



การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำดิบสำหรับการผลิตน้ำประปาในเขตภาคกลาง
โดยใช้แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์

Comparison of Raw Water Quality for Water Treatment Process
in Central Thailand Using Randomized Complete Block Design

ชวณี สุภีรัตน์
กิตติศ ตั้งสัจจวงศ์
สุนิสา สายอุปราช
ปิยธิดา พันธนะ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณกองทุนเพื่อการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำดิบสำหรับการผลิตน้ำประปาในเขตภาคกลาง
โดยใช้แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์

Comparison of Raw Water Quality for Water Treatment Process
in Central Thailand Using Randomized Complete Block Design

ชวณี สุภีรัตน์
กิตติศ ตั้งสัจจวงศ์
สุนิสา สายอุปราช
ปิยธิดา พันธนะ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณกองทุนเพื่อการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง : การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำดิบสำหรับการผลิตน้ำประปาในเขตภาคกลาง
โดยใช้แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์

ผู้วิจัย : นางสาวชวณี สุภีรัตน์
นายกิตติศ ตั้งสัจจวงศ์
นางสาวสุนิสา สายอุปราช
นางปิยธิดา พันธนะ

ปีที่ทำวิจัย : พ.ศ. 2567

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาในเขตภาคกลางจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง) และแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา) และความแตกต่างของฤดูกาล และจุดเก็บตัวอย่างน้ำ จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำดิบสำหรับการผลิตน้ำประปา โดยวิเคราะห์คุณภาพน้ำดิบจาก 5 พารามิเตอร์ ประกอบด้วย ค่าพีเอช (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ค่าความเค็ม (Salinity) ค่าความขุ่น (Turbidity) และค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากจุดเก็บตัวอย่าง ครอบคลุม 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน ผลการศึกษาพบว่า การเปรียบเทียบพารามิเตอร์ที่บ่งชี้คุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก และแหล่งน้ำดิบตะวันออก ในฤดูหนาวพารามิเตอร์ทั้ง 5 ค่าที่ทำการศึกษา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สำหรับในฤดูร้อน และฤดูฝน พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาจากแหล่งน้ำดิบทั้ง 2 แหล่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ยกเว้นค่าความขุ่นไม่มีความแตกต่างกัน และเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณภาพน้ำดิบด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) พบว่า ความแตกต่างระหว่างฤดูกาลมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำดิบในพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา สำหรับแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง) ความแตกต่างระหว่างฤดูกาลจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าการนำไฟฟ้า ค่าความขุ่น และค่าของแข็งละลายน้ำที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะฤดูร้อนจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์มากที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา) ความแตกต่างระหว่างฤดูกาลจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเค็ม ค่าความขุ่น และค่าของแข็งละลายน้ำที่แตกต่างกัน โดยฤดูร้อนจะมีผลต่อค่าความเค็มมากที่สุด ขณะที่ฤดูหนาวจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความขุ่น และค่าของแข็งละลายน้ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ความแปรปรวน แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ ของแข็งละลายน้ำ
ความเค็ม น้ำประปา

Title : Comparison of Raw Water Quality for Water Treatment Process in Central Thailand Using Randomized Complete Block Design

Researcher : Miss Chawanee Suphirat
Mr. Kitiyot Tungsudjawong
Miss Sunisa Saiuprad
Ms. Piyatida Phantuna

Year : 2024

Abstract

The goal of this research study is to compare the quality of raw water from the western (Mae Klong River) and the eastern (Chao Phraya River) raw water sources in the central region and to examine how seasonal differences and sampling points impact changes in raw water quality for the water treatment process. The analysis focuses on five parameters: pH, electrical conductivity (EC), salinity, turbidity, and total dissolved solids (TDS). Water samples were collected from sampling points across three seasons: winter, summer, and rainy. The results indicated that when comparing the parameters indicating raw water quality from the western and eastern raw water sources in winter, all five studied parameters showed statistically significant differences at a significance level of 0.05. In summer and rainy seasons, the parameters studied from both raw water sources also displayed statistically significant differences at a significance level of 0.05, except for turbidity, which showed no difference. Furthermore, when comparing the differences in raw water quality using analysis of variance (ANOVA), it was found that seasonal differences significantly affect changes in raw water quality for the studied parameters. For the western raw water source (Mae Klong River), seasonal differences impact the changes in the electrical conductivity, turbidity, and dissolved solids levels, which vary, especially in the summer, which significantly affects the changes in these parameters, with statistical significance at the 0.05 level. In the raw water source on the eastern (Chao Phraya River), seasonal differences impact the changes in salinity, turbidity, and dissolved solids levels. The summer has the most significant effect on salinity, while the winter significantly influences the changes in turbidity and dissolved solids levels, also at the 0.05 statistical significance level.

Keywords: Analysis of Variance, Randomized Complete Block Design, Total Dissolved Solids, Salinity, Water Supply

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย จากงบประมาณกองทุนเพื่อการวิจัย ประเภทโครงการวิจัยเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับสถานที่ที่ใช้ในการทดลอง รวมทั้งเครื่องมือวิเคราะห์ และอุปกรณ์ต่างๆ จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้วิจัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(ก)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(ข)
กิตติกรรมประกาศ	(ค)
สารบัญ	(ง)
สารบัญตาราง	(จ)
สารบัญภาพ	(ฉ)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	3
1.5 สมมติฐานงานวิจัย	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎี และวิธีการทางสถิติที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย	4
2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	14
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	14
3.2 วิธีดำเนินการวิจัย	14
บทที่ 4 ผลการวิจัย	17
4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของค่าพารามิเตอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำ	17
4.2 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำโดยใช้วิธีการทางสถิติ	22
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	26
5.1 สรุปผลการวิจัย	26
5.2 อภิปรายผล	27
5.3 ข้อเสนอแนะ	28
บรรณานุกรม	29
ภาคผนวก	30
ประวัติย่อผู้วิจัย	39

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์	9
2	ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง) ช่วงฤดูหนาว	17
3	ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง) ช่วงฤดูร้อน	18
4	ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง) ช่วงฤดูฝน	18
5	ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา) ช่วงฤดูหนาว	20
6	ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา) ช่วงฤดูร้อน	20
7	ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา) ช่วงฤดูฝน	20
8	ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่บ่งชี้ คุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก และแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก ในฤดูหนาว	22
9	ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่บ่งชี้ คุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก และแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก ในฤดูร้อน	22
10	ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่บ่งชี้ คุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก และแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก ในฤดูฝน	23
11	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์แต่ละฤดูกาล ในแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง)	24
12	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์แต่ละฤดูกาล ในแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา)	25

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง)	4
2	แหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา)	5
3	จุดเก็บตัวอย่างในแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง)	14
4	จุดเก็บตัวอย่างในแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา)	15
5	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	16
6	การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ทั้ง 5 ค่าจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก ในฤดูกาลต่าง ๆ	19
7	การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ทั้ง 5 ค่าจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก ในฤดูกาลต่าง ๆ	21



สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำแม่กลอง 1 บริเวณ ต.วังศาลา อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี	32
2 จุดเก็บตัวอย่างน้ำแม่กลอง 2 บริเวณ ต.แสนตอ อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี	32
3 จุดเก็บตัวอย่างน้ำแม่กลอง 3 บริเวณ ต.พงตึก อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี	32
4 จุดเก็บตัวอย่างน้ำแม่กลอง 4 บริเวณ ต.ท่าผา อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี	33
5 จุดเก็บตัวอย่างน้ำแม่กลอง 5 บริเวณเทศบาลเมือง อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี	33
6 จุดเก็บตัวอย่างน้ำแม่กลอง 6 บริเวณ ต.คลองตากคต อ.โพธาราม จ.ราชบุรี	33
7 จุดเก็บตัวอย่างน้ำแม่กลอง 7 บริเวณหาดทรายโพธาราม อ.โพธาราม จ.ราชบุรี	34
8 จุดเก็บตัวอย่างน้ำเจ้าพระยา 1 บริเวณ ต.บางแก้ว อ.เมืองอ่างทอง จ.อ่างทอง	34
9 จุดเก็บตัวอย่างน้ำเจ้าพระยา 2 บริเวณ ต.บางชะนี อ.บางบาล จ.พระนครศรีอยุธยา	34
10 จุดเก็บตัวอย่างน้ำเจ้าพระยา 3 บริเวณ ต.ภูเขาทอง อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา	35
11 จุดเก็บตัวอย่างน้ำเจ้าพระยา 4 บริเวณ ต.บางกระบือ อ.สามโคก จ.ปทุมธานี	35
12 จุดเก็บตัวอย่างน้ำเจ้าพระยา 5 บริเวณ ต.บ้านกระแซง อ.เมืองปทุมธานี จ.ปทุมธานี	35

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความจำเป็นและความสำคัญของปัญหา

น้ำเป็นสิ่งจำเป็นในดำเนินชีวิต และใช้ดำเนินกิจกรรมของเกือบทุกภาคส่วนของสังคมและประเทศ น้ำประปา (Water Supply) เป็นสาธารณูปโภคที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่ง ซึ่งใช้ในการบริโภคและอุปโภค ใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน หรือกระบวนการต่างๆ เช่น ใช้ในการทำอาหาร อาบน้ำ ชักผ้า ทำความสะอาด เป็นต้น น้ำประปาที่ใช้กันอยู่ในทุกวันนี้มาจากกระบวนการผลิตซึ่งในบางพื้นที่มีคุณภาพที่แตกต่างกันได้บ้างขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำดิบที่นำมาผลิต จึงทำให้หน่วยงานที่มีความรับผิดชอบในการผลิตน้ำประปานั้น ต้องตระหนักถึงคุณภาพน้ำประปาที่ส่งจ่ายให้กับประชาชน

น้ำดิบ (Raw Water) เป็นน้ำที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำประปาตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน คือ น้ำในแม่น้ำ และห้วย หนอง คลอง บึง ต่าง ๆ แต่ในพื้นที่ที่ห่างไกลแหล่งน้ำธรรมชาติ ก็สามารถใช้น้ำบาดาลในการผลิตน้ำประปาได้ สำหรับน้ำดิบในแหล่งน้ำธรรมชาติ หน่วยงานที่รับผิดชอบได้ทำการป้องกันคุณภาพน้ำดังกล่าวเพื่อไม่ให้เกิดการปนเปื้อนสารมลพิษทุกชนิดลงสู่น้ำดิบ อย่างไรก็ตาม สารอินทรีย์ในธรรมชาติ (Natural Organic Matter: NOM) ส่วนใหญ่ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำผิวดิน (Surface Water) ซึ่งมีรูปแบบต่าง ๆ เช่น สารอินทรีย์แขวนลอย สารอินทรีย์ละลายน้ำ และสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างอะโรมาติก สารเหล่านี้เมื่อทำปฏิกิริยากับคลอรีนที่เติมในกระบวนการผลิตน้ำประปาก็ก่อให้เกิดสารตกค้างประเภทต่างๆ เช่น สารก่อมะเร็ง เป็นต้น อีกทั้งความเค็ม (Salinity) หรือ ความขุ่น (Turbidity) ก็เป็นสารตั้งต้นหนึ่งที่สามารถทำให้เกิดสารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพได้เช่นเดียวกัน ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ เหล่านี้

ปัจจุบันน้ำดิบที่นำมาผลิตน้ำประปาในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (นนทบุรี และสมุทรปราการ) นำมาจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตกและแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก (แม่น้ำแม่กลอง และแม่น้ำเจ้าพระยา) การรวบรวมข้อมูลคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำดิบทั้ง 2 แหล่ง ที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาในแต่ละเดือนจึงมีความจำเป็นอย่างมากที่ควรจะมาศึกษาวิเคราะห์ เพื่อเป็นข้อมูลที่จะใช้ในการเดินระบบผลิตน้ำประปา (Operate) ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาเพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพหรืออาจก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพ เช่น โรคมะเร็งในวงกว้าง โดยใช้เทคนิควิธีการทางสถิติคือ การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากรที่เป็นอิสระกัน เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์จากแหล่งน้ำดิบ 2 แหล่ง ซึ่งพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาได้แก่ ค่าพีเอช (pH) ความเค็ม (Salinity) ความขุ่น (Turbidity) ของแข็งที่ละลายน้ำ (Total Dissolved Solids, TDS) และค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ ฤดูกาล (Season) และตำแหน่งของจุดเก็บตัวอย่าง (Station) ที่อยู่ในแหล่งน้ำดิบแต่ละแหล่ง ปัจจัยเหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำประปา

ที่แจกจ่ายไปยังผู้บริโภคและอุปโภค ซึ่งในการศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างฤดูกาลและสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำจากแต่ละแหล่งน้ำดิบ เพื่อการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อคุณภาพน้ำดิบที่จะนำมาผลิตน้ำประปา และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสารปนเปื้อนในน้ำดิบที่ส่งผลต่อสุขภาพ จะช่วยให้สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์ในธรรมชาติได้ ว่าช่วงเวลาใดในแต่ละปีจะเป็นช่วงภาวะวิกฤตของคุณภาพน้ำดิบสำหรับนำมาผลิตน้ำประปา ซึ่งผลจากการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบทั้ง 2 แหล่ง ได้แก่ แหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง) และแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา) ในพื้นที่เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จะเป็นประโยชน์ในการจัดการคุณภาพน้ำดิบสำหรับใช้ในกระบวนการผลิตน้ำประปาที่จะส่งต่อไปยังผู้ใช้น้ำปลายทางได้อย่างเหมาะสมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์จากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตกและฝั่งตะวันออกที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา
2. เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างฤดูกาล และจุดเก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละแหล่งผลิตที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำดิบสำหรับการผลิตน้ำประปา

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ศึกษาภายใต้ขอบเขตการวิจัย ดังนี้

1. พื้นที่ในการทำวิจัย

เขตภาคกลาง ได้แก่ กรุงเทพมหานครและปริมณฑล (จังหวัดนนทบุรีและจังหวัดสมุทรปราการ) แหล่งน้ำดิบในฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง) เริ่มตั้งแต่ อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี ถึง อ.โพธาราม จ.ราชบุรี กำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 7 จุด และแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา) เริ่มตั้งแต่ อ.เมืองอ่างทอง จ.อ่างทอง ถึง อ.เมืองปทุมธานี จ.ปทุมธานี กำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 5 จุด

งานวิจัยนี้เก็บรวบรวมข้อมูลจาก 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลทุติยภูมิ และการลงพื้นที่เก็บข้อมูลจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตกและแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก

2. ฤดูกาลในประเทศไทยโดยทั่ว ๆ ไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ฤดู ดังนี้ (กรมอุตุนิยมวิทยา)

- 1) ฤดูหนาว เริ่มต้นประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์
- 2) ฤดูร้อน เริ่มต้นประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม
- 3) ฤดูฝน เริ่มต้นประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม

3. การวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำทางกายภาพ (Physical Quality Parameter) ได้แก่ การนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC) และดัชนีคุณภาพน้ำทางเคมี (Chemical Quality Parameters) ได้แก่ ค่าพีเอช (pH) ความเค็ม (Salinity) ความขุ่น (Turbidity) และของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solids, TDS) เพื่อประเมินคุณภาพน้ำดิบสำหรับการผลิตน้ำประปาในเขตภาคกลาง โดยใช้วิธีการทดสอบ

ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ซึ่งประกอบด้วย การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยสองประชากรที่เป็นอิสระกัน (Independent t-test) การวิเคราะห์การแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) โดยใช้แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) รวมทั้งมีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ (Multiple Comparison) ด้วยวิธีของ Scheffé

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของดัชนีคุณภาพน้ำทางกายภาพ และทางเคมี
2. เก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิ และลงพื้นที่เก็บข้อมูลจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก และแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก ครอบคลุมทั้ง 3 ฤดูกาลที่กำหนด
3. วางแผนการดำเนินการทดลอง และออกแบบการทดลองโดยใช้แผนแบบการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์
4. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ และเปรียบเทียบพารามิเตอร์แต่ละตัวที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำโดยใช้เทคนิคทางสถิติ ได้แก่ สถิติทดสอบ t-test เพื่อเป็นการเปรียบเทียบแหล่งคุณภาพน้ำดิบสำหรับการผลิตน้ำประปาจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตกและตะวันออก และใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) สำหรับทดสอบความแตกต่างฤดูกาล และจุดเก็บตัวอย่าง มีผลต่อคุณภาพน้ำดิบที่ใช้สำหรับการผลิตน้ำประปาในเขตภาคกลางหรือไม่
5. สรุปผลการวิจัย

1.5 สมมติฐานงานวิจัย

1. คุณภาพน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปาจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก และแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก มีความแตกต่างกัน
2. ฤดูกาล และตำแหน่งของสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำดิบสำหรับการผลิตน้ำประปา

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อให้ทราบว่าฤดูกาลมีผลต่อคุณภาพน้ำดิบที่ใช้สำหรับการผลิตน้ำประปาในเขตภาคกลาง และเป็นการเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำที่อาจจะเกิดขึ้นได้
2. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสารปนเปื้อนในน้ำดิบนั้น สามารถบ่งบอกถึงคุณภาพน้ำที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนได้
3. สามารถนำข้อมูลมาใช้ประโยชน์เป็นแนวทางในการเดินระบบผลิตน้ำประปาของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และวางแผนหาแนวทางป้องกันสถานการณ์ล่วงหน้าได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้แบ่งส่วนของเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกเป็นทฤษฎี และวิธีการทางสถิติที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย สำหรับส่วนที่สองเป็นผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี และวิธีการทางสถิติที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย

2.1.1 แหล่งน้ำดิบ

กรุงเทพมหานครและปริมณฑล (จังหวัดนนทบุรีและจังหวัดสมุทรปราการ) ใช้น้ำประปาจากหน่วยงานผู้รับผิดชอบหลัก คือ การประปานครหลวง ระบบประปาโดยทั่วไปสามารถเลือกใช้แหล่งน้ำดิบ (Raw Water Resource) จากแหล่งน้ำธรรมชาติที่สำคัญ คือ

1. แหล่งน้ำผิวดิน (Surface Water) เช่น น้ำจากแม่น้ำ คลอง เขื่อน อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น
2. แหล่งน้ำใต้ดิน (Ground Water) เช่น น้ำจากบ่อน้ำบาดาล เป็นต้น

สำหรับแหล่งน้ำดิบเพื่อผลิตน้ำประปาของกรุงเทพมหานครและปริมณฑล เลือกใช้แหล่งน้ำผิวดิน เนื่องจากเป็นแหล่งน้ำที่มีปริมาณน้ำเพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งการประปานครหลวงต้องผลิตน้ำในปริมาณมากหลายล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน เพื่อรองรับการใช้น้ำของประชาชนจำนวนมากที่อยู่อาศัยกันอย่างหนาแน่น การใช้น้ำดิบจากแหล่งน้ำใต้ดินหรือบ่อน้ำบาดาลอาจมีปัญหาเรื่องความเพียงพอของปริมาณน้ำดิบ รวมถึงผลกระทบจากการทรุดตัวของแผ่นดินเนื่องจากการสูบน้ำบาดาลมาใช้ (ปราโมทย์, 2566)

แหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก ใช้น้ำดิบจากเขื่อนแม่กลอง (แม่น้ำแม่กลอง) อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี ปล่อยน้ำดิบเข้าคลองประปาฝั่งตะวันตกที่มีความยาวประมาณ 106 กิโลเมตร เข้าสู่โรงผลิตน้ำในฝั่งตะวันตก (คลองประปาเป็นคลองที่ขุดขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลัก คือ นำน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบเข้าสู่โรงผลิตน้ำ) ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง)

ที่มา : <http://rwc.mwa.co.th/page/info/>

การทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน

$$\text{สถิติทดสอบคือ } F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

โดยที่ S_1^2 แทนความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และองศาอิสระ $df_1 = n_1 - 1$

และ S_2^2 แทนความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่ 2 และองศาอิสระ $df_2 = n_2 - 1$

กรณีความแปรปรวนของประชากร 2 กลุ่มมีค่าเท่ากัน ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2$)

$$\text{สถิติทดสอบคือ } t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{S_p^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \quad \text{โดยที่องศาอิสระ } df = n_1 + n_2 - 2$$

$$\text{และ } S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \quad \text{เป็นความแปรปรวนร่วม (Pooled Variance)}$$

กรณีความแปรปรวนของประชากร 2 กลุ่มมีค่าไม่เท่ากัน ($\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$)

$$\text{สถิติทดสอบคือ } t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

$$\text{โดยที่องศาอิสระ } df = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2} \right)^2}{\frac{(S_1^2 / n_1)}{n_1 - 1} + \frac{(S_2^2 / n_2)}{n_2 - 1}}$$

2.1.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA)

บุญอ้อม (2549) และ Montgomery (2013) อธิบายว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวน เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกรณีที่มีประชากรตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป โดยทำการทดสอบเพียงครั้งเดียว ยกตัวอย่างกรณีมีประชากร k กลุ่ม จะสามารถเขียนสมมติฐานเชิงสถิติ เป็นดังนี้

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \dots \neq \mu_k \quad \text{อย่างน้อย 1 คู่}$$

จากสมมติฐานข้างต้น หมายความว่า ถ้าผลการทดสอบสมมติฐานไม่ปฏิเสธ H_0 หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร k กลุ่ม แต่ถ้าผลการทดสอบสมมติฐานปฏิเสธ H_0 หมายความว่า มีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจจะเป็นคู่ใดก็ได้ ซึ่งทางสถิติจะมีการทดสอบต่อว่า คู่ที่แตกต่างกันนั้นคือคู่ใด โดยใช้วิธีการทางสถิติที่เรียกว่า “การเปรียบเทียบเชิงพหุ” (Multiple Comparison)

หลักการของการวิเคราะห์ความแปรปรวน

หลักเกณฑ์ที่สำคัญของการวิเคราะห์ความแปรปรวนคือ แบ่งความแปรปรวนของข้อมูลทั้งหมดออกตามสาเหตุที่ทำให้ข้อมูลแตกต่างกัน คือ ความแปรปรวนภายในกลุ่ม (within group) และความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (between group) โดยที่ความแปรปรวนทั้งหมดหาได้จากการนำความแปรปรวนภายในกลุ่ม และความแปรปรวนระหว่างกลุ่มมารวมกัน

การวิเคราะห์ความแปรปรวนนี้มีหลายประเภท ในงานวิจัยนี้จะให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way Analysis of Variance หรือ Two-way ANOVA) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีปัจจัย 2 ปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยปัจจัยที่ 1 คือ สิ่งทดลองหรือทรีตเมนต์ (Treatment) และปัจจัยที่ 2 คือ บล็อก (Block) ยกตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวาน ปัจจัยที่ 1 ยาที่ใช้ในการรักษาโรคเบาหวาน 4 ชนิด (สิ่งทดลอง หรือ Treatment) ปัจจัยที่ 2 อาการโรคเบาหวาน 3 ระยะ (บล็อก) ซึ่งความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลในเลือดมาจาก 3 แหล่ง ได้แก่ ความแปรปรวนที่เกิดจากการใช้ยาที่ต่างกัน ความแปรปรวนที่เกิดจากระยะอาการของโรคที่เป็นต่างกัน และความแปรปรวนที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนในการทดลอง เป็นต้น

2.1.4 แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block design: RCBD)

บุญอ้อม (2549) และ Montgomery (2013) กล่าวว่า การวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ เป็นการทดลองที่ต้องการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรผลตอบ (y) ซึ่งจะมีการจัดกลุ่มของหน่วยทดลองออกเป็นกลุ่ม ๆ หรือบล็อก (Block) ซึ่งลักษณะของแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ มีดังนี้

- 1) ทรีตเมนต์ที่ใช้ในการทดลองมีจำนวน r ทรีตเมนต์
- 2) หน่วยทดลองมีความแตกต่างกัน แบ่งเป็นบล็อก ดังนี้
 - หน่วยทดลองที่อยู่ภายในบล็อกเดียวกันจะมีลักษณะเหมือน ๆ กัน และมีจำนวนเท่ากับจำนวนของทรีตเมนต์ t หน่วยทดลอง
 - หน่วยทดลองที่อยู่ต่างบล็อกกันจะมีลักษณะต่างกัน แบ่งเป็น c บล็อก
 - มีหน่วยทดลองทั้งหมด rc หน่วยทดลอง
- 3) การสุ่มจัดทรีตเมนต์ให้กับหน่วยทดลอง แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ
 - สุ่มบล็อก
 - สุ่มจัดทรีตเมนต์ให้กับหน่วยทดลองในบล็อก (แบบสุ่มสมบูรณ์) เมื่อสุ่มเสร็จแล้วจะต้องได้ว่า แต่ละบล็อกได้รับครบทุกทรีตเมนต์ / แต่ละทรีตเมนต์ถูกใช้ครบทุกบล็อก

หมายเหตุ แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ แต่ละบล็อกได้รับครบทุกทรีตเมนต์ มีงานทดลองบางประเภทที่ไม่สามารถจัด ทรีตเมนต์ ให้กับแต่ละบล็อกได้ครบทุกทรีตเมนต์เพราะมีหน่วยทดลองน้อยกว่าจำนวนทรีตเมนต์ แผนการทดลองดังกล่าวเรียกว่า แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มไม่สมบูรณ์ (Incomplete Block Design)

ข้อสมมติเบื้องต้น (Assumption) มีดังนี้

- 1) ข้อมูลของประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ
- 2) ความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มประชากรเท่ากัน
- 3) อิทธิพลของบล็อกและทรีตเมนต์เป็นไปในเชิงแบบบวก (Additive) หรือไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างบล็อกกับทรีตเมนต์ (No Interaction)

ตัวแบบเชิงเส้น (Linear Effects Model)

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad ; \quad i=1,2,\dots,r \quad ; \quad j=1,2,\dots,c \quad (1)$$

โดยที่ y_{ij} แทนค่าสังเกตจากทรีตเมนต์ที่ i และจากบล็อกที่ j
 μ แทนค่าเฉลี่ยรวม
 α_i แทนอิทธิพลของทรีตเมนต์ที่ i
 β_j แทนอิทธิพลของบล็อกที่ j
 ε_{ij} แทนความคลาดเคลื่อนสุ่ม

การวิเคราะห์ความแปรปรวน ใช้สำหรับทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย (Mean) ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป โดยกลุ่มตัวอย่างมีตัวแปรอิสระ 2 ตัว (ปัจจัยที่ต้องการศึกษา 2 ปัจจัย) เพื่อตรวจสอบว่าตัวแปรอิสระตัวใดส่งผลต่อตัวแปรตาม และส่งผลแตกต่างกันหรือไม่ สำหรับอิทธิพลของทรีตเมนต์ (ปัจจัย) จะมีทั้งอิทธิพลแบบคงที่ (Fixed effect) และอิทธิพลแบบสุ่ม (Random effect) ซึ่งจะต่างกันตรงการตั้งสมมติฐาน และการสรุปผลการวิเคราะห์

การทดสอบสมมติฐานสำหรับอิทธิพลแบบคงที่ (Fixed effect)

$$\text{เมื่อ } y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad ; \quad i=1,2,\dots,r \quad ; \quad j=1,2,\dots,c$$

$$\text{โดยที่ } \varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2) \text{ และ } y_{ij} \sim N(\mu + \alpha_i + \beta_j, \sigma^2)$$

- 1) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_r = 0$$

$$H_1 : \alpha_i \neq 0 ; \exists \alpha_i, i=1,2,\dots,r$$

- 2) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างบล็อก

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_c = 0$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0 ; \exists \beta_j, j=1,2,\dots,c$$

การทดสอบสมมติฐานสำหรับอิทธิพลแบบสุ่ม (Random effect)

$$\text{เมื่อ } y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad ; \quad i=1,2,\dots,r \quad ; \quad j=1,2,\dots,c$$

$$\text{โดยที่ } \alpha_i \sim N(0, \sigma_\alpha^2), \beta_j \sim N(0, \sigma_\beta^2), \varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2) \text{ และ}$$

$$y_{ij} \sim N(\mu, \sigma^2 + \sigma_\alpha^2 + \sigma_\beta^2)$$

- 1) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์

$$H_0 : \sigma_\alpha^2 = 0$$

$$H_1 : \sigma_\alpha^2 > 0$$

- 2) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างบล็อก

$$H_0 : \sigma_\beta^2 = 0$$

$$H_1 : \sigma_\beta^2 > 0$$

การวิเคราะห์ความแปรปรวนในกรณีที่อิทธิพลของทรีทเมนต์ และบล็อกเป็นแบบคงที่ทั้งคู่ หรือแบบสุ่มทั้งคู่ หรือแบบผสม (อิทธิพลของทรีทเมนต์เป็นแบบคงที่ แต่อิทธิพลของบล็อกเป็นแบบสุ่ม) การคำนวณค่าต่างๆ ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์จะไม่แตกต่างกัน เพียงแต่การตั้งสมมติฐานกับการสรุปผลการทดลองนั้นจะต้องสอดคล้องกับอิทธิพลของทรีทเมนต์ และบล็อกนั้น

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์

Solve of Variation (SOV)	d.f.	SS	MS	F
Treatment	$r - 1$	SS_{Trt}	$MS_{Trt} = \frac{SS_{Trt}}{r - 1}$	$F_1 = \frac{MS_{Trt}}{MS_E}$
Block	$c - 1$	SS_B	$MS_B = \frac{SS_B}{c - 1}$	$F_2 = \frac{MS_B}{MS_E}$
Error	$(r - 1)(c - 1)$	SS_E	$MS_E = \frac{SS_E}{(r - 1)(c - 1)}$	
Total	$rc - 1$	SS_T		

หมายเหตุ $SS_{Trt} = \sum_{i=1}^r \frac{y_{i.}^2}{c} - \frac{y_{..}^2}{N}$, $SS_B = \sum_{j=1}^c \frac{y_{.j}^2}{r} - \frac{y_{..}^2}{N}$, $SS_T = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c y_{ij}^2 - \frac{y_{..}^2}{N}$, และ $SS_E = SS_T - SS_{Trt} - SS_B$

การสรุปผลการทดสอบสมมติฐาน

การทดสอบสมมติฐานสำหรับค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์ (Treatment)

- 1) จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $F_1 = \frac{MS_{TRT}}{MS_E} > F_{\alpha, r-1, (r-1)(c-1)}$ (ค่าที่เปิดได้จากตาราง)
- 2) ไม่ปฏิเสธ H_0 ถ้า $F_1 = \frac{MS_{TRT}}{MS_E} < F_{\alpha, r-1, (r-1)(c-1)}$ (ค่าที่เปิดได้จากตาราง)

การทดสอบสมมติฐานสำหรับค่าเฉลี่ยระหว่างบล็อก (Block)

$$1) \text{ จะปฏิเสธ } H_0 \text{ ถ้า } F_2 = \frac{MS_B}{MS_E} > F_{\alpha, c-1, (r-1)(c-1)} \text{ (ค่าที่เปิดได้จากตาราง)}$$

$$2) \text{ ไม่ปฏิเสธ } H_0 \text{ ถ้า } F_2 = \frac{MS_B}{MS_E} < F_{\alpha, c-1, (r-1)(c-1)} \text{ (ค่าที่เปิดได้จากตาราง)}$$

จากผลสรุปการวิเคราะห์ความแปรปรวน ถ้าพบว่ามีค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ หรือบล็อกอย่างน้อย 1 คู่ที่ไม่เท่ากัน สามารถทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบคู่ (Multiple Comparison Test) เพื่อให้ทราบว่าค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์คู่ใดบ้างที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีหลายวิธีในการวิเคราะห์ และงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบคู่ ด้วยวิธีของ Scheffé

2.1.5 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบคู่ (Multiple Comparison Test)

เป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทีละคู่ว่ามีค่าเฉลี่ยคู่ใดบ้างที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี ในงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบคู่ ด้วยวิธีของ Scheffé (บุญอ้อม, 2549)

สมมติฐานสำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบคู่

$$H_0 : \mu_i = \mu_j \quad ; \quad i \neq j ; i, j = 1, 2, \dots, a$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu_j$$

วิธีของ Scheffé

$$S_\alpha = S_{\bar{d}} \sqrt{f_t F_{\alpha(f_t, f_e)}}$$

$$\text{เมื่อ } S_{\bar{d}} = \sqrt{MSE \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)} \text{ และ}$$

$F_{\alpha(f_t, f_e)}$ เป็นค่าที่เปิดได้จากตารางเอฟ ที่มีระดับนัยสำคัญเท่ากับ α มีค่า degree of freedom (องศาอิสระ) เป็น f_t และ f_e โดยที่ f_t เป็นองศาอิสระของทรีทเมนต์ (ปัจจัย) และ f_e เป็นองศาอิสระของความคลาดเคลื่อนสุ่ม

2.1.6 การวัดดัชนีคุณภาพน้ำทางกายภาพ (Physical Quality Parameter)

ความนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC) ค่าการนำไฟฟ้าเป็นการวัดความสามารถของน้ำที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน คุณสมบัตินี้จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและชนิดของไอออนที่มีอยู่ในแหล่งน้ำ ตลอดจนอุณหภูมิของน้ำที่มี ไอออนของสารต่างๆ ซึ่งสามารถนำไฟฟ้าได้ทั้งสิ้น นอกจากนี้ในสนามไฟฟ้า กระแสไอออนบวกจะเคลื่อนที่ไปยังอิเล็กโทรดขั้วลบ และไอออนลบจะเคลื่อนที่ไปยังอิเล็กโทรดของขั้วบวก โดยกรด ด่าง และเกลืออนินทรีย์ เช่น HCL, Na_2CO_3 และ NaCl จะมีความสามารถในการเป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดีเพราะแตกตัว ให้ไอออนบวกและลบ ในทางตรงกันข้าม สารอินทรีย์ เช่น ซูโครส

และเบนซินนั้นจะไม่แตกตัวในน้ำ จึงไม่สามารถนำไฟฟ้าได้ ซึ่งการนำไฟฟ้าไม่ได้เป็นค่าเฉพาะของไอออนตัวใดตัวหนึ่ง แต่เป็นค่ารวมของไอออน ที่เกิดจากการสลายหลายชนิด ค่านี้จึงไม่สามารถบอกให้ทราบถึงชนิดของสารที่ละลายอยู่ในแหล่งน้ำ แต่บอกได้เพียงการเพิ่มหรือลดลงของไอออนที่ละลายในน้ำเท่านั้น ดังนั้น ถ้าค่านำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น แสดงถึงสารที่แตกตัวได้ในน้ำมีปริมาณเพิ่มขึ้น หรือถ้าค่าการนำไฟฟ้าลดลง แสดงว่าสารที่แตกตัวได้ ในน้ำมีปริมาณลดลง เป็นต้น

หน่วยพื้นฐานที่ใช้วัดการนำไฟฟ้า คือ โมห์ (mho) หรือ ซีเมนส์ (siemens) ค่าการนำไฟฟ้าวัดเป็นไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร ($\mu\text{mho/cm}$) หรือ โมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ($\mu\text{s/cm}$) สำหรับค่าการนำไฟฟ้าการนำไฟฟ้าของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาตินั้น โดยทั่วไปมีค่ามาตรฐานอยู่ระหว่าง 150 – 300 $\mu\text{s/cm}$ แต่ในแหล่งน้ำบางแห่งอาจมีค่าสูงถึง 5,000 $\mu\text{s/cm}$ ซึ่งความแตกต่างของค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในแม่น้ำต่างๆ นั้นจะเป็นไปตามระยะทางตลอดจนอิทธิพลของสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำนั้น ๆ ได้แก่ ลักษณะทางเคมีของดิน สภาพภูมิประเทศ ลักษณะทางธรณีวิทยาของผืนดิน ปริมาณน้ำฝน กระบวนการทางชีวเคมีในแหล่งน้ำ และกิจกรรมของคนที่อยู่อาศัยอยู่ทั้งสองฝั่งน้ำ ตั้งแต่ต้นน้ำเรื่อยไปจนถึงท้ายน้ำ (มันสิน, 2545)

2.1.7 การวัดดัชนีคุณภาพน้ำทางเคมี (Chemical Quality Parameters)

1) ค่าพีเอช (pH) ความเป็นกรด – ด่างของน้ำ หรือค่า pH เป็นดัชนีที่แสดงให้ทราบว่าน้ำนั้นมีสมบัติเป็น กรดหรือด่าง โดยแสดงในรูปปริมาณความเข้มข้นของค่าไฮโดรเจนไอออนที่มีอยู่ในแหล่งน้ำ ระดับความ เป็นกรด – ด่าง (pH) ของน้ำจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 14 โดยที่ค่า pH = 7 แสดงถึงสภาพที่เป็นกลาง pH > 7 แสดงถึงสภาพที่เป็นด่าง และค่า pH < 7 แสดงถึงสภาพเป็นกรด นอกจากนี้ ค่า pH ของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติมีค่าระหว่าง 4 – 9 ซึ่งมีสภาพเป็นด่างเล็กน้อย เนื่องจากมีคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตละลายอยู่ในน้ำ หรืออาจเป็นผลมาจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของสาหร่ายหรือพืชน้ำค่อนข้างสูง จึงทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำลดลง แต่ปริมาณออกซิเจนกลับเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่อัตราการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำมีค่าสูง ทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายอยู่ในน้ำมีปริมาณมาก และออกซิเจนมีปริมาณน้อย ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด – ด่างลดลง นอกจากนี้ ค่า pH ยังทำหน้าที่ในการควบคุมระบบคาร์บอนไดออกไซด์ – คาร์บอเนต – ไบคาร์บอเนต กล่าวคือ ที่ค่า pH มี ค่าต่ำอยู่ระหว่าง 4 – 6 มักพบคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในรูปของกรดคาร์บอนิก และเมื่อค่า pH เพิ่มขึ้น ระหว่าง 7 – 10 กรดคาร์บอนิกจะแตกตัวมากขึ้น และหากค่า pH มีค่าสูงกว่า 10 คาร์บอนไดออกไซด์อาจอยู่ในรูปของคาร์บอเนตเท่านั้น ซึ่งจะทำให้เกิดตะกอนของเกลือแคลเซียมคาร์บอเนต (มันสิน, 2545)

2) ความเค็ม (Salinity) คือ การวัดปริมาณเกลือที่ละลายในน้ำ โดยปกติจะแสดงเป็นส่วนต่อพัน (ppt) หรือเปอร์เซ็นต์ (%) น้ำจืดจากแม่น้ำมีค่าความเค็ม 0.5ppt หรือน้อยกว่า บริเวณใกล้กับทะเลหรือปากแม่น้ำจะมีระดับความเค็มมากกว่า 30.0 ppt

3) ความขุ่น (Turbidity) คือ ความสามารถของน้ำที่สกัดกั้นหรือดูดซับปริมาณแสงที่ส่องผ่านไว้ได้ สิ่งที่ทำให้น้ำขุ่น ได้แก่ อินทรีย์และอนินทรีย์สารในน้ำ ตลอดจนสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ โดยปรากฏอยู่ใน

ลักษณะสารแขวนลอย เช่น อนุภาคของดิน ทราย แพลงก์ตอน แบคทีเรีย เป็นต้น โดยความขุ่นมีหน่วยเป็น NTU (Nephelometric Turbidity Units)

4) ของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solids: TDS) คือ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดซึ่งเป็นการวัดปริมาณการละลายของสารอนินทรีย์ และอินทรีย์ทั้งหมดที่อยู่ในของเหลวในรูปแบบแขวนลอยแบบโมเลกุล แตกตัวเป็นไอออน ค่า TDS แสดงในหน่วยส่วนในล้านส่วน (ppm) ความเข้มข้นของ TDS ในน้ำสามารถวัดได้โดยใช้เครื่องวัด TDS Meter

2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปวีณา และคณะ (2552) ทำการศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี ด้วยธูปฤๅษีในระบบดินสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช ซึ่งการบำบัดน้ำเสียขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการกำจัด BOD และ COD จากน้ำเสียของโรงฆ่าสัตว์ จึงออกแบบการทดลองให้บำบัดด้วยระบบดินน้ำขัง 5 วัน สลับแห้ง 2 วัน ร่วมกับธูปฤๅษี (*Typha angustifolia* Linn.) โดยปลูกในแปลงดิน จากนั้นนำน้ำเสียของโรงฆ่าสัตว์ที่ผ่านการบำบัดจากบ่อฝั่ที่ 1 และ 2 มาศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดในแปลงที่มีธูปฤๅษี และแปลงที่ไม่มีพืช ทั้งหมด 12 รอบ โดยใช้แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (RCBD) ผลการวิจัยนี้พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัด BOD, COD, ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ, ค่าการนำไฟฟ้า และของแข็งที่ละลายน้ำ น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจากบ่อฝั่ที่ 1 ในแปลงที่มีธูปฤๅษี คือ 73.18, 61.92, 82, 31.12 และ 50.23 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มีค่าสูงกว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจากบ่อฝั่ที่ 2 ในแปลงที่มีธูปฤๅษี คือ 61.65, 47.44, 7.05, 26.07 และ -2.12 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และแปลงที่มีธูปฤๅษีสามารถบำบัดได้ดีว่าแปลงที่ไม่มีธูปฤๅษี ดังนั้น จึงควรใช้ธูปฤๅษีร่วมกับการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากมีประสิทธิภาพการบำบัดดีที่สุด

ธาราทิพย์ (2552) ทำการศึกษาการแพร่กระจายของสารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพในสระว่ายน้ำ 3 แห่งในประเทศไทย คือสระว่ายน้ำโรงเรียนเซนต์คาเบรียล (สระว่ายน้ำกลางแจ้ง) สระว่ายน้ำมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา (สระว่ายน้ำกึ่งกลางแจ้งคือมีหลังคาแต่ไม่มีผนังด้านข้าง) และสระว่ายน้ำสโมสรทหารบก (สระว่ายน้ำในร่ม) ซึ่งทั้ง 3 สระนี้อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน และใช้น้ำดิบจากแหล่งเดียวกัน โดยทำการศึกษาทั้ง 3 ฤดู คือ ฤดูหนาว ฤดูฝน และฤดูร้อน ผลการทดลอง พบว่าความเข้มข้นของสารที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ในสระว่ายน้ำกึ่งในร่มมีค่าสูงสุด รองลงมาคือ สระว่ายน้ำกลางแจ้ง และสระว่ายน้ำในร่มตามลำดับ และพบว่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในฤดูร้อนมีค่าสูงสุด รองลงมาคือ ฤดูหนาว และฤดูฝนตามลำดับ

Boworsak (1992) ได้ทำการประยุกต์ใช้แบบจำลองคุณภาพน้ำในกลุ่มน้ำเจ้าพระยาพิจารณาการไหลเป็นแบบ 1 มิติ โดยใช้ค่าบีโอดี และออกซิเจนละลายน้ำเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง ซึ่งใช้ระเบียบวิธีผลต่างสืบเนื่องในการแก้ปัญหา ทำการแบ่งลำน้ำออกเป็น 33 ช่วงพิจารณาอัตราการไหลที่ 100 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ผลการศึกษาได้ทำนายคุณภาพของกลุ่มน้ำเจ้าพระยาในปี ค.ศ. 2000 ว่าคุณภาพน่าจะต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน โดยคิดเป็น 84 เปอร์เซ็นต์ของกลุ่มน้ำเจ้าพระยาที่ต้องบำบัด

Priya และคณะ (2016) ได้ทำการประเมินคุณภาพน้ำในแม่น้ำ Tambaraparani เมือง Kanyakumari ประเทศอินเดีย ซึ่งเป็นระบบนิเวศน้ำจืดที่สำคัญ และมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาที่ยั่งยืน การศึกษาคุณภาพน้ำเป็นสิ่งจำเป็นในการศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ทางเคมี – กายภาพ ของแม่น้ำดังกล่าวตามสถานีจำนวน 4 สถานี โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างฤดูกาล และสถานีที่เก็บตัวอย่าง ซึ่งผลการศึกษาปัจจุบันพบว่า ค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด ($134 \pm 10.5 \mu\text{s/cm}$) ถูกตรวจวัดที่สถานีที่ 4 และเมื่อพิจารณาถึงการละลายของของแข็งสูงสุด ($90 \pm 6.8 \text{ mg/l}$) ถูกตรวจวัดที่สถานีที่ 2 ซึ่งค่าพารามิเตอร์ทั้งสอง ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล แต่มีความแตกต่างกันในแต่ละสถานีตรวจวัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับการตรวจวัดค่า pH สูงสุด (7.51 ± 0.008) ถูกตรวจวัดที่สถานีที่ 2 และค่าพารามิเตอร์นี้ไม่มีความแตกต่างกันทั้งในแต่ละฤดูกาล และสถานีตรวจวัด การตรวจวัดค่าความต่าง ($32 \pm 2.4 \text{ mg/l}$) และความกระด้าง ($48 \pm 3.3 \text{ mg/l}$) พบว่าทั้งสองพารามิเตอร์มีค่าสูงสุดที่สถานีที่ 4 ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทั้งสองพารามิเตอร์ พบว่า มีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล และสถานีตรวจวัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ งานวิจัยนี้บ่งบอกได้ว่า การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสามารถให้ข้อสรุปในการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในแต่ละฤดูกาลได้



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าดัชนีชี้วัดที่ศึกษา

- 1) เครื่องวัดพีเอช (pH Meter)
- 2) เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Electroconductivity Meter)
- 3) เครื่องวัดความเค็ม (Salinity Meter)
- 4) เครื่องวัดความขุ่น (Turbidity Meter)
- 5) เครื่องวัดค่าของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solids Meter)

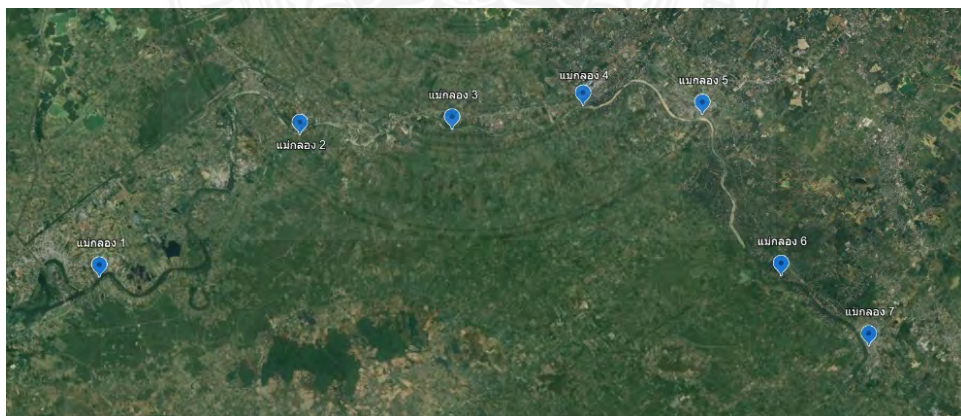
3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

- 1) โปรแกรม Microsoft Excel
- 2) โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย (Methodology)

งานวิจัยนี้มีการดำเนินการวิจัยดังนี้

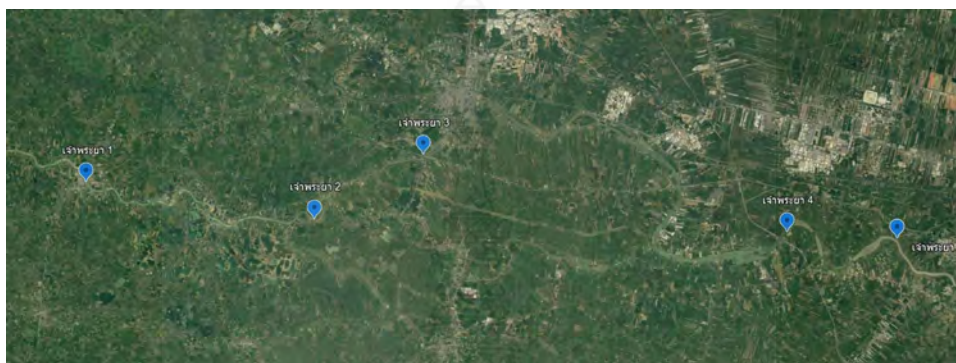
- 1) ศึกษาทฤษฎี และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของดัชนีคุณภาพน้ำทางกายภาพ และทางเคมี
- 2) กำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง) และแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา) ซึ่งแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก กำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 7 จุด แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 จุดเก็บตัวอย่างในแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง)

- จุดที่ 1 ต.วังศาลา อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี จุดที่ 5 เทศบาลเมือง อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี
 จุดที่ 2 ต.แสนตอ อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี จุดที่ 6 ต.คลองตากต อ.โพธาราม จ.ราชบุรี
 จุดที่ 3 ต.พงตึก อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี จุดที่ 7 หาดทรายโพธาราม อ.โพธาราม จ.ราชบุรี
 จุดที่ 4 ต.ท่าผา อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี

และแหล่งน้ำดิบผั่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา) กำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 5 จุด แสดงดังภาพที่ 4

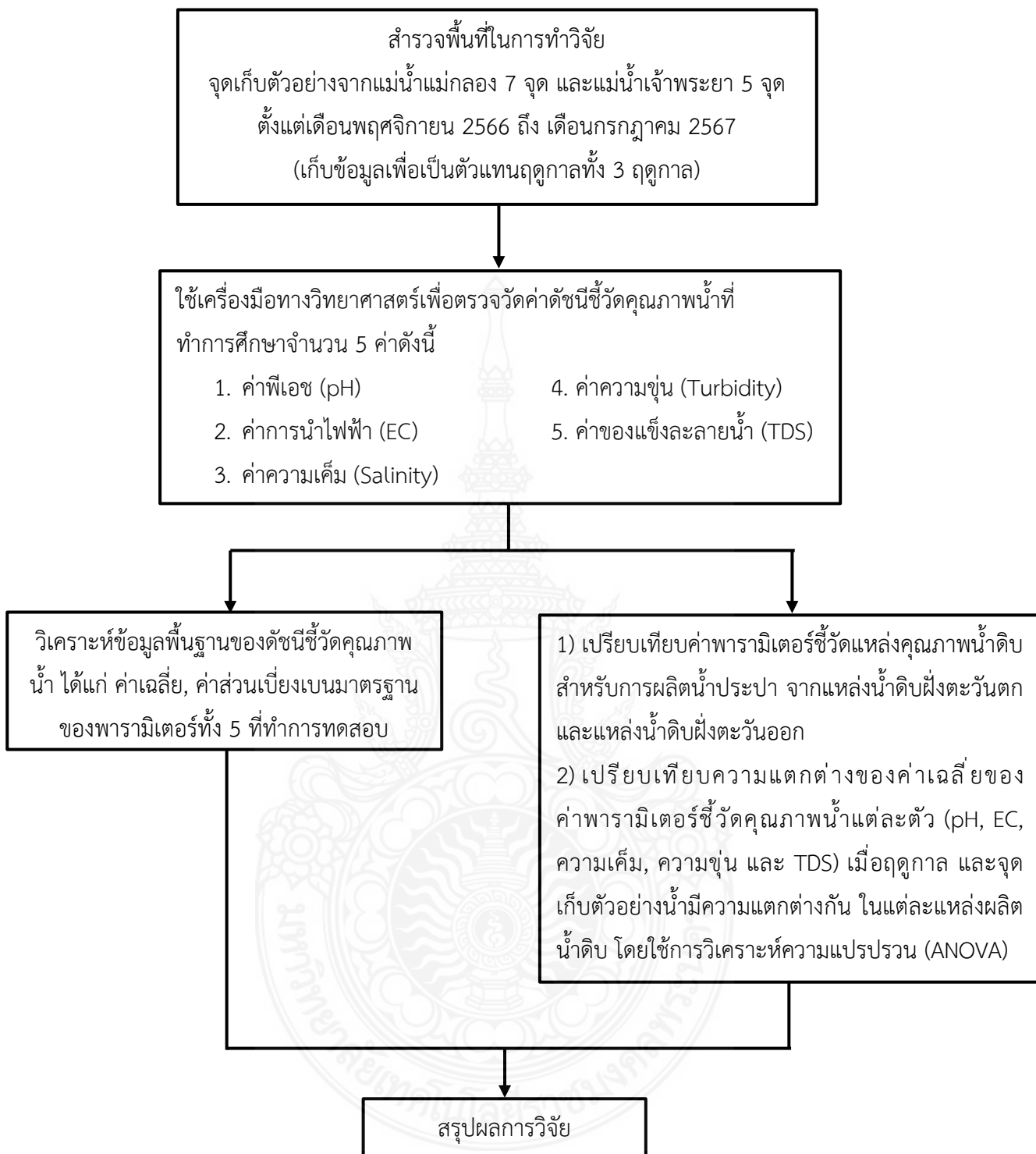


ภาพที่ 4 จุดเก็บตัวอย่างในแหล่งน้ำดิบผั่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา)

- จุดที่ 1 ต.บางแก้ว อ.เมืองอ่างทอง จ.อ่างทอง
 จุดที่ 2 ต.บางชะนี อ.บางบาล จ.พระนครศรีอยุธยา
 จุดที่ 3 ต.ภูเขาทอง อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา
 จุดที่ 4 ต.บางกระบือ อ.สามโคก จ.ปทุมธานี
 จุดที่ 5 ต.บ้านกระแซง อ.เมืองปทุมธานี จ.ปทุมธานี

3) วางแผนการดำเนินการทดลอง และออกแบบการทดลองโดยใช้แผนแบบการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ โดยเก็บตัวอย่างน้ำจากจุดเก็บตัวอย่าง เพื่อเป็นตัวแทนของทั้ง 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน

4) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ และเปรียบเทียบพารามิเตอร์แต่ละตัวที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำโดยใช้เทคนิคทางสถิติ ได้แก่ สถิติทดสอบ t-test เพื่อเป็นการเปรียบเทียบแหล่งคุณภาพน้ำดิบสำหรับการผลิตน้ำประปาจากแหล่งน้ำดิบผั่งตะวันตกและตะวันออก และใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) สำหรับทดสอบความแตกต่างฤดูกาล และจุดเก็บตัวอย่างน้ำ มีผลต่อคุณภาพน้ำดิบที่ใช้สำหรับการผลิตน้ำประปาในเขตภาคกลางหรือไม่ และการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ (Multiple Comparisons) ด้วยวิธีของ Scheffé ซึ่งสามารถสรุปเป็นแผนภาพขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

บทที่ 4

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์จากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก และฝั่งตะวันออกที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างฤดูกาล และจุดเก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละแหล่งผลิตที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำดิบสำหรับการผลิตน้ำประปา โดยเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง) จำนวน 7 จุด และแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา) จำนวน 5 จุด โดยเริ่มเก็บข้อมูลในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2566 ถึงเดือนกรกฎาคม 2567 ซึ่งครอบคลุม 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน สามารถประเมินคุณภาพน้ำดิบในการผลิตน้ำประปาตามการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา ได้แก่ ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ค่าพีเอช (pH) ความเค็ม (Salinity) ความขุ่น (Turbidity) และค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

- 1) การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าสูงสุด, ค่าต่ำสุด
- 2) การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่บ่งชี้คุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก และฝั่งตะวันออกที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา โดยใช้สถิติทดสอบ t-test
- 3) เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์แต่ละตัว เมื่อมีความแตกต่างระหว่างปัจจัย 2 ปัจจัย คือ ฤดูกาล และจุดเก็บตัวอย่างน้ำ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของค่าพารามิเตอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำ

1. การเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง) ช่วงฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน ดังแสดงในตารางที่ 2 - 4

ตารางที่ 2 ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง) ช่วงฤดูหนาว

พารามิเตอร์	แหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง)							ค่าเฉลี่ย	S.D.	Min	Max
	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	จุดที่ 7				
pH	7.62	7.43	7.81	7.32	7.73	7.64	7.48	7.58	0.17	7.32	7.81
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	180	156	178	186	178	167	195	177	12.63	156	195
ความเค็ม (g/l)	0.08	0.06	0.07	0.09	0.08	0.06	0.07	0.07	0.01	0.06	0.09
ความขุ่น (NTU)	12	14	13	17	19	12	16	15	2.69	12	19
TDS (mg/l)	120	143	170	180	175	130	165	155	23.61	120	180

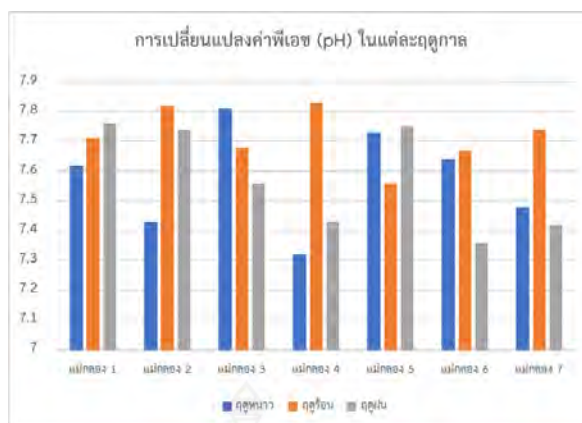
ตารางที่ 3 ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง) ช่วงฤดูร้อน

พารามิเตอร์	แหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง)							ค่าเฉลี่ย	S.D.	Min	Max
	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	จุดที่ 7				
pH	7.71	7.82	7.68	7.83	7.56	7.67	7.74	7.72	0.09	7.56	7.83
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	194	210	192	216	194	203	197	201	9.17	192	216
ความเค็ม (g/l)	0.07	0.08	0.06	0.09	0.08	0.09	0.07	0.08	0.01	0.06	0.09
ความขุ่น (NTU)	18	17	18	21	21	19	20	19	1.57	17	21
TDS (mg/l)	158	178	169	187	197	174	185	178	12.83	158	197

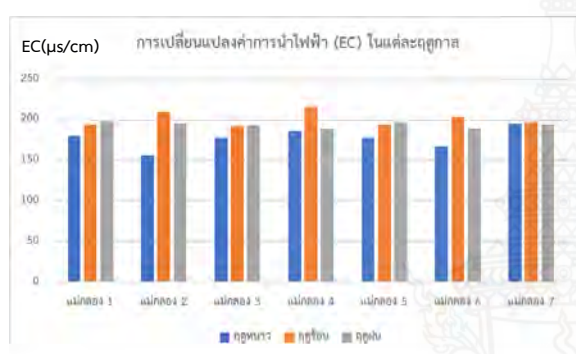
ตารางที่ 4 ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง) ช่วงฤดูฝน

พารามิเตอร์	แหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง)							ค่าเฉลี่ย	S.D.	Min	Max
	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	จุดที่ 7				
pH	7.76	7.74	7.56	7.43	7.75	7.36	7.42	7.57	0.17	7.36	7.76
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	198	196	193	188	197	189	194	194	3.87	188	198
ความเค็ม (g/l)	0.09	0.08	0.09	0.08	0.07	0.08	0.07	0.08	0.01	0.07	0.09
ความขุ่น (NTU)	18.5	17.8	18.8	18.2	17.1	19.2	22	19	1.57	17.10	22
TDS (mg/l)	142	130	160	158	147	167	159	152	12.80	130	167

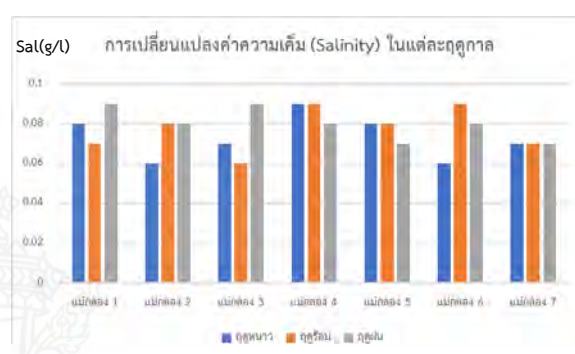
จากตารางที่ 2 - 4 แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง) เบื้องต้นเมื่อเปรียบเทียบในแต่ละฤดูกาล พบว่า ค่าพีเอช (pH) ฤดูร้อน มีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 7.72 แต่มีค่าใกล้เคียงกันในฤดูหนาวและฤดูฝน ค่าการนำไฟฟ้า (EC) มีค่าสูงที่สุดในฤดูร้อน และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 201 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ค่าความเค็ม (Salinity) ฤดูร้อนและฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน เท่ากับ 0.08 g/l และมีค่าน้อยที่สุดในฤดูฝน สำหรับค่าความขุ่น (Turbidity) ฤดูร้อน และฤดูฝนจะมีค่าเฉลี่ยของความขุ่นมากที่สุด เท่ากับ 19 NTU และจะมีค่าน้อยที่สุดในฤดูหนาว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 15 NTU ส่วนค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) ฤดูร้อนยังคงมีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือเท่ากับ 178 mg/l และมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันในฤดูหนาวและฤดูฝน ซึ่งสามารถพิจารณาภาพรวมของการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ ทั้ง 5 ค่าในแต่ละฤดูกาล ดังแสดงในภาพที่ 6



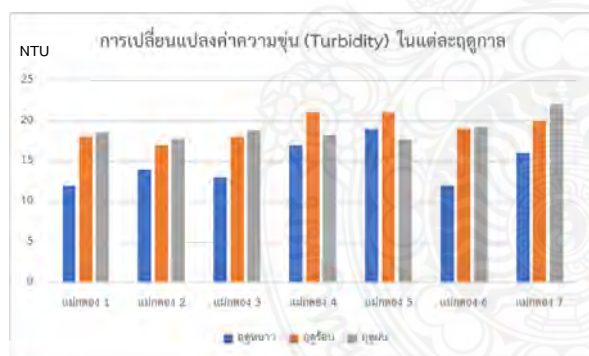
(ก) การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช (pH)



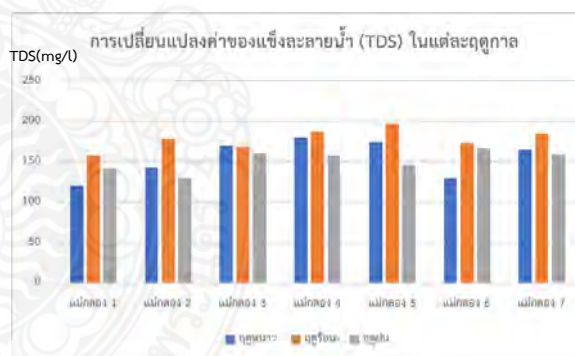
(ข) การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (EC)



(ค) การเปลี่ยนแปลงค่าความเค็ม (Salinity)



(ง) การเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่น (Turbidity)



(จ) การเปลี่ยนแปลงค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS)

ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ทั้ง 5 ค่าจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตกในฤดูกาลต่าง ๆ

2. การเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝิ่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา) ช่วงฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน ดังแสดงในตารางที่ 5 - 7

ตารางที่ 5 ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝิ่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา) ช่วงฤดูหนาว

พารามิเตอร์	แหล่งน้ำดิบฝิ่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา)					ค่าเฉลี่ย	S.D.	Min	Max
	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5				
pH	7.12	7.46	7.35	7.24	7.52	7.34	0.16	7.12	7.52
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	375	398	377	390	386	385	9.47	375	398
ความเค็ม (g/l)	0.12	0.14	0.11	0.13	0.12	0.12	0.01	0.11	0.14
ความขุ่น (NTU)	16	18	20	19	18	18	1.48	16	20
TDS (mg/l)	278	267	259	263	270	267	7.23	259	278

ตารางที่ 6 ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝิ่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา) ช่วงฤดูร้อน

พารามิเตอร์	แหล่งน้ำดิบฝิ่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา)					ค่าเฉลี่ย	S.D.	Min	Max
	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5				
pH	7.25	7.18	7.39	7.20	7.45	7.29	0.12	7.18	7.45
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	426	405	387	410	397	405	14.61	387	426
ความเค็ม (g/l)	0.17	0.16	0.18	0.15	0.17	0.17	0.01	0.15	0.18
ความขุ่น (NTU)	18	21	19	18	20	19	1.30	18	21
TDS (mg/l)	285	293	274	283	296	286	8.70	274	296

ตารางที่ 7 ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝิ่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา) ช่วงฤดูฝน

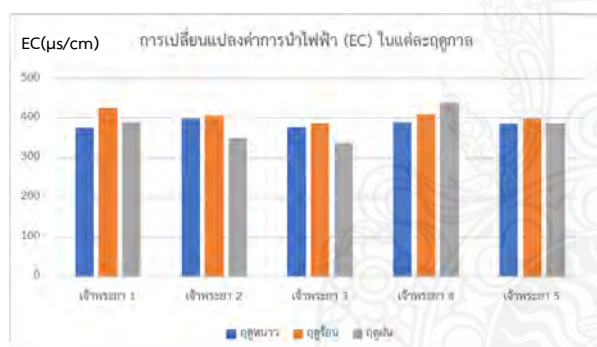
พารามิเตอร์	แหล่งน้ำดิบฝิ่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา)					ค่าเฉลี่ย	S.D.	Min	Max
	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5				
pH	7.38	7.45	7.25	7.47	7.10	7.33	0.15	7.10	7.47
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	390	349	338	437	388	380	39.17	338	437
ความเค็ม (g/l)	0.16	0.15	0.14	0.12	0.14	0.14	0.01	0.12	0.16
ความขุ่น (NTU)	20	19	22	20	23	21	1.64	19	23
TDS (mg/l)	275	310	287	276	298	289	14.92	275	310

จากตารางที่ 5 - 7 แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝิ่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา) เบื้องต้นเมื่อเปรียบเทียบในแต่ละฤดูกาล พบว่า ค่าพีเอช (pH) มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 7.34 ในฤดูหนาวและใกล้เคียงกับฤดูฝน และจะต่ำสุดในฤดูร้อน สำหรับค่าการนำไฟฟ้า (EC) มีค่าสูงที่สุดในฤดูร้อน และค่าเฉลี่ยเท่ากับ $405 \mu\text{S}/\text{cm}$ ค่าความเค็ม (Salinity) ฤดูร้อนมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ

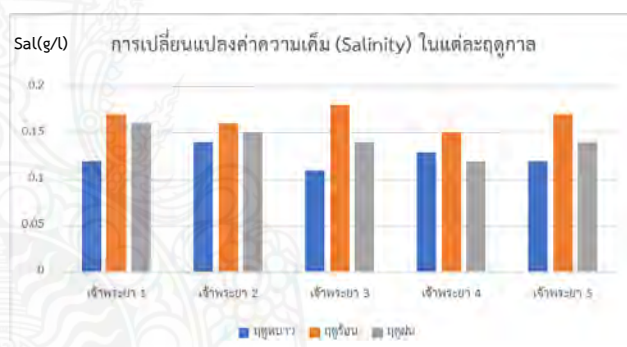
0.17 g/l รองลงมาเป็นฤดูฝน และฤดูหนาวตามลำดับ สำหรับค่าความขุ่น (Turbidity) ฤดูฝนจะมีค่าเฉลี่ยของความขุ่นมากที่สุด เท่ากับ 21 NTU และจะมีค่าน้อยที่สุดในฤดูหนาว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 18 NTU ส่วนค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) ฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือเท่ากับ 289 mg/l และมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับฤดูร้อน ซึ่งสามารถพิจารณาภาพรวมของการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ทั้ง 5 ค่า ในแต่ละฤดูกาล ดังแสดงในภาพที่ 7



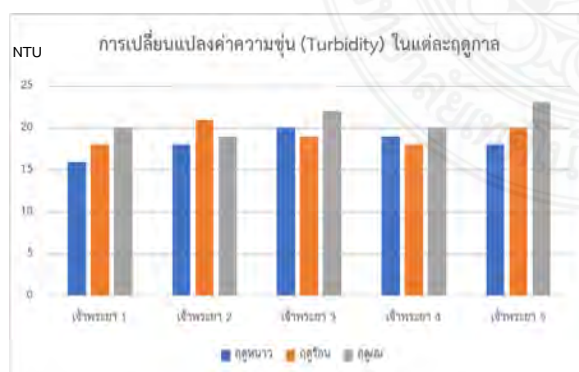
(ก) การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช (pH)



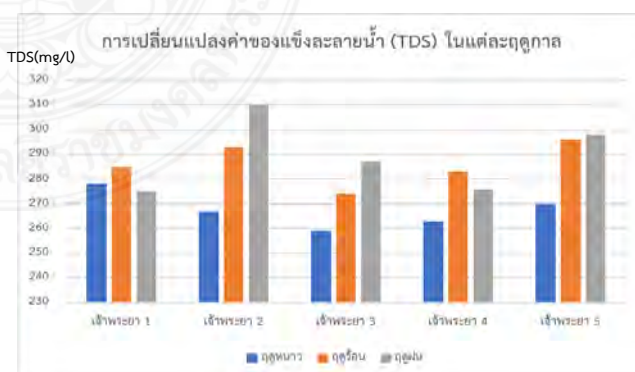
(ข) การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (EC)



(ค) การเปลี่ยนแปลงค่าความเค็ม (Salinity)



(ง) การเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่น (Turbidity)



(จ) การเปลี่ยนแปลงค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS)

ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ทั้ง 5 ค่าจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออกในฤดูกาลต่าง ๆ

4.2 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำโดยใช้วิธีการทางสถิติ

4.2.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่บ่งชี้คุณภาพน้ำดิบ ได้แก่ ค่าพีเอช (pH) การนำไฟฟ้า (EC) ความเค็ม (Salinity) ความขุ่น (Turbidity) และค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) จากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก และฝั่งตะวันออกที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา โดยใช้สถิติทดสอบ t-test ซึ่งจำแนกเป็น ฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 8 - 10

ตารางที่ 8 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่บ่งชี้คุณภาพน้ำดิบ จากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก และแหล่งน้ำดิบตะวันออก ในฤดูหนาว

พารามิเตอร์	Independent Samples Test								
	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
pH	.110	.747	2.401	10	.037*	.23771	.09900	.01713	.45830
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	.150	.707	-30.978	10	.000*	-208.057	6.716	-223.022	-193.092
ความเค็ม (g/l)	.003	.957	-7.772	10	.000*	-.05114	.00658	-.06580	-.03648
ความขุ่น (NTU)	3.668	.084	-2.605	10	.026*	-3.48571	1.33817	-6.46734	-.50409
TDS (mg/l)	12.673	.005	-11.874	7.486	.000*	-112.686	9.490	-134.834	-90.537

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 9 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่บ่งชี้คุณภาพน้ำดิบ จากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก และแหล่งน้ำดิบตะวันออก ในฤดูร้อน

พารามิเตอร์	Independent Samples Test								
	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
pH	1.152	.308	6.883	10	.000*	.42171	.06127	.28520	.55823
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	.565	.470	-29.908	10	.000*	-204.143	6.826	-219.351	-188.934
ความเค็ม (g/l)	.003	.957	-13.504	10	.000*	-.08886	.00658	-.10352	-.07420
ความขุ่น (NTU)	.480	.504	-.066	10	.948	-.05714	.86170	-1.97713	1.86285
TDS (mg/l)	.701	.422	-16.225	10	.000*	-107.914	6.651	-122.734	-93.095

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 10 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่บ่งชี้คุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก และแหล่งน้ำดิบตะวันออก ในฤดูฝน

พารามิเตอร์	Independent Samples Test								
	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
pH	.473	.507	2.496	10	.032*	.24429	.09787	.02622	.46235
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	11.317	.007	-10.628	4.056	.000*	-186.829	17.578	-235.370	-138.287
ความเค็ม (g/l)	1.254	.289	-9.359	10	.000*	-.06200	.00662	-.07676	-.04724
ความขุ่น (NTU)	.361	.562	-2.137	10	.058	-2.00000	.93577	-4.08502	.08502
TDS (mg/l)	.138	.718	-17.136	10	.000*	-137.343	8.015	-155.201	-119.484

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 8 แสดงให้เห็นว่า การเปรียบเทียบพารามิเตอร์ที่บ่งชี้คุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก และแหล่งน้ำดิบตะวันออก พบว่า ในฤดูหนาวพารามิเตอร์ทั้ง 5 ค่าที่ทำการศึกษามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สำหรับในฤดูร้อน และฤดูฝน พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา ได้แก่ ค่าพีเอช (pH) การนำไฟฟ้า (EC) ความเค็ม (Salinity) และค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) จากแหล่งน้ำดิบทั้ง 2 แหล่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ยกเว้นความขุ่น (Turbidity) ไม่มีความแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 9 และตารางที่ 10

4.2.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก และแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก ซึ่งพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์แต่ละตัว ได้แก่ ค่าพีเอช (pH) การนำไฟฟ้า (EC) ความเค็ม (Salinity) ความขุ่น (Turbidity) และค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) เมื่อมีความแตกต่างระหว่างปัจจัย 2 ปัจจัย คือ ฤดูกาล และจุดเก็บตัวอย่างน้ำ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way Analysis of Variance) และแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ โดยกำหนดให้ จุดเก็บน้ำตัวอย่างเป็นบล็อก ถ้ามีความแตกต่างระหว่างฤดูกาล หรือจุดเก็บตัวอย่างน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในพารามิเตอร์ใดก็ตาม สามารถใช้วิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ด้วยวิธีของ Scheffé เพื่อทำการศึกษาคูใด ฤดูกาลคูใด หรือจุดเก็บตัวอย่างน้ำคูใด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ความแปรปรวนนั้น เป็นค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ชี้วัดคุณภาพน้ำที่สนใจศึกษาทั้ง 5 ค่า ได้แก่ ค่าพีเอช (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ความเค็ม (Salinity) ความขุ่น (Turbidity) และค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) ที่แบ่งตามช่วงของฤดูกาลต่าง ๆ ข้อมูลดังกล่าวแสดงในตารางที่ 2 - 7

ผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า แหล่งน้ำดิบทั้ง 2 แหล่ง ได้แก่ แหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก และแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ทั้ง 5 ตัวที่ทำการศึกษา แต่ความแตกต่างระหว่างฤดูกาลมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์บางตัว ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธีของ Scheffé ผลแสดงดังตารางที่ 11 และตารางที่ 12

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์แต่ละฤดูกาล ในแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง)

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			F	P-value
	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน		
pH	7.58±0.17	7.72±0.09	7.57±0.17	1.76	0.215
EC (µS/cm)	177.14±12.63 ^a	200.86±9.17 ^b	193.57±3.87 ^b	9.85	0.003*
ความเค็ม (g/l)	0.07±0.01	0.08±0.01	0.080±0.01	0.80	0.471
ความขุ่น (NTU)	14.71±2.69 ^a	19.14±1.57 ^b	18.89±1.47 ^b	15.41	0.000*
TDS (mg/l)	154.71±23.61 ^a	178.29±12.83 ^b	151.86±12.80 ^a	7.76	0.007*

หมายเหตุ a, b เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธีของ Scheffé ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 11 เป็นผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์แต่ละฤดูกาล ในแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง) สรุปได้ว่า ความแตกต่างระหว่างฤดูกาลจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าการนำไฟฟ้า (EC) ที่แตกต่างกัน ($F = 9.85$; $p < 0.05$) รวมทั้งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความขุ่นที่แตกต่างกันด้วย ($F = 15.41$; $p < 0.05$) เมื่อทำการทดสอบรายคู่โดยวิธีของ Scheffé จะเห็นว่า ฤดูหนาว จะมีค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (EC) และค่าความขุ่น (Turbidity) แตกต่างกับฤดูร้อน และฤดูฝน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยฤดูร้อน และฤดูฝน จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าการนำไฟฟ้า (EC) และค่าความขุ่น (Turbidity) ไม่แตกต่างกัน แต่จะมากกว่าการเปลี่ยนแปลงในฤดูหนาว นอกจากนี้ความแตกต่างระหว่างฤดูกาลจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) ที่แตกต่างกัน ($F = 7.76$; $p < 0.05$) และเมื่อทำการทดสอบรายคู่โดยวิธีของ Scheffé จะเห็นว่า ฤดูร้อน จะมีค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) แตกต่างกับฤดูหนาว และฤดูฝน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยฤดูร้อนจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) มากที่สุด สำหรับฤดูหนาว และฤดูฝน จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์แต่ละฤดูกาล ในแหล่งน้ำดิบ ฝั่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา)

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			F	P-value
	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน		
pH	7.34±0.16	7.29±0.12	7.33±0.15	0.09	0.911
EC (µS/cm)	385.20±9.47	405±14.61	380.4±39.17	1.68	0.247
ความเค็ม (g/l)	0.12±0.11 ^a	0.17±0.11 ^b	0.14±0.15 ^{a,b}	13.06	0.003*
ความขุ่น (NTU)	18.2±1.48 ^a	19.2±1.30 ^{a,b}	20.8±1.64 ^b	4.65	0.046*
TDS (mg/l)	267.4±7.32 ^a	286.2±8.70 ^b	289.2±14.93 ^b	8.20	0.012*

หมายเหตุ a, b เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายฤดูด้วยวิธีของ Scheffé ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 12 เป็นผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์แต่ละฤดูกาล ในแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา) สรุปได้ว่า ความแตกต่างระหว่างฤดูกาลจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเค็มที่แตกต่างกัน ($F = 13.06$; $p < 0.05$) เมื่อทำการทดสอบรายคู่โดยวิธีของ Scheffé จะเห็นว่า ฤดูหนาว จะมีค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงค่าความเค็ม (Salinity) แตกต่างกับ ฤดูร้อน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่จะไม่แตกต่างกันกับฤดูฝน และฤดูร้อน จะมีค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงค่าความเค็ม (Salinity) ต่างกับฤดูหนาว แต่จะไม่แตกต่างกันกับฤดูฝน นอกจากนี้ความแตกต่างระหว่างฤดูกาลจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่น (Turbidity) ที่แตกต่างกัน ($F = 4.65$; $p < 0.05$) เมื่อทำการทดสอบรายคู่โดยวิธีของ Scheffé จะเห็นว่า ฤดูหนาว จะมีค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่น (Turbidity) แตกต่างกับฤดูฝน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่จะไม่แตกต่างกันกับฤดูร้อน และฤดูฝนจะมีค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่น (Turbidity) ต่างกับฤดูหนาว แต่จะไม่แตกต่างกันกับฤดูร้อน ส่วนค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) ความแตกต่างระหว่างฤดูกาลจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) ที่แตกต่างกัน ($F = 8.20$; $p < 0.05$) และเมื่อทำการทดสอบรายคู่โดยวิธีของ Scheffé จะเห็นว่า ฤดูหนาว จะมีค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) แตกต่างกับฤดูร้อน และฤดูฝน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยฤดูหนาวจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) น้อยที่สุด สำหรับฤดูหนาว และ ฤดูฝน จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) ไม่แตกต่างกัน

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ทั้ง 5 พารามิเตอร์ ได้แก่ ค่าพีเอช (pH) การนำไฟฟ้า (EC) ความเค็ม (Salinity) ความขุ่น (Turbidity) และค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) เมื่อทำการเปรียบเทียบเมื่อฤดูกาลแตกต่างกัน การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นจากแหล่งน้ำดิบทั้ง 2 แหล่ง ได้แก่ แหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง) และแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา) ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

แหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง) ใช้ค่าเฉลี่ยของจุดเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 7 จุดในแต่ละฤดูกาล สรุปได้ว่า ฤดูร้อนมีค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำสูงที่สุดทั้ง 5 พารามิเตอร์ เมื่อเทียบกับฤดูหนาว และฤดูฝน สำหรับแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา) ใช้ค่าเฉลี่ยของจุดเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 5 จุดในแต่ละฤดูกาล สรุปได้ว่า ค่า pH จะมีค่าสูงที่สุดในฤดูหนาว ค่าการนำไฟฟ้า (EC) และค่าความเค็มจะมีค่าสูงสุดในฤดูร้อน และฤดูฝนจะมีค่าเฉลี่ยของค่าความขุ่น และค่าของแข็งละลายน้ำสูงที่สุด

การเปรียบเทียบพารามิเตอร์ที่บ่งชี้คุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก และแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก โดยใช้สถิติทดสอบ t-test พบว่า ในฤดูหนาวพารามิเตอร์ทั้ง 5 ค่าที่ทำการศึกษา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สำหรับในฤดูร้อน และฤดูฝน พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา ได้แก่ ค่าพีเอช (pH) การนำไฟฟ้า (EC) ความเค็ม (Salinity) และค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) จากแหล่งน้ำดิบทั้ง 2 แหล่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ยกเว้นความขุ่น (Turbidity) ไม่มีความแตกต่างกัน

ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง) และแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา) โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนภายใต้แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ เพื่อวิเคราะห์ว่า ความแตกต่างระหว่างฤดูกาล และตำแหน่งของจุดเก็บตัวอย่างน้ำส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยจากทั้ง 5 พารามิเตอร์ที่สนใจศึกษา แตกต่างกันหรือไม่ พบว่า ความแตกต่างระหว่างตำแหน่งของจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่แตกต่างกันของแหล่งน้ำดิบทั้ง 2 แหล่งนั้น ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำดิบ ซึ่งในการศึกษาครั้งต่อไปอาจใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design : CRD) แทน และสำหรับความแตกต่างระหว่างฤดูกาล มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำดิบในพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งมีผลการวิเคราะห์แยกตามแหล่งน้ำดิบ ดังนี้

แหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง) จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในแต่ละฤดูกาล พบว่า ความแตกต่างระหว่างฤดูกาลจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าการนำไฟฟ้า (EC) ค่าความขุ่น และค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) ที่แตกต่างกัน เมื่อทำการทดสอบรายคู่โดยวิธีของ Scheffé จะเห็นว่า ฤดูหนาว จะมีค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (EC) และค่าความขุ่น แตกต่างกับฤดูร้อน และฤดูฝน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยฤดูร้อน และฤดูฝน

จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าการนำไฟฟ้า (EC) และค่าความขุ่น ไม่แตกต่างกัน แต่จะมากกว่าการเปลี่ยนแปลงในฤดูหนาว สำหรับค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) ที่แตกต่างกัน จะเห็นว่า ฤดูร้อนจะมีค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) แตกต่างกับฤดูหนาว และฤดูฝน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยฤดูร้อนจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) มากที่สุด สำหรับฤดูหนาว และฤดูฝน จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) ไม่แตกต่างกัน

แหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา) จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในแต่ละฤดูกาล พบว่า ความแตกต่างระหว่างฤดูกาลจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเค็ม ค่าความขุ่น และค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) ที่แตกต่างกัน และเมื่อทำการทดสอบรายคู่โดยวิธีของ Scheffé ของการเปลี่ยนแปลงค่าความเค็ม จะเห็นว่า ฤดูหนาวจะมีค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกับฤดูร้อน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่จะไม่แตกต่างกับฤดูฝน และฤดูร้อนจะมีค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงต่างกับฤดูหนาว แต่จะไม่แตกต่างกับฤดูฝน สำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่าความขุ่นที่แตกต่างกัน เมื่อทำการทดสอบรายคู่โดยวิธีของ Scheffé จะเห็นว่า ฤดูหนาวจะมีค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกับฤดูฝน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่จะไม่แตกต่างกับฤดูร้อน และฤดูฝนจะมีค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงต่างกับฤดูหนาว แต่จะไม่แตกต่างกับฤดูร้อน และการเปลี่ยนแปลงของค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) ที่แตกต่างกัน เมื่อทำการทดสอบรายคู่โดยวิธีของ Scheffé จะเห็นว่า ฤดูหนาวจะมีค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกับฤดูร้อน และฤดูฝน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยฤดูหนาวจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) น้อยที่สุด สำหรับฤดูหนาว และฤดูฝน จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) ไม่แตกต่างกัน ซึ่งวิธีทางสถิติดังกล่าวเป็นผลแสดงให้เห็นว่า การวิเคราะห์ประเมินคุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง) และแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา) นั้น สามารถนำข้อมูลมาใช้ประโยชน์เป็นแนวทางประกอบการพิจารณาในกระบวนการเดินระบบผลิตน้ำประปาของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ และการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เป็นประโยชน์ในการพิจารณาช่วงฤดูกาลที่จะผลิตน้ำประปาซึ่งส่งผลต่อคุณภาพน้ำดิบ นอกจากนี้การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสารปนเปื้อนในน้ำดิบนั้น สามารถบ่งบอกถึงคุณภาพน้ำที่ส่งผลต่อสุขภาพของประชาชน และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจะได้ดำเนินการเตรียมความพร้อมวางแผนหาแนวทางป้องกันสถานการณ์ล่วงหน้าได้

5.2 อภิปรายผล

คุณภาพน้ำสำหรับการผลิตน้ำประปาจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง) และแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา) ในแต่ละฤดูกาลมีการเปลี่ยนแปลงไม่เหมือนกัน โดยคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำฝั่งตะวันตก ฤดูร้อนจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าการนำไฟฟ้า ความขุ่น และค่าของแข็งละลายน้ำ มากกว่าฤดูอื่น ดังนั้น การผลิตน้ำประปาในช่วงฤดูร้อน อาจจะต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ อีกทั้งในช่วงฤดูร้อนเป็นช่วงที่มีโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร เช่น โรคท้องร่วง หรืออาหารเป็นพิษ ซึ่งเกิดจากแบคทีเรีย ไวรัส ที่เจริญเติบโตได้รวดเร็ว เป็นต้น การผลิตน้ำประปา จึงมีการเพิ่มปริมาณคลอรีน

ในระบบผลิตและจ่ายน้ำประปามากขึ้นจากปกติเล็กน้อย แต่จะไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน สำหรับในแหล่งน้ำฝั่งตะวันตก (แม่น้ำเจ้าพระยา) ฤดูร้อนจะส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงของค่า pH มากที่สุด ในส่วนของฤดูหนาวที่มีค่าความขุ่นสูง ก่อนที่จ่ายน้ำประปาควรมีการกรองโดยใช้ทรายหยาบและทรายละเอียด เพื่อการกรองตะกอนขนาดเล็กในน้ำ ให้มีความใสสะอาดมากขึ้น ซึ่งในขั้นตอนนี้น้ำที่ผ่านการกรองจะมีความใสมากแต่อาจจะมีค่าความขุ่นอยู่เล็กน้อย เพื่อให้การกรองมีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงควรมีการล้างทรายกรองอยู่อย่างสม่ำเสมอ

จากงานวิจัยนี้ คุณภาพน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก และแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออกสำหรับใช้ในการผลิตน้ำประปา การเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ส่วนใหญ่ที่ทำการศึกษานั้นยังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของการผลิตน้ำประปาทั้ง 2 แหล่ง ได้แก่ ค่า pH อยู่ในช่วงระหว่าง 6.5 – 8.5 และค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) ซึ่งมีค่าไม่เกิน 600 mg/l (อ้างอิงจาก: มาตรฐานน้ำประปาของการประปาส่งภูมิภาค) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ไม่เกิน 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ และค่าความเค็ม ไม่เกิน 0.25 g/l (อ้างอิงจาก: เกณฑ์สำหรับการผลิตน้ำประปาของการประปานครหลวง) แต่สำหรับค่าความขุ่นจากการเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำดิบทั้ง 2 แหล่ง พบว่า มีค่าเกินกว่ามาตรฐานการผลิตน้ำประปาที่กำหนดค่ามาตรฐานไว้ไม่เกิน 5 NTU ดังนั้น เพื่อให้การผลิตน้ำประปาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงควรมีแนวทางในการหามาตรการลดค่าความขุ่นเพื่อให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานก่อน ที่จะนำน้ำเข้าระบบการผลิตน้ำประปาหรือก่อนที่จะจ่ายน้ำไปยังครัวเรือนของประชาชนทั่วไป และจากการใช้เทคนิควิธีการในการตรวจวัดคุณภาพน้ำนี้ นอกจากจะทำให้ได้ชุดข้อมูล ที่สามารถนำมาประเมินสถานการณ์คุณภาพน้ำของแหล่งน้ำดิบสำหรับการผลิตน้ำประปาแล้ว การนำเครื่องมือและหลักการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนเข้ามาร่วมในงานวิจัยครั้งนี้ จะทำให้การแปลผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำที่ทำการศึกษามีความแม่นยำและน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น ซึ่งช่วยสะท้อนสถานการณ์คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำดิบทั้ง 2 แหล่งได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในที่นี้ผู้วิจัยเสนอแนวทางสำหรับผู้ทำการศึกษาวิจัยในอนาคต

1. ศึกษาพารามิเตอร์ชี้วัดคุณภาพน้ำตัวอื่น ๆ เช่น ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD) ค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids, SS) และค่าปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (Total Coliform bacteria, TCB) เป็นต้น
2. เก็บข้อมูลให้ละเอียดมากขึ้น และนอกจากจะศึกษาอิทธิพลของปัจจัยหลักแล้ว ควรมีการศึกษาอิทธิพลร่วมที่เกิดขึ้นระหว่างปัจจัย โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนภายใต้แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial design)

บรรณานุกรม

- ธราทิพย์ รอดวินิจ. 2552. การแพร่กระจายของสารไตรฮาโลมีเทนในสระว่ายน้ำที่ฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน [วิทยานิพนธ์]. มหาวิทยาลัยศิลปากร. DOI: https://doi.nrct.go.th/ListDoi/listDetail?Resolve_DOI=10.14457/SU.the.2009.488
- บุญอ้อม โนมที. 2549. สถิติการวางแผนการทดลอง: ทฤษฎีและการวิเคราะห์ด้วย SAS. ภาควิชาสถิติ, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปวีณา สังข์ศรีอินทร์, วัลลภ อาธิรบ และนิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์. 2552. การบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี ด้วยรูปฤๅษีในระบบดินสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช. ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47: สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. วันที่ 17 - 20 มี.ค. 2552, กรุงเทพฯ. หน้า 335-341.
- ปราโมทย์ เขียวชาญ. 2566. ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ (WATER TREATMENT PLANT), สืบค้นเมื่อวันที่ 11 กรกฎาคม 2566. จาก https://www.stou.ac.th/Schools/Shs/booklet/1_2551/Enronment.htm
- ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2560. หลักสถิติ. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ.พรินติ้ง.
- มันสิน ตันกุลเวศน์. 2545. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Boworsak, W. 1992. Water Quality Analysis for a Basin – wide Planning. M.Eng. Thesis, Asian Institute of Technology.
- Montgomery, D.C. 2013. Design and Analysis of Experiments. 8th edition. John Wiley & Sons, New York.
- Priya, S, S. Sam Manohar Das and K. Vareethiah. “Analysis of Water Quality in Selected Stations along River, Tambaraparani Kanyakumari District, Tamilnadu, India”. IJSET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, vol. 3 Issue 8, pp. 319 – 323, Aug. 2016.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
การสำรวจข้อมูลภาคสนาม



การวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง) และแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา) โดยมีการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละแหล่งน้ำดังนี้

แหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (แม่น้ำแม่กลอง) กำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำ 7 จุด ดังแสดงในภาพผนวกที่ 1 - 7



ภาพผนวกที่ 1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำแม่กลอง 1 บริเวณ ต.วังศาลา อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี



ภาพผนวกที่ 2 จุดเก็บตัวอย่างน้ำแม่กลอง 2 บริเวณ ต.แสนตอ อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี



ภาพผนวกที่ 3 จุดเก็บตัวอย่างน้ำแม่กลอง 3 บริเวณ ต.พงตึก อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี



ภาพผนวกที่ 4 จุดเก็บตัวอย่างน้ำแม่กลอง 4 บริเวณ ต.ท่าผา อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี



ภาพผนวกที่ 5 จุดเก็บตัวอย่างน้ำแม่กลอง 5 บริเวณเทศบาลเมือง อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี



ภาพผนวกที่ 6 จุดเก็บตัวอย่างน้ำแม่กลอง 6 บริเวณ ต.คลองตากต อ.โพธาราม จ.ราชบุรี



ภาพผนวกที่ 7 จุดเก็บตัวอย่างน้ำแม่กลอง 7 บริเวณหาดทรายโพธาราม อ.โพธาราม จ.ราชบุรี

แหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา) กำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำ 5 จุด ดังแสดงในภาพผนวกที่ 9 - 12



ภาพผนวกที่ 8 จุดเก็บตัวอย่างน้ำเจ้าพระยา 1 บริเวณ ต.บางแก้ว อ.เมืองอ่างทอง จ.อ่างทอง



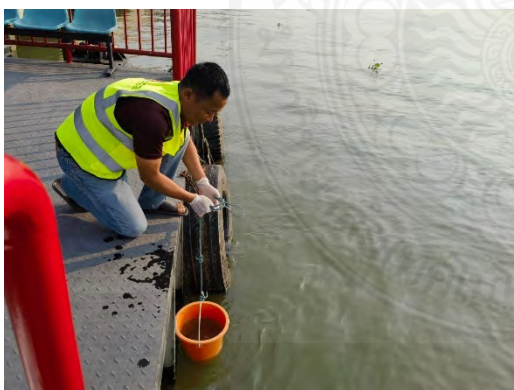
ภาพผนวกที่ 9 จุดเก็บตัวอย่างน้ำเจ้าพระยา 2 บริเวณ ต.บางชะนี อ.บางบาล จ.พระนครศรีอยุธยา



ภาพผนวกที่ 10 จุดเก็บตัวอย่างน้ำเจ้าพระยา 3 บริเวณ ต.ภูเขาทอง อ.พระนครศรีอยุธยา
จ.พระนครศรีอยุธยา



ภาพผนวกที่ 11 จุดเก็บตัวอย่างน้ำเจ้าพระยา 4 บริเวณ ต.บางกระบือ อ.สามโคก จ.ปทุมธานี



ภาพผนวกที่ 12 จุดเก็บตัวอย่างน้ำเจ้าพระยา 5 บริเวณ ต.บ้านกระแซง อ.เมืองปทุมธานี จ.ปทุมธานี

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำในห้องปฏิบัติการ



เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ

1) เครื่องวัดพีเอช (pH meter)



2) เครื่องวัดความเค็ม (Salinity Meter)



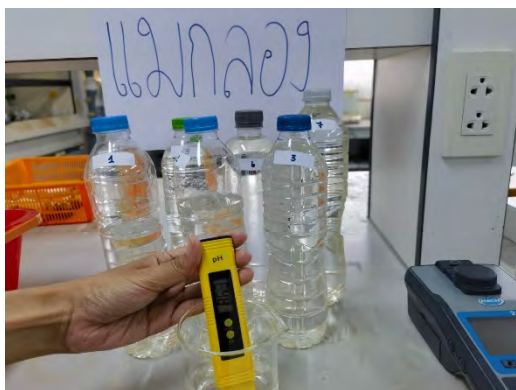
3) เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Electroconductivity meter) และเครื่องวัดค่าของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solids Meter)



4) เครื่องวัดความขุ่น (Turbidity Meter)



การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำในห้องปฏิบัติการ



- การศึกษาลักษณะความเป็นพลเมืองดีของนักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ผู้ร่วมวิจัย)
- การวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองภูมิอากาศโลกในการพยากรณ์การเกิดมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือด้วยเลขชี้กำลังไลยาปูนอฟซูพรีมัม (ผู้ร่วมวิจัย)
- การพัฒนาเงื่อนไขขอบเขตของแบบจำลองน้ำตื้นเพื่อขยายการทำนายมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ผู้ร่วมวิจัย)
- การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนบริเวณประเทศไทยภายใต้ภาวะโลกร้อนโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม (ผู้ร่วมวิจัย)

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ :

- การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำดิบสำหรับการผลิตน้ำประปาในเขตภาคกลาง โดยใช้แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์



ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวสุนิสา สายอุปราช
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Sunisa Saiuparad
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน
3. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
เลขที่ 1381 ถ.ประชาราษฎร์ แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
โทรศัพท์: 02-8363000 ต่อ 4193
โทรสาร: 02-8363000 ต่อ 4193
E-mail: sunisa.sa@rmutp.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

- 2554 ปริญญาตรีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- 2550 ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต (คอ.ม.) สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- 2548 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาคณิตศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

สาขาวิชา Mathematical Model

สาขาวิชา Meteorological

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : -

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย :

- การวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองภูมิอากาศโลกในการพยากรณ์การเกิดมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือด้วยเลขชี้กำลังไลยาปูนอฟซูพรีมัม

- การพัฒนาระบบให้คำปรึกษาด้านงานประกันคุณภาพการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

- การพัฒนาเงื่อนไขขอบเขตของแบบจำลองน้ำขึ้นเพื่อขยายการทำนายมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

- แบบรูปของฝนในประเทศไทยอันเนื่องมาจากอิทธิพลของพายุหมุนเขตร้อน

- การพัฒนาตัวแบบวัดการพยากรณ์มรสุมฤดูหนาวในประเทศไทย

- การพัฒนาเลขชี้กำลังไลยาปูนอฟมากที่สุดในการวัดการพยากรณ์มรสุมฤดูหนาวบริเวณประเทศไทย

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

- การวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองภูมิอากาศโลกในการพยากรณ์การเกิดมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือด้วยเลขชี้กำลังไลยาปูนอฟซูพรีมัม

- การพัฒนาระบบให้คำปรึกษาด้านงานประกันคุณภาพการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

- การพัฒนาเงื่อนไขขอบเขตของแบบจำลองน้ำตื้นเพื่อขยายการทำนายมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

- แบบรูปของฝนในประเทศไทยอันเนื่องมาจากอิทธิพลของพายุหมุนเขตร้อน

- การพัฒนาตัวแบบวัดการพยากรณ์มรสุมฤดูหนาวในประเทศไทย

- การพัฒนาเลขชี้กำลังไลยาปูนอฟมากที่สุดในการวัดการพยากรณ์มรสุมฤดูหนาวบริเวณประเทศไทย

- การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนบริเวณประเทศไทยภายใต้ภาวะโลกร้อนโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

- การประเมินคุณภาพน้ำในคลองบางเขนใหม่ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ :

-



