การตรวจติดตามคุณภาพสิ่งแวดล้อมเทศบาลเมืองจันทบุรีด้วยการวิเคราะห์การถดถอย
The environmental quality monitoring of Chanthaburi municipality using regression analysis

จักรพันธ์ โพธิพัฒน์[1*], ศุทธินี เมฆประยูร[2]
Jakkapan Potipat[1*], Sutthinee Mekprayoon[2]

Received: 24 April 2022; **Revised**: 9 May 2022; **Accepted**: 9 June 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมและวิเคราะห์การถดถอยข้อมูล ดำเนินการสำรวจข้อมูลคุณภาพอากาศใน 17 ชุมชน ของเทศบาลเมืองจันทบุรีด้วยการตรวจวัดสารมลพิษ 4 ชนิด ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาด ไม่เกิน 2.5 และ 10 ไมครอน ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และเก็บตัวอย่างน้ำเสียแบบจ้วงในระบบบำบัดน้ำเสียชนิดบ่อผึ่งเพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ ผลการศึกษาดัชนีคุณภาพอากาศบ่งชี้ว่าคุณภาพอากาศอยู่ในเกณฑ์ดีมาก ขณะที่ปริมาณสารอินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียลดลงอย่างต่อเนื่อง การวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุชี้ให้เห็นว่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและฤดูกาล เหมาะสำหรับการพยากรณ์ดัชนีคุณภาพอากาศ นอกจากนี้ การประมาณค่าบีโอดีด้วยสมการการถดถอยอย่างง่ายพบค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ของฤดูฝนและฤดูแล้งอยู่ในระดับสูงเท่ากับ 0.837 และ 0.873 ตามลำดับ ดังนั้น การพยากรณ์ข้อมูลคุณภาพน้ำสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อควบคุมลักษณะของน้ำเสียได้

คำสำคัญ: คุณภาพอากาศ ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย การวิเคราะห์การถดถอย เทศบาลเมืองจันทบุรี

Abstract

This research aimed to investigate the environmental quality using data regression analysis. Data regarding air quality were collected in 17 communities of Chanthaburi municipality with four pollutants detected; $PM_{2.5}$, PM_{10}, CO and NO_2. All wastewater samples in an oxidation pond treatmentment system were chosen by grab sampling for organic substances analysis. The results of air quality index (AQI) indicated that very good air quality class. While, the amount of organic pollution in wastewater treatment system showed a continuous decline. The multiple regression analysis indicated that PM_{10} and season appropriated for AQI forecast. Moreover, the estimation of BOD value with simple regression equation showed the coefficient of determination (R^2) of and dry seasons with high level, and were 0.837 and 0.873 respectively. Therefore, the forecast of water quality data could be applied to wastewater characteristic regulation.

Keywords: Air quality, wastewater characteristic, regression analysis, Chanthaburi municipality

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี 22000
[2] อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี 22000
[1] Assist. Prof., Department of Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Chanthaburi 22000
[2] Lecturer, Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Chanthaburi 22000
* Corresponding author; Assist. Prof. Dr.Jakkapan Potipat Department of Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Chanthaburi 22000 Email: jakkapan.p@rbru.ac.th

บทนำ

เทศบาลเมืองจันทบุรีมีการขยายตัวของพื้นที่และจำนวนประชากรอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 ถึงปัจจุบัน เทศบาลมีโครงสร้างประชากรระดับครัวเรือนทั้งหมด 14,499 ครัวเรือนและมีประชากรจำนวน 23,072 คน พื้นที่ให้บริการของเทศบาลเมืองส่วนใหญ่เป็นแหล่งที่อยู่อาศัย สถานที่ราชการ ตลาดและพื้นที่ประกอบการทางการค้าและการลงทุนซึ่งเป็นพื้นที่เฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะปัญหามลพิษทางอากาศและน้ำเสียชุมชน โดยเทศบาลเมืองจันทบุรีกำหนดแนวทางการจัดการปัญหาคุณภาพสิ่งแวดล้อมหลายกิจกรรม ได้แก่ การรณรงค์และขอความร่วมมืองดการเผาในที่โล่งทุกชนิด ตามมาตรการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษจากหมอกควัน และฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Particulate Matter: PM) การก่อสร้างและติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียแบบรวมศูนย์ด้วยวิธีการบำบัดน้ำเสียชนิดบ่อผึ่ง (Oxidation Pond) เพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมภายในเขตพื้นที่ให้บริการ แต่แนวโน้มของการใช้ประโยชน์ที่ดินยังคงมีการขยายตัวด้านสิ่งปลูกสร้างเพิ่มมากขึ้น ตลอดจนปัญหาการจราจรติดขัดในช่วงเวลาเร่งด่วนและปริมาณรถยนต์ รถจักรยานยนต์ในเขตเทศบาลมีจำนวนมาก ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพชีวิตและคุณภาพสิ่งแวดล้อมในเขตให้บริการของเทศบาลเมืองจันทบุรี

การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) คือ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหนึ่งที่เรียกว่า ตัวแปรตาม นิยมเขียนแทนด้วย Y กับตัวแปรอื่นหนึ่งตัวหรือมากกว่าหนึ่งตัวเรียกว่าตัวแปรอิสระ นิยมเขียนแทนด้วย X ทั้งนี้ เมื่อกำหนดตัวแปรอิสระในการวิเคราะห์การถดถอยเพียงตัวแปรเดียวจะเรียกการวิเคราะห์ว่า การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression Analysis) ส่วนกรณีที่มีตัวแปรอิสระมากกว่าหนึ่งตัวแปรจะเรียกว่า การวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุ (Multiple Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยถูกนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์ข้อมูล การพยากรณ์และติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการศึกษาผลกระทบจากมลพิษสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบไปสู่คุณภาพน้ำ อากาศ ดิน ตลอดจนการปนเปื้อนสารมลพิษในสิ่งมีชีวิต ยกตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่ายเพื่อพยากรณ์ค่าบีโอดีและนำไปสู่การลดค่าใช้จ่ายและระยะเวลาวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำผิวดินและน้ำเสีย (จักรพันธ์ โพธิพัฒน์ และภัทร ศรีสรวล, 2563; ศิวิมล เชื้อรุ่ง และศิวพันธุ์ ชูอินทร์, 2562 และ Abyaneh, 2014) นอกจากนี้ วารี สีดาคำ (2561) พัฒนาและปรับปรุงสมการถดถอยเพื่อศึกษาแนวโน้มปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในแม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา ดังสมการ

$$DO = -12.57 + 2.34pH + 0.437BOD$$

เนื่องจากคุณภาพสิ่งแวดล้อมได้รับอิทธิพลและมีความสัมพันธ์กับปัจจัยภายในและภายนอกที่เกี่ยวข้องจำนวนมากและหลากหลายทั้งสิ่งที่มีชีวิตและสิ่งที่ไม่มีชีวิต เช่น กระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพ การสังเคราะห์แสงของผู้ผลิต ปัจจัยด้านฤดูกาล อุตุนิยมวิทยา โครงสร้างทางกายภาพของสถานีเก็บตัวอย่าง ฯลฯ ดังนั้น การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุจึงถูกนำมาใช้เพื่อแสดงข้อมูลของปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามที่เราต้องการศึกษา โดยเฉพาะการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอากาศ ได้แก่ งานวิจัยของ ปภัสรา ขวัญมาและคณะ (2562) ศึกษาการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุเพื่อชี้ให้เห็นว่าปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาได้แก่ ความกดอากาศ ความเร็วลมและปริมาณน้ำฝนสามารถพยากรณ์การกระจายตัวของ PM_{10} ได้ประมาณร้อยละ 74.90 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ในขณะที่การศึกษาของ ธนิตย์ อินทรัตน์ (2554) ชี้ให้เห็นว่าคุณภาพอากาศซึ่งเป็นตัวแปรตามมีความสัมพันธ์ของปริมาณสารมลพิษทางอากาศดังสมการการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ

$$Y = 11.89 + 0.868(NO_2) + 1.89(CO) + 0.694(O_3) + 0.464(PM_{10})$$

นอกจากนี้ การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุถูกนำไปใช้เพื่อบ่งชี้คุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการพยากรณ์คุณภาพอากาศและการจัดการลักษณะของน้ำเสียทั้งในประเทศและต่างประเทศ (Kliengchuay *et al.*, 2021; Lesar & Filipcic, 2017; Sharma *et al.*, 2020; Bundao *et al.*, 2018; Khodadadi *et al.*, 2016) ดังนั้น เพื่อเป็นการเฝ้าระวังและตรวจติดตามคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในเขตเทศบาลเมืองจันทบุรีอย่างมีประสิทธิภาพ และใช้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวางแผนการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมชุมชนโดยเฉพาะปัญหาการแพร่กระจายของมลพิษทางอากาศและการจัดการน้ำเสียตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังต่อไปนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อตรวจสอบคุณภาพอากาศและลักษณะของน้ำเสียในเขตให้บริการของเทศบาลเมืองจันทบุรี

2. เพื่อตรวจติดตามข้อมูลคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้วยการวิเคราะห์การถดถอย

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การเก็บข้อมูลคุณภาพสิ่งแวดล้อม

การเก็บข้อมูลคุณภาพสิ่งแวดล้อมดำเนินงานภายในเขตให้บริการของเทศบาลเมืองจันทบุรี จังหวัดจันทบุรีมีพื้นที่ให้บริการสาธารณะเพื่อสันทนาการ การออกกำลังกาย ย่านการค้า ธุรกิจและการให้บริการบำบัดน้ำเสียชุมชน

การเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลคุณภาพอากาศและลักษณะของน้ำเสีย เก็บข้อมูลจำนวน 2 ครั้ง ซึ่งเป็นตัวแทนของฤดูฝนและฤดูแล้ง การเก็บข้อมูลมีจำนวนซ้ำของการเก็บจำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย

การสำรวจคุณภาพอากาศบริเวณผิวพื้นภายในเขตชุมชนของเทศบาลเมืองจันทบุรี จำนวน 17 ชุมชน (Figure 1) ในช่วงระหว่างวันจันทร์ถึงวันศุกร์ ตั้งแต่เวลา 15.00 น. ถึง 18.00 น. โดยการตรวจวัดความเข้มข้นของของสารมลพิษทางอากาศทั้งหมด 4 ชนิด ประกอบด้วย ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ด้วยเครื่องมือ Air Quality Detector

การสำรวจปริมาณสารอินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียชนิดบ่อผึ่งของเทศบาลเมืองจันทบุรีด้วยการวิเคราะห์ค่าบีโอดีและซีโอดี โดยเก็บตัวอย่าง น้ำเสียแบบจ้วง (Grab Sampling) ตามโครงสร้างของระบบบำบัดน้ำเสีย (Figure 2) ที่ปรับปรุงจากผลงานวิจัยของ อมรรัตน์ วุฒิศักดิ์ (2547)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพอากาศด้วยดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index: AQI) ตามประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย (Pollution Control Department: PCD) ดังสมการ

$$I = \frac{I_j - I_i}{X_j - X_i}(X - X_i) + I_i$$

เมื่อ

I = ค่าดัชนีย่อยคุณภาพอากาศ

X = ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจากการตรวจวัด

X_i, X_j = ค่าต่ำสุด, ค่าสูงสุดของช่วงความเข้มข้นสารมลพิษที่มีค่า X

I_i, I_j = ค่าต่ำสุด, สูงสุด ของช่วงดัชนีคุณภาพอากาศแถวเดียวกันกับช่วงความเข้มข้น X

จากสมการกำหนดสมมุติฐานดัชนีคุณภาพอากาศเป็นค่าดัชนีย่อยของสารมลพิษทางอากาศที่มีค่ามากที่สุด ณ เวลาตรวจวัด

การวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุ (Multiple Regression Analysis: MRA) เพื่อศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศเพื่อบ่งชี้คุณภาพอากาศ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ (Statistical Package for Social Science: SPSS) Version 18 (Serial No. 5083337) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การวิเคราะห์มีการนำเข้าข้อมูลด้วยการกำหนดตัวแปรอิสระเป็นผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศและกำหนดฤดูกาล (Season) เป็น Dummy Variable (Wet = 0; Dry = 1) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ ดังสมการ

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \ldots + b_nX_n + aD$$

เมื่อ

Y = ตัวแปรตาม (ดัชนีคุณภาพอากาศ)

X_n = ตัวแปรอิสระ (สารมลพิษทางอากาศ)

D = Season (Wet = 0; Dry = 1)

b_0 และ b_n, a เป็นจุดตัดแกนและค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปร

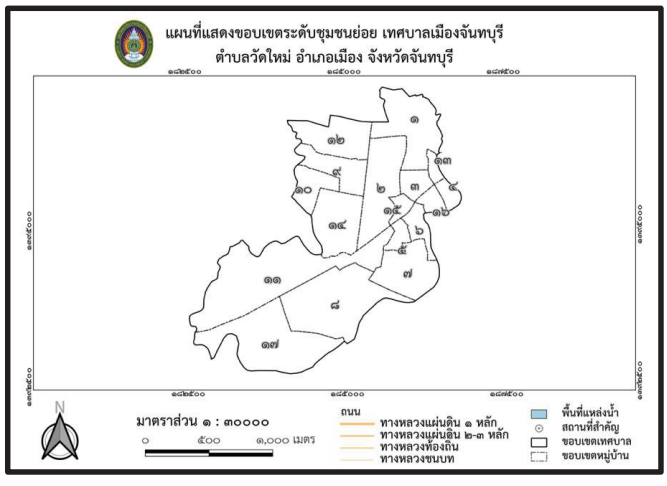

Figure 1 The map of study area at Chanthaburi municipality (17 communities)

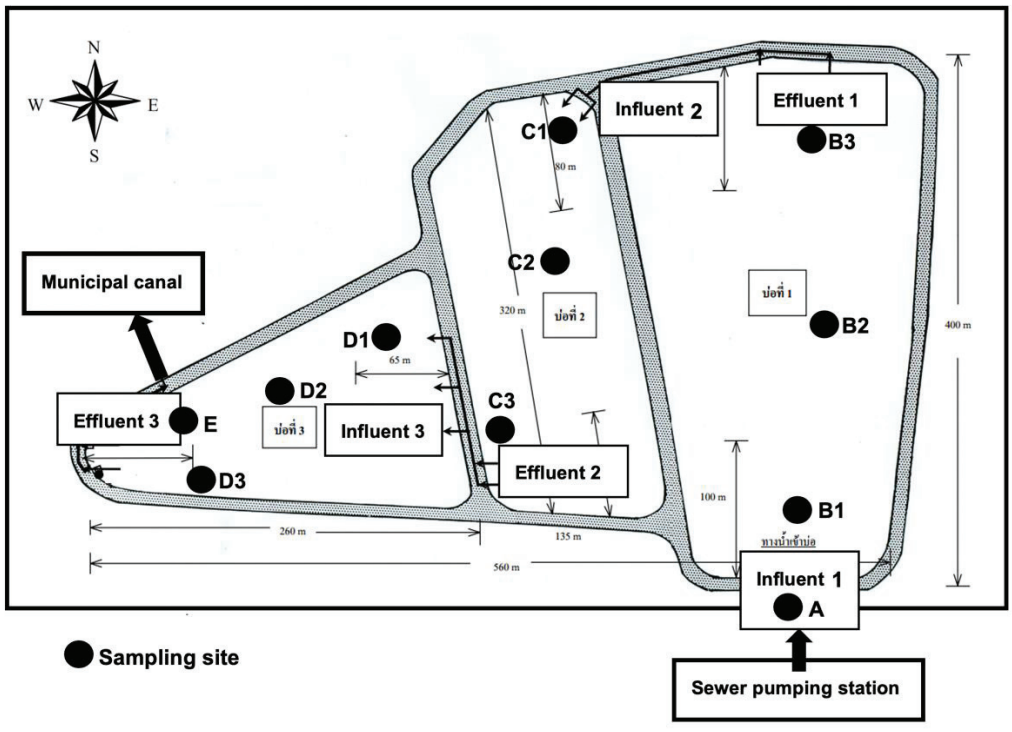

Figure 2 The sampling site of oxidation pond treatment system

การวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะของน้ำเสียดำเนินการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำ 2 ตัวบ่งชี้คือ บีโอดีและซีโอดี ใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression Analysis) โดยการนำเข้าข้อมูลจากลักษณะของน้ำเสียจำนวน 2 ฤดู (ฤดูฝนและฤดูแล้ง) ในระบบบำบัดน้ำเสียชนิดบ่อผึ่งมากำหนดตัวแบบการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นในรูปของสมการดังนี้

$$Y = b_0 + b_1 X$$

เมื่อ

Y = ค่าบีโอดี (mg/L)

X = ค่าซีโอดี (mg/L)

b_0 และ b_1 เป็นจุดตัดแกนและค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปร X

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาคุณภาพอากาศ

ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในเขตชุมชนของเทศบาลเมืองจันทบุรีทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งของปี พ.ศ. 2564 พบว่า สารมลพิษทางอากาศ 4 ชนิด ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเท่ากับ 13.71 $\mu g/m^3$, 15.52 $\mu g/m^3$, 0.13 mg/m^3 และ ไม่พบการปนเปื้อน NO_2 ตามลำดับ

ผลการเปรียบเทียบคุณภาพอากาศในเขตชุมชนของเทศบาลเมืองจันทบุรีระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้งด้วย Independent-samples T-Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ชี้ให้เห็นว่า ปริมาณ $PM_{2.5}$, PM_{10} และ CO มีความแตกต่างกันตามฤดูกาล (Table 1) โดยในช่วงฤดูแล้งตรวจพบปริมาณ $PM_{2.5}$ และ PM_{10} เท่ากับ 23.47 และ 26.61 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูฝนที่พบปริมาณ $PM_{2.5}$ และ PM_{10} เท่ากับ 3.94 และ 4.43 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ (Figure 3)

ผลการศึกษาดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI) ตามประกาศของกรมควบคุมมลพิษ บ่งชี้ว่าคุณภาพอากาศในเขตชุมชนของเทศบาลเมืองจันทบุรีทั้ง 17 ชุมชน มีคุณภาพอากาศดีมาก ยกเว้นในช่วงฤดูแล้ง พบว่า ชุมชนย่อยที่ 6, 13 และ 16 มีคุณภาพอากาศดี และชุมชนย่อยที่ 3 มีคุณภาพอากาศปานกลาง (Table 2)

การวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพอากาศด้วยสมการการถดถอยแบบพหุ โดยนำเข้าข้อมูลตัวแปรอิสระจากผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ 3 ชนิดและฤดูกาล (Dummy Variable) และทำการคัดเลือกตัวแปรอิสระแบบ Stepwise เพื่อช่วยลดผลกระทบจากกรณี Collinearity ของตัวแปรอิสระผลการศึกษาพบว่า ตัวแปรอิสระที่มีความเหมาะสมต่อการพยากรณ์ดัชนีคุณภาพอากาศ คือ ปริมาณ

PM_{10} และฤดูกาล พบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสมการเท่ากับ 0.967 (Table 3) นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ (PM_{10}) และตัวแปรตาม (AQI) พบว่ามีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 0.940 ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์กับตัวแปรอื่นๆ อยู่ในระดับต่ำ (Table 4) โดยมีรูปแบบการกระจายตัวของข้อมูลในแต่ละฤดูกาลดัง Figure 4 และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระและตัวแปรตามพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นต่อกัน (Linear Relationship) สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ใน Figure 5

ผลการศึกษาลักษณะของน้ำเสีย

ผลการศึกษาลักษณะของน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียชนิดบ่อผึ่งของเทศบาลเมืองจันทบุรีซึ่งประกอบไปด้วย บ่อแฟคัลเททีฟ (Facultative Pond) 1 บ่อ และบ่อบ่ม (Maturation Pond) 2 บ่อ กำหนดสถานีเก็บตัวอย่าง 5 สถานี ได้แก่ จุดน้ำเข้าระบบ (Influent) คือ สถานี A บ่อบำบัดที่ 1 คือ สถานี B (B1+B2+B3) บ่อบำบัดที่ 2 คือ สถานี C (C1+C2+C3) บ่อบำบัดที่ 3 คือ สถานี D (D1+D2+D3) และจุดที่น้ำเสียออกจากระบบ (Effluent) คือ สถานี E พบว่าในช่วงฤดูฝนพบปริมาณสารอินทรีย์รูปแบบของ ค่าบีโอดีในสถานี A, B, C, D และ E เท่ากับ 16.0, 9.3, 8.9, 4.9 และ 4.6 mg/L ตามลำดับ ในขณะที่ช่วงฤดูแล้งพบค่าบีโอดีของแต่ละสถานีเท่ากับ 21.0, 14.5, 9.1, 9.1 และ 6.7 mg/L ตามลำดับ สำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์รูปแบบของค่าซีโอดี พบว่าในช่วงฤดูฝนสถานี A, B, C, D และ E มีค่าเท่ากับ 89.0, 71.7, 58.7, 46.3 และ 36.0 mg/L ตามลำดับ ในขณะที่ช่วงฤดูแล้งพบค่าซีโอดีของแต่ละสถานีเท่ากับ 124.0, 100.0, 72.7, 68.3 และ 58.0 mg/L ตามลำดับ (Figure 6)

ผลการนำข้อมูลลักษณะของน้ำเสียในฤดูฝนและฤดูแล้งจากสถานีเก็บตัวอย่างทั้งหมด 5 สถานี มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำ 2 ตัวบ่งชี้คือ บีโอดีและซีโอดีด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่ายพบว่า ฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสมการเท่ากับ 0.787 และ 0.910 ตามลำดับ และเมื่อนำข้อมูลของบีโอดีและซีโอดีตลอดทั้งปี พ.ศ. 2564 (ฤดูฝน+ฤดูแล้ง) วิเคราะห์การถดถอยอย่างง่ายพบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.766 (Table 5)

ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าบีโอดีจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ (Observed BOD) และค่าบีโอดีจากการพยากรณ์ (Estimated BOD) ด้วยสมการการถดถอยอย่างง่ายพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ของข้อมูลในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งเท่ากับ 0.837 และ 0.873 ตามลำดับ (Figure 7)

Table 1 Statistical analysis between air quality in wet and dry sesons

Air pollutants	Wet		Dry		Paired *T-test*	
	Mean	SE	Mean	SE	*T*	Sig. (0.05)
$PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)	3.94	0.57	23.47	0.97	- 35.386	0.000
PM_{10} ($\mu g/m^3$)	4.43	0.60	26.61	1.35	- 23.153	0.000
CO (mg/m^3)	0.00*	0.00*	0.25	0.06	- 4.136	0.000
NO_2 (mg/m^3)	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	-	-

PCD-Pollution Control Department; MRA-Multiple Regression Analysis

* Thailand AQI Criteria (0 – 25 Very good; 26 – 50 Good; 51 – 100 Medium; 101-200 Began to affect health; AQI > 201 Affecting health)

* Not detected

Table 2 AQI (Air Quality Index) during wet and dry seasons in Chanthaburi municipality (17 communities)

Communities	AQI_{PCD} values		AQI_{MRA} values		Air Quality*	
	Wet	Dry	Wet	Dry	Wet	Dry
1	5	24	4.94	27.00	Very good	Very good
2	2	22	0.00	19.30	Very good	Very good
3	18	96	24.90	83.03	Very good	Medium
4	2	23	0.54	23.16	Very good	Very good
5	6	23	6.04	28.10	Very good	Very good
6	3	30	2.74	40.73	Very good	Good

Table 2 AQI (Air Quality Index) during wet and dry seasons in Chanthaburi municipality (17 communities) (cont.)

Communities	AQI_{PCD} values		AQI_{MRA} values		Air Quality*	
	Wet	Dry	Wet	Dry	Wet	Dry
7	1	19	0.00	17.65	Very good	Very good
8	3	20	3.29	14.92	Very good	Very good
9	4	22	2.74	24.25	Very good	Very good
10	1	20	0.00	18.21	Very good	Very good
11	6	19	9.34	17.65	Very good	Very good
12	1	20	0.00	20.41	Very good	Very good
13	7	26	11.53	26.45	Very good	Good
14	2	17	2.18	11.06	Very good	Very good
15	2	21	0.00	19.30	Very good	Very good
16	3	25	2.18	27.00	Very good	Good
17	2	21	0.00	29.75	Very good	Very good

Table 3 The analysis of mutiple linear regression of AQI

Model	Equation of multiple linear regression	*R*	R^2	Sig.
1	$Y_{AQI} = -3.479 + 1.202X_{PM10}$	0.940	0.883	0.000
2	$Y_{AQI} = -3.304 + 1.648X_{PM10} - 14.195D_{Season}$	0.967	0.936	0.000

Table 4 Correlation of dependent variable (AQI) and independent variables ($PM_{2.5}$, PM_{10}, CO and season)

Correlation	AQI	$PM_{2.5}$	PM_{10}	CO	Season
AQI	1				
$PM_{2.5}$	0.919	1			
PM_{10}	0.940	0.990	1		
CO	0.383	0.490	0.429	1	
Season	0.658	0.868	0.835	0.497	1

* Correlation coefficient level (0.90 – 1.00 = Very high; 0.70 – 0.90 = High; 0.50 – 0.70 = Medium; 0.30 – 0.50 = Low; 0.00 – 0.30 = Very low)

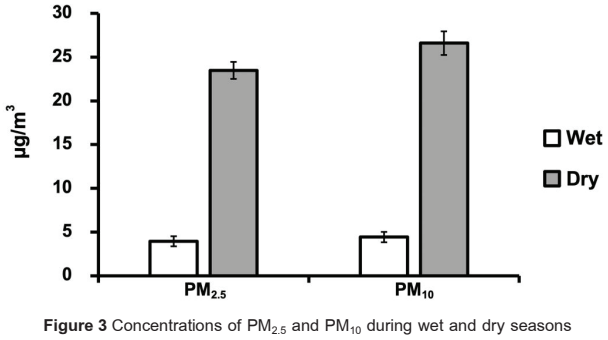

Figure 3 Concentrations of $PM_{2.5}$ and PM_{10} during wet and dry seasons

Figure 3 Concentrations of $PM_{2.5}$ and PM_{10} during wet and dry seasons

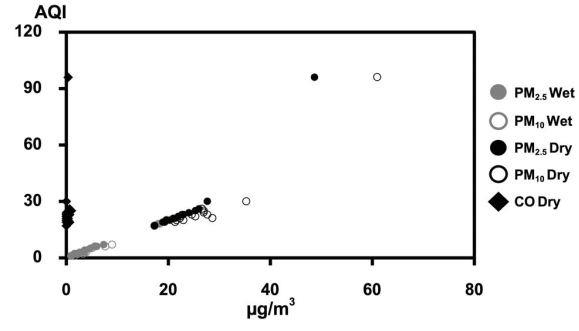

Figure 4 Scatter plot of air pollutant concentrations and AQI during wet season and dry season

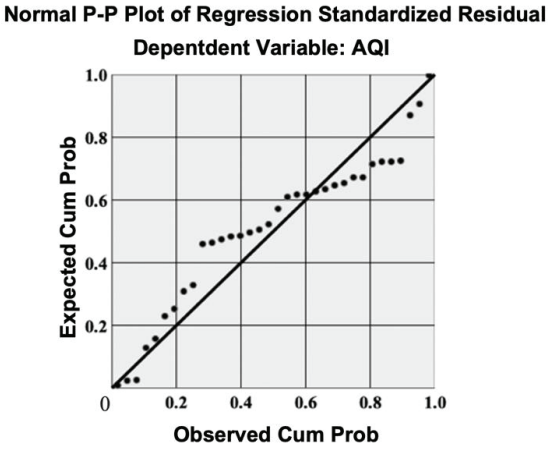

Figure 5 Linear relationship of indepent variable and dependent variable

อภิปรายผลการวิจัย

คุณภาพอากาศ

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างคุณภาพอากาศในชุมชนของเทศบาลเมืองจันทบุรีระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง ชี้ให้เห็นว่า ฤดูแล้งตรวจพบสารมลพิษทางอากาศสูงกว่าฤดูฝน โดยเฉพาะปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) และ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ สาวิตรี จำปาหอม (2559) พบการปนเปื้อนของฝุ่นละออง PM_{10} และปริมาณโลหะในโครงสร้าง PM_{10} บริเวณภายนอกอาคารของจังหวัดราชบุรีในช่วงฤดูแล้งสูงกว่าฤดูฝน เนื่องจากช่วงเวลาที่ฝนตกมีการชะล้างฝุ่นละอองที่ฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศให้ตกลงสู่พื้นดินหรือกระบวนการจมตัวแบบปียก (Wet Deposition) ในขณะที่ฤดูแล้งมีปริมาณน้ำฝนน้อยและมีความชื้นต่ำส่งผลให้ PM_{10} กระจายตัวอยู่ในบรรยากาศได้ยาวนานกว่าฤดูฝน นอกจากนี้ ปภัสรา ขวัญมาและคณะ (2562) ชี้ให้เห็นว่าแนวโน้มของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกลุ่ม PM_{10} มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลโดยเฉพาะการเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ของปีถัดไปซึ่งเป็นช่วงของฤดูหนาว และลดลงต่ำสุดในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคมซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน ซึ่งมีสภาพอากาศเป็นวัฏจักรเกิดขึ้นต่อเนื่องและคล้ายคลึงกันในทุกๆ ปี นอกจากนี้ พฤติกรรมการแพร่กระจายของ PM_{10} ในลักษณะเดียวกันนี้สามารถพบได้ในภูมิภาคอื่น เช่น เขตบริหารพิเศษฮ่องกงซึ่งมีลักษณะทางภูมิศาสตร์และสภาพอากาศแบบเขตอบอุ่น (Cheng *et al.*, 2006)

ผลการศึกษาดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI) บ่งชี้ว่าคุณภาพอากาศในเขตชุมชนของเทศบาลเมืองจันทบุรีทั้ง 17 ชุมชน มีคุณภาพอากาศดีมากสอดคล้องกับข้อมูลความสัมพันธ์ของจำนวนผู้ป่วยโรคทางเดินหายใจที่รับไว้เป็นผู้ป่วยในภาคเหนือ ประกอบด้วย เชียงใหม่ เชียงราย แพร่ แม่ฮ่องสอน น่าน พะเยา ลำปาง และลำพูน กับดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI) อยู่ในระดับต่ำโดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์เท่ากับ 0.238 (พิบูล อิสสระพันธุ์, 2557) อย่างไรก็ตาม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2562) พบว่าคุณภาพอากาศของประเทศในกลุ่มอาเซียนกำลังประสบปัญหามลพิษทางอากาศข้ามเขตแดนโดยเฉพาะการแพร่กระจายของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ดังนั้น ประเทศสิงคโปร์และมาเลเซียมีการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศ Pollutant Standards Index (PSI) เพื่อควบคุมการแพร่กระจายของ PM_{10} จากประเทศเพื่อนบ้าน (Table 6)

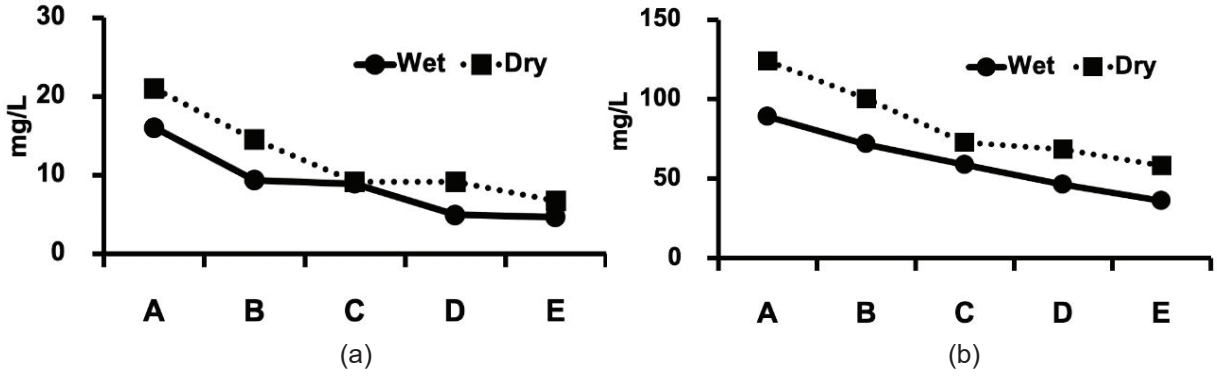

Figure 6 Concentrations of BOD (a) and COD (b) of oxidation pond treatment system

Table 5 The simple linear regression analysis between BOD and COD from oxidation pond treatment site

Seasons	Equation of simple linear regression	*R*	Sig.
Wet	$Y_{BOD} = 0.128X_{COD} - 0.741$	0.787	0.002
Dry	$Y_{BOD} = 0.123X_{COD} - 2.924$	0.910	0.000
Full year (Wet + Dry)	$Y_{BOD} = 0.098X_{COD} + 0.064$	0.766	0.000

Table 6 The criteria of Pollutant Standards Index (PSI) and PM_{10} concentrations

PM_{10} (µg/m^3)	Corresponding PSI	Air quality description
≤ 50	≤ 50	Good
51 – 150	51 – 100	Moderate
151 – 350	101 – 200	Unhealthy
351 – 420	201 – 300	Very Unhealthy
> 420	> 300	Hazardous

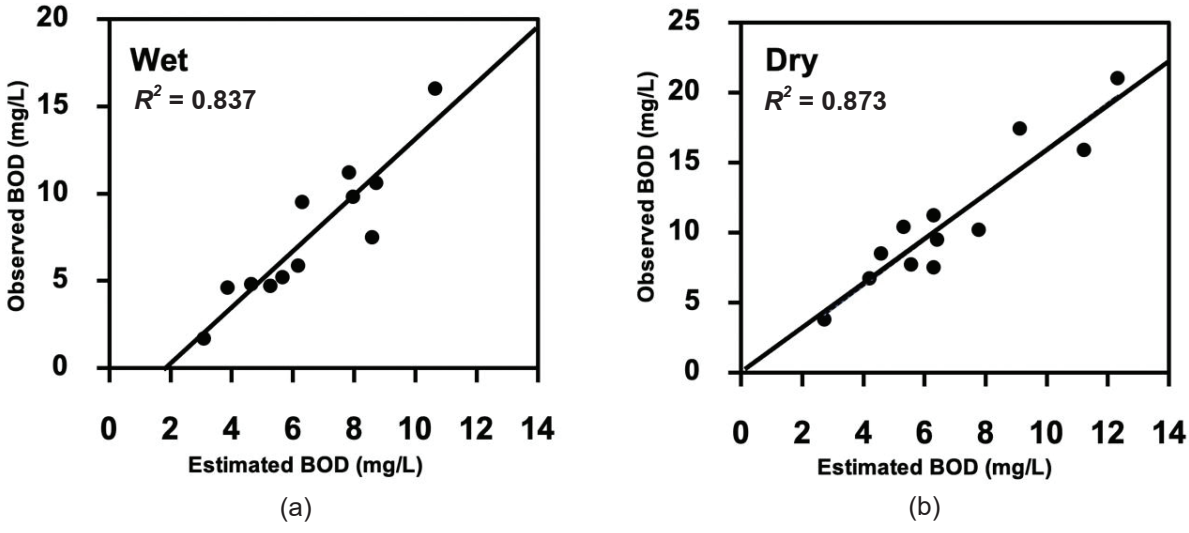

Figure 7 Scatter plot of estimated BOD vs. observed BOD during wet season (a) and dry season (b)

ผลการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพอากาศด้วยสมการการถดถอยแบบพหุพบว่า ตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อดัชนีคุณภาพอากาศของเทศบาลเมืองจันทบุรี คือ ปริมาณ PM_{10} และฤดูกาล ซึ่งเป็นตัวแปรเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ตามลำดับ เป็นไปในทิศทางเดียวกับผลการศึกษาของ Jassima *et al.* (2018) ที่เปรียบเทียบความแตกต่างของสมการการถดถอยแบบพหุเพื่อพยากรณ์ดัชนีคุณภาพอากาศของกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่มีบริบทของกิจกรรมที่แตกต่างกันในประเทศบาร์เรน ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าทุกกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศมีปริมาณ PM_{10} เป็นตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อการพยากรณ์คุณภาพอากาศ เนื่องจากพบค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงที่สุดและพบค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square Error: RMSE) มีค่าต่ำกว่าตัวแปรอิสระอื่น ในขณะที่ ชวลิต ทับสีรัก (2555) ชี้ให้เห็นถึงบทบาทและความสำคัญของตัวแปรเชิงคุณภาพในการพยากรณ์แต่การนำข้อมูลมาวิเคราะห์ต้องมีการกำหนดค่าที่แตกต่างกันให้กับข้อมูลแต่ละกลุ่มที่ต่างกันด้วยโดยมีการเลือกกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งเป็นกลุ่มอ้างอิง (Reference Group) ตามแนวทางของ Dummy Coding ทั้งนี้ ผลการศึกษาของ Ma and Ding (2020) ช่วยยืนยันว่าในกรณีที่กำหนดให้ฤดูกาลเป็น Dummy Variable สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศและดัชนีคุณภาพอากาศด้วยกระบวนการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุได้

ลักษณะของน้ำเสีย

การจัดการน้ำทิ้งด้วยระบบบำบัดน้ำเสียชนิดบ่อผึ่งของเทศบาลเมืองจันทบุรีสามารถลดปริมาณสารอินทรีย์ทั้งบีโอดีและซีโอดีได้ แต่สถานการณ์ของปริมาณน้ำเสียมีแนวโน้มขยายตัวขึ้นโดยเฉพาะแหล่งกำเนิดน้ำเสียบริเวณชุมชนภายในเขตเทศบาลเมืองจันทบุรีมีอัตราการปล่อยน้ำเสียชุมชนเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและครอบคลุมแทบทุกพื้นที่ในเขตเทศบาล สาเหตุหลักที่สำคัญคือ การขยายตัวของประชากรเพิ่มขึ้น โดยส่วนใหญ่เป็นผู้คนจากต่างถิ่นที่เข้ามาประกอบอาชีพในย่านการค้าและเขตพื้นที่ทางธุรกิจ ได้แก่ ห้างสรรพสินค้า ศูนย์การค้า ร้านค้า ร้านอาหาร สถานบันเทิง สถานประกอบการกลุ่มโรงแรม ที่พัก ตลอดจนมีการก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างเป็นจำนวนมากเพื่อรองรับนักท่องเที่ยว (สำนักงานจังหวัดจันทบุรี, 2558) นอกจากนี้ ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียจะมีความแตกต่างกันตามฤดูกาลเนื่องจากอุณหภูมิมีอิทธิพลต่อกิจกรรมการย่อยสลายสารอินทรีย์ของแบคทีเรียโดยอุณหภูมิที่เหมาะสมกับจุลชีพที่อยู่ในบ่อบำบัดน้ำเสียมีค่าประมาณ 20 องศาเซลเซียส ตลอดจนปริมาณสารอินทรีย์จะมีความแตกต่างกันตามสถานีเก็บตัวอย่าง เนื่องจากขนาดของโครงสร้างและกลไกการบำบัดน้ำเสียที่ต่างกันของระบบบ่อผึ่ง (Skoczko *et al.*, 2017)

เพื่อให้การตรวจสอบลักษณะของน้ำเสียและน้ำทิ้งสามารถดำเนินการได้อย่างต่อเนื่อง ลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในกระบวนการวิเคราะห์บีโอดีซึ่งต้องใช้ระยะเวลาอย่างน้อย 5 วัน ตามวิธีการวิเคราะห์ที่ได้มาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ ดังนั้น การพยากรณ์ค่าบีโอดีด้วยการนำเข้าข้อมูลค่าซีโอดีที่ใช้เวลาในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการประมาณ 2 ชั่วโมง มาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสมการถดถอยอย่างง่ายชี้ให้เห็นว่าข้อมูลค่าบีโอดีที่ได้จากการพยากรณ์และค่าบีโอดีจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) อยู่ในระดับสูงเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Table 7) สามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้เพื่อวางแผนควบคุมลักษณะของน้ำทิ้งให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กฎหมายกำหนดได้

Table 7 The R^2 of estimated BOD of previous studies and this study

References	R^2
Oliveira-Esquerre *et al.* (2002)	0.36 – 0.73
Rene and Saidutta (2008)	0.55 – 0.60
Abyaneh (2014)	0.53
Ebrahimi *et al.* (2017)	0.82 – 0.83
Bhatt *et al.* (2017)	0.92
Baki *et al.* (2019)	0.73 – 0.86
This study	0.83 – 0.87

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาคุณภาพอากาศและลักษณะของน้ำเสียในเขตเทศบาลเมืองจันทบุรีพบว่าสารมลพิษทางอากาศมีความเข้มข้นแตกต่างกันตามฤดูกาล โดยช่วงฤดูแล้งพบปริมาณสารมลพิษทางอากาศสูงกว่าในช่วงฤดูฝน ในขณะที่ดัชนีคุณภาพอากาศบ่งชี้ว่าคุณภาพอากาศในเขตชุมชนของเทศบาลเมืองจันทบุรีมีคุณภาพอากาศดีมาก นอกจากนี้เทศบาลเมืองจันทบุรีมีการให้บริการบำบัดน้ำเสียด้วยการก่อสร้างและติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียชนิดบ่อผึ่งสามารถลดความสกปรกจากสารอินทรีย์ก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติได้ ผลการดำเนินงานตรวจติดตามคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้วยการวิเคราะห์ การถดถอยพบว่า การวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพอากาศด้วยสมการการถดถอยแบบพหุสามารถใช้ตัวแปรเชิงปริมาณและตัวแปรเชิงคุณภาพเพื่อพยากรณ์คุณภาพอากาศได้ ในขณะที่ผลการพยากรณ์ลักษณะของน้ำเสียจากค่าบีโอดีพบค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจอยู่ในระดับสูงเมื่อเปรียบเทียบกับผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถนำแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลไปใช้เพื่อวางแผนบริหารจัดการน้ำเสียให้กับเทศบาลเมืองจันทบุรีได้

ข้อเสนอแนะ

ควรเก็บข้อมูลปริมาณสารมลพิษทางอากาศให้ครบทุกชนิดตามประกาศกรมควบคุมมลพิษ ประกอบด้วย ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซโอโซน (O_3) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) และก๊าซซัลเฟอร์ ไดออกไซด์ (SO_2)

ควรขับเคลื่อนมาตรการเพื่อลดผลกระทบจากมลพิษทางอากาศให้กับชุมชนที่มีแนวโน้มได้รับผลกระทบโดยเฉพาะช่วงฤดูแล้ง เช่น การรณรงค์ประชาสัมพันธ์เพื่อลดการเผา

การแจกหน้าหน้ากากอนามัยให้กับประชาชนในพื้นที่เสี่ยงภัยจากมลพิษทางอากาศ ตลอดจนการจัดกิจกรรมเพิ่มพื้นที่สีเขียวให้กับชุมชนในเขตพื้นที่ให้บริการของเทศบาลเมืองจันทบุรี

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 ตลอดจนการได้รับการสนับสนุนเครื่องมือและสารเคมีเพื่อวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อมจากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเทศบาลเมืองจันทบุรี จังหวัดจันทบุรีที่ช่วยอำนวยความสะดวกเพื่อลงพื้นที่เก็บข้อมูลคุณภาพอากาศและตัวอย่างน้ำเสีย

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2562). *การพัฒนาระบบเตือนภัยความร้อนและหมอกควันล่วงหน้าสำหรับพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย.* กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

จักรพันธ์ โพธิพัฒน์ และภัทร ศรีสรวล. (2563). คุณภาพน้ำและการฟอกตัวของธารน้ำจากอุทยานแห่งชาติในจังหวัดจันทบุรี. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 25*(2), 524-535.

ชวลิต ทับสีรัก (2555). ตัวแปรเชิงคุณภาพกับการวิเคราะห์การถดถอย. *วารสารการวัดผลการศึกษา, 17*(1), 31-42.

ธนิตย์ อินทรัตน์. (2554). การประยุกต์ใช้ ภูมิสารสนเทศเพื่อประเมินคุณภาพอากาศ: กรณีศึกษา จังหวัดชลบุรี. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 16*(1), 32-340.

ปภัสรา ขวัญมา, สมนิมิต พุกงาม และ วันชัย อรุณประภารัตน์. (2562). ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในพื้นที่ตำบลหน้าพระลาน อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสระบุรี. *PSRU Journal of Science and Technology, 4*(2), 85-94.

พิบูล อิสสระพันธุ์. (2557). ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศและฝุ่นละอองในบรรยากาศที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนกับโรคทางเดินหายใจใน 8 จังหวัดภาคเหนือของประเทศไทยระหว่างปีงบประมาณ 2553-2554. *Thammasart Medical Journal, 14*(1), หน้า 13-26.

วารี สีดาคำ. (2561). *การพยากรณ์ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของแม่น้ำบางปะกงด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ* [ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา].

ศิวิมล เชื้อรุ่ง และศิวพันธุ์ ชูอินทร์. (2562). แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าบีโอดีกับค่าซีโอดี. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, 7*(1), 6-12.

สาวิตรี จำปาหอม. (2559). *ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) และโลหะใน PM_{10} ภายในและภายนอกอาคารในจังหวัดราชบุรี* [วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยศิลปากร].

สำนักงานจังหวัดจันทบุรี. (2558). *คู่มือการท่องเที่ยว.* บริษัท พี.เอ. ลิฟวิ่ง จำกัด.

อมรรัตน์ วุฒิศักดิ์. (2547). *การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและการรอดตายของปลานิลที่เลี้ยงในกระชังแขวนลอยในบ่อบำบัดน้ำเสียแบบบ่อผึ่งของเทศบาลเมืองจันทบุรี.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Abyaneh, H.Z. (2014). Evaluation of multivariate linear regression and artificial neural networks in prediction of water quality prameters. *Journal of Environmental Health Science and Engineering, 12*(40), 1-8.

Baki, O.T., Aras, E., Akdemir, U.O., & Yilmaz, B. (2019). Biochemical oxygen demand prediction in wastewater treatment plant by using different regression analysis models. *Desalination and Water Treatment, 157*, 79-89.

Bhatt, A.H., Karanjekar, R.V., Altouqi, S., Sattler, M.L., Hossain, M.D.S., & Chen, V.P. (2017). Estimating landfill leachate BOD and COD based on rainfall, ambient temperature, and waste composition: Exploration of a MARS statistical approach. *Environmental Technology & Innovation, 8*, 1-16.

Bundao, S., Veeravaitaya, N., Kaewnern, M., & Ingthamjitr, S. (2018). The relationship between land use and water quality in Bangpakong Estuary, Thailand. *Journal of Fisheries and Environment, 42*(2), 24-31.

Cheng, Y., Ho, K.F., Lee, S.C., & Law, S.W. (2006). Seasonal and diurnal variations of $PM_{1.0}$, $PM_{2.5}$ and PM10 on the roadside environment of Hongkong. *China Particuology, 4*(6), 312-315.

Ebrahimi, M., Gerber, E.L., & Rockaway, T.D. (2017). Temporal performance assessment of wastewater treatment plants by using multivariate statistical analysis. *Journal of Environmental Management, 193*, 234-246.

Jassima, M.S., Coskuner, G., Marzooq, H., AlAsfoor, A., & Tak, A.A. (2018). Spatial distribution and source apportionment of air pollution in Bahrain using multivariate analysis methods. *EnvironmentAsia, 11*(2), 9-22.

Khodadadi, M., Mesdaghinia, A., Nasseri, S., Ghaneian, M.T., Ehrampoush, M.H., & Hadi, M. (2016). Prediction of the waste stabilization pond performance using linear multiple regression and multi-layer perceptron neural network: a case study of Birjard, Iran. *Environmental Health Engineering and Management Journal, 3*(2), 81-89.

Kliengchuay, W., Srimanus, R., Srimanus, W., Niampradit, S., Preecha, N., Mingkhwan, R., Worakhunpiset, S., Limpanont, Y., Moonsri, K., & Tantrakarnapa, K. (2021). Particulate matter (PM_{10}) prediction based on multiple linear regression: a case study in Chiang Rai Province, Thailand. *BMC Public Health, 21*(2149), 1-9.

Lesar, T.T., & Filipcic, A. (2017). Multiple Linear Regression (MLR) model simulation of hourly PM_{10} concentrations during sea breeze events in the split area. *International Journal of Maritime Science & Technology, 64*(3), 77-85.

Ma, C., & Ding, L. (2020). A research on the seasonal difference of air pollution in Chengdu. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 569*, 1-6.

Oliveira-Esquerre, K.P., Mori, M., & Bruns, R.E. (2002). Simulation of an industrial wastewater treatment plant using artificial neural networks and principal components analysis. *Brazilian Journal of Chemical Engimeering, 19*(4), 365-370.

Rene, E.R., & Saidutta, M.B. (2008). Prediction of water quality indices by regression analysis and artificial neural networks. *International Journal of Environmental Research, 2*(2), 183-188.

Sharma, P., Sood, S., & Mishra, S. (2020). Development of multiple linear regression model for biochemical oxygen demand (BOD) removal efficiency of different sewage treatment technologies in Delhi, India. *Sustainable Water Resources Management, 6*(29), 1-13.

Skoczko, I., Stuk-Sokolowska, J., & Ofman, P. (2017). Seasonal changes in nitrogen, phosphorus, BOD and COD removal in Bystre wastewater treatment plant. *Journal of Ecological Engineering, 18*(4), 185-191.