

# การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลนครนครราชสีมา

ราชัน อธิระพิทยาตระกูล \*

Received : December 26,2018

Revised: March 10,2019

Accepted: March 23,2019

## บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบย้อนหลังเพื่อศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลนครนครราชสีมา ตั้งแต่ 1 ธันวาคม 2560 - 30 พฤศจิกายน 2561 เป็นเวลา 1 ปี โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองร่วมกับการใช้โปรแกรม ECAM ตรวจวัดและประเมินผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา แสดงจำนวนและร้อยละของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลนครนครราชสีมา ผลการศึกษาพบว่า มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมเฉลี่ยประมาณ 6,611 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปีหรือ 0.718 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อพิจารณาองค์ประกอบแต่ละส่วน เริ่มจากส่วนแรก ระบบรวบรวมน้ำเสียพบว่า ปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมเฉลี่ยประมาณ 631.155 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี หรือ 0.069 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 9.55 และส่วนที่ 2 ระบบบำบัดน้ำเสียพบว่า ปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมเฉลี่ยประมาณ 622.551 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปีหรือ 0.068 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 9.42 และส่วนที่ 3 ระบบระบายน้ำทิ้งและนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่พบว่า ปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมเฉลี่ยประมาณ

5,903.45 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปีหรือ 1.602 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 81.03 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลนครนครราชสีมา ทั้งหมด ก๊าซมีเทน ก๊าซไนตรัสออกไซด์ และกากตะกอนมีส่วนสำคัญต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียเนื่องจากมีค่าศักยภาพในการเกิดภาวะโลกร้อนสูง และเมื่อพิจารณาแหล่งปล่อยทางอ้อมจากระบบบำบัดน้ำเสียพบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้ามากที่สุดจากระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลนครนครราชสีมา รวมเฉลี่ยประมาณ 1,516.045 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปีหรือ 0.165 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 22.93 จากผลการประเมินดังกล่าวจึงควรหาแนวทางการจัดการเพื่อลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น โดยมุ่งเน้นที่การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์เครื่องจักรในระบบเป็นหลัก อีกทั้งการรณรงค์ส่งเสริมการใช้น้ำอย่างประหยัดเพื่อลดปริมาณน้ำเสียเข้าระบบด้วยการกระตุ้นจิตสำนึกของประชาชนเป็นแนวทางหนึ่งเพื่อให้เกิดการแก้ไขปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

## คำสำคัญ:

ก๊าซเรือนกระจก / ระบบบำบัดน้ำเสีย / มีเทน / ไนตรัสออกไซด์ / กากตะกอน

\*ผู้รับผิดชอบบทความ: ราชัน อธิระพิทยาตระกูล นักวิชาการสุขาภิบาลชำนาญการพิเศษ ส่วนช่างสุขาภิบาล สำนักงานช่าง เทศบาลนครนครราชสีมา 635 ถนนโพธิ์กลาง ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 044-234-715 โทรสาร 044-234715 E-mail:rachun2015@hotmail.com

\*วศ.ม.(วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) นักวิชาการสุขาภิบาลชำนาญการพิเศษ ส่วนช่างสุขาภิบาล สำนักงานช่าง เทศบาลนครนครราชสีมา



# Assessment of Greenhouse Gas Emission from Nakhon Ratchasima City Municipality's Wastewater Treatment Plant

Rachun Terapitayatragul\*

## Abstract

*This retrospective study aimed to analyze greenhouse gas (GHG) emissions from wastewater treatment plant (WWTP) of Nakhon Ratchasima City Municipality during December 1, 2017 to November 30.,2018 for 1 year. The results were analyzed using comparative analysis technique and ECAM Tool program to check performance and greenhouse gas emissions assessment. Descriptive statistics were used to explain frequency and percentage of greenhouse gas (GHG) emissions from wastewater treatment plant (WWTP) of Nakhon Ratchasima City Municipality. The results of the study showed that total greenhouse gas emissions from NRCM's wastewater treatment were an average estimated at 6,611 tons carbon dioxide equivalents (CO<sub>2</sub>eq.) per year, corresponding to 0.718 kg.CO<sub>2</sub>eq./m<sup>3</sup>. The first component of WWTP was found that total greenhouse gas emissions were an average estimated to 631.155 tons of carbon dioxide equivalents (CO<sub>2</sub>eq.) per year, corresponding to 0.069 kg.CO<sub>2</sub>eq./m<sup>3</sup> which accounted for 9.55 % of total emissions from NRCM's WWTP. The second component of WWTP was found that total greenhouse gas emissions were an average estimated to 622.551 tons of carbon dioxide equivalents (CO<sub>2</sub>eq.) per year, corresponding to 0.068 kg.CO<sub>2</sub>eq./m<sup>3</sup> which accounted for 9.42 % of total emissions from NRCM's WWTP. The third component of*

*WWTP was found that total greenhouse gas emissions were an average estimated to 5,903.45 tons of carbon dioxide equivalents (CO<sub>2</sub>eq.) per year, corresponding to 1.602 kg.CO<sub>2</sub>eq./m<sup>3</sup> which accounted for 81.03 % of total emissions from NRCM's WWTP. Due to high global warming potential, methane (CH<sub>4</sub>), nitrous oxide (N<sub>2</sub>O), biomass mainly contributed to greenhouse gas emission. According to offside emission, electricity consumption was found that total greenhouse gas emissions were an average estimated to 1,516.045 tons of carbon dioxide equivalents (CO<sub>2</sub>eq.) per year, corresponding to 0.165 kg.CO<sub>2</sub>eq./m<sup>3</sup> which accounted for 22.93 % to be the main source of indirect GHG emission. The assessment results suggested that the reduction of greenhouse gas emissions should be managed greenhouse gas emissions by focusing the efficiency of electricity used for mechanical equipment in the system. Additionally, the campaign for promoting the efficient use of water to reduce the amount of influent water in the system by encouraging public awareness as another way to achieve sustainable environmental solutions.*

## Keywords:

*Greenhouse gases / Wastewater treatment plant / Methane / Nitrous dioxide / Biomass*

\*Corresponding author: Rachun Terapitayatragul, Sanitarian senior professional level, Sanitary division, Bureau of public work, Nakhon Ratchasima City Municipality, 635 Phoklang Road, Muang District, Nakhon Ratchasima Province 30000 Tel 044-234-715 Fax 044-234715 E-mail: rachun2015@hotmail.com

\*M.Eng. (Environmental Engineering), Sanitarian senior professional level, Sanitary division, Bureau of public work, Nakhon Ratchasima City Municipality.

## 1. บทนำ

ปัจจุบันปัญหาภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ทวีความรุนแรงและส่งผลกระทบเป็นวงกว้างมากขึ้นทั่วโลก ส่วนหนึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) ก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ( $\text{N}_2\text{O}$ ) ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีด้วยกันหลากหลายด้านทั้งจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิบรรยากาศของโลก ความชื้นในอากาศ ความแห้งแล้ง อุทกภัย สุขภาวะสิ่งแวดล้อมและความหลากหลายทางชีวภาพ เป็นต้น ระบบบำบัดน้ำเสียถูกระบุว่า เป็นหนึ่งในแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) ก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ( $\text{N}_2\text{O}$ ) จากกระบวนการบำบัดโดยตรง (on-site treatment to direct GHG emission) และจากกระบวนการทางอ้อมของระบบ (off-site or indirect system) ได้แก่ ระบบรวบรวมน้ำเสีย (collection system) และระบบระบายน้ำทิ้ง หรือนำน้ำหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ (discharge and reuse system) รวมทั้งการใช้พลังงานไฟฟ้าและสารเคมีในระบบ (Kyung et al., 2015) ระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละชนิดมีกระบวนการทำงานและการเดินระบบที่แตกต่างกัน

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลนครนครราชสีมา ซึ่งผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครนครราชสีมา จะเป็นการนำร่องให้เกิดโอกาสและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกไปสู่การปฏิบัติ โดยเชื่อมโยงกับแผนงานต่าง ๆ ของเทศบาล และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องให้สอดคล้องกับภารกิจหลักของเทศบาลในการบำบัดน้ำเสีย ลดค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการ และสามารถลดก๊าซเรือนกระจกให้สอดคล้องกับนโยบายเทศบาลนครนครราชสีมาสู่เมืองเป็นมิตรสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

## 2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมชุมชนของเทศบาลนครนครราชสีมา

2.2 เพื่อเปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมชุมชนของเทศบาลนครราชสีมาแต่ละชุดทั้ง 3 ชุด

2.3 เพื่อหาแนวทางการลดปริมาณการปลดปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมชุมชน

## 3. วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัยเป็นการศึกษาแบบย้อนหลัง โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานของเทศบาลนครราชสีมาและผลการตรวจวิเคราะห์ ฯ จากห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำและน้ำเสียของเทศบาล ฯ และจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผลต่อภาวะเรือนกระจกที่สำคัญในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ผลทางตรงคือ ปริมาณน้ำเสียในการบำบัดและผลคุณภาพน้ำจากการบำบัด และผลทางอ้อมคือ ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการจัดการคุณภาพน้ำทั้งระบบของเทศบาล ฯ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม - 30 พฤศจิกายน 2561 เป็นเวลา 1 ปี

3.1 พื้นที่ศึกษาวิจัย ประกอบด้วย พื้นที่ตั้งระบบบำบัดน้ำเสียและระบบรวบรวมน้ำเสียของเทศบาลนครนครราชสีมาครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 37.50 ตารางกิโลเมตร หรือ 23,430 ไร่ 2 งาน ประกอบด้วย

3.1.1 ระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลนครนครราชสีมา

ตั้งอยู่ที่บริเวณบึงหัวทะเล พื้นที่ประมาณ 308 ไร่ ดังภาพที่ 1 และ 2 เป็นระบบบ่อผึ่ง (stabilization pond) จำนวน 9 บ่อ ร่วมกับระบบตะกอนเร่ง (activated sludge, AS) ดังภาพที่ 3 จำนวน 3 ชุด รองรับปริมาณน้ำเสียได้สูงสุด 70,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน สามารถลดค่าบีโอดีและสารแขวนลอยลงจนมีค่าน้ำทิ้งที่ได้มาตรฐานคือ ค่าบีโอดี ไม่เกิน 20 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าสารแขวนลอยไม่เกิน 30 มิลลิกรัม/ลิตร ก่อนปล่อยน้ำที่ถูกบำบัดจากระบบตะกอนเร่งไหลเพื่อนำกลับไปที่ประโยชน์หรือปล่อยทิ้งลงสู่ทางระบายน้ำสาธารณะ

3.1.2 ระบบท่อระบายน้ำ และท่อรวบรวมน้ำเสีย มี 2 ส่วน ดังนี้

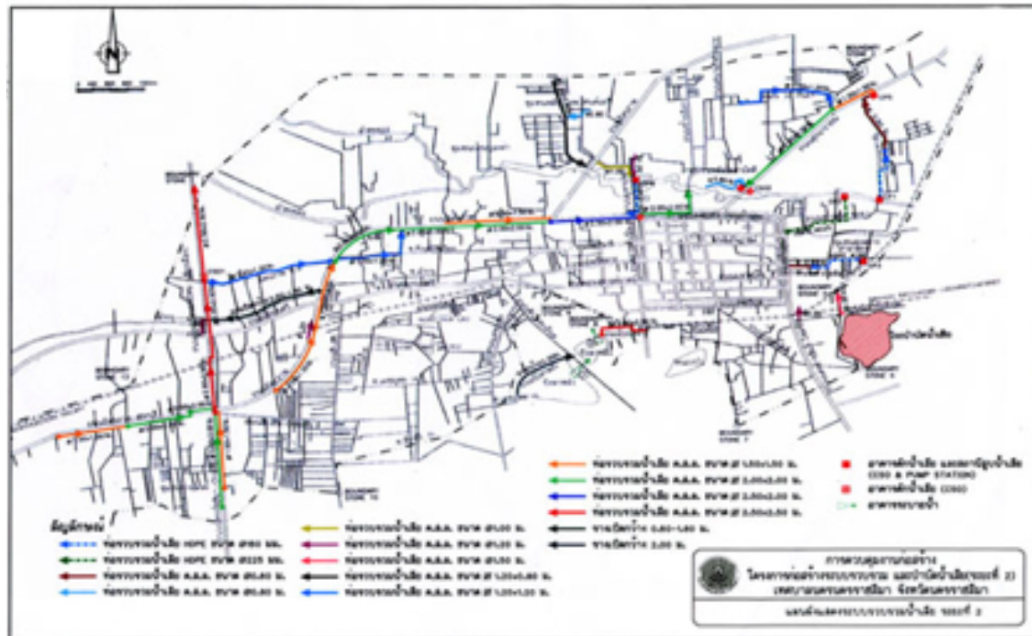
ส่วนที่ 1 เป็นท่อระบายน้ำและท่อรวบรวมน้ำเสียที่ก่อสร้างในช่วงของโครงการเมืองหลักและโครงการ



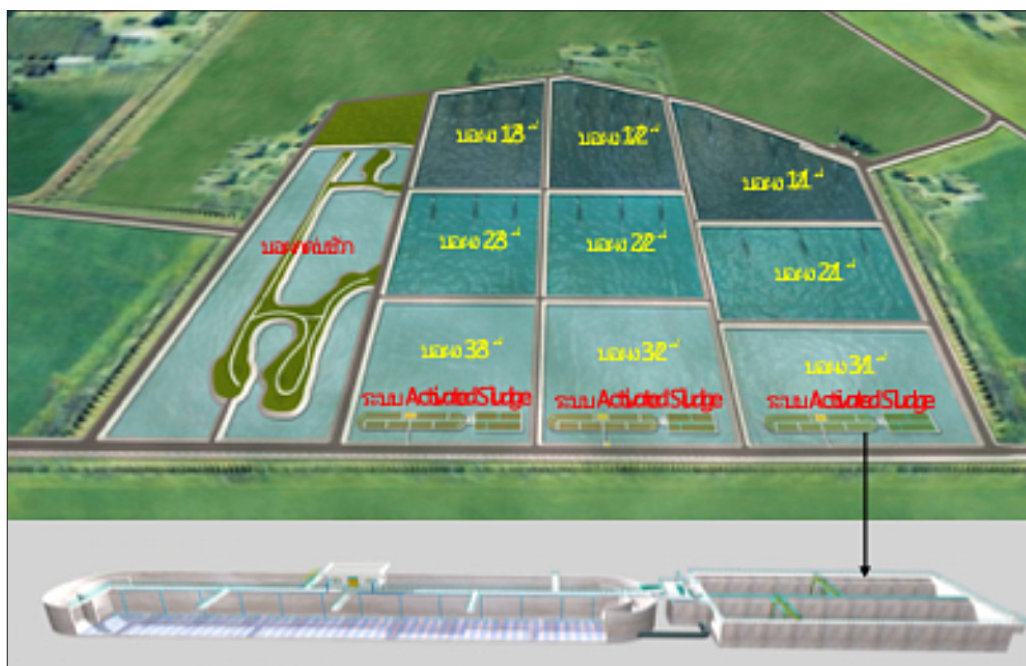
ก่อสร้างระยะที่ 1 ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 15 ตารางกิโลเมตร รวมสถานีสูบน้ำเสีย 9 แห่งในเขตเทศบาลฯ

ส่วนที่ 2 เป็นท่อระบายน้ำและท่อรวบรวมน้ำเสียที่ก่อสร้างในช่วงของโครงการ ระยะที่ 2 ครอบคลุมพื้นที่

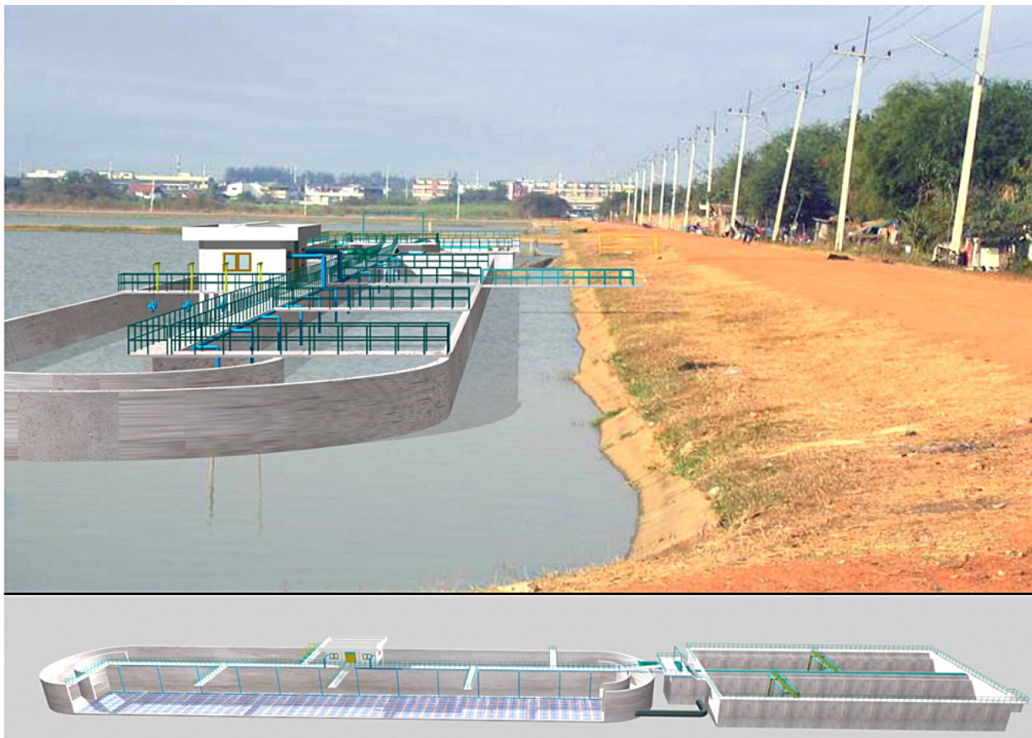
ในเขตเทศบาลเพิ่มขึ้นอีก ประมาณ 22.5 ตารางกิโลเมตร รวมสถานีสูบน้ำเสียเพิ่มอีก 4 แห่ง



ภาพที่ 1 พื้นที่ตั้งระบบบำบัดน้ำเสียและระบบรวบรวมน้ำเสียเทศบาลนครนครราชสีมา



ภาพที่ 2 ระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลนครนครราชสีมา ปัจจุบันมีพื้นที่ประมาณ 308 ไร่



ภาพที่ 3 ภาพ 3 มิติ ระบบบำบัดแบบตะกอนเร่ง

### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสีย

3.2.1 โปรแกรม ECAM 2.0 (Energy Performance & Carbon Emissions Assessment & Monitoring Tool) ได้จาก: [www.wacclim.org/ecam](http://www.wacclim.org/ecam) เครื่องมือตรวจวัดและประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานและก๊าซเรือนกระจก ซึ่งพัฒนาโดยโครงการ WaCCliM ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแผนงานป้องกันการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศระดับสากล (IKI) โดยได้รับการสนับสนุนจากกระทรวงสิ่งแวดล้อม คุ้มครองธรรมชาติ การก่อสร้าง และความปลอดภัยทางปรมาณู สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี (BMUB) ตามมติแห่งรัฐบาลสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี

3.2.2 สูตรการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

$$\begin{aligned} \text{โดยตรง } P_{\text{onsite}} &= \Sigma[(E_{\text{CO}_2} + (E_{\text{CH}_4} \times \text{GWP}_{\text{CH}_4}) + (E_{\text{N}_2\text{O}} \\ &\quad + (E_{\text{CH}_4} \times \text{GWP}_{\text{CH}_4}))] \dots\dots\dots(1) \\ E_{\text{CO}_2} &= EF_{\text{CO}_2} \times M_{\text{BOD}_5}; E_{\text{CH}_4} = EF_{\text{CH}_4} \times M_{\text{BOD}_5}; \\ E_{\text{N}_2\text{O}} &= EF_{\text{N}_2\text{O}} \times M_{\text{TN}} \end{aligned}$$

$$M_{\text{BOD}_5} = (\Delta\text{BOD}_5 \times Q) \times 10^{-3}; M_{\text{TN}} = (\Delta\text{TN} \times Q) \times 10^{-3} \text{ และ}$$

$$\text{GWP} = \text{ค่าศักยภาพในการเกิดภาวะโลกร้อน (kgCO}_{2\text{eq}}/\text{kg)}$$

$E_{\text{CO}_2}$  คือ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(kg/d),

$E_{\text{CH}_4}$  คือ ปริมาณก๊าซมีเทน(kg/d)

$E_{\text{N}_2\text{O}}$  คือ ปริมาณก๊าซไนตรัสออกไซด์ (kg/d)

$Q$  คือ อัตราการไหล ( $\text{m}^3/\text{d}$ ),  $\Delta\text{BOD}_5$  คือ

ค่าบีโอดีที่ลดลง (mg/L)

$\Delta\text{TN}$  คือ ค่าไนโตรเจนทั้งหมดที่ลดลง (mg/L)

$M_{\text{BOD}_5}$  คือ ค่าปริมาตรของบีโอดี (kgBOD) และ

$M_{\text{TN}}$  คือ ค่าปริมาตรของไนโตรเจนทั้งหมด

(kgTN)

ทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (emission factor; EF) สำหรับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ในการคำนวณแนะนำโดย (Kyung et al.,2015) ดังนี้  
 ที่  $EF_{\text{CO}_2} = 23.61 \text{ kg}_{\text{CO}_2\text{eq}}/\text{kgBOD}$ ,  $EF_{\text{CH}_4} = 0.146 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}/\text{kgBOD}$ , และ  $EF_{\text{N}_2\text{O}} = 0.653 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}/\text{kgTN}$  (Bao et al.,2016; Kyung et al.,2015)



โดยตรง จากการใช้ไฟฟ้า น้ำประปาและสารเคมี  
ดังสมการ

$$P_{\text{offsite,electricity}} = \sum (EF_{\text{electricity}} \times (E_{\text{unitprocess}})) \dots (2)$$

$$P_{\text{offsite,water}} = \sum (EF_{\text{water}} \times (W_{\text{unitprocess}})) \dots (3)$$

$$P_{\text{offsite,chemical}} = \sum (EF_{\text{chemical}} \times (M_{\text{unitprocess}})) \dots (4)$$

โดยที่  $EF_{\text{electricity}}$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าสำหรับกระบวนการบำบัดน้ำเสียมีค่าเท่ากับ  $0.6093 \text{ kgCO}_2/\text{kWh}$

$E_{\text{unitprocess}}$  คือ ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh)

$EF_{\text{water}}$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำประปามีค่าเท่ากับ  $0.5081 \text{ kgCO}_2/\text{m}^3$

$W_{\text{unitprocess}}$  คือ ปริมาณการใช้น้ำประปาในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ( $\text{m}^3$ )

$EF_{\text{chemical}}$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้สารเคมี มีค่าเท่ากับ  $2.2 \text{ kgCO}_2/\text{kg}$

$M_{\text{unitprocess}}$  คือ ปริมาณการใช้สารเคมีในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) (Kyung et al.,2015)

#### 4. ผลการวิจัย

จากข้อมูลของเทศบาลนครนครราชสีมาที่ใช้ในวิเคราะห์ผลกระทบทางตรงและทางอ้อมต่อการเกิดภาวะเรือนกระจก ได้แก่ จำนวนประชากรในเขตพื้นที่รับผิดชอบปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำระบบบำบัดน้ำเสีย และค่าไฟฟ้าที่ใช้ในกิจกรรมการจัดการน้ำเสียของเทศบาลนครนครราชสีมา ปรากฏผลดังตารางที่ 1-4 และ ข้อมูลที่ป้อนเข้าโปรแกรม ECAM 2.0 เครื่องมือตรวจวัดและประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานและก๊าซเรือนกระจก ดังภาพที่ 4-9

**ตารางที่ 1** ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำเสียเข้าระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครนครราชสีมา ปี 2554 – 2561

| เดือน / ปี       | 2554             | 2555             | 2556             | 2557             | 2558             | 2559             | 2560             | 2561             |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| มกราคม           | -                | 365,692          | 416,975          | 355,064          | 561,806          | 235,636          | 586,385          | 558,986          |
| กุมภาพันธ์       | -                | -                | 473,261          | 683,135          | 455,784          | 220,489          | 490,720          | 488,256          |
| มีนาคม           | -                | -                | 430,340          | 378,741          | 811,608          | 262,337          | 737,585          | 710,941          |
| เมษายน           | -                | 363,836          | 363,836          | 210,819          | 726,724          | 317,681          | 777,446          | 756,013          |
| พฤษภาคม          | -                | 613,035          | 657,649          | 617,866          | 687,964          | 273,312          | 678,963          | 725,099          |
| มิถุนายน         | -                | 777,094          | 716,586          | 643,360          | 788,098          | 391,028          | 828,738          | 842,064          |
| กรกฎาคม          | -                | 1,122,858        | 805,281          | 807,715          | 1,435,124        | 614,078          | 1,370,772        | 1,393,726        |
| สิงหาคม          | 963,063          | 757,461          | 701,995          | 672,383          | 674,360          | 278,713          | 664,572          | 703,054          |
| กันยายน          | 848,136          | 883,272          | 1,099,809        | 1,103,901        | 809,676          | 355,274          | 773,018          | 811,352          |
| ตุลาคม           | 880,329          | 828,650          | 968,739          | 1,084,320        | 827,521          | 346,198          | 854,188          | 861,146          |
|                  | 126,499          | 526,960          | 749,974          | 532,927          | 312,080          | 305,406          | 809,505          | 725,088          |
| ธันวาคม          | 544,024          | 605,074          | 642,861          | 610,386          | 270,876          | 263,789          | 641,670          | 637,397          |
| <b>รวม</b>       |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| <b>ปริมาณน้ำ</b> | <b>3,362,051</b> | <b>6,843,932</b> | <b>8,027,306</b> | <b>7,700,653</b> | <b>8,349,621</b> | <b>3,863,940</b> | <b>9,213,562</b> | <b>9,213,121</b> |
| <b>เข้า</b>      |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |

หมายเหตุ: สิงหาคม 2554 เริ่มทำการเดินระบบ กุมภาพันธ์-มีนาคม 2555 ระบบบันทึกข้อมูลเสีย (flow meter)

ที่มา: ฝ่ายจัดการคุณภาพน้ำ ส่วนช่างสุขาภิบาล สำนักงานช่าง เทศบาลนครนครราชสีมา, 2561.

## ตารางที่ 2 สรุปปริมาณไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายที่เทศบาลนครนครราชสีมาใช้ในกิจกรรมจัดการน้ำเสีย

รอบ 12 เดือน (1 ธันวาคม 2560 – 30 พฤศจิกายน 2561)

| ลำดับ | หน่วย งาน | สถานที่ตั้ง                             | หมายเลขผู้ใช้ไฟฟ้า | จำนวน<br>หน่วยที่ใช้ | จำนวนเงิน<br>รวมVAT7% | หมายเหตุ<br>(รหัสใหม่) |
|-------|-----------|-----------------------------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|
| 1.    | สช.       | สถานีสูบน้ำที่ 1                        | 9807020012966083   | 28,716               | 217,685.80            |                        |
| 2.    | สช.       | สถานีสูบน้ำที่ 2                        | 9807020012965932   | 12,192               | 52,924.35             |                        |
| 3.    | สช.       | โรงสูบน้ำเสีย<br>ที่ 3/1<br>หัวทะเลเก่า | 9807020013102585   | 554,060              | 2,104,167.52          |                        |
| 4.    | สช.       | โรงสูบน้ำเสียที่<br>3/1<br>หัวทะเลใหม่  | 9807020013102675   | 152,604              | 798,743.74            |                        |
| 5.    | สช.       | สถานีสูบน้ำเสีย<br>ท้าวสุระ             | 9801020013059619   | 10,478.66            | 84,696.85             |                        |
| 6.    | สช.       | สถานีสูบน้ำ<br>สุรนารายณ์               | 9011020012965339   | 63,783.10            | 252,000.85            |                        |
| 7.    | สช.       | สถานีสูบน้ำ<br>ช้างเผือก                | 9807020012964241   | 93,044               | 468,164.66            |                        |
| 8.    | สช.       | สถานีสูบน้ำ<br>เพาะชำ                   | 9004020012934352   | 26,523               | 118,665.14            |                        |
| 9.    | สช.       | โรงตะแกรง<br>ดักขยะ                     | 9006020012940957   | 7,295                | 33,381                |                        |
| 10.   | สช.       | สถานีสูบน้ำเสีย<br>สูบลับ               | 9002020012924818   | 0                    | 0                     | Z10242597              |
| 11.   | สช.       | ถังบำบัดน้ำเสีย<br>ศาลาลอย              | 9001020012911838   | 524                  | 2,324.89              |                        |
| 12.   | สช.       | ถังบำบัดน้ำเสีย<br>ศาลาลอย              | 9004020012933029   | 0                    | 592.69                |                        |
| 13.   | สช.       | ถังบำบัดน้ำเสีย<br>มิตรภาพซอย 6         | 9004020012933083   | 0                    | 592.69                |                        |
| 14.   | สช.       | ถังบำบัดน้ำเสีย<br>มิตรภาพ<br>ซอย 4/1   | 9004020012933144   | 0                    | 592.69                |                        |
| 15.   | สช.       | ถังบำบัดน้ำเสีย<br>มิตรภาพ<br>ซอย 4/2   | 9004020012933272   | 0                    | 0                     |                        |



## ตารางที่ 2 (ต่อ)

| ลำดับ                                                      | หน่วย งาน    | สถานที่ตั้ง                                | หมายเลขผู้ใช้ไฟฟ้า | จำนวน<br>หน่วยที่ใช้ | จำนวนเงิน<br>รวมVAT7% | หมายเหตุ<br>(รหัสใหม่) |
|------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|
| 16.                                                        | สข.          | ถังบำบัดน้ำเสีย<br>ลำโรงจันทร์             | 9004020012933017   | 0                    | 493.91                |                        |
| 17.                                                        | สข.          | ถังบำบัดน้ำเสีย<br>ท่าตะโก 2               | 9004020012933076   | 13,150               | 59,076.39             |                        |
| 18.                                                        | สข.          | สถานีสูบน้ำ<br>มหาชัย                      | 9001200129121790   | 0                    | 0                     |                        |
| 19.                                                        | สข.          | สถานีสูบน้ำ<br>ท้าวสุระ                    | 9001020012912074   | 0                    | 592.69                |                        |
| 20.                                                        | สข.          | สถานีสูบน้ำ<br>พวยพิศ                      | 9001020012912037   | 0                    | 592.69                |                        |
| 21.                                                        | สข.          | สถานีสูบน้ำ<br>สุนารายณ์                   | 9004020012934489   | 0                    | 592.69                |                        |
| 22.                                                        | สข.          | สถานีสูบน้ำเสีย<br>เขื่อนคนชุม             | 032820019089537    | 174                  | 1,115.33              |                        |
| 23.                                                        | สข.          | โครงการ<br>ก่อสร้าง ฯ<br>โหมโปร            | 937820019091771    | 15,216               | 92,725.35             |                        |
| 24.                                                        | สข.          | สถานีสูบน้ำเสีย<br>เขื่อนข่อยงาม           | 9079020021958796   | 29,280               | 75,434.96             |                        |
| 25.                                                        | สข.          | ระบบบำบัดน้ำ<br>เสียระยะที่ 2<br>ชุดที่ 1  | 9801020013060090   | 247,688              | 930,405.53            |                        |
| 26.                                                        | สข.          | ระบบบำบัดน้ำ<br>เสียระยะที่ 2 ชุด<br>ที่ 2 | 9012020013060109   | 149,960              | 617,305.48            |                        |
| 27.                                                        | สข.          | ระบบบำบัดน้ำ<br>เสียระยะที่ 2<br>ชุดที่ 3  | 9012020013060149   | 7,200                | 32,896.10             |                        |
| สรุปรวม<br>ปริมาณ<br>ไฟฟ้าและ<br>ค่าใช้จ่ายที่<br>เกิดขึ้น |              |                                            |                    |                      |                       |                        |
|                                                            | 1,411,887.76 | 5,945,764.03                               |                    |                      |                       |                        |

ที่มา: ฝ่ายจัดการคุณภาพน้ำ ส่วนช่างสุขาภิบาล สำนักการช่าง เทศบาลนครนครราชสีมา, 2561.

### ตารางที่ 3 สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครนครราชสีมา ปี 2556 - 2561

| พารามิเตอร์                                       | มาตร<br>ฐาน                     | ผลการตรวจวัด |              |              |              |              |              |             |            |             |            |             |            |                              |            |
|---------------------------------------------------|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|------------------------------|------------|
|                                                   |                                 |              |              |              |              |              |              |             |            |             |            |             |            | ค่าเฉลี่ยปี<br>56 – ปัจจุบัน |            |
|                                                   |                                 |              |              |              |              |              |              |             |            |             |            |             |            |                              |            |
|                                                   |                                 | ปี พ.ศ. 2556 | ปี พ.ศ. 2557 | ปี พ.ศ. 2558 | ปี พ.ศ. 2559 | ปี พ.ศ. 2560 | ปี พ.ศ. 2561 | น้ำ<br>เข้า | น้ำ<br>ออก | น้ำ<br>เข้า | น้ำ<br>ออก | น้ำ<br>เข้า | น้ำ<br>ออก | น้ำ<br>เข้า                  | น้ำ<br>ออก |
| ความเป็นกรด-<br>ด่าง(pH)                          | 5.5–9.0                         | 8.50         | 8.65         | 8.60         | 8.80         | 8.75         | 8.75         | 8.82        | 8.80       | 8.35        | 8.25       | 8.75        | 8.75       | 8.63                         | 8.67       |
| บีโอดี (BOD)<br>(Biochemical<br>Oxygen<br>Demand) | ไม่เกิน<br>20มิลลิกรัม/<br>ลิตร | 33.25        | 15.75        | 32.82        | 15.44        | 33.25        | 16.70        | 35.23       | 16.81      | 35.67       | 17.49      | 34.44       | 17.64      | 34.11                        | 16.64      |
| ของแข็ง<br>แขวนลอย(SS)<br>(Suspended<br>Solids)   | ไม่เกิน<br>30มิลลิกรัม/<br>ลิตร | 18.50        | 11.50        | 16.80        | 11.30        | 16.00        | 11.00        | 18.40       | 11.50      | 20.00       | 11.30      | 17.10       | 12.10      | 17.80                        | 11.45      |
| น้ำมันและ<br>ไขมัน<br>(Fat, Oil and<br>Grease)    | ไม่เกิน<br>5 มิลลิกรัม/<br>ลิตร | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -           | -          | -           | -          | -           | -          | -                            | -          |
| ฟอสฟอรัส<br>ทั้งหมด(TP)<br>(Total<br>Phosphorus)  | ไม่เกิน<br>2 มิลลิกรัม/<br>ลิตร | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -           | -          | -           | -          | -           | -          | -                            | -          |
| ไนโตรเจน<br>ทั้งหมด(TN)<br>(Total<br>Nitrogen)    | ไม่เกิน<br>มิลลิกรัม/<br>ลิตร   | 8.54         | 1.10         | 7.55         | 1.65         | 7.08         | 1.03         | 8.20        | 1.20       | 8.89        | 1.08       | 7.88        | 1.08       | 8.02                         | 1.19       |

ที่มา: ฝ่ายจัดการคุณภาพน้ำ ส่วนช่างสุขาภิบาล สำนักงานช่าง เทศบาลนครนครราชสีมา, 2561.



**ตารางที่ 4** สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่จากระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครนครราชสีมา  
รอบ 12 เดือน (1 ธันวาคม 2560 – 30 พฤศจิกายน 2561)

| พารามิเตอร์                | ความเป็นกรด-ด่าง (pH) |        | บีโอดี (BOD) (Biochemical Oxygen Demand) |        | ของแข็งแขวนลอย (SS) (Suspended Solids) |        | น้ำมันและไขมัน (FOG) (Fat, Oil and Grease) |        | ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) (Total Phosphorus) |        | ไนโตรเจนทั้งหมด (TN) (Total Nitrogen) |        |
|----------------------------|-----------------------|--------|------------------------------------------|--------|----------------------------------------|--------|--------------------------------------------|--------|-----------------------------------------|--------|---------------------------------------|--------|
| มาตรฐาน                    | 5.5 – 9.0             |        | ไม่เกิน 20 mg/L                          |        | ไม่เกิน 30 mg/L                        |        | ไม่เกิน 5 mg/L                             |        | ไม่เกิน 2 mg/L                          |        | ไม่เกิน 20 mg/L                       |        |
|                            | น้ำเข้า               | น้ำออก | น้ำเข้า                                  | น้ำออก | น้ำเข้า                                | น้ำออก | น้ำเข้า                                    | น้ำออก | น้ำเข้า                                 | น้ำออก | น้ำเข้า                               | น้ำออก |
| มกราคม 2561 ครั้งที่ 1     | 7.45                  | 8.06   | 22.05                                    | 20.35  | 14.77                                  | 13.63  | -                                          | -      | -                                       | -      | 7.61                                  | 1.65   |
| มกราคม 2561 ครั้งที่ 2     | 7.41                  | 7.29   | 22.05                                    | 19.61  | 14.77                                  | 13.14  | -                                          | -      | -                                       | -      | 5.50                                  | 1.35   |
| กุมภาพันธ์ 2561 ครั้งที่ 1 | 7.45                  | 8.06   | 22.05                                    | 20.35  | 14.77                                  | 13.63  | -                                          | -      | -                                       | -      | 7.61                                  | 1.65   |
| กุมภาพันธ์ 2561 ครั้งที่ 2 | 7.41                  | 8.25   | 21.04                                    | 21.46  | 14.12                                  | 14.38  | -                                          | -      | -                                       | -      | 5.26                                  | 1.47   |
| มีนาคม 2561 ครั้งที่ 1     | 8.39                  | 8.25   | 152.96                                   | 19.61  | 102.50                                 | 12.92  | -                                          | -      | -                                       | -      | 52.81                                 | 1.59   |
| มีนาคม 2561 ครั้งที่ 2     | 8.37                  | 8.25   | 167.38                                   | 19.28  | 112.15                                 | 13.14  | -                                          | -      | -                                       | -      | 41.76                                 | 1.32   |
| เมษายน 2561 ครั้งที่ 1     | 8.29                  | 8.20   | 104.08                                   | 20.35  | 69.73                                  | 13.63  | -                                          | -      | -                                       | -      | 35.93                                 | 11.65  |
| เมษายน 2561 ครั้งที่ 2     | 7.80                  | 8.44   | 104.86                                   | 23.03  | 70.26                                  | 15.43  | -                                          | -      | -                                       | -      | 26.16                                 | 1.58   |
| พฤษภาคม 2561 ครั้งที่ 1    | 7.60                  | 8.15   | 19.60                                    | 21.40  | 13.13                                  | 14.34  | -                                          | -      | -                                       | -      | 4.77                                  | 1.74   |
| พฤษภาคม 2561 ครั้งที่ 2    | 7.75                  | 8.23   | 24.26                                    | 18.06  | 16.25                                  | 12.10  | -                                          | -      | -                                       | -      | 6.05                                  | 1.24   |
| มิถุนายน 2561 ครั้งที่ 1   | 7.66                  | 8.08   | 24.89                                    | 14.36  | 16.68                                  | 9.62   | -                                          | -      | -                                       | -      | 8.59                                  | 1.17   |
| มิถุนายน 2561 ครั้งที่ 1   | 7.18                  | 8.48   | 25.09                                    | 13.91  | 16.81                                  | 9.32   | -                                          | -      | -                                       | -      | 6.26                                  | 0.96   |
| กรกฎาคม 2561 ครั้งที่ 1    | 7.60                  | 8.15   | 26.36                                    | 13.52  | 17.06                                  | 9.06   | -                                          | -      | -                                       | -      | 9.10                                  | 1.10   |
| กรกฎาคม 2561 ครั้งที่ 2    | 7.47                  | 7.92   | 25.53                                    | 11.93  | 17.10                                  | 7.99   | -                                          | -      | -                                       | -      | 6.37                                  | 0.82   |
| สิงหาคม 2561 ครั้งที่ 1    | 7.63                  | 7.98   | 24.26                                    | 13.41  | 16.25                                  | 8.99   | -                                          | -      | -                                       | -      | 8.37                                  | 1.09   |
| สิงหาคม 2561 ครั้งที่ 2    | 8.89                  | 8.17   | 25.48                                    | 14.60  | 17.07                                  | 9.78   | -                                          | -      | -                                       | -      | 6.36                                  | 1.00   |
| กันยายน 2561 ครั้งที่ 1    | 7.81                  | 7.16   | 26.31                                    | 13.82  | 17.63                                  | 9.26   | -                                          | -      | -                                       | -      | 9.08                                  | 1.12   |
| กันยายน 2561 ครั้งที่ 2    | 8.75                  | 8.13   | 24.06                                    | 12.62  | 16.12                                  | 8.45   | -                                          | -      | -                                       | -      | 6.00                                  | 0.87   |
| ตุลาคม 2561 ครั้งที่ 1     | 7.89                  | 8.00   | 25.33                                    | 12.56  | 16.97                                  | 8.42   | -                                          | -      | -                                       | -      | 8.75                                  | 1.02   |
| ตุลาคม 2561 ครั้งที่ 2     | 7.76                  | 8.10   | 21.72                                    | 12.15  | 15.89                                  | 8.14   | -                                          | -      | -                                       | -      | 5.92                                  | 0.83   |
| พฤศจิกายน 2561 ครั้งที่ 1  | 7.50                  | 8.02   | 21.37                                    | 14.65  | 15.66                                  | 9.82   | -                                          | -      | -                                       | -      | 8.07                                  | 1.19   |
| พฤศจิกายน 2561 ครั้งที่ 2  | 8.23                  | 8.05   | 22.93                                    | 16.39  | 15.36                                  | 10.98  | -                                          | -      | -                                       | -      | 5.72                                  | 1.13   |
| ธันวาคม 2561 ครั้งที่ 1    | 8.92                  | 8.18   | 21.61                                    | 17.13  | 14.48                                  | 11.48  | -                                          | -      | -                                       | -      | 7.46                                  | 1.39   |
| ธันวาคม 2561 ครั้งที่ 2    | 8.38                  | 8.24   | 23.42                                    | 17.72  | 15.69                                  | 11.87  | -                                          | -      | -                                       | -      | 5.84                                  | 1.22   |
| ค่าเฉลี่ย 12 เดือน         | 7.92                  | 8.08   | 41.78                                    | 16.76  | 27.99                                  | 11.23  | -                                          | -      | -                                       | -      | 12.39                                 | 1.67   |

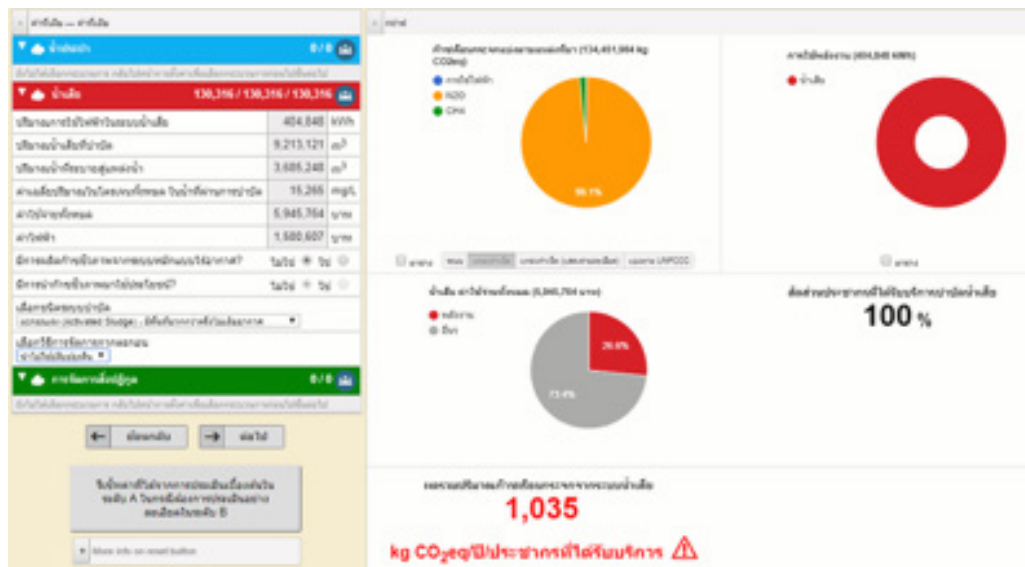
ที่มา: ฝ่ายจัดการคุณภาพน้ำ ส่วนช่างสุขาภิบาล สำนักงานช่าง เทศบาลนครนครราชสีมา, 2561.

ภาพที่ 4 หน้าหลักของโปรแกรม ECAM เครื่องมือตรวจวัดและประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานและก๊าซเรือนกระจก

**ภาพที่ 5** การเข้าสู่ระบบการประเมินก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสีย และค่าข้อมูลทั่วไป



ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 ประจำเดือนมกราคม - เมษายน 2562



💡 <https://leetcode.com/problems/maximum-number-of-words-which-can-be-formed-by-characters/>

[illegible]

|                                                                   | + | เพิ่มหน่วยวัด                                                 | Unit/Volume 1<br>หน่วยต่อ Volume 1<br>ตามชนิด (ลบ) | หน่วย       | ค่ารวมโดยอัตโนมัติ จากหน่วยวัดเดิม | ค่า<br>รวมตามหน่วย |
|-------------------------------------------------------------------|---|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------|------------------------------------|--------------------|
| wet_arg_cons                                                      |   | เพิ่มค่าการใส่ Arg                                            | 1,007.048                                          | kgVh        | 1,007.040                          | 1,007.048          |
| wet_cons_gmp                                                      |   | ค่ารวมค่าจากเครื่องใช้กับเครื่องใช้ที่มีขนาดตามรายการด้านล่าง | 130.316                                            | kg          | 130.316                            | 130.316            |
| wet_wet_cons                                                      |   | เพิ่มค่าการใส่ Arg ตามรายการด้านล่าง                          | 9,213.121                                          | m3          | 9,213.121                          | 9,213.121          |
| wet_ch4_efac_wet                                                  |   | ค่ารวมค่าการใส่ Arg CH4 (ค่านี้ใช้กับรายการตามรายการ)         | 45.884                                             | kgCH4/kgBOO | 45.884                             | 45.884             |
| wet_ch4_efac_wet                                                  |   | ค่ารวมค่าการใส่ Arg CH4 (ค่านี้ใช้กับรายการตามรายการ)         |                                                    | kgCH4/kgBOO |                                    |                    |
| wet_ch4_cons_gmp                                                  |   | ค่ารวมค่าจากเครื่องใช้กับเครื่องใช้ที่มีขนาดตามรายการด้านล่าง | 100                                                | %           | 100                                | 100                |
| wet_CFL_arg_arg_gmp                                               |   | เพิ่มค่าการใส่ Arg ตามรายการด้านล่าง                          | 0.11                                               | kgWh/m3     | 0.11                               | 0.11               |
| wet_CFL_arg_gmp                                                   |   | เพิ่มค่าการใส่ Arg ตามรายการด้านล่าง                          | 631.155                                            | kg CO2eq    | 631.155                            | 631.155            |
| wet_CFL_arg                                                       |   | ค่ารวมค่าการใส่ Arg ตามรายการด้านล่าง                         | 631.155                                            | kg CO2eq    | 631.155                            | 631.155            |
| ▼ เพิ่มค่าการเพิ่มเป็นค่านี้โดยการเพิ่มรายการด้านล่าง? ไม่ใช่ ใช่ |   |                                                               |                                                    |             |                                    |                    |
| wet_wet_flow                                                      |   | ค่ารวมค่าการใส่ Arg ตามรายการด้านล่าง                         | 60.000                                             | m3/day      | 60.000                             | 60.000             |
| wet_dry_flow                                                      |   | ค่ารวมค่าการใส่ Arg ตามรายการด้านล่าง                         | 40.000                                             | m3/day      | 40.000                             | 40.000             |
| wet_arg_flow                                                      |   | ค่ารวมค่าการใส่ Arg                                           | 30                                                 | day         | 30                                 | 30                 |
| c_wet_wet_arg                                                     |   | เพิ่มค่าการเพิ่มเป็นค่านี้โดยการเพิ่มรายการด้านล่าง           | 600.000                                            | m3          | 600.000                            | 600.000            |
| wet_ch4_arg_c1                                                    |   | เพิ่มค่าการใส่ Arg ตามรายการด้านล่าง                          | 41.104                                             | kg CO2eq    | 41.104                             | 41.104             |
| wet_ch4_arg_c1                                                    |   | เพิ่มค่าการใส่ Arg ตามรายการด้านล่าง                          | 1.5                                                | ratio       | 1.5                                | 1.5                |
| wet_ch4_arg_c1                                                    |   | เพิ่มค่าการใส่ Arg ตามรายการด้านล่าง                          | 41.104                                             | kg CO2eq    | 41.104                             | 41.104             |
| wet_ch4_arg_c1                                                    |   | เพิ่มค่าการใส่ Arg ตามรายการด้านล่าง                          | 16.524                                             | kg CO2eq    | 16.524                             | 16.524             |
| wet_ch4_arg_c1                                                    |   | เพิ่มค่าการใส่ Arg ตามรายการด้านล่าง                          | 5.508                                              | kg CO2eq    | 5.508                              | 5.508              |
| wet_ch4_arg_c1                                                    |   | เพิ่มค่าการใส่ Arg ตามรายการด้านล่าง                          | 63.136                                             | kg CO2eq    | 63.136                             | 63.136             |

|                                                          |                                              |           |                     |           |  |           |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------|---------------------|-----------|--|-----------|
| elec_wat_pump                                            | ปริมาณน้ำเข้าปั๊ม                            | 9,213.121 | m <sup>3</sup>      | 9,213.121 |  | 9,213.121 |
| elec_pump_head                                           | เสถียรของแรงดัน                              | 4         | m                   | 4         |  | 4         |
| elec_wat_head                                            | เสถียรของ                                    |           |                     |           |  |           |
| elec_cold_in                                             | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น                    | 33.3      | km                  | 33.3      |  | 33.3      |
| elec_KPI_wat_pump_flow                                   | การปล่อยน้ำจากปั๊มที่สถานีบำบัดน้ำเสีย       | 3.83      | m <sup>3</sup> /hr  | 3.83      |  | 3.83      |
| elec_KPI_wat_head_loss                                   | ความดันสูญเสีย                               | 0.12      | kg/cm <sup>2</sup>  | 0.12      |  | 0.12      |
| ผลการประเมินประสิทธิภาพการดำเนินงานไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำ |                                              |           |                     |           |  |           |
| elec_pump_flow                                           | ปริมาณน้ำเข้าปั๊ม                            | 40,000    | m <sup>3</sup> /day | 40,000    |  | 40,000    |
| elec_pump_volt                                           | แรงดันไฟฟ้าเข้าปั๊ม                          | 400       | V                   | 400       |  | 400       |
| elec_pump_amp                                            | กระแสไฟฟ้าเข้าปั๊ม                           | 6,418     | A                   | 6,418     |  | 6,418     |
| elec_pump_pf                                             | ค่าการสูญเสียแรงดัน                          |           |                     |           |  |           |
| C_elec_pump_kw                                           | กำลังไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำ                   | 18.17     | kW                  | 18.17     |  | 18.17     |
| elec_KPI_pump_efficiency                                 | ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ                  |           | %                   |           |  |           |
| ผลการประเมินประสิทธิภาพการดำเนินงานไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำ |                                              |           |                     |           |  |           |
| elec_pump_eff                                            | ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ                  | 80        | %                   | 80        |  | 80        |
| elec_KPI_wat_pump_flow                                   | การปล่อยน้ำจากปั๊มที่สถานีบำบัดน้ำเสีย       |           | m <sup>3</sup> /hr  |           |  |           |
| elec_KPI_pump_flow_loss                                  | ปริมาณการปล่อยน้ำจากปั๊มที่สถานีบำบัดน้ำเสีย |           | m <sup>3</sup> /hr  |           |  |           |
| elec_KPI_pump_volt_loss                                  | ปริมาณการปล่อยน้ำจากปั๊มที่สถานีบำบัดน้ำเสีย |           | V                   |           |  |           |
| elec_KPI_pump_amp_loss                                   | ปริมาณการปล่อยน้ำจากปั๊มที่สถานีบำบัดน้ำเสีย |           | A                   |           |  |           |
| elec_KPI_pump_kw_loss                                    | ปริมาณการปล่อยน้ำจากปั๊มที่สถานีบำบัดน้ำเสีย |           | kW                  |           |  |           |

ภาพที่ 6 การประเมินก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียในส่วนระบบรวบรวมและค่าข้อมูลทั่วไป

|                                     |                           |           |                         |           |  |           |
|-------------------------------------|---------------------------|-----------|-------------------------|-----------|--|-----------|
| Substage 1<br>wastewater 1          |                           |           |                         |           |  |           |
| elec_wat_pump                       | ปริมาณน้ำเข้าปั๊ม         | 404,848   | m <sup>3</sup>          | 404,848   |  | 404,848   |
| elec_wat_pump                       | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น | 130,316   | m                       | 130,316   |  | 130,316   |
| elec_wat_head                       | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น | 9,213.121 | m <sup>3</sup>          | 9,213.121 |  | 9,213.121 |
| elec_wat_head                       | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น | 0.3       | kgCH <sub>4</sub> /gBOD | 0.3       |  | 0.3       |
| elec_wat_head                       | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น | 15,250    | kg                      | 15,250    |  | 15,250    |
| elec_wat_head                       | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น | 6,118     | kg                      | 6,118     |  | 6,118     |
| elec_wat_head                       | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น |           | kg                      |           |  |           |
| C_elec_wat_head                     | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น | 9.132     | kg                      | 9.132     |  | 9.132     |
| elec_KPI_wat_pump_flow              | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น | 0.044     | kg/m <sup>3</sup>       | 0.044     |  | 0.044     |
| elec_KPI_wat_pump_flow              | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น | 44.33     | kg/m <sup>3</sup>       | 44.33     |  | 44.33     |
| elec_KPI_wat_pump_flow              | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น | 194.2     | kg/m <sup>3</sup>       | 194.2     |  | 194.2     |
| elec_KPI_wat_pump_flow              | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น | 253.736   | kg CO <sub>2</sub> e    | 253.736   |  | 253.736   |
| elec_KPI_wat_pump_flow              | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น | 93.146    | kg CO <sub>2</sub> e    | 93.146    |  | 93.146    |
| elec_KPI_wat_pump_flow              | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น | 164.911   | kg CO <sub>2</sub> e    | 164.911   |  | 164.911   |
| elec_KPI_wat_pump_flow              | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น | 248.057   | kg CO <sub>2</sub> e    | 248.057   |  | 248.057   |
| elec_KPI_wat_pump_flow              | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น | 622.561   | kg CO <sub>2</sub> e    | 622.561   |  | 622.561   |
| ผลการประเมินประสิทธิภาพการดำเนินงาน |                           |           |                         |           |  |           |
| elec_wat_pump                       | ปริมาณน้ำเข้าปั๊ม         | 9,213.121 | m <sup>3</sup>          | 9,213.121 |  | 9,213.121 |
| elec_wat_pump                       | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น | 24        | number                  | 24        |  | 24        |
| elec_wat_pump                       | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น | 24        | number                  | 24        |  | 24        |
| elec_KPI_wat_pump_flow              | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น | 100       | %                       | 100       |  | 100       |
| elec_KPI_wat_pump_flow              | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น | 100       | %                       | 100       |  | 100       |
| ผลการประเมินประสิทธิภาพการดำเนินงาน |                           |           |                         |           |  |           |
| elec_wat_pump                       | ปริมาณน้ำเข้าปั๊ม         | 1,067,640 | m <sup>3</sup>          | 1,067,640 |  | 1,067,640 |
| elec_wat_pump                       | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น | 9,213.121 | m <sup>3</sup>          | 9,213.121 |  | 9,213.121 |
| elec_pump_head                      | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น | 4         | m                       | 4         |  | 4         |
| elec_KPI_wat_pump_flow              | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น | 0.11      | kg/m <sup>3</sup>       | 0.11      |  | 0.11      |
| elec_KPI_wat_pump_flow              | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น | 2.73      | kg/m <sup>3</sup>       | 2.73      |  | 2.73      |
| ผลการประเมินประสิทธิภาพการดำเนินงาน |                           |           |                         |           |  |           |
| elec_wat_pump                       | ปริมาณน้ำเข้าปั๊ม         | 4,099     | kg                      | 4,099     |  | 4,099     |
| elec_wat_pump                       | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น |           | kg                      |           |  |           |
| elec_KPI_wat_pump_flow              | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น | 0.0004    | kg/m <sup>3</sup>       | 0.0004    |  | 0.0004    |
| elec_KPI_wat_pump_flow              | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น |           | % DW                    |           |  |           |
| elec_KPI_wat_pump_flow              | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น | 120.758   | kg CO <sub>2</sub> e    | 120.758   |  | 120.758   |
| elec_KPI_wat_pump_flow              | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น | 468.8     | kg CO <sub>2</sub> e    | 468.8     |  | 468.8     |
| ผลการประเมินประสิทธิภาพการดำเนินงาน |                           |           |                         |           |  |           |
| elec_wat_pump                       | ปริมาณน้ำเข้าปั๊ม         |           | kg                      |           |  |           |
| elec_KPI_wat_pump_flow              | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น | 21        | kg                      | 21        |  | 21        |
| C_elec_wat_pump                     | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น |           | kg CH <sub>4</sub>      |           |  |           |
| elec_KPI_wat_pump_flow              | ความยาวของท่อระบายน้ำเย็น |           | kg CO <sub>2</sub> e    |           |  |           |

ภาพที่ 7 การประเมินก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียในส่วนระบบบำบัด และค่าข้อมูลทั่วไป



| + คลิกเพื่อดูรายละเอียด                                |                                          | Table Page 1<br>รายละเอียดการปล่อย<br>สารเคมีชนิดที่ 1<br>Table 1 | หน่วย                      | ค่ามาตรฐานในเกณฑ์<br>จากหน่วยงาน | ค่าตรวจพบจริง          |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|------------------------|
| cod_arg_0000                                           | ปริมาณสารอินทรีย์                        | 1,411.888                                                         | kg/d                       | 1,411.888                        | 134.949                |
| cod_arg_0134                                           | ปริมาณน้ำทิ้งจากสุขภัณฑ์                 | 3,685.248                                                         | m <sup>3</sup>             | 3,685.248                        | 3,685.248              |
| cod_arg_0171                                           | ค่า BOD ในน้ำทิ้งจากอาคาร                | 6.118                                                             | kg                         | 6.118                            | 6.118                  |
| cod_arg_0172                                           | ปริมาณไนโตรเจนที่ปล่อย ในน้ำทิ้งจากอาคาร | 611                                                               | mg/L                       | 611                              | 611                    |
| cod_arg_0181                                           | ค่าเฉลี่ยของค่า BOD                      | 0.3                                                               | kg CH <sub>4</sub> /kg BOD | 0.3                              | 0.3                    |
| cod_arg_0000                                           | ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคาร                    | 5,527.873                                                         | m <sup>3</sup>             | 5,527.873                        | 5,527.873              |
| cod_arg_0171_0172_0181                                 | ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคาร                    | 0.38                                                              | mg/dm <sup>3</sup>         | 0.38                             | 0.037                  |
| cod_arg_0181_0182                                      | ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคาร                    | 884.890                                                           | kg CO <sub>2</sub> /eq     | 884.890                          | 84.578                 |
| cod_arg_0181_0183                                      | ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคาร                    | 5,334.567                                                         | kg CO <sub>2</sub> /eq     | 5,334.567                        | 5,334.567              |
| cod_arg_0181_0184                                      | ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคาร                    | 9,213.121                                                         | m <sup>3</sup>             | 9,213.121                        | 9,213.121              |
| cod_arg_0181_0185                                      | ค่าเฉลี่ยของค่า BOD                      | 6,218.583                                                         | kg CO <sub>2</sub> /eq     | 6,218.583                        | 5,419.281              |
| คลิกเพื่อดูรายละเอียดการปล่อยสารเคมีชนิดที่ 2 จากอาคาร |                                          |                                                                   |                            |                                  |                        |
| cod_arg_0171                                           | ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคาร                    | 1,007.040                                                         | kg/d                       | 1,007.040                        | 1,007.040              |
| cod_arg_0172                                           | ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคาร                    | 50                                                                | L                          | 50                               | 50                     |
| cod_arg_0171_0172                                      | ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคาร                    | 136.2                                                             | kg CO <sub>2</sub> /eq     | 136.2                            | 136.2                  |
| คลิกเพื่อดูรายละเอียดการปล่อยสารเคมีชนิดที่ 3 จากอาคาร |                                          |                                                                   |                            |                                  |                        |
| cod_arg_0171                                           | ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคาร                    | 1,007.040                                                         | kg/d                       | 1,007.040                        | 1,007.040              |
| cod_arg_0172                                           | ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคาร                    | 9,213.121                                                         | m <sup>3</sup>             | 9,213.121                        | 9,213.121              |
| cod_arg_0181                                           | ค่าเฉลี่ยของค่า BOD                      | 4                                                                 | m                          | 4                                | 4                      |
| cod_arg_0181_0182_0183                                 | ค่าเฉลี่ยของค่า BOD                      | 2.73                                                              | kg/dm <sup>3</sup> 100m    | 2.73                             | 2.73                   |
| คลิกเพื่อดูรายละเอียดการปล่อยสารเคมีชนิดที่ 4 จากอาคาร |                                          |                                                                   |                            |                                  |                        |
| cod_arg_0171                                           | ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคาร                    | 1,007.040                                                         | kg/d                       | 1,007.040                        | 1,007.040              |
| cod_arg_0172                                           | ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคาร                    | 9,213.121                                                         | m <sup>3</sup>             | 9,213.121                        | 9,213.121              |
| cod_arg_0181                                           | ค่าเฉลี่ยของค่า BOD                      | 4                                                                 | m                          | 4                                | 4                      |
| cod_arg_0181_0182_0183                                 | ค่าเฉลี่ยของค่า BOD                      | 2.73                                                              | kg/dm <sup>3</sup> 100m    | 2.73                             | 2.73                   |
| คลิกเพื่อดูรายละเอียดการปล่อยสารเคมีชนิดที่ 5 จากอาคาร |                                          |                                                                   |                            |                                  |                        |
| cod_arg_0171                                           | ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคาร                    | 611                                                               | kg                         | 611                              | 611                    |
| cod_arg_0172                                           | ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคาร                    | 21                                                                | kg                         | 21                               | 21                     |
| cod_arg_0181                                           | ค่าเฉลี่ยของค่า BOD                      | 0                                                                 | kg/dm <sup>3</sup>         | 0                                | 0                      |
| cod_arg_0181_0182                                      | ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคาร                    | 5,527.873                                                         | m <sup>3</sup>             | 5,527.873                        | 5,527.873              |
| cod_arg_0181_0183                                      | ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคาร                    | 7,908.246                                                         | kg CO <sub>2</sub> /eq     | 7,908.246                        | 7,908.246              |
| cod_arg_0181_0184                                      | ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคาร                    | 2,444                                                             | kg CO <sub>2</sub> /eq     | 2,444                            | 2,444                  |
| cod_arg_0181_0185                                      | ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคาร                    | 42                                                                | kg CO <sub>2</sub> /eq     | 42                               | 42                     |
| cod_arg_0181_0186                                      | ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคาร                    | 2,406                                                             | kg CO <sub>2</sub> /eq     | 2,406                            | 2,406                  |
| cod_arg_0181_0187                                      | ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคาร                    | ~ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคาร                                            | kg CO <sub>2</sub> /eq     | ~ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคาร           | ~ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคาร |
| cod_arg_0181_0188                                      | ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคาร                    | ~ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคาร                                            | kg/dm <sup>3</sup>         | ~ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคาร           | ~ปริมาณน้ำทิ้งจากอาคาร |

ภาพที่ 8 การประเมินก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียในส่วนระบบระบายน้ำทิ้งและน้ำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่และค่าข้อมูลทั่วไป

## เทศบาลนครนครราชสีมา — ผลรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ภาพรวม) — ระยะเวลาเก็บข้อมูล: 364 วัน (1 ปี)

ตาราง: ขำก้า

| การปล่อยก๊าซเรือนกระจก   Kg CO <sub>2</sub> eq / ระยะเวลาการเก็บข้อมูล |                                                                                            | ค่าสูงสุด                 |           |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------|
| ปริมาณการปล่อยรวม<br>6,610,584                                         | น้ำประปา (0 คน)                                                                            | ระบบสูบน้ำดิบ             | 0         |
|                                                                        | น้ำเสีย (130,315 คน)<br>6,610,584<br>ปริมาณการปล่อยรวม จากน้ำเสียที่บำบัดในโรงบำบัดน้ำเสีย | ระบบบำบัด                 | 0         |
|                                                                        |                                                                                            | ระบบบำบัดน้ำ              | 0         |
|                                                                        |                                                                                            | ระบบรวบรวม                | 631,155   |
| การจัดการสิ่งปฏิกูล (0 คน)                                             | น้ำเสีย (130,315 คน)<br>6,610,584<br>ปริมาณการปล่อยรวม จากน้ำเสียที่บำบัดในโรงบำบัดน้ำเสีย | ระบบบำบัด                 | 622,551   |
|                                                                        |                                                                                            | ระบบระบายน้ำจากดินมาไฮโดร | 5,356,878 |
|                                                                        |                                                                                            | วัสดุกับสิ่งปฏิกูล        | 0         |
|                                                                        | การจัดการสิ่งปฏิกูล (0 คน)                                                                 | ระบบบำบัด                 | 0         |
|                                                                        |                                                                                            | การฝังกลบสิ่งปฏิกูล       | 0         |

ภาพที่ 9 ผลรวมการประเมินก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียระยะเวลา 1 ปี  
(1 ธันวาคม 2560 – 30 พฤศจิกายน 2561)

จากการประเมินโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดและประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เรียกว่า ECAM Tool (ECAM: Energy Performance and Carbon Emissions Assessment and Monitoring

Tool) สรุปปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียของเทศบาลนครนครราชสีมา ดังตารางที่ 11 -14

ตารางที่ 11 สรุปปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากระบบรวบรวมน้ำเสียระยะเวลา 1 ปี  
ช่วงระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2560 – 30 พฤศจิกายน 2561

| ปริมาณก๊าซเรือนกระจก | ไฟฟ้า   | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O | Biomass | รวม     | Kg.CO <sub>2eq</sub> ./m <sup>3</sup> | ร้อยละ |
|----------------------|---------|-----------------|------------------|---------|---------|---------------------------------------|--------|
| จากระบบรวบรวมน้ำเสีย | 631,155 | -               | -                | -       | 631,155 | 0.069                                 | 9.55   |

ตารางที่ 12 สรุปปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัดน้ำเสียระยะเวลา 1 ปี  
ช่วงระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2560 – 30 พฤศจิกายน 2561

| ปริมาณก๊าซเรือนกระจก | ไฟฟ้า   | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O | Biomass | รวม     | Kg.CO <sub>2eq</sub> ./m <sup>3</sup> | ร้อยละ |
|----------------------|---------|-----------------|------------------|---------|---------|---------------------------------------|--------|
| จากระบบบำบัดน้ำเสีย  | 253,735 | 93,146          | 154,911          | 248,057 | 622,551 | 0.068                                 | 9.42   |



**ตารางที่ 13** สรุปปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากระบบระบายน้ำทิ้งและน้ำกลับมาใช้ใหม่  
ระยะเวลา 1 ปี ช่วงระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2560 – 30 พฤศจิกายน 2561

| ปริมาณก๊าซเรือนกระจก                       | ไฟฟ้า   | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O | Biomass   | รวม       | Kg.CO <sub>2eq</sub> ./m <sup>3</sup> | ร้อยละ |
|--------------------------------------------|---------|-----------------|------------------|-----------|-----------|---------------------------------------|--------|
| จากระบบระบายน้ำทิ้งและ<br>น้ำกลับมาใช้ใหม่ | 631,155 | -               | -                | 5,272,163 | 5,903,318 | 1.602                                 | 81.03  |

**ตารางที่ 14** สรุปปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียของเทศบาลนคร  
นครราชสีมา ระยะเวลา 1 ปี ช่วงระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2560 – 30 พฤศจิกายน 2561

| ปริมาณก๊าซเรือน<br>กระจก                   | ไฟฟ้า     | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O | Biomass   | รวม       | Kg.CO <sub>2eq</sub> ./m <sup>3</sup> | ร้อยละ |
|--------------------------------------------|-----------|-----------------|------------------|-----------|-----------|---------------------------------------|--------|
| จากกระบวนการ<br>การบำบัดน้ำเสีย<br>ทั้งหมด | 1,516,045 | 931,146         | 154,911          | 5,520,220 | 6,610,584 | 0.718                                 | 100    |

## 5. การอภิปรายผล

จากผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียของเทศบาลนครนครราชสีมา ในช่วง 1 ธันวาคม 2560 – 30 พฤศจิกายน 2561 รวมระยะเวลา 1 ปี จะพบว่า กิจกรรมการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบ (biomass) มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด รองลงคือ กิจกรรมการใช้ไฟฟ้า การเกิดก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N<sub>2</sub>O) ตามลำดับ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.718 Kg.CO<sub>2eq</sub>./m<sup>3</sup> และระบบบำบัดน้ำเสียชุดที่ 1 มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 61.18 ระบบบำบัดน้ำเสียชุดที่ 2 มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก รองลงมา คิดเป็นร้อยละ 37.04 และระบบบำบัดน้ำเสียชุดที่ 3 มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 1.78 ตามลำดับ ซึ่งผลมาจากปริมาณน้ำเข้าระบบแต่ละชุดไม่เท่ากัน การเดินระบบไม่สม่ำเสมอ ในชุดที่ 3 หรือชุดสุดท้ายทำให้มีผลทำให้มีผลกระทบ น้อยต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียชุมชนของกรุงเทพมหานครในปี 2554 – 2555 แล้ว จะพบว่า ปี 2554 ส่วนใหญ่เกิดขึ้น

จากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้ามากที่สุด คิดเฉลี่ยเป็น 0.1465 Kg.CO<sub>2eq</sub>./m<sup>3</sup> รองลงมาเป็นกิจกรรมการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบการขนส่งกากตะกอนไปกำจัด การย่อยสลายของกากตะกอนในน้ำทิ้งและการใช้สารเคมี คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0587, 0.0036, 0.0024 และ 0.0001 Kg.CO<sub>2eq</sub>./m<sup>3</sup> และปี 2555 ก็เช่นกัน ส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้ามีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.1462 Kg.CO<sub>2eq</sub>./m<sup>3</sup> รองลงมาเป็นกิจกรรมการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบ การขนส่ง กากตะกอนไปกำจัด การย่อยสลายของกากตะกอนในน้ำทิ้งและการใช้สารเคมี คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0554, 0.0043, 0.0023 และ 0.0001 Kg.CO<sub>2eq</sub>./m<sup>3</sup> ตามลำดับ ซึ่งปี 2554 และ 2555 มีค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยมีค่าใกล้เคียงกัน (สำนักกระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร, 2556)

## 6. สรุปและข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลของแต่ละกิจกรรมที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของเทศบาลนครนครราชสีมาโดยใช้ทั้งข้อมูลปฐมภูมิและ

ข้อมูลทุติยภูมิเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น ซึ่งผลจากการประเมินพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงจากระบบบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ ปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบ (inlet wastewater flow rate) ค่าความสกปรกของน้ำในรูป BOD<sub>5</sub> และค่า TN loading ซึ่งพบว่า ระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครนครราชสีมาให้ค่าปริมาณปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก ก๊าซมีเทน(CH<sub>4</sub>) เท่ากับ 2.45 kgCO<sub>2eq</sub>/m<sup>3</sup> จากก๊าซไนตรัสออกไซด์ เท่ากับ 1.09 kgCO<sub>2eq</sub>/m<sup>3</sup> และปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้อมจากระบบบำบัดน้ำเสีย จากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าทั้ง 3 ส่วน เท่ากับ 1.739 kgCO<sub>2eq</sub>/m<sup>3</sup> โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครนครราชสีมา ในช่วง 1 ธันวาคม 2560 – 30 พฤศจิกายน 2561 รวมระยะเวลา 1 ปี มีค่าเท่ากับ 0.718 kgCO<sub>2eq</sub>/m<sup>3</sup> ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่อาศัยวิธีการคำนวณจากรายงานวิจัยของต่างประเทศประกอบการใช้โปรแกรม ECAM ช่วยประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียเป็นส่วนใหญ่ซึ่งบางครั้งวิธีการคำนวณหรือสมการที่ใช้ยังไม่เหมาะสมกับประเทศไทยเพื่อความครอบคลุม ถูกต้อง แม่นยำ ความสมบูรณ์จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติม เช่น การจัดทำฐานข้อมูลค่าการปลดปล่อย (emission factor: EF) เฉพาะของประเทศไทย และมีการศึกษาถึงการใช้ไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการบำบัดเพิ่มเติมเพื่อให้ทราบบริเวณที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุดและสามารถแก้ไขได้ตรงจุด

การศึกษานี้สามารถใช้เป็นแนวทางเพื่อประเมินก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นและสามารถใช้เป็นแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนได้ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีโครงการพัฒนาให้เป็นเมืองสังคมคาร์บอนต่ำ (low carbon society)

## 7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้อำนวยการส่วนเฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 11 นครราชสีมา และ ผศ.ดร.ชลอ จารุสุทธิรักษ์ ภาควิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ได้ให้คู่มือการใช้โปรแกรม ECAM พร้อมคำแนะนำ ชี้แนะผู้วิจัยในการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้

## 8. เอกสารอ้างอิง

- สำนักกระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร. *โครงการศึกษาความเหมาะสมของการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดมาใช้ประโยชน์ของกรุงเทพมหานคร*. 24 กุมภาพันธ์ 2556. จาก <http://dds.bangkok.go.th/waterreuse/marketing.php>.
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2553). *รายงานฉบับสมบูรณ์ การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย*. กรุงเทพฯ. 143.
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2554). *แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร โครงการส่งเสริมการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ.
- IPCC, (2007). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Ch. 6 – Wastewater Treatment and Discharge*. IGES, Japan.
- Kyung. D., M. Kim, J. Chang & W. Lee. (2015). Estimation of greenhouse gas emissions from a hybrid wastewater treatment plant. *Journal of Cleaner Production*. 95, 117-123.



Bao, Z., D. Sun and S. Sun. (2016). Assessment of greenhouse gas emission from A/O and SBR wastewater treatment plants in Beijing, China. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 108, 108-114.

Water and Wastewater Companies for Climate Mitigation, WaCCliM.(2016). *Introduction to ECAM Carbon Footprint Assessment for Urban Water Utilities*. Retrieved October 15, 2018, from [http://wacclim.org/wp-content/uploads/2017/08/ECAM\\_2.0\\_Manual\\_170822-compressed.pdf](http://wacclim.org/wp-content/uploads/2017/08/ECAM_2.0_Manual_170822-compressed.pdf)

Water and Wastewater Companies for Climate Mitigation, WaCCliM.(2017). *The WaCCliM Roadmap for Low Carbon Urban Water Management: International Guide for Reducing Water, Energy and Carbon Footprints of the Urban Water Cycle*. Retrieved October 15, 2018, from [http://focusonenergy.com/sites/default/files/info-center-article/WW-Best-Practices\\_web.pdf](http://focusonenergy.com/sites/default/files/info-center-article/WW-Best-Practices_web.pdf)