

# ระบบอุตสาหกรรมสีเขียว Green Industry System

จิตลดา หมายมั่น, บัณฑิต รัตนไตร และสมบัติ ทิฆมทรัพย์  
Chitlada Maimun, Bundith Rattanatai and Sombat Teekasap  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย  
Faculty of Engineering, Eastern Asia University

## บทคัดย่อ

บทความนี้ นำเสนอหลักการของเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาอุตสาหกรรมสู่อุตสาหกรรมสีเขียว ซึ่งประกอบด้วย วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด การบริหารจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทานสีเขียว และ เทคโนโลยีไอทีสีเขียว โดยแต่ละเครื่องมือได้แสดงตัวอย่างงานวิจัยและผลที่ได้จากการประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรม และสุดท้ายเป็นการนำเสนอแผนภาพแนวคิดของระบบอุตสาหกรรมสีเขียวที่ได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์และการเชื่อมโยงเครื่องมือกับระบบการผลิตเพื่อเป็นแนวทางการศึกษาการพัฒนาอุตสาหกรรมไทย และการรักษาสິงแวดล้อม

**คำสำคัญ:** อุตสาหกรรมสีเขียว, วอเตอร์ฟุตพริ้นท์, คาร์บอนฟุตพริ้นท์, เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

## Abstract

This article presents some conceptual tools for industrial development toward green industry, which consist of Water Footprint, Carbon Footprint, Cleaner Technology, Green Logistics and Supply Chain Management and Green IT, each tool has a preview of significant research and results from various in industrial sectors. Finally, conceptual diagrams, the green industry system that showed relationships and links of tools with production systems is proposed to guide the study and development of Thailand industry and environmental protection.

**Keywords:** green industry, water footprint, carbon footprint, cleaner technology



## บทนำ

จากบทความเรื่อง industry 4.0 อนาคตของอุตสาหกรรมไทย ผู้เขียนได้นำเสนอแนวคิดและมุมมองของโรงงานอุตสาหกรรมที่จะก้าวสู่การเป็นอุตสาหกรรม 4.0 ในอนาคตว่าประกอบด้วยองค์ประกอบใหญ่ 6 ด้าน คือ smart production system, smart workers, smart machines, ICT, new materials และ environment (จิตลดา หมายมั่น

และสมบัติ ทิฆมทรัพย์, 2559) โดยด้านสิ่งแวดล้อมเป็นด้านที่ผู้เขียนมีมุมมองว่ามีความสำคัญและถือว่าเป็นความรับผิดชอบของผู้ประกอบการภาคอุตสาหกรรมทุกประเภทที่ต้องคำนึงถึงว่า โรงงานอุตสาหกรรมของตนส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากน้อยเพียงใด และจะมีวิธีการอะไรที่เป็นเครื่องมือช่วยให้ระบบการผลิตเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จึงเป็นที่มาของบทความต่อเนื่องที่ชื่อว่า อุตสาหกรรม 4.0: ตอนที่ 1 – ความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อม ที่ได้นำเสนอ

เครื่องมือสำหรับการจัดการสิ่งแวดล้อมไว้จำนวน 5 เครื่องมือ ประกอบด้วย 1. อุตสาหกรรมสีเขียว 2. ผลิตภัณฑ์สีเขียว 3. การตลาดสีเขียว 4. การเพิ่มผลิตภาพสีเขียว และ 5. การประเมิน วัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (จิตลดา หมายถึง และสมบัติ ที่มทรัพย์, 2559) ทั้งนี้ยังมีเครื่องมือการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ผู้เขียนมีมุมมองว่าเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศไปสู่อุตสาหกรรมสีเขียวเพื่อสอดคล้องกับอุตสาหกรรม 4.0 ในอนาคต

ดังนั้น บทความฉบับนี้ ผู้เขียนจึงขอเสนอหลักการพร้อมทั้งแนวทางปฏิบัติจากงานวิจัยที่นำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมแล้วได้ผลจริงอีก 5 เครื่องมือ ซึ่งประกอบด้วย

1. วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water Footprint)
2. คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint)
3. เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (Clean Technology)
4. การบริหารจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทานสีเขียว (Green Logistics and Supply Chain Management)
5. เทคโนโลยีไอทีสีเขียว (Green IT)

โดยแต่ละเครื่องมือมีรายละเอียดของหลักการ/แนวคิด และการนำไปประยุกต์ใช้ ดังนี้

### วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water Footprint)

จากมาตรการเร่งด่วนของภาคอุตสาหกรรมในการรับมือกับวิกฤตภัยแล้ง ที่สภาอุตสาหกรรมกำหนดไว้ มีหลายประการ แนวทางหนึ่งที่น่าสนใจ คือ การส่งเสริมให้โรงงานอุตสาหกรรมทำวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เพื่อประเมินปริมาณการใช้น้ำของโรงงานอุตสาหกรรมและหาแนวทางการประหยัดน้ำอย่างได้ผล (สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2559)

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์เป็นตัวชี้วัดที่แสดงถึงปริมาณการใช้น้ำทั้งทางตรง และทางอ้อมของสินค้าและบริการตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ซึ่งการคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จะพิจารณาทั้งปริมาณน้ำที่ใช้จากแหล่งน้ำและความแตกต่างของกระบวนการผลิตในแต่ละผู้ผลิต แหล่งผลิตสินค้าและบริการว่าอยู่ในประเทศที่ขาดแคลนน้ำหรือไม่ และยังพิจารณาถึงปริมาณน้ำที่ใช้และ/หรือปริมาณ

น้ำเสียที่ถูกปล่อยออกมาด้วย (พิชญภา ราชธรรมมา, 2555) โดยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สามารถแยกเป็นปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์และบริการที่มาจากแหล่งน้ำธรรมชาติทั้งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินจะเรียกว่า บลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Blue Water Footprint) ส่วนปริมาณน้ำจากน้ำฝนที่อยู่ในรูปของความชื้นในดินที่ถูกนำไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์และบริการซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นปริมาณน้ำที่ถูกใช้ไปเพื่อการเจริญเติบโตของพืช จะเรียกว่า กรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Green Water Footprint) และปริมาณน้ำที่ใช้สำหรับเจือจางน้ำเสียที่เกิดขึ้นในห้อยู่ในเกณฑ์ที่ปล่อยทิ้งสู่ธรรมชาติได้ จะเรียกว่า เกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Gray Water Footprint) (วาริต เจาะจิตต์, 2556)

ประเภทของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ มี 3 ประเภท (พรเทพ แก้วเชื้อ, 2556) คือ

1. วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ หมายถึง ปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิตสินค้าและผลิตภัณฑ์ ทั้งการใช้น้ำทางตรงและทางอ้อม

2. วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของธุรกิจ หมายถึง ปริมาณการใช้น้ำในการดำเนินธุรกิจขององค์กรโดยรวม ทั้งการใช้น้ำทางตรงและทางอ้อมในการดำเนินธุรกิจ

3. วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของประเทศ หมายถึง ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตสินค้าและบริการ ตามความต้องการของแต่ละประเทศ

ปัจจุบัน มีโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทย ที่ทำการศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิต เช่น อุตสาหกรรมแป้งข้าว โดยกระบวนการผลิตแป้งข้าวของโรงงานที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของแป้งข้าวเท่ากับ 4.5 ลูกบาศก์เมตรต่อข้าว 1 ตัน (รมณี วั่งเมือง และปณณมี สัจจกมล, 2554) การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สำหรับอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ มีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เฉลี่ยทั้งประเทศเท่ากับ 1,132 ลูกบาศก์เมตร/ ตัน (ทิพย์ภา สุขุมลชาติ และคณะ, 2556)

ผลจากการศึกษา ทำให้ผู้ผลิตทราบตัวเลขของน้ำที่ใช้ในการผลิต อันจะนำไปสู่การหาแนวทางการลดปริมาณน้ำที่ใช้ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการผลิต และลดการใช้น้ำทรัพยากรน้ำของประเทศได้

นอกจากภาคอุตสาหกรรมจะใช้ปริมาณน้ำในกระบวนการผลิตสูงแล้ว ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาสู่สิ่งแวดล้อมยังมีปริมาณสูงด้วย โดยกลุ่มอุตสาหกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดในปี พ.ศ. 2554 ได้แก่ กลุ่มอุตสาหกรรมประเภทการผลิตปูนซีเมนต์ 35.8 MtCO<sub>2</sub>e หรือคิดเป็นร้อยละ 56.7 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด รองลงมา ได้แก่ อุตสาหกรรมการผลิตปิโตรเคมี และคาร์บอนแบล็ค 9.1 MtCO<sub>2</sub>e การแปรรูปอาหารและเครื่องดื่ม 5.1 MtCO<sub>2</sub>e การผลิตปูนขาว 4.4 MtCO<sub>2</sub>e และการผลิตเหล็กและเหล็กกล้า 3.7 MtCO<sub>2</sub>e โดยวิธีการคำนวณอ้างอิงจากคู่มือการจัดทำบัญชีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของคณะกรรมการระหว่างประเทศว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิประเทศ ฉบับปี ค.ศ. 2006 และเป็นการรวมปริมาณก๊าซเรือนกระจกจาก 2 ภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง คือ ภาคกระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์และภาคพลังงาน โดยพิจารณาเฉพาะในส่วนของปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงเท่านั้น (วรุณ รักสกุลกานต์, 2554)

เครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้ภาคอุตสาหกรรมทุกประเภท ทราบถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ตนเองเป็นผู้ปล่อยคือ การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เพราะเป็นวิธีการประเมินที่เป็นรูปธรรม (เชิงตัวเลข) อย่างชัดเจน ดังรายละเอียดที่จะกล่าวต่อไป

### คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint)

คาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วย ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งาน และการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังใช้งาน โดยคำนวณในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2555)

ข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นข้อมูลที่มีนัยสำคัญ และมีประโยชน์ต่อกลุ่มผู้เกี่ยวข้องทั้งผู้ผลิต ผู้ซื้อ และผู้บริโภค ที่แสดงถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากแต่ละขั้นตอนและจากภาพรวมทุกขั้นตอน ตลอดช่วงชีวิตของสินค้าหรือบริการ ทำให้สามารถรู้ได้ว่าขั้นตอนใดเป็นขั้นตอนที่เป็นสาเหตุสำคัญของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด เพื่อที่ผู้ผลิตนำไปกำหนดแนวทาง

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ตรงจุด และสามารถตัดสินใจได้ว่าควรเลือกกระบวนการผลิตใด ประเภทหรือชนิดวัตถุดิบที่เหมาะสมควรเป็นแบบใด การออกแบบและพัฒนาสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ควรมีลักษณะอย่างไร ซึ่งประเด็นนี้ยังช่วยสร้างภาพลักษณ์ที่ดีในการรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมของผู้ผลิต ที่ส่งผลให้ผู้บริโภคมีทางเลือกในการซื้อสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยผู้บริโภคจะทราบข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้จากฉลากที่ติดอยู่บนผลิตภัณฑ์ ซึ่งบ่งบอกว่าตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ 1 หน่วย มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเป็นปริมาณเท่าใด (พรทิพย์ วงศ์สุโขโต, 2555)

จากการที่ก๊าซเรือนกระจกเป็นสาเหตุให้เกิดภาวะโลกร้อน ทำให้มีการนำแนวคิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ไปคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมบรรจภัณฑ์ เช่น ผลิตภัณฑ์พลาสติกประเภทโพลีโพรพิลีน สีขาว ขนาด 22 ออนซ์ แบบพิมพ์ลวดลาย มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 0.34402 kgCO<sub>2</sub>e/หน่วยผลิตภัณฑ์ และผลิตฝ้าน้ำดื่ม มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 8.46gCO<sub>2</sub>e/ฝา (สุวิสต์ แพ่งธีระสุขมัยและคณะ, 2556 และ สุบิน พัฒนสกุลลอย และ เรืองศักดิ์ แก้วธรรมชัย, 2557) อุตสาหกรรมอาหารประเภทไก่เนื้อ 1 กิโลกรัม หนาฟาร์มที่เลี้ยงในระบบปิดขนาดเล็ก มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 1.18 kgCO<sub>2</sub>e (เนตรนภา ดวงพิมพ์ และ จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์, 2558) และเนื่องจากพลังงานเป็นปัจจัยหลักสำหรับของประเทศ ทางกระทรวงพลังงานมีเป้าหมายที่จะใช้หญ้าเนเปียร์ ซึ่งเป็นพืชโตเร็วมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า จึงทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 จำนวน 105 ไร่ ที่จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 38.23 kgCO<sub>2</sub>e/ตันผลผลิต (ประพิศาริ ธนารักษ์ และคณะ, 2558) อีกหนึ่งตัวอย่างของการผลิตพลังงานโดยใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจากกระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติก ก่อให้เกิดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์เทียบเท่า น้ำมันดีเซล 30.984 KgCO<sub>2</sub>e/ลิตร ซึ่งขยะพลาสติกที่นำมาคำนวณมาจากกองขยะแบบต้นผสมกับขยะที่มาจากชุมชน (ศิริวรรณ บุญวิบูลวัฒน์, 2556)

จากตัวอย่างปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเป็นตัวเลขที่สะท้อนให้เห็นถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมจนกลายเป็นภาวะ

โลกร้อน แต่อย่างไรก็ตามวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ก็เป็นวิธีการสำคัญที่จะทำให้ผู้เกี่ยวข้องทราบถึงผลกระทบจากการผลิตได้อย่างเป็นรูปธรรม อันจะนำไปสู่การพยายามคิดหาวิธีการลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ซึ่งแนวทางหนึ่งที่ควรนำไปใช้คือ “เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด”

### เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (Clean Technology)

เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด หรือเทคโนโลยีสะอาด เป็นเทคโนโลยีการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมที่เน้นการลดมลพิษลดของเสียจากกระบวนการผลิต ลดการใช้ทรัพยากร ลดการใช้พลังงาน และลดอันตรายจากมลพิษที่ส่งผลต่อสุขภาพและความปลอดภัย ด้วยวิธีการปรับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ การปรับเปลี่ยนวัตถุดิบ การปรับปรุงเทคโนโลยี การปรับปรุงการดำเนินการ ซึ่งจะช่วยเพิ่มคุณภาพ เพิ่มผลผลิต ตลอดจนวิธีการนำกลับมาใช้ซ้ำ และการนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อให้มีของเสียเกิดขึ้นน้อยที่สุด หรือไม่มีของเสียเกิดขึ้น (จิตลดา หมาয়มัน, 2555)

หลักการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมได้หลากหลาย และช่วยลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดขึ้นได้จริง โดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมหลักของประเทศที่ต้องนำวัตถุดิบจากการเกษตรจากธรรมชาติ มาผ่านกระบวนการแปรรูปทั้งแบบความร้อน การแช่เยือกแข็ง หรือการทำแห้ง จึงจำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้า น้ำมัน และพลังงานรูปแบบอื่นในการผลิตสูง และยังมีของเสีย เช่น ขยะจากเศษอาหาร น้ำล้าง น้ำทิ้ง ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และปนเปื้อนไปกับอาหารที่ผลิต

ตัวอย่างการนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดไปใช้ เช่น เครื่องคั้นผงขงคิมชาเขียวบรรจุซองชา ใช้ขงคิมแทนการบรรจุขวดพร้อมคิม เพื่อลดจำนวนบรรจุภัณฑ์ ใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ง่าย หรือสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น กระดาษ วัสดุจากธรรมชาติ รวมทั้งยกเลิกหีบห่อที่ไม่จำเป็น การปรับตำแหน่งการวางอุปกรณ์ หรือระบบท่อให้น้ำเข้าสู่เครื่องจักรอุปกรณ์แปรรูปอาหาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและการสูญเสีย การใช้อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุที่เหมาะสมในการผลิตอาหาร เพื่อลดพลังงานในการขนส่งและขนถ่ายอาหาร การปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดปริมาณน้ำล้าง น้ำทิ้ง เป็นต้น

(ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร, 2555) อุตสาหกรรมอาหารสดประเภทไก่เนื้อ ที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น หลังจากใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดในการจัดการการเลี้ยงไก่เนื้อ ด้วยการศึกษาลดการสูญเสียอาหารไก่และลดการใช้ไฟฟ้าในระบบ ส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ลดลงจาก 1.18 kgCO<sub>2</sub>e เป็น 1.14 kgCO<sub>2</sub>e (เนตรนภา ดวงพิม และจักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์, 2558) อุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่เยือกแข็งที่ต้องใช้พลังงานแสงสว่าง พลังงานจากระบบทำความเย็น จากกระบวนการผลิต และจากเครื่องปรับอากาศสำนักงานปริมาณสูง หลังจากใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดมาประยุกต์ใช้เพื่อลดการใช้พลังงาน ด้วยการเปลี่ยนหลอดไฟ fluorescent T8 36 วัตต์ เป็นฟลูออเรสเซนต์ T5 28 วัตต์ และ LED 15 วัตต์ ส่งผลให้ประหยัดพลังงาน 45,291 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ประกอบกับการการออกแบบต้นแบบการนำน้ำล้างและละลายน้ำแข็งในห้องแช่แข็งมาระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบปรับอากาศเพิ่มขึ้น 0.62 ประหยัดพลังงานไฟฟ้า 56,975 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 221,633 บาทต่อปี (พงศธร ปิยวรรณ และวิทยา ยงเจริญ, 2556) อุตสาหกรรมประเภทเครื่องดื่มอย่างโรงงานผลิตน้ำอัดลมได้นำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดมาใช้เพื่อเพิ่มอัตราการใช้น้ำตาลที่เสียไปในการผลิตได้ร้อยละ 0.18 และลดการใช้น้ำในการผลิตลง 0.24 ลิตรน้ำ/ลิตรผลิตภัณฑ์ (เถกิงกาญจนะ และคณะ, 2555) ส่วนอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์พลาสติกประเภทโพลีโพรพิลีนสีขาว ขนาด 22 ออนซ์แบบพิมพ์ลวดลายที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้นว่าก่อให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ หลังจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดด้วยการปรับปรุงกระบวนการผลิต ด้วยการใช้นวนอุณหภูมิความร้อนเพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องเทอร์โมฟอร์มมิ่ง ส่งผลให้ปริมาณผลรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตลดลงจาก 0.34402 kgCO<sub>2</sub>e เป็น 0.31314 kgCO<sub>2</sub>e/หน่วยผลิตภัณฑ์ (สุวิสต์ แผงธิระสุขมัย และคณะ, 2556 และ สุบิน พัฒนสกุลลอย และ เรืองศักดิ์ แก้วธรรมชัย, 2557)

ผลจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ส่งผลให้เกิดประโยชน์หลายด้าน เช่น ช่วยลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน ลดการใช้พลังงาน

ลดค่าใช้จ่ายที่จะต้องทำการบำบัดของเสีย ลดต้นทุนการผลิต ทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด ช่วยสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับผู้ผลิต สร้างศักยภาพในการแข่งขันและการเข้าสู่มาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อมและช่วยพัฒนาเศรษฐกิจในภาพรวมของประเทศได้

นอกจากนี้ เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ยังเป็นแนวทางหนึ่งของการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่เป็นส่วนสำคัญของการนำไปสู่ห่วงโซ่อุปทานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมของทุกโรงงานอุตสาหกรรม

### **การบริหารจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทานสีเขียว (Green Logistics and Supply Chain Management)**

ปัจจุบัน สำนักโลจิสติกส์กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ ได้จัดทำ “โครงการจัดทำแนวทางปฏิบัติที่เป็นเลิศ (best practice) เพื่อ green supply chain ของอุตสาหกรรมเป้าหมายเพื่อการส่งออก” โดยใช้หลักการบริหารจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Green Logistics and Supply Chain Management: G-LSCM) ซึ่งเป็นการบูรณาการศาสตร์ด้านการบริหารจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทานร่วมกับการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม โดยเน้นการสร้างเครือข่ายความร่วมมือเพื่อควบคุม จัดการ และปรับปรุงประสิทธิภาพ ตั้งแต่การจัดการวัตถุดิบ การออกแบบผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต กระบวนการขนส่งทั้งภายในและภายนอกองค์กร และการจัดการตลอดวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในทุกกิจกรรมตลอดโซ่อุปทาน และลดความสูญเปล่าที่ไม่จำเป็น ทั้งด้านทรัพยากรและแรงงาน รวมถึงกิจกรรมต่างๆ ที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าในโซ่อุปทาน และในขณะเดียวกัน ต้องบรรลุวัตถุประสงค์สำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพทุกกระบวนการตลอดโซ่อุปทาน การลดต้นทุนโลจิสติกส์ และความสามารถในการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้อย่างทันเวลา มีคุณภาพ และเชื่อถือได้ เพื่อให้ได้มาซึ่งสินค้าและบริการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (สำนักโลจิสติกส์, 2558) โดยแนวคิดการบริหารจัดการโลจิสติกส์สีเขียวที่เห็นเป็นรูปธรรมจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับการขนส่งเต็มคัน การขับรถที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ใช้บรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายง่าย

การเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งให้ใช้พลังงานน้อยลง (พิชัย เหลี้ยวเรืองรัตน์, 2558)

โซ่อุปทานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย 6 มิติ (สุบิน พัฒนสกุลลอย และเรืองศักดิ์ แก้วธรรมชัย, 2557 และสำนักโลจิสติกส์, 2558) คือ

1. Green Supply/ Green Procurement เป็นมิติด้านการจัดซื้อ จัดหา จัดจ้าง และการเลือกใช้การผลิต วัตถุดิบ วัสดุทดแทน และทรัพยากรการผลิตด้วยวิธีการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

2. Green Production/ Green Manufacturing เป็นมิติด้านการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมก่อให้เกิดการของเสียให้เหลือน้อยที่สุด เน้นการใช้ทรัพยากรการผลิตให้เกิดประโยชน์และคุ้มค่าที่สุดเพื่อลดความสูญเสียจากกระบวนการผลิตและการใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดในระบบการผลิต

3. Green Design/ Green Packaging เป็นมิติด้านการออกแบบสินค้า/ผลิตภัณฑ์และการบริการ รวมถึงการบรรจุภัณฑ์ที่พิจารณาถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงอายุของผลิตภัณฑ์และพยายามให้เหลือเศษซากน้อยที่สุด

4. Green Logistics/ Green Distribution เป็นมิติด้านโลจิสติกส์และการจัดหน่ายสินค้า/ผลิตภัณฑ์ โดยเน้นการขนส่ง จัดเก็บ และเคลื่อนย้ายวัตถุดิบ วัสดุและสินค้า/ผลิตภัณฑ์ด้วยรูปแบบที่ประหยัดพลังงาน ค่าใช้จ่ายมีประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม

5. Green Consumption เป็นมิติด้านการบริโภคสินค้า/ผลิตภัณฑ์และบริการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยเน้นการใช้อย่างถูกวิธี ใช้อย่างคุ้มค่าและใช้เท่าที่จำเป็นเพื่อลดการใช้ทรัพยากรในการผลิต

6. Green Reverse Logistics/Green Recycle เป็นมิติด้านการส่งคืนวัสดุสินค้า การนำกลับมาใช้ใหม่ การจัดการซากผลิตภัณฑ์ และของเสียที่เกิดขึ้นจากห่วงโซ่อุปทานด้วยวิธีการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

หลักการบริหารจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้นำไปใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและชิ้นส่วน

อิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม ธุรกิจบริการขนส่งและโลจิสติกส์เพื่อการส่งออก อุตสาหกรรมยาง และอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น

ตัวอย่างอุตสาหกรรมที่ประยุกต์ใช้หลักการนี้ แสดงดังตาราง 1 ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมประเภทการผลิตยางล้อรถบรรทุก (สำนักโลจิสติกส์, 2558) และการผลิตฝ้ายน้ำดื่ม (สุบิน พัฒนาสกุลลอยและ เรืองศักดิ์ แก้วธรรมชัย, 2557)

**ตาราง 1**

รายละเอียดการประยุกต์ใช้หลักการ G-LSCM ในการผลิตยางล้อรถบรรทุกและฝ้ายน้ำดื่ม

G-LSCM	ผลิตภัณฑ์ยางล้อรถบรรทุก	ผลิตภัณฑ์ฝ้ายน้ำดื่ม
Green Supply/ Green Procurement	<ul style="list-style-type: none"> <li>- พิจารณาซื้อวัตถุดิบจากแหล่งที่ใกล้โรงงานก่อน เพื่อลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงจากการขนส่ง</li> <li>- ในการสั่งซื้อและการจัดส่งยางแท่ง ควรพิจารณาการจัดรถขนส่งให้เหมาะสม ใช้รถใหญ่ที่มีการบรรทุกเต็มคันรถ แทนการขนส่งด้วยรถเล็กหลายเที่ยว</li> <li>- คัดเลือกผู้จำหน่ายวัตถุดิบที่ให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อม</li> <li>- วางแผนการจัดซื้อวัตถุดิบให้เหมาะสมสำหรับการผลิต และแลกเปลี่ยนข้อมูลร่วมกับผู้จัดจำหน่าย เพื่อให้ได้วัตถุดิบในปริมาณและช่วงเวลาที่ต้องการ ไม่เกิดต้นทุนในการดูแลรักษาวัตถุดิบ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- จัดซื้อจัดหาจากผู้ส่งมอบสีเขียว</li> <li>- วิธีการจัดซื้อที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม</li> <li>- การซื้อวัตถุดิบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม</li> </ul>
Green Production/ Green Manufacturing	<ul style="list-style-type: none"> <li>- วางผังโรงงานให้มีการไหลของวัสดุอย่างต่อเนื่องไปในทิศทางเดียว เพื่อลดการเคลื่อนย้ายภายในโรงงาน</li> <li>- วางแผนการผลิตโดยคำนึงถึงความต้องการของลูกค้า และกำหนดแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบให้สอดคล้อง เพื่อให้สามารถเดินเครื่องจักรได้อย่างต่อเนื่อง และมีการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า</li> <li>- มีแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน เพื่อนำไปสู่การประหยัดพลังงาน</li> <li>- พัฒนากระบวนการผลิตโดยพิจารณาเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่คำนึงถึงการประหยัดพลังงาน</li> <li>- นำพลังงานที่เหลือจากการผลิต เช่น ไอน้ำ มาใช้เป็นพลังงานความร้อนในกระบวนการอื่น</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ปรับเปลี่ยนกระบวนการที่ใช้รถ Folk Lift ในการเคลื่อนย้ายเพื่อลดก๊าซเรือนกระจก จาก LPG</li> <li>- ทดลองลด Cycle Time เพื่อให้มีการใช้ไฟฟ้าลดลง</li> <li>- ติดตั้งระบบรีไซเคิลชิ้นงานเสียที่เครื่องจักร</li> </ul>
Green Design/ Green Packaging	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ลดการใช้บรรจุภัณฑ์</li> <li>- ใช้บรรจุภัณฑ์หมุนเวียน (Reuse Packaging)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- หาวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติใกล้เคียง HDPE คือ PP ซึ่งมีค่า EF น้อยกว่าทำให้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลง</li> </ul>

G-LSCM	ผลิตภัณฑ์ยางล้อรถบรรทุก	ผลิตภัณฑ์ฝ้าน้ำดื่ม
Green Logistics/ Green Distribution	<ul style="list-style-type: none"> <li>- วางแผนการจัดส่งให้สอดคล้องกับแผนการผลิต เพื่อให้มีการขนส่งและกระจายสินค้าไปยังลูกค้าให้เร็วที่สุด ช่วยลดต้นทุนในการจัดเก็บสินค้า</li> <li>- จัดส่งสินค้าโดยรวมรวมลูกค้าที่อยู่ในเส้นทางเดียวกัน เพื่อลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิง</li> <li>- จัดเรียงสินค้าในรถขนส่งโดยคำนึงถึงการใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และจัดการขนส่งแบบเต็มคันรถ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เปลี่ยนซัพพลายเออร์บรรจุภัณฑ์ที่มีโรงงานตั้งอยู่ระยะทางไม่เกิน 5 กิโลเมตร</li> <li>- ใช้รถขนส่งของโรงงานวังรับบรรจุภัณฑ์และวัสดุช่วยผลิต</li> <li>- ศึกษาเส้นทางที่มีลูกค้าอยู่ในเส้นทางขนส่งมอบเดียวกับซัพพลายเออร์เพื่อทำ Back Hauling ร่วมกัน</li> <li>- เปลี่ยนจำนวนบรรจุให้มากขึ้น</li> </ul>
Green Reverse Logistics/ Green Recycle	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาการนำยางที่หมดอายุการใช้งานกลับมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น หรือการนำกลับมาผลิตเป็นสินค้าใหม่ เพื่อลดภาระทางสิ่งแวดล้อม ตลอดจนการนำไปเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมที่ใช้อุณหภูมิสูงมาก เช่น ซีเมนต์</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การนำซากผลิตภัณฑ์กลับมารีไซเคิล</li> </ul>

หลักการบริหารจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากจะเป็นเครื่องมือที่ช่วยลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังช่วยลดต้นทุนและความสูญเสียที่เกิดขึ้นห่วงโซ่อุปทาน จึงเป็นการสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ลูกค้าในการเพิ่มยอดขายและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและการขยายตลาดในเวทีการค้าระดับโลกได้อีกทางหนึ่ง (สำนักโลจิสติกส์, 2558)

อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบัน ภาคอุตสาหกรรมยังประสบปัญหาและอุปสรรคของการปรับตัวสู่กรีนโลจิสติกส์ โดยผู้ให้บริการโลจิสติกส์ในเขตกรุงเทพและปริมณฑลจำนวน 72 องค์กร ได้แสดงความคิดเห็นต่อการปรับตัวดังกล่าวว่า การให้บริการแบบ กรีนโลจิสติกส์มีต้นทุนที่สูงกว่า จึงส่งผลกระทบต่อบริษัทขนาดกลางและขนาดเล็กในเรื่องเทคโนโลยีและบุคลากรที่ต้องดำเนินการ ส่วนการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์สำหรับสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม มีข้อจำกัดเรื่องค่าใช้จ่ายในการนำบรรจุภัณฑ์กลับมาใช้ใหม่เพิ่มขึ้นสำหรับองค์กรขนาดเล็ก และข้อจำกัดด้านการกระจายสินค้า เนื่องจากแหล่งที่สามารถสนับสนุนด้านเชื้อเพลิงประเภทก๊าซธรรมชาติ มีจำกัดเฉพาะอยู่บางพื้นที่ ทั้งนี้ยังแสดงความคิดเห็นว่า รัฐบาลควรให้งบประมาณสนับสนุน

องค์กรที่มีการนำระบบกรีนโลจิสติกส์มาใช้ โดยอาจอยู่ในรูปของกองทุนหรือรูปแบบการลดภาษีที่จัดเก็บ เพื่อเพิ่มแรงจูงใจ ผนวกกับการเพิ่มบุคลากรที่มีความรู้และความเข้าใจ ซึ่งรัฐบาลควรมอบหมายนโยบายให้กระทรวงศึกษาธิการ กำหนดหรือเปิดสอนวิชาด้านกรีนโลจิสติกส์ โดยเฉพาะ (วิวัฒน์ มณีสุวรรณ และ ธนัญญา วสุศรี, 2557)

เครื่องมือสุดท้ายที่ขอนำเสนอในบทความนี้คือ เทคโนโลยีไอทีสีเขียว ที่มีบทบาทกับทุกส่วนงานในอุตสาหกรรม โดยจากเดิมภาคอุตสาหกรรมเป็นภาคที่มีการใช้งานด้านไอทีหรือเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นหลักในการติดต่อประสานงานระหว่างผู้เกี่ยวข้องอยู่แล้วแต่การเพิ่มคำว่าสีเขียวที่สื่อความถึงการเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเป็นเรื่องที่ควรพิจารณาเพื่อให้การเป็นอุตสาหกรรมสีเขียวยุคอุตสาหกรรม 4.0 ในอนาคตมีความสมบูรณ์และลดผลกระทบที่เกิดกับสิ่งแวดล้อมจากการใช้ไอทีได้

### เทคโนโลยีไอทีสีเขียว (Green IT)

Green IT หรือเทคโนโลยีเพื่อสิ่งแวดล้อม คือแนวคิดในการบริหารจัดการ และเลือกใช้เทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ลดการสร้างขยะ

รวมถึงการนำขยะอิเล็กทรอนิกส์รีไซเคิลใหม่ (กระทรวง  
ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2555) โดยมุมมอง  
ด้านเทคโนโลยีไอทีสีเขียวรวมถึงแนวทางการนำไปใช้  
ในองค์กร จะมีความเหมือนและแตกต่างกันไปตามบริบท  
และความพร้อมในการดำเนินการของแต่ละองค์กร

จากการศึกษาแนวทางปฏิบัติต่อเทคโนโลยี  
คอมพิวเตอร์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อลดต้นทุน  
ในการบริหารจัดการในสำนักงาน (เอนก นามขันธ์ และ  
คณะ, 2557) พบว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ 1 เครื่องที่ใช้กำลังไฟ  
350 วัตต์ จะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 76.67 ปอนด์  
ต่อชั่วโมง คิดเป็น 613.36 ปอนด์ต่อวัน (8 ชั่วโมง) หากใช้  
เครื่องคอมพิวเตอร์ 100 เครื่อง ระยะเวลา 1 ปี จะมีก๊าซ  
คาร์บอนไดออกไซด์ปล่อยออกมา 15,947,360 ปอนด์ต่อปี  
ส่งผลให้มีก๊าซเรือนกระจกถูกปล่อยออกมาปริมาณมาก  
และเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ในงานวิจัยนี้  
ได้นำเสนอการใช้เทคโนโลยีระบบคอมพิวเตอร์แบบเสมือน  
เนื่องจากคอมพิวเตอร์แบบเสมือน 1 เครื่อง ใช้กำลังไฟ  
20 วัตต์ เปิดใช้งาน 8 ชั่วโมง ปล่อยก๊าซประมาณ 59.62  
ปอนด์ต่อวัน ถ้าใช้พร้อมกัน 100 เครื่อง จะปล่อยก๊าซรวม  
5,962.47 ปอนด์ต่อวัน หากใช้เครื่องคอมพิวเตอร์แบบ  
เสมือน 100 เครื่องใน 1 ปี จะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์  
1,550,243.16 ปอนด์ต่อปี ซึ่งสามารถลดปริมาณก๊าซ  
คาร์บอนไดออกไซด์ได้ร้อยละ 90.28 เมื่อเทียบกับเครื่อง  
คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในปัจจุบัน นอกจากนี้เทคโนโลยีระบบ  
คอมพิวเตอร์แบบเสมือน ยังมีแนวทางอื่นของการมุ่งสู่  
เทคโนโลยีไอทีสีเขียว เช่น บริษัท เคเอส ซี คอมเมอร์เชียล  
อินเตอร์เน็ต จำกัด (2559) เป็นองค์กรเอกชนที่ให้บริการด้าน  
อินเทอร์เน็ตและบิซิเนสโซลูชันสำหรับองค์กรครบวงจร  
ได้ใช้เทคโนโลยี cloud computing ในองค์กรและส่งผลให้  
ลดพลังงาน ลดปริมาณการใช้ rack server ลดจำนวนของ  
cable สำหรับ server (power+LAN) ได้ร้อยละ 50 และ  
ลดจำนวนของ physical server ได้ร้อยละ 60 และลดการ  
ลงทุนในการซื้อ Server แต่ละปีลงได้ ส่วนหน่วยงานทาง  
ราชการอย่างองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (2553) ได้เสนอ  
มุมมองด้านนี้ไว้ 5 แนวทาง ดังนี้

1. Green Computer ลดการใช้พลังงาน และลดการ  
สิ้นเปลืองอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น ลดการใช้พลังงาน  
กับเครื่องคอมพิวเตอร์เวิร์กสเตชัน เซิร์ฟเวอร์ เน็ตเวิร์ก

และข้อมูลส่วนกลาง เปลี่ยนมาใช้จอภาพ LCD แทนแบบ  
CRT ที่ใช้อยู่และใช้ไฟเจอร์ power-management สำหรับปิด  
การทำงานของฮาร์ดดิสก์ และหน้าจออมินเตอร์ เมื่อไม่ได้  
ใช้เครื่องนานหลายนาทีก และในปัจจุบัน มีผู้คิดประดิษฐ์  
อุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำจากวัสดุธรรมชาติ คือ  
ไม้ไผ่ ที่นำมาทำเคีย์บอร์ด หน้าจออมินเตอร์ เมาส์ หรือ  
เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก ซึ่งถือว่าช่วยลดซากเครื่องใช้  
ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หรือที่เรียกว่า WEEE  
ลงได้อย่างมาก

2. Green Data Center ศูนย์กลางข้อมูลสีเขียว  
ที่ออกแบบการใช้งานด้านการจัดการ การจัดเก็บ การแพร่  
กระจายของข้อมูลในเครื่องจักร อุปกรณ์ไฟฟ้าและระบบ  
คอมพิวเตอร์แบบที่ให้พลังงานสูงสุด แต่ส่งผลกระทบต่อ  
สิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

3. Website Carbon Footprinting Application  
ที่สามารถคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแต่ละเว็บไซต์ได้

4. Energy Star เป็นมาตรฐานด้านพลังงานของ  
ผลิตภัณฑ์ไอทีที่เริ่มตั้งแต่เวอร์ชัน 1.0 จนถึงเวอร์ชัน 7.0  
ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

5. TCO'05: Ergonomics, Ecology and Energy  
เป็นมาตรฐานของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีข้อกำหนดพื้นฐาน  
ด้านความสะดวกและปลอดภัย (ergonomics) ว่าจะต้องมี  
ช่อง USB อยู่ข้างหน้าของเครื่องอย่างน้อย 1 ช่อง และมีค่า  
การแผ่รังสีที่เกิดจากการใช้งานไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ ด้าน  
ระบบนิเวศวิทยา (ecology) มีข้อกำหนดว่า ส่วนประกอบ  
ของชิ้นส่วนในเครื่องคอมพิวเตอร์ วัสดุดิบในการผลิต  
ชิ้นส่วนแบตเตอรี่ วัสดุเคลือบผิว จะต้องไม่มีสารแคดเมียม  
ปรอท ตะกั่ว เฮกซาวาเลน โครเมียม และโพลีโบรมินेट  
ไดเฟนิลอีเทอร์ เป็นต้น ส่วนด้านการใช้พลังงานอย่าง  
คุ้มค่า (energy) มีข้อกำหนดว่า การใช้พลังงานสูงสุด  
เครื่องคอมพิวเตอร์จะต้องไม่เกิน 5 วัตต์ สำหรับ sleep  
mode และไม่เกิน 2 วัตต์ สำหรับ standby mode

กระทรวงไอซีที เป็นหน่วยงานที่มีบทบาทสำคัญ  
ในการขับเคลื่อนเทคโนโลยีไอทีสีเขียว ได้จัดทำเว็บไซต์กรีน  
ไอซีที ทะเบียนผลิตภัณฑ์ไอซีทีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม  
ที่ช่วยลดความยุ่งยากในการจัดซื้อ การตรวจรับ และ  
ผลิตภัณฑ์ไอซีทีที่ได้รับการขึ้นทะเบียนผ่านการทดสอบ

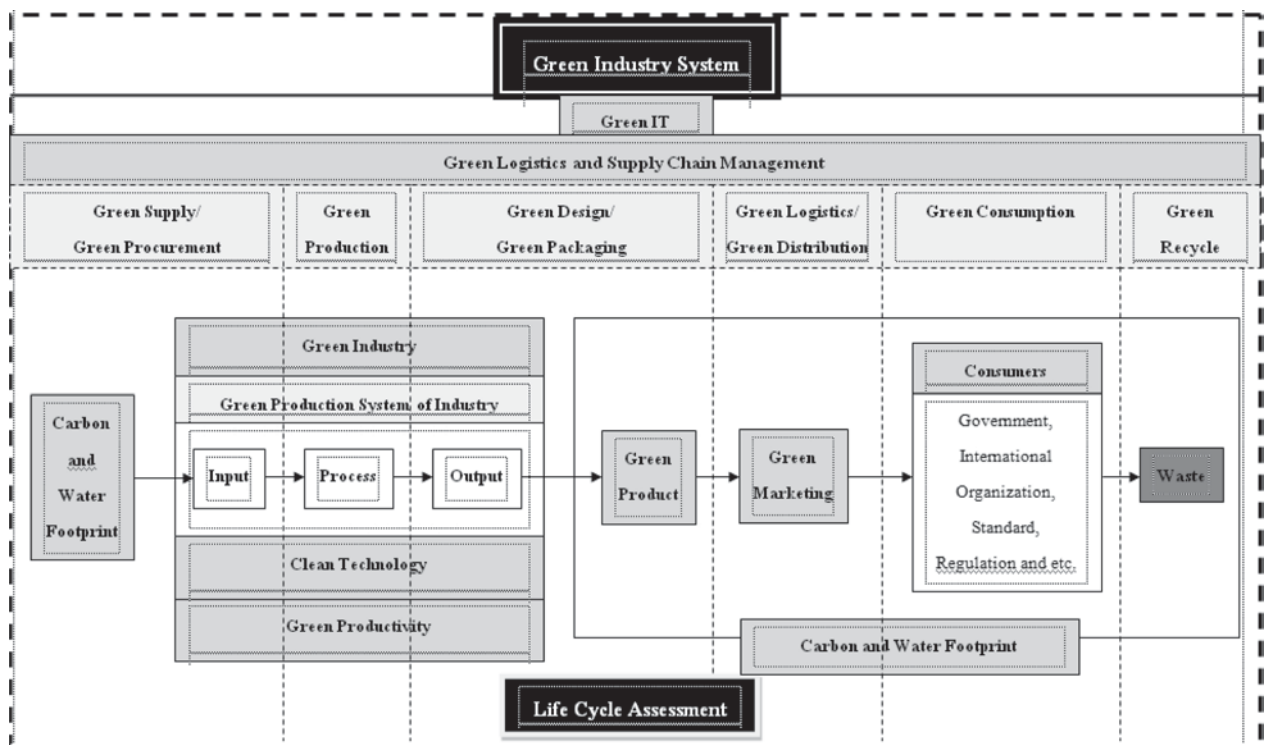


ด้านความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมทุกรายการ โดยภายในเว็บไซต์จะแสดงข้อมูล ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับผู้ซื้อ ผู้ขาย และผู้รับรอง โดยผู้ซื้อต้องลงทะเบียนเพื่อจัดทำข้อกำหนดสำหรับการจัดซื้อโดยใช้เว็บไซต์ทะเบียนผลิตภัณฑ์ไอซีทีในการช่วยเลือกกลุ่มผลิตภัณฑ์ ตรวจสอบรายการที่พร้อมจำหน่าย และจัดทำคุณลักษณะเฉพาะผลิตภัณฑ์ สำหรับผู้ขาย ซึ่งได้แก่ผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์ไอซีทีตามโครงการของกระทรวงฯ ต้องลงทะเบียนและยื่นขอขึ้นทะเบียนผลิตภัณฑ์ไอซีทีบนเว็บไซต์กรีนไอซีที จึงจะสามารถนำเสนอผลิตภัณฑ์แก่ผู้ซื้อหน่วยงานราชการและผู้ซื้อทั่วประเทศได้ ทั้งนี้ โครงการดังกล่าวได้ครอบคลุมผลิตภัณฑ์กลุ่มคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล คอมพิวเตอร์พกพา เครื่องพิมพ์ ระบบเก็บรักษาข้อมูลจราจรทางคอมพิวเตอร์ และสมาร์ทโฟน/แท็บเล็ต ส่วนผู้รับรอง ทางกระทรวงฯ ได้กำหนดคุณสมบัติของหน่วยตรวจสอบรับรองไว้ว่าต้องได้รับการรับรองระบบการทำงานที่เกี่ยวข้อง เช่น มอก. 17025 สำหรับหน่วยทดสอบ หรือ มอก. 17065 สำหรับหน่วยรับรอง และเป็นหน่วยงานสังกัดหน่วยราชการ หรือ

เป็นหน่วยงานที่แยกจากหน่วยงานราชการ (กระทรวงไอซีที, 2556)

## สรุป

หัวใจสำคัญของอุตสาหกรรมสีเขียว คือ การสร้างระบบอุตสาหกรรมสีเขียวให้แข็งแกร่งด้วยการวางรากฐานของเครื่องมือที่ได้เสนอไว้ในบทความนี้กับบทความที่ผ่านมา อันได้แก่อุตสาหกรรมสีเขียว ผลิตภัณฑ์สีเขียว การตลาดสีเขียว การเพิ่มผลิตภาพสีเขียว การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ตัวต่อตัว พรีนัทคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด การบริหารจัดการโลจิสติกส์ และโซ่อุปทานสีเขียว และเทคโนโลยีไอทีสีเขียว เข้ากับระบบการผลิตดั้งแสดงในภาพ 1 ให้ชัดเจนและปฏิบัติอย่างจริงจัง พร้อมกับการพัฒนาระบบและคิดค้นเครื่องมืออื่นเพิ่มเติมอย่างต่อเนื่องเพื่อสร้างอุตสาหกรรมสีเขียวที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมให้กับสังคมและประเทศต่อไป



ภาพ 1 Green Industry System

(proposed by Chitlada Maimun, Bundith Rattanatai and Sombat Teekasap, september: 2016)



## References

- Boonvibulwat, S. (2013). *Carbon footprint assessment of pyrolysis oil from waste plastics*. Retrieved from <http://ir.swu.ac.th/xmlui/handle/123456789/4260> (in Thai)
- Duangpim, N., & Mahujcharyawong, J. (2015). *Carbon footprint assessment of broiler in small closed husbandry system*. Retrieved from <http://doi.nrct.go.th/ListDoi> (in Thai)
- Food Network Solution. (2012). *Food industry with cleaner technology*. Retrieved from <http://www.foodnetworksolution.com> (in Thai)
- Forest Industry Organization. (2010). *Green technology: IT technology for the environment*. Retrieved from [http://www.fio.co.th/greenIT/GreenIT2/green\\_technology.html](http://www.fio.co.th/greenIT/GreenIT2/green_technology.html) (in Thai)
- Jawjit, W. (2013). Towards sustainable natural rubber industry in Thailand with Carbon Footprint and Water Footprint. *Rom Phruek Journal Krirk University*, 31(1), 49-68. (in Thai)
- Kaewchur, P. (2013). Development of Water Footprint in Thailand. *Ladkrabang engineering Journal*, 30(2), 13-18. (in Thai)
- Kanchana, T., Sivadechathep, J., & Soonthornchai, S. (2012). *Application of cleaner technology in a carbonated soft drink plant*. Retrieved from [http://www.stou.ac.th/thai/grad\\_study/Masters](http://www.stou.ac.th/thai/grad_study/Masters) (in Thai)
- KSC Commercial Internet Co., Ltd. (2016). *KSC Green IT*. Retrieved from [http://www.ksc.net/greenit/ksc\\_greenit.html](http://www.ksc.net/greenit/ksc_greenit.html) (in Thai)
- Liawruangrath, P. (2015). Green logistics for sustainable development. *FEU Academic Review*, 8(2), 12-21. (in Thai)
- Logistics, Department of Primary Industries and Mines. (2015). *Green supply chain collaboration...The path to sustainable industrial development*. Retrieved from <http://www.logistics.go.th> (in Thai)
- Maneesuwan, W., & Wasusri, T. (2014). Green logistics management vs Thai logistics service providers potency. *KMUTT Research and Development Journal*, 37(2), 215-226. (in Thai)
- Maimun, C. (2012). Cleaner technology. *EAU Heritage Journal, Science and Technology*, 6(1), 34-39. (in Thai)
- Maimun, C., & Teekasap, S. (2016). Industry 4.0 the future for Thai industry. *EAU Heritage Journal, Science and Technology*, 10(1), 14-28. (in Thai)
- Maimun, C., & Teekasap, S. (2016). Industry 4.0: Part I – environmental conscious. *EAU Heritage Journal, Science and Technology*, 10(2), 39-49. (in Thai)
- Ministry of Information and Communication Technology. (2013). *Green ICT*. Retrieved from <http://ni3.mict.go.th/greenict/index.php> (in Thai)
- Ministry of Natural Resources and Environment. (2012). *Green IT technology for the environment*. Retrieved from <http://www.mnre.go.th> (in Thai)
- Nam Khan, A., Kirdmanee, B., & Senawat, D. (2014). Computer technology environmental friendly process for reduce the cost of office management. *Engineering Journal of Siam University*, 15(1), 38-50. (in Thai)

- Piyawan, P., & Yongchareon, W. (2013). *Energy management in industrial production of frozen seafood*. Retrieved from <http://www.research.rmutt.ac.th> (in Thai)
- Raksakulkarn, V. (2011). *Greenhouse gas emissions in the industrial sector of the country*. Retrieved from [http://conference.tgo.or.th/download/tgo\\_or\\_th/Article/GHG\\_Emission/Thailand\\_Industry\\_Top5GHG\\_2011.pdf](http://conference.tgo.or.th/download/tgo_or_th/Article/GHG_Emission/Thailand_Industry_Top5GHG_2011.pdf) (in Thai)
- Ratchathamma, P. (2012). Water use efficiency on Water footprint. *Department of Science Service Journal*, 60(189), 35-37. (in Thai)
- Sukumalchart, T., Pornprommin, A., & Lipiwattanakam, S. (2013). Water footprint of maize in Thailand. *KKU Engineering Journal*, 40(1), 67-78. (in Thai)
- Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). (2012). *Glossary and abbreviation Climate Change and greenhouse gas Management 2012*. Retrieved from [http://www.tgo.or.th/2015/thai/search\\_result.php](http://www.tgo.or.th/2015/thai/search_result.php) (in Thai)
- Thanarak, P., Thanomnim, B., & Maneechot, P. (2015). Carbon footprint and energy assessment of Napier Pakchong 1. *Burapha Science Journal*, 20(1), 72-82. (in Thai)
- The Federation of Thai Industries. (2016). *Water situation and coping with the situation of the industrial sector*. Retrieved from <http://www.fti.or.th> (in Thai)
- Wangmuang, R., & Sachakamol, P. (2011). *Water footprint in rice flour industry*. Retrieved from <http://www.eg.mahidol.ac.th/dept/egie/images/IE-Network-Archives/2011/PDF/5.EM/EM10.pdf> (in Thai)

