the Examination of Water and Wastewater.* 18th ed. Washington, D.C.: American Public Health Association.

11. หัตยา ธงรบ. (2529). *การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำและความชุกชุมของแพลงก์ตอนสัตว์ บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

12. พรทิพย์ งานสกุล. (2535). *การแพร่กระจายของธาตุอาหารในแม่น้ำบางปะกง.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

13. กรมอุทกศาสตร์. (2543). *มาตราน้ำน่านน้ำไทย.* กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ กระทรวงกลาโหม, กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์กองสร้างแผนที่ กรมอุทกศาสตร์.

14. Pramot Sojisuporn. (1995). *International Seminar on Marine Fisheries Environment.* 9-10 March 1995. Rayong: Thailand. (EMDEC & JICA).

15. Hanvajanawong Naraporn. (1979). *Chemical Oxygen Demand for the seawater.* M.S. No. EV. 79 - 32. A.I.T. Bangkok: Thailand.

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก

## สภาพดินฟ้าอากาศ และสภาพลำน้ำขณะทำการเก็บตัวอย่าง

**ตารางที่ 9** สภาพดินฟ้าอากาศ และสภาพลำน้ำขณะทำการเก็บตัวอย่างประจำเดือนตุลาคม

| สถานี | เวลา | อุณหภูมิอากาศ ($^{o}$C) | อัตราการไหล (เมตร/นาที) | สภาพอากาศ | สภาพน้ำ |
|---|---|---|---|---|---|
| 01 | 16.30 | 33.50 | 40.00 | แดดอ่อน มีเมฆมาก | มีตะกอนขุ่นน้อย สีเหลืองเขียว |
| 02 | 15.45 | 33.00 | 24.00 | ครึ้มฟ้าครึ้มฝน | มีตะกอนขุ่นน้อย สีเขียวเหลือง |
| 03 | 15.20 | 36.50 | 24.00 | ครึ้มฟ้าครึ้มฝน | มีตะกอนขุ่นน้อย สีเขียวเหลือง |
| 04 | 14.30 | 34.50 | 7.50 | ครึ้มฟ้าครึ้มฝน | มีตะกอนขุ่นน้อย สีเขียวเหลือง |
| 05 | 13.55 | 39.20 | 4.00 | แดดค่อนข้างร่ม | มีตะกอนขุ่นน้อย สีเหลืองเขียว |
| 06 | 12.30 | 32.00 | 24.00 | แดดจัด | มีตะกอนขุ่นมาก สีเหลืองน้ำตาล |
| 07 | 11.50 | 32.50 | 40.00 | แดดจัด | มีตะกอนขุ่นมาก สีเหลืองน้ำตาล |
| 08 | 11.15 | 31.00 | 40.00 | แดดจัด | มีตะกอนขุ่นมาก สีเหลืองน้ำตาล |
| 09 | 10.30 | 31.00 | 40.00 | แดดจัด | มีตะกอนขุ่นมาก สีเหลืองน้ำตาล |
| 10 | 10.00 | 31.00 | 40.00 | แดดจัด | มีตะกอนขุ่นมาก สีเหลืองน้ำตาล |
| 11 | 8.45 | 29.00 | 40.00 | แดดจัด | มีตะกอนขุ่นมาก สีเหลืองน้ำตาล |

**ตารางที่ 10** สภาพดินฟ้าอากาศ และสภาพลำน้ำขณะทำการเก็บตัวอย่างประจำเดือน พฤศจิกายน

| สถานี | เวลา 16.05 | อุณหภูมิอากาศ ($^{o}$C) | อัตราการไหล (เมตร/นาที) | สภาพอากาศ | สภาพน้ำ |
|---|---|---|---|---|---|
| 01 | 16.40 | 28.00 | 20.00 | แดดร่ม | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |
| 02 | 16.05 | 29.20 | 40.00 | แดดร่ม | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |
| 03 | 15.30 | 29.00 | 40.00 | แดดร่ม | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |
| 04 | 14.40 | 31.10 | 26.67 | แดดร่ม | มีตะกอนขุ่นมาก สีเหลืองเขียว |
| 05 | 13.50 | 31.50 | 15.00 | แดดอ่อน | มีตะกอนขุ่นมาก สีเหลืองเขียว |
| 06 | 12.40 | 360.10 | 40.00 | ครึ้มฟ้าครึ้มฝน | มีตะกอนขุ่นมาก สีเหลืองเขียว |
| 07 | 12.00 | 29.00 | 48.00 | ครึ้มฟ้าครึ้มฝน | มีตะกอนขุ่นมาก สีเหลืองเขียว |
| 08 | 11.20 | 32.10 | 30.00 | แดดอ่อนมาก | มีตะกอนขุ่นน้อย สีเหลืองน้ำตาล |
| 09 | 10.20 | 31.20 | 24.00 | แดดอ่อน | มีตะกอนขุ่น สีเหลืองน้ำตาล |
| 10 | 10.00 | 32.50 | 40.00 | แดดอ่อน | มีตะกอนขุ่นน้อย สีเหลืองน้ำตาล |
| 11 | 9.15 | 30.00 | 48.00 | แดดอ่อน | มีตะกอนขุ่นน้อย สีเหลืองน้ำตาล |

**ตารางที่ 11** สภาพดินฟ้าอากาศ และสภาพลำน้ำขณะทำการเก็บตัวอย่างประจำเดือน ธันวาคม

| สถานี | เวลา | อุณหภูมิอากาศ (°C) | อัตราการไหล (เมตร/นาที) | สภาพอากาศ | สภาพน้ำ |
|---|---|---|---|---|---|
| 01 | 17.20 | 27.60 | 30.00 | แดดร่ม | ใส สีเขียวเหลือง |
| 02 | 16.45 | 30.20 | 40.00 | แดดร่ม | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาลเหลือง |
| 03 | 16.10 | 32.00 | 14.12 | แดดปานกลาง | มีตะกอนขุ่น สีเขียวเหลือง |
| 04 | 15.18 | 31.20 | 8.00 | แดดร่ม | มีตะกอนขุ่น สีเขียว |
| 05 | 14.42 | 35.80 | 10.91 | แดดอ่อน ๆ | มีตะกอนขุ่นน้อย สีเขียว |
| 06 | 13.18 | 33.40 | 2.11 | แดดร่ม | มีตะกอนขุ่น สีเขียวน้ำตาล |
| 07 | 12.26 | 27.30 | 13.33 | แดดอ่อน | มีตะกอนขุ่น สีเหลืองน้ำตาล |
| 08 | 11.45 | 27.60 | 12.63 | แดดร่ม | มีตะกอนขุ่นมาก สีเขียวน้ำตาล |
| 09 | 10.55 | 27.00 | 24.00 | แดดร่ม | มีตะกอนขุ่น สีเขียวเหลือง |
| 10 | 10.20 | 28.00 | 30.00 | แดดค่อน | มีตะกอนขุ่นน้อย สีเขียว |
| 11 | 9.40 | 24.00 | 40.00 | แดดร่ม | มีตะกอนขุ่นน้อย สีเขียว |

**ตารางที่ 12** สภาพดินฟ้าอากาศ และสภาพลำน้ำขณะทำการเก็บตัวอย่างประจำเดือน มกราคม

| สถานี | เวลา | อุณหภูมิอากาศ (°C) | อัตราการไหล (เมตร/นาที) | สภาพอากาศ | สภาพน้ำ |
|---|---|---|---|---|---|
| 01 | 16.47 | 33.00 | 30.00 | แดดอ่อน | มีตะกอนขุ่นมาก สีเขียวน้ำตาล |
| 02 | 16.10 | 34.50 | 24.00 | แดดอ่อน | มีตะกอนขุ่น สีน้ำตาล |
| 03 | 15.38 | 34.00 | 24.00 | แดดปานกลาง | ใส สีเขียว |
| 04 | 14.54 | 35.00 | 0.00 | แดดปานกลาง | ใสมาก สีเขียว |
| 05 | 14.19 | 38.50 | 17.14 | แดดปานกลาง | มีตะกอนขุ่น สีเขียว |
| 06 | 12.46 | 35.00 | 0.00 | แดดแรง | มีตะกอนขุ่น สีเขียว |
| 07 | 11.46 | 35.00 | 0.00 | แดดแรง | มีตะกอนขุ่น สีเขียว |
| 08 | 11.16 | 31.00 | 0.00 | แดดอ่อน | มีตะกอนขุ่นน้อย สีเขียว |
| 09 | 10.25 | 33.00 | 10.00 | แดดอ่อน | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาลเขียว |
| 10 | 9.48 | 34.00 | 30.00 | แดดแรง | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |
| 11 | 8.57 | 29.00 | 17.14 | แดดอ่อน | มีตะกอนขุ่น สีเขียว |

**ตารางที่ 13** สภาพดินฟ้าอากาศ และสภาพลำน้ำขณะทำการเก็บตัวอย่างประจำเดือน กุมภาพันธ์

| สถานี | เวลา | อุณหภูมิอากาศ (°C) | อัตราการไหล (เมตร/นาที) | สภาพอากาศ | สภาพน้ำ |
|---|---|---|---|---|---|
| 01 | 15.49 | 31.00 | 30.00 | แดดอ่อน | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |
| 02 | 15.16 | 31.50 | 30.00 | แดดอ่อน | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาลเข้ม |
| 03 | 14.45 | 29.50 | 24.00 | แดดอ่อน | มีตะกอนขุ่น สีน้ำตาลเข้ม |
| 04 | 14.00 | 30.50 | 0.00 | แดดอ่อน | มีตะกอนขุ่น สีน้ำตาลเข้ม |
| 05 | 13.24 | 30.50 | 15.00 | แดดแรง | มีตะกอนขุ่น สีน้ำตาลเข้มอ |
| 06 | 12.53 | 32.00 | 0.00 | แดดแรงจัด | มีตะกอนขุ่นน้อย สีน้ำตาลเขียว |
| 07 | 11.18 | 31.50 | 0.00 | แดดแรง | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำเหลืองน้ำตาล |
| 08 | 10.41 | 29.50 | 9.23 | แดดแรง | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำเหลืองน้ำตาล |
| 09 | 10.00 | 34.00 | 11.43 | แดดแรง | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำเหลืองน้ำตาล |
| 10 | 9.33 | 24.50 | 24.00 | แดดแรง | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำเหลืองน้ำตาล |
| 11 | 8.52 | 24.00 | 24.00 | แดดอ่อน | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำเหลืองน้ำตาล |

**ตารางที่ 14** สภาพดินฟ้าอากาศ และสภาพลำน้ำขณะทำการเก็บตัวอย่างประจำเดือนมีนาคม

| สถานี | เวลา | อุณหภูมิอากาศ (°C) | อัตราการไหล (เมตร/นาที) | สภาพอากาศ | สภาพน้ำ |
|---|---|---|---|---|---|
| 01 | 16.30 | 34.00 | 10.90 | แดดอ่อน | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาลเขียว |
| 02 | 16.00 | 36.00 | 40.00 | แดดปานกลาง | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาลเข้ม |
| 03 | 15.30 | 35.00 | 40.00 | แดดปานกลาง | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาลเขียว |
| 04 | 14.40 | 36.00 | 30.00 | แดดอ่อนมาก | ใส สีเขียวน้ำตาล |
| 05 | 14.05 | 36.00 | 17.14 | แดดอ่อนมาก | มีตะกอนขุ่นน้อย สีเขียวน้ำตาล |
| 06 | 12.30 | 32.00 | 16.00 | แดดอ่อน | ใส สีเขียว |
| 07 | 11.10 | 38.00 | 0.00 | แดดอ่อน | มีตะกอนขุ่นน้อย สีเขียว |
| 08 | 10.40 | 31.00 | 12.63 | แดดอ่อน | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |
| 09 | 9.45 | 30.00 | 15.00 | แดดอ่อน | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |
| 10 | 9.30 | 30.00 | 12.00 | แดดอ่อน | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |
| 11 | 8.50 | 29.00 | 20.00 | ครึ้มฟ้าครึ้มฝน | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |

**ตารางที่ 15** สภาพดินฟ้าอากาศ และสภาพลำน้ำขณะทำการเก็บตัวอย่างประจำเดือน เมษายน

| สถานี | เวลา | อุณหภูมิอากาศ (°C) | อัตราการไหล (เมตร/นาที) | สภาพอากาศ | สภาพน้ำ |
|---|---|---|---|---|---|
| 01 | 16.15 | 35.00 | 24.00 | แดดร่ม ลมแรง | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาลเขียว |
| 02 | 15.50 | 39.00 | 40.00 | แดดจัด | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |
| 03 | 15.10 | 38.00 | 42.17 | แดดจัด | มีตะกอนขุ่น สีน้ำตาล |
| 04 | 14.20 | 38.00 | 0.00 | แดดจัด | มีตะกอนขุ่นน้อย สีเขียว |
| 05 | 13.45 | 39.00 | 19.05 | แดดจัด | ใส สีเขียว |
| 06 | 12.20 | 35.00 | 0.00 | ครึ้มฟ้าครึ้มฝน | ใส สีเขียว |
| 07 | 11.00 | 40.00 | 0.00 | แดดปานกลาง | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |
| 08 | 10.35 | 32.00 | 0.00 | แดดปานกลาง | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |
| 09 | 9.55 | 32.00 | 12.00 | แดดปานกลาง | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |
| 10 | 9.30 | 30.50 | 0.00 | แดดปานกลาง | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |
| 11 | 8.55 | 32.00 | 0.0. | แดดอ่อน | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |

**ตารางที่ 16** สภาพดินฟ้าอากาศ และสภาพลำน้ำขณะทำการเก็บตัวอย่างประจำเดือน พฤษภาคม

| สถานี | เวลา | อุณหภูมิอากาศ (°C) | อัตราการไหล (เมตร/นาที) | สภาพอากาศ | สภาพน้ำ |
|---|---|---|---|---|---|
| 01 | 16.40 | 34.20 | 24.00 | แดดอ่อน | มีตะกอนขุ่น สีน้ำตาลเขียว |
| 02 | 16.00 | 35.00 | 17.14 | แดดอ่อน | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |
| 03 | 15.35 | 37.20 | 0.00 | แดดจัด | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |
| 04 | 14.50 | 37.50 | 44.23 | แดดจัด | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |
| 05 | 14.15 | 38.20 | 24.00 | แดดจัด | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |
| 06 | 12.40 | 34.00 | 24.00 | แดดจัด | มีตะกอนขุ่น สีน้ำตาล |
| 07 | 10.55 | 34.00 | 21.82 | ครึ้มฟ้าครึ้มฝน | มีตะกอนขุ่น สีน้ำตาล |
| 08 | 10.10 | 32.10 | 13.33 | แดดจัด | มีตะกอนขุ่น สีน้ำตาล |
| 09 | 9.30 | 32.50 | 40.00 | แดดจัด | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |
| 10 | 9.10 | 32.00 | 40.00 | แดดจัด | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |
| 11 | 8.30 | 30.20 | 40.00 | แดดจัด | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |

**ตารางที่ 17** สภาพดินฟ้าอากาศ และสภาพลำน้ำขณะทำการเก็บตัวอย่างประจำเดือน มิถุนายน

| สถานี | เวลา | อุณหภูมิอากาศ ($^{o}$C) | อัตราการไหล (เมตร/นาที) | สภาพอากาศ | สภาพน้ำ |
|---|---|---|---|---|---|
| 01 | 16.04 | 33.00 | 24.00 | แดดจัด | มีตะกอนขุ่น สีน้ำตาล |
| 02 | 15.30 | 33.00 | 22.86 | แดดจัด | มีตะกอนขุ่น สีน้ำตาล |
| 03 | 14.57 | 33.00 | 30.00 | แดดจัด | มีตะกอนขุ่น สีน้ำตาล |
| 04 | 14.15 | 31.00 | 40.00 | แดดจัด | มีตะกอนขุ่น สีน้ำตาล |
| 05 | 13.05 | 37.00 | 48.00 | แดดจัด | มีตะกอนขุ่น สีน้ำตาล |
| 06 | 12.15 | 30.00 | 34.29 | แดดอ่อน | มีตะกอนขุ่น สีน้ำตาล |
| 07 | 11.17 | 29.00 | 40.00 | ครึ้มฟ้าครึ้มฝน | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาลอ่อน |
| 08 | 10.47 | 34.00 | 34.29 | ครึ้มฟ้าครึ้มฝน | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |
| 09 | 10.05 | 30.00 | 0.00 | ครึ้มฟ้าครึ้มฝน | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |
| 10 | 9.40 | 29.50 | 34.29 | ครึ้มฟ้าครึ้มฝน | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |
| 11 | 8.45 | 29.00 | 40.00 | ครึ้มฟ้าครึ้มฝน | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |

**ตารางที่ 18** สภาพดินฟ้าอากาศ และสภาพลำน้ำขณะทำการเก็บตัวอย่างประจำเดือน กรกฎาคม

| สถานี | เวลา | อุณหภูมิอากาศ ($^{o}$C) | อัตราการไหล (เมตร/นาที) | สภาพอากาศ | สภาพน้ำ |
|---|---|---|---|---|---|
| 01 | 16.07 | 34.50 | 48.00 | แดดจัด | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |
| 02 | 15.35 | 33.90 | 30.00 | แดดจัด | มีตะกอนขุ่น สีน้ำตาล |
| 03 | 15.03 | 33.00 | 4 | แดดจัด | มีตะกอนขุ่น สีน้ำตาล |
| | | | 0.59 | | |
| 04 | 13.23 | 32.00 | 0.00 | แดดค่อน | มีตะกอนขุ่น สีน้ำตาล |
| 05 | 12.51 | 29.00 | 40.00 | ครึ้มฟ้าครึ้มฝน | มีตะกอนขุ่น สีน้ำตาลเขียว |
| 06 | 12.24 | 27.30 | 40.00 | ครึ้มฟ้าครึ้มฝน | มีตะกอนขุ่น สีน้ำตาล |
| 07 | 11.24 | 30.00 | 46.15 | ครึ้มฟ้าครึ้มฝน | มีตะกอนขุ่น สีน้ำตาล |
| 08 | 10.56 | 30.00 | 30.00 | ครึ้มฟ้าครึ้มฝน | มีตะกอนขุ่น สีน้ำตาลเขียว |
| 09 | 10.12 | 28.50 | 0.00 | ครึ้มฟ้าครึ้มฝน | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |
| 10 | 9.44 | 29.50 | 45.00 | แดดจัด | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |
| 11 | 8.50 | 28.50 | 21.82 | แดดจัด | มีตะกอนขุ่นมาก สีน้ำตาล |

# ภาคผนวก ข

## ดัชนีคุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกง ณ สถานีต่าง ๆ จำแนกรายเดือน

**ตารางที่ 19** ความขุ่นของน้ำในแม่น้ำบางปะกง ณ สถานีต่าง ๆ จำแนกรายเดือน (ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2542 ถึง กรกฎาคม 2543)

| ความขุ่น | BK01 | BK02 | BK03 | BK04 | BK05 | BK06 | BK07 | BK08 | BK09 | BK10 | BK11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ตุลาคม | 68.70 | 52.10 | 30.40 | 21.60 | 32.70 | 54.10 | 66.80 | 60.40 | 70.30 | 89.20 | 58.50 |
| พฤศจิกายน | 63.05 | 49.04 | 48.08 | 22.03 | 19.05 | 26.60 | 28.20 | 48.70 | 63.20 | 35.70 | 77.30 |
| ธันวาคม | 3.17 | 93.80 | 57.90 | 41.30 | 25.40 | 23.40 | 20.20 | 29.80 | 43.90 | 44.70 | 38.90 |
| มกราคม | 41.00 | 40.20 | 3.25 | 3.44 | 38.90 | 11.36 | 15.49 | 6.23 | 54.60 | 84.10 | 8.01 |
| กุมภาพันธ์ | 40.80 | 9.53 | 3.31 | 2.97 | 4.75 | 13.94 | 66.30 | 47.20 | 72.40 | 96.90 | 52.80 |
| มีนาคม | 78.01 | 200.00 | 88.09 | 34.09 | 18.02 | 18.02 | 25.06 | 58.06 | 366.00 | 60.03 | 158.01 |
| เมษายน | 197.00 | 238.00 | 97.40 | 26.30 | 3.45 | 26.10 | 74.20 | 97.00 | 135.00 | 140.00 | 129.00 |
| พฤษภาคม | 51.20 | 85.30 | 90.40 | 69.10 | 414.00 | 301.00 | 206.00 | 358.00 | 615.00 | 64.80 | 668.00 |
| มิถุนายน | 103.40 | 79.60 | 83.90 | 64.20 | 56.40 | 73.00 | 65.20 | 74.80 | 71.90 | 58.30 | 96.80 |
| กรกฎาคม | 82.20 | 49.20 | 48.30 | 59.50 | 44.50 | 50.40 | 51.70 | 60.90 | 67.70 | 78.80 | 64.40 |
| เฉลี่ย ฤดูน้ำ | 79.34 | 57.49 | 52.67 | 41.83 | 38.16 | 51.03 | 52.98 | 61.20 | 68.28 | 65.50 | 74.25 |
| เฉลี่ย ฤดูแล้ง | 68.53 | 111.14 | 56.73 | 29.53 | 84.09 | 65.64 | 67.88 | 99.38 | 214.48 | 81.76 | 175.79 |
| **เฉลี่ย ทั้งปี** | **72.85** | **89.68** | **55.10** | **34.45** | **65.72** | **59.79** | **61.92** | **84.11** | **156.00** | **75.25** | **135.17** |

หน่วยเป็น NTU

**ตารางที่ 20** ของแข็งละลายน้ำของน้ำในแม่น้ำบางปะกง ณ สถานีต่าง ๆ จำแนกรายเดือน (ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2542 ถึง กรกฎาคม 2543)

| TDS | BK01 | BK02 | BK03 | BK04 | BK05 | BK06 | BK07 | BK08 | BK09 | BK10 | BK11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ตุลาคม | 261.0 | 188.3 | 152.7 | 126.7 | 103.7 | 71.6 | 65.5 | 71.3 | 66.9 | 29.7 | 99.1 |
| พฤศจิกายน | 233.0 | 175.5 | 155.7 | 102.9 | 75.1 | 59.9 | 61.1 | 74.4 | 70.2 | 40.3 | 98.7 |
| ธันวาคม | 13,690.0 | 396.0 | 261.0 | 194.2 | 119.5 | 59.1 | 52.8 | 91.4 | 155.9 | 40.9 | 179.0 |
| มกราคม | 26,100.0 | 20,900.0 | 15,010.0 | 6,860.0 | 654.1 | 85.2 | 128.3 | 175.8 | 114.2 | 64.0 | 230.0 |
| กุมภาพันธ์ | 24,900.0 | 20,800.0 | 14,850.0 | 9,120.0 | 3,230.0 | 133.0 | 104.8 | 124.5 | 93.5 | 143.2 | 145.0 |
| มีนาคม | 27,500.0 | 23,100.0 | 19,560.0 | 14,850.0 | 9,660.0 | 3,230.0 | 209.0 | 151.0 | 136.8 | 57.5 | 176.9 |
| เมษายน | 27,700.0 | 23,500.0 | 19,140.0 | 15,470.0 | 9,770.0 | 2,050.0 | 152.6 | 141.3 | 87.3 | 62.6 | 108.3 |
| พฤษภาคม | 575.0 | 513.0 | 435.0 | 251.0 | 175.2 | 93.2 | 97.8 | 134.3 | 74.3 | 17.9 | 108.5 |
| มิถุนายน | 283.0 | 208.0 | 161.0 | 89.0 | 79.0 | 47.0 | 42.0 | 46.0 | 44.0 | 32.0 | 71.0 |
| กรกฎาคม | 170.0 | 110.0 | 110.0 | 70.0 | 50.0 | 40.0 | 30.0 | 40.0 | 288.0 | 15.5 | 76.9 |
| เฉลี่ย ฤดูน้ำ | 236.7 | 170.4 | 144.8 | 97.1 | 76.9 | 54.6 | 49.6 | 57.9 | 117.3 | 29.4 | 86.4 |
| เฉลี่ย ฤดูแล้ง | 20,077.5 | 14,868.2 | 11,542.7 | 7,790.9 | 3,934.8 | 941.7 | 124.2 | 136.4 | 110.3 | 64.3 | 157.9 |
| เฉลี่ย ทั้งปี | 12,141.2 | 8,989.1 | 6,983.5 | 4,713.4 | 2,391.7 | 586.9 | 94.4 | 105.0 | 113.1 | 50.4 | 129.3 |

หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร

**ตารางที่ 21** ความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกง ณ สถานีต่าง ๆ จำแนกรายเดือน (ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2542 ถึง กรกฎาคม 2543)

| ความเค็ม | BK01 | BK02 | BK03 | BK04 | BK05 | BK06 | BK07 | BK08 | BK09 | BK10 | BK11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ตุลาคม | 0.50 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.30 | 0.40 |
| พฤศจิกายน | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.30 | 0.40 |
| ธันวาคม | 11.70 | 0.50 | 0.50 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 |
| มกราคม | 29.00 | 20.70 | 12.20 | 5.10 | 0.70 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 |
| กุมภาพันธ์ | 26.70 | 20.80 | 13.10 | 7.10 | 2.30 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 |
| มีนาคม | 31.10 | 24.00 | 18.90 | 13.10 | 7.50 | 2.30 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 |
| เมษายน | 31.20 | 24.50 | 18.50 | 13.80 | 7.70 | 1.50 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 |
| พฤษภาคม | 2.00 | 0.60 | 0.50 | 0.40 | 0.40 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 |
| มิถุนายน | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 |
| กรกฎาคม | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 |
| เฉลี่ย ฤดูน้ำ | 0.40 | 0.38 | 0.38 | 0.35 | 0.35 | 0.35 | 0.35 | 0.35 | 0.35 | 0.30 | 0.35 |
| เฉลี่ย ฤดูแล้ง | 21.95 | 15.18 | 10.62 | 6.65 | 3.17 | 0.88 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.38 |
| **เฉลี่ย ทั้งปี** | 13.33 | 9.26 | 6.52 | 4.13 | 2.04 | 0.67 | 0.37 | 0.37 | 0.37 | 0.35 | 0.37 |

หน่วยเป็น ส่วนในพันส่วน

**ตารางที่ 22** ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในแม่น้ำบางปะกง ณ สถานีต่าง ๆ จำแนกรายเดือน (ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2542 ถึง กรกฎาคม 2543)

| ค่าการนำไฟฟ้า | BK01 | BK02 | BK03 | BK04 | BK05 | BK06 | BK07 | BK08 | BK09 | BK10 | BK11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ตุลาคม | 0.44 | 0.31 | 0.26 | 0.21 | 0.17 | 0.12 | 0.11 | 0.12 | 0.10 | 0.05 | 0.17 |
| พฤศจิกายน | 0.39 | 0.29 | 0.26 | 0.17 | 0.10 | 0.10 | 0.12 | 0.12 | 0.01 | 0.16 | 0.16 |
| ธันวาคม | 22.80 | 0.66 | 0.44 | 0.32 | 0.20 | 0.10 | 0.09 | 0.15 | 0.18 | 0.06 | 0.27 |
| มกราคม | 43.50 | 34.90 | 25.00 | 11.50 | 1.08 | 0.15 | 0.21 | 0.29 | 0.19 | 0.11 | 0.39 |
| กุมภาพันธ์ | 41.50 | 34.70 | 24.80 | 15.20 | 5.36 | 0.22 | 0.18 | 0.21 | 0.16 | 0.24 | 0.25 |
| มีนาคม | 45.80 | 38.60 | 32.60 | 24.70 | 16.05 | 5.39 | 0.35 | 0.25 | 0.22 | 0.10 | 0.29 |
| เมษายน | 46.10 | 39.10 | 31.90 | 25.80 | 16.32 | 3.41 | 0.25 | 0.24 | 0.15 | 0.10 | 0.18 |
| พฤษภาคม | 3.07 | 1.02 | 0.83 | 0.50 | 0.35 | 0.19 | 0.19 | 0.25 | 0.16 | 0.04 | 0.22 |
| มิถุนายน | 0.56 | 0.41 | 0.32 | 0.18 | 0.16 | 0.09 | 0.08 | 0.09 | 0.09 | 0.02 | 0.16 |
| กรกฎาคม | 0.35 | 0.23 | 0.22 | 0.14 | 0.10 | 0.08 | 0.06 | 0.08 | 0.06 | 0.03 | 0.15 |
| เฉลี่ย ฤดูน้ำ | 0.44 | 0.31 | 0.27 | 0.18 | 0.13 | 0.10 | 0.09 | 0.10 | 0.07 | 0.07 | 0.16 |
| เฉลี่ย ฤดูแล้ง | 33.80 | 24.83 | 19.26 | 13.00 | 6.56 | 1.58 | 0.21 | 0.23 | 0.18 | 0.11 | 0.27 |
| **เฉลี่ย ทั้งปี** | 20.45 | 15.02 | 11.66 | 7.87 | 3.99 | 0.99 | 0.16 | 0.18 | 0.13 | 0.09 | 0.22 |

หน่วยเป็น mS

**ตารางที่ 23** พีเอช ของน้ำในแม่น้ำบางปะกง ณ สถานีต่าง ๆ จำแนกรายเดือน (ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2542 ถึง กรกฎาคม 2543)

| พีเอช | BK01 | BK02 | BK03 | BK04 | BK05 | BK06 | BK07 | BK08 | BK09 | BK10 | BK11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ตุลาคม | 7.08 | 7.12 | 7.16 | 7.16 | 7.77 | 7.28 | 7.60 | 7.31 | 8.08 | 8.33 | 7.19 |
| พฤศจิกายน | 7.06 | 7.06 | 7.10 | 7.03 | 7.07 | 7.07 | 7.09 | 6.99 | 7.32 | 7.47 | 6.88 |
| ธันวาคม | 6.77 | 7.18 | 7.04 | 6.98 | 7.35 | 7.82 | 7.91 | 6.96 | 8.13 | 8.57 | 8.41 |
| มกราคม | 6.88 | 6.50 | 6.43 | 6.59 | 6.76 | 8.31 | 7.04 | 7.85 | 7.85 | 8.75 | 7.74 |
| กุมภาพันธ์ | 6.92 | 6.48 | 6.63 | 6.67 | 6.62 | 6.91 | 7.89 | 6.96 | 7.72 | 8.73 | 8.7 |
| มีนาคม | 6.96 | 6.99 | 6.96 | 6.95 | 6.95 | 7.05 | 7.16 | 6.77 | 7.14 | 7.50 | 7.40 |
| เมษายน | 7.00 | 6.82 | 6.48 | 6.37 | 6.38 | 6.35 | 6.09 | 6.24 | 5.74 | 5.98 | 5.92 |
| พฤษภาคม | 5.93 | 5.45 | 5.67 | 6.21 | 5.93 | 6.12 | 6.10 | 6.32 | 5.93 | 6.80 | 6.85 |
| มิถุนายน | 6.64 | 6.62 | 6.60 | 6.65 | 7.30 | 6.71 | 7.17 | 7.20 | 8.20 | 8.78 | 7.78 |
| กรกฎาคม | 5.30 | 5.54 | 5.38 | 5.21 | 5.24 | 5.28 | 5.41 | 5.26 | 5.76 | 6.14 | 5.78 |
| เฉลี่ย ฤดูน้ำ | 6.52 | 6.59 | 6.56 | 6.51 | 6.85 | 6.59 | 6.82 | 6.69 | 7.34 | 7.68 | 6.91 |
| เฉลี่ย ฤดูแล้ง | 6.74 | 6.57 | 6.54 | 6.63 | 6.67 | 7.09 | 7.03 | 6.85 | 7.09 | 7.39 | 7.50 |
| **เฉลี่ย ทั้งปี** | 6.65 | 6.58 | 6.55 | 6.58 | 6.74 | 6.89 | 6.95 | 6.79 | 7.19 | 7.51 | 7.27 |

**ตารางที่ 24** อุณหภูมิของน้ำ ของน้ำในแม่น้ำบางปะกง ณ สถานีต่าง ๆ จำแนกรายเดือน (ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2542 ถึง กรกฎาคม 2543)

| อุณหภูมิ | BK01 | BK02 | BK03 | BK04 | BK05 | BK06 | BK07 | BK08 | BK09 | BK10 | BK11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ตุลาคม | 31.20 | 30.70 | 31.50 | 31.90 | 32.20 | 29.60 | 29.60 | 29.00 | 29.50 | 27.90 | 29.10 |
| พฤศจิกายน | 28.60 | 28.30 | 28.20 | 28.90 | 29.10 | 28.30 | 28.20 | 28.60 | 28.40 | 28.10 | 28.50 |
| ธันวาคม | 26.60 | 26.00 | 26.40 | 26.30 | 26.60 | 25.60 | 26.00 | 24.30 | 24.10 | 24.20 | 23.10 |
| มกราคม | 29.80 | 29.60 | 28.70 | 29.60 | 30.50 | 31.10 | 30.10 | 30.10 | 29.10 | 29.60 | 28.70 |
| กุมภาพันธ์ | 29.50 | 27.70 | 27.20 | 27.10 | 27.50 | 27.10 | 27.50 | 26.40 | 24.80 | 23.60 | 24.80 |
| มีนาคม | 31.90 | 30.90 | 29.80 | 30.60 | 32.60 | 30.30 | 30.70 | 29.80 | 28.60 | 29.10 | 29.20 |
| เมษายน | 30.00 | 32.20 | 31.90 | 33.10 | 33.60 | 32.50 | 33.60 | 32.10 | 32.50 | 32.10 | 30.10 |
| พฤษภาคม | 33.50 | 31.70 | 32.60 | 33.00 | 32.70 | 32.00 | 32.60 | 31.20 | 31.10 | 31.30 | 29.60 |
| มิถุนายน | 26.70 | 26.60 | 26.70 | 26.80 | 31.30 | 30.60 | 30.00 | 29.60 | 29.00 | 27.70 | 29.30 |
| กรกฎาคม | 31.00 | 31.00 | 30.00 | 29.90 | 30.20 | 29.90 | 29.50 | 28.80 | 28.20 | 27.60 | 28.78 |
| เฉลี่ย ฤดูน้ำ | 29.38 | 29.15 | 29.10 | 29.38 | 30.70 | 29.60 | 29.33 | 29.00 | 28.78 | 27.83 | 28.92 |
| เฉลี่ย ฤดูแล้ง | 30.22 | 29.68 | 29.43 | 29.95 | 30.58 | 29.77 | 30.08 | 28.98 | 28.37 | 28.32 | 27.58 |
| **เฉลี่ย ทั้งปี** | 29.88 | 29.47 | 29.30 | 29.72 | 30.63 | 29.70 | 29.78 | 28.99 | 28.53 | 28.12 | 28.12 |

หน่วยเป็นองศาเซลเซียส

**ตารางที่ 25** ออกซิเจนละลายน้ำในแม่น้ำบางปะกง ณ สถานีต่าง ๆ จำแนกรายเดือน (ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2542 ถึง กรกฎาคม 2543)

| ออกซิเจนละลาย | BK01 | BK02 | BK03 | BK04 | BK05 | BK06 | BK07 | BK08 | BK09 | BK10 | BK11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ตุลาคม | 2.24 | 2.33 | 2.39 | 2.45 | 2.48 | 2.56 | 2.68 | 2.60 | 2.64 | 2.85 | 2.59 |
| พฤศจิกายน | 2.40 | 2.23 | 2.06 | 2.35 | 2.25 | 2.24 | 2.32 | 2.37 | 2.92 | 4.34 | 2.48 |
| ธันวาคม | 3.86 | 3.51 | 2.77 | 3.30 | 2.99 | 3.25 | 2.70 | 2.95 | 3.01 | 2.96 | 2.87 |
| มกราคม | 3.17 | 2.74 | 2.98 | 2.98 | 3.39 | 3.16 | 3.08 | 3.17 | 3.34 | 3.08 | 3.62 |
| กุมภาพันธ์ | 3.18 | 3.15 | 3.30 | 3.49 | 3.32 | 3.38 | 3.49 | 3.65 | 4.69 | 5.96 | 5.01 |
| มีนาคม | 3.11 | 3.24 | 4.13 | 2.88 | 6.39 | 6.32 | 4.14 | 2.70 | 3.11 | 3.24 | 3.17 |
| เมษายน | 2.07 | 2.33 | 2.24 | 2.12 | 2.59 | 3.38 | 2.72 | 2.69 | 5.84 | 2.61 | 2.05 |
| พฤษภาคม | 5.42 | 4.54 | 4.41 | 4.94 | 4.51 | 5.41 | 5.78 | 5.97 | 6.36 | 6.25 | 5.93 |
| มิถุนายน | 5.90 | 5.80 | 5.50 | 5.30 | 5.60 | 5.90 | 6.00 | 6.40 | 6.40 | 7.60 | 6.50 |
| กรกฎาคม | 5.70 | 4.90 | 5.30 | 4.90 | 4.50 | 5.10 | 5.10 | 5.60 | 6.10 | 6.30 | 5.30 |
| เฉลี่ย ฤดูน้ำ | 4.06 | 3.82 | 3.81 | 3.75 | 3.71 | 3.95 | 4.03 | 4.24 | 4.52 | 5.27 | 4.22 |
| เฉลี่ย ฤดูแล้ง | 3.30 | 3.09 | 3.14 | 3.29 | 3.87 | 4.15 | 3.65 | 3.62 | 4.39 | 3.85 | 3.78 |
| **เฉลี่ย ทั้งปี** | 3.61 | 3.38 | 3.41 | 3.47 | 3.80 | 4.07 | 3.80 | 3.87 | 4.44 | 4.42 | 3.95 |

หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร

**ตารางที่ 26** บีโอดีของน้ำในแม่น้ำบางปะกง ณ สถานีต่าง ๆ จำแนกรายเดือน (ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2542 ถึง กรกฎาคม 2543)

| บีโอดี | BK01 | BK02 | BK03 | BK04 | BK05 | BK06 | BK07 | BK08 | BK09 | BK10 | BK11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ตุลาคม | 1.27 | 0.81 | 0.24 | 1.37 | 1.36 | 0.83 | 0.58 | 0.66 | 0.95 | 1.57 | 2.31 |
| พฤศจิกายน | 1.11 | 0.89 | 1.13 | 0.72 | 0.67 | 1.26 | 0.69 | 1.16 | 0.71 | 0.76 | 1.61 |
| ธันวาคม | 0.84 | 0.81 | 0.30 | 1.19 | 0.91 | 1.46 | 0.67 | 0.74 | 0.87 | 0.66 | 0.98 |
| มกราคม | 0.84 | 0.64 | 0.43 | 1.32 | 1.16 | 1.05 | 1.58 | 1.29 | 1.37 | 1.10 | 2.07 |
| กุมภาพันธ์ | 1.85 | 1.03 | 2.78 | 1.54 | 0.99 | 0.43 | 0.90 | 1.33 | 0.97 | 2.20 | 1.85 |
| มีนาคม | 0.51 | 0.73 | 0.86 | 0.93 | 1.46 | 1.39 | 1.85 | 0.37 | 1.67 | 1.90 | 2.09 |
| เมษายน | 0.60 | 0.44 | 0.59 | 1.03 | 1.79 | 1.79 | 0.16 | 0.66 | 1.57 | 1.69 | 1.60 |
| พฤษภาคม | 0.57 | 0.81 | 0.76 | 0.72 | 1.99 | 1.92 | 0.47 | 1.41 | 3.62 | 2.50 | 1.52 |
| มิถุนายน | 1.00 | 0.75 | 0.45 | 0.61 | 0.22 | 0.47 | 0.39 | 0.34 | 0.69 | 0.45 | 0.65 |
| กรกฎาคม | 1.15 | 2.40 | 0.97 | 1.19 | 1.69 | 1.29 | 0.76 | 0.65 | 0.81 | 0.97 | 0.56 |
| เฉลี่ย ฤดูน้ำ | 1.13 | 1.21 | 0.70 | 0.97 | 0.99 | 0.96 | 0.61 | 0.70 | 0.79 | 0.94 | 1.28 |
| เฉลี่ย ฤดูแล้ง | 0.87 | 0.74 | 0.95 | 1.12 | 1.38 | 1.34 | 0.94 | 0.97 | 1.68 | 1.68 | 1.69 |
| **เฉลี่ย ทั้งปี** | 0.97 | 0.93 | 0.85 | 1.06 | 1.22 | 1.19 | 0.81 | 0.86 | 1.32 | 1.38 | 1.52 |

หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร

**ตารางที่ 27** ซีโอดีของน้ำในแม่น้ำบางปะกง ณ สถานีต่าง ๆ จำแนกรายเดือน (ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2542 ถึง กรกฎาคม 2543)

| ซีโอดี | BK01 | BK02 | BK03 | BK04 | BK05 | BK06 | BK07 | BK08 | BK09 | BK10 | BK11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ตุลาคม | 24.85 | 11.83 | 33.78 | 17.90 | 19.88 | 6.15 | 39.73 | 16.70 | 18.46 | 17.0 | 15.15 |
| พฤศจิกายน | 22.18 | 13.96 | 12.81 | 14.11 | 14.59 | 21.23 | 10.90 | 16.49 | 17.91 | 9.36 | 11.23 |
| ธันวาคม | 215.60 | 42.25 | 25.95 | 26.81 | 24.24 | 22.64 | 21.15 | 21.66 | 27.24 | 32.39 | 25.09 |
| มกราคม | 289.90 | 208.20 | 188.60 | 77.64 | 17.59 | 28.30 | 29.68 | 20.70 | 18.85 | 13.33 | 22.53 |
| กุมภาพันธ์ | 299.40 | 378.00 | 221.40 | 108.40 | 44.74 | 16.99 | 10.98 | 3.64 | 4.37 | 2.19 | 3.64 |
| มีนาคม | 386.60 | 265.00 | 210.60 | 156.10 | 88.52 | 39.49 | 12.68 | 13.93 | 26.08 | 17.29 | 23.57 |
| เมษายน | 327.40 | 290.05 | 216.70 | 196.00 | 87.61 | 22.16 | 6.46 | 10.94 | 8.70 | 20.81 | 18.57 |
| พฤษภาคม | 33.43 | 16.57 | 12.23 | 18.01 | 16.57 | 15.57 | 13.26 | 20.18 | 27.10 | 1.04 | 33.10 |
| มิถุนายน | 13.10 | 11.88 | 13.84 | 17.77 | 7.95 | 7.21 | 2.52 | 2.52 | 1.56 | 3.97 | 1.08 |
| กรกฎาคม | 9.35 | 9.35 | 5.48 | 9.06 | 6.67 | 1.91 | 14.42 | 5.88 | 8.46 | 16.60 | 15.61 |
| เฉลี่ย ฤดูน้ำ | 17.37 | 11.76 | 16.48 | 14.71 | 12.27 | 9.13 | 16.89 | 10.40 | 11.60 | 11.74 | 10.77 |
| เฉลี่ย ฤดูแล้ง | 258.72 | 200.09 | 145.91 | 97.16 | 46.55 | 24.19 | 15.70 | 15.18 | 18.72 | 14.51 | 21.08 |
| **เฉลี่ย ทั้งปี** | 162.18 | 124.75 | 94.14 | 64.18 | 32.84 | 18.17 | 16.18 | 13.26 | 15.87 | 13.40 | 16.96 |

หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร

# ภาคผนวก ค

## มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

# มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

| ดัชนี | หน่วย | การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์แหล่งน้ำ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ประเภท 1 | ประเภท 3 | ประเภท 3 | ประเภท 4 | ประเภท 5 |
| ก. คุณสมบัติทางกายภาพและชีววิทยา | | | | | | |
| 1. อุณหภูมิ (Temperature) | °C | ธ | ธ' | ธ' | ธ' | - |
| 2. ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) | - | ธ | 5.0-9.0 | 5.0-9.0 | 5.0-9.0 | - |
| 3. ออกซิเจนละลาย (DO) (20 %ile) | มก./ล. | ธ | ไม่ต่ำกว่า 6.0 | ไม่ต่ำกว่า 4.0 | ไม่ต่ำกว่า 2.0 | - |
| 4. บีโอดี (BOD) (80%ile) | มก./ล. | ธ | ไม่มากกว่า 1.5 | ไม่มากกว่า 2.0 | ไม่มากกว่า 4.0 | - |
| 5. โคลิฟอร์มแบคทีเรีย Coliform bacteria (80%ile) | | | | | | |
| - Total coliform | MPN / 100 ml | ธ | ไม่มากกว่า 5,000 | ไม่มากกว่า 20,000 | - | - |
| - Fecal coliform | MPN / 100 ml | ธ | ไม่มากกว่า 1,000 | ไม่มากกว่า 4,000 | - | - |
| ข. สารประกอบอินทรีย์ (Organic Compound) | | | | | | |
| 6. ไนเตรทไนโตรเจน ($NO_3$-N) | มก./ล. | ธ | มีค่าไม่เกินกว่า 5.0 | | | - |
| 7. แอมโมเนียไนโตรเจน ($NH_3$-N) | มก./ล. | ธ | มีค่าไม่เกินกว่า 0.5 | | | - |
| ค. สารเป็นพิษ (Toxic Substances) | | | | | | |
| 8. ฟีนอล (Phenols) | มก./ล. | ธ | มีค่าไม่เกินกว่า 0.005 | | | - |
| 9. สารหนู (As) | มก./ล. | ธ | มีค่าไม่เกินกว่า 0.01 | | | - |
| 10. ไซยาไนด์ (CN) | มก./ล. | ธ | มีค่าไม่เกินกว่า 0.005 | | | - |
| ง. โลหะหนัก (Heavy Metal) | | | | | | |
| 11. ทองแดง (Cu) | มก./ล. | ธ | มีค่าไม่เกินกว่า 0.005 | | | - |
| 12. นิเกิล (Ni) | มก./ล. | ธ | มีค่าไม่เกินกว่า 0.1 | | | - |
| 13. แมงกานีส (Mn) | มก./ล. | ธ | มีค่าไม่เกินกว่า 1.0 | | | - |
| 14. สังกะสี (Zn) | มก./ล. | ธ | มีค่าไม่เกินกว่า 1.0 | | | - |
| 15. ปรอททั้งหมด (Total Hg) | มก./ล. | ธ | มีค่าไม่เกินกว่า 0.002 | | | - |
| 16. แคดเมียม (Cd) | มก./ล. | ธ | มีค่าไม่เกินกว่า 0.005*, 0.05** | | | - |
| 17. โครเมียม (Cr Hexavalent) | มก./ล. | ธ | มีค่าไม่เกินกว่า 0.05 | | | - |
| 18. ตะกั่ว (Pb) | มก./ล. | ธ | มีค่าไม่เกินกว่า 0.05 | | | - |
| จ. กัมมันตรังสี (Redioactive) | | | | | | |
| 19. รังสีแอลฟา $\alpha$ ray | Beq / l | ธ | มีค่าไม่เกินกว่า 0.1 | | | - |
| 20. รังสีเบตา ($\beta$ ray) | Beq / l | ธ | มีค่าไม่เกินกว่า 1.0 | | | - |

| ดัชนี | หน่วย | การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์แหล่งน้ำ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ประเภท 1 | ประเภท 2 | ประเภท 3 | ประเภท 4 | ประเภท 5 |
| ฉ. สารเคมีที่ใช้ในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช (Pesticide) | | | | | | |
| 21. DDT | µg/l | ธ | มีค่าไม่เกินกว่า 1.0 | | | - |
| 22. Alfa BHC | µg/l | ธ | มีค่าไม่เกินกว่า 0.02 | | | - |
| 23. Dieldrin | µg/l | ธ | มีค่าไม่เกินกว่า 0.1 | | | - |
| 24. Aldrin | µg/l | ธ | มีค่าไม่เกินกว่า 0.1 | | | - |
| 25. Heptachlor , Heptachlor - epoxide | µg/l | ธ | มีค่าไม่เกินกว่า 0.2 | | | - |
| 26. Endrin | µg/l | ธ | ต้องตรวจไม่พบ | | | - |

หมายเหตุ : ธ เป็นไปตามธรรมชาติ

ธ' เป็นไปตามธรรมชาติ แต่เปลี่ยนแปลงไม่เกินกว่า $3^{\circ}$ เซลเซียส

* ในน้ำที่มีความกระด้างไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตรในรูป $CaCO_3$

** ในน้ำที่มีความกระด้างเกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตรในรูป $CaCO_3$

\- ไม่ได้กำหนด

%ile ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่จากจำนวนตัวอย่างทั้งหมดที่เก็บมาตรวจอย่างต่อเนื่อง (จำนวนและระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างให้เป็นไปตามสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติกำหนด)

ประเภทที่ 1 ได้แก่แหล่งน้ำที่สภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

- การอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน
- การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน
- การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์วิทยาของแหล่งน้ำ

ประเภทที่ 2 ได้แก่แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

- การอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
- การอนุรักษ์สัตว์น้ำ
- การประมง
- การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

ประเภทที่ 3 ได้แก่แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

- การอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
- การเกษตร

ประเภทที่ 4 ได้แก่แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

- การอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน
- การอุตสาหกรรม

ประเภทที่ 5 ได้แก่แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

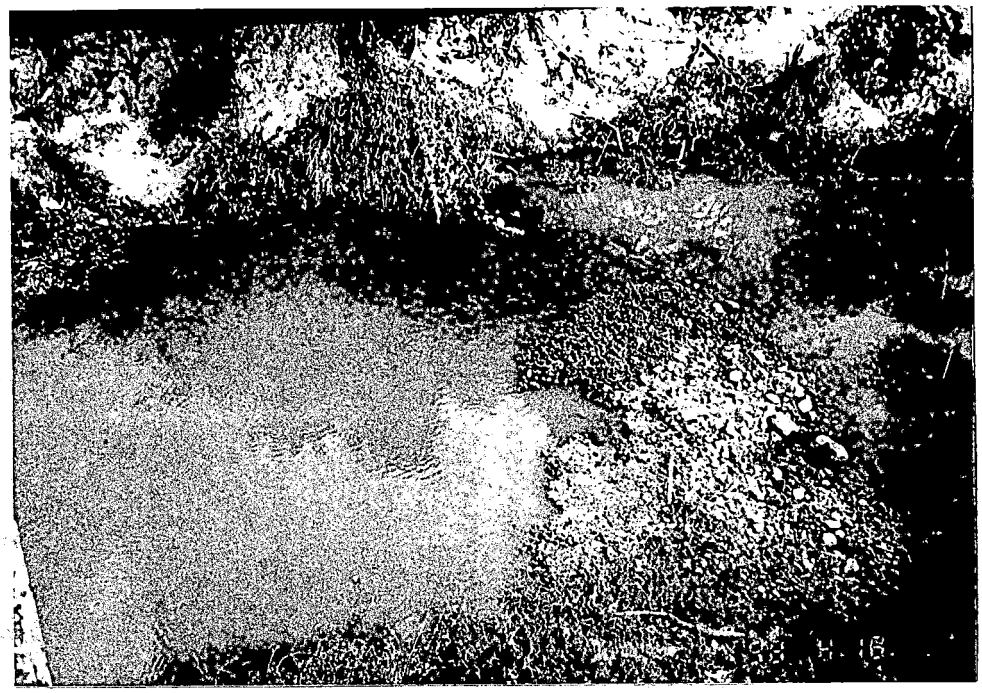
- การคมนาคม

# ภาคผนวก ง

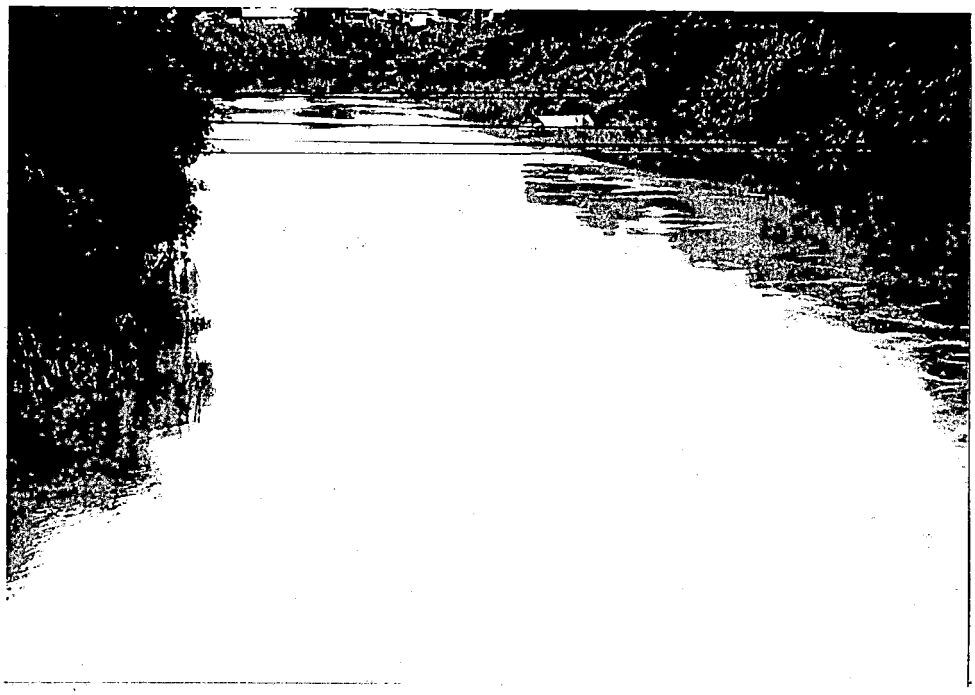
## ภาพถ่ายสถานีเก็บตัวอย่างน้ำและสภาพลำน้ำ

**ภาพที่ 36** สภาพลำน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณสะพานพระปรง อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี ในฤดูแล้ง

**ภาพที่ 37** สภาพลำน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณสะพานพระปรง อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี ในฤดูน้ำ



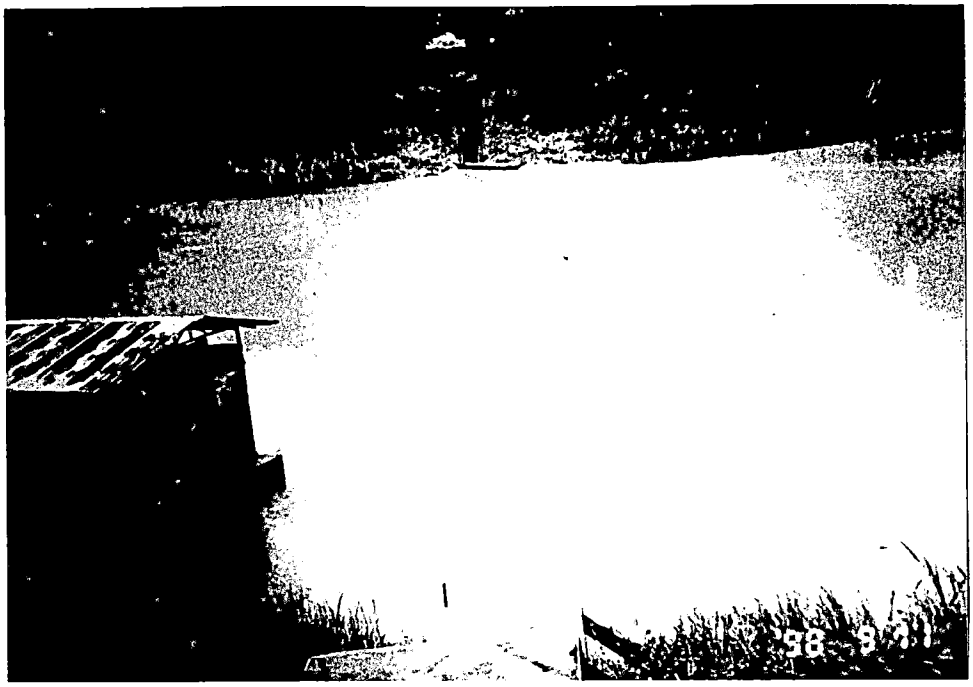
**ภาพที่ 38** สภาพลำน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณสะพานหนุมาน อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี ในฤดูแล้ง



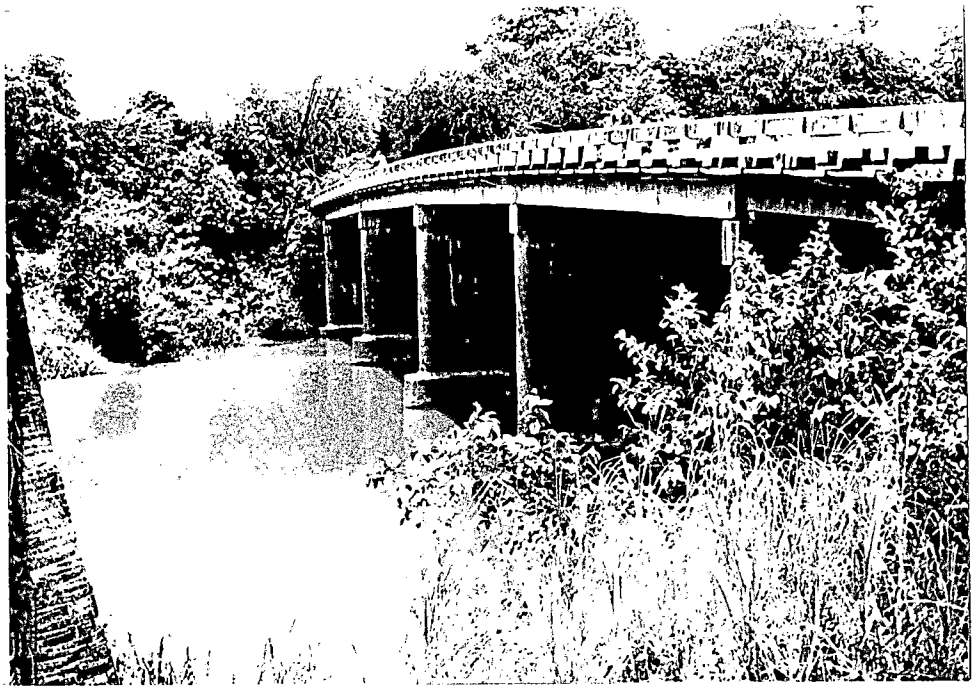
**ภาพที่ 39** สภาพลำน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณสะพานหนุมาน อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี ในฤดูน้ำ

**ภาพที่ 40** สภาพลำน้ำ ณ จุดบรรจบของแม่น้ำปราจีนบุรี หรือแม่น้ำบางปะกงสายหลักในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ แม่น้ำหนุมาน และแม่น้ำพระปรง อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี

**ภาพที่ 41** สภาพลำน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่างน้ำชั่วคราว บริเวณวัดปากแพรก อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรีในฤดูแล้ง



**ภาพที่ 42** สภาพลำน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณวัดปากแพรก อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี ในฤดูน้ำ ซึ่งสะพานชั่วคราวถูกรื้อถอนแล้ว



**ภาพที่ 43** สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณสะพานศรีมหาโพธิ์ อำเภอศรีมหาโพธิ์ จังหวัดปราจีนบุรี

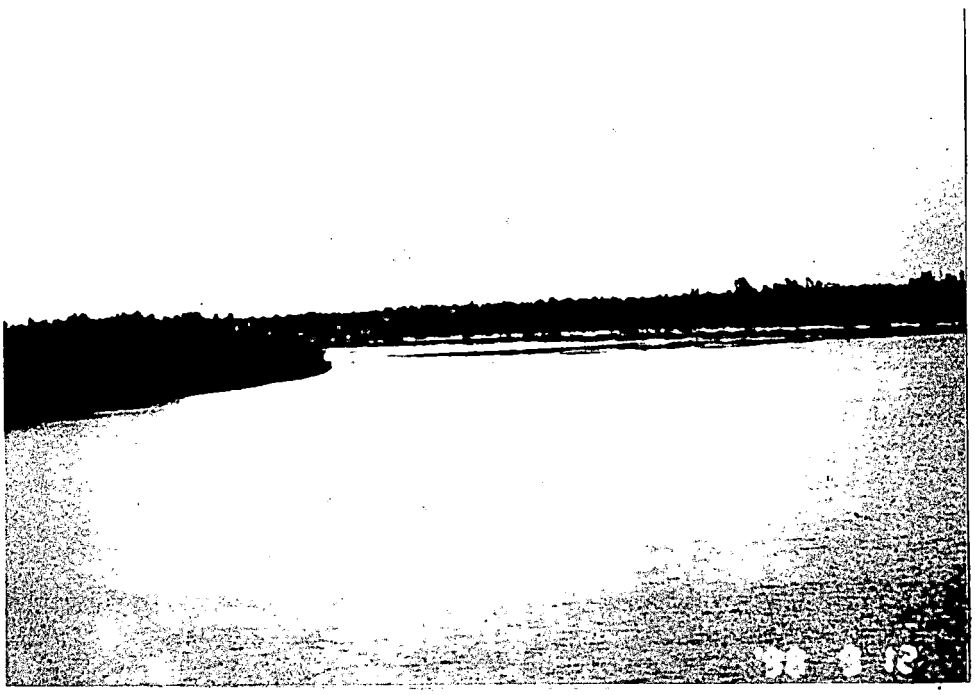
**ภาพที่ 44** สภาพลำน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณสะพานณรงค์คำริห์ อำเภอเมืองปราจีนบุรี จังหวัดปราจีนบุรี

**ภาพที่ 45** สภาพลำน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณสะพานบ้านสร้าง อำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี

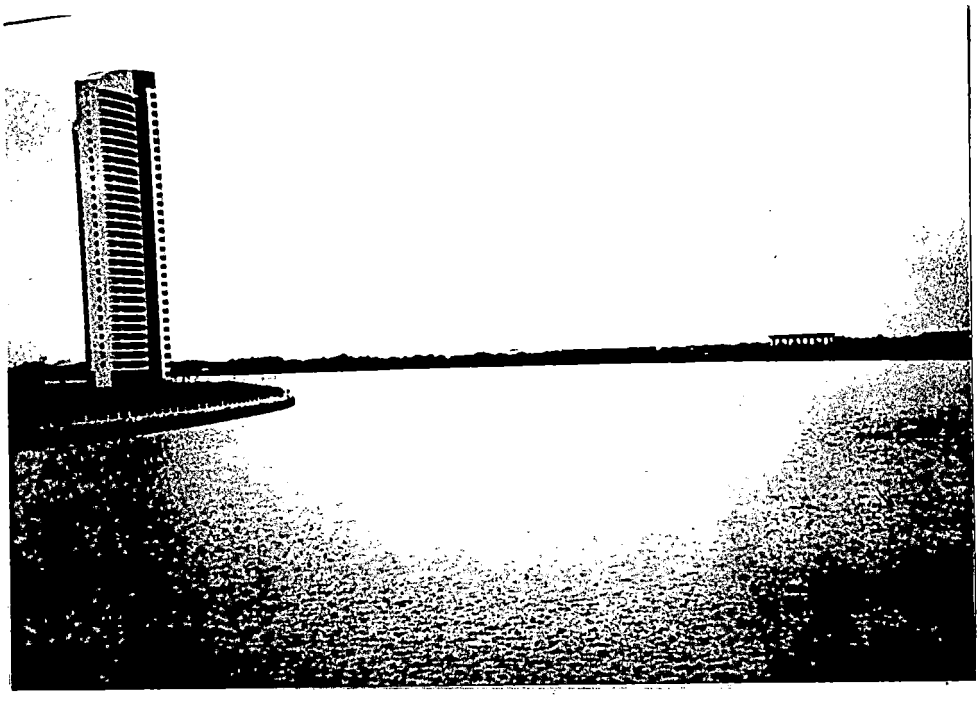
**ภาพที่ 46** สภาพลำน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณสะพานบางขนาก อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา

**ภาพที่ 47** สภาพลำน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณสะพานวัดบางตลาด กิ่งอำเภอคลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา

**ภาพที่ 48** สภาพลำน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณสะพานฉะเชิงเทรา อำเภอเมืองฉะเชิงเทรา จังหวัดฉะเชิงเทรา



**ภาพที่ 49** สภาพลำน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณสะพานบ้านโพธิ์ อำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา



**ภาพที่ 50** สภาพลำน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณสะพานเทพหัสดิน อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา