

การเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Oxidation Pond และ
Extended Aeration Activated Sludge ของมหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา

The Comparison on Greenhouse Gases Generation from Oxidation Pond and Extended
Aeration Activated Sludge Wastewater Treatment Plant of Mahidol University, Salaya Campus

ธารินี บัวดิษฐ์¹ สยาม อรุณศรีมรกต² กัมปนาท ภักดีกุล² และ พัฒน ทวีโภค²

Tarinee Buadit¹, Sayam Aroonsrimorakot², Kampanad Bhaktikul² and Patana Thavipoke²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของมหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา โดยทำการเปรียบเทียบ 2 ระบบ คือ Oxidation Pond และ Extended Aeration Activated Sludge ด้วยวิธีการคำนวณตามแนวทางของกลไกการพัฒนาที่สะอาด เทียบกับวิธีการคำนวณตามแนวทางของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร นอกจากนี้ยังทำการศึกษาถึงศักยภาพในการเกิดก๊าซชีวภาพของน้ำเสียดังกล่าว เพื่อคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะสามารถลดลงได้เมื่อมีการประยุกต์ใช้ระบบก๊าซชีวภาพด้วย ผลการคำนวณแสดงให้เห็นว่าระบบ Oxidation Pond ก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าระบบ Extended Aeration Activated Sludge ในส่วนของการเปรียบเทียบวิธีการคำนวณพบว่าวิธีการคำนวณตามแนวทางคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรซึ่งอ้างอิงตาม IPCC (2006) guidelines ให้ผลการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สูงกว่าวิธี CDM เนื่องจากครอบคลุมการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซในตรัสออกไซด์ซึ่งมีศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนสูง สำหรับผลการทดลองศักยภาพในการเกิดก๊าซชีวภาพซึ่งถูกทดสอบด้วย Experimental set CH₄ นั้นพบว่า ตัวอย่างน้ำเสียในบ่อเติมอากาศปลดปล่อยก๊าซมีเทนมากที่สุด ในขณะที่น้ำเสียเข้าระบบบำบัดเกิดก๊าซปริมาณน้อยที่สุด เนื่องจากระยะเวลาในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียสั้นกว่า

ABSTRACT

This research has the purpose to evaluated the amount of greenhouse gases (GHGs) emissions from wastewater of the university central wastewater treatment system at Mahidol University, Salaya campus in year 2009-2012 by comparing two treatment systems that is Oxidation Pond and Extended Aeration Activated Sludge system via using the equation from the guidelines of the Clean Development Mechanism (CDM) compares with an approach of calculating the Carbon Footprint for Organization (CPO). In addition, this research also studies the potential of biogas

Key Words: Greenhouse Gases, Wastewater, Biogas

E-mail address: second_to_none117@hotmail.com

¹ สาขาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล นครปฐม 73170

¹ Appropriate Technology for Resources and Environmental Development, Faculty of Environment and Resource Studies, Nakhonpathom 73170

² คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล นครปฐม 73170

² Faculty of Environment and Resource Studies, Nakhonpathom 73170

production in order to estimated the amount of GHGs can be reduced when applies biogas technology. The result showed that Oxidation Pond causing in methane emission more than Extended Aeration Activated Sludge system. Calculation results of GHGs emissions from wastewater using CDM method lower than the IPCC (2006) guidelines because IPCC method include the calculation of nitrous oxide emissions, which has a global warming potential (GWP) higher than CH₄ several times. Furthermore, the results of the potential to produce biogas from wastewater which is tested with Experimental set CH₄ demonstrated that wastewater from aeration pond cause the release maximum of methane, while wastewater before entering to system have caused minimal emissions due to the decomposition of organic substances occurs in short time.

คำนำ

ปัจจุบันปัญหาสภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้ทวีความรุนแรงและส่งผลกระทบเป็นวงกว้างมากขึ้นทั่วโลก ส่วนหนึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซมีเทน (CH₄) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีด้วยกันหลากหลายด้าน ทั้งการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิบรรยากาศของโลก ฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล ความแห้งแล้ง อุทกภัย สุขภาพอนามัย ความหลากหลายทางชีวภาพ เป็นต้น ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่ได้รับผลกระทบ จึงควรมีส่วนร่วมช่วยบรรเทาปัญหาสภาวะโลกร้อน ด้วยการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากทุกภาคส่วน ระบบบำบัดน้ำเสียถูกระบุว่าเป็นหนึ่งในแหล่งปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Sahely et al., 2006) ซึ่งทำให้เกิดก๊าซ CO₂ CH₄ และ N₂O ขึ้นในระหว่างกระบวนการบำบัด รวมถึงปลดปล่อย CO₂ ทางอ้อมจากการใช้พลังงานในการเดินระบบ (Stenstromb and Cakira, 2005; Shahabadi et al., 2009; Haghghat et.al., 2010) มหาวิทยาลัยมหิดล เป็นสถาบันทางการศึกษาชั้นนำของประเทศที่มีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของสิ่งปลูกสร้างและปริมาณนักศึกษาเป็นจำนวนมาก ซึ่งล้วนก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรและผลิตของเสีย เช่น น้ำเสีย ในปริมาณสูง จึงถือเป็นอีกแหล่งกำเนิดหนึ่งของก๊าซเรือนกระจกที่จะถูกปลดปล่อยออกสู่อากาศ โดยก๊าซที่สำคัญ คือ ก๊าซมีเทนซึ่งเกิดจากกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย พบว่าในปัจจุบันมีค่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อนมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 25 เท่า (Fourth Assessment Report of IPCC, 2007)

ด้วยเหตุนี้ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของมหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา โดยทำการเปรียบเทียบ 2 ระบบ คือระบบเดิมแบบ Oxidation Pond และระบบใหม่แบบ Extended Aeration Activated Sludge โดยใช้วิธีการคำนวณตามแนวทางของกลไกการพัฒนาที่สะอาด หรือ CDM เปรียบเทียบกับวิธีการคำนวณตามแนวทางของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร หรือ CPO นอกจากนี้ยังทำการศึกษาถึงศักยภาพในการเกิดก๊าซชีวภาพของน้ำเสียดังกล่าว เพื่อคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะสามารถลดลงได้เมื่อมีการประยุกต์ใช้ระบบก๊าซชีวภาพเป็นเทคโนโลยีทางเลือกในการช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้เก็บรวบรวมข้อมูลเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำประปาที่ใช้เพื่อคำนวณปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น ข้อมูลแนวท่อรวบรวมน้ำเสียและรายละเอียดของระบบบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยทั้ง 2 ระบบ จำนวนนักศึกษาและบุคลากรภายในมหาวิทยาลัย ข้อมูลค่าคุณภาพน้ำเสียที่เคยทำการตรวจวัดของปีพ.ศ.2552-2554 (ข้อมูลจากกองกายภาพและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา) สำหรับระบบใหม่แบบ Extended Aeration Activated Sludge ยังดำเนินการก่อสร้างไม่แล้วเสร็จ จึงใช้ค่าออกแบบในการคำนวณ เพื่อคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่อาจเกิดขึ้น

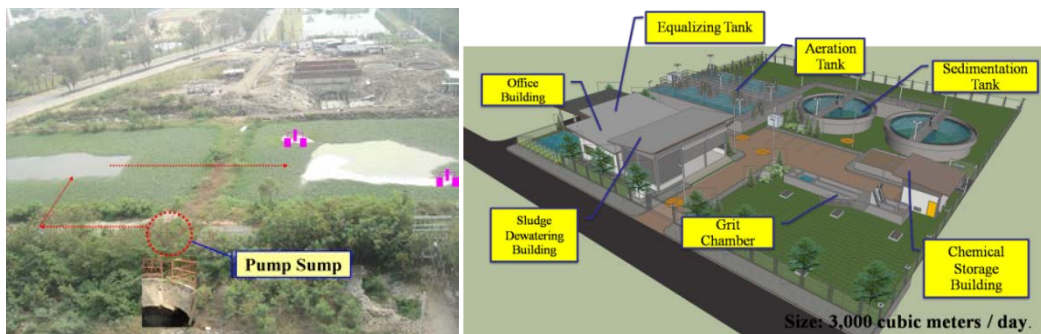


Figure 1 The university central wastewater treatment systems of Mahidol University, Salaya

สำหรับวิธีการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ในงานวิจัย มีดังนี้

1. การคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางกลไกการพัฒนาที่สะอาด

ใช้วิธีการ AMS-III.H.: Methane recovery in wastewater treatment – version16 (UNFCCC, 2010) ในการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนที่เกิดจากการบำบัดน้ำเสียและย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่บำบัดแล้ว ปล่อยออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ในกรณีฐาน (Baseline Emission) คือ ไม่มีดำเนินโครงการ CDM

2. การคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

อ้างอิงตามสมการการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียของ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories ในส่วนของ Chapter 6: Waste Water Treatment and Discharge (IPCC, 2006) ซึ่งประกอบด้วยวิธีการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากน้ำเสียและการปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากน้ำเสียที่ถูกปล่อยออกสู่แหล่งน้ำภายนอก

3. การทดสอบศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ

โดยการนำตัวอย่างน้ำเสีย 500 ml จากบริเวณบ่อพักน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัด บ่อ 1 ซึ่งไม่มีการเติมอากาศ และบ่อ 2 ซึ่งมีกังหันเติมอากาศสองเครื่องมาทำการทดลองซ้ำ 4 ครั้งมาทดลองด้วย Experimental set CH_4 (ทิษฐ์พร, 2553) ภายในห้องปฏิบัติการคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เพื่อทดสอบปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพเบื้องต้น หลังจากนั้นจึงทดลองในระดับใหญ่ขึ้นด้วยชุดทดสอบการผลิตก๊าซชีวภาพโดยกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งใช้ตัวอย่างน้ำเสีย 10 L หมักแบบระบบปิดไม่มีอากาศใน

ถังพลาสติกขนาด 12 L ดังแสดงในรูปที่ 2 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจะใช้วิธีการแทนที่น้ำ (Water Displacement Method) ที่อยู่ในขวดสีชาในไหลลงไปในปีเกอร์ที่มีสเกลวัดระดับ



Figure 2 Experimental set CH_4 and Laboratory scale experiments for biogas production by anaerobic digestion process

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธี AMS-III.H.: Methane recovery in wastewater treatment – version16

ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 1 จากผลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าในปี 2009 ปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสียในปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ ปี 2010, 2012 และ 2011 ตามลำดับ ตัวแปรที่สำคัญในวิธีการนี้ที่ส่งผลกระทบต่อปลดปล่อยก๊าซมีเทน คือ ค่า COD ของน้ำเสียที่เข้าระบบและประสิทธิภาพในการกำจัด COD ดังแสดงให้เห็นในผลการคำนวณของปี 2009 ซึ่งมีค่ามากกว่าปีอื่นๆอย่างชัดเจน แม้ว่าปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบจะไม่แตกต่างกัน

Table 1 Methane emission from Oxidation Pond system in year 2009-2012

Year	$Q_{ww}^* (m^3)$	$COD_{inflow}^{**} (t/m^3)$	η_{COD}	MCF***	$B_{o,ww}$	UF_{BL}	GWP	$BE_{ww,treatment} (tCO_2e)$	Per head
2009	453806.4	0.0002592	0.8333	0.22	0.25	0.89	21	100.7619	0.0098
2010	459662.4	0.0001512	0.5714	0.22	0.25	0.89	21	40.8248	0.0039
2011	433594.4	0.0000792	0.0909	0.22	0.25	0.89	21	3.2091	0.0002
2012	342103.2****	0.00009468	0.7693	0.22	0.25	0.89	21	25.6152	0.0023

Note: * Volume of wastewater treated calculated from 80 % of water used by 15 institutions that send wastewater to the university central wastewater treatment system.

** Based on the IPCC guidelines (IPCC, 2001), the COD of municipal wastewaters is 2.4 times greater than the corresponding BOD.

*** Methane correction factor (MCF) used to calculate have obtained from expert judgment method, which appropriate for Thailand (บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2553)

**** Quantity of wastewater in year 2012 calculated from January to September.

สำหรับปริมาณก๊าซมีเทนที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากระบบ Extended Aeration Activated Sludge ถูกแสดงไว้ในตารางที่ 2 ผลการประเมินที่ได้จากการใช้ค่าออกแบบระบบมีค่าสูงมาก เนื่องมาจากค่า COD เข้าระบบและค่าประสิทธิภาพการกำจัด COD ที่ใช้ถูกกำหนดให้เป็นค่าสูงสุดที่ระบบสามารถรองรับได้ อย่างไรก็ตามเมื่อใช้ข้อมูลของปี 2012 ในการคำนวณ พบว่าการปลดปล่อยก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นน้อยกว่าเมื่อเทียบกับระบบบำบัดแบบ Oxidation Pond

Table 2 Predicted methane emission from Extended Aeration Activated Sludge

Year	$Q_{ww} (m^3)$	$COD_{inflow} (t/m^3)$	η_{COD}	MCF	$B_{o,ww}$	UF_{BL}	GWP	$BE_{ww,treatment} (tCO_2e)$	Per head
2012	342103.2	0.00009468	0.7693	0.1	0.25	0.89	21	11.6433	0.001
Design Data	1095000	0.0006	0.9595	0.1	0.25	0.89	21	294.5442	0.0272

ผลการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนในน้ำเสียซึ่งได้รับการบำบัดแล้วปล่อยออกสู่แหล่งน้ำภายนอกมหาวิทยาลัยถูกแสดงไว้ในตารางที่ 3 ผลการคำนวณที่ได้เป็นไปในทางตรงกันข้ามกับปริมาณการปลดปล่อยมีเทนจากการบำบัดน้ำเสีย โดยในปี 2011 ปลดปล่อยก๊าซมีเทนมากที่สุด รองลงมาคือปี 2010, 2009 และ 2012 ตามลำดับ ตัวแปรที่มีความสำคัญที่สุดคือ คือ ค่า COD ของน้ำเสีย ซึ่งได้รับการบำบัดแล้ว

Table 3 Methane emission from degradable organic carbon in treated wastewater discharged

Year	$Q_{ww} (m^3)$	GWP	$B_{o,ww}$	UF_{BL}	$COD_{ww,discharge}$	MCF	$BE_{ww,discharge} (tCO_2e)$	Per head
2009	453806.4	21	0.25	0.89	0.0000432	0.1	9.1601	0.0008
2010	459662.4	21	0.25	0.89	0.0000648	0.1	13.9175	0.0013
2011	433594.4	21	0.25	0.89	0.000072	0.1	14.5869	0.0013
2012	342103.2	21	0.25	0.89	0.00002184	0.1	3.491	0.0003
Design Data	1095000	21	0.25	0.89	0.000024312	0.1	12.4389	0.0011

2. ผลการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธี IPCC (2006): Waste Water Treatment and Discharge

ผลการคำนวณดังแสดงในตารางที่ 4 และ 5 ซึ่งถูกพบว่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสียที่คำนวณด้วยวิธีการ IPCC (2006) ของปี 2009 มีค่ามากที่สุด ตามมาด้วยปี 2010, 2011 และ 2012 ตามลำดับ ผลการคำนวณในแต่ละปีมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ตัวแปรหลักซึ่งส่งผลกระทบต่อผลการคำนวณด้วยวิธีนี้ คือ ค่า BOD และจำนวนประชากร

Table 4 Total methane emission from Oxidation Pond system in year 2009-2012

Year	Population	$BOD_5 (g/per/d)$	TOW (kgBOD/yr)	$B_{o,ww}$	MCF_j	EF_j	CH_4 Emission (tCO ₂ e)	Per head (tCO ₂ e)
2009	10212	13.1489	49011.0912	0.6	0.22	0.13	123.5079	0.012
2010	10461	7.5842	28958.7312	0.6	0.22	0.13	72.976	0.0069

2011	10838	3.617	14308.6152	0.6	0.22	0.13	36.0577	0.0033
2012	10800	3.4236	13495.9712	0.6	0.22	0.13	34.0098	0.0031

Table 5 Predicted methane emission from Extended Aeration Activated Sludge

Year	Population	BOD ₅ (g/per/d)	TOW (kgBOD/yr)	B _{o,ww}	MCF _j	EF _j	CH ₄ Emission (tCO ₂ e)	Per head (tCO ₂ e)
2012	10800	3.4236	13495.9712	0.6	0.1	0.1	17.0049	0.0015
Design								
Data	10800	69.4444	273750	0.6	0.1	0.1	344.925	0.0319

สำหรับการปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากน้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดถูกแสดงไว้ในตารางที่ 6 ผลการศึกษาแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าจำนวนประชากร เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการปลดปล่อยไนตรัสออกไซด์จากน้ำเสีย โดยปริมาณการปลดปล่อยไนตรัสออกไซด์จะสูงขึ้นเมื่อจำนวนประชากรเพิ่มขึ้น

Table 6 Nitrous oxide emissions from wastewater effluent in year 2009-2012

Year	Population	Protein (kg/per/yr)	F _{NPR}	F _{NON- CON}	F _{IND- COM}	EF _{EFFLUENT}	N ₂ O Emission (tCO ₂ e)	Per head (tCO ₂ e)
2009	10212	21.106	0.16	1.1	1.25	0.01	230.9913	0.0226
2010	10461	21.106	0.16	1.1	1.25	0.01	236.6236	0.0226
2011	10838	21.106	0.16	1.1	1.25	0.01	245.1512	0.0226
2012	10800	21.106	0.16	1.1	1.25	0.01	244.2916	0.0226

3. การทดสอบศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ

ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากการทดลองด้วย Experimental set CH₄ โดยใช้ตัวอย่างน้ำเสีย 500 มิลลิลิตร จากบริเวณบ่อกักน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัด บ่อ 1 ซึ่งไม่มีการเติมอากาศ และบ่อ 2 ซึ่งมีกังหันเติมอากาศสองเครื่อง ทำการทดลองซ้ำ 4 ครั้ง แสดงดังตารางที่ 9

Table 7 Gas generated in the test with Experimental set CH₄

Wastewater Sample Collecting Point	Volume of Gas Generated (m ³ /m ³ wastewater)				
	1 st	2 nd	3 rd	4 th	Mean
Before entering to the wastewater treatment system	0.24	0.4	0.14	0.22	0.25
First treatment pond (Without aeration)	0.26	0.15	0.34	0.41	0.29
Second treatment pond (With aeration)	0.28	0.56	0.32	0.32	0.37

จากผลการทดลองพบว่า น้ำเสียจากบ่อ 2 มีปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนสูงสุด เนื่องมาจากกังหันเติมอากาศทำให้ก๊าซมีเทนที่ละลายอยู่ในน้ำปลดปล่อยสู่บรรยากาศ ในขณะที่น้ำเสียก่อนเข้าระบบมีปริมาณก๊าซ

มีเทนเกิดขึ้นน้อยที่สุด เนื่องจากเวลาในการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำเสียน้อยกว่า การย่อยสลายเกิดขึ้นน้อย จึงเกิดก๊าซมีเทน ซึ่งเป็นก๊าซที่ได้จากการหมักย่อยอินทรีย์สารน้อยกว่า

สรุป

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่คำนวณด้วยวิธีการ CDM ถูกแสดงไว้ในตารางที่ 8 ผลการคำนวณนี้คิดเฉพาะในส่วนของการบำบัดน้ำเสียและการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำเสียซึ่งถูกบำบัดแล้ว ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ไม่ได้คำนวณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการเดินระบบบำบัดและการจัดการกับกากตะกอน เนื่องจากข้อมูลไม่เพียงพอ ผลการคำนวณนี้จึงไม่ครอบคลุมตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของการบำบัดน้ำเสีย ถ้าหากต้องการใช้วิธีการนี้ในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากน้ำเสียในการศึกษาภายนอกควรทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องให้ครบถ้วน

ผลการศึกษาในตารางแสดงให้เห็นว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่ปี 2009 ถึง 2011 มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องอย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่ปี 2012 ค่ากลับเพิ่มขึ้นมาอีกครั้ง อันเป็นผลมาจากค่าประสิทธิภาพในการกำจัด COD ที่สูงขึ้น

Table 8 Total GHGs emissions calculated using CDM method

Year	BE _{ww,treatment} (tCO ₂ eq)	BE _{ww,discharge} (tCO ₂ eq)	Sum GHGs Emission (tCO ₂ eq)
2009	100.7619	9.1601	109.922
2010	40.8248	13.9175	54.7423
2011	3.2091	14.5869	17.796
2012	25.6152	3.491	29.1062

สำหรับปริมาณรวมทั้งหมดของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณด้วยวิธีการ IPCC (2006) ถูกแสดงไว้ในตารางที่ 9 ผลที่ได้เกิดจากการการปลดปล่อยก๊าซมีเทนร่วมกับไนตรัสออกไซด์ ก๊าซมีเทนมีปริมาณลดลงเนื่องจากค่า BOD ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบลดลงอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ปริมาณไนตรัสออกไซด์เพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนนักศึกษาและบุคลากรเพิ่มมากขึ้น แม้ว่าวิธีการนี้จะรวมการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ แต่ก็ไม่ครอบคลุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียตลอดวงจรชีวิต เนื่องจากไม่มีการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยจากการใช้พลังงานและกำจัดกากตะกอน

Table 9 The total of GHGs generated by wastewater management, which is calculated by the method of IPCC (2006)

Year	CH ₄ Emission (tCO ₂ eq)	N ₂ O Emission (tCO ₂ eq)	Sum GHGs Emission (tCO ₂ eq)
2009	123.5079	230.9913	354.4992
2010	72.976	236.6236	309.5996
2011	36.0577	245.1512	281.2089
2012	34.0098	244.2916	278.3014

- ผลการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากน้ำเสียด้วยวิธีการ CDM มีค่าน้อยกว่าผลที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธี IPCC (2006) ที่มีการรวมปริมาณการปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ ซึ่งมีค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนสูงกว่ามีเทนหลายเท่า ผลการศึกษาที่ได้จึงครอบคลุมและมีความเหมาะสมสำหรับใช้คำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากน้ำเสียของมหาวิทยาลัยมากกว่าวิธี CDM
- เมื่อมหาวิทยาลัยเริ่มใช้งานระบบบำบัดน้ำเสียใหม่ แบบ Extended Aeration Activated Sludge จะก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่ลดลง เนื่องจากค่า Methane correction factor (MCF) ของระบบน้อยกว่าค่าของระบบ Oxidation pond สำหรับระบบ Oxidation pond นั้น สามารถลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพในการผลิตก๊าซมีเทนเพื่อใช้เป็นพลังงานทางเลือก
- ใน Fourth Assessment Report of IPCC (2007) ระบุค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของมีเทนและไนตรัสออกไซด์ เท่ากับ 25 และ 298 ซึ่งไม่ตรงกับค่าที่ใช้ในการคำนวณตามสูตรที่อ้างอิงในการศึกษานี้ ซึ่งใช้ค่า 21 และ 310 ตามลำดับ ดังนั้นการคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากน้ำเสียในการศึกษาในอนาคต ควรเลือกใช้ค่า GWP ที่เป็นปัจจุบันตามที่ IPCC กำหนดไว้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนการศึกษาเฉลิมพระเกียรติ 60 ปี ครองราชย์สมบัติ ประจำปีการศึกษา 2553 โดยบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

เอกสารอ้างอิง

- ทิพย์พร คงทอง. 2553. **วิศวกรคุณภาพความปลอดภัยอาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อม**, บริษัทไทยไบโอแก๊ส เอ็นเนอร์ยี จำกัด, กรุงเทพฯ 10330
- บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2553. **รายงานฉบับสมบูรณ์ การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ในส่วนภาคของเสีย (Waste Sector)**. เสนอต่อ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ, 169 หน้า
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. 2554. **แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร**
- โครงการส่งเสริมการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ.
- Haghighat, F., Bani Shahabadi, M., Yerushalmi, L., 2010. Estimation of greenhouse gas generation in wastewater treatment plants – Model development and application. *Chemosphere* 78: 1085–1092.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2001. *Climate Change 2001: the Scientific Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 5 Waste, Chapter 6: Wastewater Treatment and Discharge*. Available source: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html>. June 13, 2011.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. *IPCC Fourth Assessment Report: Climate*

Change 2007. Available source: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml. June 13, 2011.

M. Bani Shahabadi, L. Yerushalmi, and F. Haghghat. 2009. Contribution of On-Site and Off-Site Processes to Greenhouse Gas (GHG) Emissions by Wastewater Treatment Plants. **Engineering and Technology**. 54

Sahely, H.R., MacLean, H.L., Monteith, H.D., Bagley, D.M., 2006. Comparison of onsite and upstream greenhouse gas emissions from Canadian municipal wastewater treatment facilities. *J. Environ. Eng. Sci.* 5: 405–415.

Stenstrom, M.K., Cakir, F.Y., 2005. Greenhouse gas production: a comparison between aerobic and anaerobic wastewater treatment technology. **Water Res.** 39: 4197–4203.

UNFCCC. 2010. **AMS-III.H.: Methane recovery in wastewater treatment ---Version16.0**. Available source: <http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/4ND00PCGC7WXR3L0LOJTS6SVZP4NSU>. January 17, 2011.