ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การวิเคราะห์ก๊าซเรือนกระจกและพัฒนาแนวทางการปรับตัวสู่เมืองคาร์บอนต่ำอย่างยั่งยืน

(ภาษาอังกฤษ) Greenhouse Gas Analysis and Adaptation for Sustainable Low Carbon City

คำสำคัญ: ก๊าซเรือนกระจก เมืองคาร์บอนต่ำ การพยากรณ์

Keywords: Greenhouse Gas, Low Carbon City, Adaptation, Sustainable

1. ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง

ปัจจุบันโลกกำลังประสบปัญหาการเปลี่ยนแปลงทางด้านภูมิอากาศซึ่งหนึ่งในสาเหตุหลักคือ ภาวะโลกร้อน ทำให้หน่วยงานต่างๆ มีการสร้างข้อกำหนดเพื่อช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อน ตัวอย่างเช่น IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change หรือ คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ) ได้กำหนดให้ประเทศกำลังพัฒนาลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง 15 - 30% เทียบกับปริมาณการปล่อยที่น่าจะเกิดขึ้นในปี ค.ศ. 2020 ในกรณีเศรษฐกิจปกติ หรือจากข้อตกลงแคนคูน (Cancun Agreement) ได้กระตุ้นให้ประเทศกำลังพัฒนาให้จัดทำยุทธศาสตร์หรือแผนการพัฒนาสู่สังคมคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Society) ในบริบทของการพัฒนาที่ยั่งยืน เป็นต้น จากข้อกำหนดเหล่านี้ทำให้เกิดการตื่นตัวในเรื่องของปัญหาภาวะโลกร้อนขึ้นอย่างมาก โดยทางสหภาพยุโรปได้ดำเนินการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากแนวคิด Low Carbon Economy ขึ้น ซึ่งกำหนดให้ลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงให้ได้ 79 – 82% ภายในปี ค.ศ. 2050 และในทวีปเอเชียโดยการนำของประเทศญี่ปุ่นได้สร้างแนวคิด Low Carbon Society ซึ่งกำหนดเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ได้ 80% ภายในปี ค.ศ. 2050 ในกรณีหลังนี้มีประเทศที่เข้าร่วมโครงการนี้ เช่น ญี่ปุ่น จีน เกาหลีใต้ เวียดนาม ไทย เป็นต้น

ประเทศไทยได้มีการดำเนินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาบ้างแล้วเช่นกัน อาทิ สมาคมสันนิบาตเทศบาลแห่งประเทศไทยที่ได้ดำเนินโครงการ “เทศบาลคาร์บอนต่ำ” ภายใต้แนวคิด Low Carbon City โดยมี 4 แนวทาง คือ เมืองแห่งต้นไม้ เมืองไร้มลพิษ เมืองพิชิตพลังงาน และเมืองที่มีการบริโภคอย่างยั่งยืน นอกจากนี้ยังมีองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ได้จัดทำข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) โดยเป็นไปตามกรอบแนวคิดของการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรซึ่งเป็นการแบ่งขอบเขตของการดำเนินงานออกเป็น 3 ขอบเขต ได้แก่ ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้ไฟฟ้าและพลังงาน และขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ

อย่างไรก็ตาม แม้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นได้มีการศึกษาและจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งในระดับองค์กรและในระดับเมืองแล้ว หากในด้านการนำผลมาประยุกต์ใช้ให้เกิดแนวทางการปฏิบัติจริงสำหรับกิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างเป็นรูปธรรมยังมีส่วนน้อย และการสร้างความรู้ความเข้าใจเรื่องภาวะโลกร้อนและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้เข้าถึงภาคประชาชนเพื่อให้ประชาชนเกิดความตระหนักของการเป็นส่วนหนึ่งที่จะขับเคลื่อนให้เกิดเมืองคาร์บอนต่ำยังมีส่วนน้อย อีกทั้งยังขาดเมืองต้นแบบที่จะสามารถนำมาขยายผลสู่การปฏิบัติจริงได้ เนื่องจากการวิจัยเมืองคาร์บอนต่ำในไทยส่วนใหญ่ยังขาดการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ ด้วยเหตุนี้ความสำคัญในการสร้างเมืองต้นแบบเพื่อให้เกิดการดำเนินการอย่างจริงจังและเป็นรูปธรรมถือเป็นประเด็นงานวิจัยที่สำคัญที่นักวิจัยควรเร่งดำเนินการ เพื่อนำองค์ความรู้ต่าง ๆ สามารถถ่ายทอดให้เป็นแนวทางการปฏิบัติอย่างง่ายและเข้าถึงประชาชน อีกทั้งได้รับความร่วมมือจากประชาชนในการระดมสมองเพื่อให้ประชาชนในเขตพื้นที่เมืองเกิดความตระหนักถึงความสำคัญในการดำเนินกิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมือง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์วิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากดำเนินกิจกรรมต่างๆ พัฒนาการเก็บข้อมูลอย่างง่ายและรวบรวมฐานข้อมูลแบบออนไลน์ โดยพัฒนาการจัดการระบบข้อมูลให้สามารถใช้งานได้สะดวกและง่ายขึ้น (User Friendly) สามารถกรอกข้อมูลได้ง่าย ไม่ซับซ้อน เพื่อให้สามารถ

แสดงผลการดำเนินการต่อสาธารณะได้อย่างเป็นและสามารถนำข้อมูลจากฐานข้อมูลไปสู่แนวทางการประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์ในด้านการปรับตัว (Adaptation) ของคนในเมือง เพื่อหาแนวทางการปรับตัวที่เป็นวิธีปฏิบัติที่เหมาะสม (Best Practice) สู่การเป็นเมืองคาร์บอนต่ำอย่างยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

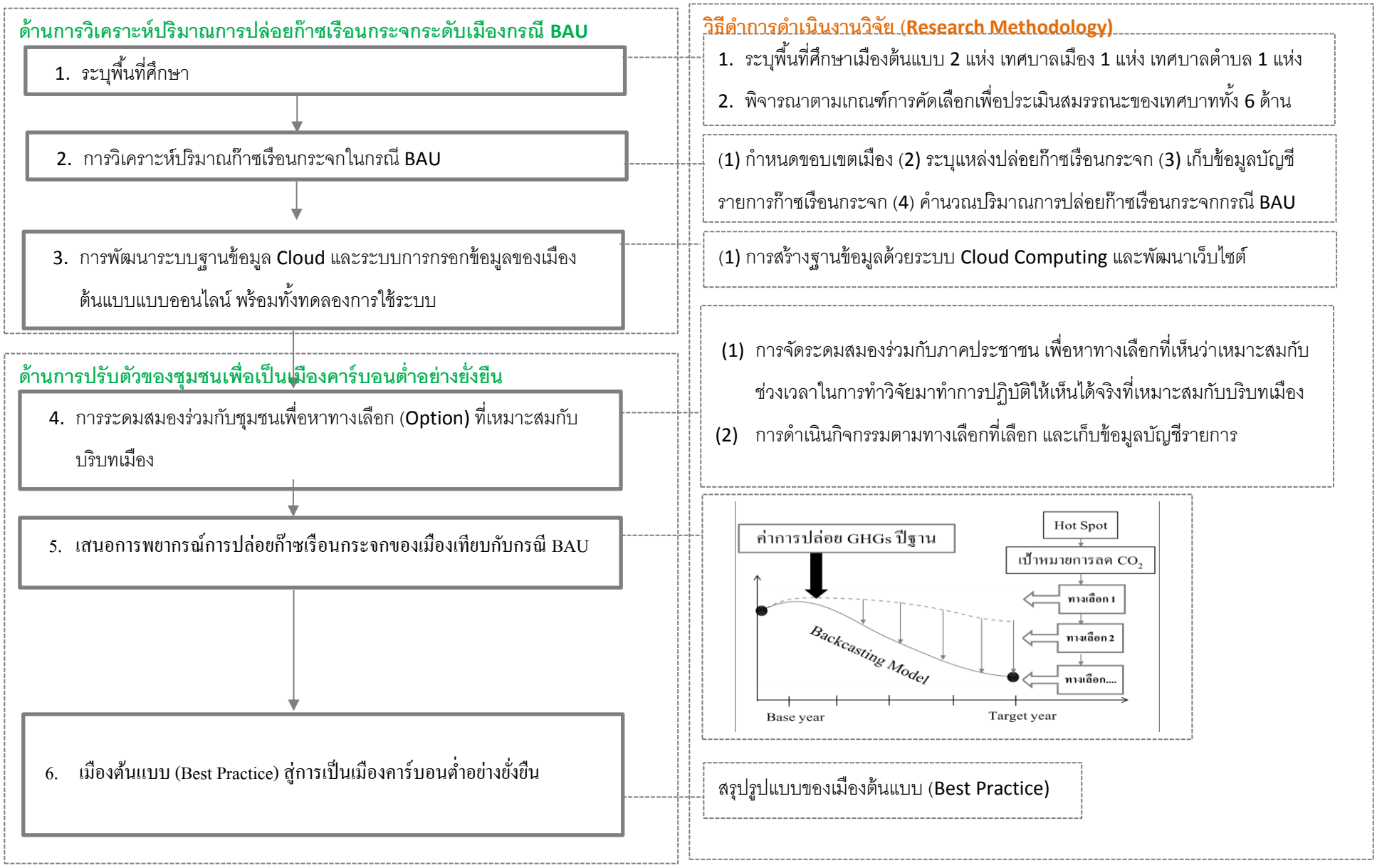
2.1 เพื่อวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองในกรณีเศรษฐกิจปกติ

2.2 เพื่อพัฒนาระบบเว็บไซต์กรอกข้อมูล วิเคราะห์ และแสดงข้อมูลก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองแบบออนไลน์

2.3 เพื่อหาแนวทางการปรับตัวที่เป็นวิธีปฏิบัติที่เหมาะสม (Best Practice) สู่การเป็นเมืองคาร์บอนต่ำอย่างยั่งยืน

3. แนวทาง/ขั้นตอนการดำเนินงาน ซึ่งมีรายละเอียดเกี่ยวกับสมมติฐานการวิจัย พื้นที่ที่ศึกษา และวิธีการวางแผนการดำเนินงานรวมทั้งวิธีดำเนินการวิจัย (Research Methodology) วิธีการเก็บข้อมูล ฯลฯ

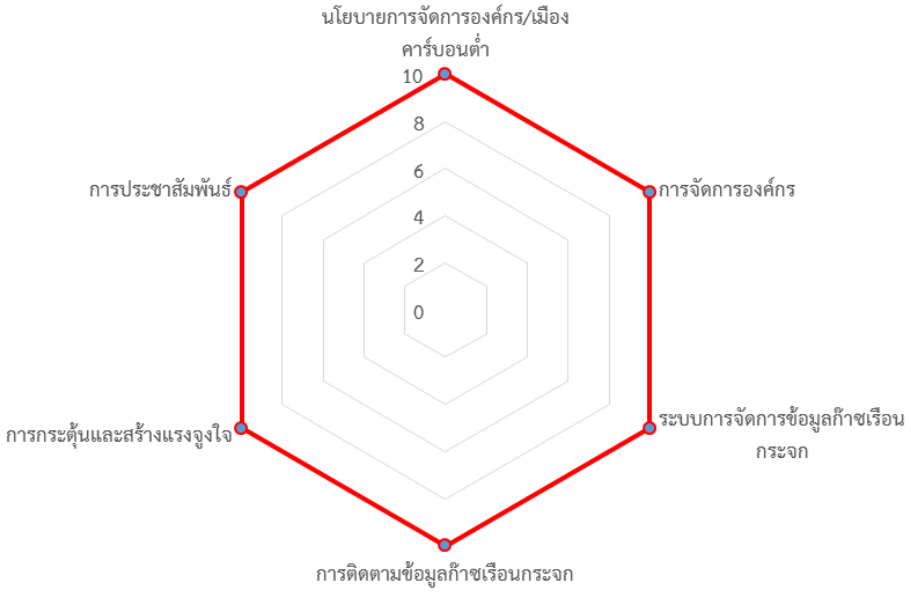
วิธีการดำเนินงานวิจัยแสดงได้ดังรูปที่ 1 และมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้




**รูปที่ 1** วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ระบุพื้นที่ศึกษาสำหรับเมืองต้นแบบ

ระบุพื้นที่ศึกษาเมืองต้นแบบที่เป็นองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการดำเนินงานวิจัยอย่างน้อย 2 แห่ง แบ่งเป็นเทศบาลระดับตำบล 1 แห่ง และเทศบาลระดับเมือง 1 แห่ง ซึ่งในการระบุพื้นที่ศึกษาจะพิจารณาสมรรถนะขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) ที่จะเป็นเมืองต้นแบบ โดยมีเกณฑ์การพิจารณาทั้งหมด 6 ด้าน ดังแสดงในรูปต่อไปนี้




**รูปที่ 2** ตัวอย่างแผนภูมิเรดาร์เกณฑ์การคัดเลือกเมืองต้นแบบ

รายละเอียดเกณฑ์การประเมินของแต่ละด้านมีดังต่อไปนี้

1) นโยบายการจัดการองค์กรสู่การเป็นเมืองคาร์บอนต่ำ พิจารณาจาก
   - อปท. มีนโยบายและ/หรือแผนยุทธศาสตร์ที่มุ่งไปสู่การพัฒนาเมืองคาร์บอนต่ำ
   - ความพร้อมในเชิงนโยบาย วิสัยทัศน์ และความมุ่งมั่นตั้งใจของนายกเทศมนตรี/ผู้บริหารสูงสุดของ อปท. ในการพัฒนาสู่เมืองคาร์บอนต่ำ ซึ่งเกณฑ์การคัดเลือกข้อนี้ถือเป็นเกณฑ์การคัดเลือกที่สำคัญที่สุด เนื่องจากการดำเนินโครงการจะบรรลุผลสำเร็จได้นั้นผู้บริหารเป็นปัจจัยที่หลัก
2) การจัดการองค์กร พิจารณาจาก
   - มีความพร้อมในเชิงนโยบาย วิสัยทัศน์ และความมุ่งมั่นตั้งใจของผู้บริหาร
   - มีความพร้อมในการประสานงานเพื่อรวบรวมข้อมูลภายในและภายนอกองค์กร
   - มีความพร้อมในการทำงานเป็นทีมที่ประกอบด้วยทุกส่วนงานในองค์กร
   - มีบุคลากรที่มีศักยภาพในการจัดการ/สั่งการทุกฝ่ายแบบบูรณาการ และประสานงานกับทุกฝ่าย
   - มีความพร้อมในระบบการจัดการคุณภาพของข้อมูล/การจัดการระบบข้อมูลที่ครอบคลุมขอบเขตองค์กร/เมืองที่ดำเนินการอยู่

- มีความพร้อมในด้านความร่วมมือกับประชาชนในท้องถิ่น
- มีความพร้อมที่จะเป็นเมืองต้นแบบเพื่อเผยแพร่ให้แก่ อปท. อื่นๆ ได้ในอนาคต
- มีประสบการณ์ในการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และ/หรือ การจัดทำรายงานบัญชีก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง เนื่องจากในงานวิจัยนี้เน้นสู่การปฏิบัติจริงเพื่อให้เกิดวิธีการปฏิบัติที่ดีที่สุด (Best Practice) ที่เหมาะสมกับบริบทของเมือง

3) ระบบการจัดการข้อมูลก๊าซเรือนกระจก มีระบบการจัดเก็บข้อมูลก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่อง และมีระบบที่มีความน่าเชื่อถือ มีการปรับปรุงระบบอย่างต่อเนื่องและเหมาะสมกับบริบทของเมือง
4) การติดตามข้อมูลก๊าซเรือนกระจกมีระบบการติดตามข้อมูลในแต่ละภาคส่วน และมีการรายงานก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่อง
5) การกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจ มีกระบวนการทำความเข้าใจให้กับผู้เกี่ยวข้องและสร้างแรงจูงใจในการพัฒนาสู่เมืองคาร์บอนต่ำ
6) การประชาสัมพันธ์ องค์กรมีการประชาสัมพันธ์สู่ชุมชนเพื่อให้ประชาชนมีความตระหนักและปรับตัวเพื่อให้เป็นเมืองคาร์บอนต่ำได้

สำหรับเกณฑ์การประเมินจะแบ่งระดับคะแนนออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

| **เกณฑ์การประเมิน** | **ระดับคะแนน** |
|---|---|
| ไม่มีการดำเนินการ | 0 |
| มีการดำเนินการ แต่ไม่มีการรายงานผล | 3 |
| มีการดำเนินการและรายงานผลไม่สม่ำเสมอ | 6 |
| มีการดำเนินการและติดตามผลอย่างต่อเนื่อง | 10 |

สำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่จะถูกคัดเลือกเป็นเมืองต้นแบบจะพิจารณาคัดเลือกจาก “โครงการส่งเสริมการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและรายงานข้อมูลก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง เพื่อสนับสนุนการพัฒนาสู่เมืองคาร์บอนต่ำ” ซึ่งได้รับงบประมาณสนับสนุนจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) โดยได้มีการดำเนินโครงการต่อเนื่องมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 ล่าสุดในปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 ได้มีองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเข้าร่วมการประเมินก๊าซเรือนกระจกในระดับเมืองทั้งสิ้น 24 เทศบาลประกอบด้วย เทศบาลนคร 3 แห่ง เทศบาลเมือง 6 แห่งและเทศบาลตำบล 15 แห่ง ดังแสดงในรูปที่ 3

**รูปที่ 3** เทศบาลที่เข้าร่วมโครงการในปีงบประมาณ 2559

3.2 การวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมืองในกรณีเศรษฐกิจปกติ (Business as usual: BAU)

การวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง เป็นหนึ่งในวิธีการแสดงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการกิจกรรรมต่างๆ ที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกภายในขอบเขตของเมือง ซึ่งปริมาณก๊าซเรือนกระจกจะถูกคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($CO_2$ equivalent)

ก๊าซเรือนกระจก เป็นก๊าซที่มีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อนหรือรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกพื้นผิวโลกเอาไว้ เมื่อมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่มากจึงทำให้รังสีอินฟราเรดไม่สามารถที่จะสะท้อนกลับออกไปนอกชั้นบรรยากาศได้ โลกจึงมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น ซึ่งได้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตพื้นผิวโลกอย่างมาก โดยก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดจะค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนที่แตกต่างกัน และค่าการเกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดออกมาเป็นหน่วยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งจะใช้ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนในรอบ 100 ปี เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา

**ตารางที่ 1** แสดงค่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (100 ปี)

| Substance | AR1 (1990) | AR2 (1995) | AR3 (2001) | AR4 (2007) | AR5 (2013) |
|---|---|---|---|---|---|
| Carbon dioxide, fossil ($CO_2$) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Methane, fossil ($CH_4$) | 21 | 21 | 23 | 25 | 28 |
| Methane, biogenic ($CH_4$) | 18.25 | 18.25 | 20.25 | 22.25 | 25.25 |
| Dinitrogen monoxide ($N_2O$) | 290 | 310 | 296 | 298 | 265 |
| HCFC-141b | 440 | - | 700 | 725 | 782 |
| HFC-134a | 1200 | 1300 | 1300 | 1430 | 1300 |
| HCFC-22 | 1500 | - | 1700 | 1810 | 1760 |
| HCFC-142b | 1600 | - | 2400 | 2310 | 1980 |
| CFC-11 | 3500 | - | 4600 | 4750 | 4660 |
| CFC-12 | 7300 | - | 10600 | 10900 | 10200 |
| Sulfur hexafluoride | - | 23900 | 22200 | 22800 | 23500 |

ที่มา: IPCC Climate change 2007: The physical science basis

การแสดงค่าปริมาณของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งอยู่บนพื้นฐานที่สำคัญ 5 ประการ ได้แก่

1. ความตรงประเด็น (Relevance) การใช้ข้อมูลและการเลือกแหล่งที่ปล่อยดูดกลับกักเก็บปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ตรงกับความจำเป็นในการใช้งาน ซึ่งข้อมูลเหล่านี้เกิดขึ้นภายในเมืองหรือที่เกี่ยว ข้องกับเมืองและข้อมูลเหล่านี้จะเป็นส่วนในการนำมาตัดสินใจในการวางนโยบายของเมือง
2. ความสมบรูณ์ (Completeness) ข้อมูลปริมาณทั้งหมดของการปล่อยดูดกลับกักเก็บ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดควรเป็นปริมาณที่เกิดขึ้นจากดำเนินการกิจกรรมต่างๆ ภายในเมืองหรือที่เกี่ยวข้องกับเมือง
3. ความไม่ขัดแย้งกัน (Consistency) ข้อมูลปริมาณทั้งหมดของการปล่อยดูดกลับกักเก็บปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดควรจะมีความสอดคล้อง เชื่อมโยงและเทียบเคียงกันได้โดยไม่มีการขัดแย้งกัน
4. ความถูกต้อง (Accuracy) การเก็บข้อมูลจะต้องมีความถูกต้อง ไม่มีความอคติและการเก็บรวบรวมข้อมูลจะต้องเก็บให้ได้มากที่สุด
5. ความโปร่งใส (Transparency) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องต้องมีการเปิดเผยและสามารถที่จะทำการตรวจสอบได้เพื่อสามารถจะนำไปใช้ในการตัดสินใจได้

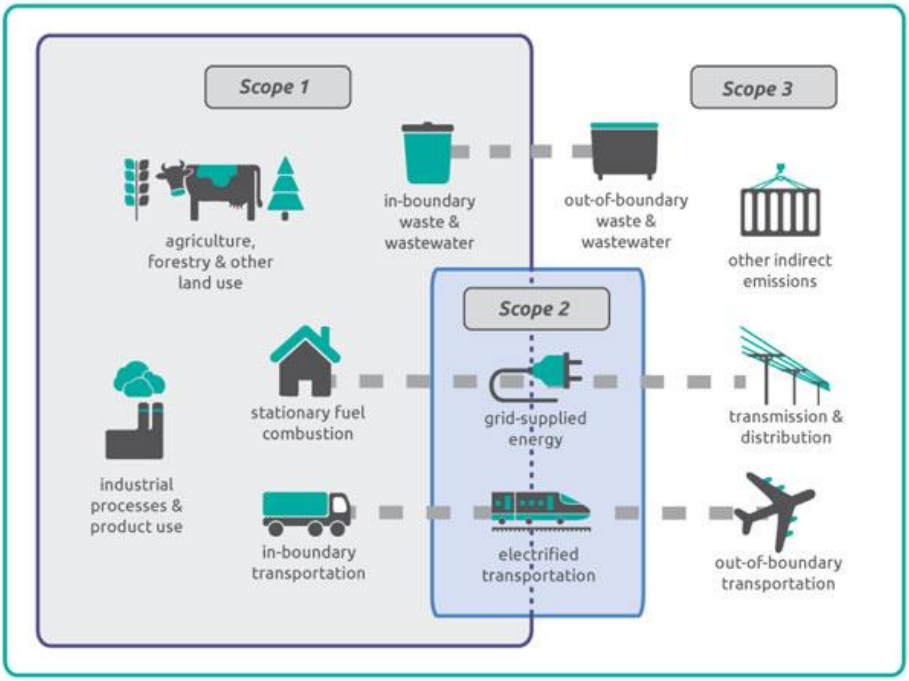
การจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง มีขั้นตอนดังนี้

1) การกำหนดขอบเขตของเมือง โดยดูตามพื้นที่การปกครองของเทศบาล โดยการกำหนดขอบเขตของการดำเนินงานเพื่อเก็บข้อมูลกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้ ได้แก่

ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ที่อยู่ในพื้นที่เขตเมือง

ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้ไฟฟ้า ความร้อน ไอน้ำหรือการระบายความร้อนที่เกิดขึ้นในเขตเมือง

ประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นนอกเขตเมืองแต่เป็นผลมาจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นจากในเขตเมือง




**รูปที่ 3** กิจกรรมและขอบเขตการปล่อยก๊าซปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมือง

2) การสำรวจกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก โดยวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลตามแบบสำรวจข้อมูลกิจกรรม (Questionnaire) การสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่เทศบาล และการลงพื้นที่สำรวจจริง เพื่อให้ทราบถึงบริบทของเมืองและข้อมูลที่ได้สอดคล้องกับความเป็นจริง

3) การรวบรวมข้อมูลและการจัดกลุ่มกิจกรรมหลักที่ส่งผลต่อการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Classification) ในเมือง และออกแบบสำรวจการเก็บรวบรวมข้อมูลของกิจกรรมที่ส่งผลต่อการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกและในขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลนั้นควรเลือกใช้ข้อมูลที่เป็นข้อมูลปฐมภูมิเป็นลำดับแรก และในการเก็บข้อมูลควรใช้ข้อมูลปีฐานเป็นปีล่าสุด ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลปฐมภูมิจึงเลือกใช้ข้อมูลทุติยภูมิ ทั้งนี้เพื่อความถูกต้องของข้อมูลที่จะทำการรายงาน รวมถึงการสร้างระบบฐานข้อมูลแบบออนไลน์เพื่อให้เกิดการติดตามข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่อง

4) การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง เป็นการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ดังสมการ

$$GHG_i = A_i \times EF_i \quad (1)$$

โดยที่ $GHG_i$ คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2$-eq)

$A_i$ คือ ข้อมูลกิจกรรม (Unit)

$EF_i$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

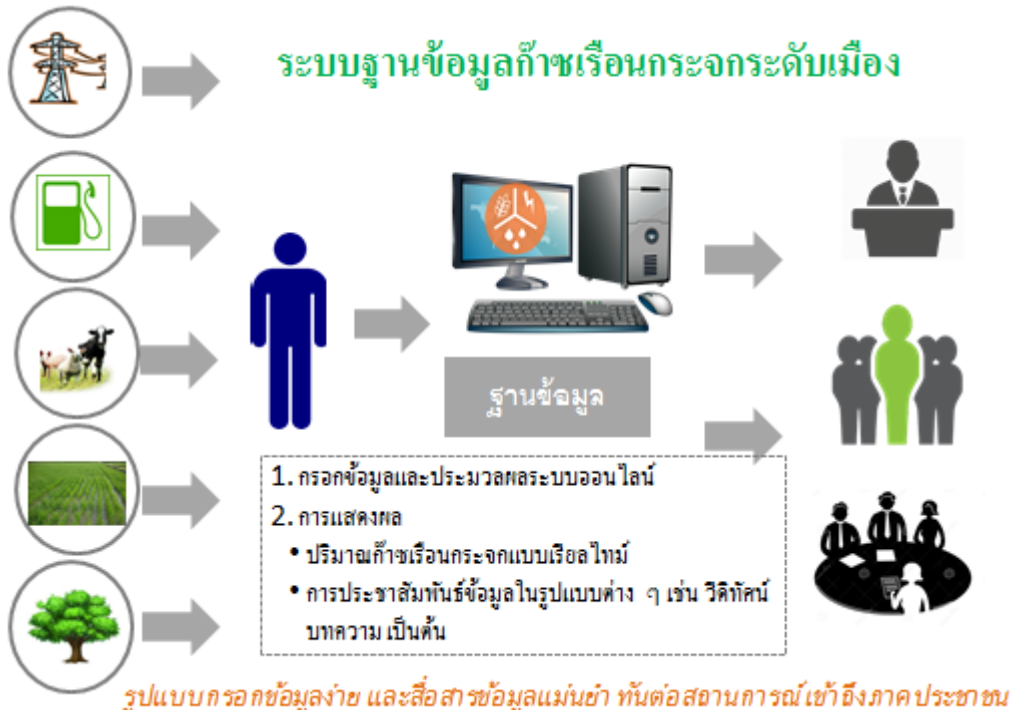
โดยระเบียบวิธีคำนวณอ้างอิงตามคู่มือการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกในระดับเทศ จัดทำโดยคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories) ซึ่งแบ่งเป็น 4 ภาค คือ 1. ภาค

พลังงาน 2. ภาคกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ 3. ภาคเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน และ 4. ภาคการจัดการของเสีย

5) การจัดการคุณภาพของข้อมูลที่นำมาคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นขั้นตอนการเพิ่มความน่าเชื่อถือและความโปร่งใสของการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เนื่องจากข้อมูลที่มีความแม่นยำที่รวบรวมมานั้นย่อมสะท้อนถึงความถูกต้องของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ประเมินได้

3.3 การจัดทำเว็บไซต์สำหรับกรอกข้อมูลก๊าซเรือนกระจกในระบบออนไลน์และการสร้างฐานข้อมูลแบบคลาวด์

แนวความคิดในการจัดทำฐานข้อมูลก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองแสดงได้ดังรูปที่ 4 ซึ่งข้อมูลจากการสำรวจแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมืองต้นแบบ พร้อมทั้งแบบฟอร์มการเก็บข้อมูลในรูปแบบ excel จะถูกนำมาปรับให้อยู่ในรูปแบบออนไลน์โดยออกแบบการกรอกข้อมูลให้เหมาะสมกับบริบทของเมืองต้นแบบตัวอย่าง อาทิเช่น ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเมือง การใช้เชื้อเพลิงในภาคส่วนต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นภาคครัวเรือน ภาครัฐและเอกชน ภาคการขนส่งทั้งทางถนน ทางราง ทางอากาศและทางน้ำ การจัดการปศุสัตว์ การเพาะปลูกข้าว การใช้ปุ๋ยเคมีในภาคเกษตรกรรม และทะเบียนต้นไม้ เป็นต้น เมื่อข้อมูลในแต่ละส่วนถูกนำมากรอกในระบบจะถูกจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูล ทั้งนี้จะมีการแสดงผลปริมาณก๊าซเรือนกระจกแบบเรียลไทม์ และข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ผ่านเว็บไซต์เพื่อให้ประชาชน ภาครัฐ ภาคเอกชน หรือส่วนงานต่าง ๆ สามารถติดตามผลได้อย่างต่อเนื่อง และสามารถนำผลไปสู่การประยุกต์ใช้ได้ ซึ่งการจัดทำฐานข้อมูลในโครงการนี้จะอาศัยคลาวด์คอมพิวติ้ง (Cloud Computing)

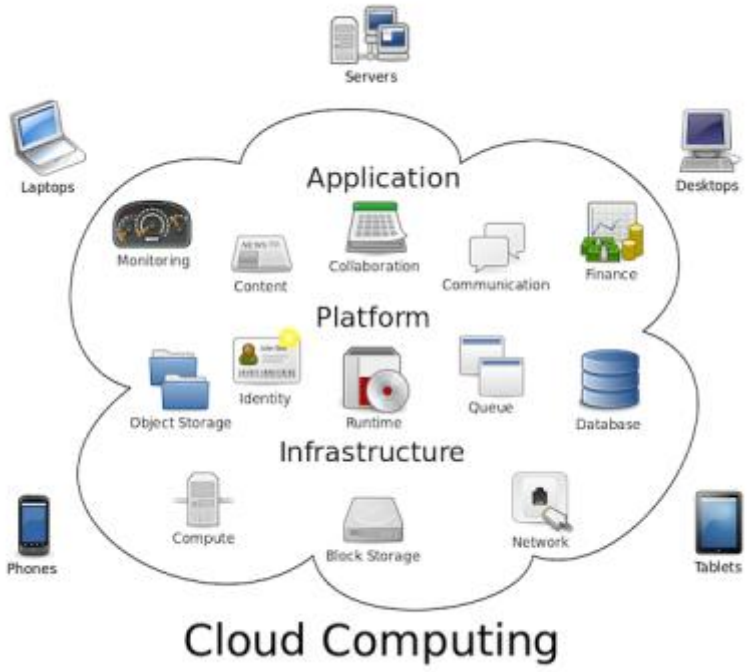



**รูปที่ 4** แนวความคิดการจัดทำฐานข้อมูลก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง

คลาวด์คอมพิวติ้ง (Cloud Computing) หรือ การประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ เป็นลักษณะของการทำงานของผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์ผ่านอินเทอร์เน็ต ที่ให้บริการใดบริการหนึ่งกับผู้ใช้ โดยผู้ให้บริการจะแบ่งปันทรัพยากรให้กับผู้ต้องการใช้งานนั้น การประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ เป็นลักษณะที่พัฒนาขึ้นต่อมาจากความคิดและบริการของเวอร์ชัวไลเซชันและเว็บเซอร์วิซ โดยผู้ใช้งานนั้นไม่จำเป็นต้องมีความรู้ในเชิงเทคนิคสำหรับตัวพื้นฐานการทำงานนั้น

สถาบันมาตรฐานและเทคโนโลยีแห่งชาติของสหรัฐอเมริกาให้คำจำกัดความ "Cloud" ว่า มันเป็นอุปลักษณ์ จากคำในภาษาอังกฤษที่แปลว่า เมฆ กล่าวถึงอินเทอร์เน็ตโดยรวมในรูปของโครงสร้างพื้นฐาน (เหมือนระบบไฟฟ้า ประปา) ที่พร้อมให้บริการกับผู้ใช้งานเมื่อมีความต้องการใช้ ผู้ให้บริการการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆส่วนใหญ่ จะให้บริการในลักษณะของเว็บแอปพลิเคชัน โดยให้ผู้ใช้ทำงานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ขณะเดียวกันซอฟต์แวร์และข้อมูลทั้งหมดจะถูกเก็บไว้บนเซิร์ฟเวอร์ของผู้ให้บริการ

Cloud Computing คือ การใช้ซอฟต์แวร์, ระบบ, และทรัพยากรของเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ให้บริการผ่านอินเทอร์เน็ต โดยสามารถเลือกกำลังการประมวลผล เลือกจำนวนทรัพยากร ได้ตามความต้องการในการใช้งาน และสามารถเข้าถึงข้อมูลบน Cloud จากที่ไหนก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 5




**รูปที่ 5** แสดงการทำของระบบคลาวน์คอมพิวติ้ง

**ที่มา:** http://www.it24hrs.com/2015/cloud-computing-and-cloud-definition/cloud-computing-what-is-cloud-01/

จากรูปที่ 5 จะเห็นว่าด้านในของกรอบที่เป็นก้อนเมฆก็คือทรัพยากรของผู้ให้บริการที่มีทั้ง Hardware และ Software (ซึ่งก็ทำงานบน Hardware ของผู้ให้บริการเช่นกัน) ผู้ใช้บริการเพียงแค่ต่อเชื่อมเข้าไปใช้ผ่าน Network ด้วยเว็บบราวเซอร์ หรือ Client แอพพลิเคชั่น บนอุปกรณ์ต่างๆ ของตน เช่น มือถือ, Tablet, Notebook, หรือ Chromebook เป็นต้น การประมวลผลถูกอธิบายถึงโมเดลรูปแบบใหม่ของเทคโนโลยีสารสนเทศในการใช้งานบนอินเทอร์เน็ตที่เน้นการขยายตัวได้อย่างยืดหยุ่น สามารถที่จะปรับขนาดได้ตามความต้องการของผู้ใช้ และมีการจัดสรรทรัพยากร โดยเน้นการทำงานระยะไกลอย่างง่าย ที่ใช้อินเทอร์เน็ตเป็นโครงสร้างพื้นฐาน ตัวอย่างของการประมวลผลแบบ Could ที่เป็นที่รู้จัก เช่น ยูทูบ โดยที่ผู้ใช้สามารถเก็บวิดีโอออนไลน์ได้ โดยไม่ต้องมีความรู้ในการสร้างระบบวิดีโอออนไลน์ หรือ ในระบบ[[เครือข่ายสังคมออนไลน์ต่างๆ เป็นต้น

ประเภทของบริการ คลาวด์คอมพิวติ้ง (Cloud Service Models) มีหลากหลายรูปแบบ โดยรูปแบบหลักๆ มีอยู่ 3 แบบได้แก่

**Software as a Service (SaaS)**

เป็นการที่ใช้หรือเช่าใช้บริการซอฟต์แวร์หรือแอพพลิเคชั่น ผ่านอินเทอร์เน็ต โดยประมวลผลบนระบบของผู้ให้บริการ ทำให้ไม่ต้องลงทุนในการสร้างระบบคอมพิวเตอร์ ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์เอง ไม่ต้องพะวงเรื่องค่าใช้จ่ายในการดูแลระบบ เพราะซอฟต์แวร์จะถูกเรียกใช้งานผ่าน Cloud จากที่ไหนก็ได้

ซึ่งบริการ Software as a Service ยกตัวอย่างเช่น GMail , Google Docs หรือ Google Apps ที่เป็นรูปแบบของการใช้งานซอฟต์แวร์ผ่านเว็บบราวเซอร์ สามารถใช้งานเอกสาร คำนวณ และสร้าง Presentation โดยไม่ต้องติดตั้งซอฟต์แวร์บนเครื่อง อีกทั้งสามารถใช้งานบนเครื่องไหนก็ได้ สามารถแชร์งานร่วมกันกับผู้อื่นได้ ซึ่งการประมวลผลจะทำบน Server ของ Google ทำให้ไม่ต้องการเครื่องที่มีกำลังประมวลผลสูงหรือพื้นที่เก็บข้อมูลมากๆ มหาวิทยาลัยทั้งในไทยและต่างประเทศหลายแห่งในปัจจุบัน ได้ยกเลิกการตั้ง Mail Server สำหรับใช้งาน e-mail ของบุคลากร และนักศึกษาในมหาวิทยาลัย แต่หันมาใช้บริการอย่าง Google Apps แทน เป็นการลดต้นทุน, ภาระในการดูแล, และความยุ่งยากไปได้มาก

**Platform as a Service (PaaS)**

สำหรับการพัฒนาแอพพลิเคชั่นนั้น หากต้องการพัฒนาเว็บแอพพลิเคชั่นที่ค่อนข้างซับซ้อน ซึ่งรันบนเซิร์ฟเวอร์ หรือ Mobile application ที่มีการประมวลผลทำงานอยู่บนเซิร์ฟเวอร์ จะมีการตั้งเซิร์ฟเวอร์ เชื่อมต่อระบบเครือข่าย และสร้างสภาพแวดล้อม เพื่อทดสอบและรันซอฟต์แวร์และแอพพลิเคชั่น เช่น ติดตั้งระบบฐานข้อมูล, Web server, Runtime, Software Library, Frameworks ต่างๆ เป็นต้น จากนั้นก็อาจยังต้องเขียนโค้ดอีกจำนวนมาก

แต่หากมีการใช้ PaaS ผู้ให้บริการจะเตรียมพื้นฐานต่างๆ เหล่านี้ไว้ให้เราต่อยอดได้เลย พื้นฐานทั้ง Hardware, Software, และชุดคำสั่ง ที่ผู้ให้บริการเตรียมไว้ให้เราต่อยอดนี้เรียกว่า Platform ซึ่งก็จะทำให้ลดต้นทุนและเวลาที่ใช้ในการพัฒนาซอฟท์แวร์อย่างมาก ตัวอย่าง เช่น Google App Engine, Microsoft Azure ที่หลายๆ บริษัทนำมาใช้เพื่อลดต้นทุนและเป็นตัวช่วยในการทำงาน

Application ดังๆหลายตัวเช่น Snapchat ก็ใบแบบ PaaS อย่าง Google App Engine ทำให้สามารถพัฒนาแอพที่ให้บริการคนจำนวนมหาศาลได้ โดยใช้เวลาพัฒนาไม่นานด้วยทีมงานไม่กี่คน

**Infrastructure as a Service (IaaS)**

เป็นบริการให้ใช้โครงสร้างพื้นฐานทางคอมพิวเตอร์อย่าง หน่วยประมวลผล ระบบจัดเก็บข้อมูล ระบบเครือข่าย ในรูปแบบระบบเสมือน (Virtualization) ข้อดี คือองค์กรไม่ต้องลงทุนสิ่งเหล่านี้เอง, ยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนโครงสร้างระบบไอทีขององค์กรในทุกรูปแบบ, สามารถขยายได้ง่าย ขยายได้ทีละนิดตามความเติบโตขององค์กรก็ได้ และที่สำคัญ ลดความยุ่งยากในการดูแล เพราะหน้าที่ในการดูแล จะอยู่ที่ผู้ให้บริการ

ตัวอย่างเช่น บริการ Cloud storage อย่าง DropBox ซึ่งให้บริการพื้นที่เก็บข้อมูลนั่นเอง แต่นอกจากนี้ก็ยังมีบริการให้เช่ากำลังประมวลผล, บริการให้เช่า เซิร์ฟเวอร์เสมือน เพื่อใช้ลงและรันแอพพลิเคชั่นใดๆตามที่เราต้องการไม่ว่าจะเป็น Web Application หรือ Software เฉพาะด้านขององค์กร เป็นต้น ตัวอย่างบริการอื่นๆในกลุ่มนี้ก็เช่น Google Compute Engine, Amazon Web Services, Microsoft Azure เป็นต้น

3.4 การระดมสมองเพื่อหาทางเลือก (Option) ที่เหมาะสมกับชุมชน วัตถุประสงค์หลักเพื่อได้ความร่วมมือในทุกภาคส่วนโดยเฉพาะในภาคของประชาชน ซึ่งจะมีการให้ความรู้ความเข้าใจปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ปัญหาโลกร้อน และผลกระทบที่เกิดขึ้นกับชุมชน เพื่อให้ประชาชนในพื้นที่มีความตระหนักและมีการปรับตัวเพื่อรองรับกับปัญหาดังกล่าว

ทั้งนี้จากผลการประเมินก๊าซเรือนกระจกในระดับในกรณี BAU นำไปสู่การระดมสมองกับประชาชนในเขตเมืองเพื่อเลือกทางเลือกที่เหมาะสมกับบริบทเมืองและเมืองสามารถดำเนินการได้ตามบริบทของเมือง ซึ่งการวิเคราะห์และประเมินเทคโนโลยีที่มีศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก เป็นขั้นตอนการศึกษาข้อดี-ข้อเสียและข้อจำกัดของกิจกรรมและเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกิจกรรมและเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการลดก๊าซเรือนกระจกของเมือง โดยการวิเคราะห์และประเมินเทคโนโลยีฯ มีการระบุมิติที่จะนำมาใช้ประเมินกิจกรรมและเทคโนโลยีต่างๆ 3 ด้าน คือ (1) มิติด้านพลังงาน เป็นมิติที่จะดำเนินกิจกรรมให้เกิดการลดการใช้พลังงานและ/หรือเพิ่มการใช้พลังงานทดแทนในเขตพื้นที่เมือง (2) มิติด้านการจัดการขยะ เป็นมิติที่ดำเนินกิจกรรมเพื่อให้เกิดการลดปริมาณขยะตั้งแต่ต้นทางเพื่อลดปริมาณขยะที่จะเข้าสู่บ่อฝังกลบขยะ (3) มิติด้านสิ่งแวดล้อม เป็นการดำเนินกิจกรรมให้ชุมชนมีพื้นที่สีเขียวเพิ่มขึ้น เป็นต้น ซึ่งทางเลือกที่จะพิจารณาเพื่อดำเนินการจะพิจารณาทางเลือกที่เห็นว่าเหมาะสมกับช่วงเวลาในการทำวิจัยมาทำการปฏิบัติให้เห็นได้จริง

3.5 การพยากรณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมืองเทียบกับกรณี BAU

การคาดการณ์ปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง เป็นขั้นตอนเชิงเทคนิค โดยการหาตัวแปรที่เป็นปัจจัยในการขับเคลื่อน (Driver) ในการปล่อยเพิ่มหรือลดลงจากข้อมูลในอดีตจนถึงปัจจุบัน เพื่อทำการคาดการณ์ปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในอนาคตสำหรับในกรณีปกติที่ยังไม่ดำเนินมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Business as Usual, BAU)

AIM/Backcasting Model เป็นรูปแบบประเภท bottom – up อยู่บนพื้นฐานของวิธีการ Backcasting ซึ่งแตกต่างจากการคาดการณ์ โดยเป็นการทำนายหรือพยากรณ์ของภาพรวมทั้งหมด ซึ่งขึ้นอยู่กับข้อมูลที่มีอยู่ เช่น ระดับของเทคโนโลยีและโครงสร้างอุตสาหกรรม Backcasting เป็นการดึงภาพเป้าหมายและทำการหลีกเลี่ยงหรือสำรวจแนวทางเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ AIM (Asian – Pacific Integrated Mode) เป็นรูปแบบการประเมินแบบบูรณาการในการประเมินตัวเลือกในการบรรเทาผลกระทบที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการปรับตัวเพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายที่จะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่รุนแรง Backcasting คือการพยากรณ์ย้อนหลังหมายถึงการกำหนดเป้าหมายไว้แล้วเริ่มทำงานจากหลังไปหน้าเพื่อตัดสินว่าจะบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ วิธีการนี้ต่างจากวิธีการพยากรณ์สิ่งที่อาจเกิดขึ้นและตั้งมาตรการขึ้นมาเพื่อหลีกเลี่ยงสิ่งนั้น

ปัจจุบัน AIM/Backcasting ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการคำนวณหาค่าต่างๆ เพื่อใช้ในการหาแนวทางและแนวโน้มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยจะแบ่งเป็นลำดับเวลาทุก 5 ปี จนถึงปี ค.ศ.2050 ตัวอย่างในการคำนวณเช่น การคำนวณหาค่าพลังงาน เป็นการคำนวณหาปริมาณไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จากเทคโนโลยี โดยจะต้องมีข้อมูลค่ากำลังการผลิต ตัวประกอบภาระ ประสิทธิภาพความร้อน อายุการใช้งาน โดยจะขึ้นอยู่กับแต่ละเทคโนโลยีที่นำมาใช้ ซึ่งคำนวณได้ดังสมการ

$$AG_m(t) = C_m(t) \times CF \times OT_m(t) \quad (2)$$

โดยที่ $AG_m(t)$ คือ ค่าพลังงานที่ผลิตได้เทคโนโลยี m เวลา t (TWh)

$C_m(t)$ คือ กำลังการผลิตเทคโนโลยี m เวลา t (GW)

$CF$ คือ ประสิทธิภาพพลังงานที่ผลิตได้

$OT_m(t)$ คือ เวลาการทำงานเทคโนโลยี m เวลา t (hr)

หรือในกรณีที่จะคำนวณหาค่าใช้จ่าย โดยจะเป็นค่าใช้จ่ายของทางด้านเทคโนโลยีที่นำมาใช้ ซึ่งจะมีการคิดหาค่าค่าใช้จ่ายในการลงทุน (Capital cost) และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (Operation cost) ในแต่ละช่วงเวลาดังสมการ

$$\text{Capital cost} = Es_m(t) \times Ps_m(t) \quad (3)$$

$$\text{Operating cost} = Ese_m(t) \times Ps_m(t) \quad (4)$$

โดยที่ Capital cost คือ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (Baht)

$Es_m(t)$ คือ ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเทคโนโลยี m เวลา t (Baht/Unit)

$Ps_m(t)$ คือ ขนาดของกำลังการผลิตเทคโนโลยี m เวลา t (Unit)

Operating cost คือ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (Baht)

$Ese_m(t)$ คือค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเทคโนโลยี m เวลา t (Baht/Unit)

การหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) โดยเป็นการประเมินว่า “การลงทุนสร้างผลกำไรได้หรือไม่” ถ้าค่า NPV เป็นบวก แสดงว่า การลงทุนให้ผลกำไร เห็นควรทำการลงทุน คำนวณได้ดังสมการ

$$NPV = \sum_{n=0}^{N} \frac{C_n}{(1+r)^n} - C_0 \quad (5)$$

โดยที่ $C_0$ คือ ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก (Baht)

r คือ อัตราส่วนลด (Discount Rate)

N คือ ระยะเวลาโครงการ (Year)

$C_n$ คือ กระแสเงินสด (Baht)

ความสมดุลของการบริโภคพลังงาน จะต้องมีความมั่นใจได้ว่าในด้านอุปทานพลังงานและอุปสงค์พลังงานสำหรับระบบพลังงานโดยรวมจะต้องเท่ากัน สำหรับเทคโนโลยีขั้นปลาย แสดงได้ดังสมการ

$$\sum_{m \in Enduse\ technology} AG_m(t) = CE_m(t) \quad (6)$$

โดยที่ $CE_m(t)$ คือ ปริมาณความต้องการพลังงานจากเทคโนโลยีเป้าหมาย (TWh)

$AG_m(t)$ คือ ค่าพลังงานที่ผลิตได้ (สำหรับเทคโนโลยีขั้นปลาย) (TWh)

สำหรับเทคโนโลยีด้านอุปทาน

$$\sum_{m \in Supply\ technology} AG_m(t) = \sum_{m' \in fuel\ k} F_m(t) \quad (7)$$

โดยที่ $F_m(t)$ คือ ความต้องการเชื้อเพลิงของเทคโนโลยีขั้นปลาย (สำหรับเทคโนโลยีด้านอุปทาน) (Mtoe)

การคำนวณหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น จะเป็นการหาจากการใช้เทคโนโลยีในการผลิตพลังงาน โดยในรูปแบบ AIM/Backcasting จะไม่มีการคิดมลพิษทางอากาศและการใช้ที่ดิน ในแนวทางการศึกษาต้องการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง 20% ภายในปี ค.ศ. 2050 โดยเป็นการเทียบกับค่าปีฐานของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี ค.ศ. 2012 ซึ่งหาได้ดังสมการ

$$GHG(t)_{t \geq 2050} \leq (1 - 0.2) \times GHG_{2012} \quad (8)$$

โดยในรูปแบบ AIM/Backcasting จะต้องมีการสร้างสถานการณ์ขึ้นมา เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการ ซึ่งผลที่ได้จากรูปแบบ AIM/Backcasting จะได้แนวทางที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ตรงตามเป้าหมายที่ได้ตั้งขึ้นไว้

ทั้งนี้ในการประเมินจะมีการเทียบกับกรณีฐาน (Business as usual: BAU)ที่ใช้ในการดำเนินการเป็นไปตามปกติซึ่งไม่มีการดำเนินกิจกรรมใดๆ ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สำหรับการหาค่า BAU สามารถหาได้จาก เช่น การเติบโตทางด้านเศรษฐกิจ โดยจะเป็นการใช้ค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ซึ่งจะเป็นการใช้ข้อมูลย้อนหลังที่มีอยู่แล้วจากนั้นทำการหาค่าแนวโน้มไปข้างหน้า โดยมักจะใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Regression Analysis) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์การถดถอยของตัวแปรอิสระ 1 ตัวและตัวแปรตาม 1 ตัว โดยตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกันอาจจะเป็นความสัมพันธ์ตามกันหรือผกผันก็ได้ (เอกสาร

ประกอบการสอน. การวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์เชิงเส้นอย่างง่าย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานนครราชสีมา) โดยมีสมการในการวิเคราะห์ดังสมการที่ 13

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i \qquad (9)$$

โดยที่ Y คือ ตัวแปรตาม (Dependent Variable) เนื่องจากค่าของ Y ขึ้นอยู่กับค่าของ X

X คือ ตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

$\beta_0$ คือ ส่วนตัดแกน Y หรือ คือค่าของ Y เมื่อ X มีค่าเป็นศูนย์

$\varepsilon_i$ คือ ความคาดเคลื่อนอย่างสุ่ม (random error)

$\beta_1$ คือ ความชัน (slope) ของเส้นตรง ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงอัตราการ เปลี่ยนแปลงของ Y

เมื่อ X เปลี่ยนไป 1 หน่วย และเรียก $\beta_1$ ว่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย (Regression Coefficient) ค่าของ $\beta_1$ อาจจะเป็น

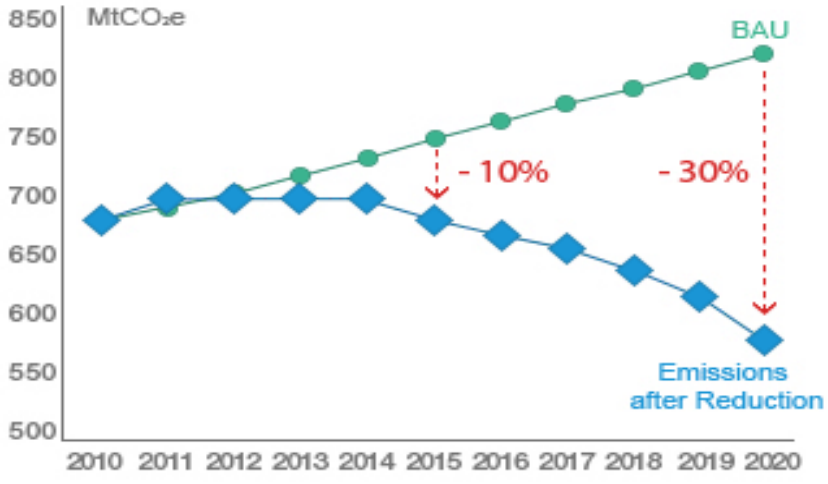
1. $\beta_1 > 0$ แสดงว่า X และ Y มีความสัมพันธ์ในทางเดียวกันคือถ้า X เพิ่ม Y จะเพิ่มด้วย แต่ถ้า X ลดลง Y จะลดลงด้วย

2. $\beta_1 < 0$ แสดงว่า X และ Y มีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามคือถ้า X เพิ่มขึ้น Y ลดลง แต่ถ้า X ลดลง Y จะเพิ่มขึ้น

3. $\beta_1$ มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่าค่า X และ Y มีความสัมพันธ์กันน้อย

4. $\beta_1 = 0$ แสดงว่า X และ Y ไม่มีความสัมพันธ์กัน

จากนั้นนำค่าความชันของเส้นตรงไปคูณกับข้อมูลที่มีอยู่ เพื่อแสดงแนวโน้มของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณี BAU เทียบกับในกรณีที่มีการดำเนินกิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมือง ตัวอย่างแสดงได้ดังรูปต่อไปนี้




**รูปที่ 4** การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับ BAU และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลังจากใช้มาตรการลด

ที่มา: Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea

3.6 เมืองต้นแบบ (Best Practice) สู่การเป็นเมืองคาร์บอนต่ำอย่างยั่งยืน

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปีฐาน (BAU) นำไปสู่การดำเนินกิจกรรมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามทางเลือก (Option) ที่มีความเหมาะสมกับสภาพของเมืองที่ได้รับความร่วมมือจากชุมชนและประชาชน เพื่อพยากรณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเปรียบเทียบกับกรณี BAU เพื่อนำไปสู่การสร้างแผนและ/หรือระบบที่ผลักดันให้เกิดการพัฒนาเมืองไปสู่เมืองคาร์บอนต่ำได้อย่างยั่งยืน ซึ่งรูปแบบในการดำเนินการในงานวิจัยนี้สามารถขยายผลการวิจัยสู่เมืองอื่น ๆ ได้ โดยจะมีการนำเสนอผลงานไปยังภาคส่วนที่เกี่ยวข้องเพื่อให้เทศบาลอื่น ๆ ที่มีศักยภาพสามารถดำเนินการตามเพื่อขยายผลเมืองคาร์บอนต่ำได้อย่างยืน ทั้งนี้จะมีการประเมินสมรรถนะของเมืองต้นแบบในแต่ละแห่งทั้ง 6 ด้านตามรูปที่ 2 เพื่อให้เกิดกระบวนการการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

**รูปที่ 5** ตัวอย่างภาพรวมของการเป็นเมืองต้นแบบคาร์บอนต่ำ

สำหรับแผนการดำเนินการวิจัยของทีมวิจัยในการลงพื้นที่ศึกษาสามารถระบุกิจกรรมต่าง ๆ ได้ดังนี้

| ลำดับ | กิจกรรม | ผลลัพธ์ | รายละเอียดของเอกสาร/ข้อมูลที่ต้องใช้ |
|---|---|---|---|
| 1. | - ชี้แจงรายละเอียดของโครงการให้กับคณะทำงาน<br>- กำหนดขอบเขตของเมืองและสำรวจแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้ขอบเขตเมืองที่พิจารณา<br>- กำหนดปีฐานการเก็บข้อมูล | - คณะทำงานมีความรู้ความเข้าใจในรายละเอียดการดำเนินโครงการ<br>- ทราบขอบเขตของเมือง และแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมืองใน Scope 1, 2 และ 3 | - หนังสือการแต่งตั้งคณะทำงานประกอบด้วยเทศบาล หน่วยงานภาครัฐและเอกชน ผู้นำชุมชน<br>- แผนที่ทางภาษี/แผนที่แสดงขอบเขตการปกครอง<br>- ตัวอย่างแบบฟอร์มการเก็บ |

| ลำดับ | กิจกรรม | ผลลัพธ์ | รายละเอียดของเอกสาร/ข้อมูลที่ต้องใช้ |
|---|---|---|---|
| | โดยใช้ข้อมูลปีล่าสุด<br>- ชี้แจงรายละเอียดแนวทางการเก็บข้อมูลและการประเมินผลให้แก่คณะทำงาน | | ข้อมูล |
| 2 | ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลก๊าซเรือนกระจกในกรณีปีฐาน | - ได้ข้อมูลบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกในปีฐาน<br>- ได้ทราบผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปีฐาน และแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญของเมือง | - แบบฟอร์มการเก็บข้อมูลบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมกับบริบทของเมือง<br>- ผลการประเมินค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมือง |
| 3 | ระดมความคิดเห็นกับภาคประชาชนและคณะทำงานเพื่อเพื่อให้ประชาชนในเขตพื้นที่เป็นผู้ตัดสินใจในการจัดทำทางเลือก (Option) ที่สามารถดำเนินกิจกรรมได้ตามสภาพความเป็นจริงของเมือง และเหมาะสมกับช่วงเวลาในการทำวิจัยที่ทำการปฏิบัติให้เห็นได้จริง | - ประชาชนในมีความรู้ความเข้าใจเรื่องก๊าซเรือนกระจกที่มีผลกระทบต่อประชาชนในพื้นที่ และมีความรู้ความเข้าใจที่จะปรับตัวได้อย่างเหมาะสม<br>- ประชาชนมีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมเพื่อให้เมืองมุ่งสู่เมืองคาร์บอนต่ำได้อย่างยั่งยืน | - เอกสารการนำเสนอหรือกิจกรรมโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ภาคประชาชนมีความรู้ความเข้าใจเรื่องภาวะโลกร้อน ก๊าซเรือนกระจก และการปรับตัว เป็นต้น |
| 4 | - การดำเนินกิจกรรมตามทางเลือกที่ได้มีการคัดเลือก<br>- การเก็บข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจก | - ได้กิจกรรมของเมืองเพื่อดำเนินกิจกรรมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมือง<br>- ได้ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเปรียบเทียบกับปีฐาน | |

4. ผลที่คาดว่าจะได้รับเมื่อการดำเนินงานเสร็จสิ้นที่เป็นรูปธรรม และตัวชี้วัดความสำเร็จของโครงการ

**ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินงานวิจัย มีดังนี้**

1 เทศบาลต้นแบบได้ผลการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณี BAU และทราบกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญภายใต้ขอบเขตเมืองที่ทำการพิจารณา

2 สามารถสร้างก๊าซเรือนกระจกของเมืองได้ และระบบการกรอกข้อมูลก๊าซเรือนกระจกของเมืองต้นแบบแบบออนไลน์ 1 เว็บไซต์ ซึ่งมีรูปแบบการจัดเก็บอย่างง่ายเพื่อให้ได้ระบบฐานข้อมูลที่สามารถส่งข้อมูลเข้าสู่ส่วนกลางได้ นำไปสู่การติดตามผลได้อย่างต่อเนื่อง

3 สร้างให้เทศบาลเป็นศูนย์กลางของการเก็บรวบรวมข้อมูลบัญชีก๊าซเรือนกระจกของเมือง ผ่านระบบออนไลน์และฐานข้อมูล โดยมีส่วนงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องที่อยู่ภายใต้ขอบเขตเมืองเป็นผู้ส่งข้อมูลทำให้เกิดกระบวนการการติดตามข้อมูลได้อย่างต่อเนื่อง

4 ได้กิจกรรมที่เหมาะสมกับสภาพของเมืองเพื่อดำเนินกิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับความร่วมมือจากชุมชน และภาคประชาชน

5 ได้รับความร่วมมือจากประชาชน และทำให้ประชาชนมีความรู้ความเข้าใจเรื่องการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และสร้างจิตสำนึกให้ร่วมเป็นส่วนหนึ่งในการดำเนินกิจกรรมเพื่อมุ่งสู่เมืองคาร์บอนต่ำ

6 ได้ทราบผลการพยากรณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีปีฐานเทียบกับกรณีที่มีการดำเนินกิจกรรมเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

7 ได้เมืองต้นแบบ 2 เมือง มีแนวทางการปฏิบัติและการปรับตัวที่เหมาะสมกับสภาพของเมืองในมิติที่เกี่ยวข้องทั้งเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมเพื่อให้เกิดเมืองคาร์บอนต่ำได้อย่างยั่งยืน ซึ่งเมืองต้นแบบนี้นำไปขยายผลให้กับเทศบาลอื่น ๆ ได้ต่อไป

8 ชุมชนสามารถมองเห็นภาพรวมของชุมชนได้ชัดเจนมากขึ้น ทราบทิศทางและความต้องการของชุมชนว่าต้องการพัฒนาไปในแนวทางใด

**ตัวชี้วัดความสำเร็จของโครงการ ดังนี้**

9 ได้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมืองในกรณีเศรษฐกิจปกติและในกรณีเทียบเมื่อมีการดำเนินกิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามทางเลือกที่เหมาะสมกับเมือง

10 ได้แนวทางการปฏิบัติและการปรับตัวที่เป็น Best Practice เพื่อเป็นเมืองคาร์บอนต่ำได้อย่างยั่งยืน

11 ได้ระบบการกรอกข้อมูลออนไลน์ และระบบฐานข้อมูลก๊าซเรือนกระจกด้วยระบบแบบ Cloud Computing

12 ได้รูปแบบการเก็บข้อมูลก๊าซเรือนกระจกแบบเครือข่าย ที่ประกอบได้ส่วนงานต่าง ๆที่จะเป็นผู้ให้ข้อมูลโดยมีเทศบาลเป็นศูนย์กลางในการจัดเก็บข้อมูล และรายงานข้อมูลสู่สาธารณชน

5. กระบวนการผลักดันผลงานดังกล่าวออกสู่การใช้ประโยชน์

1 การให้ภาคประชาชนมีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ และสามารถเป็นตัวอย่างให้กับเมืองอื่น ๆ ได้

2 การขอความร่วมมือจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องซึ่งได้แก่ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และหน่วยงานเพิ่มเติม คือ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก และสมาคมสันนิบาตเทศบาลแห่งประเทศไทย เพื่อให้งานวิจัยสามารถต่อยอดจากการดำเนินงานของแต่ละส่วนงานลดความทับซ้อน อีกทั้งให้ประโยชน์แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการนำผลจากการวิจัยไปใช้ทั้งในการวางแผนนโยบายและแนวทางการปฏิบัติของเมือง

3 ขยายผลวิธีการและแนวทางปฏิบัติของเมืองต้นแบบ ให้กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นอื่น ๆ ในทุกระดับ อาทิเช่น เทศบาลระดับนคร เทศบาลระดับเมือง และเทศบาลระดับตำบล เป็นต้น หรือในส่วนการปกครองแบบอื่น สามารถนำแนวทางและวิธีปฏิบัติไปปรับใช้เหมาะสมกับบริบทได้