



การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ จากการใช้ไฟฟ้าของกิจกรรมภายใน อาคารที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน

Assessment of Carbon Footprint and Water Footprint from the Electricity Usage of the Building Activities in the University

ณัฐมา มาตรสงคราม^{1*} และ สุนทรี ขุนทอง²

¹สาขาวิศวกรรมความปลอดภัยและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

²ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*E-mail: c_kku@hotmail.com

Natcha Matsongkram^{1*} and Soontree Khuntong²

¹Safety Engineering and Environmental Management, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University

² Department of Environmental Science and Technology, Faculty of Science at Sriracha, Kasetsart
University

*E-mail: c_kku@hotmail.com

บทคัดย่อ

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ จากการใช้พลังงานไฟฟ้าของกิจกรรมภายในอาคารที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน โดยการตรวจสอบจากแบบแปลนอาคารพร้อมกับสำรวจลักษณะการใช้งานของพื้นที่อาคารโดยตรงและวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าพื้นฐานคือ เครื่องปรับอากาศ และไฟฟ้าส่องสว่าง พบว่าผลการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่มีกำลังความเย็น (BTU) เท่ากัน มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh) แตกต่างกัน ตามขนาดของแต่ละห้อง แต่ละชั้น และช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ส่วนลักษณะการใช้ไฟฟ้าส่องสว่างในแต่ละพื้นที่ ซึ่งต้องการความส่องสว่างที่แตกต่างกันตามวัตถุประสงค์และกิจกรรมต่างๆในการใช้งาน จึงมีการใช้งานโคมไฟและหลอดไฟฟ้าแตกต่างกัน รวมทั้งมีเวลาเปิดปิดการใช้ไฟฟ้าส่องสว่างที่แตกต่างกัน ดังนั้นคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการใช้งานพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศและไฟฟ้าส่องสว่างในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องการเรียนการสอนจึงสัมพันธ์กับช่วงเวลาของการใช้งาน โดยคำนวณจากการใช้งานพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าพื้นฐานคูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการใช้พลังงานไฟฟ้าคือ 1.34 ton CO₂ e ต่อวัน หรือ 443.89 ton CO₂ e ต่อปี สามารถประเมินเทียบกับความต้องการใช้ต้นไม้ขนาดใหญ่ 29,593 ต้นในการดูดซับ และหากพิจารณาถึงชนิดของเครื่องใช้ไฟฟ้าจะพบว่าเครื่องปรับอากาศปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็น 2.7 เท่าของไฟฟ้าส่องสว่าง เนื่องจากว่าในส่วนของไฟฟ้าส่องสว่างใช้หลอดไฟแอลอีดี (Light Emitting Diode Lamp, LED Lamp) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นแหล่งพลังงานแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูง และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากการใช้งานพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศและไฟฟ้าส่องสว่างในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องการเรียนการสอนคำนวณได้จากการใช้พลังงานไฟฟ้าคูณสัมประสิทธิ์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ไฟฟ้า พบว่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากการใช้พลังงานไฟฟ้าคือเทียบเท่ากับปริมาณน้ำ 6.92 m³ต่อวัน หรือ เทียบเท่ากับปริมาณน้ำ 2,076.34 m³ต่อปี และมีผลประเมินค่าความตึงเครียดด้านน้ำจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เทียบเท่ากับน้ำสะอาดที่สามารถนำมาใช้ได้กับน้ำจืดที่มีในพื้นที่ต่อวันเท่ากับ 0.18 m³H₂O หรือคิดต่อปีเท่ากับ 53.98 m³H₂O ซึ่งเป็นค่าที่



น้อยมาก เนื่องจากดัชนีความตึงเครียดของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงมีค่าระดับความตึงเครียดด้านน้ำระดับต่ำ

คำหลัก คาร์บอนฟุตพริ้นท์ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ การใช้ไฟฟ้าของกิจกรรมภายในอาคาร พลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าพื้นฐาน

Abstract

Assessment of Carbon Footprint and water footprint from the electricity usage of the building activities in the university was related to teaching and learning. This research surveyed the living space in the building area and measured the electricity consumption of basic electrical appliances which consists of air condition and electric light. It was found that the difference in electrical consumption (kWh) for air-condition resulted from room size on each floor and period time at the same set temperature. For the electrical light, the different illumination was dependent on purposes, activities, operation time, and so on. Therefore, electrical usage was related to operating time. Carbon Footprint from electrical usage from basic electrical appliances was 1.34 ton CO₂ e/day or 443.89 ton CO₂ e/year that equal to 29,593 large trees to absorb. Air conditioners emitted greenhouse gases 2.7 times to LED type (Light Emitting Diode Lamp, LED Lamp) electric light which performed high-efficiency lighting sources. Water footprint from electrical usage of basic electrical appliances was equivalent to 6.92 m³H₂O/day or equal to 2,076.34 m³H₂O/year. The evaluation of the water stress from the electrical used equivalent to clean fresh water. The evaluation of water stress from electrical consumption was equivalent to 0.18 m³H₂O/day or equal to 53.98 m³H₂O/year.

Keywords: Carbon Footprint, Water Footprint, The electricity usage of the building activities, The electricity consumption of basic electrical appliances

1. บทนำ

ปัจจุบันอัตราการเติบโตของประชากรและเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความต้องการใช้น้ำสูงขึ้น เห็นได้จากวิกฤตสภาพอากาศผันผวนอย่างสุดขีด (Extreme weather events) ซึ่งเชื่อมโยงกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากภาวะโลกร้อนทำให้อุณหภูมิโดยรวมของโลกสูงขึ้น ส่งผลให้สภาพภูมิอากาศทั่วโลกเปลี่ยนแปลง จากการประชุมสมัชชาประเทศภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Conference of Parties: COP) ครั้งที่ 21 หรือ COP21 ที่กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส เมื่อเดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 ซึ่งเป็นการกำหนดเป้าหมายสำคัญที่รัฐบาลแต่ละประเทศได้ข้อสรุปเป็น “ข้อตกลงปารีส” หรือ Paris Agreement ภายใต้กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change) หรือ

อนุสัญญา UNFCCC โดยกำหนดเป้าหมายสำคัญอย่างเป็นทางการในด้านอุณหภูมิโลกว่าภายในสิ้นศตวรรษนี้ (อีก 84 ปี) มนุษย์จะไม่ปล่อยให้โลกร้อนขึ้นเกิน 2 องศาเซลเซียส ข้อตกลงปารีสจึงเชิญชวนให้แต่ละประเทศกำหนดเป้าหมายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยสมัครใจในระหว่าง พ.ศ. 2563 - 2573 ที่เหมาะสมกับประเทศของตนเอง โดยขอให้คำนึงถึงความเป็นธรรมและเท่าเทียมภายใต้บริบทการพัฒนาที่ยั่งยืน [1] ประเทศไทยได้แสดงเจตจำนงในการร่วมลงนามและให้สัตยาบันต่อข้อตกลงปารีส เมื่อวันที่ 22 เมษายน พ.ศ. 2559 ในการกำหนดเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คือ ประเทศไทยจะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อสหประชาชาติโดยแบ่งเป็นสองช่วง คือ ช่วงที่หนึ่ง ก่อนปี พ.ศ. 2563 จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 7-20 เปอร์เซ็นต์ นับจากระดับที่ปล่อยปกติ และช่วงที่สองระหว่างปี พ.ศ. 2563-2573 จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 20-25 เปอร์เซ็นต์ นับจากระดับที่ปล่อยปกติ [2]



จากกระแสการตื่นตัวในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คาร์บอนฟุตพริ้นท์จึงเป็นตัวชี้วัด ที่แสดงถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ

ผลกระทบจากสภาวะโลกร้อนที่เด่นชัดอีกประการหนึ่งคือเมื่อมหาสมุทรมีอุณหภูมิสูงขึ้นพลังงานที่พายุได้รับก็มากขึ้น ส่งผลให้พายุมีความรุนแรงมากและบางครั้งเกิดภาวะฝนทิ้งช่วงหรือไม่ตกตามฤดูกาลซึ่งพบได้บ่อยขึ้น ทำให้บางภูมิภาคของโลกต้องเผชิญกับภาวะอากาศที่แห้งแล้งรวมทั้งการขาดน้ำจืดที่สะอาดสำหรับอุปโภค บริโภค [3] สถาบันจัดการน้ำระหว่างประเทศ (IWMI) ได้ประมาณการว่าในราวปี พ.ศ. 2568 ประชากรจำนวนกว่า 4,000 ล้านคน ใน 48 ประเทศ (2 ใน 3 ของประชากรโลก) จะเผชิญกับปัญหาความขาดแคลนน้ำ ซึ่งทั่วโลกมีความต้องการใช้น้ำถึง 3.8 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ในขณะที่มีทรัพยากรน้ำจืดสำรองเพียง 2 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี [4] วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ จึงเป็นเครื่องมือชี้วัดปริมาณการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม

จากปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่กำลังเผชิญทำให้หลายองค์กรพยายามที่จะประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมของตน เพื่อนำไปสู่แนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และลดความต้องการใช้น้ำ โดยพบว่าภาคพลังงานเป็นส่วนที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ดังนั้นมหาวิทยาลัยเป็นสถานที่ที่มีลักษณะการใช้ไฟฟ้าเพื่อกิจกรรมภายในอาคารและในแต่ละมหาวิทยาลัยมีการใช้งานอาคารจำนวนหลายอาคาร อีกทั้งมหาวิทยาลัย ยังเป็นสถาบันที่เป็นต้นแบบให้แก่สังคม ซึ่งพบว่าปัจจุบันมีสถาบันอุดมศึกษาทั่วประเทศถึงจำนวน 310 แห่ง [5] ดังนั้นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากการใช้ไฟฟ้าภายในอาคารจึงมีความสำคัญ

การศึกษาครั้งนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากการใช้ไฟฟ้าของกิจกรรมภายในอาคารที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน เพื่อหาแนวทางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความต้องการใช้น้ำ จากการใช้ไฟฟ้าของกิจกรรมภายในอาคารที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 คาร์บอนฟุตพริ้นท์

ภาวะเรือนกระจกและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีสาเหตุจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาสู่บรรยากาศ ทั้งกิจกรรมการดำรงชีวิตประจำวัน ภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม และการใช้พลังงาน คาร์บอนฟุตพริ้นท์จึงถูกนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดถึงผลกระทบจากกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นที่มีต่อระบบสิ่งแวดล้อมในแง่ของปริมาณก๊าซเรือนกระจก คาร์บอนฟุตพริ้นท์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ และ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร แบ่งการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก ออกเป็น 3 ประเภทคือ **ประเภทที่ 1** การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กรจากกิจกรรมต่างๆ ขององค์กรโดยตรง เช่น การผลิตไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การใช้พาหนะขององค์กร การรั่วซึม/รั่วไหล เป็นต้น

ประเภทที่ 2 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานได้แก่ การซื้อพลังงาน เช่น พลังงานไฟฟ้า พลังงานไอน้ำ มาใช้ในองค์กร เป็นต้น

ประเภทที่ 3 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ เช่น การเดินทางของพนักงานด้วยพาหนะที่ไม่ใช่ขององค์กร การใช้วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ เป็นต้น

2.2 ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas: GHG)

ก๊าซเรือนกระจกมีหน้าที่ดูดซับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ส่องผ่านชั้นบรรยากาศเข้ามาสู่โลกโดยจะดูดซับรังสีความร้อนไว้บางส่วน เพื่อให้อากาศบนโลกอบอุ่นเหมาะสำหรับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต ชนิดของก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญและถูกควบคุมโดยพิธีสารเกียวโต มี 7 ชนิด ซึ่งเป็นก๊าซที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) และก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3) ยังมีก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง คือ สารซีเอฟซี (CFC หรือ Chlorofluorocarbon) ซึ่งใช้เป็นสารทำความ



เย็นและใช้ในการผลิตโฟม แต่ไม่ถูกกำหนดในพิธีสารเกียวโต
เนื่องจากเป็นสารที่ถูกจำกัดการใช้ในพิธีสารมอนทรีออล [6]

2.3 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์เป็นเครื่องมือหนึ่งที่ใช้ในการจัดการน้ำ เป็นตัวชี้วัดปริมาณการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อมในห่วงโซ่อุปทาน เริ่มตั้งแต่กระบวนการผลิตไปจนกระทั่งส่งสินค้าถึงมือผู้บริโภค การทำลายเศษซาก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ผลิตและผู้บริโภคทราบถึงปริมาณน้ำที่ใช้แท้จริงในกระบวนการต่างๆ หรือสินค้าต่างๆ ทำให้ตระหนักถึงคุณค่าของทรัพยากรน้ำที่นับวันจะขาดแคลนมากขึ้น วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ แบ่งเป็น 3 องค์ประกอบ ดังนี้

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเขียว (Green Water Footprint) หมายถึงปริมาณน้ำฝนที่อยู่ในรูปของความชื้นในดินส่วนที่พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโต

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีฟ้า (Blue Water Footprint) หมายถึงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำทั้งจากน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินที่นำมาใช้ในการผลิตสินค้า การบริการ และการสูญเสียไปในกระบวนการผลิต

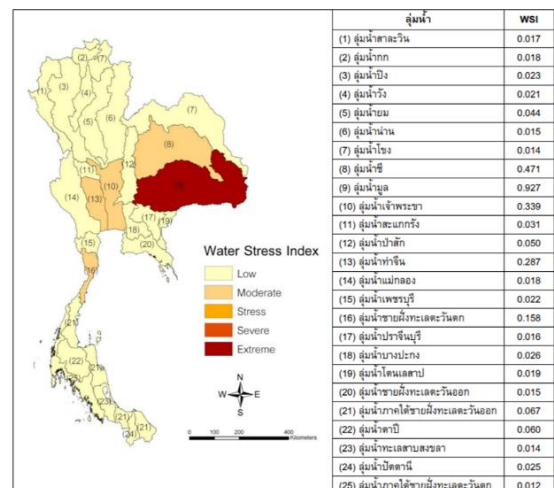
วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเทา (Grey Water Footprint) หมายถึงปริมาณน้ำดีที่ต้องใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตให้มีคุณภาพมาตรฐานก่อนปล่อย

2.4 ความตึงเครียดด้านน้ำ (Water stress index: WSI)

ความตึงเครียดด้านน้ำเป็นตัวชี้วัดหนึ่งที่นิยมประเมินระดับความตึงเครียดด้านน้ำในแต่ละพื้นที่เป็นหลักการประเมินค่าดัชนีความตึงเครียดด้านน้ำ(WSI) เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์คำนวณหาผลกระทบชั้นกลางและชั้นปลายที่เกิดจากการใช้น้ำตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต โดยที่ดัชนีความตึงเครียดของน้ำไม่มีหน่วย เป็นค่าที่บ่งบอกเชิงคุณภาพและปริมาณของน้ำสะอาดที่สามารถนำมาใช้ได้ สำหรับค่าดัชนีความตึงเครียดด้านน้ำได้มีการศึกษาลุ่มน้ำในประเทศไทยทั้งหมด 25 ลุ่มน้ำเพื่อใช้ในการประเมินถึงโอกาสการแย่งชิงทรัพยากรน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดในแต่ละพื้นที่ของลุ่มน้ำ ซึ่งสามารถจำแนกระดับความตึงเครียดด้านน้ำโดยอ้างอิงค่าดัชนีความตึงเครียดด้านน้ำ

ตารางที่ 1 จำแนกความตึงเครียดด้านน้ำ [7]

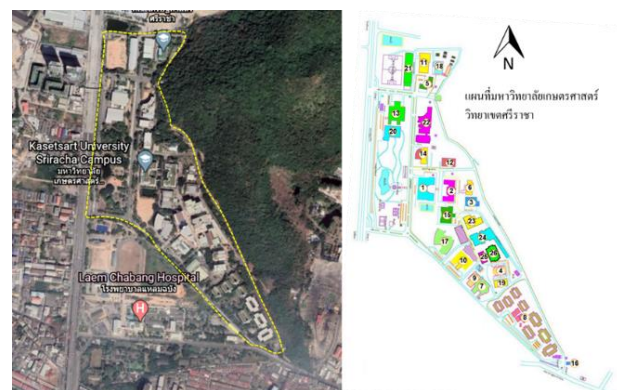
ระดับความตึงเครียดด้านน้ำ	ตัวชี้วัด WSI
รุนแรงมาก	>0.9
รุนแรง	<0.9
ตึงเครียด	0.5
ปานกลาง	0.1<0.5
ต่ำ	<0.1



รูปที่ 1 ระดับความตึงเครียดด้านน้ำ [8]

3. วิธีการดำเนินงาน

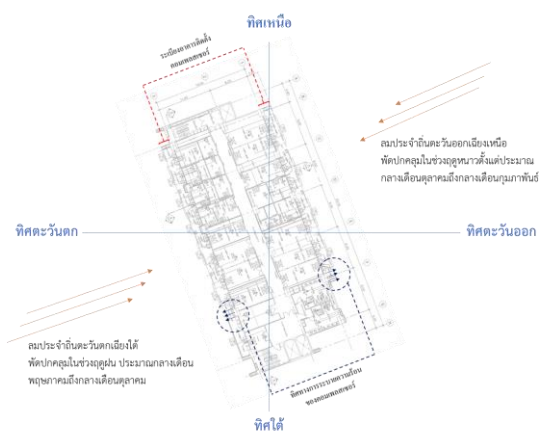
3.1 สถานที่ศึกษา อาคารเรียนและปฏิบัติการพื้นฐาน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม อาคารที่ 26 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ปัจจุบันตั้งอยู่ เลขที่199 หมู่ 6 ตำบลทุ่งสุขลา อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี 20230



รูปที่ 2 แผนที่ตั้งของอาคารที่ 26 คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



อาคารเรียนและปฏิบัติการพื้นฐานวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม อาคารที่ 26 เป็นอาคารสูง 12 ชั้น ตั้งหันหน้าอาคาร(ส่วนกว้างของอาคาร)ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งทำให้ตัวอาคารรับแดดเต็มที่ทั้งช่วงเช้าและช่วงบ่าย โดยมีลักษณะของพื้นที่การใช้งานแบ่งเป็น 5 กลุ่ม คือ



รูปที่ 3 ทิศการตั้งของอาคารที่ 26 คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- 1.กลุ่มห้องจัดกิจกรรมประกอบด้วยห้องจัดนิทรรศการ ห้องประชุม ห้องรับรอง จำนวน 19 ห้อง พื้นที่การใช้สอย 1,410 ตารางเมตร
- 2.กลุ่มห้องซ่อมบำรุงประกอบด้วย ห้องเก็บของ ห้องซ่อมบำรุงจำนวน 7 ห้อง พื้นที่การใช้สอย 201 ตารางเมตร
- 3.กลุ่มห้องสำนักงานประกอบด้วย ห้องพักอาจารย์ ออฟฟิศสำนักงาน ประชาสัมพันธ์ และห้องครัว จำนวน 90 ห้อง พื้นที่การใช้สอย 1,579 ตารางเมตร
- 4.กลุ่มห้องการเรียนการสอนประกอบด้วย ห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ จำนวน 58 ห้อง พื้นที่การใช้สอย 3,286 ตารางเมตร
- 5.กลุ่มพื้นที่ส่วนกลางประกอบด้วย ห้องน้ำชาย ห้องน้ำหญิง ทางเดิน ทางหนีไฟ ซึ่งมีอยู่ประจำทุกชั้น

โดยส่วนที่ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ จากการใช้ไฟฟ้าของกิจกรรมภายในอาคารที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน นั้นคือ กลุ่มห้องการเรียนการสอน กลุ่มห้องสำนักงาน และ กลุ่มพื้นที่ส่วนกลาง โดยการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าพื้นฐาน คือ

เครื่องปรับอากาศ และไฟฟ้าส่องสว่าง

3.2 การเก็บข้อมูล

3.2.1 สำรวจและดำเนินการวัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ตามช่วงเวลาใช้งานปกติโดยวัดต่อเนื่อง 3 ชั่วโมง โดยเปิดเครื่องปรับอากาศทุกตัวภายในห้องและเลือกวัดค่าพลังงานของเครื่องปรับอากาศ 1 ตัว

3.2.2 สำรวจและดำเนินการวัดพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับหลอดไฟ โดยการเปิดไฟทุกดวงในห้องแล้ววัดพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้น

3.2.3 หาแนวทางหรือวิธีการในการลดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์

3.3 การคำนวณ

3.3.1 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ใช้หลักตามสมการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร อ้างอิงค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกดังสมการ

ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ($\text{kg CO}_2 \text{e}$) = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh) ที่ได้จากการวัดจริง \times ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

(1)

ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก = 0.5986 จากไฟฟ้าแบบ grid mix ปี 2016-2018; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03 จากแหล่งอ้างอิง Thai National LCI Database/MTEC (TGO Electricity 2016-18)

3.3.2 การคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ใช้หลักตามสมการอ้างอิงค่าสัมประสิทธิ์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์น้ำสีฟ้า ดังสมการ

ปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ($\text{m}^3 \text{H}_2\text{O}/\text{kWh}$) = ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh) ที่ได้จากการวัดจริง \times ค่าสัมประสิทธิ์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์

(2)

ค่าสัมประสิทธิ์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์น้ำสีฟ้า = 0.0028 แปลงปริมาณไฟฟ้าค่าความต้องการน้ำ ($\text{m}^3 \text{H}_2\text{O}/\text{หน่วย}$)

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ การได้มาของวัตถุดิบ

รายการ	หน่วย	ค่าสัมประสิทธิ์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ($\text{m}^3 \text{H}_2\text{O}/\text{หน่วย}$)		
		น้ำสีเขียว	น้ำสีฟ้า	น้ำสีเทา
ไฟฟ้า	kWh	0.0000	0.0028	0.0000



3.3.3 การคำนวณค่าฟุตพริ้นท์การขาดแคลนน้ำ (Water Scarcity Footprint) คำนวณในรูปของโอกาสการเกิดผลกระทบด้านการขาดแคลนน้ำ ซึ่งคำนวณจากปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และดัชนีความตึงเครียดน้ำ โดยฟุตพริ้นท์การขาดแคลนน้ำมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรน้ำเทียบเท่า(m^3H_2O)

ฟุตพริ้นท์การขาดแคลนน้ำ = ปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ X ดัชนีความตึงเครียดน้ำ (3)

ดัชนีความเครียดน้ำแม่น้ำบางปะกง = 0.026 อ้างอิงข้อมูลรายเดือนจากรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการ “ฟุตพริ้นท์น้ำของพืชอาหาร อาหารสัตว์ พลังงาน และเส้นใย เพื่อจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (ระยะที่ 2)” โดย ศ.ดร.แซบเปียร์ กิวดา และคณะ [8]

4. ผลและวิจารณ์

4.1 ลักษณะการใช้งานเครื่องปรับอากาศ

อาคารติดตั้งระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยออกแบบเป็นสองชุดทำงานร่วมกัน ได้แก่ ชุดคอนเดนซิง (Condensing unit) และชุดแฟนคอยล์ (Fan-coil unit) สำหรับใช้ในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่ไหลผ่านชุดแฟนคอยล์ ลักษณะการใช้งานของเครื่องปรับอากาศของกลุ่มพื้นที่ใช้งานที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนของอาคาร จะมีช่วงเวลาใช้งานเปิด-ปิด ดังนี้

- กลุ่มห้องสำนักงานมีการใช้งานประจำตั้งแต่เวลา 08.00-16.00 น. โดยมีเวลาปิดเครื่องปรับอากาศ คือ 12.00 -13.00 น.
- กลุ่มห้องการเรียนการสอน มีการใช้งานประจำตั้งแต่เวลา 07.00-19.30 น. โดยมีเวลาปิดเครื่องปรับอากาศ คือ 12.00 -13.00 น. และ 16.00-16.30 น.

ผลการวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) ของเครื่องปรับอากาศ

ตารางที่ 3 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง (kWh) ของเครื่องปรับอากาศ

กำลังความเย็น (บีทียู)	ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง (kWh)		
	ช่วงเช้า (9.00- 12.00 น.)	ช่วงบ่าย (13.00- 16.00 น.)	ช่วงเย็น (16.30- 19.30 น.)
18100	0.5484	0.4904	0.4027

กำลังความเย็น (บีทียู)	ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง (kWh)		
	ช่วงเช้า (9.00- 12.00 น.)	ช่วงบ่าย (13.00- 16.00 น.)	ช่วงเย็น (16.30- 19.30 น.)
24200	1.3345	1.2264	0.8384
30000	0.6307	0.5943	0.6186
42028	1.5777	1.4916	
48032	1.0078	0.9451	
60040	1.2668		
36100	2.9754		
98000	3.3683		

4.2 ลักษณะการใช้งานไฟฟ้าส่องสว่าง

การศึกษาลักษณะการใช้ไฟฟ้าส่องสว่างในแต่ละพื้นที่ ซึ่งต้องการความส่องสว่างที่แตกต่างกันตามวัตถุประสงค์และกิจกรรมต่างๆ มีเวลาเปิดปิดการใช้ไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ดังนี้

- กลุ่มห้องสำนักงาน ช่วงเวลาใช้งาน 08.00-16.00 น. โดยมีเวลาปิดไฟฟ้าส่องสว่าง คือ 12.00 -13.00 น.
- กลุ่มห้องการเรียนการสอน ช่วงเวลาใช้งาน 07.00-20.00 น. และโดยมีเวลาปิดไฟฟ้าส่องสว่างคือ 12.00 -13.00 น.
- กลุ่มพื้นที่ส่วนกลางจะมีการใช้งานตลอด 24 ชั่วโมงในการดูแลความปลอดภัย

ผลการวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง (kWh) ของไฟฟ้าส่องสว่าง

ตารางที่ 4 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง (kWh) ของไฟฟ้าส่องสว่าง

ชนิดของโคมไฟฟ้า/ จำนวนหลอดต่อโคม	พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง(kWh)			
	กำลังไฟฟ้า/หลอด(วัตต์)			
	7	8	9	20
Downlight/1	0.0204			
Downlight/2			0.0123	
LED/1				0.0216
LED-Lens Cover/1		0.0083		0.0216
LED-Lens Cover/2				0.0204
LED-Lens Cover/3				0.0229
LED-mirror Louver/1				0.0333
LED-mirror Louver/2				0.0231
LED-mirror Louver/3				0.0233



4.3 ผลประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์

ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าพื้นฐาน

ตารางที่ 5 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากการใช้พลังงานไฟฟ้า

พื้นที่	พลังงานไฟฟ้า ต่อปี(kWh)	คาร์บอน ฟุตพริ้นท์ (ton CO ₂ e) ต่อปี	วอเตอร์ ฟุตพริ้นท์ (m ³ H ₂ O) ต่อปี
เครื่องปรับอากาศ			
กลุ่มสำนักงาน	146,648	87.78	410.61
กลุ่มการเรียนการสอน	394,835	236.35	1,105.53
รวม	541,483	324.13	1,516.14
ไฟฟ้าส่องสว่าง			
กลุ่มสำนักงาน	17,542	10.5	49.11
กลุ่มการเรียนการสอน	52,228	31.26	146.25
กลุ่มพื้นที่ส่วนกลาง	130,298	78	364.83
รวม	200,068	119.76	560.19
รวมไฟฟ้าพื้นฐาน		443.89	2,076.33

จากผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการใช้งานพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศและไฟฟ้าส่องสว่างในกิจกรรมเกี่ยวข้องการเรียนการสอนแล้ว พบว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 443.89 ton CO₂ e ต่อปี ซึ่งคิดเทียบกับการใช้ต้นไม้ขนาดใหญ่ 29,593 ต้นในการดูดซับ คิดจากต้นไม้ใหญ่ 1 ต้น สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้เฉลี่ย 9-15 กิโลกรัมต่อปี [9] และหากพิจารณาถึงชนิดของเครื่องใช้ไฟฟ้าจะพบว่าเครื่องปรับอากาศปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็น 2.7 เท่าของไฟฟ้าแสงสว่าง เนื่องจากไฟฟ้าส่องสว่างใช้หลอดไฟฟ้าแอลอีดี (Light Emitting Diode Lamp, LED Lamp) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นแหล่งพลังงานแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูง แสงสว่างที่ได้จากหลอดไฟฟ้าแอลอีดีมีความแตกต่างจากแสงสว่างที่ได้จากหลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์หรือหลอดไฟฟ้าเอชไอที เพราะหลอดไฟฟ้าแอลอีดีกำเนิดแสงโดยไม่เกิดความร้อน ซึ่งหมายถึงไม่มีการสูญเสียพลังงาน มีศักยภาพด้านการประหยัดพลังงาน

ผลการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากการใช้งานพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศและไฟฟ้าส่องสว่างในกิจกรรมเกี่ยวข้องการเรียนการสอนเทียบเท่ากับปริมาณน้ำ 6.92 m³ ต่อวัน หรือ เทียบเท่ากับปริมาณน้ำ 2,076.34 m³ ต่อปี และการผลประเมินค่าความตึงเครียดด้านน้ำพบว่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เทียบเท่ากับน้ำสะอาดที่สามารถนำมาใช้ได้เทียบกับน้ำจืดที่มีในพื้นที่ต่อปีเท่ากับ 53.98 m³H₂O เทียบเท่า ซึ่งเป็นค่าน้อยมาก เนื่องจากดัชนีความตึงเครียดของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงมีค่าระดับความตึงเครียดด้านน้ำระดับต่ำ คือน้อยกว่า 0.1 แสดงให้เห็นถึงการมีน้ำเพียงพอเพื่อการเกษตร อุตสาหกรรมหรือภาคครัวเรือน

4.4 แนวทางการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์

จากผลการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าเห็นได้ว่าเครื่องปรับอากาศมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็น 2.7 เท่าของการใช้พลังงานไฟฟ้าในการส่องสว่าง ดังนั้นจึงพิจารณาลดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศเป็นลำดับแรก ดังแนวทางต่อไปนี้

1.การเพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะเป็นการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลง อันเนื่องมาจากระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศมีอุณหภูมิต่ำลง 1 องศาเซลเซียส จะช่วยประหยัดพลังงานได้ 1-2% [10] ดังนั้นการลดอุณหภูมิอากาศระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศโดยเทคนิคการอนุรักษ์พลังงานคือการนำน้ำทิ้งที่เกิดจากการควบแน่นของความชื้นที่คอยล์เย็นซึ่งมีอุณหภูมิ 15-40 องศาเซลเซียส มาช่วยในการระบายความร้อนแก่สารทำความเย็นร่วมกับการระบายความร้อนโดยอากาศที่คอนเดนเซอร์ จะทำให้คอมเพรสเซอร์ทำงานน้อยลงและใช้พลังงานลดลง ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 64,653 kWh ต่อปี คิดเป็นผลประหยัดไฟฟ้าได้ 285,767 บาทต่อปี คำนวณเป็นคาร์บอนฟุตพริ้นท์ลดลงได้ 38.70 ton CO₂ e ต่อปี และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงเทียบเท่ากับปริมาณน้ำ 181.03 m³ ต่อปี แนวทางนี้จะต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายคิดเป็นเงินประมาณ 1,300,900 บาท มีระยะคืนทุนที่ 4.5 ปี



2.การติดตั้งเทอร์โมสแตทแบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมอุณหภูมิ เนื่องจากทิศการตั้งของอาคารทำให้ตัวอาคารรับแดดอย่างเต็มที่ทั้งช่วงเช้าและช่วงบ่าย โดยส่วนใหญ่พฤติกรรมการใช้เครื่องปรับอากาศมักจะตั้งอุณหภูมิต่ำในช่วงแรกเพื่อให้อุณหภูมิภายในห้องเย็นเร็วขึ้น ซึ่งวิธีการใช้งานเครื่องปรับอากาศในลักษณะนี้จะทำให้สูญเสียพลังงานเพิ่มขึ้น ดังนั้นการติดตั้งอุปกรณ์การควบคุมอุณหภูมิจะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 54,184 kWh ต่อปี คิดเป็นผลประหยัดไฟฟ้าได้ 239,336 บาทต่อปีซึ่งคำนวณเป็นคาร์บอนฟุตพริ้นท์ลงได้ 32.41 ton CO₂ e ต่อปี และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงเทียบเท่ากับปริมาณน้ำ 151.62 m³ ต่อปี แนวทางนี้จะต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายคิดเป็นเงินประมาณ 433,500 บาท มีระยะคืนทุนที่ 1.8 ปี

5. สรุป

การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากเครื่องใช้ไฟฟ้าพื้นฐานในอาคาร สามารถแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 443.89 ton CO₂ e ต่อปี โดยเครื่องปรับอากาศปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็น 324.13 ton CO₂ e ต่อปี และไฟฟ้าแสงสว่างปล่อยก๊าซเรือนกระจก 119.76 ton CO₂ e ต่อปี

การคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ โดยใช้วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ไฟฟ้าพบว่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เทียบเท่ากับปริมาณน้ำ 2,076.34 m³ ต่อปี โดยค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศ เทียบเท่ากับปริมาณน้ำ 1516.15 m³ ต่อปี และจากไฟฟ้าส่องสว่างเทียบเท่ากับปริมาณน้ำ 560.19 m³ ต่อปี พื้นที่ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตศรีราชาอยู่ในลุ่มน้ำบางปะกงซึ่งมีดัชนีความตึงเครียดของน้ำในระดับต่ำ โดยพบว่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เทียบเท่ากับน้ำสะอาดที่สามารถนำมาใช้ได้เท่ากับ 53.98 m³H₂O เทียบเท่าต่อปี

การลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากการใช้ไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้า คือการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งเครื่องปรับอากาศมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงกว่าไฟฟ้าส่องสว่างถึง 2.7 เท่า จึงมีแนวทางลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศ ดังนี้

- การเพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศคือการนำน้ำทิ้งที่เกิดจากการควบแน่นของความชื้นที่คอยล์เย็นมาช่วยในการระบายความร้อนแก่สารทำความเย็นที่คอนเดนเซอร์ทำให้คอมเพรสเซอร์ทำงานน้อยลงและใช้พลังงานลดลง โดยใช้เงินลงทุนประมาณ 1,300,900 บาท สามารถประหยัดไฟฟ้า 64,653 kWh ต่อปี คิดเป็นเงิน 285,767 บาทต่อปีมีระยะคืนทุนที่ 4.5 ปี

- การติดตั้งเทอร์โมสแตทแบบอิเล็กทรอนิกส์เพื่อควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งทั่วไปแล้วการปรับตั้งอุณหภูมิให้สูงขึ้น 1 องศาเซลเซียส [10] จะประหยัดพลังงานได้ 10% โดยใช้เงินลงทุนประมาณ 433,500 บาท สามารถประหยัดไฟฟ้า 54,184 kWh ต่อปี คิดเป็นเงิน 239,336 บาทต่อปี มีระยะคืนทุนที่ 1.8 ปี

การเลือกแนวทางลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ที่เหมาะสมควรมีการพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์รวมถึงการศึกษาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

เอกสารอ้างอิง

- [1] ฝ่ายคำ หาญณรงค์, ข้อตกลงปารีส ความหวังในการกู้วิกฤตโลกร้อน, ข้อมูลจาก <https://prachatai.com/journal/2016/04/65491> (วันที่สืบค้นข้อมูล 5 มกราคม 2563).
- [2] INDC. (2015), INDCs as communicated by Parties, ข้อมูลจาก <https://www4.unfccc.int/sites/submissions/indc/Submission%20Pages/submissions.aspx> (วันที่สืบค้นข้อมูล 5 มกราคม 2563).
- [3] สมาคมพัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อม(ประเทศไทย), ความรู้เรื่องโลกร้อน, ข้อมูลจาก <https://adeq.or.th/> (วันที่สืบค้นข้อมูล 15 มกราคม 2563).
- [4] สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรมและสถาบันอาหาร. 2558. Water Footprint ผลิตภัณ์สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร, สถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม.



- [5] สำนักนโยบายและแผนการอุดมศึกษา. 2558. สรุปข้อมูล
สถาบันอุดมศึกษาระดับปริญญาจำแนกตามภาคและ
จังหวัด.
- [6] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การ
มหาชน), สถานการณ์ก๊าซเรือนกระจก, ข้อมูลจาก
<http://www.tgo.or.th/2015/thai/content.php?s1=7&s2=16&sub3=sub3> (วันที่สืบค้นข้อมูล 15
มกราคม 2563).
- [7] ปัญธิพัชรกร บุญพร้อม. 2558. การใช้น้ำอย่างยั่งยืน
ด้วยร่องรอยการใช้น้ำ. วารสารวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 ,หน้า
41-46.
- [8] แชนเปียร์ กิวาลา และคณะ. 2559. โครงการ
“ฟุตพริ้นท์น้ำของพืชอาหาร อาหารสัตว์ พลังงาน และ
เส้นใย เพื่อจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ
(ระยะที่ 2), ข้อมูลจาก
<http://www.agripolicyresearch.com/?p=1853>
(วันที่สืบค้นข้อมูล 20 กุมภาพันธ์ 2563).
- [9] กรมโยธาธิการและผังเมือง. ต้นไม้แค่ต้นเดียวช่วยลด
มลพิษได้มากกว่าที่คิด, ข้อมูลจาก <https://dpt.go.th>
(วันที่สืบค้นข้อมูล 8 มีนาคม 2563).
- [10] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.
(2562). เทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงานสำหรับอาคาร
ควบคุม, ข้อมูลจาก
<http://webkc.dede.go.th/testmax/node/3846>
(วันที่สืบค้นข้อมูล 20 มีนาคม 2563).