บทที่ 4

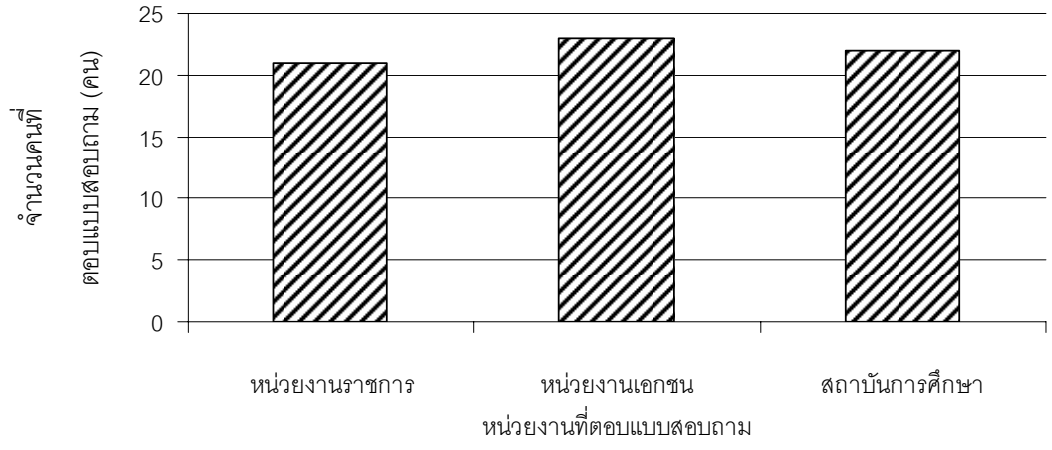
ผลของการวิจัย

<u>ผลการศึกษาจากแบบสอบถาม</u>

<u>ผลการศึกษาจากแบบสอบถามชุดที่หนึ่ง</u>

ส่งแบบสอบถาม (ภาคผนวก ก 1) เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญ ที่เกี่ยวข้องกับงานในส่วนของคุณภาพน้ำ และพื้นที่เกษตรกรรม จากทั้งหน่วยงานราชการ หน่วยงานเอกชน และสถาบันการศึกษา แบบสอบถามตอบกลับ 65 แบบสอบถาม จากหน่วยงานราชการ 20 แบบสอบถาม หน่วยงานเอกชน 23 แบบสอบถาม และสถาบันการศึกษา 22 แบบสอบถาม (ภาพที่ 4.1)

ภาพที่ 4.1
จำนวนคนที่ตอบแบบสอบถาม




จากแบบสอบถามจำนวน 65 แบบสอบถาม พารามิเตอร์ที่ควรนำมาพิจารณาในดัชนีคุณภาพน้ำที่ระบายออกจากภาคเกษตรกรรม (พื้นที่เพาะปลูก) คือ ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ร้อยละ 100 ค่าความเป็นกรด-เบส ร้อยละ 98.5 ค่าฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ร้อยละ 98.5 ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ร้อยละ 95.4

ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีร้อยละ 93.8 ค่าความเข้มข้นออกซิเจนละลายน้ำร้อยละ 92.3 สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด 92.3 ของแข็งแขวนลอยร้อยละ 90.8 ค่าการนำไฟฟ้าร้อยละ 84.6 ค่าความขุ่นร้อยละ 83.1 ของแข็งทั้งหมดร้อยละ 83.1 ฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรียร้อยละ 78.5 โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดร้อยละ 76.9 (ภาคผนวก ก 3) และมีพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่มีผู้ตอบแบบสอบถามให้พิจารณาเพิ่มเติม เช่น ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์การ์โนฟอสเฟต คาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำ คาร์บอเนต โลหะหนัก คลอไรด์ ซัลเฟต อุณหภูมิ เป็นต้น (ภาคผนวก ก 4)

จากพารามิเตอร์ที่ควรพิจารณา นำมาให้ระดับความสำคัญ ซึ่งระดับความสำคัญ มีตั้งแต่หนึ่งถึงห้า ระดับความสำคัญ 1 หมายความว่า มีความสำคัญมากที่สุด ระดับความสำคัญ 2 หมายความว่า มีความสำคัญมาก ระดับความสำคัญ 3 หมายความว่า มีความสำคัญปานกลาง ระดับความสำคัญ 4 หมายความว่า มีความสำคัญน้อย ระดับความสำคัญ 5 หมายความว่า มีความสำคัญน้อยที่สุด

ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ที่มีระดับความสำคัญมากที่สุดเรียงตามลำดับคือ ค่าความเป็นกรด-เบส 1.50 สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด 1.53 ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส 1.75 ไนเตรท-ไนโตรเจน 1.75 ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี 1.85 ออกซิเจนละลายน้ำ 1.87 แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 1.87 ค่าการนำไฟฟ้า 2.27 ของแข็งแขวนลอย 2.41 ฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย 2.43 โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด 2.52 ของแข็งทั้งหมด 2.54 และค่าความขุ่น 2.61 (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1
พารามิเตอร์ที่ควรพิจารณาจากแบบสอบถามที่ผู้เชี่ยวชาญ
ให้ระดับความสำคัญทั้งหมด 13 พารามิเตอร์

| พารามิเตอร์ | ระดับความสำคัญ | | | | | ค่าเฉลี่ย ระดับความสำคัญ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| ค่าความเป็นกรด-เบส | 42 | 15 | 5 | 1 | 1 | 1.50 |
| สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด | 37 | 17 | 4 | 1 | 1 | 1.53 |
| ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส | 31 | 22 | 8 | 2 | 1 | 1.75 |
| ไนเตรท-ไนโตรเจน | 32 | 20 | 10 | 3 | 0 | 1.75 |
| ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี | 29 | 16 | 13 | 2 | 1 | 1.85 |
| ออกซิเจนละลายน้ำ | 30 | 15 | 9 | 5 | 1 | 1.87 |
| แอมโมเนีย-ไนโตรเจน | 26 | 22 | 10 | 4 | 0 | 1.87 |
| ค่าการนำไฟฟ้า | 15 | 18 | 15 | 6 | 1 | 2.27 |
| ของแข็งแขวนลอย | 15 | 17 | 17 | 8 | 2 | 2.41 |
| ฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย | 14 | 12 | 15 | 9 | 1 | 2.43 |
| โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด | 12 | 12 | 15 | 10 | 1 | 2.52 |
| ของแข็งทั้งหมด | 11 | 14 | 20 | 7 | 2 | 2.54 |
| ค่าความขุ่น | 10 | 15 | 17 | 10 | 2 | 2.61 |

การหาน้ำหนักความสำคัญของพารามิเตอร์ กำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่พารามิเตอร์ จากการคำนวณหา Temporary weight โดยนำ significant ที่มีความสำคัญมากที่สุดต่อ significant ของแต่ละพารามิเตอร์ และ การคำนาณหา Sub-index weight โดย temporary weight ของแต่ละพารามิเตอร์ ต่อผลรวม temporary weight ทั้งหมด

ตารางที่ 4.2

ระดับสำคัญ Temporary weight และ Sub-index weight

ของพารามิเตอร์ที่ควรพิจารณา13 พารามิเตอร์

| พารามิเตอร์ | ค่าเฉลี่ยระดับความสำคัญ | Temporary weight | Sub-index weight |
|---|---|---|---|
| ค่าความเป็นกรด-เบส | 1.50 | 1.000 | 0.102 |
| สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด | 1.53 | 0.980 | 0.100 |
| ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส | 1.75 | 0.857 | 0.088 |
| ไนเตรท-ไนโตรเจน | 1.75 | 0.857 | 0.088 |
| ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี | 1.85 | 0.811 | 0.083 |
| ออกซิเจนละลายน้ำ | 1.87 | 0.802 | 0.082 |
| แอมโมเนีย-ไนโตรเจน | 1.87 | 0.802 | 0.082 |
| ค่าการนำไฟฟ้า | 2.27 | 0.661 | 0.068 |
| ของแข็งแขวนลอย | 2.41 | 0.622 | 0.064 |
| ฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย | 2.43 | 0.617 | 0.063 |
| โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด | 2.52 | 0.595 | 0.061 |
| ของแข็งทั้งหมด | 2.54 | 0.591 | 0.060 |
| ค่าความขุ่น | 2.61 | 0.575 | 0.059 |
| | | 9.771 | 1.000 |

เก็บตัวอย่างน้ำในส่วนของสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด 10 สถานี ผลจากการวิเคราะห์คือ ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ อาจเนื่องจากว่าคุณภาพน้ำที่มีสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมดในกลุ่มนี้ มีค่าน้อยมาก ซึ่งอาจเป็นได้ว่าผ่านช่วงการไถพรวนดิน เพื่อเตรียมการเพาะปลูกไปแล้ว และข้าวอยู่ในช่วงรอการเก็บเกี่ยว ซึ่งโดยธรรมชาติของสารในกลุ่มนี้สามารถสลายได้ง่าย ทั้งด้วยปัจจัยของแสง การละลายน้ำ และเนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้ต้องการศึกษาพารามิเตอร์ทางด้านเคมีและกายภาพของคุณภาพน้ำเท่านั้น จากการให้ระดับความสำคัญของพารามิเตอร์นั้น พบว่า พารามิเตอร์ที่ควรพิจารณามีทั้งหมด 10 พารามิเตอร์ โดยที่ค่าที่ได้ของ Sub-index weight ทั้ง 10 พารามิเตอร์ เมื่อนำมารวมกันจะได้ค่าเป็น 1 (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3
ระดับสำคัญ Temporary weight และ Sub-index weight
ของพารามิเตอร์ที่ควรพิจารณา 10 พารามิเตอร์

| ลำดับ | พารามิเตอร์ | ระดับความสำคัญ | Temporary weight | Sub-index weight |
|---|---|---|---|---|
| 1 | ค่าความเป็นกรด-เบส | 1.50 | 1.00 | 0.132 |
| 2 | ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส | 1.75 | 0.86 | 0.113 |
| 3 | ไนเตรท-ไนโตรเจน | 1.75 | 0.86 | 0.113 |
| 4 | ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี | 1.85 | 0.81 | 0.107 |
| 5 | ออกซิเจนละลายน้ำ | 1.87 | 0.80 | 0.106 |
| 6 | แอมโมเนีย-ไนโตรเจน | 1.87 | 0.80 | 0.106 |
| 7 | ค่าการนำไฟฟ้า | 2.27 | 0.66 | 0.087 |
| 8 | ของแข็งแขวนลอย | 2.41 | 0.62 | 0.082 |
| 9 | ของแข็งทั้งหมด | 2.54 | 0.59 | 0.078 |
| 10 | ค่าความขุ่น | 2.61 | 0.57 | 0.076 |
| | | รวม | 7.58 | 1.000 |

ค่าความเป็นกรด - เบส มีน้ำหนักมากสุด เพราะว่าเป็นตัวควบคุมอิอออนในแหล่งน้ำ (Chantill, 1999) และ Jonnalagadda and Mhere (2001) ซึ่งกล่าวว่าค่าความเป็นกรด - เบส สำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำและเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการอ้างถึงคุณภาพน้ำในลุ่มน้ำ โดยปกติแล้วค่าความเป็นกรด - เบสจะใกล้เคียงธรรมชาติ และค่อนข้างเป็นเบสเล็กน้อย มีค่าความเป็นกรด - เบส มากกว่า 7 ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากในน้ำมีปริมาณอิออนพวกไบคาร์บอเนตและคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบ น้ำในธรรมชาติจะมีค่าอยู่ในช่วง 4 – 9 (นันทนา คชเสนี, 2539) ช่วงค่าความเป็นกรด - เบสที่เหมาะสมกับสิ่งมีชีวิต คือ 6.5 - 8.5 (ทวีวงศ์ ศรีบุรี, 2541) เมื่อค่าความเป็นกรด - เบสต่ำกว่า 4 เป็นจุดอันตรายที่สามารถทำให้ปลาตายได้ ถ้าค่าความเป็นกรด - เบส มากกว่า 11 เป็นพิษต่อปลา (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ, 2528)

<u>ผลการศึกษาจากแบบสอบถามชุดที่สอง</u>

การหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนคุณภาพน้ำ กับค่าต่างๆ ของพารามิเตอร์ที่เลือกไว้ ซึ่งจะต้องกำหนดพิกัดของคะแนน กับระดับค่าความเข้มข้นต่าง ๆ ของพารามิเตอร์แล้วลากเส้นโค้งเชื่อมจุดพิกัดทั้งหมด ซึ่งเรียกว่า “เส้นโค้งระดับคะแนนคุณภาพน้ำ (Rating Curve)” ซึ่งขั้นตอนนี้มีรายละเอียดคือ

(1) นำระดับคะแนนของผู้เชี่ยวชาญ (ภาคผนวก ก 2) แต่ละคนที่ตอบกลับมาลงพิกัดจุด ซึ่งจากการกำหนดระดับนั้นได้มาจากผู้ชำนาญการที่ได้เสนอและให้ข้อแนะนำกลับมา เส้นโค้งจากแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญจากหลายเส้นโค้ง นำมารวมกันเป็นเส้นโค้งเดียว จากนั้นนำข้อมูลมาปรับคะแนนย่อยจากระดับคะแนน 1 - 5 เป็น 0 - 100 โดยสมการ (ระดับคะแนนจาก 0 - 100 = ((X -1)/4)*100) โดย X คือ ระดับคะแนนจาก 1 - 5 (ภาคผนวก ก 5)

(2) จากค่าเฉลี่ยได้รูปแบบกราฟ ในสามลักษณะ ซึ่งเป็นกราฟพื้นฐานคือ กราฟเส้นตรง (linear) กราฟเอกโพเนลเชียล (exponential) กราฟโพลิโนเมียล (polynomial) และกราฟซึ่งมีลักษณะพิเศษ 2 แบบ คือ กราฟการกระจายปกติ (normal distribution) และ กราฟซิกมอย (sigmoid) ค่าเฉลี่ยเส้นโค้งที่ได้นำมาหาสมการดัชนีย่อยของทั้ง 10 พารามิเตอร์เพื่อให้ได้คะแนนย่อย (Sub score) โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ($R^2$) ที่มีค่ามากที่สุด และลักษณะของกราฟที่ให้ลักษณะธรรมชาติของคุณภาพน้ำ แบ่งเป็นแต่ละพารามิเตอร์ ดังนี้

ค่าความเป็นกรด - เบส

ได้แบ่งช่วงคะแนนของความเป็นกรด-เบสออกเป็นหกช่วง (< 5 ถึง > 9) รวมถึงระดับคะแนนที่แนะนำมีค่าเริ่มจาก 1 ถึง 5 ค่าเริ่มต้น 1 คือ เสื่อมโทรมมากที่สุด ถึงค่าสูงสุด คือ 5 ดีมาก ระดับคะแนนที่ได้จากแบบสอบถามที่ (< 5 และ > 9) มีค่าน้อยที่สุดคือ 1.32 และระดับคะแนนที่ได้จากแบบสอบถามที่ (6.5 - 7.5) มีค่าที่สุด 4.80 และปรับระดับคะแนนเป็นจาก 0 ถึง 100 (ภาคผนวก ก 5.1) ระดับคะแนนค่าความเป็นกรด-เบส จากแบบสอบถามที่มากกว่า 50 คะแนน พบว่า ค่าความเป็นกรด-เบส อยู่ระหว่าง 6.5 ถึง 7.5

เมื่อลงพิกัดได้ลักษณะของกราฟระฆังคว่ำ ซึ่งเป็นรูปแบบกราฟการกระจายปกติ (Normal distribution) แต่เมื่อใดก็ตามถ้าความเป็นกรด - เบส เพิ่มขึ้นหรือลดลงก็จะทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งทวีวงศ์ ศรีบุรี (2541) กล่าวว่า ช่วงค่าความเป็นกรด - เบสที่เหมาะสมกับสิ่งมีชีวิต คือ 6.5 - 8.5 ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ (2528) กล่าวว่า ถ้าความเป็นกรด – เบส ต่ำกว่า 4 เป็นจุดอันตรายที่สามารถทำให้ปลาตายได้ ค่าความเป็นกรด - เบส มากกว่า 11 เป็นพิษต่อปลา ซึ่งฟังก์ชันของกราฟการกระจายปกติ คือ

$$\mathbf{f}(\mathbf{x};\mu;\sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * \sigma} \; e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \qquad (4.1)$$

การกำหนดสมการดัชนีย่อยนั้นจะพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ($R^2$) ซึ่งจากสมการที่ได้นั้นให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ($R^2$) = 0.9809 คือ

$$\text{ระดับคะแนน (pH)} = 300 * f(pH;\mu;\sigma) \qquad (4.2)$$

เมื่อ

pH คือ ค่าความเป็นกรด-เบส ที่วิเคราะห์ได้

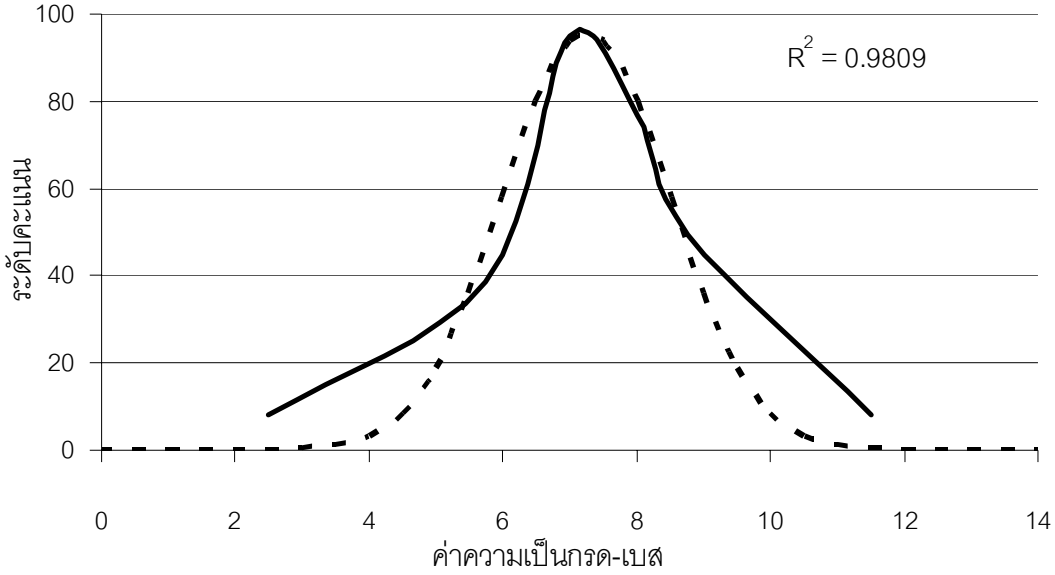
$\mu$ = 7.25 $\sigma$ = 1.25

ซึ่งค่า ระดับคะแนน (pH) เท่ากับ 300 คูณกับฟังก์ชันของคุณภาพน้ำแต่ละพารามิเตอร์ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยที่ $\mu$ คือ ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 7.25 และ$\sigma$ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 1.25 (ภาพที่ 4.2)

ภาพที่ 4.2

เส้นโค้งค่าเฉลี่ยจากแบบสอบถามและเส้นโค้งดัชนีย่อย

ค่าความเป็นกรด - เบส (พ.ศ. 2550)




---------- เส้นโค้งสมการดัชนีย่อยค่าความเป็นกรด - เบส

——— เส้นโค้งค่าเฉลี่ยจากแบบสอบถาม

<u>ค่าฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส</u>

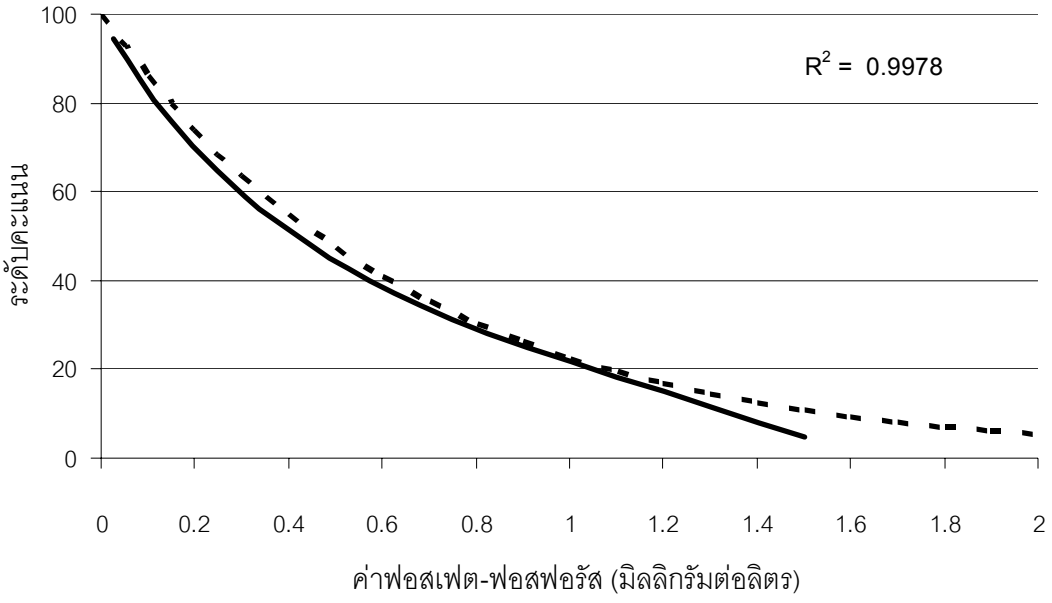
แบ่งช่วงคะแนนของฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส 0 ถึง (>1) ออกเป็นห้าช่วง รวมถึงระดับคะแนนที่แนะนำมีค่าเริ่มจาก 1 ถึง 5 ค่าเริ่มต้น 1 คือ เสื่อมโทรมมากที่สุด ถึงค่าสูงสุด คือ 5 ดีมาก ระดับคะแนนที่ได้จากแบบสอบถามช่วงคะแนนของฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส มากกว่า 1 ได้ระดับคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดมีค่า 1.18 แบบสอบถามช่วงคะแนนของฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส 0 ถึง 0.05 ได้ระดับคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดมีค่า 4.78 และปรับระดับคะแนนจาก 1 ถึง 5 เป็น 0 ถึง100 (ภาคผนวก ก 5.2) ลักษณะของกราฟที่ได้จากแบบสอบถาม แสดงให้เห็นว่าเมื่อค่าฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส มีค่าน้อยกว่า 0.1 ระดับคะแนนจะใกล้ 100 เมื่อฟอสเฟต - ฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น ระดับคะแนนจะลดลงเข้าใกล้ศูนย์ ดังภาพที่ 4.3

เมื่อลงพิกัดได้ลักษณะของกราฟเส้นโค้งหงายขึ้น กราฟจะลดลงอย่างรวดเร็ว ต่อมากราฟจะค่อยๆ ลดลง เป็นลักษณะของกราฟเอกโพเนลเทียล (exponential) (ภาพที่ 4.3) การปรับค่าเพื่อได้สมการดัชนีย่อยที่สามารถใช้ได้กับค่าพารามิเตอร์ทุกค่านั้น ได้สมการคือ

$$\text{ระดับคะแนน } (PO_4^{3-}) = 100 \exp (-1.5 \times PO_4^{3-}) \qquad (4.3)$$

จากสมการอธิบายได้ คือ ค่าปกติของ Exponential (0) = 1 และ Exponential (x) > 0 จากสมการเพื่อคุณภาพน้ำที่มากกว่าศูนย์มีคะแนนเป็น 100 ต้องปรับเป็น 100 exp (-x) และมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 1.5 ซึ่งจะให้สมการที่ดี โดยค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ($R^2$) = 0.9978

ภาพที่ 4.3
เส้นโค้งค่าเฉลี่ยจากแบบสอบถามและเส้นโค้งดัชนีย่อย
ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (พ.ศ. 2550)




---------- เส้นโค้งสมการดัชนีย่อยฟอสเฟต - ฟอสฟอรัส

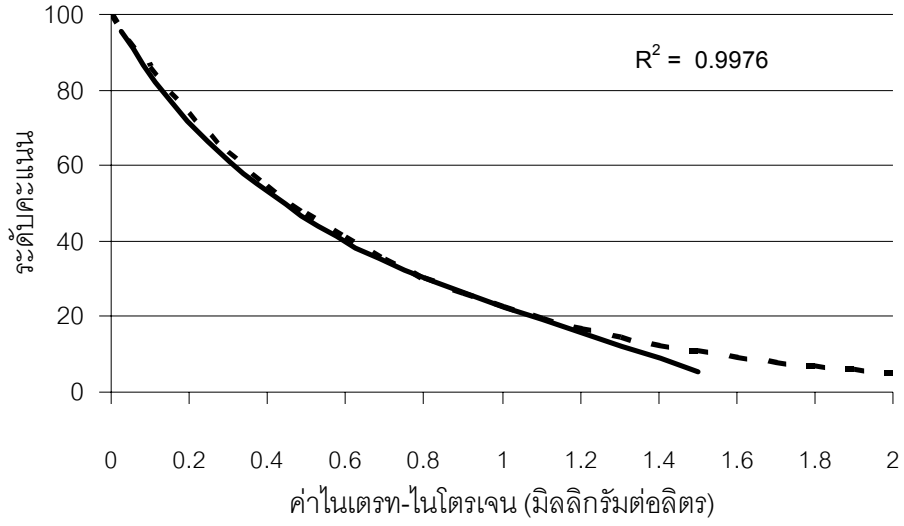
——— เส้นโค้งค่าเฉลี่ยจากแบบสอบถาม

ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน

แบ่งช่วงคะแนนของไนเตรท-ไนโตรเจนจาก 0 ถึง (>1) ออกเป็นห้าช่วง รวมถึงระดับคะแนนที่แนะนำมีค่าเริ่มจาก 1 ถึง 5 ค่าเริ่มต้น 1 คือ เสื่อมโทรมมากที่สุด ถึงค่าสูงสุด คือ 5 ดีมาก ระดับคะแนนที่ได้จากแบบสอบถามช่วงคะแนนของไนเตรท-ไนโตรเจน มากกว่า 1 ได้ระดับคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดมีค่า 1.22 แบบสอบถามช่วงคะแนนของไนเตรท-ไนโตรเจน 0 ถึง 0.05 ได้ระดับคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดมีค่า 4.82 และปรับระดับคะแนนจาก 1 ถึง 5 เป็น 0 ถึง 100 (ภาคผนวก ก 5.3) จากกราฟเส้นโค้งค่าเฉลี่ยของค่าไนเตรท-ไนโตรเจน กราฟที่ได้มีลักษณะเช่นเดียวกับพารามิเตอร์ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ระดับคะแนนไนเตรท-ไนโตรเจนจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อค่าไนเตรท - ไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 4.4 เมื่อลงพิกัดได้ลักษณะของกราฟเส้นโค้งหงายขึ้น กราฟค่อยๆ ลดลงเมื่อได้ทดสอบจาก ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ($R^2$) = 0.9976 ได้กราฟเอกโพเนลเทียล (exponential)สมการคือ เช่นเดียวกับฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส

$$\text{ระดับคะแนน } (NO_3^-) = 100 \exp (-1.5 \times NO_3^-) \qquad (4.4)$$

ภาพที่ 4.4
เส้นโค้งค่าเฉลี่ยจากแบบสอบถามและเส้นโค้งดัชนีย่อย
ของค่าไนเตรท - ไนโตรเจน (พ.ศ. 2550)




---------- เส้นโค้งสมการดัชนีย่อยไนเตรท-ไนโตรเจน

——— เส้นโค้งค่าเฉลี่ยจากแบบสอบถาม

ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี

ได้แบ่งช่วงคะแนนของค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีออกเป็นห้าช่วง รวมถึงระดับคะแนนที่แนะนำมีค่าเริ่มจาก 1 ถึง 5 ค่าเริ่มต้น 1 คือ เสื่อมโทรมมากที่สุด ค่าสูงสุดมีค่า 5 คือ ดีมาก ระดับคะแนนที่ได้จากแบบสอบถามช่วงค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีน้อยกว่า 1 ได้ระดับคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดมีค่า 4.94 แบบสอบถามของคะแนนค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีมากกว่า 5 ได้ระดับคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดมีค่า 1.34 และปรับระดับคะแนนจาก 0 ถึง 100 (ภาคผนวก ก 5.4) จากลักษณะของเส้นโค้งเฉลี่ยที่ได้จากแบบสอบถาม ถ้าค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ระดับคะแนนสูง กราฟมีลักษณะคือ ช่วงต้นระดับคะแนนจะลดลงอย่างเป็นสัดส่วนและเมื่อผ่านไปช่วงหนึ่ง ที่ทำให้ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีมากกว่าห้า ระดับคะแนนลดลงอย่างรวดเร็ว ให้ค่าระดับคะแนนเข้าใกล้ศูนย์ ภาพที่ 4.5

เมื่อค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีต่ำ (0 - 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร) ระดับคะแนนควรเป็นระดับคะแนนที่สูงที่สุด ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีหลังจาก 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตรจะลดลงเร็วกว่าช่วงแรก จนถึง 5.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีจะลดลงช้ากว่าและระดับคะแนนจะเข้าใกล้ศูนย์ จากลักษณะของกราฟให้รูปร่างที่เหมือนกับกราฟซิกมอย (sigmoid curve) โดยมีฟังก์ชันซิกมอย คือ

$$f(x) = \frac{1}{1+\exp[x]} \tag{4.5}$$

จากนั้นปรับค่าของฟังก์ชันซิกมอย f (x) เพื่อให้ใกล้เคียงกับเส้นโค้งค่าเฉลี่ยจากแบบสอบถาม โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ($R^2$) ที่ให้ค่ามากที่สุดคือ 0.9837 ได้ฟังก์ชันซิกมอยที่ปรับค่า คือ

$$f(x) = \frac{100}{1+\exp[0.6(x-2.5)]} \tag{4.6}$$

หลังจากนั้นต้องการที่จะกำหนดค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีที่มีค่า 0 มิลลิกรัมต่อลิตรให้มีระดับคะแนนเป็น 100 โดยใช้ฟังก์ชันของ f (x) หารด้วย ฟังก์ชันของ f (0) คูณด้วย 100

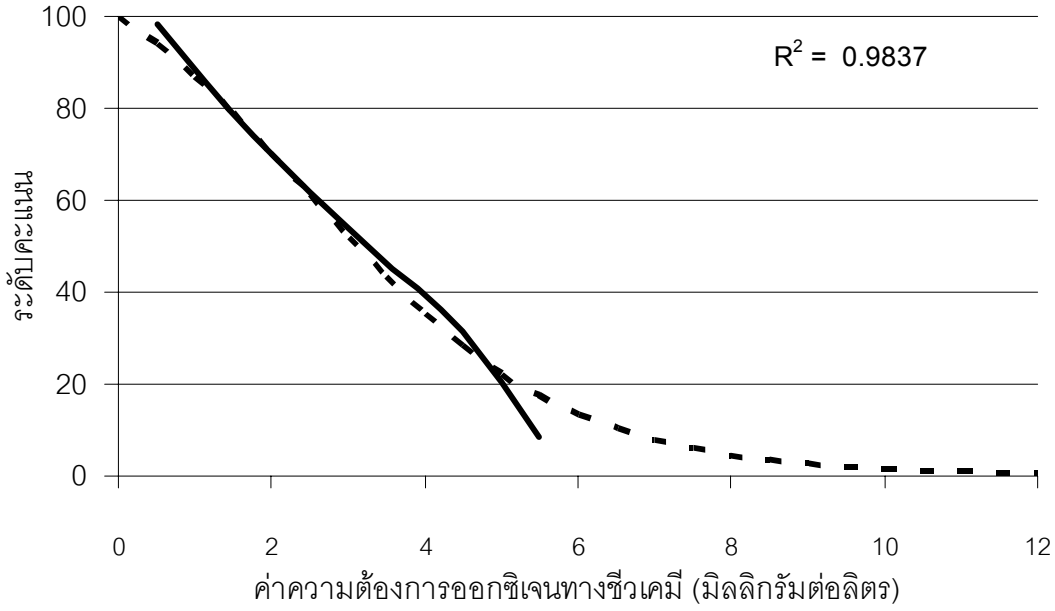
$$f(0) = \frac{100}{1+\exp(-1.5)} \tag{4.7}$$

สมการดัชนีย่อยของค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีที่ได้ คือ

$$\text{ระดับคะแนน (BOD)} = \frac{f(x)}{f(0)} * 100 = \frac{1+\exp(-1.5)}{1+\exp[0.6(\text{BOD}-2.5)]} * 100 \quad (4.8)$$

สำหรับสมการที่ปรับค่าในรูปของซิกมอยมีจุดที่น่าสนใจ คือค่าคุณภาพน้ำของพารามิเตอร์ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีสามารถได้โดยไม่มีข้อจำกัด และสมการยังให้ข้อมูลที่ต่อเนื่องกัน

ภาพที่ 4.5
เส้นโค้งค่าเฉลี่ยจากแบบสอบถามและเส้นโค้งดัชนีย่อย
ของค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (พ.ศ. 2550)




---------- เส้นโค้งสมการดัชนีย่อยค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี

——— เส้นโค้งค่าเฉลี่ยจากแบบสอบถาม

ค่าออกซิเจนละลายน้ำ

แบ่งช่วงคะแนนค่าออกซิเจนละลายน้ำจาก (< 4) ถึง (> 10) ออกเป็นห้าช่วง รวมถึงระดับคะแนนที่แนะนำมีค่าเริ่มจาก 1 - 5 ค่าเริ่มต้น 1 คือ เสื่อมโทรมมากที่สุด ถึงค่าสูงสุด คือ 5 ดีมาก ระดับคะแนนที่ได้จากแบบสอบถามช่วงคะแนนของค่าออกซิเจนละลายน้ำน้อยกว่า 4 ได้ระดับคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดมีค่า 1.34 แบบสอบถามช่วงคะแนนของค่าออกซิเจนละลายน้ำ 6.5 ถึง 8.5 ได้ระดับคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดมีค่า 4.74 และปรับระดับคะแนนจาก 1 ถึง 5 เป็น 0 ถึง100 (ภาคผนวก ก 5.5) ลักษณะกราฟเมื่อค่าออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มขึ้นจาก 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ระดับคะแนนจะเพิ่มขึ้นตามค่าออกซิเจนละลายน้ำจนถึงระดับคะแนนที่สูงที่สุด ซึ่งช่วงคะแนนของค่าออกซิเจนละลายน้ำอยู่ที่ 6.5 ถึง 8.5 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่เมื่อค่าออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง คือ ค่าออกซิเจนละลายน้ำที่มากกว่า 8.5 มิลลิกรัมต่อลิตร จะให้ระดับคะแนนค่อยๆ ลดลง และเมื่อค่าออกซิเจนละลายน้ำมากกว่า 9 มิลลิกรัมต่อลิตร ระดับคะแนนจะลดลงอย่างรวดเร็วจนเข้าใกล้ศูนย์ ดังภาพที่ 4.6

คุณภาพน้ำที่มีค่าออกซิเจนละลายน้ำต่ำ จะมีระดับคะแนนต่ำ และเมื่อค่าออกซิเจนละลายน้ำมากขึ้นจะให้ระดับคะแนนเพิ่มขึ้นแต่ก็เพิ่มมาจนถึงจุดหนึ่งซึ่งถ้ามากกว่านั้นก็จะเกิดผลกระทบในทางลบได้ เช่นเดียวกัน จรินทร์ ทองเกษม (2550) ได้ให้ขอแนะนำจากการตอบแบบสอบถามว่า ถ้าค่าออกซิเจนละลายมากกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตรอาจส่งผลให้เกิดยูโทรฟิเคชัน (eurtophication) ได้ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ($R^2$) = 0.9979 ให้ค่ามากที่สุด ได้สมการพหุนาม (polynomial)

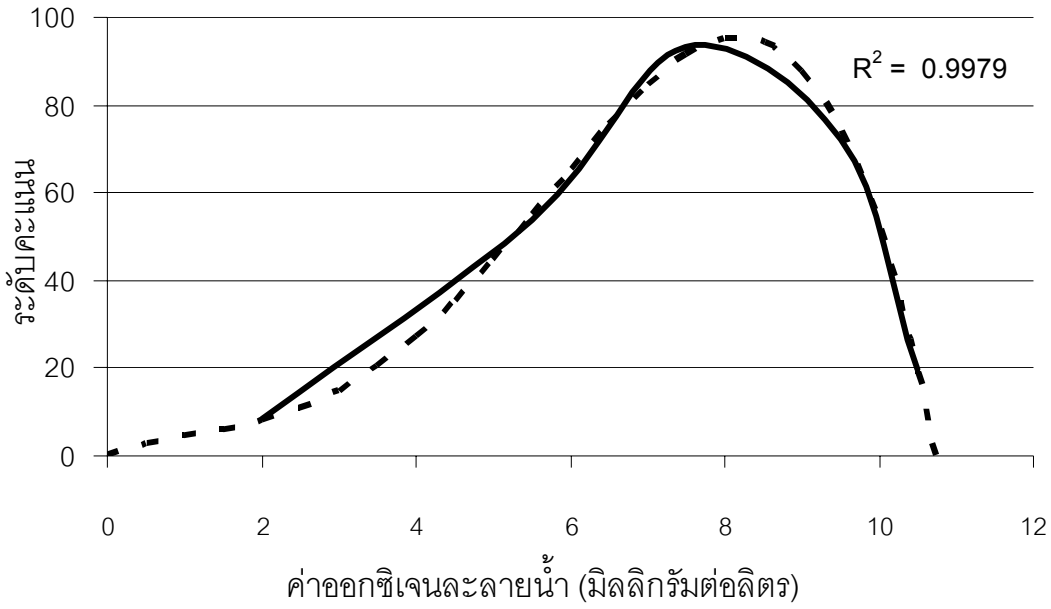
$$\text{ระดับคะแนน (DO)} = - 0.0926\ DO^4 + 1.2703\ DO^3 - 3.6157\ DO^2 + 6.9062\ DO \quad (4.9)$$

เมื่อ DO คือ คุณภาพน้ำที่วิเคราะห์ได้

DO < 10.5 และ ถ้า

DO >10.5 ระดับคะแนนต้องเท่ากับ 0

ภาพที่ 4.6
เส้นโค้งค่าเฉลี่ยจากแบบสอบถามและเส้นโค้งดัชนีย่อย
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (พ.ศ. 2550)




---------- เส้นโค้งสมการดัชนีย่อยออกซิเจนละลายน้ำ

——— เส้นโค้งค่าเฉลี่ยจากแบบสอบถาม

<u>ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน</u>

แบ่งช่วงคะแนนค่าค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนจาก (0) ถึง (> 0. 5) ออกเป็นห้าช่วง รวมถึงระดับคะแนนที่แนะนำมีค่าเริ่มจาก 1 ถึง 5 ค่าเริ่มต้น 1 คือ เสื่อมโทรมมากที่สุด ถึงค่าสูงสุด คือ 5 ดีมาก ระดับคะแนนที่ได้จากแบบสอบถามช่วงคะแนนของค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (> 0. 5) ได้ระดับคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดมีค่า 1.12 แบบสอบถามช่วงคะแนนของค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 0 ถึง 0.1 ได้ระดับคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดมีค่า 4.86 และปรับระดับคะแนนจาก 1 ถึง 5 เป็น 0 ถึง 100 (ภาคผนวก ก 5.6)

ลักษณะของเส้นโค้งเฉลี่ยค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่ได้จากแบบสอบถาม ถ้าค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ระดับคะแนนจะสูง และกราฟมีลักษณะพิเศษคือ ช่วงต้นระดับคะแนนจะค่อยๆ ลดลงและเมื่อผ่านไปช่วงหนึ่ง ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมากกว่า 0.25

มิลลิกรัมต่อลิตร ระดับคะแนนจะลดลงอย่างรวดเร็ว ๆ และเข้าใกล้ศูนย์ ภาพที่ 4.7 เมื่อค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนต่ำ (0.05 - 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร) ระดับคะแนนควรเป็นระดับคะแนนที่สูงที่สุด ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนหลังจาก 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร จะลดลงเร็วกว่าช่วงแรก จนถึง 0.35 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนจะลดลงช้ากว่าและระดับคะแนนจะเข้าใกล้ศูนย์ จากลักษณะของกราฟให้รูปร่างที่เหมือนกับกราฟซิกมอย (sigmoid curve) โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ($R^2$) ที่มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.9985 สมการที่ได้คือ

$$f(x) = \frac{100}{1+\exp[10(x-0.22)]} \tag{4.10}$$

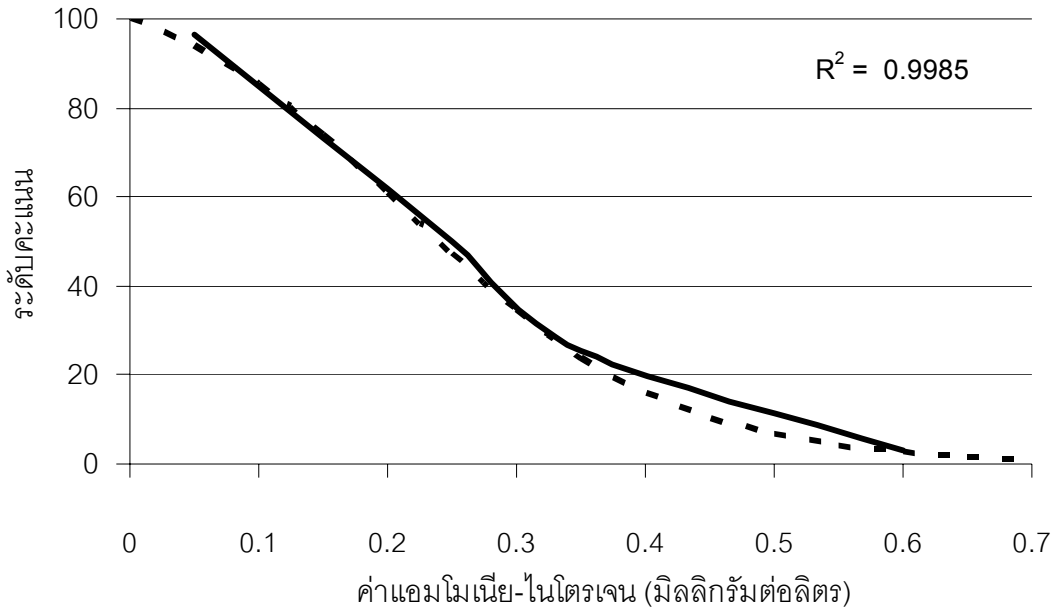
$$f(0) = \frac{100}{1+\exp(-2.2)} \tag{4.11}$$

สมการดัชนีย่อยของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน คือ

$$\text{ระดับคะแนน } (NH_3) = \frac{f(x)}{f(0)} * 100 = \frac{1+\exp(-2.2)}{1+\exp\left[10\left(NH_3 - 0.22\right)\right]} * 100 \tag{4.12}$$

เมื่อ $NH_3$ คือ คุณภาพน้ำที่วิเคราะห์ได้

ภาพที่ 4. 7
เส้นโค้งค่าเฉลี่ยจากแบบสอบถามและเส้นโค้งดัชนีย่อย
ค่าแอมโมเนีย - ไนโตรเจน (พ.ศ. 2550)




---------- เส้นโค้งสมการดัชนีย่อยแอมโมเนีย-ไ นโตรเจน

———— เส้นโค้งค่าเฉลี่ยจากแบบสอบถาม

<u>ค่าการนำไฟฟ้า</u>

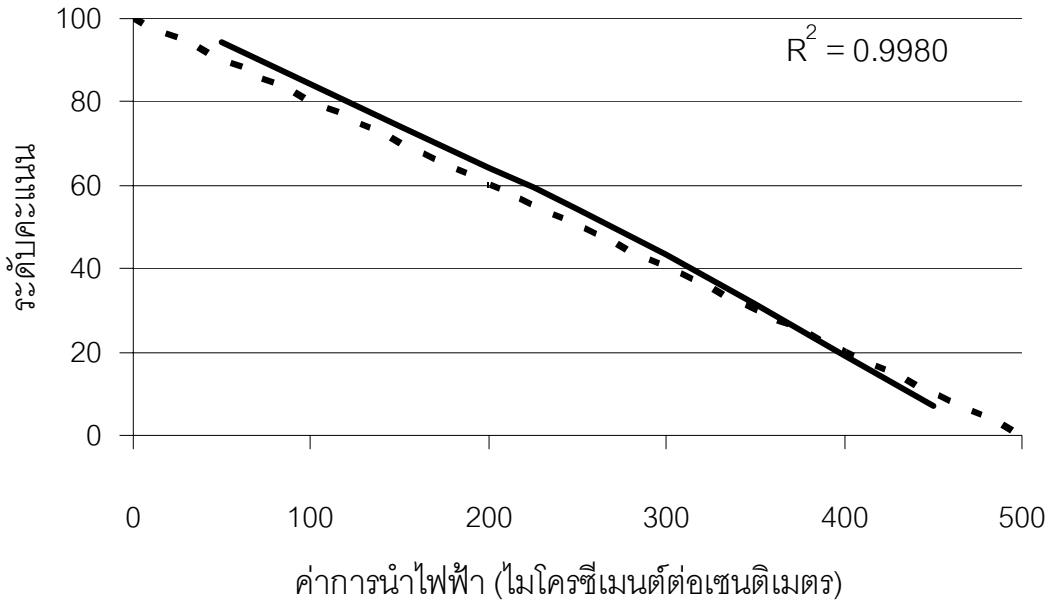
ได้แบ่งช่วงคะแนนของค่าการนำไฟฟ้าออกเป็นห้าช่วงตั้งแต่ (< 100 ถึง > 400) รวมถึงระดับคะแนนที่แนะนำมีค่าเริ่มจาก 1 ถึง 5 ค่าเริ่มต้น 1 คือ เสื่อมโทรมมากที่สุด ถึงค่าสูงสุด คือ 5 ดีมาก ระดับคะแนนที่ได้จากแบบสอบถามที่ (< 100) มีค่ามากที่สุดคือ 4.77 ระดับคะแนนที่ได้จากแบบสอบถามที่ (> 400) มีค่าน้อยที่สุดคือ 1.29 และปรับระดับคะแนนเป็นจาก 0 ถึง100 ระดับคะแนนที่ได้จากแบบสอบถามที่มากกว่า 50 คือ มีค่าการนำไฟฟ้าน้อยกว่า 300 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ระดับคะแนนที่มากกว่า 80 คือ มีค่าการนำไฟฟ้าน้อยกว่า 200 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร (ภาคผนวก ก 6.7) ลักษณะเส้นโค้งค่าเฉลี่ยของกราฟของค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากแบบสอบถาม เมื่อค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นน้อยกว่า 100 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ไปจนถึงมากกว่า 400 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ระดับคะแนนจะลดลงจากระดับคะแนนมากคือ

100 จนเข้าใกล้ศูนย์ ดังภาพที่ 4.8 สมการที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ($R^2$) ที่มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 0.9980 เป็นสมการถดถอย (Regression) คือ สมการ

$$\text{ระดับคะแนน (EC)} = - 0.2 \text{ (EC)} + 100 \qquad (4.13)$$

โดยมีเงื่อนไขว่า ค่าการนำไฟฟ้าต้องน้อยกว่า 500 (EC < 500)

ภาพที่ 4. 8
เส้นโค้งค่าเฉลี่ยจากแบบสอบถามและเส้นโค้งดัชนีย่อย
ค่าการนำไฟฟ้า (พ.ศ. 2550)




---------- เส้นโค้งสมการดัชนีย่อยค่าการนำไฟฟ้า

——— เส้นโค้งค่าเฉลี่ยจากแบบสอบถาม

ค่าของแข็งแขวนลอย

ได้แบ่งช่วงคะแนนของค่าของแข็งแขวนลอยออกเป็นห้าช่วง (< 10 ถึง > 40) รวมถึงระดับคะแนนที่แนะนำมีค่าเริ่มจาก 1 ถึง 5 ค่าเริ่มต้น 1 คือ เสื่อมโทรมมากที่สุด ถึงค่าสูงสุด คือ 5 ดีมาก ระดับคะแนนที่ได้จากแบบสอบถามที่ (< 10) มีค่ามากที่สุดคือ 4.85 ระดับคะแนนที่ได้จากแบบสอบถามที่ (> 40) มีค่าน้อยที่สุดคือ 1.31 และปรับระดับคะแนนเป็นจาก 0 ถึง100 (ภาคผนวก ก 5.8) ลักษณะของกราฟจะลดลงอย่างช้าๆ ในค่าของคะแนนที่น้อยกว่า 10 ถึง 25 หลังจากนั้นเมื่อค่าของแข็งแขวนลอยเพิ่มขั้นระดับคะแนนจะลดลงอย่างรวดเร็ว จาก 50 ถึง 30 คะแนน แต่หลังจากนั้นระดับคะแนนจะค่อยๆ ลดลง เมื่อค่าตะกอนแขวนลอยเพิ่มขึ้นจนระดับคะแนน เข้าใกล้ศูนย์ ดังภาพที่ 4.9

ลักษณะของกราฟเส้นโค้งค่าเฉลี่ยของแข็งแขวนลอยมีลักษณะเหมือนกับกราฟเส้นโค้งค่าเฉลี่ยความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีและกราฟเส้นโค้งค่าเฉลี่ยแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ที่เป็นลักษณะของกราฟซิกมอย (sigmoid curve) ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ($R^2$) ที่มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.9965 สมการที่ใช้ในการปรับค่าคือ

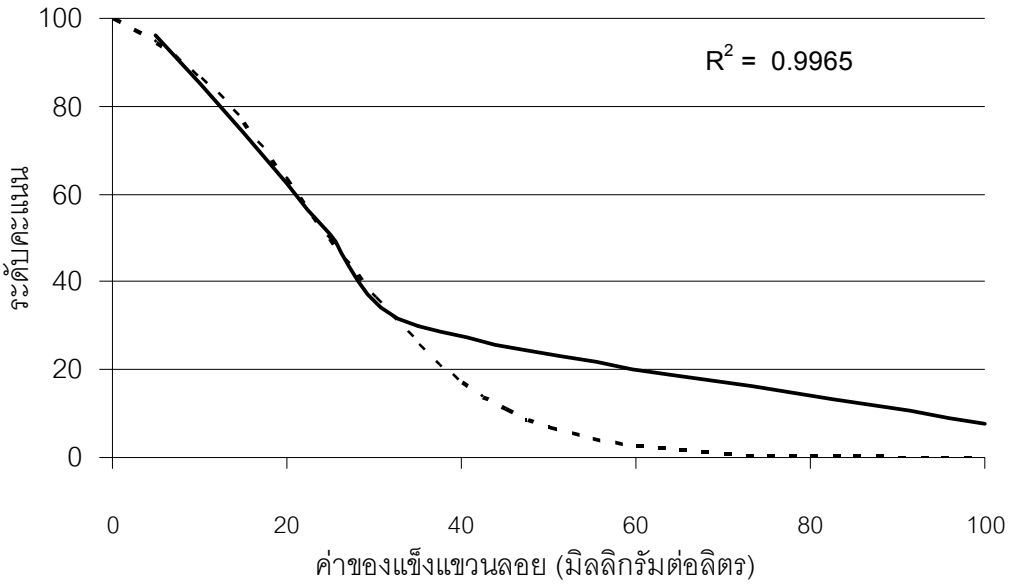
$$f(x) = \frac{100}{1+\exp\left(\frac{x-23}{10}\right)} \tag{4.14}$$

$$f(0) = \frac{100}{1+\exp(-2.3)} \tag{4.15}$$

สมการดัชนีย่อยของแข็งแขวนลอย คือ

$$\text{ระดับคะแนน (SS)} = \frac{f(x)}{f(0)} * 100 = \frac{1+\exp(-2.3)}{1+\exp\left(\frac{SS-23}{10}\right)} * 100 \tag{4.16}$$

ภาพที่ 4.9
เส้นโค้งค่าเฉลี่ยจากแบบสอบถามและเส้นโค้งดัชนีย่อย
ของแข็งแขวนลอย (พ.ศ. 2550)




---------- เส้นโค้งสมการดัชนีย่อยค่าของแข็งแขวนลอย

——— เส้นโค้งค่าเฉลี่ยจากแบบสอบถาม

<u>ค่าของแข็งทั้งหมด</u>

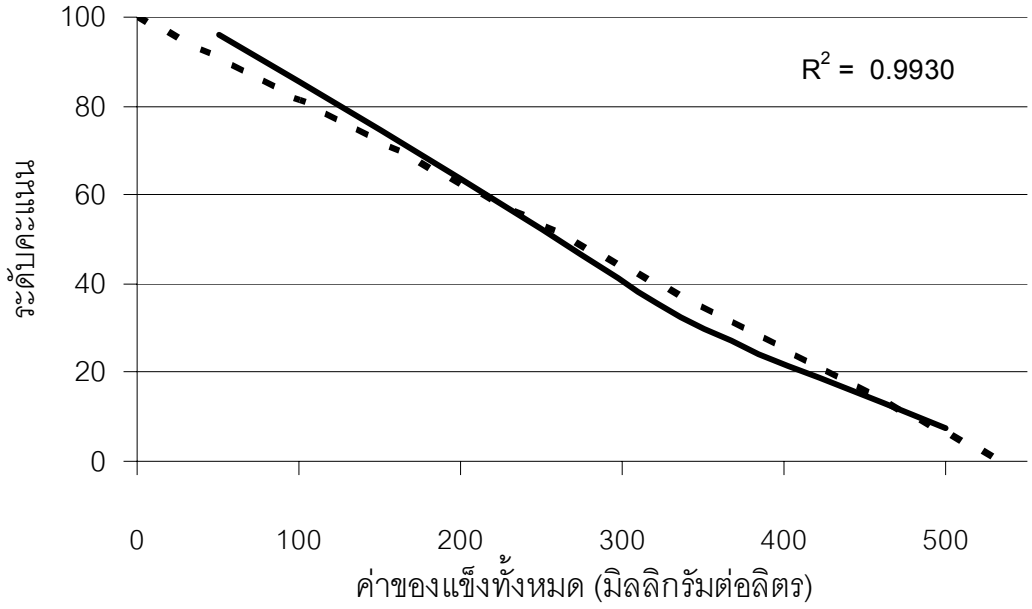
ได้แบ่งช่วงคะแนนของค่าของแข็งทั้งหมดออกเป็นห้าช่วง รวมถึงระดับคะแนนที่แนะนำ มีค่าเริ่มจาก 1 ถึง 5 ค่าเริ่มต้น 1 คือ เสื่อมโทรมมากที่สุด ถึงค่าสูงสุด คือ 5 ดีมาก ระดับคะแนนที่ได้จากแบบสอบถามที่ (< 100) มีค่ามากที่สุดคือ 4.85 ระดับคะแนนที่ได้จากแบบสอบถามที่ (> 400) มีค่าน้อยที่สุดคือ 1.29 และปรับระดับคะแนนเป็นจาก 0 ถึง 100 (ภาคผนวก ก 5.9) ลักษณะของกราฟจะค่อยๆ ลดลงอย่างเป็นสัดส่วน ภาพที่ 4.10 ซึ่งคล้ายกับกราฟของ ค่าการนำไฟฟ้า สมการที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ($R^2$) ที่มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.9930 เป็นสมการถดถอย (Regression) คือสมการ

ระดับคะแนน (TS) = -0.1875 (TS) + 100 (4.17)

ภาพที่ 4.10

เส้นโค้งค่าเฉลี่ยจากแบบสอบถามและเส้นโค้งดัชนีย่อย

ค่าของแข็งทั้งหมด (พ.ศ. 2550)




---------- เส้นโค้งสมการดัชนีย่อยของแข็งทั้งหมด

——— เส้นโค้งค่าเฉลี่ยจากแบบสอบถาม

<u>ค่าความขุ่น</u>

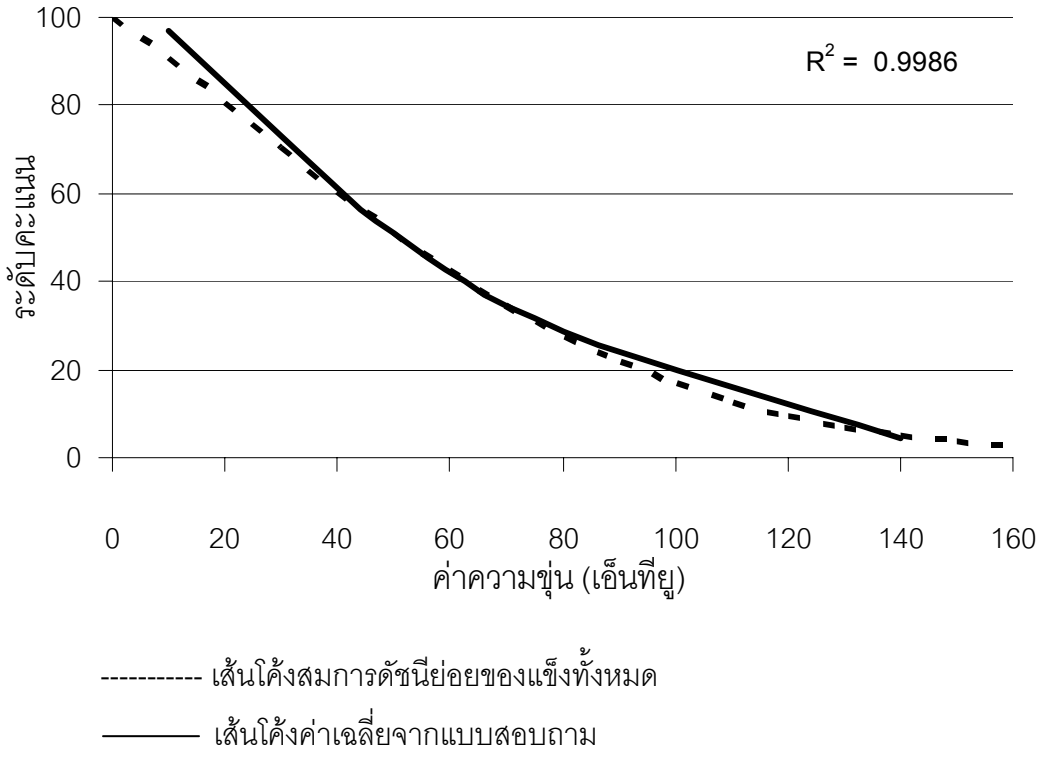
ได้แบ่งช่วงคะแนนของค่าความขุ่นออกเป็นห้าช่วง (0 - 20) ถึง (> 100) รวมถึงระดับคะแนนที่แนะนำมีค่าเริ่มจาก 1 ถึง 5 ค่าเริ่มต้น 1 คือ เสื่อมโทรมมากที่สุด ถึงค่าสูงสุด คือ 5 ดีมาก ระดับคะแนนที่ได้จากแบบสอบถามที่ (0 ถึง 20) มีค่ามากที่สุดคือ 4.88 ระดับคะแนนที่ได้จากแบบสอบถามที่ (> 100) มีค่าน้อยที่สุดคือ 1.17 และปรับระดับคะแนนเป็นจาก 0 ถึง100 (ภาคผนวก ก 5.10) ลักษณะของกราฟระดับคะแนนจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อค่าความขุ่นเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 4.11 จากกราฟเส้นโค้งค่าเฉลี่ยที่ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรกและต่อมาค่อยๆ ลดลง ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ($R^2$) ที่มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.9986

$$Tur = 100\exp\left[-\frac{9}{1000}\left(\frac{x^2}{100}+x\right)\right] \quad (4.18)$$

สมการดัชนีย่อยของค่าความขุ่น คือ สมการ 4.19 เมื่อ x คือ ค่าความขุ่นที่ได้จากการวิเคราะห์

$$\text{ระดับคะแนน (Tur)} = 100\exp\left[-\frac{9}{1000}\left(\frac{Tur^2}{100}+Tur\right)\right] \quad (4.19)$$

ภาพที่ 4.11
เส้นโค้งค่าเฉลี่ยจากแบบสอบถามและเส้นโค้งดัชนีย่อย
ค่าความขุ่น (พ.ศ. 2550)



ตารางที่ 4.4

สมการดัชนีย่อยของแต่ละพารามิเตอร์

| พารามิเตอร์ | สมการดัชนีย่อยระดับคะแนนเท่ากับ | ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ($R^2$) |
|---|---|---|
| ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) | 300 * f(pH;$\mu$;$\sigma$) | 0.9809 |
| ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ($PO_4^{3-}$- P) | 100 exp (-1.5 x $PO_4^{2-}$) | 0.9978 |
| ไนเตรท-ไนโตรเจน ($NO_3^-$- N) | 100 exp (-1.5 x $NO_3^-$) | 0.9976 |
| ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD) | $\frac{1+\exp(-1.5)}{1+\exp[0.6(BOD-2.5)]} * 100$ | 0.9837 |
| ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) | -0.0926 $DO^4$ + 1.2703 $DO^3$ - 3.6157 $DO^2$ + 6.9062 DO | 0.9979 |
| แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($NH_3$ - N) | $\frac{1+\exp(-2.2)}{1+\exp\left[10\left(NH_3^- - 0.22\right)\right]} * 100$ | 0.9985 |
| ค่าการนำไฟฟ้า (EC) | - 0.2 EC + 100 | 0.9980 |
| ของแข็งแขวนลอย (SS) | $\frac{1+\exp(-2.3)}{1+\exp\left(\frac{SS-23}{10}\right)} * 100$ | 0.9965 |
| ของแข็งทั้งหมด (TS) | - 0.1875 TS + 100 | 0.9930 |
| ค่าความขุ่น (Tur) | $100\exp\left[-\frac{9}{1000}\left(\frac{Tur^2}{100}+Tur\right)\right]$ | 0.9986 |
| สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด | ไม่ได้ข้อมูลจากแบบสอบถาม | |

## ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

### ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมี

การศึกษาการใช้ดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) จากน้ำที่ระบายออกจากภาคเกษตรกรรม กรณีศึกษาโครงการชลประทานห้วยทับเสลาใต้ จังหวัดอุทัยธานี เก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านกายภาพและคุณภาพน้ำ จาก 45 สถานี ครอบคลุมพื้นที่ชลประทานทั้งคลองส่งน้ำ และ คลองระบายน้ำ โดยเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 4 วัน ระหว่างวันที่ 19 - 22 มกราคม พ.ศ. 2550 เป็นเดือนที่มีฝนตกน้อยที่สุดจากการสำรวจปริมาณน้ำฝนจากค่าเฉลี่ย 10 ปี แต่ยังมีการเพาะปลูก เนื่องจากเกษตรกรใช้น้ำจากแหล่งชลประทานที่สอง

การศึกษาคุณภาพน้ำ ศึกษาพารามิเตอร์ที่สำคัญ ซึ่งคุณภาพน้ำด้านเคมี ได้แก่ ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen) ไนเตรท-ไนโตรเจน ($NO_3^-$ -N) ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (Biochemical Oxygen Demand) แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($NH_3$-N) ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ($PO_4^{3-}$) และคุณภาพน้ำด้านกายภาพ ได้แก่ ความขุ่น (Turbidity) ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) อุณหภูมิน้ำ (Water Temperature) ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solids) ของแข็งแขวนลอย (Suspended solids) ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (ตารางภาคผนวก ข 1 )

#### ค่าความเป็นกรด-เบส (pH)

จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำใน พบว่าค่าความเป็นกรด-เบส มีค่าอยู่ในช่วง 5.59 – 9.71 สถานี ST01 ฝายขอนขังข่า มีค่าต่ำที่สุด จากการเก็บตัวอย่างน้ำในสถานีมีลักษณะเป็นคลองธรรมชาติ เป็นคลองระบายน้ำเช่นเดียวกัน มีผักบุ้งน้ำ ผักกระเฉดน้ำและผักตบชวาอยู่บนผิวน้ำ และยังมีชุมชนที่อยู่ในระยะ 200 เมตรจากคลอง สถานี ST 34 บ้านหนองเตย มีค่าความเป็นกรด - เบสมากที่สุด เก็บน้ำในคลองยืมพื้นที่ใกล้เคียงเป็นแปลงนา ซึ่งข้าวอยู่ในช่วงกำลังเพาะปลูก การศึกษาของ ภาสกร สัทธานนท์ (2542) กล่าวว่า การที่ค่าความเป็นกรด - เบสมีค่าแตกต่างกันอาจเป็นได้ว่าเนื่องจากสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการชะล้างของดิน แต่มีความผันแปรกันน้อยมากในช่วงการเตรียมแปลง ระหว่างการเพาะปลูกและ ระหว่างการเก็บเกี่ยว การที่ค่าความเป็นกรด - เบสมีค่าต่ำและสูงเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสง เนื่องจากกระบวนการสังเคราะห์แสง มีการนำเอาคาร์บอนไดออกไซด์ออกไป ทำให้ค่าความเป็นกรด - เบส มีค่าสูงขึ้น

และกระบวนการหายใจซึ่งเป็นการเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ค่าความเป็นกรด – เบส มีค่าลดลง (ประมาณ พรหมสุทธิรักษ์, 2531)

ค่าการนำไฟฟ้า

จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำใน พบว่าค่าการนำไฟฟ้ามีค่าอยู่ในช่วง 104 – 414 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร สถานี ST 37 บ้านป่าพริก มีค่าต่ำที่สุด เก็บตัวอย่างน้ำเป็นคลองระบายน้ำ น้ำนิ่ง พื้นที่นาข้าวใกล้เคียงอยู่ในช่วงรอการเก็บเกี่ยว และสถานี ST 06 ฝายหนองจิกยาว มีค่าการนำไฟฟ้ามากที่สุด เก็บตัวอย่างน้ำด้านท้ายของฝาย พื้นที่ข้างคียงเป็นพื้นที่นาข้าวออกรวง และเป็นพื้นที่โล่งกว้างมีฝูงสัตว์ปล่อยอยู่ในพื้นที่ มีปริมาณน้ำน้อยมาก ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าแสดงถึงการแตกตัวของประจุของสารเคมีในน้ำ (ณัฏฐา หังสพฤกษ์, 2547) ค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะจะมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำ (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, 2538)

อุณหภูมิ

พบว่ามีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 25 - 33 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.4 องศาเซลเซียส ซึ่งจากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ พบว่าอุณหภูมิน้ำไม่แตกต่างกัน จากมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินกำหนดค่าอุณหภูมิให้เป็นไปตามธรรมชาติและอุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติ คือ ไม่เกิน 3 องศาเซลเซียส โดยปกติอุณหภูมิของน้ำในแม่น้ำลำคลองและแหล่งน้ำในประเทศไทยอยู่ระหว่าง 20 - 35 องศาเซลเซียส (เกษม จันทร์แก้ว, 2525)

ออกซิเจนละลายน้ำ

จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ พบว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0.9 - 8.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่สถานี ST 36 ฝายทับเสลามีค่าน้อยที่สุด เป็นที่ตั้งของฝายของหัวงาน เก็บน้ำเหนือฝาย น้ำเป็นน้ำขัง สถานี ST 34 บ้านหนองเตย มีค่ามากที่สุด เก็บน้ำในคลองยืมใกล้นาข้าวที่เป็นนาหว่านรอบๆ ผิวน้ำมีพืชน้ำ และสัตว์น้ำที่ลอยอยู่บนผิวน้ำ สีของน้ำเขียวอ่อน

ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี

จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ พบว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0.3 – 6.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่สถานี ST 12 บ้านป่าพริก 2 มีค่าน้อยที่สุด ลักษณะของพื้นที่เป็นพื้นที่นาข้าวทั้งสองฝั่งของคลอง เก็บน้ำในคลองธรรมชาติ น้ำจะมีปริมาณต่ำ ที่สถานี ST 29 บ้านหนองยาง มีค่า

มากที่สุด ลักษณะคลองเป็นคลองระบายน้ำไม่กว้าง มีขนาดเล็กใกล้พื้นที่นาข้าว ส่วนอีกด้านติดถนนเป็นคันกั้นระหว่างคลองส่งน้ำ สีของน้ำมีสีน้ำตาลเข้ม

ไนเตรท-ไนโตรเจน

สำหรับการใช้มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินเพื่อการเกษตร กำหนดค่าไนเตรทไนโตรเจนว่า ไม่เกินกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร คุณภาพน้ำที่วิเคราะห์ในพื้นที่มีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 0.04 - 0.24 มิลลิกรัมต่อลิตร สถานี ST15 บ้านหนองสระ มีค่าน้อยที่สุด เป็นคลองระบายน้ำ ส่วนสถานี ST 06 ฝายหนองจิกยาว บ้านหนองจิกยาว อำเภอทัพทัน มีค่ามากที่สุด พื้นที่เก็บตัวอย่างน้ำในด้านท้ายของฝายพื้นที่รอบๆ เป็นพื้นที่นาข้าวซึ่งออกรวงแล้ว และเป็นทุ่งโล่งกว้างมีสัตว์เลี้ยง (ควาย) มีปริมาณน้ำน้อย เป็นสถานีที่มีค่าการนำไฟฟ้า และค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดมากที่สุด ไนเตรทเป็นสารตัวสุดท้ายจากการออกซิเดชันของไนโตรเจน ส่วนใหญ่มาจากสารอินทรีย์ที่เน่าเปื่อย และปุ๋ย (มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์, 2537) และในแหล่งน้ำธรรมชาติจะพบกำหนดค่าไนเตรทไนโตรเจนประมาณ 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าในแหล่งน้ำที่มีไนเตรทมากอาจทำให้เกิดการเพิ่มประชากรของพืชน้ำอย่างรวดเร็ว (ยูโทรฟิเคชัน) และเป็นเหตุที่ทำให้สัตว์น้ำได้รับผลกระทบจากการลดปริมาณของออกซิเจนในเวลากลางคืน (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, 2538)

ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส

พบว่าค่าฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 0.07 - 0.40 มิลลิกรัมต่อลิตร สถานี ST 36 ฝายทับเสลา มีค่าฟอสเฟต - ฟอสฟอรัสมากที่สุด เก็บน้ำเหนือฝาย เวลา 8.25 นาฬิกา เนื่องจากเป็นฝายเก็บน้ำที่เป็นน้ำขังและมีการปล่อยน้ำที่ใช้แล้วออกจากบ้านเรือน เพราะว่ามีชุมชนข้างๆ คลองส่งน้ำเหนือฝายขึ้นไปเป็นระยะ และเป็นไปได้ว่าเมื่อคืนที่ผ่านมาก่อนเก็บน้ำมีฝนตกลงมา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของพอใจ ศรีสุวัฒนาสกุล (2549) ที่พบว่าเมื่อฝนตกทำให้เกิดการชะล้างพัดพาดินซึ่งมีฟอสเฟต - ฟอสฟอรัสลงมาสู่แหล่งน้ำ และสอดคล้องกับมาลี (2528) อ้างถึงใน ภาสกร สัทธานนท์ (2542) ว่าคนทั่วไปอาจคิดว่าฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำส่วนใหญ่มาจากปุ๋ยฟอสเฟตที่ชาวสวนรดต้นไม้ แต่ที่จริงแล้วฟอสเฟตไม่เหมือนไนเตรทเพราะไม่ละลายน้ำ ฟอสเฟตยังคงอยู่ในรูปปุ๋ยจึงมีส่วนน้อยที่หายไป ดังนั้นฟอสเฟตส่วนใหญ่ในแหล่งน้ำจึงมาจากผงซักฟอก ไมตรี ดวงสวัสดิ์และจารุวรรณ สมศิริ (2528) กล่าวว่าอย่างไรก็ตามปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำไม่ได้เป็นสารมลพิษที่จะทำอันตรายต่อสัตว์น้ำ เพียงแต่เป็นตัวการให้เกิด ยูโทรฟิเคชั่น เป็นเครื่องแสดงให้เห็นถึงความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารในแหล่งน้ำนั้นในการควบคุมและป้องกัน

การเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำ จึงกำหนดมาตรฐานไว้โดยไม่ควรมีปริมาณฟอสฟอรัสเกิน 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ในแหล่งน้ำที่มีปัญหามลพิษ จะมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงกว่า 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร

สถานี ST 23 บ้านหนองกระทุ่มฟอสเฟต - ฟอสฟอรัสมีค่าน้อยที่สุด เป็นของพื้นที่หมู่ 7 ต.หนองกลางดง อ.ทัพทัน ซึ่งเรียกลำห้วยนี้ว่าตะกุดเป็นคลองธรรมชาติ ไม่มีแหล่งชุมชนที่ตั้งในเขตใกล้ ๆ พื้นที่คลอง มีพืชที่ขึ้นตามสองฝั่งคลองตลอดความยาวและหนาแน่น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของของพอใจ ศรีสุวัฒนาสกุล (2549) ที่พบว่าพืชน้ำเหล่านี้อาจนำฟอสเฟตไปใช้ในการเจริญเติบโต เมื่อข้ามถนนดินแดงทั้งฝั่งซ้ายและฝั่งขวา พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาข้าวออกรวงสีเหลืองผืนใหญ่ ที่รอการเก็บเกี่ยว ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่ายังไม่มีกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่ส่งผลต่อการพัดพาตะกอนต่าง ๆ ลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้ค่าฟอสเฟต - ฟอสฟอรัสต่ำ

<u>แอมโมเนีย-ไนโตรเจน</u>

มีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 0.03 - 0.36 มิลลิกรัมต่อลิตร สถานี ST 04 ฝายศาลเจ้าปู่มีค่าต่ำที่สุดเป็นคลองน้ำธรรมชาติ ที่มีปริมาณน้ำมาก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของเปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต (2533) และ พอใจ ศรีสุวัฒนาสกุล (2549) ที่พบว่า แหล่งน้ำที่ปริมาณน้ำมากและแหล่งน้ำที่มีขนาดใหญ่ มีโอกาสสูงที่ทำให้เกิดการเจือจางความเข้มข้นของแอมโมเนีย - ไนโตรเจน โดยพื้นที่ของทั้งสองฝั่งเป็นพื้นที่นาข้าว ขอบตลิ่งของคลองมีต้นไม้เล็กตลอดความยาวคลอง ส่วนสถานีที่มีค่าแอมโมเนีย – ไนโตรเจนมากที่สุดคือ สถานี ST 27 บ้านวังพลับ เป็นคลองธรรมชาติ ปริมาณน้ำน้อย ตลิ่งคลองปกคลุมด้วยต้นไผ่หนาแน่นทั้งสองฝั่ง แสงสามารถส่องผ่านได้น้อย ส่วนพื้นที่รอบๆ เป็นพื้นที่นาข้าวออกรวงสีเหลือง

<u>ความขุ่น</u>

มีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 7 - 126 เอ็นทียู (NTU) สถานี ST 03 บ้านหนองเค้าและสถานี ST 11 บ้านป่าพริก 1 มีค่าต่ำที่สุด สถานี ST 03 บ้านหนองเค้า เป็นคลองส่งน้ำ ในคลองมีปริมาณน้ำน้อยมาก เหมือนน้ำที่ขังอยู่ และสถานี ST 11 บ้านป่าพริก 1 เป็นคลองธรรมชาติ มีขนาดกว้าง แต่ปริมาณน้ำต่ำ ไม่มีบ้านเรือนใกล้เคียง สถานี ST 33 มีค่ามากที่สุด เก็บน้ำในคลองส่งน้ำที่มีปริมาณน้ำมาก มีคลองเชื่อมเพื่อให้น้ำไหลเข้าสู่พื้นที่นาข้าวและน้ำจากนาข้าวยังสามารถระบายลงสู่คลอง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 40 เอ็นทียู (NTU) มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 32.4

ของแข็งทั้งหมด

มีค่าพิสัยตั้งแต่ 123 – 454 มิลลิกรัมต่อลิตร สถานี ST 45 บ้านบ่อทับใต้ มีค่าต่ำที่สุด เก็บน้ำที่คลองระบายน้ำ ที่มีปริมาณน้ำมาก โดยพื้นที่ติดกับคลองติดพื้นที่นาข้าวที่ออกรวงและมีต้นไม้ที่ขึ้นอยู่รอบๆ คลองในอีกฝั่งหนึ่ง ไม่พบบ้านเรือน ชุมชนที่อาศัยอยู่ใกล้ๆ อาจจะเป็นได้ว่ายังไม่มีการทำกิจกรรมใดๆ ที่ส่งผลกระทบต่อน้ำในคลองเช่น การใช้น้ำเพื่อการเกษตร สถานี ST 06 ฝายหนองจิกยาว เป็นฝายที่สร้างเมื่อปีพ.ศ. 2546 พร้อมคลองส่งน้ำยาว 200 เมตร เป็นสถานีที่มีค่าของแข็งทั้งหมดมากที่สุด มีปริมาณน้ำต่ำ

ของแข็งแขวนลอย

มีค่าพิสัยตั้งแต่ 5 – 133 มิลลิกรัมต่อลิตร สถานี ST 11 บ้านป่าพริก 1 มีค่าต่ำที่สุด เป็นคลองธรรมชาติ มีขนาดกว้างแต่ปริมาณน้ำต่ำ ไม่มีบ้านเรือนใกล้เคียง นิวัติ เรืองพานิช (2547) กล่าวเสริมว่า รากต้นไม้และเศษไม้ที่ร่วงหล่นปกคลุมหน้าดินจะเป็นตัวช่วยยึดเหนี่ยวเม็ดดินไว้ป้องกันมิให้เกิดการพังทลายโดยง่าย เพื่อลดความเข้มข้นของตะกอน ในสถานี ST 09 บ้านหนองจอก 2 มีค่ามากที่สุด ปริมาณน้ำพอสมควร ลักษณะของน้ำมีสีขุ่นอย่างชัดเจน เป็นคลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย ขนาดคลองส่งน้ำจะกว้างมากกว่าช่วงต้นๆ มีการพังทลายของตลิ่งคอนกรีต ซึ่งสอดคล้องกับนิพนธ์ ตั้งธรรม (2527) ที่กล่าวว่าเมื่อความลาดเทมากขึ้น อัตราการพังทลายดินก็มากขึ้น เกิดการแตกตัวของเม็ดดินและง่ายต่อการพัดตะกอนลงสู่แหล่งน้ำ และจากลักษณะของพื้นที่ระดับของน้ำจากคลองระบายและคลองส่งน้ำมีระดับน้ำเดียวกัน การพังของตลิ่งคลองส่งน้ำอาจเป็นปัจจัยในการเพิ่มของแข็งแขวนลอยในแหล่งน้ำ มีบ้านอยู่หนึ่งหลังคาเรือนใช้แหล่งน้ำเดียวกัน

ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำความสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson correlation)

จากการทดสอบโดยใช้ความสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson correlation) ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r) กับคุณภาพน้ำในพื้นที่โครงการ ฯ (ตารางภาคผนวก ข 2) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 พบว่า (1) ค่าความเป็นกรด-เบสกับพารามิเตอร์ออกซิเจนละลายน้ำ อุณหภูมิ และความขุ่น (2) ค่าการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับไนเตรท ของแข็งทั้งหมดและ ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (3) ออกซิเจนละลายน้ำความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ และความขุ่น (4) ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีมีความสัมพันธ์กับ ของแข็งแขวนลอย (5) ไนเตรทมีความสัมพันธ์กับของแข็งทั้งหมดและ ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (6) ของแข็งทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และของแข็งแขวนลอย โดยมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ความสัมพันธ์ของคลองระบายน้ำของ 22 สถานี ในพื้นที่โครงการฯ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่าอุณหภูมิ มีความสัมพันธ์กับระยะทางอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากต้นน้ำจะมีร่มของต้นไม้มากกว่าท้ายน้ำที่เป็นพื้นที่นาข้าว และคุณภาพน้ำในพื้นที่โครงการชลประทานทับเสลาใต้ของคลองส่งน้ำมีคุณภาพน้ำที่ดีกว่าคุณภาพน้ำของของระบายน้ำ (Hungspreug, Chooaksorn and Sudcha, 2007)

ดัชนีคุณภาพน้ำที่ระบายออกจากพื้นที่เกษตร (พื้นที่เพาะปลูก)

เมื่อได้วิเคราะห์แบบสอบถามเพื่อให้ได้ค่าน้ำหนักของแต่ละพารามิเตอร์และระดับความสำคัญของแต่ละพารามิเตอร์ที่จะนำค่าทั้งสองรวมกันเป็นค่าเดียวจากสมการของ Ved et al. (1990)

$$WQI=\sum_{i=1}^{n} w_i \, I_i \qquad (4.20)$$

เมื่อ WQI คือ ดัชนีคุณภาพน้ำที่ระบายออกจากพื้นที่เกษตร (พื้นที่เพาะปลูก)

$w_i$ คือ น้ำหนักตามระดับสำคัญของแต่ละพารามิเตอร์ (i = ถึง n )

$I_i$ คือ ระดับคะแนนที่ได้จากสมการดัชนีย่อยของแต่ละพารามิเตอร์ (i = ถึง n)

n คือ คุณภาพน้ำที่ใช้คำนวณทั้งหมด

จากตารางที่ 4.1 เมื่อใช้ 13 พารามิเตอร์ และค่าน้ำหนักที่ได้จากแบบสอบถาม แทนค่าลงในสมการ 4.20 ได้สมการดัชนีคุณภาพน้ำที่ระบายออกจากพื้นที่เกษตร คือสมการที่ 4.21 ซึ่งค่า Sub index weight ($w_i$) ได้จากแบบสอบถามชุดที่หนึ่งที่ตอบกลับมา (ตารางที่ 4.1และตารางที่ 4.2)

$$\begin{aligned} WQI\ (Agr_{13}) = {} & 0.102\ (pH) + 0.100\ (TOrCl) + 0.088\ (PO_4^{3-}) + 0.088\ (NO_3^{-}) + \\ & 0.083\ (BOD) + 0.082\ (DO) + 0.082\ (NH_3) + 0.068\ (EC) + \\ & 0.064\ (SS) + 0.063\ (FCB) + 0.061\ (TCB) + 0.060\ (TS) + \\ & 0.059\ (Tur) \end{aligned} \qquad (4.21)$$

เมื่อ

| | | |
|---|---|---|
| WQI ($Agr_{13}$) | คือ | ดัชนีคุณภาพน้ำที่ระบายออกจากภาคเกษตรกรรม (คะแนน) |
| TOrCl | คือ | ระดับคะแนนของค่าสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด |
| pH | คือ | ระดับคะแนนของค่าความเป็นกรด - เบส |
| $PO_4^{3-}$ | คือ | ระดับคะแนนของค่าฟอสเฟต - ฟอสฟอรัส |
| $NO_3^-$ | คือ | ระดับคะแนนของค่าไนเตรท - ไนโตรเจน |
| BOD | คือ | ระดับคะแนนของค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี |
| DO | คือ | ระดับคะแนนของค่าออกซิเจนละลายน้ำ |
| $NH_3$ | คือ | ระดับคะแนนของค่าแอมโมเนีย - ไนโตรเจน |
| EC | คือ | ระดับคะแนนของค่าการนำไฟฟ้า |
| FCB | คือ | ระดับคะแนนของค่าฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย |
| TCB | คือ | ระดับคะแนนของค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด |
| SS | คือ | ระดับคะแนนของค่าของแข็งแขวนลอย |
| TS | คือ | ระดับคะแนนของค่าของแข็งทั้งหมด |
| Tur | คือ | ระดับคะแนนของค่าความขุ่น |

การวิเคราะห์พารามิเตอร์ สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด 10 สถานี พบว่าไม่สามารถวัดค่าได้ (Not Detected) อาจเป็นว่ามีค่าน้อยกว่า 0.003 มิลลิกรัมต่อลิตร จากตารางที่ 4.3 นำค่า Sub index weight ($w_i$) คูณกับค่าของพารามิเตอร์ ($I_i$) ได้ดังสมการที่ 4.22 จากค่า Sub index weight ($w_i$) 10 พารามิเตอร์ที่ได้จากแบบสอบถาม โดยลดพารามิเตอร์ลงไป 3 พารามิเตอร์คือ สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด ฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด จากสมการที่ได้พบว่า เมื่อลดปริมาณพารามิเตอร์ลงไป ทำให้ค่าน้ำหนักที่ได้เพิ่มมากขึ้น นั่นคือ พารามิเตอร์ที่ได้ยิ่งมีความสำคัญเพิ่มขึ้น

$$\begin{aligned} WQI\ (Agr_{10}) = {} & 0.132\ (pH) + 0.113\ (PO_4^{3-}) + 0.113\ (NO_3^-) + 0.107\ (BOD) + \\ & 0.106\ (DO) + 0.106\ (NH_3) + 0.087\ (EC) + 0.082\ (SS) + \\ & 0.078\ (TS) + 0.076\ (Tur) \end{aligned} \qquad (4.22)$$

เมื่อ

| | | |
|---|---|---|
| WQI ($Agr_{10}$) | คือ | ดัชนีคุณภาพน้ำที่ระบายออกจากภาคเกษตรกรรม (คะแนน) |
| pH | คือ | ระดับคะแนนของค่าความเป็นกรด-เบส |
| $PO_4^{3-}$ | คือ | ระดับคะแนนของค่าฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส |
| $NO_3^-$ | คือ | ระดับคะแนนของค่าไนเตรท-ไนโตรเจน |
| BOD | คือ | ระดับคะแนนของค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี |
| DO | คือ | ระดับคะแนนของค่าออกซิเจนละลายน้ำ |
| $NH_3$ | คือ | ระดับคะแนนของค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน |
| EC | คือ | ระดับคะแนนของค่าการนำไฟฟ้า |
| SS | คือ | ระดับคะแนนของค่าของแข็งแขวนลอย |
| TS | คือ | ระดับคะแนนของค่าของแข็งทั้งหมด |
| Tur | คือ | ระดับคะแนนของค่าความขุ่น |

สมการที่ 4.22 ค่าที่ได้จากสมการดัชนีย่อยของแต่ละพารามิเตอร์ นำมาคูณกับค่าน้ำหนัก (ภาคผนวก ค 1) ซึ่งจาก แผนที่ 4.1 - แผนที่ 4.10 ดัชนีคุณภาพน้ำของแต่ละพารามิเตอร์ พบว่าดัชนีคุณภาพน้ำทั้ง 45 สถานี (ตารางที่ 4.5 และแผนที่ 4.11)

สถานีที่มีคะแนนดัชนีคุณภาพน้ำต่ำที่สุดเท่ากับ 50.89 คะแนน คือ สถานี ST 02 บ้านท่าชะอม ตำบลเขากวางทอง อำเภอหนองฉาง ซึ่งพารามิเตอร์ที่ทำให้ดัชนีคุณภาพน้ำที่ได้มีคะแนนต่ำ คือ ออกซิเจนละลายน้ำ ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี การนำไฟฟ้า และของแข็งแขวนลอย ลักษณะของจุดเก็บตัวอย่างเป็นคลองระบาย อยู่ที่กิโลเมตร 4.590 ต่อจากฝายทับเสลา เป็นต้นแม่น้ำที่เริ่มเข้ามาในพื้นที่ของโครงการชลประทานฯ มีชุมชนในระยะ 200 เมตร และติดกับพื้นที่นาข้าว น้ำมีปริมาณน้อย ผักบุ้งน้ำลอยปกคลุมอยู่บนผิวน้ำ รวมทั้งต้นไม้ใหญ่ที่มีรากบางส่วนอยู่ในแหล่งน้ำ คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม เทียบกับมาตรฐานแหล่งน้ำ เป็นประเภท 4 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน และเพื่อการอุตสาหกรรม สถานีที่มีคะแนนมากที่สุดเท่ากับ 79.95 คะแนน คือ สถานี ST 45 บ้านบ่อทับใต้ เป็นสถานีที่อยู่ตอนท้ายของพื้นที่โครงการฯ ออกซิเจนละลายน้ำมีคะแนนต่ำ ลักษณะของจุดเก็บตัวอย่างเป็นคลองระบายน้ำ มีปริมาณน้ำมาก คลองติดกับนาข้าว

ที่ออกรวงเหลือง มีพื้นที่ชุมชนในระยะไกล ประมาณ 500 เมตร ห่างจากถนนใหญ่ 200 เมตร คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดี เทียบกับมาตรฐานแหล่งน้ำเป็นแหล่งน้ำประเภท 2 แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและ สามารถเป็นประโยชน์เพื่อ การอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน เพื่อการอนุรักษ์สัตว์น้ำ เพื่อการประมง และเพื่อการว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

ค่าดัชนีคุณภาพน้ำที่ระบายออกจากพื้นที่เกษตรในพื้นที่โครงการชลประทานทับเสลาใต้ เท่ากับ 66.53 คะแนน เมื่อเทียบกับมาตรฐานแหล่งน้ำ คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์พอใช้และเทียบได้กับคุณภาพน้ำประเภทที่ 3 แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน และเพื่อการเกษตร จากระยะทางตั้งแต่น้ำเข้ามาในพื้นที่โครงการชลประทานทับเสลาใต้ พารามิเตอร์ที่มีปัญหาในพื้นที่โครงการฯ คือ ค่าออกซิเจนละลายน้ำ มีความแปรปรวนมากในพื้นที่ ซึ่งตามมาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดิน ต้องมีค่าออกซิเจนละลายน้ำ ไม่น้อยกว่า 6 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเทียบกับแหล่งน้ำประเภทที่ 2 และมีค่าออกซิเจนละลายน้ำ ไม่น้อยกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเทียบกับแหล่งน้ำประเภทที่ 3

ตารางที่ 4.5

ดัชนีคุณภาพน้ำที่ระบายออกจากพื้นที่เกษตร

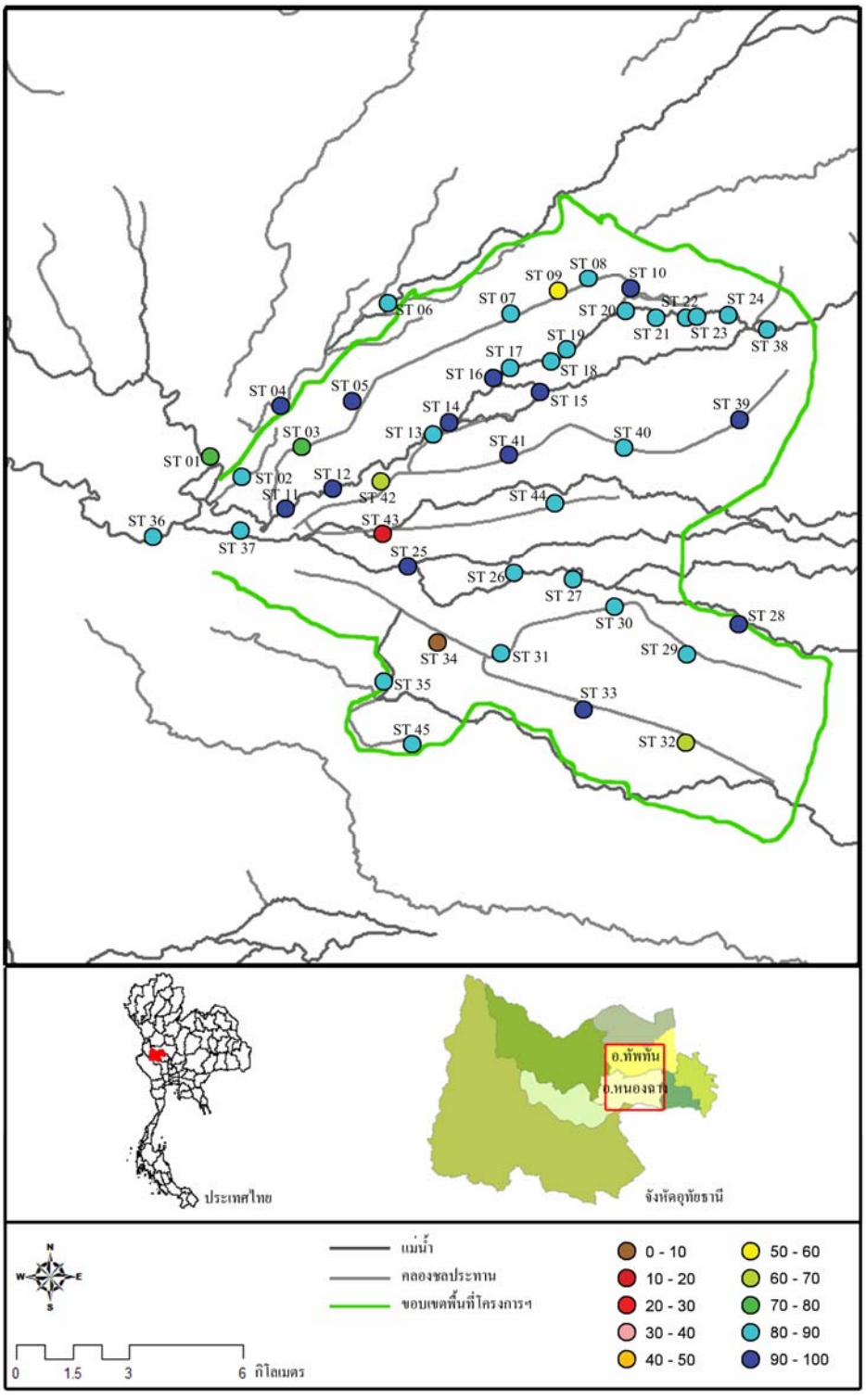
| สถานี | ชื่อ | ดัชนีคุณภาพน้ำที่ระบายออกจากพื้นที่เกษตร | มาตรฐานคุณภาพน้ำประเภทที่ |
|---|---|---|---|
| ST01 | ฝายขอนขังข่า | 67.84 | 3 |
| ST02 | บ้านท่าชะอม | 50.89 | 4 |
| ST03 | บ้านหนองเค้า | 72.72 | 2 |
| ST04 | ฝายศาลเจ้าปู่ | 71.06 | 2 |
| ST05 | บ้านถนนใหม่ | 66.5 | 3 |
| ST06 | ฝายหนองจิกยาว | 64.92 | 3 |
| ST07 | บ้านโป่งตะคลอง | 64.64 | 3 |
| ST08 | บ้านหนองจอก1 | 71.34 | 2 |
| ST09 | บ้านหนองจอก2 | 52.99 | 4 |
| ST10 | บ้านตากรุด | 63.82 | 3 |
| ST11 | บ้านป่าพริก | 75.1 | 2 |
| ST12 | บ้านป่าพริก2 | 71.66 | 2 |
| ST13 | ฝายหนองนกยูง | 69.42 | 3 |
| ST14 | ฝายหนองกระทุ่ม | 74.31 | 2 |
| ST15 | บ้านหนองสระ | 71.2 | 2 |
| ST16 | ฝายหนองโรง | 74.73 | 2 |
| ST17 | ฝายใหม่ | 74.22 | 2 |
| ST18 | ฝายหนองสระ | 67.18 | 3 |
| ST19 | ฝายกำนันเอี้ยง | 71.89 | 2 |
| ST20 | ฝายตะกรุด | 71.49 | 2 |
| ST21 | ฝายตาติ่ง | 77.95 | 2 |
| ST22 | ฝายตาไพ | 73.2 | 2 |
| ST23 | บ้านหนองกระทุ่ม | 72.5 | 2 |
| ST24 | ฝายผู้ใหญ่เฉวียง | 74.19 | 2 |

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

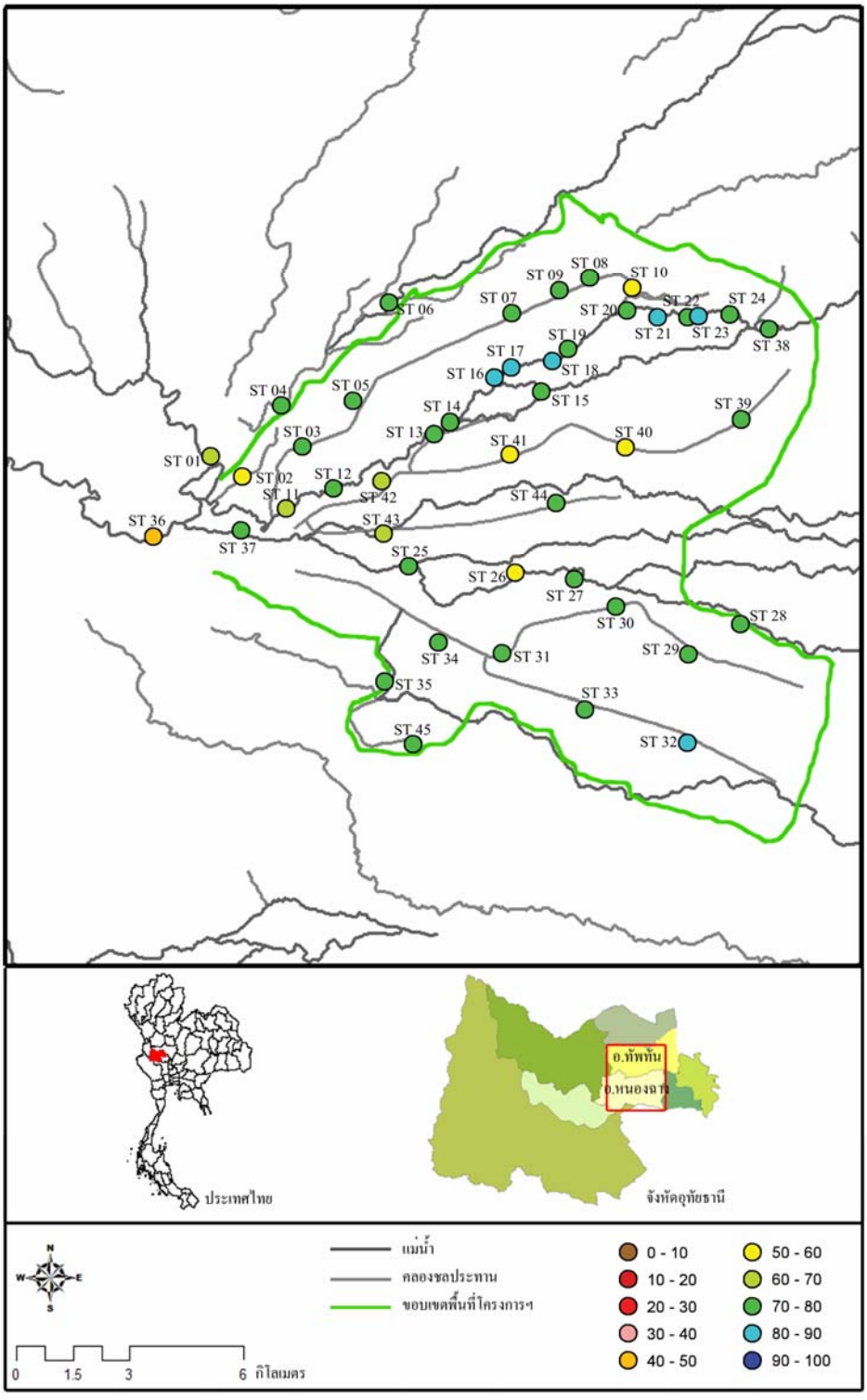
ดัชนีคุณภาพน้ำที่ระบายออกจากพื้นที่เกษตร

| สถานี | ชื่อ | ดัชนีคุณภาพน้ำที่ระบายออกจากพื้นที่เกษตร | มาตรฐานคุณภาพน้ำประเภทที่ |
|---|---|---|---|
| ST25 | ฝายตะโก | 53.47 | 4 |
| ST26 | บ้านหนองเต่า | 56.23 | 4 |
| ST27 | บ้านวังพลับ | 57.58 | 4 |
| ST28 | ฝายบ่อมาตร | 71.64 | 2 |
| ST29 | บ้านหนองยาง | 67.15 | 3 |
| ST30 | บ้านหนองหมอ | 61.64 | 3 |
| ST31 | บ้านดงตะเคียน | 66.03 | 3 |
| ST32 | บ้านหนองอีเพลิน | 61.46 | 3 |
| ST33 | บ้านล่อมเสือโฮก | 52.95 | 4 |
| ST34 | บ้านหนองเตย | 65.2 | 3 |
| ST35 | บ้านเกาะตาช้าง | 51.07 | 4 |
| ST36 | ฝายทับเสลา | 56.97 | 4 |
| ST37 | บ้านป่าพริก3 | 56.08 | 4 |
| ST38 | บ้านหนองเรือตะโกลน | 72.69 | 2 |
| ST39 | บ้านหนองโมก | 59.22 | 4 |
| ST40 | บ้านทุ่งหลวง | 61.94 | 3 |
| ST41 | บ้านหนองจิกยาว | 74.61 | 2 |
| ST42 | บ้านหนองค้า | 70.34 | 2 |
| ST43 | บ้านสวนม่วง | 59.81 | 4 |
| ST44 | บ้านหนองหม้อแกง | 71.96 | 2 |
| ST45 | บ้านบ่อทับใต้ | 79.95 | 2 |
| | ค่าเฉลี่ย | 66.53 | 3 |
| | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | 7.79 | |
| | ค่าต่ำสุด | 50.89 | |
| | ค่าสูงสุด | 79.95 | |

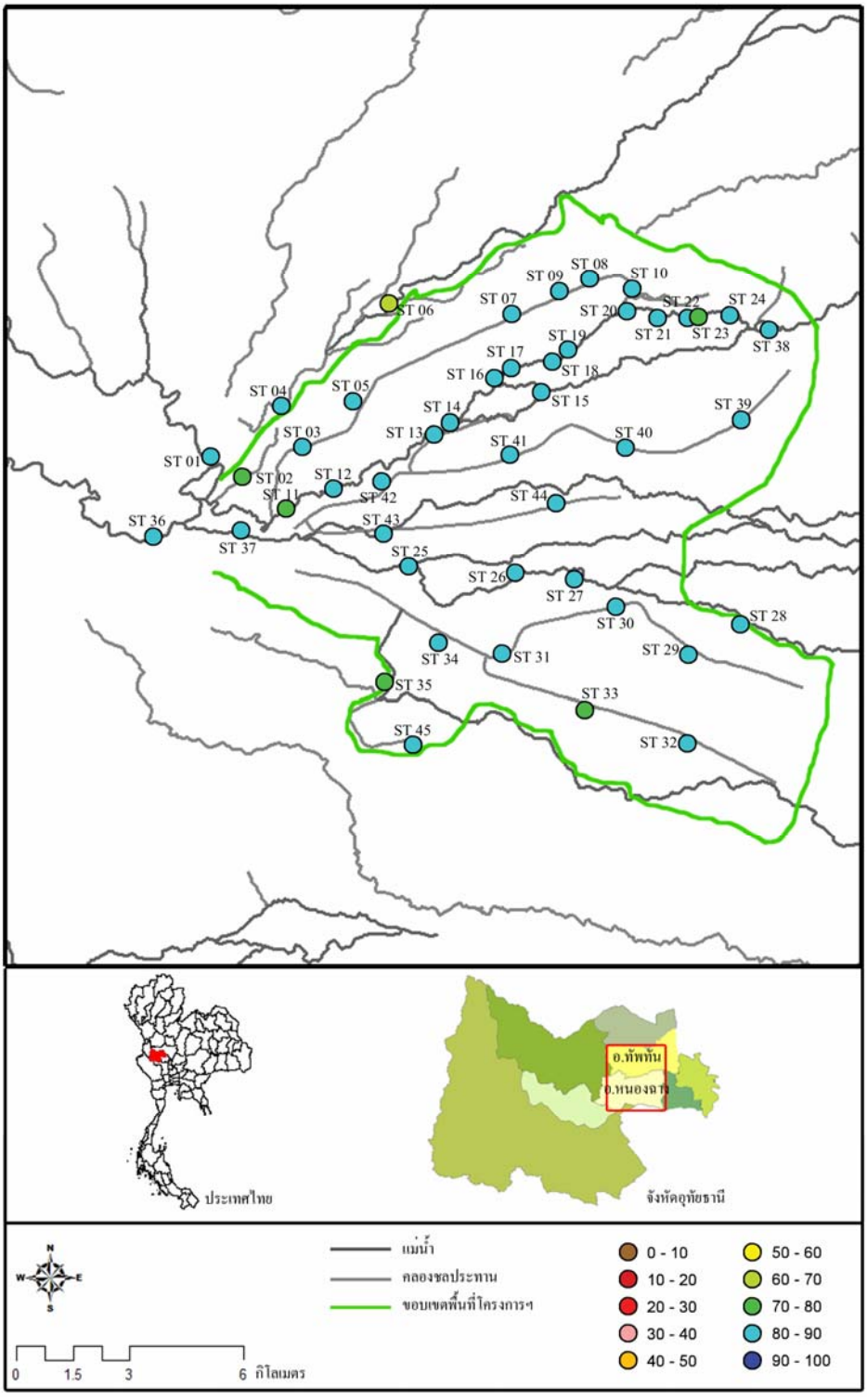
แผนที่ 4.1
แผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำค่าความเป็นกรด-เบส



แผนที่ 4.2
แผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำค่าฟอสเฟต

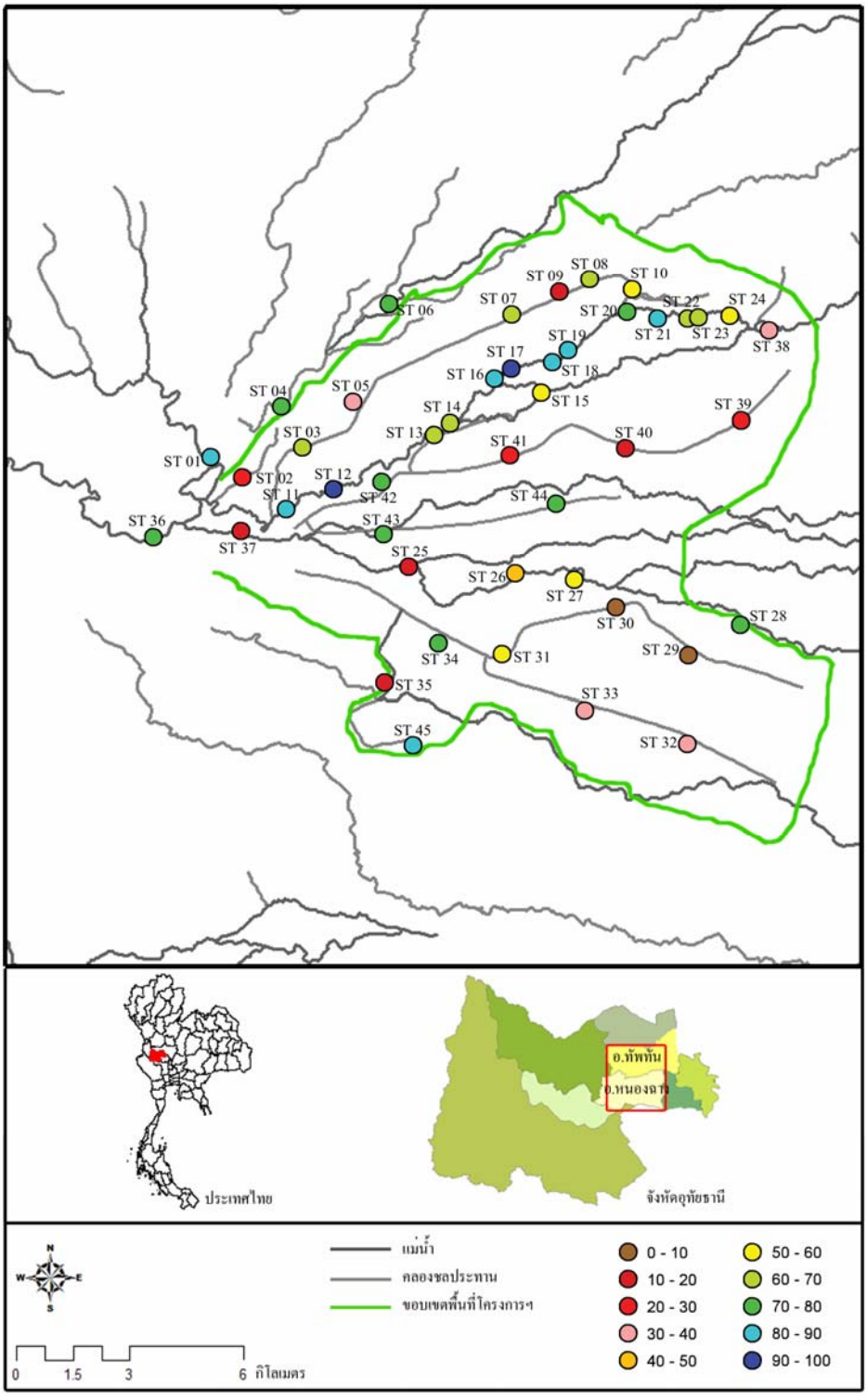


แผนที่ 4.3
แผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำค่าไนเตรท

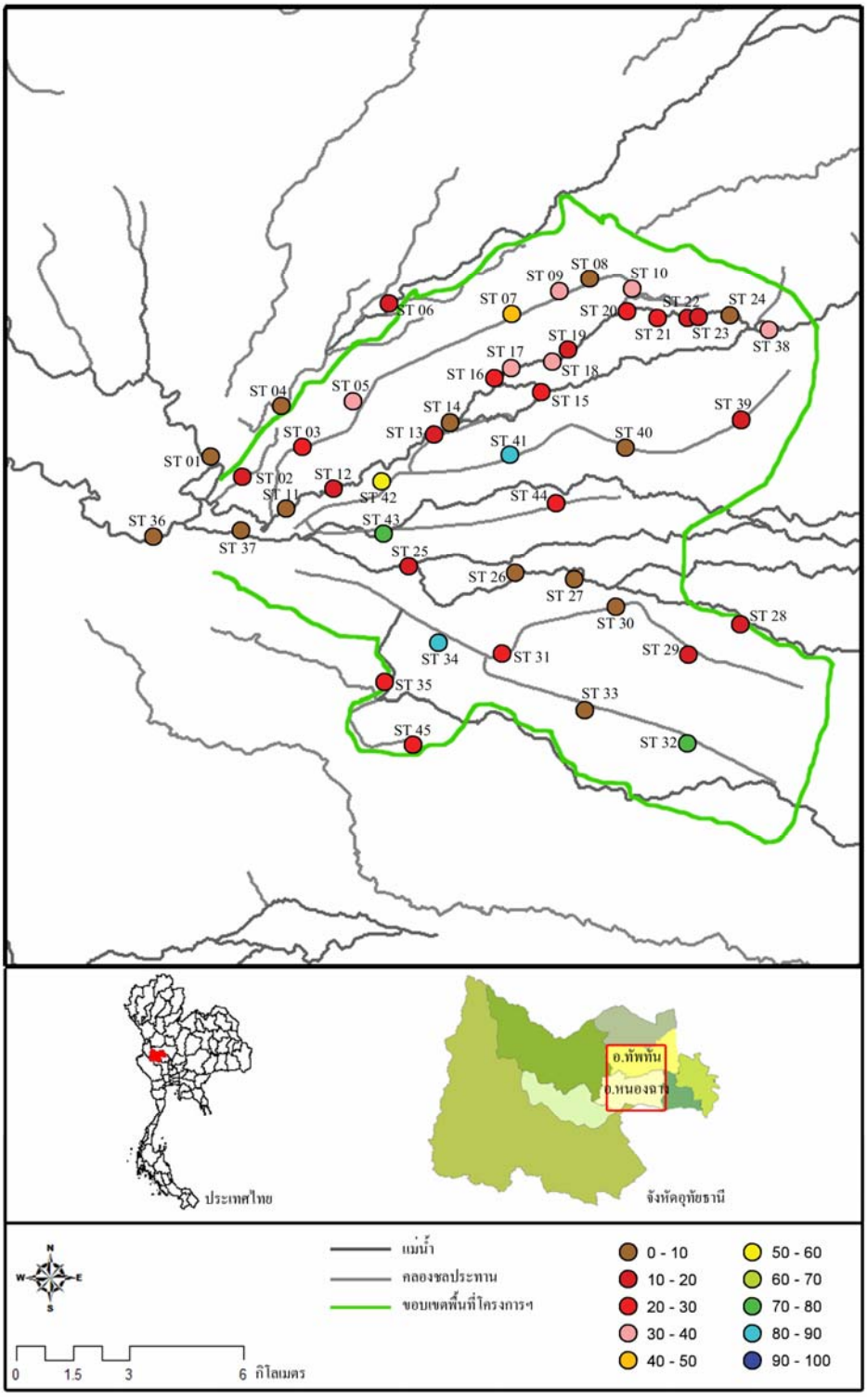


แผนที่ 4.4

แผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำค่าความต้องการออกซิเจนทางชีเคมี

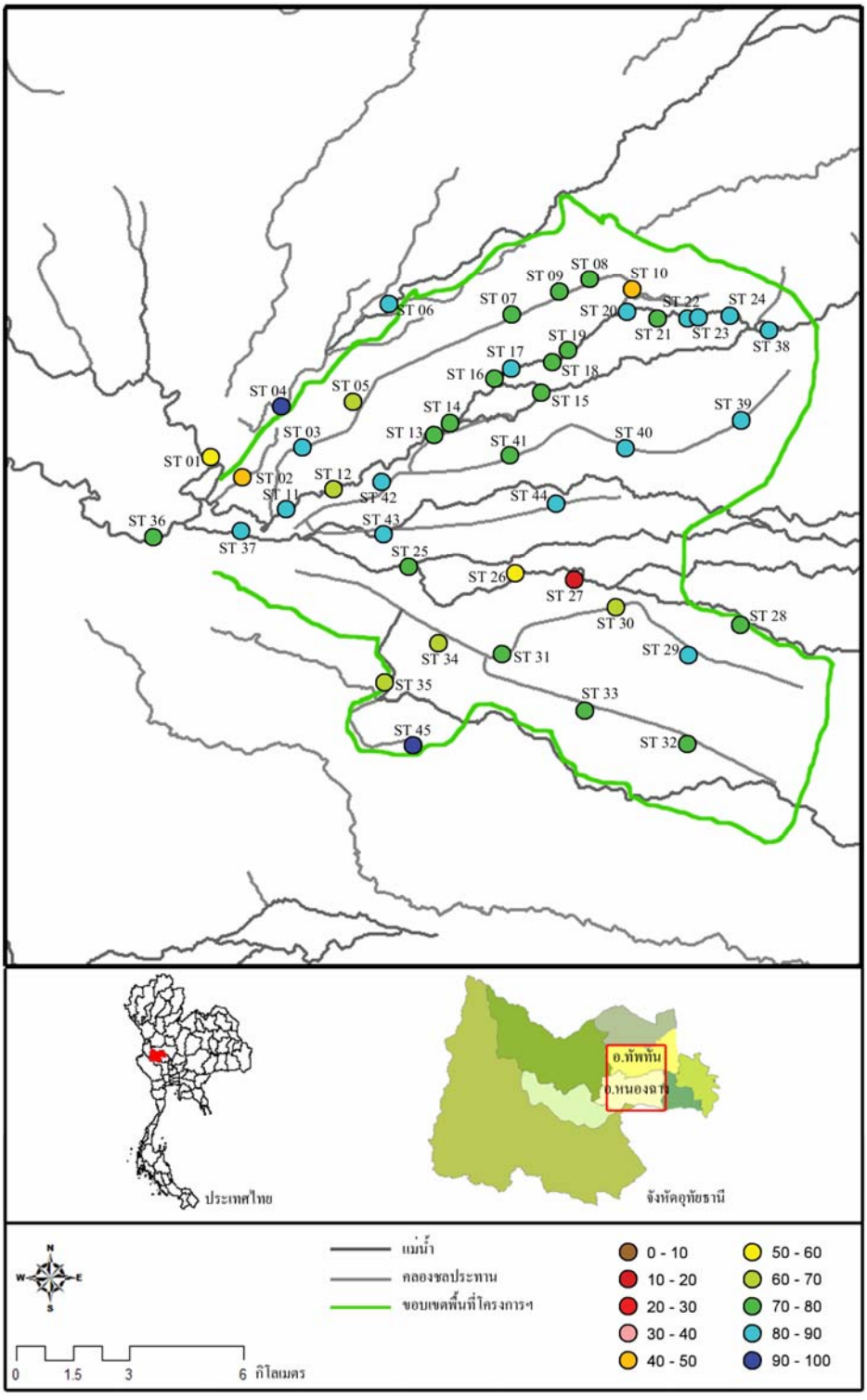


แผนที่ 4.5
แผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำค่าออกซิเจนละลายน้ำ

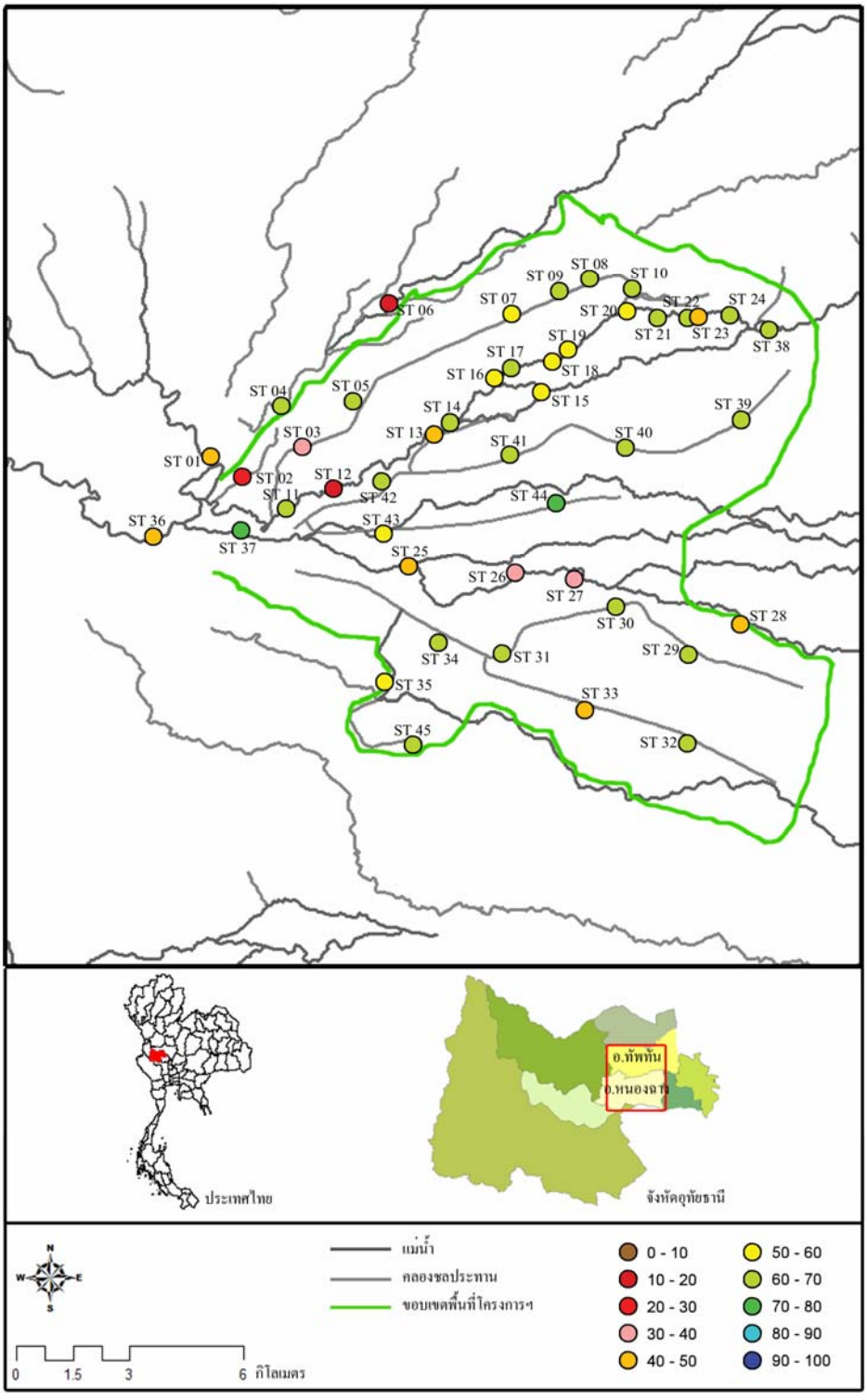


แผนที่ 4.6

แผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำค่าแอมโมเนีย

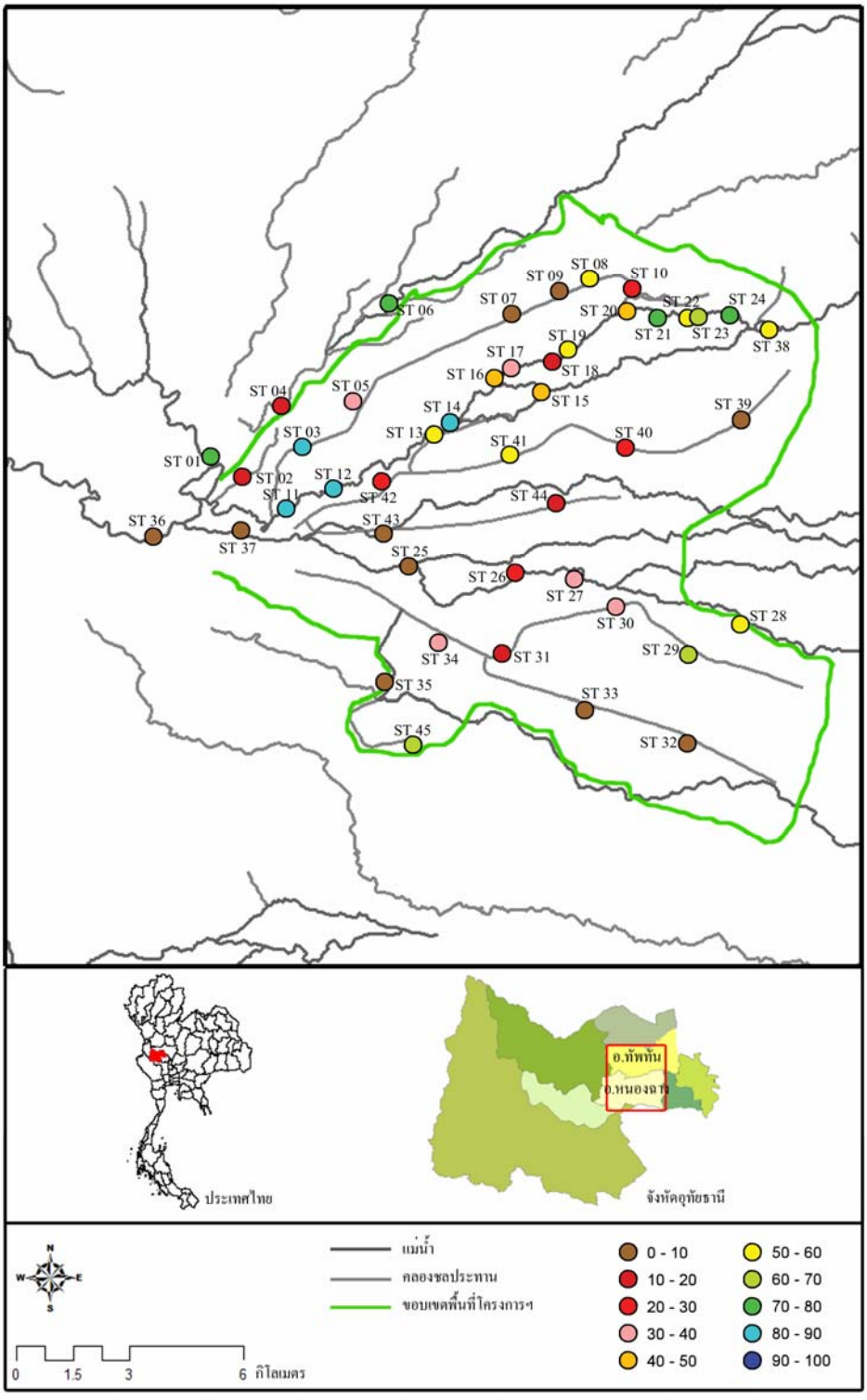


แผนที่ 4.7
แผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำค่าการนำไฟฟ้า

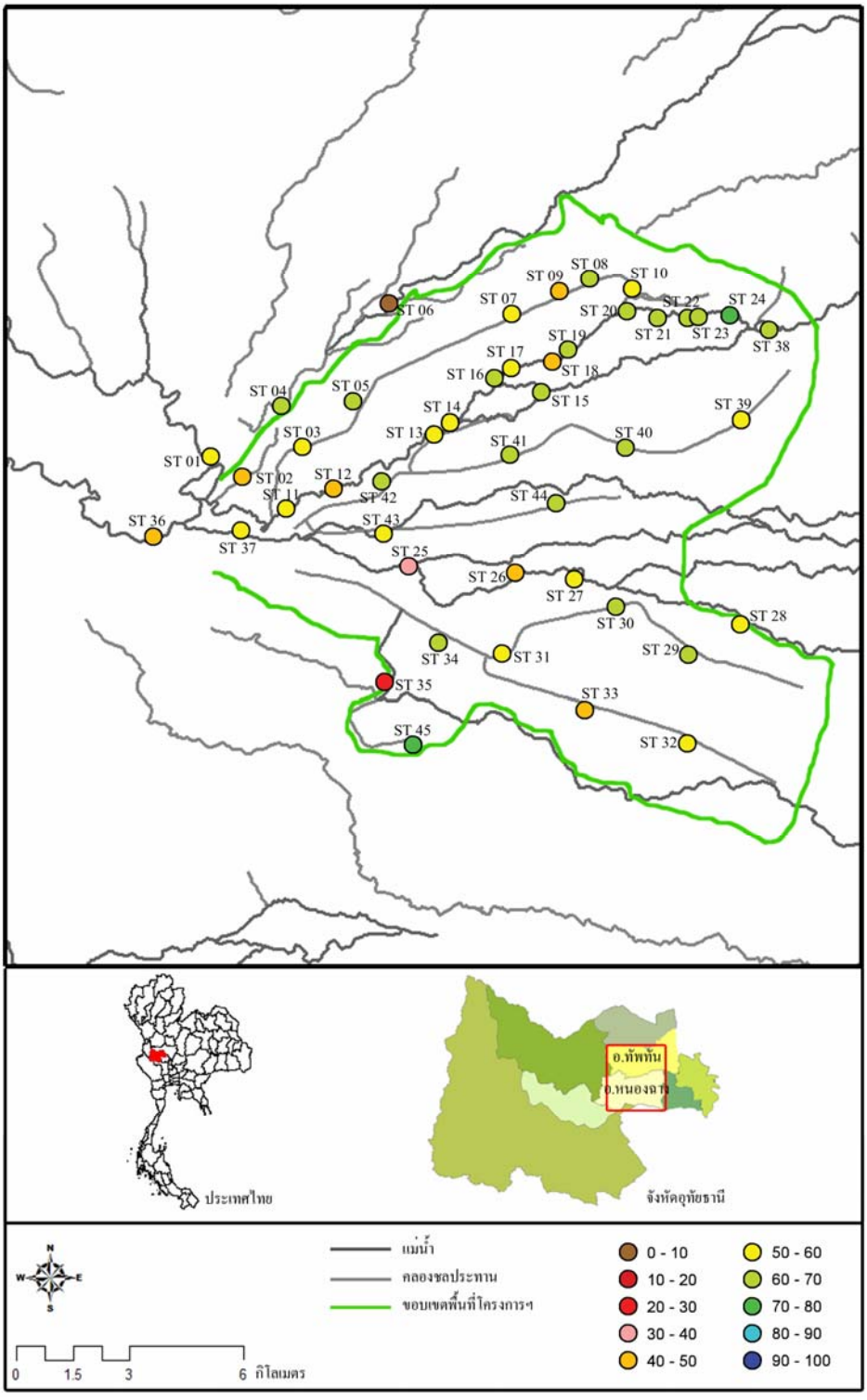


แผนที่ 4.8

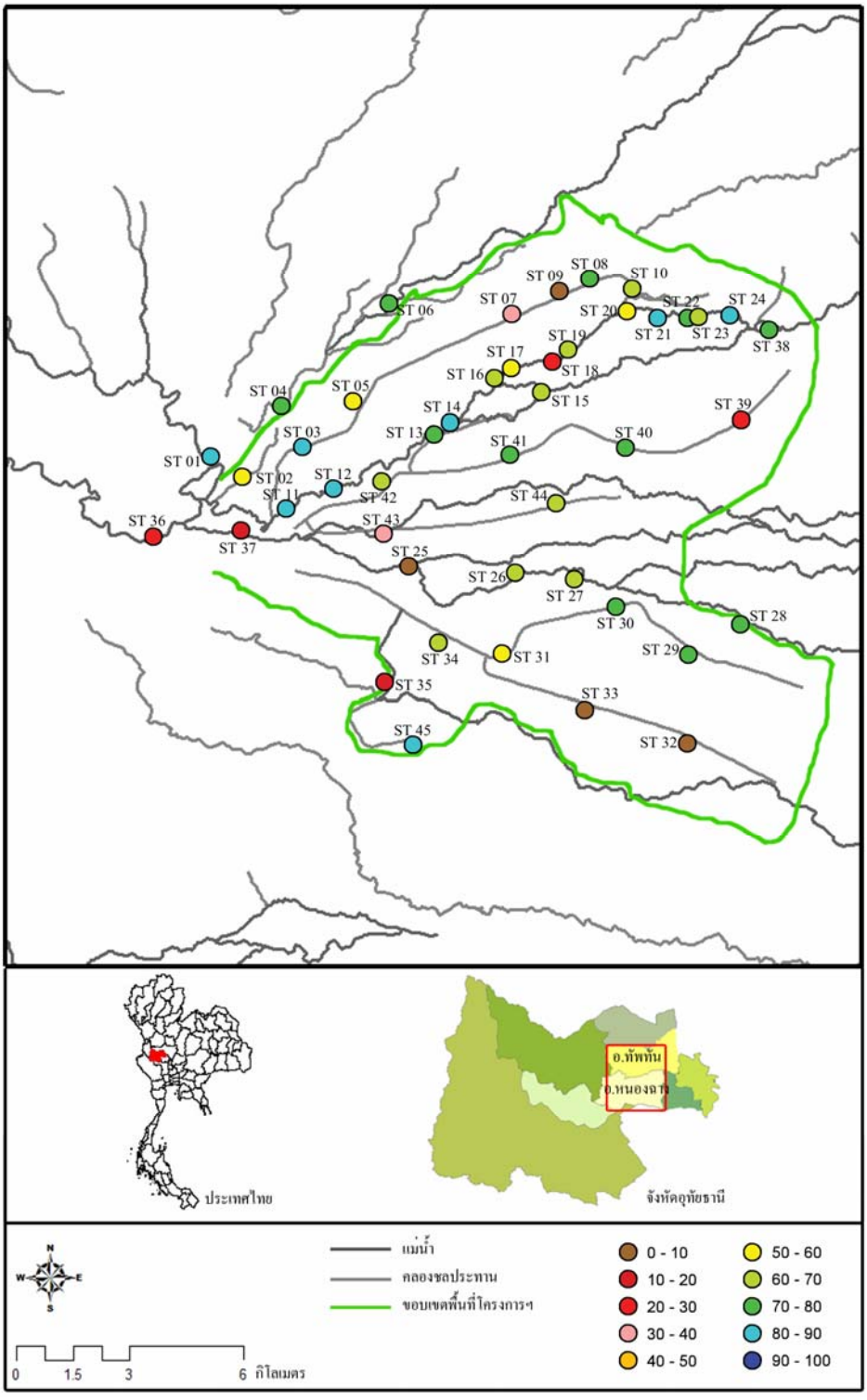
แผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำค่าของแข็งแขวนลอย



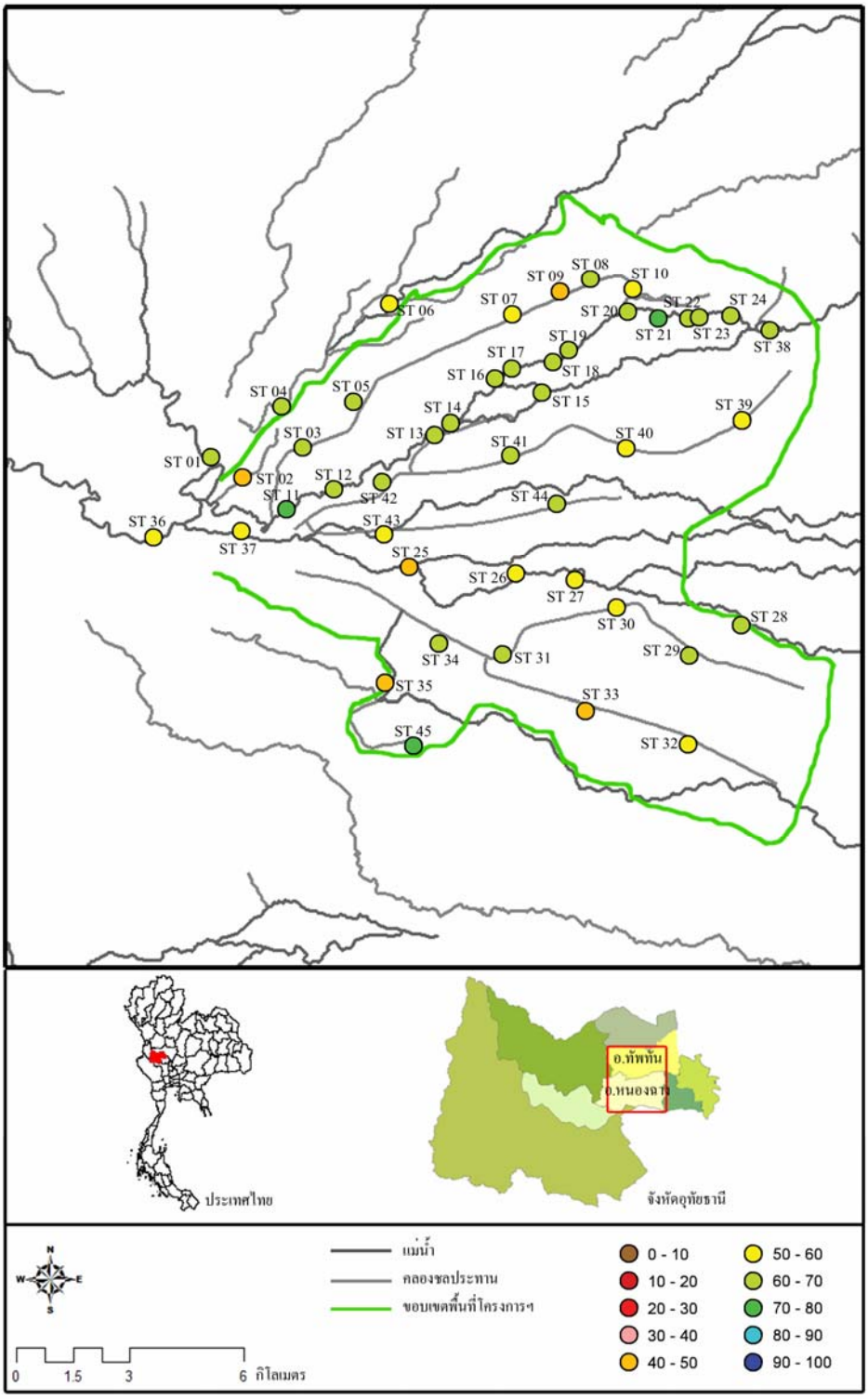
แผนที่ 4.9
แผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำค่าของแข็งทั้งหมด



แผนที่ 4.10
แผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำค่าความขุ่น



แผนที่ 4.11
แผนที่ดัชนีคุณภาพน้ำที่ระบายออกจากภาคเกษตรกรรม
ในพื้นที่โครงการชลประทานห้วยทับเสลาใต้



การทดสอบสถิติ

การทดสอบไคสแควร์

เพื่อให้ดัชนีคุณภาพน้ำสามารถใช้ง่ายและเพื่อต้องการลดพารามิเตอร์ เพื่อช่วยในการประหยัดงบประมาณและทรัพยากรบุคคล จากสมการดัชนีคุณภาพน้ำที่ได้จากการศึกษา 10 พารามิเตอร์ วิเคราะห์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่าพารามิเตอร์ที่ควรนำมาใช้ทั้งหมดคือ ค่าความเป็นกรด - เบส ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี ของแข็งแขวนลอย และค่าความขุ่น จึงใช้การทดสอบสถิติ

การให้น้ำหนักที่ได้จากแบบสอบถาม พบว่า พารามิเตอร์ที่มีค่าน้ำหนักสำคัญมากใน 3 ลำดับ คือ ค่าความเป็นกรด - เบส ค่าไนเตรท - ไนโตรเจน และค่าฟอสเฟต - ฟอสฟอรัส และในการนำเข้าสมการเพื่อหาค่าดัชนีคุณภาพน้ำที่ระบายออกจากภาคเกษตร พบว่า ดัชนีคุณภาพน้ำของค่าไนเตรท - ไนโตรเจน มีพิสัย 69.99 คะแนน ถึง 93.90 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่า 4.18 (ภาคผนวก ค 1) ค่าไนเตรท – ไนโตรเจน ของทุกสถานีในพื้นที่ศึกษาไม่มีความแตกต่างกัน ไนเตรท – ไนโตรเจน น่าจะเป็นพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อสมการดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) ไม่มาก และค่าน้ำหนักจากแบบสอบถามของ ไนเตรท - ไนโตรเจน และค่าฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส เท่ากัน คือ 0.113 ค่าฟอสเฟต - ฟอสฟอรัส น่าจะเป็นตัวแทนในการวิเคราะห์หาค่าดัชนีคุณภาพน้ำที่ระบายออกจากพื้นที่เกษตรได้ ซึ่งจากการลดพารามิเตอร์ไนเตรท – ไนโตรเจน ใช้สมการที่มี 9 พารามิเตอร์ ให้ระดับคะแนน 63.82 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่า 8.56 (ภาคผนวก ค 2) เมื่อทดสอบลดพารามิเตอร์ลงไปอีก โดยใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นตัวเลือกในการลดนั้น ของแข็งทั้งหมด เป็นพารามิเตอร์ที่ไม่ใช้ในสมการ จากสมการดัชนีคุณภาพน้ำที่มี 8 พารามิเตอร์ ให้ระดับคะแนน 64.10 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่า 8.76 (ภาคผนวก ค 2) พารามิเตอร์ที่มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมาก คือ ค่าความขุ่น และของแข็งแขวนลอย มีค่า 25.68 และ 30.62 ตามลำดับ (ภาคผนวก ค 1)

แต่เมื่อลดพารามิเตอร์ค่าถ่วงน้ำหนักก็เปลี่ยนแปลงโดยให้ค่าเพิ่มขึ้น เมื่อการทดสอบลดไปถึง 6 พารามิเตอร์ แต่พบว่าที่ 6 พารามิเตอร์ให้ค่าแตกต่างจาก 10 พารามิเตอร์($\rho$ > 0.05) นั่นคือ สมการที่ใช้ 7 พารามิเตอร์ สมการที่ 4.23 และแผนที่ 4.12 ดัชนีคุณภาพน้ำที่ระบายออกจากภาคเกษตรกรรม (7 พารามิเตอร์) ให้ค่าคะแนนไม่แตกต่างจาก 10 พารามิเตอร์ สมการที่ 4.22 คะแนน ดัชนีคุณภาพน้ำที่ระบายออกจากภาคเกษตรกรรมที่ได้มีคะแนนลดลงจาก 66.53 คะแนนเป็น

61.91คะแนน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($\rho < 0.05$) คุณภาพน้ำยังอยู่ในเกณฑ์พอใช้และเทียบได้กับคุณภาพน้ำประเภทที่ 3 แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตร แต่ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเพิ่มขึ้น จาก 7.79 เป็น 9.85 ดังนั้นการที่คำนวณโดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำก็ต้องประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมตามสภาพลักษณะภูมิประเทศของแต่ละพื้นที่ และตามสถานการณ์เวลานั้นๆ

การทดสอบสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 องศาอิสระที่ 44 พบว่า จาก 10 พารามิเตอร์ในสมการดัชนีคุณภาพน้ำที่ 4.22 สามารถใช้ 7 พารามิเตอร์นำมาสร้างสมการดัชนีคุณภาพน้ำได้ โดยมีพารามิเตอร์ได้คือ สมการที่ 4.23

$$WQI\ (Agr_7) = 0.190\ (pH) + 0.152\ (BOD) + 0.152\ (DO) + 0.152\ (NH_3) + 0.125\ (EC) + 0.118\ (SS) + 0.109\ (Tur) \quad (4.23)$$

เมื่อ

| | | |
|---|---|---|
| $WQI\ (Agr_7)$ | คือ | ดัชนีคุณภาพน้ำที่ระบายออกจากภาคเกษตรกรรม (คะแนน) |
| pH | คือ | ระดับคะแนนของค่าความเป็นกรด - เบส |
| BOD | คือ | ระดับคะแนนของค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี |
| DO | คือ | ระดับคะแนนของค่าออกซิเจนละลายน้ำ |
| $NH_3$ | คือ | ระดับคะแนนของค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน |
| EC | คือ | ระดับคะแนนของค่าการนำไฟฟ้า |
| SS | คือ | ระดับคะแนนของค่าของแข็งแขวนลอย |
| Tur | คือ | ระดับคะแนนของค่าความขุ่น |

เมื่อทดลองใช้สมการดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (General Water Quality Index, WQI) ของกรมควบคุมมลพิษ จากระบบฐานข้อมูลคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินทั่วประเทศ ซึ่งมี 7 พารามิเตอร์ ประกอบด้วย ค่าความเป็นกรด - เบส ฟอสเฟต - ฟอสฟอรัส ไนเตรท - ไนโตรเจน ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี ออกซิเจนละลายน้ำ ของแข็งแขวนลอย และ ของแข็งทั้งหมด (กรมควบคุมมลพิษ http://iwis.pcd.go.th/IWIS/wqionline/wqi_online.php?flag=compute, 2547) ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป มีค่า 75.34 คะแนน

เมื่อเทียบกับมาตรฐานแหล่งน้ำพบว่าอยู่ในแหล่งน้ำประเภทที่ 2 ซึ่งได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อนเพื่อการอนุรักษ์สัตว์น้ำเพื่อการประมงและเพื่อการว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ การคำนวณที่ใช้สมการของกรมควบคุมมลพิษที่ใช้ให้คะแนนสูงมากกว่าการใช้สมการที่ 4.23 อาจเพราะไม่ได้รวมค่าฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

แผนที่ 4.12
ดัชนีคุณภาพน้ำที่ระบายออกจากภาคเกษตรกรรม (7 พารามิเตอร์)
ในพื้นที่โครงการชลประทานห้วยทับเสลาใต้