ผลกระทบของ

# GREEN TRANSITION

ต่อภาคเศรษฐกิจจริง

## ใครได้ ใครเสีย

# บทสรุปผู้บริหาร

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ทำให้หลายประเทศในโลกร่วมมือกันแก้ปัญหาลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน Swiss Re Institute (2021) พบว่า หากไทยไม่มีการทำนโยบายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Mitigation policy) จะมี**ความเสี่ยงเชิงกายภาพ (Physical risk) สูงเป็นลำดับที่ 4 จาก 48 ประเทศ และมีความสามารถในการรับมือค่อนข้างต่ำอยู่ในอันดับที่ 39 จาก 48 ประเทศ ซึ่งคาดการณ์ว่าในปี 2591 ผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ (GDP) ของไทยอาจจะลดลงถึง 43.6% ในกรณีที่อุณหภูมิสูงขึ้นไม่เกิน 3.2 องศาเซลเซียส** โดยเฉพาะภาคการท่องเที่ยวและภาคการเกษตร ดังนั้น ในการลดผลกระทบจากความเสี่ยงเชิงกายภาพ ไทยจึงต้องเร่งดำเนินนโยบายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนพฤติกรรมการผลิต การบริโภค และการลงทุนในการเข้าสู่สังคมคาร์บอนต่ำ ล่าสุดจากการประชุมรัฐภาคีกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สมัยที่ 26 (COP26) ปี 2564 **ไทยได้แสดงเจตนารมณ์ที่จะบรรลุเป้าหมาย “ความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon neutrality)” ในปี 2050 และเป้าหมาย “การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net zero emissions)” ในปี 2065**

ความพยายามในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ หรือเรียกว่าเป็น **ความเสี่ยงในการเปลี่ยนผ่าน (Transition risk)** ซึ่งอาจเกิดจากนโยบายของภาครัฐและต่างประเทศ ผ่านไปยังต้นทุนและราคาสินค้าและบริการที่สูงขึ้น ซึ่งจะกระทบต่อกำไร ผลิตภาพ และการลงทุนของภาคธุรกิจ และกระทบต่อการบริโภคของครัวเรือน นอกจากนี้ พฤติกรรมของผู้บริโภค ผู้ผลิต และนักลงทุน ที่คำนึงถึงความยั่งยืนมากขึ้นตามกรอบ ESG (Environmental, Social and Governance) ก็จะกระทบต่อความต้องการสินค้า บริการ และมูลค่าสินทรัพย์ รวมถึงความไม่แน่นอนที่อาจเพิ่มขึ้นจะกระทบต่อเศรษฐกิจด้วย **งานศึกษานี้จะชี้ให้เห็นถึงผลกระทบของความเสี่ยงในการเปลี่ยนผ่านต่อภาคเศรษฐกิจจริงทั้งมิติของเศรษฐกิจภาพรวม และมิติของสาขาธุรกิจที่จะได้รับประโยชน์หรือเสียประโยชน์** เพื่อเป็นประโยชน์ในการกำหนดทิศทางนโยบายของภาครัฐ และการเตรียมรับมือกับโอกาสและความท้าทายในการดำเนินธุรกิจของเอกชน ซึ่งจะเป็นการสนับสนุนการเปลี่ยนผ่านไปสู่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ได้อย่างราบรื่น

สำหรับผลกระทบของ Transition risk ต่อเศรษฐกิจในภาพรวม **การใช้นโยบายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะก่อให้เกิดต้นทุนทางเศรษฐกิจ ทำให้ผลผลิตและการบริโภคลดลง** นอกจากนี้ **สาขาธุรกิจที่พึ่งพิงการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากฟอสซิล ไฟฟ้า ขนส่ง และปูนซีเมนต์ ในการผลิตทั้งทางตรงและทางอ้อม และกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำมีแนวโน้มที่จะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนผ่านนี้สูงกว่ากลุ่มอื่น** ทั้งนี้ ผลกระทบขึ้นอยู่กับความเร็วในการเปลี่ยนผ่าน หากการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจะส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจรุนแรง อย่างไรก็ดี **ความสูญเสียทางเศรษฐกิจจากการใช้นโยบายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสามารถบรรเทาได้จากการใช้นโยบายผสมผสาน** เช่น การให้เงินอุดหนุน การลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานที่ลดการปล่อยก๊าซฯ จากภาครัฐ หรือการกระจายรายได้จากภาษีคาร์บอนไปยังสังคม (Redistribution of carbon revenue) สำหรับ**กรณีผลกระทบของไทยมีการประเมินไว้ว่า นโยบายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยภาษีคาร์บอนจะทำให้ GDP ลดลง 3%-9% ในปี 2050**

สำหรับผลกระทบของ Transition risk ต่อสาขาธุรกิจ จะพิจารณาถึง**ความเสี่ยงที่เกิดจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas risk exposure)** และ **ความเสี่ยงที่เกิดจากความเร็วในการเปลี่ยนผ่าน (Transition speed risk)** ซึ่งเป็นผลจากปัจจัยแวดล้อมภายนอก (External factor) และปัจจัยเฉพาะของธุรกิจ (Internal factor) ที่เป็นปัจจัยผลักดันให้เกิดการปรับตัวเร็ว-ช้า ตลอดจนสะท้อนความสามารถในการปรับตัวของธุรกิจ ซึ่งผลกระทบต่อสาขาธุรกิจ สรุปได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

**(1) กลุ่มธุรกิจที่มี Transition risk ต่ำ มีแนวโน้มได้ประโยชน์จากเปลี่ยนผ่าน (Positive) ได้แก่ ธุรกิจผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทน ธุรกิจการขนส่งทางระบบราง ธุรกิจยานยนต์ไฟฟ้าพลังงานแบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicle: BEV)** โดยมีปัจจัยส่งเสริมหลักจากนโยบายภาครัฐในการปรับแหล่งพลังงานของประเทศที่ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต รวมถึงแผนดำเนินธุรกิจของเอกชนที่ใส่ใจต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ผ่านการลงทุนในเทคโนโลยีที่เอื้อต่อการปรับตัวไปใช้พลังงานสีเขียว

**(2) กลุ่มธุรกิจที่มี Transition risk สูง มีแนวโน้มเสียประโยชน์จากการเปลี่ยนผ่าน (Negative) หากไม่มีการปรับตัวหรือปรับตัวไม่ทัน ได้แก่ ธุรกิจโรงไฟฟ้าถ่านหิน และธุรกิจยานยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine: ICE)** เนื่องจากปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง เป็นต้นทางในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไปยังธุรกิจสาขาอื่นจากการใช้พลังงานและการขนส่ง และยังได้รับผลโดยตรงจากแผนการปรับโครงสร้างกิจการพลังงานของภาครัฐ เพื่อรองรับการเปลี่ยนผ่านไปสู่เศรษฐกิจและสังคมคาร์บอนต่ำ

**(3) กลุ่มธุรกิจที่มี Transition risk ปานกลาง ได้แก่ ธุรกิจผลิตซีเมนต์และก่อสร้าง เครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็น เหล็ก อะลูมิเนียม** เนื่องจากธุรกิจเริ่มมีการปรับตัวโดยสามารถปรับใช้เทคโนโลยีตามปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมได้และยังมีระยะเวลาในการปรับตัวกับข้อกำหนดหรือมาตรการจากต่างประเทศอย่างค่อยเป็นค่อยไป

การจะเปลี่ยนผ่านไปสู่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ในปี 2065 อย่างราบรื่น (Smooth transition) ได้นั้น **การดำเนินมาตรการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะต้องเข้มข้นขึ้นกว่าปัจจุบันและทำอย่างต่อเนื่อง เพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงที่ต้องเร่งลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างฉับพลันในภายหลัง** เช่น **ควรเริ่มให้ความสำคัญกับการปรับตัวของภาคเกษตรมากขึ้นจากแผนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปัจจุบัน**ที่ยังเน้นลดการปล่อยก๊าซจากการใช้เครื่องจักรกลทางเกษตรเป็นหลัก ขณะที่การปล่อยก๊าซในภาคเกษตรกรรมส่วนใหญ่มาจากการทำนาข้าว การใช้ปุ๋ย และปศุสัตว์

**ภาครัฐควรผสมผสานเครื่องมือในการลดก๊าซเรือนกระจก**ทั้งการใช้กลไกราคา (Market-based approach) การกำหนดกฎเกณฑ์ (Prescriptive approach) และการสนับสนุนและส่งเสริม (Facilitative approach) โดยควร**คำนึงถึงต้นทุนและความคุ้มค่าของภาคธุรกิจ**โดยเฉพาะเทคโนโลยีที่มีต้นทุนขั้นต้นสูง (Fixed cost) แต่ต้นทุนต่อหน่วยจะทยอยลดลงภายหลัง **คำนึงถึงต้นทุนและความคุ้มค่าในระดับประเทศ**ที่มีจุดแข็งจากการเป็นแหล่งผลิตพลังงานหมุนเวียนจากสินค้าเกษตร และ**คำนึงถึงความสัมพันธ์ของห่วงโซ่ธุรกิจ** โดยเริ่มเห็นผลของการปรับตัวของบริษัทขนาดใหญ่ ที่ส่งต่อไปยังผู้ผลิตชิ้นส่วนและวัตถุดิบ (Suppliers) ตลอดจนเกษตรกร ทำให้เกิดการปรับตัวบ้างแล้ว เพื่อให้การเปลี่ยนผ่านเป็นไปอย่างมีประสิทธิผล ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจและภาระทางการคลังในระยะยาวน้อยที่สุด

# สารบัญ


| | |
|---|---|
| 1. บทนำ | 1 |
| 2. เป้าหมายและทิศทางการดำเนินนโยบายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไทย | 2 |
| 3. เครื่องมือในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก | 4 |
| 4. Transition risk ต่อเศรษฐกิจภาพรวม | 8 |
| 5. ปัจจัยที่กำหนดผลกระทบ Transition risk ต่อภาคธุรกิจ | 11 |
| 6. ผลกระทบในมุมได้ – เสียของภาคธุรกิจ | 19 |
| 7. ข้อสรุปและข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย | 29 |
| ภาคผนวก | 31 |
| เอกสารอ้างอิง | 44 |

# สารบัญรูป


รูปที่ 1 Timeline ของนโยบายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไทย 2

รูปที่ 2 การวิเคราะห์ Transition risk ต่อภาคธุรกิจ 12

รูปที่ 3 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละธุรกิจ
เมื่อเทียบมูลค่าผลผลิต 1 ล้านบาท 13

รูปที่ 4 ค่าตัวทวีคูณของลียองเทียฟ (Leontief output multiplier)
จากห่วงโซ่การผลิตของแต่ละธุรกิจ 14

รูปที่ 5 นโยบายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสาขาพลังงาน ขนส่ง
และอุตสาหกรรม ในแต่ละช่วงเวลา 15

รูปที่ 6 Transition risk ของโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน 20

รูปที่ 7 Transition risk ของโรงไฟฟ้าพลังงานฟอสซิล (ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ) 21

รูปที่ 8 Transition risk ของการขนส่งระบบราง 22

รูปที่ 9 Transition risk ของยานยนต์ไฟฟ้าพลังงานแบตเตอรี่ 23

รูปที่ 10 Transition risk ของยานยนต์สันดาปภายใน 24

รูปที่ 11 Transition risk ของซีเมนต์และการก่อสร้าง 25

รูปที่ 12 Transition risk ของเครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็น 26

รูปที่ 13 Transition risk ของเหล็กและอะลูมิเนียม 27

## สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 เครื่องมือในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 5

ตารางที่ 2 สรุปผลกระทบ Transition risk ของแต่ละธุรกิจ 27

## สารบัญบทความสั้น (BOX)

BOX 1 ตัวอย่างมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไทย 7

BOX 2 ผลการศึกษาการใช้มาตรการลดก๊าซเรือนกระจกต่อเศรษฐกิจไทย ภายใต้แบบจำลอง CGE (Computable General Equilibrium) 9

# อภิธานศัพท์

หน่วย

| สัญลักษณ์ | คำนำหน้า | ความหมาย |
|---|---|---|
| Gt | Gigaton / กิกะตัน | พันล้านตัน |
| Mt | Megaton / เมกะตัน | ล้านตัน |

อักษรย่อ

| สัญลักษณ์ย่อ | ความหมาย |
|---|---|
| BAU | Business As Usual (สภาวะการดำเนินธุรกิจตามปกติ) |
| BCG | Bioeconomy, Circular economy and Green economy (เศรษฐกิจชีวภาพ, เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว) |
| BEV | Battery Electric Vehicle (ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่) |
| CBAM | Carbon Border Adjustment Mechanism (มาตรการปรับราคาคาร์บอนก่อนข้ามพรมแดนของสหภาพยุโรป) |
| CCS | Carbon capture storage (เทคโนโลยีการดักจับและกักเก็บคาร์บอน) |
| CCUS | Carbon capture, Utilization and Storage (เทคโนโลยีการดักจับ ใช้ประโยชน์ และกักเก็บคาร์บอน) |
| CFCs | Chlorofluorocarbons (คาร์โรฟลูออโรคาร์บอน) |
| CGE | Computable general equilibrium model (แบบจำลองดุลยภาพทั่วไป) |
| COP26 | UN Climate Change Conference of the Parties (การประชุมภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศครั้งที่ 26) |
| $CO_2$ | Carbon dioxide (ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) |
| DSGE | Dynamic stochastic general equilibrium model (แบบจำลองดุลยภาพทั่วไปแบบสุ่มเชิงพลวัต) |
| ESG | Environment, Social and Governance (สิ่งแวดล้อม, สังคม และการกำกับดูแล) |
| ETS | Emission Trading Scheme (ระบบซื้อขายสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก) |
| EV | Electric vehicle (ยานยนต์ไฟฟ้า) |
| FCEV | Fuel Cell Electric Vehicle (ยานยนต์ไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิง) |
| GDP | Gross Domestic Product (ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ) |
| GHG | Greenhouse gas (ก๊าซเรือนกระจก) |
| GWP | Global warming potential (ค่าศักยภาพที่ทำให้โลกร้อน) |
| HCFCs | Hydrochlorofluorocarbons (ไฮโดรคลอโรฟลูออโรคาร์บอน) |
| HEV | Hybrid Electric Vehicle (ยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด) |
| ICE | Internal Combustion Engine Vehicle (ยานยนต์สันดาปภายใน) |
| IPCC | Intergovernmental Panel on Climate Change (คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ) |
| IPPU | Industrial Processes and Product Use (ภาคกระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์) |
| LULUCF | Land use, Land-use Change and Forestry (การใช้ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และป่าไม้) |
| MAC | Marginal abatement cost (ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก) |

| | |
|---|---|
| **NAMA** | Nationally Appropriate Mitigation Action (แผนการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ) |
| **NDC** | Nationally Determined Contribution (การมีส่วนร่วมของประเทศในการลดก๊าซเรือนกระจกและการดำเนินงาน ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ) |
| **ODP** | Ozone depletion potential (ค่าแสดงระดับการทำลายโอโซน) |
| **T-VER** | Thailand Voluntary Emission Reduction Program (โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย) |
| **UNFCC** | United Nations Framework Convention on Climate Change (กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ) |

อักษรย่อหน่วยงานต่าง ๆ

| **สัญลักษณ์ย่อ** | **ความหมาย** |
|---|---|
| **สผ.** | สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม |
| **อบก.** | องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) |

## 1. บทนำ

**การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) จากอุณหภูมิโลกที่มีแนวโน้มร้อนขึ้น จะทำให้เกิดคลื่นความร้อน การเพิ่มของระดับน้ำทะเล ทะเลกรด และภัยธรรมชาติที่รุนแรงขึ้น สร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินเป็นวงกว้าง** ปัญหาดังกล่าวจึงเป็นวาระระดับนานาชาติในการตระหนักและร่วมมือกันตั้งเป้าหมายลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ล่าสุดการประชุมรัฐภาคีกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือ UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) ครั้งที่ 26 ในปี 2564 ได้ร่วมกันกำหนดเป้าหมายระยะยาวในการบรรลุเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์เพื่อควบคุมอุณหภูมิของโลกไม่ให้สูงขึ้นเกิน 1.5 องศาเซลเซียส เทียบกับก่อนยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบที่ร้ายแรงที่สุดของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดย IPCC (2014) รายงานว่าหากยังไม่ดำเนินนโยบายใด ๆ เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อุณหภูมิโลกจะเพิ่มขึ้นไปเกือบ 3 องศาเซลเซียส

สำหรับประเทศไทยเป็นประเทศที่ได้รับผลกระทบอย่างมากจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ Swiss Re Institute (2021) ชี้ว่า **ไทยมีความเสี่ยงที่จะได้ผลกระทบทางเศรษฐกิจรุนแรงจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศเป็นอันดับ 4 จาก 48 ประเทศทั่วโลก** (ครอบคลุมกว่า 90% ของ GDP โลก) **ภาวะโลกร้อนในกรณีที่อุณหภูมิโลกสูงขึ้นไม่เกิน 3.2 องศาเซลเซียสคาดว่าจะทำให้ GDP ของประเทศไทยในปี 2048 ลดลงมากถึง 43.6%**[1] ทั้งจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ อาทิ น้ำท่วมและน้ำแล้ง และผลจากภาวะโลกร้อนในระยะยาว (slow on set) เช่น ความร้อนสูง และระดับน้ำทะเลเพิ่มสูง ท่วมเข้ามาในพื้นที่เศรษฐกิจและถิ่นที่อยู่อาศัย ซึ่งจะส่งผลกระทบมากต่อภาคการท่องเที่ยว ภาคการเกษตร[2] และภาคอุตสาหกรรม[3] ส่วนหนึ่งเนื่องจากประเทศไทยยังมีความสามารถในการรับมือค่อนข้างต่ำอยู่ในอันดับที่ 39 จาก 48 ประเทศ ซึ่งผลกระทบโดยตรงจากจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศลักษณะนี้ถือเป็น**ความเสี่ยงเชิงกายภาพ (Physical risk)**

ไทยจึงจำเป็นที่จะต้องลดความเสี่ยงเชิงกายภาพอย่างเร่งด่วน โดยต้องเร่งดำเนินนโยบายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนพฤติกรรมของธุรกิจ ครัวเรือน และนักลงทุน ผ่านความสามารถในการทำกำไรของธุรกิจ ผลิตภาพ ราคาสินค้า และการลงทุน โดยเฉพาะในสินทรัพย์ที่ไม่สามารถนำมาใช้ได้ (Stranded asset) ที่แม้จะอยู่ในงบดุลของบริษัทก็ตามเนื่องจากมีความเกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงซึ่งอาจขัดกับนโยบายของประเทศและนักลงทุนได้ ทำให้สินทรัพย์ธุรกิจจะด้อยค่าลงในท้ายที่สุด ความเสี่ยงจากการเปลี่ยนผ่านไปสู่สังคมคาร์บอนต่ำนั้นยังครอบคลุมไปถึงความเสี่ยงจากการเลือกบริโภคสินค้าที่ช่วยลดภาวะโลกร้อนมากขึ้น อาจส่งผลให้สินค้าที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากได้รับความนิยมลดลง รวมถึงความไม่แน่นอน

[1] โดยภาคการท่องเที่ยวได้รับผลกระทบมากที่สุด จากความเสียหายของทรัพยากรธรรมชาติ ภูมิทัศน์ ลดแรงดึงดูดนักท่องเที่ยว อาจทำให้การท่องเที่ยวหยุดชะงัก (Eckstein, Kunzel & Schafer, 2021)

[2] ภาคเกษตรได้รับผลกระทบโดยตรงจากสภาพอากาศที่แปรปรวน ทำให้ผลผลิตต่อไร่ลดลงจนส่งผลต่อราคาสินค้าเกษตร และการส่งออกสินค้าเกษตรของโลก (W. Attavavich, 2021)

[3] ภาคอุตสาหกรรมได้รับผลกระทบจากน้ำท่วม สร้างความเสียหายต่อเครื่องจักร หรือขาดแคลนไฟฟ้าจนการผลิตต้องหยุดชะงักลง

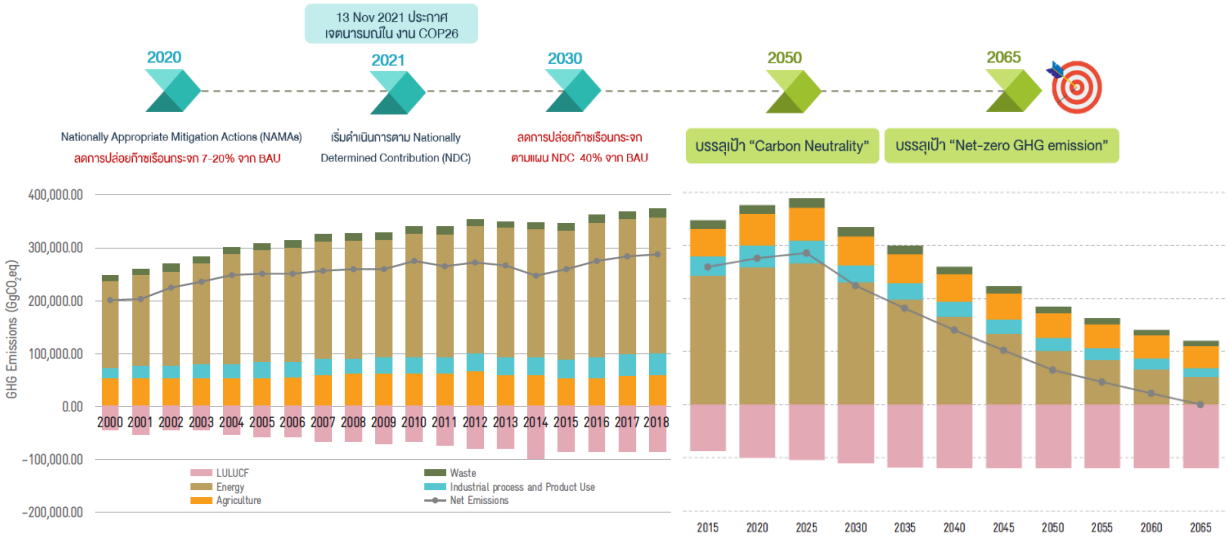
(Uncertainty) ของผลจากนโยบายต่าง ๆ นอกจากนี้ ความเสี่ยงยังสามารถเกิดจากนโยบายการค้าและการลงทุนของนานาประเทศ อาทิ นโยบายของกลุ่มยุโรปอย่าง CBAM (Carbon Border Adjustment Mechanism) หรือนโยบายของภาคธุรกิจที่มีแผนการดำเนินงานโดยคำนึงถึงความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้นอย่าง ESG (Environmental, Social and Governance) ความเสี่ยงเหล่านี้เรียกว่าเป็น**ความเสี่ยงในการเปลี่ยนผ่าน (Transition risk)**

สังเกตได้ว่า **ความเสี่ยงเชิงกายภาพมีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงในการเปลี่ยนผ่านไปสู่สังคมคาร์บอนต่ำในลักษณะ trade-offs** หากประชาคมโลกเปลี่ยนผ่านไปสู่สังคมคาร์บอนต่ำเร็ว อาจจะทำให้การเติบโตของเศรษฐกิจชะลอตัว แต่จะช่วยลดความรุนแรงจากความเสี่ยงทางกายภาพในระยะยาว ในทางกลับกันหากไม่ทำอะไรเลย โลกจะมีความเสี่ยงที่จะเกิดหายนะจากภาวะโลกร้อนสูง **งานศึกษานี้จะชี้ให้เห็นถึงผลกระทบของความเสี่ยงในการเปลี่ยนผ่านต่อภาคเศรษฐกิจจริง ทั้งมิติเศรษฐกิจภาพรวม และมิติสาขาธุรกิจที่จะได้รับประโยชน์หรือเสียประโยชน์** เพื่อเป็นประโยชน์ในการกำหนดทิศทางนโยบายของภาครัฐ และการเตรียมรับมือกับโอกาสและความท้าทายในการดำเนินธุรกิจของเอกชน ซึ่งจะเป็นการสนับสนุนการเปลี่ยนผ่านไปสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำได้อย่างราบรื่น

## 2. เป้าหมายและทิศทางการดำเนินนโยบายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไทย

จากการประชุมรัฐภาคีกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สมัยที่ 26 (COP26) ที่ประเทศสกอตแลนด์ ในปี พ.ศ. 2564 ไทยแสดงเจตนารมณ์ไปสู่เป้าหมาย **“ความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon neutrality)”** ในปี 2050 (พ.ศ. 2593) และเป้าหมาย **“การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero GHG Emissions)”** ในปี 2065 (พ.ศ. 2608)

รูปที่ 1 Timeline ของนโยบายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไทย และ Pathway การลดการปล่อยก๊าซฯ ของไทย




ที่มา: Thailand’s long-term low greenhouse gas emission development strategy, 2022

หมายเหตุ: Energy คือการใช้พลังงาน IPPU คือกระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ Agri คือ เกษตรกรรม LULUCF คือกิจกรรมการใช้ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์จากที่ดินและป่าไม้ และ Waste คือการกำจัดของเสีย GgCO2eq คือ พันตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

ก่อนหน้านั้น ไทยได้มีเป้าหมายการลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเช่นกัน โดยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ได้แก่ การดำเนินงานตามแผนการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ (Nationally Appropriate Mitigation Action: NAMA) ภายในปี 2020 (พ.ศ. 2563) และการมีส่วนร่วมของประเทศในการลดก๊าซเรือนกระจกและการดำเนินงาน ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Nationally Determined Contribution: NDC) ภายในปี 2030 (พ.ศ. 2573) โดยใน**แผนของ NAMA** ตั้งเป้าลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสาขาพลังงานและขนส่ง 7-20% จากสภาวะการดำเนินธุรกิจตามปกติ (Business As Usual: BAU) คิดเป็น 25-73 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($MtCO_2eq$) ขณะที่**แผนของ NDC ฉบับปรับปรุง**ที่ครอบคลุมไปถึงสาขากระบวนการทางอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ (Industrial Processes and Product Use: IPPU) และสาขาการจัดการของเสีย **ได้มีการตั้งเป้าลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม 222 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($MtCO_2eq$) หรือ 40% จาก BAU**[4]

แม้เป้าหมายปลายทางคือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ ประเทศจะทยอยเพิ่มความเข้มข้นของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเน้นเป้าหมาย **“ความเป็นกลางทางคาร์บอน”** ในปี 2050 ก่อน ซึ่งหมายถึง การทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศเท่ากับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับกลับคืนด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น การปลูกป่าชดเชย และการซื้อคาร์บอนส่วนเกินมาชดเชย เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสัดส่วนที่มากที่สุดถึง 80% ของก๊าซเรือนกระจก และจะอยู่ในชั้นบรรยากาศได้นานถึง 100 ปี มาตรการภาครัฐในช่วงแรกจึงเน้นที่จะลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพลังงานและขนส่ง

สำหรับเป้าหมาย **“การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์”** เป็นการทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด[5] เท่ากับปริมาณที่ถูกดูดซับออกจากชั้นบรรยากาศ ซึ่งทำให้ปริมาณสุทธิเป็นศูนย์ (Net zero) ในการบรรลุเป้าหมายนี้ในปี 2065 จะต้องลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทุกภาคส่วน ได้แก่ ภาคพลังงานและขนส่งจะต้องลดมากที่สุด ภาค IPPU ภาคการจัดการของเสีย รวมถึงภาคการเกษตร เนื่องจากภาคเกษตรถือเป็นภาคที่ปล่อยก๊าซมีเทนมาก โดยเฉพาะจากการทำนาข้าวและปศุสัตว์ โดยก๊าซมีเทนเป็นก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญที่ทำให้โลกร้อนรองจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งจะอยู่ในชั้นบรรยากาศนานประมาณ 12 ปี

จากการดำเนินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแผน NAMA ในช่วงปี 2014 - 2019 ประเทศไทยสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เฉลี่ยปีละ 13.5% จากเดิม 3.9% เมื่อเทียบกับ BAU และในปี 2019 ประเทศไทยลดได้ถึง 17.5% ซึ่งบรรลุเป้าหมายของ NAMA ที่ตั้งไว้เดิม สำหรับแผน NDC ในปี 2030 มีการกำหนดเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 40% และปี 2050 กำหนดให้ลดลง 64% ดังนั้น หากประเทศไทยจะบรรลุเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้เป็นศูนย์ในปี 2065 ได้นั้น จะต้องดำเนินมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เข้มข้นขึ้นกว่าปัจจุบัน

[4] แผนที่นำทาง การลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศปี พ.ศ. 2564 – 2573 (Thailand’s NDC Roadmap on Mitigation 2021 – 2030)

[5] ประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน ก๊าซไนตรัสออกไซด์ กลุ่มก๊าซฟลูออริเนต (ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน-HFCs เปอร์ฟลูออไรคาร์บอน-PFCs คลอโรฟลูออโรคาร์บอน-CFCs) ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ และก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์

## 3. เครื่องมือในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การจะบรรลุเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำเป็นต้องมีนโยบายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สร้างแรงจูงใจเพียงพอให้ภาคเอกชนลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ โดยสามารถแบ่งเป็นนโยบายที่ไม่ใช้กลไกราคา (Non-market based) และนโยบายที่ใช้กลไกราคา (Market based)

**(1) นโยบายที่ไม่ใช้กลไกราคา (Non-market based)**

นโยบายที่ไม่ใช้กลไกราคาเป็นวิธีการที่ทำได้ง่ายและมีต้นทุนการดำเนินงานต่ำ จึงเป็นเครื่องมือในลำดับต้น ๆ ที่นานาประเทศต่างใช้ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งอาจอยู่ในรูปของ**การกำหนดกฎเกณฑ์ (Prescriptive approach)** เช่น มาตรฐานด้าน ESG มาตรฐานระบบการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม (ISO) หรือ**การสนับสนุนและส่งเสริม (Facilitative approach)** เช่น การทำแผนที่นำทางบอกทิศทางการปรับตัวของประเทศเพื่อให้ประชาชนรับทราบล่วงหน้า การปลดล็อคข้อจำกัดการใช้พลังงานหมุนเวียน (Renewable energy) การลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานในระบบนิเวศธุรกิจสีเขียว การสนับสนุนด้านการเงินสำหรับธุรกิจสีเขียว และการลงทุนในเทคโนโลยีใหม่ที่เกี่ยวข้องกับการกักเก็บคาร์บอน ซึ่งปัจจุบันยังมีต้นทุนสูง เนื่องจากยังไม่เกิดการประหยัดต่อขนาด ภาคเอกชนจึงยังมีแรงจูงใจไม่เพียงพอที่จะลงทุนกับเทคโนโลยีที่มีราคาสูง (Stern and Valero, 2021)

**(2) นโยบายที่ใช้กลไกราคา (Market based)**

นโยบายที่ไม่ใช้กลไกราคาอาจไม่สร้างแรงจูงใจทางธุรกิจต่อการปรับตัวโดยตรง หลายประเทศจึงนำกลไกราคามาใช้ เพื่อให้ราคาเป็นแรงจูงใจให้เกิดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ผ่านต้นทุนการใช้พลังงานที่สูงขึ้น (Jaumotte et al., 2021) นอกจากนี้ หากมาตรการกลไกราคาคาร์บอนมีความเข้มงวด จะทำให้ราคาสินค้าและบริการเพิ่มสูงตามปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งจะกดดันให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีมากขึ้น (Clarke et al., 2014) โดยรูปแบบของกลไกราคาคาร์บอนที่นิยมใช้โดยทั่วไปมี 2 รูปแบบคือ

- **ภาษีคาร์บอน (Carbon tax)** เป็นไปตามหลักการผู้ปล่อยมลพิษเป็นผู้จ่าย (Polluter pays principle) ซึ่งเป็นการกำหนดราคาคาร์บอนโดยตรง โดยคิดจากระดับความเข้มข้นของคาร์บอน (Carbon content) ของพลังงานเมื่อถูกเผาไหม้หรือถูกปล่อยออกมาจากกระบวนการผลิตสินค้านั้น ๆ ภาษีคาร์บอนอาจจัดเก็บได้หลายรูปแบบ เช่น จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล การขายและนำเข้าเชื้อเพลิงฟอสซิล การใช้หม้อต้มไอน้ำ และการใช้รถยนต์ เป็นต้น
- **ระบบซื้อขายสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Trading Scheme: ETS)** เป็นระบบที่ทำให้สิทธิการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกลายเป็นสิ่งที่มีราคา สามารถซื้อหรือขายใบอนุญาตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ในตลาดคาร์บอน (Carbon market) ส่วนใหญ่มักจะเป็นระบบจำกัดปริมาณคาร์บอนที่สามารถปล่อยได้แล้วแลกเปลี่ยน (Cap and trade) ในระบบตลาดที่ภาครัฐมีการกำหนดเป้าหมาย (Target) หรือจำกัดปริมาณโดยรวม (Cap) ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ต่ำกว่าระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสภาวะการดำเนินธุรกิจตามปกติ

ตารางที่ 1: เครื่องมือในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

| | เครื่องมือที่ใช้กลไกราคา (Market based) | | เครื่องมือที่ไม่ใช้กลไกราคา (Non-market based) | |
|---|---|---|---|---|
| | ภาษีคาร์บอน (Carbon tax) | ระบบการซื้อขายสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Trading Scheme: ETS) | การกำหนดกฎเกณฑ์ (Prescriptive approach) | การสนับสนุนและส่งเสริม (Facilitative approach) |
| **หลักการ** | รัฐกำหนดอัตราภาษีต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น | รัฐกำหนดระดับเพดานการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Cap) โดยการให้ใบอนุญาตการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Allowance) สามารถซื้อขายใบอนุญาตได้ ในตลาดคาร์บอน | กำหนดกฎเกณฑ์โดยผู้มีอำนาจ | สนับสนุนวิธีการที่เอื้อให้ภาคเอกชนลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก |
| **ข้อดี** | - ราคาคาร์บอนและราคาสินค้าไม่ผันผวน<br>- ต้นทุนการดำเนินงานต่ำกว่า เนื่องจากใช้ระบบภาษีที่มีอยู่แล้ว | - ควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้<br>- สร้างแรงจูงใจคิดค้นนวัตกรรม เนื่องจากหากสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มาก ธุรกิจสามารถสร้างรายได้เพิ่มได้ | มีต้นทุนการดำเนินงานต่ำ | กระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีเร็วขึ้น |
| **ข้อเสีย** | - การกำหนด optimum tax<br>- ไม่สามารถควบคุมปริมาณการปล่อย คาร์บอนได้ เพราะผู้ผลิตบางรายอาจยินดีจ่ายภาษีคาร์บอนมากกว่าลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก | - การกำหนดระดับเพดานก๊าซเรือนกระจก<br>- ราคาคาร์บอนและสินค้าอาจผันผวนตามความต้องการใช้ใบอนุญาต<br>- มีต้นทุนเพิ่มขึ้นจากการบริหารจัดการและการสร้างระบบการซื้อขายใบอนุญาต | - ไม่ก่อให้เกิดแรงจูงใจการพัฒนาเทคโนโลยี<br>- ต้นทุนการผลิตสูงอาจมีการส่งผ่านต้นทุนไปยังราคาสินค้า | - การลงทุนใน Clean technology มีต้นทุนสูง ทำให้ภาคเอกชนอาจไม่มีแรงจูงใจในการลงทุน<br>- ต้องได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐ |
| **ตัวอย่าง** | - ภาษีสรรพสามิตรถยนต์ตามอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจก<br>- ภาษีคาร์บอน | โครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ (Thailand Voluntary Emission Reduction Program: T-VER) | - มาตรฐาน Green Industry Standard<br>- มาตรฐานอาคารสีเขียว<br>- มาตรการปรับคาร์บอนก่อนเข้าพรมแดน (CBAM) | - แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ<br>- การลงทุนในระบบราง<br>- การพัฒนาระบบนิเวศการใช้ยานยนต์ไฟฟ้า |

ที่มา: ผู้เขียน

**มาตรการภาษีคาร์บอนกับระบบ ETS จะให้ผลแตกต่างกันที่ราคาคาร์บอน การควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการบริหารจัดการ** โดยมาตรการภาษีจะไม่ทำให้**ราคาคาร์บอน**ผันผวน เนื่องจากราคาได้ถูกกำหนดจากภาครัฐผ่านอัตราภาษี ในขณะที่ราคาคาร์บอนในระบบ ETS อาจผันผวนตามความต้องการใช้ใบอนุญาตปล่อยก๊าซเรือนกระจกในตลาดซื้อขาย **ด้านการควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก** ระบบ ETS จะสามารถควบคุมได้มีประสิทธิภาพมากกว่า เนื่องจากเป็นการกำหนดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่อนุญาตให้ปล่อยได้ในภาพรวม แต่ในกรณีการเก็บภาษีคาร์บอน ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจะขึ้นอยู่กับความเต็มใจจ่ายของธุรกิจและความต้องการสินค้า นอกจากนี้ Chen, et al (2020) พบว่าระบบ ETS ไม่ทำให้กำไรของภาคธุรกิจที่สามารถสร้างรายได้จากการขายใบอนุญาตปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Allowance) ลดลง และยังจูงใจต่อการคิดค้นนวัตกรรมเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก **สำหรับด้านการบริหารจัดการ** ระบบภาษีคาร์บอนมีต้นทุนการจัดการที่ต่ำกว่า เนื่องจากเป็นการใช้ระบบภาษีที่มีอยู่แล้วในปัจจุบัน ขณะที่ระบบ ETS ต้องสร้างระบบการกระจายใบอนุญาต รวมถึงการตรวจสอบปริมาณการผลิตและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

## BOX 1 ตัวอย่างมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไทย

### 1. ระบบการซื้อขายสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ

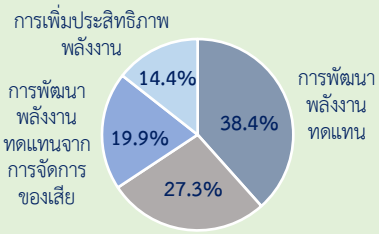
องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. ได้ใช้กลไกตลาดในการสร้างแรงจูงใจในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้โครงการ “โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program: T-VER) โดย อบก. เป็นผู้ให้การขึ้นทะเบียนและรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดหรือกักเก็บได้ หรือที่เรียกว่า “คาร์บอนเครดิต”โดยสามารถซื้อขายผ่านตลาดซื้อขายคาร์บอนเครดิตของไทย ในปัจจุบันผู้ซื้อและผู้ขายจะติดต่อเพื่อซื้อขายกันเอง (over-the-counter: OTC)

**จำนวนโครงการที่เข้าร่วม T-VER**

รวมทั้งหมด **256** โครงการ

ปี 2565 เข้าร่วม 49 โครงการ

**ประเภทโครงการที่เข้าร่วม T-VER**




**ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการรับรอง**

รวมทั้งหมด **11.9** ล้านตันคาร์บอน

หรือคิดเป็น 0.9% ของก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยต่อปี [1] ปี 2565 มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการรับรอง 3.0 ล้านตันคาร์บอน

**มูลค่าการซื้อขายปี 2565**

**125** ล้านบาท

เพิ่มขึ้น 13 เท่าของมูลค่าการซื้อขายในปี 2564

**ปริมาณการซื้อขายปี 2565**

**1.2** ล้านตันคาร์บอน

ขยายตัวจากปีก่อน 325% หรือเป็นสัดส่วน 0.3% ของก๊าซเรือนกระจก ที่ปล่อยต่อปี (ค่าเฉลี่ยโลกอยู่ที่ 23%)

**ราคาคาร์บอนเฉลี่ยปี 2565**

**107** บาทต่อตันคาร์บอน

สูงขึ้นจากปีก่อน 215% แต่ยังอยู่ระดับต่ำเมื่อเทียบกับ Carbon Price Corridor [2] ในปี 2030 ที่ราคาเฉลี่ย USD 50 – 100

หมายเหตุ: ข้อมูล ณ เดือนกันยายน 2565

1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไทยล่าสุดปี 2559 อยู่ 354,357,610 tCO2eq (ไม่รวมภาคป่าไม้และการใช้ประโยชน์จากที่ดิน)

2) Carbon Price Corridor เป็นช่วงราคาที่เหมาะสมที่คาดว่าจะช่วยรักษาระดับอุณหภูมิโลกไม่ให้เกิน 2 องศาเซลเซียส (รายงาน State and Trends of Carbon Pricing 2022 โดย World Bank)

### 2. แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ

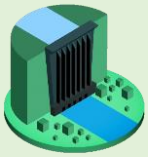
ภาครัฐได้มีการจัดทำแผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศปี พ.ศ 2564 – 2573 เพื่อเป็นกรอบการดำเนินงานที่จะนำไปสู่การบรรลุเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกลง 20% หรือ 111 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ภายในปีพ.ศ 2573 โดยดำเนินการใน 3 สาขาหลักคือ พลังงานและขนส่ง อุตสาหกรรม และการจัดการของเสีย ซึ่งมีทั้งหมด 15 มาตรการ ดังนี้

**สาขาพลังงานและขนส่ง (9 มาตรการ)**

- การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้า
- การผลิตและการใช้ไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน
- การใช้เชื้อเพลิงชีวภาพสำหรับยานพาหนะ

**สาขาอุตสาหกรรม (2 มาตรการ)**

- มาตรการทดแทนปูนเม็ด
- มาตรการทดแทน / ปรับเปลี่ยนสารทำความเย็น



**สาขาการจัดการของเสีย (4 มาตรการ)**

- มาตรการลดปริมาณขยะ (เช่น ลดอัตราการเกิดขยะ เพิ่มการรีไซเคิล และนำขยะมาใช้ประโยชน์
- มาตรการเพิ่มการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมด้วยการนำก๊าซมีเทนกลับมาใช้ประโยชน์
- มาตรการจัดการน้ำเสียอุตสาหกรรมอื่นๆ
- มาตรการจัดการน้ำเสียชุมชน

## 4. Transition risk ต่อเศรษฐกิจภาพรวม

### 4.1 การส่งผ่านนโยบายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการวัดผลกระทบทางเศรษฐกิจ

**การดำเนินนโยบายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาครัฐจะส่งผลกระทบผ่านไปยังหน่วยเศรษฐกิจทั้งครัวเรือนและธุรกิจ** โดยนโยบายแต่ละประเภท เช่น การเก็บภาษีคาร์บอน มาตรการ ETS การให้เงินอุดหนุนการผลิตหรือการบริโภค การกระจายรายได้จากภาษีคาร์บอนไปยังสังคม (Income distribution) รวมถึงการสนับสนุนด้านการเงินเพื่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Result-based finance) อาจส่งผลกระทบแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น นโยบายเก็บภาษีคาร์บอน จะมีผลต่อ

- **ต้นทุนและราคาสินค้า** โดยการเก็บภาษีคาร์บอนจากการผลิตที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะทำให้ราคาสินค้าหรือต้นทุนของผู้ผลิตสูงขึ้น
- **พฤติกรรมผู้บริโภคและผู้ผลิต** โดยราคาสินค้าที่สูงขึ้นจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการบริโภคของครัวเรือนสูงขึ้น ท้ายที่สุดจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการบริโภคและการผลิต เช่น การเลือกบริโภคสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และการปรับสัดส่วนการผลิตสินค้าที่ช่วยลดก๊าซเรือนกระจก เป็นต้น
- **การลงทุน** โดยต้นทุนที่สูงขึ้นจากการเก็บภาษีคาร์บอนอาจทำให้ธุรกิจต้องตัดสินใจลงทุนในเทคโนโลยี เช่น การผลิตและใช้พลังงานสะอาด การหมุนเวียนการใช้พลังงานและวัสดุ และการกำจัดของเสีย เพื่อลดก๊าซเรือนกระจก (Reduction effort) เป็นต้นทุนที่จะกระทบต่อกำไรของภาคธุรกิจ และท้ายที่สุดธุรกิจจะส่งผ่านต้นทุนที่เพิ่มขึ้นไปยังราคาสินค้า

**จากการทบทวนงานศึกษาต่าง ๆ ทั้งในและต่างประเทศพบว่า การประเมินผลกระทบของ Transition risk ต่อเศรษฐกิจโดยรวม ผลผลิต การลงทุน และการบริโภค ประเมินได้อย่างหลากหลายตั้งแต่ผลสุทธิที่เป็นบวกไปจนถึงผลกระทบทางลบรุนแรง เนื่องจากการประเมินขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยทั้งวิธีการประเมิน (Methodology) แบบจำลองและข้อสมมติที่ใช้ (Model) และความท้าทายของเป้าหมายและความเร็วของการลดก๊าซเรือนกระจกในอนาคต (Scenario)**

งานศึกษาส่วนใหญ่ใช้แบบจำลองดุลยภาพทั่วไป (Computable general equilibrium model: CGE และ Dynamic stochastic general equilibrium: DSGE) และใช้**นโยบายเก็บภาษีคาร์บอนเป็นเครื่องมือในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งมักทำให้การผลิต การบริโภค และ GDP ลดลง** (H. Li & W. Peng, 2020; M. Zeshan & M. Shakeel, 2020; Känzig, 2022; Jaumoutte et at.,2021) โดยขนาดของผลกระทบขึ้นกับระยะเวลา และระดับความเข้มข้นของนโยบายด้วย (Selvakkumaran et al., 2019)

อย่างไรก็ดี การศึกษาเชิงประจักษ์ เช่น Vector Autoregressive (VAR) และ Difference-In-Difference (DID) มักใช้ในการวิเคราะห์ผลของนโยบาย ETS **ผลการศึกษาส่วนใหญ่พบว่า การมี ETS ไม่ทำให้ผลผลิตทางเศรษฐกิจลดลงเหมือนภาษีคาร์บอน** (W. Zhang et at., 2020; Yongrok et al., 2017; A Dechezleprêtre et al., 2018) เนื่องจากธุรกิจมีแรงจูงใจในการใช้เทคโนโลยีหรือนวัตกรรมช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มีรายได้และทุนสะสม (Fixed asset) เพิ่มขึ้น ส่งผลดีต่อผลผลิตในภาพรวม

อย่างไรก็ตาม **ผลกระทบทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นภายใต้การศึกษาจากแบบจำลองอาจมีความรุนแรงมาก/น้อยกว่าที่ควรจะเป็น** จากข้อจำกัดของแบบจำลองที่มีการกำหนดข้อสมมติคงที่ ได้แก่ ราคาคาร์บอนคงที่ และผลได้ต่อขนาดคงที่ (Constant returns to scale) ประกอบกับการที่แบบจำลองยังไม่ได้รวมปัจจัยสำคัญบางประการ เช่น ผลกระทบต่อบัญชีธุรกิจจากทรัพยากรธรรมชาติที่ไม่สามารถนำมาใช้ได้ (Stranded asset) และผลจากภาคการเงิน ซึ่งอาจมีความรุนแรงมาก โดยหากเกิดความล้มเหลวของตลาดอาจนำไปสู่ผลกระทบต่อเศรษฐกิจที่มากขึ้น (Stern & Stiglitz, 2021) นอกจากนี้ นโยบายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปัจจุบันอาจยังไม่เพียงพอ ซึ่งหากต้องเร่งความเข้มข้นในการทำนโยบายในวันข้างหน้า จะทำให้การประเมินผลกระทบในปัจจุบันอาจจะน้อยกว่าที่ควรจะเป็น (OECD, 2018)

## BOX 2 ผลการศึกษาการใช้มาตรการลดก๊าซเรือนกระจกต่อเศรษฐกิจไทย ภายใต้แบบจำลอง CGE

Rajbhandari et al. (2019) ประเมินผลกระทบต่อเศรษฐกิจไทยจากการใช้นโยบายภาษีคาร์บอน ภายใต้แบบจำลอง CGE พบว่า การใช้นโยบายภาษีคาร์บอน จะส่งผลให้ GDP ลดลง หากเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Reduction Targets: ERT) มากขึ้น จะทำให้ขนาดของผลกระทบมากขึ้นด้วย ผลการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า

- ในปี 2050 การเก็บภาษีคาร์บอนจะทำให้ GDP ลดลงประมาณ 3-9% จากกรณีฐาน (Business-as-Usual: BAU)
- ในเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเดียวกัน การลดอย่างค่อยเป็นค่อยไปจะเกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจน้อยกว่า โดยการลดก๊าซเรือนกระจกลง 20% ในช่วงแรก และเพิ่มความเข้มข้นถึง 90% จาก BAU (ERT20-90) ทำให้ GDP ลดลงน้อยที่สุด ขณะที่การลดช้าเกินไปก่อให้เกิดความเสียหายมาก
- การใช้มาตรการภาษีคาร์บอนจะกระทบต่อการผลิตถ่านหินและลิกไนต์มากที่สุด นอกจากนี้ การผลิตของโรงกลั่นน้ำมันและอุตสาหกรรมก๊าซ ภาคไฟฟ้า การขนส่งและอุตสาหกรรม มีแนวโน้มลดลง
- นโยบายภาษีคาร์บอนทำให้เกิดการลงทุนในภาคเกษตร ป่าไม้ การก่อสร้าง และบริการ โดยการผลิตชีวมวล (Biomass) จะเพิ่มขึ้น 3.0% และ 3.1% เมื่อเทียบกับ BAU ภายใต้สถานการณ์ ERT20-90 และ ERT50-90 ตามลำดับ

| Emission Reduction Target | GDP in 2030 | GDP in 2045 | GDP in 2050 |
|---|---|---|---|
| ERT-20 | -2% | | |
| ERT-50 | -7.7% | | |
| ERT20-30 | -2% | | -6.2% |
| ERT25-50 | -2.6% | | -11/8% |
| ERT20-90 | | -21% | -3% |
| ERT25-90 | | -22.5% | -5% |
| ERT50-90 | | | -9% |

ณัฐพงศ์และคณะ (2560) ประเมินผลกระทบต่อเศรษฐกิจไทยจากการใช้มาตรการภาษีคาร์บอนเทียบกับมาตรการ ETS พบว่า การใช้มาตรการ ETS จะส่งผลดีต่อ GDP ขณะที่มาตรการภาษีจะส่งผลลบต่อ GDP โดยผู้ประกอบการสามารถมีรายได้เพิ่มจากการนำสิทธิการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหลือมาขายในตลาด สร้างแรงจูงใจในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและทำให้เกิดการลงทุนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น หากมีการใช้มาตรการ ETS ร่วมกับมาตรการภาษีคาร์บอนจะช่วยลดผลกระทบเชิงลบต่อ GDP และผลกระทบเชิงลบต่ออัตราเงินเฟ้อได้

| Year | Impacts of GDP | | |
|---|---|---|---|
| | Carbon tax | ETS | ETS + Carbon tax |
| 2020 | -0.08% | 0.002% | -0.002% |
| 2025 | -0.07% | 0.012% | 0.007% |
| 2030 | -0.05% | 0.025% | 0.018% |

## 4.2 ประเด็นผลกระทบของ Transition risk ต่อเศรษฐกิจและสังคมจากวรรณกรรมปริทัศน์

**ประเด็นที่ 1 การใช้นโยบายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมักจะส่งผลกระทบทางลบต่อเศรษฐกิจโดยรวม โดยมีผลกระทบมากกับธุรกิจและครัวเรือนบางกลุ่ม**

- **ธุรกิจและครัวเรือนรายได้น้อยที่พึ่งพิงพลังงานสูง มีแนวโน้มที่จะได้รับผลกระทบมาก**

**ธุรกิจที่พึ่งพิงภาคพลังงานสูง โดยเฉพาะพลังงานฟอสซิลจะได้รับผลกระทบมากกว่า เช่นเดียวกับภาคครัวเรือน โดยเฉพาะผู้มีรายได้น้อยที่มักมีสัดส่วนการบริโภคสินค้าที่ใช้พลังงานในการผลิตสูง จะได้รับผลกระทบมากกว่า และอาจนำไปสู่ความเหลื่อมล้ำทางด้านรายได้** ธุรกิจที่ใช้พลังงานจากฟอสซิลมากจะมีค่าใช้จ่ายในการลดก๊าซเรือนกระจกสูงและต้องลดการผลิตลง (M. Zeshan & M. Shakeel, 2020) นอกจากนี้ภาระต้นทุนการลดก๊าซเรือนกระจกสูงขึ้น จะกระทบต่อผู้บริโภคจากการส่งผ่านไปยังราคาสินค้าที่สูงขึ้น ครัวเรือนที่มีรายได้น้อย จะได้รับผลกระทบมากกว่าเนื่องจากมีสัดส่วนในการบริโภคสินค้าที่ใช้พลังงานในการผลิตสูง โดยเฉพาะน้ำมัน ก๊าซ ไฟฟ้า ซึ่งเป็นสินค้าจำเป็นที่ทำให้ค่าใช้จ่ายในการบริโภคสูงไปด้วย (Känzig, 2022; Da Silva Freitas et al., 2016; Dussaux D., 2020)

- **การจ้างงานกลุ่มแรงงานทักษะพื้นฐาน อาจมีแนวโน้มลดลง**

การเปลี่ยนผ่านไปยังสังคมคาร์บอนต่ำ จะนำไปสู่การพัฒนาทางเทคโนโลยีขั้นสูง (Enrio Botta, 2018) เพื่อใช้ในการลดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิต การขนส่ง และการกำจัดของเสีย ธุรกิจที่ต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะมีความต้องการแรงงานทักษะสูงมากขึ้น ขณะที่จ้างแรงงานทักษะพื้นฐานลดลง ซึ่งอาจนำไปสู่ปัญหาความไม่สอดคล้องระหว่างทักษะแรงงานและความต้องการ (Skill mismatch) นอกจากนี้ ยังเป็นต้นทุนต่อธุรกิจในช่วงที่ต้องการจ้างแรงงานใหม่ หรือโยกย้ายแรงงานจาก Brown sector ไปสู่ Green sector เนื่องจากเมื่อมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเข้มข้นขึ้น การผลิตสินค้าใน Brown sector จะลดลง และหันไปผลิตสินค้าที่เป็น Green มากขึ้น ซึ่งต้องปรับทักษะการผลิตเดิมเป็นการผลิตโดยใช้เทคโนโลยีขั้นสูง (Cost of labor allocation)

- **ธุรกิจที่มีความสามารถในการส่งผ่านต้นทุนไปยังราคาและความสามารถในการปรับตัวต่ำ มีแนวโน้มได้รับผลกระทบมาก**

**ธุรกิจที่มีความสามารถในการส่งผ่านต้นทุนไปยังราคาสินค้าจะได้รับผลกระทบน้อยกว่า ซึ่งส่วนใหญ่คือธุรกิจที่ผลิตหรือจำหน่ายสินค้าจำเป็นและสินค้าผูกขาด** ตัวอย่างเช่น ราคาพลังงานที่สูงขึ้นหลังมีการเก็บภาษีคาร์บอน ผู้ผลิตไฟฟ้า (Utilities sector) สามารถผลักภาระต้นทุนไปยังผู้บริโภค ผ่านการเพิ่มราคาค่าไฟฟ้าโดยไม่กระทบส่วนแบ่งตลาด เนื่องจากเป็นสินค้าจำเป็น และมีการผูกขาดผ่านการดำเนินการร่วมทุนระหว่างรัฐและเอกชน (Public-private partnership: PPP) เป็นการลงทุนขนาดใหญ่ ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง และเกิดการประหยัดต่อขนาด ต่างกับผู้ผลิตสาขาอื่น ๆ ที่เป็นของเอกชน ซึ่งมีความสามารถในการส่งผ่านต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ไปยังราคาสินค้าได้ยากกว่า นอกจากนี้ ธุรกิจขนาดกลางและขนาดเล็ก (SMEs) ยังมีข้อจำกัดด้านเงินทุนและเทคโนโลยีในการปรับตัวไปสู่การผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้ผลกระทบต่อความสามารถในการแข่งขันมีมากกว่าธุรกิจขนาดใหญ่

**<u>ประเด็นที่ 2</u> ความสูญเสียทางเศรษฐกิจจากการใช้นโยบายลดการปล่อยก๊าซ สามารถบรรเทาได้จากการใช้นโยบายผสมผสาน เช่น การให้เงินอุดหนุน การลงทุนใน Green infrastructure หรือการกระจายรายได้จากภาษีคาร์บอนไปยังสังคม (Income distribution)**

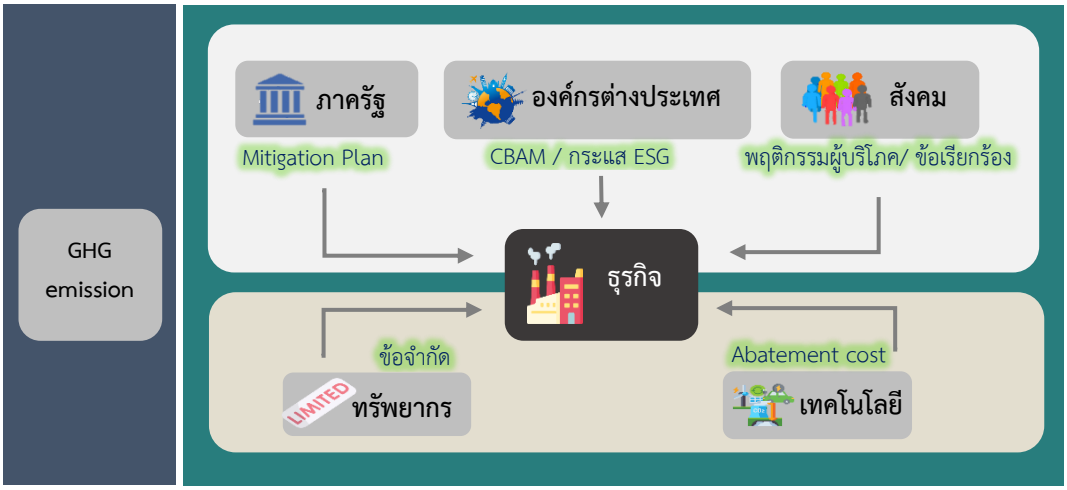
**การใช้นโยบายผสมผสาน (Policy package) ทำให้สามารถลดผลจากการ Trade-offs ระหว่างสภาพอากาศที่ดีขึ้นกับความสูญเสียทางเศรษฐกิจ** (H. Li & W. Peng, 2020; M. Zeshan & M. Shakeel, 2020; Känzig, 2022; Jaumoutte at el., 2021) ตัวอย่างนโยบายบรรเทาผลกระทบจากการเปลี่ยนผ่านที่อาจทำร่วมกับการเก็บภาษีคาร์บอน เช่น การให้เงินอุดหนุนเพื่อส่งเสริมให้เกิดการนำนวัตกรรมใหม่มาปรับใช้กับการดำเนินธุรกิจเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การให้เงินโอนเพื่อบรรเทาผลกระทบด้านรายได้แก่ครัวเรือนรายได้น้อยที่ได้รับผลกระทบมากกว่ากลุ่มอื่น และการลงทุนระบบขนส่งมวลชน ซึ่งนอกจากจะช่วยแบ่งเบาภาระความกดดันต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ให้ได้ตามเป้าหมายของประเทศ และยังทำให้ธุรกิจและครัวเรือนสามารถปรับตัวได้ง่ายและลดภาระค่าใช้จ่ายด้วย

## 5. ปัจจัยกำหนด Transition risk ต่อภาคธุรกิจแต่ละสาขา

ในระยะยาว เจตนารมณ์ของนานาประเทศและภาคธุรกิจที่จะลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ได้ตามเป้าหมายนั้นเป็นปัจจัยสำคัญที่จะมีผลต่อการดำเนินงานของภาคธุรกิจ ซึ่งธุรกิจในสาขาการผลิตที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงจะมีความเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบมากที่สุด เพราะการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสาขาการผลิตที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงก็จะทำให้ประเทศสามารถเข้าสู่เป้าหมายได้เร็ว นอกจากนี้ The Network for Greening the Financial System (2021) ประเมินว่าปัจจัยที่เป็น Transition risk ต่อภาคธุรกิจเกิดขึ้นได้หลายช่องทาง อาทิ นโยบายและกฎระเบียบของภาครัฐ กระแสความยั่งยืนของภาคเอกชน ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีสีเขียว และความสนใจต่อประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคและชุมชน ซึ่งธุรกิจที่มีการเตรียมพร้อมที่ดีและมีความสามารถในการปรับตัวอย่างทันการณ์จะได้รับผลกระทบจำกัด (Bank for International settlement, 2021)

ดังนั้น งานศึกษานี้จึงแบ่งการประเมินผลกระทบของความเสี่ยงจากการเปลี่ยนผ่านของภาคธุรกิจเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกคือ **ความเสี่ยงจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG risk exposure)** ที่จะกระทบต่อธุรกิจในระยะยาว และส่วนที่สองคือ **ความเสี่ยงที่จะกำหนดความเร็วในการเปลี่ยนผ่าน (Transition speed risk)** โดยขอแบ่งเป็นผลจากปัจจัยแวดล้อมภายนอก (External factor) และปัจจัยเฉพาะของธุรกิจ (Internal factor) เป็นตัวผลักดันให้เกิดการปรับตัวเร็วหรือช้า ตลอดจนสะท้อนความสามารถในการปรับตัวของธุรกิจเอง (รูปที่ 2)

รูปที่ 2 การวิเคราะห์ Transition risk ของภาคธุรกิจในแต่ละสาขาการผลิต




ที่มา: ผู้เขียน

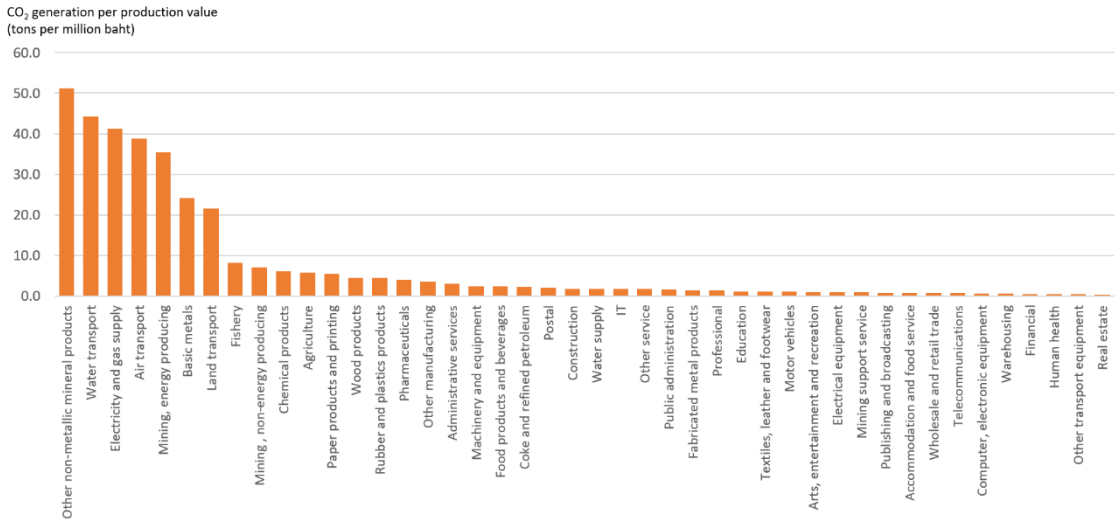
## 5.1 ความเสี่ยงจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG risk exposure)

จากข้อมูลบัญชีก๊าซเรือนกระจก สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) สัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงในปี พ.ศ. 2559 สะท้อนว่า **ภาคพลังงานและขนส่งถือเป็นภาคที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดถึง 72% ของปริมาณทั้งหมดในประเทศ โดยภาคเกษตรปล่อย 15% อุตสาหกรรม 9% และการจัดการของเสีย 5%**

เมื่อพิจารณาปริมาณเป้าหมายในการลดก๊าซเรือนกระจกของแต่ละภาคธุรกิจจากแผนที่นำทางพบว่าสาขาที่มีเป้าหมายในการลดก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดประกอบด้วย ภาคอุตสาหกรรม ขนส่ง และการผลิตไฟฟ้า **ดังนั้น ความเสี่ยงที่เกิดจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละภาคธุรกิจสามารถสะท้อนจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งหากสาขาการผลิตใดมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณมาก ภาคธุรกิจในสาขานั้นมีความเสี่ยงที่จะถูกกดดันให้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณมาก**

ในการประเมินความเสี่ยงของสาขาการผลิตของประเทศไทยที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง ใช้ฐานข้อมูลจาก OECD เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบกับมูลค่าผลผลิตที่ได้ในแต่ละธุรกิจ โดยพบว่า ในการสร้างมูลค่าผลผลิต 1 ล้านบาทที่เท่ากันนั้น **ธุรกิจการผลิตปูนซีเมนต์ การขนส่ง การผลิตไฟฟ้า การทำเหมืองถ่านหินและการขุดเจาะก๊าซธรรมชาติ มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุด 5 อันดับแรก** เนื่องจากธุรกิจดังกล่าวใช้พลังงานในปริมาณมากและก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้ (รูปที่ 3)

รูปที่ 3 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละธุรกิจ เทียบจากมูลค่าผลผลิต 1 ล้านบาท




ที่มา: วิเคราะห์จาก I/O table ของไทย ฐานข้อมูล OECD โดยผู้เขียน

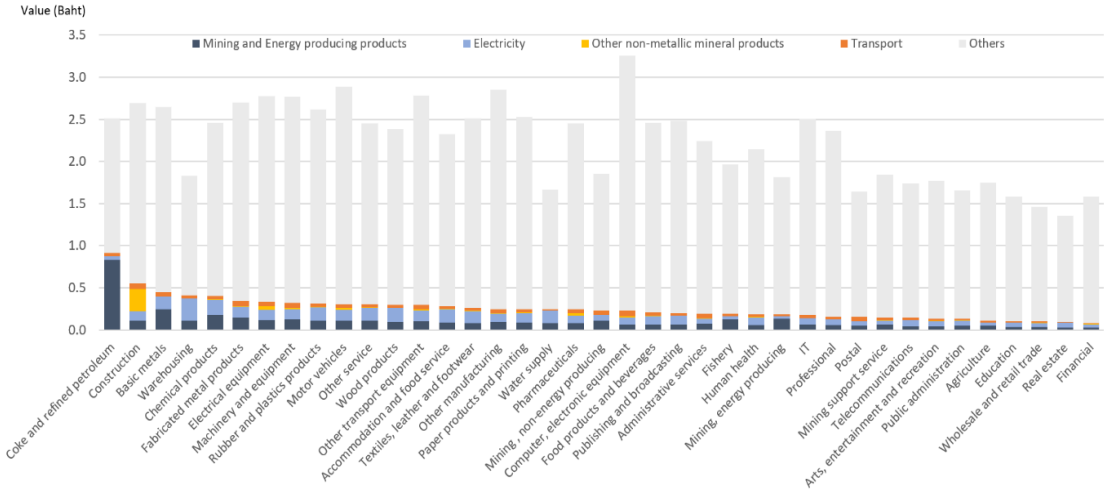
ทั้งนี้ การบรรลุเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์จำเป็นต้องลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งทางตรงและทางอ้อม The Greenhouse Gas Protocol และ อบก. ได้แบ่งขอบเขต (Scope) การวัดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไว้ 3 ขอบเขต ได้แก่ **ขอบเขตที่ 1** อ้างอิงจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ที่เกิดจากกิจกรรมของธุรกิจโดยตรง (Direct emissions) เช่น การเผาไหม้ การใช้ยานพาหนะ เป็นต้น **ขอบเขตที่ 2** วัดจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ที่เกิดจากการใช้พลังงานขององค์กรในทางอ้อม (Energy indirect emissions) เช่น การซื้อพลังงานหรือสารเคมีต่าง ๆ มาใช้ในองค์กร เป็นต้น และ **ขอบเขตที่ 3** รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมด้านอื่น ๆ ที่เกิดจากสินทรัพย์ที่องค์กรไม่ได้เป็นเจ้าของหรือควบคุม แต่อยู่ในห่วงโซ่คุณค่า (Value chain) ของแต่ละธุรกิจ เช่น การเดินทางของพนักงาน การซื้อหรือใช้ผลิตภัณฑ์ของผู้ผลิตสินค้าที่จำหน่ายให้แก่ธุรกิจ เป็นต้น

ดังนั้น กิจกรรมที่แม้ไม่ได้เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง เช่น ภาคท่องเที่ยว สามารถมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือมีรอยเท้าคาร์บอน (carbon footprint) สูงได้หากมีการใช้ไฟฟ้า ขนส่ง และปูนซีเมนต์ ในกิจกรรมการผลิตมาก ด้วยโครงการการผลิตที่มีการเชื่อมโยงระหว่างสาขาการผลิต ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตสาขาหนึ่งส่งต่อไปยังสาขาการผลิตอื่น ๆ ซึ่งความสัมพันธ์ของห่วงโซ่การผลิตที่ซับซ้อนนี้สามารถประเมินได้จากค่าตัวทวีคูณของลียองเทียฟ (Leontief output multiplier) โดยพบว่าสาขาการผลิตที่มีการใช้ผลผลิตจากสาขาการผลิตที่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงทั้งทางตรงและทางอ้อม (รูปที่ 4) ได้แก่ **ธุรกิจโรงกลั่นปิโตรเลียม ก่อสร้าง การผลิตโลหะ โลจิสติกส์ และผลิตภัณฑ์เคมี ซึ่งพึ่งพากิจกรรมเหมืองแร่และการผลิตที่ใช้พลังงานจากถ่านหิน (Mining and energy producing products) และการใช้พลังงานไฟฟ้า (Electricity) เป็นหลัก**

การวิเคราะห์ข้างต้นจากฐานข้อมูล OECD นั้นประเมินเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งนี้ บางภาคเศรษฐกิจอาจปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทอื่นสูงนอกเหนือจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อาทิ ภาคเกษตรปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทมีเทนเป็นสัดส่วนใหญ่กว่า 74% โดยการปล่อยมีเทนของภาคเกษตร 70% มา

จากการปลูกข้าว ดังนั้น สาขาเศรษฐกิจอื่นที่พึ่งพาการใช้วัตถุดิบจากภาคเกษตรที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงมีความเสี่ยงที่จะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขต 2 และ 3 สูงขึ้น

รูปที่ 4 ค่าตัวทวีคูณของลียองเทียฟ (Leontief output multiplier) จากห่วงโซ่การผลิตของแต่ละธุรกิจ




ที่มา: วิเคราะห์จาก I/O table ของไทย ฐานข้อมูล OECD โดยผู้เขียน

## 5.2 ความเสี่ยงที่เกิดจากความเร็วในการเปลี่ยนผ่าน (Transition speed risk)

### ปัจจัยแวดล้อมภายนอก (External factor)

#### (1) นโยบายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Mitigation plan)

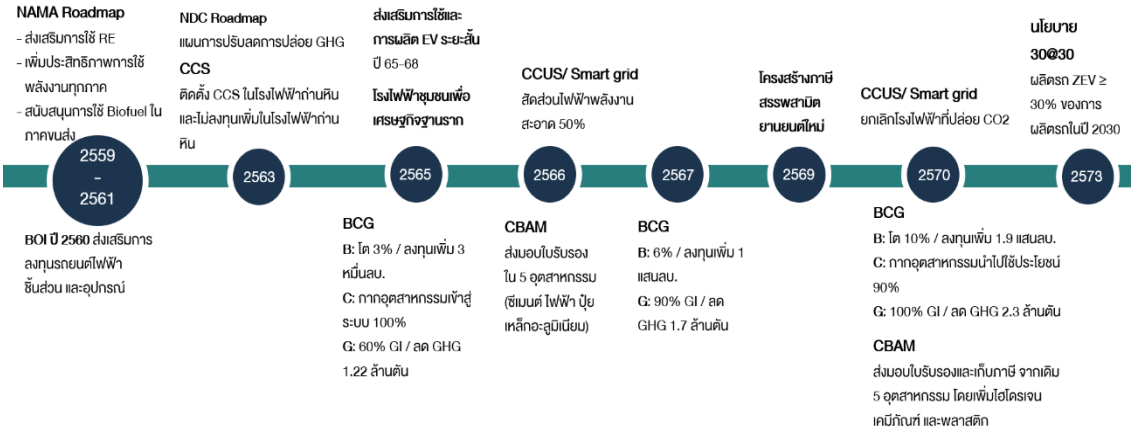
**ภาครัฐได้มุ่งเน้นที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงานและภาคขนส่งเป็นสำคัญ ตามสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูง ทำให้เกิดการผลักดันที่จะส่งเสริมให้เกิดการเปลี่ยนผ่าน (transition) ในสาขาเหล่านี้เร็วกว่าสาขาอื่น** โดย**มาตรการสาขาพลังงาน**มุ่งเน้นการเพิ่มสัดส่วนผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน การลดการใช้เชื้อเพลิงจากถ่านหิน และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สู่ชั้นบรรยากาศ โดยเทคโนโลยีการดักจับและกักเก็บคาร์บอน (Carbon Capture Storage: CCS) การดักจับ ใช้ประโยชน์ และกักเก็บคาร์บอน (Carbon Capture, Utilization and Storage: CCUS) ตลอดจนการพัฒนาระบบการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การจัดทำสมาร์ทกริด (Smart Grid)[6] ขณะที่**มาตรการสาขาขนส่ง** เป็นการส่งเสริมการใช้ยานยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle: EV) แบตเตอรี่ และระบบราง โดยเป็นแนวทางลดสัดส่วนการผลิตและการใช้ยานยนต์สันดาปภายในซึ่งมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่ายานยนต์ไฟฟ้าถึง 64%[7] ซึ่งมีทั้งนโยบายด้านโครงสร้างภาษีและการสนับสนุนผลิตยานยนต์ไฟฟ้าในสัดส่วน 30% ของรถยนต์ที่ผลิตทั้งหมดภายในปี 2030 สำหรับ**มาตรการสาขาอุตสาหกรรม** นอกจากการลดสัดส่วนการใช้ปูนเม็ดและ

[6] สมาร์ทกริด (Smart Grid) คือ ระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ ที่สามารถตอบสนองต่อการบริหารจัดการด้านไฟฟ้าได้อย่างชาญฉลาดมากขึ้น โดยใช้ทรัพยากรที่น้อยลง (Doing More with Less)

[7] จากงานศึกษาของ University of Michigan ซึ่งได้รับการสนับสนุนจาก Ford company

การเปลี่ยนสารทำความเย็นตามมาตรการในแผนที่นำทางแล้ว ภาครัฐยังส่งเสริมให้มีการนำแนวคิด BCG model[8] มาใช้ในธุรกิจ

รูปที่ 5 นโยบายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสาขาพลังงาน ขนส่ง และอุตสาหกรรม ในแต่ละช่วงเวลา




ที่มา: ผู้เขียน

**การขับเคลื่อนมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Mitigation plan) ของภาครัฐในสาขาพลังงาน ขนส่ง และอุตสาหกรรม นอกจากจะส่งผลกระทบทางตรงต่อกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สูงยังส่งผลกระทบทางอ้อมต่อธุรกิจที่เกี่ยวเนื่องหรือธุรกิจที่อยู่ในห่วงโซ่อุปทาน (Supply chain) อีกด้วย** เช่น ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งทางระบบรางได้รับประโยชน์จากนโยบายการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานทางระบบราง ทำให้ผู้ประกอบธุรกิจรับเหมาก่อสร้างระบบราง และผู้ผลิตประกอบหรือผู้ผลิตชิ้นส่วนรถไฟและวัตถุดิบขั้นต้น อาทิ ซีเมนต์และเหล็กได้รับประโยชน์จากความต้องการที่เพิ่มขึ้นด้วย หรือมาตรการสนับสนุนการผลิตและการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicle: BEV) ภายในประเทศส่งผลดีต่อผู้ประกอบหรือผลิตชิ้นส่วน BEV เช่น แบตเตอรี่ไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้า Invertor และ Convertor รวมถึงผู้ให้บริการสถานีอัดประจุไฟฟ้า แต่ส่งผลเสียต่อธุรกิจผลิตเชื้อเพลิงฟอสซิลและเชื้อเพลิงชีวภาพในเวลาเดียวกัน เนื่องจาก BEV จะใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก (รูปที่ 5)

**(2) นโยบายของต่างประเทศ**

**จากการดำเนินนโยบายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในต่างประเทศที่มีเป้าในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิให้เป็นศูนย์เร็วขึ้น และมีมาตรการที่เข้มงวดมากขึ้นหลังจากที่ได้ประกาศเจตนารมณ์การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการประชุม UNFCCC จะส่งผลให้ราคาสินค้าในตลาดโลกสูงขึ้น ตัวอย่างเช่นการส่งผ่านของมาตรการ Carbon tax ไปยังราคาสินค้าที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง โดยเฉพาะในภาคพลังงาน และจะส่งผ่านไปยังราคาสินค้าอื่น ๆ** โดยกลุ่มประเทศหลักอย่างสหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรป และญี่ปุ่น ได้มีการประกาศเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ในปี 2050 โดยได้กำหนดยุทธศาสตร์ที่ชัดเจน เช่น **สหรัฐอเมริกา**ตั้งเป้าให้เป็นเศรษฐกิจพลังงานสะอาด (Clean energy economy) 100% **สหภาพยุโรป**กำหนดยุทธศาสตร์การวางแผนการปฏิรูปสีเขียว (European green deal)

[8] ย่อมาจาก Bioeconomy, Circular economy และ Green economy

**ญี่ปุ่น**กำหนดยุทธศาสตร์การเติบโตสีเขียว (Green growth strategy) และตั้งเป้างดผลิตรถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิลให้ได้ภายในปี 2035

**เมื่อภาครัฐมีการใช้มาตรการต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ได้อย่างที่ตั้งไว้นั้น ทำให้สินค้าในประเทศมีราคาสูงกว่าประเทศที่ยังไม่มีมาตรการ นำไปสู่ความเสียเปรียบทางการค้า จึงได้มีการนำมาตรการปรับราคาคาร์บอนก่อนเข้าพรมแดน (Carbon Border Adjustment Mechanism: CBAM) มาใช้เพื่อสร้างความเป็นธรรม และแน่นอนว่าจะกระทบต่อสินค้าส่งออกของไทยที่ส่งไปยังประเทศที่ใช้มาตรการนี้** โดยปัจจุบันได้เริ่มแล้วในยุโรป และในอนาคตสหรัฐอเมริกาก็จะนำมาใช้เช่นเดียวกัน ซึ่งเป็นการกำหนดราคาสินค้านำเข้าบางประเภทเพื่อป้องกันการนำเข้าสินค้าที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก สูงเข้ามาในกลุ่มประเทศสมาชิกสหภาพยุโรป (European Union: EU) และปกป้องธุรกิจในประเทศที่ต้องแบกภาระต้นทุนการผลิตสูงขึ้นเพราะต้องปฏิบัติตาม European green deal เช่นกัน ดังนั้นธุรกิจไทยที่ส่งออกสินค้าไปยังประเทศสมาชิก EU ต้องปฏิบัติตามระเบียบของ CBAM เช่นกัน

**นอกจากนี้ ธุรกิจรายใหญ่ในต่างประเทศได้นำแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาองค์กรอย่างยั่งยืนหรือ ESG มาใช้ในการวางแผนธุรกิจ รวมถึงนโยบายการเงินจากธนาคาร และกองทุนต่าง ๆ** โดยคำนึงถึงความรับผิดชอบด้านสิ่งแวดล้อม สังคม และการกำกับดูแล สำหรับมิติด้านสิ่งแวดล้อม สามารถวัดได้จากปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกิจกรรมการผลิตทางตรงและทางอ้อมของธุรกิจ เช่น บริษัท PepsiCo ผู้ผลิตน้ำอัดลมต้องการน้ำตาลที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมภายใต้มาตรฐานรับรอง Bonsucro ซึ่งมีเกณฑ์มาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อมครอบคลุมตั้งแต่ชาวไร่อ้อยจนถึงโรงงานน้ำตาล ทำให้โรงงานน้ำตาลของไทยที่ขายให้แก่บริษัท PepsiCo ต้องปรับการผลิตให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน นอกจากนี้ โรงงานน้ำตาลจำเป็นต้องให้ความรู้แก่ชาวไร่อ้อย ตั้งแต่การบริหารจัดการแปลงไปอย่างการใส่ปุ๋ย การใช้ยาฆ่าแมลง ไปจนถึงการส่งเสริมให้ชาวไร่อ้อยตัดอ้อยสด ซึ่งถือเป็นการวางแผนธุรกิจและจัดการวัตถุดิบทั้งห่วงโซ่อุปทาน ตัวอย่างองค์กรธุรกิจอื่นในต่างประเทศที่มีการวางแผนธุรกิจภายใต้ ESG ได้แก่ กลุ่ม RE100[9], PepsiCo, Nestle, Coca Cola, Unilever และ Kellogg เป็นต้น

**เป็นที่น่าสนใจว่า ในส่วนของแผนธุรกิจของภาคเอกชนนั้น มีเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เร็ว และมีมาตรการที่เข้มข้นมากกว่าเมื่อเทียบกับเป้าหมายของประเทศ** อย่างการตั้งเป้าที่จะเป็นกลางทางคาร์บอนของไทยปี 2050 หรืออีก 28 ปีข้างหน้า ขณะที่แผนของ RE100 มีเป้าในปี 2030 หรือภายใน 8 ปี นอกจากนี้บริษัทชั้นนำของโลกก็ได้มีการปรับเป้าให้เร็วขึ้น อย่างบริษัทรถยนต์ Toyota จากเดิมที่ตั้งเป้าไว้ปี 2050 ได้ปรับเป้าให้เร็วขึ้นเป็นปี 2035 ซึ่งบริษัทเหล่านี้มีการจ้างผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในหลายประเทศรวมถึงไทย **ดังนั้น ธุรกิจไทยที่อยู่ในห่วงโซ่อุปทานของบริษัทเหล่านี้ จะต้องเร่งปรับตัวเพื่อรักษาฐานลูกค้าและอาจจะเป็นการเพิ่มโอกาสแก่ธุรกิจที่สามารถปรับตัวได้**

[9] RE100 เป็นการรวมตัวร่วมมือกันระหว่างผู้ประกอบการด้านพลังงานและผู้ใช้พลังงานและผู้ผลิตสินค้าส่งออกเพื่อผลักดันให้มีการผลิตพลังงานหมุนเวียน และใช้พลังงานหมุนเวียน 100% (Renewable Energy 100)

**(3) สังคม**

**พฤติกรรมหรือข้อเรียกร้องของผู้บริโภค (Consumer preference) ทั้งผู้บริโภคและนักลงทุนเมื่อมีความตระหนักปัญหาสิ่งแวดล้อมมากขึ้น จึงปรับเปลี่ยนพฤติกรรมหรือเรียกร้องให้ธุรกิจใส่ใจต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น (Greener environment) ทั้งการเลือกใช้สินค้าบริการและการเลือกลงทุนในธุรกิจที่ใส่ใจสิ่งแวดล้อม** (International Settlement, 2021) ส่งผลให้ธุรกิจต้องปรับกลยุทธ์การดำเนินธุรกิจเพื่อรักษาฐานลูกค้าและสร้างโอกาสรองรับลูกค้ากลุ่มนี้ ตัวอย่างเช่น นักท่องเที่ยวที่มักจะเลือกและยินดีจ่ายให้กับโรงแรมที่บ่งชี้ว่าเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Green hotel) ทำให้ธุรกิจโรงแรมส่วนใหญ่ต้องปรับกลยุทธ์รูปแบบการให้บริการให้ใส่ใจสิ่งแวดล้อมมากขึ้น (El-Nemr Nadia et al., 2020) หรือโปรตีนทางเลือกได้รับความสนใจจากผู้บริโภคและธุรกิจในอุตสาหกรรมอาหารมากขึ้นเรื่อย ๆ จากเหตุผลทั้งทางด้านสุขภาพและการลดผลกระทบจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากห่วงโซ่อุปทานในอุตสาหกรรมปศุสัตว์ จนทำให้เกิดกระแสความนิยม และการเติบโตของธุรกิจโปรตีนจากพืช (Plant-based meat) มากขึ้น

**ปัจจัยเฉพาะของธุรกิจ (Internal factor)**

**(1) เทคโนโลยี**

**เทคโนโลยีในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก นอกจากจะถูกพัฒนาโดยผู้เชี่ยวชาญสำหรับเทคโนโลยีแต่ละประเภทจนถึงสามารถนำมาใช้ได้ในแต่ละธุรกิจแล้ว (ปัจจัยแวดล้อมภายนอก) เทคโนโลยีในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกยังมีหลายระดับ แต่ละธุรกิจสามารถเลือกใช้ตามความบริบทที่เหมาะสม (ปัจจัยเฉพาะของธุรกิจ) โดยส่วนใหญ่จะเริ่มจากการใช้วัตถุดิบให้มีประสิทธิภาพซึ่งเป็นขั้นตอนที่ง่ายที่สุด และมีต้นทุนต่ำ ไล่ขึ้นไปจนถึงการใช้เทคโนโลยีขั้นสูงอย่างการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาจากการผลิตซึ่งมีต้นทุนที่สูง** โดยธุรกิจส่วนใหญ่มักเริ่มจากสิ่งที่ทำได้ง่ายไปจนถึงการลดที่ใช้เครื่องมือมากขึ้น และเครื่องมือที่มีต้นทุนที่สูงขึ้น โดยการวัดต้นทุนในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นส่วนใหญ่จะวัดจากต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซต่อหน่วยตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าหรือที่เรียกว่า ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost: MAC)

เทคโนโลยีที่ใช้ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยเรียงตามต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากน้อยไปมาก มีดังนี้

- **Product/ Material efficiency หรือการลดการสูญเสียในกระบวนการผลิต**ด้วยการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตใหม่ โดยธุรกิจที่ใช้เครื่องมือดังกล่าว ได้แก่ การผลิตซีเมนต์ ก่อสร้าง และเครื่องทำความเย็น

- **Circularity หรือการหมุนเวียนทรัพยากร** ที่ครอบคลุมแนวคิดการออกแบบ การหมุนเวียนวัตถุดิบและสินค้า และการลดการเกิดของเสียหรือผลกระทบเชิงลบต่อสิ่งแวดล้อม โดยธุรกิจที่ใช้เครื่องมือดังกล่าว ได้แก่ การผลิตอาหาร กระดาษ เหล็ก อะลูมิเนียม แก้ว และเคมีภัณฑ์

- **Energy efficiency หรือการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน** โดยยกระดับการทำงานของระบบอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เช่น ระบบการผลิตพลังงานร่วม (Co-generation) ระบบแสงสว่าง

ระบบปรับอากาศ โดยธุรกิจที่วิธีการดังกล่าว ได้แก่ โรงไฟฟ้า โรงกลั่นน้ำมันดิบ อุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ผลิตกระดาษ สิ่งทอ ซีเมนต์ แก้ว เหล็ก และเคมี

- **Fuel switching หรือการเปลี่ยนชนิดเชื้อเพลิง**จากเชื้อเพลิงที่มีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง เช่น น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล เป็นเชื้อเพลิงที่มีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ต่ำกว่าหรือเชื้อเพลิงทางเลือก เช่น เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ เชื้อเพลิงชีวภาพ และไฮโดรเจน โดยธุรกิจที่ใช้วิธีการดังกล่าว ได้แก่ การขนส่งด้วยยานยนต์สันดาปภายใน ยานยนต์แบบ Plug-in hybrid รถไฟทางคู่ อุตสาหกรรมผลิตเหล็ก อะลูมิเนียม แก้ว เคมีภัณฑ์ และซีเมนต์

- **Electrification หรือการเปลี่ยนผ่านจากการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลไปสู่การผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้า**มากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้าที่มาจากพลังงานหมุนเวียน (Renewable energy) และการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Energy efficiency) โดยธุรกิจที่ใช้วิธีการดังกล่าว ได้แก่ การขนส่งด้วย BEV รถไฟความเร็วสูง รถไฟฟ้าขนส่งมวลชน และรถไฟชานเมือง

- **Material switching หรือการเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต**ที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลง เช่น การใช้ทรัพยากรหมุนเวียนจากแสงอาทิตย์และลมเป็นวัตถุดิบในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยธุรกิจที่ใช้วิธีการดังกล่าว ได้แก่ โรงไฟฟ้าพลังงานสะอาด (แสงอาทิตย์ ลม และชีวมวล)

- **Carbon Capture Storage (CCS) หรือเทคโนโลยีการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์** จากแหล่งกำเนิดภาคอุตสาหกรรม และนำมากักเก็บไว้ในชั้นหินใต้ดินอย่างถาวร โดยไม่ปล่อยกลับเข้าสู่ชั้นบรรยากาศ โดยธุรกิจที่ใช้วิธีการดังกล่าว ได้แก่ โรงไฟฟ้าถ่านหิน และปิโตรเลียม

- **Carbon Capture Utilization and Storage (CCUS) หรือเทคโนโลยีการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แล้วนำมากักเก็บภายใต้พื้นดิน หรือใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิต**ทางอุตสาหกรรมอื่น ๆ แม้จะเป็นเทคโนโลยีที่มีราคาสูงสำหรับการนำไปใช้ในระดับอุตสาหกรรม โดยธุรกิจที่ใช้วิธีการดังกล่าว ได้แก่ โรงไฟฟ้าถ่านหิน และปิโตรเลียม

ขอยกตัวอย่างธุรกิจที่เกี่ยวเนื่องกับปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์หนึ่ง ซึ่งมีการปรับตัวเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีขั้นตอน ระยะแรก ผู้ประกอบการจะเริ่มปรับตัวจากการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานภายในโรงไฟฟ้าของบริษัท ลดส่วนสูญเสียจากกระบวนการผลิต และปรับใช้พลังงานทดแทนมากขึ้น ในระยะถัดมา เมื่อมีเงินทุน จึงลงทุนในเทคโนโลยี CCS เพื่อดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการผลิต และปัจจุบันอยู่ระหว่างการพัฒนาเทคโนโลยี CCUS เพื่อนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในอุตสาหกรรมอื่น

**(2) ข้อจำกัดอื่น ๆ**

ธุรกิจในบางสาขาการผลิตอาจประสบกับข้อจำกัดทางด้านทรัพยากร เงินทุน เทคโนโลยีอื่นที่จะมารองรับการเปลี่ยนแปลง และคุณค่าอื่น ที่ยังไม่เอื้อควบคู่ที่อาจกระทบให้สามารถต่อการปรับตัวได้ทันที เช่น ความมั่นคงทางพลังงานของประเทศ อาจเป็นข้อจำกัดสำคัญที่ทำให้กลุ่มธุรกิจผลิตไฟฟ้าและพลังงานยังไม่สามารถยกเลิกการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลได้ทั้งหมด จากความไม่เสถียรของพลังงานลม และพลังงานแสงอาทิตย์ และจากทรัพยากรที่มีจำกัด อาทิ พืชพลังงาน (Energy plant) และแร่ธาตุสำหรับการผลิตแบตเตอรี่ (Battery storage) ต้นทุนทาง

การเงินและระยะเวลาคืนทุน โดยเฉพาะธุรกิจที่ต้องใช้เงินลงทุนสูงและใช้เวลาคืนทุนนาน การพัฒนาเทคโนโลยีอื่นที่จะต้องมีเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงควบคู่ เช่น การกำจัดของเสียจากการเปลี่ยนวัตถุดิบในภาคอุตสาหกรรม และการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่รองรับการขนส่งที่ดีและปลอดภัย

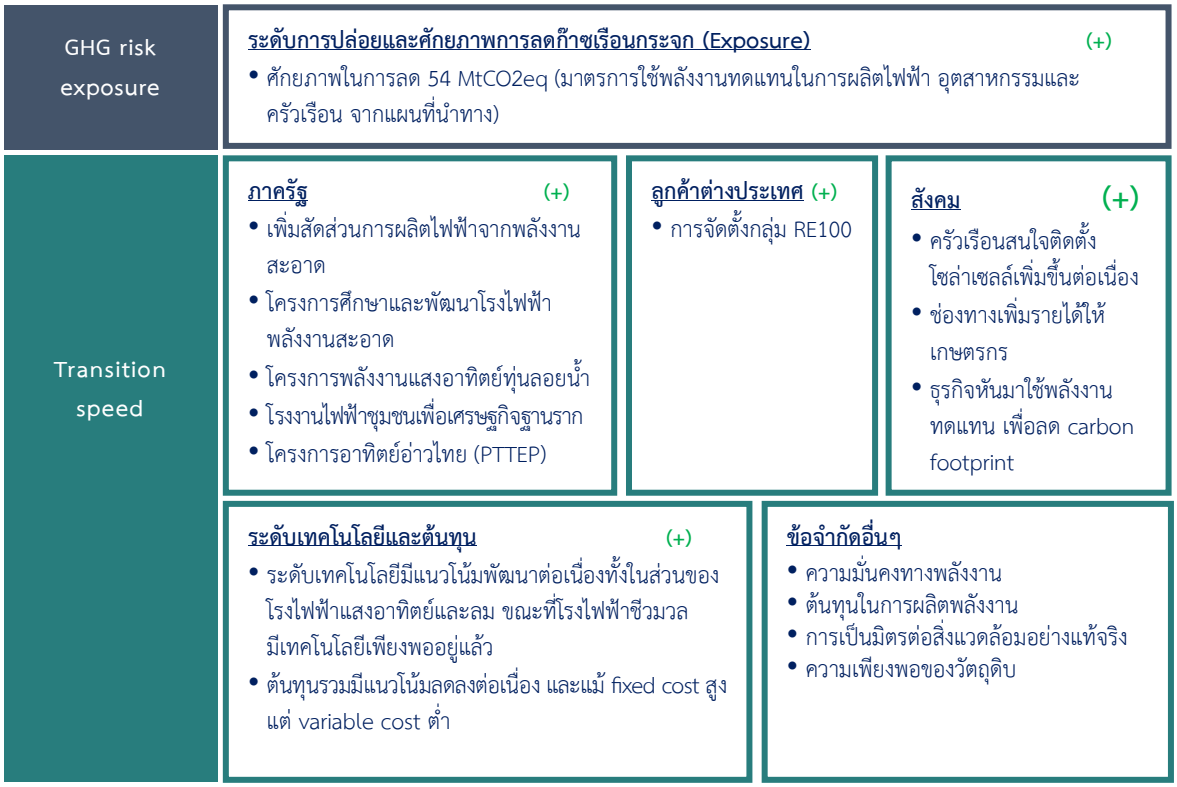
## 6. ผลกระทบในมุมได้ - เสียของภาคธุรกิจ

**ในส่วนนี้เป็นการวิเคราะห์ Transition risk ของกลุ่มธุรกิจสำคัญในสาขาการผลิตพลังงาน ขนส่ง และสินค้าอุตสาหกรรม โดยพิจารณาจาก GHG risk exposure และ Transition speed risk ผลการวิเคราะห์มีดังนี้**

### 6.1 โรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน (ลม แสงอาทิตย์ ชีวมวล)

**ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนมี Transition risk ต่ำ** เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ และช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้โรงไฟฟ้าถ่านหิน รวมถึงได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐและเอกชนทั้งในและต่างประเทศที่มีนโยบายเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนให้ได้มากที่สุด และได้รับการตอบรับที่ดีจากผู้บริโภค เนื่องจากช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในระยะยาว และเพิ่มรายได้ให้กับสังคมได้ นอกจากนี้ นวัตกรรมและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่ทันสมัยมากขึ้นทำให้ต้นทุนมีแนวโน้มลดลง อย่างไรก็ตาม การนำพลังงานทดแทนมาใช้อาจมีข้อจำกัด จากความมั่นคงทางพลังงาน ต้นทุนในการผลิตที่จะส่งผ่านไปยังภาคเศรษฐกิจจริง ความเพียงพอของพืชพลังงานสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวล รวมถึงความเป็นมิตรที่แท้จริงจากกระบวนการผลิตและทำลายวัสดุเกี่ยวเนื่อง (แผงโซล่าเซลล์ และแบตเตอรี่)

รูปที่ 6 Transition risk ของโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน

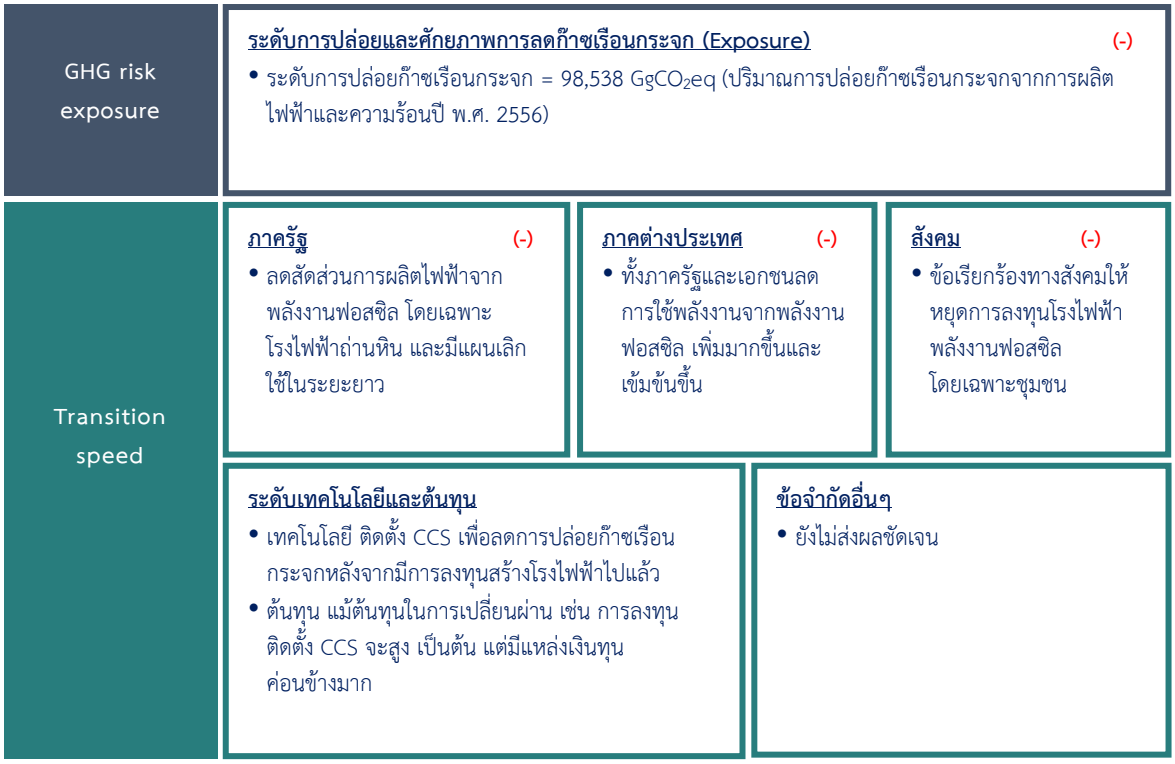



ที่มา: ศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกจากแผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ. 2564 - 2573 และวิเคราะห์โดยผู้เขียน

## 6.2 โรงไฟฟ้าพลังงานฟอสซิล (ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ)

**ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับโรงไฟฟ้าพลังงานฟอสซิล ได้แก่ โรงไฟฟ้าถ่านหิน และโรงไฟฟ้าก๊าซธรรมชาติ มี Transition risk สูง** เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงสูง และส่งผลให้สาขาธุรกิจอื่นปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงไปด้วยจากการเป็นผู้ใช้ไฟฟ้า (ขอบเขตที่ 2) ประกอบกับภาครัฐและเอกชนมีนโยบายลดความสำคัญของโรงไฟฟ้าถ่านหินลงอย่างชัดเจน อย่างไรก็ดี ผู้ผลิตไฟฟ้าจากถ่านหินได้มีการปรับตัวโดยการติดตั้ง CCS เพื่อบรรเทาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้วทุกแห่งในไทย และบางส่วนมีแผนพัฒนาต่อยอดนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่กักเก็บไว้มาใช้ประโยชน์ (CCUS)

รูปที่ 7 Transition risk ของโรงไฟฟ้าพลังงานฟอสซิล (ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ)

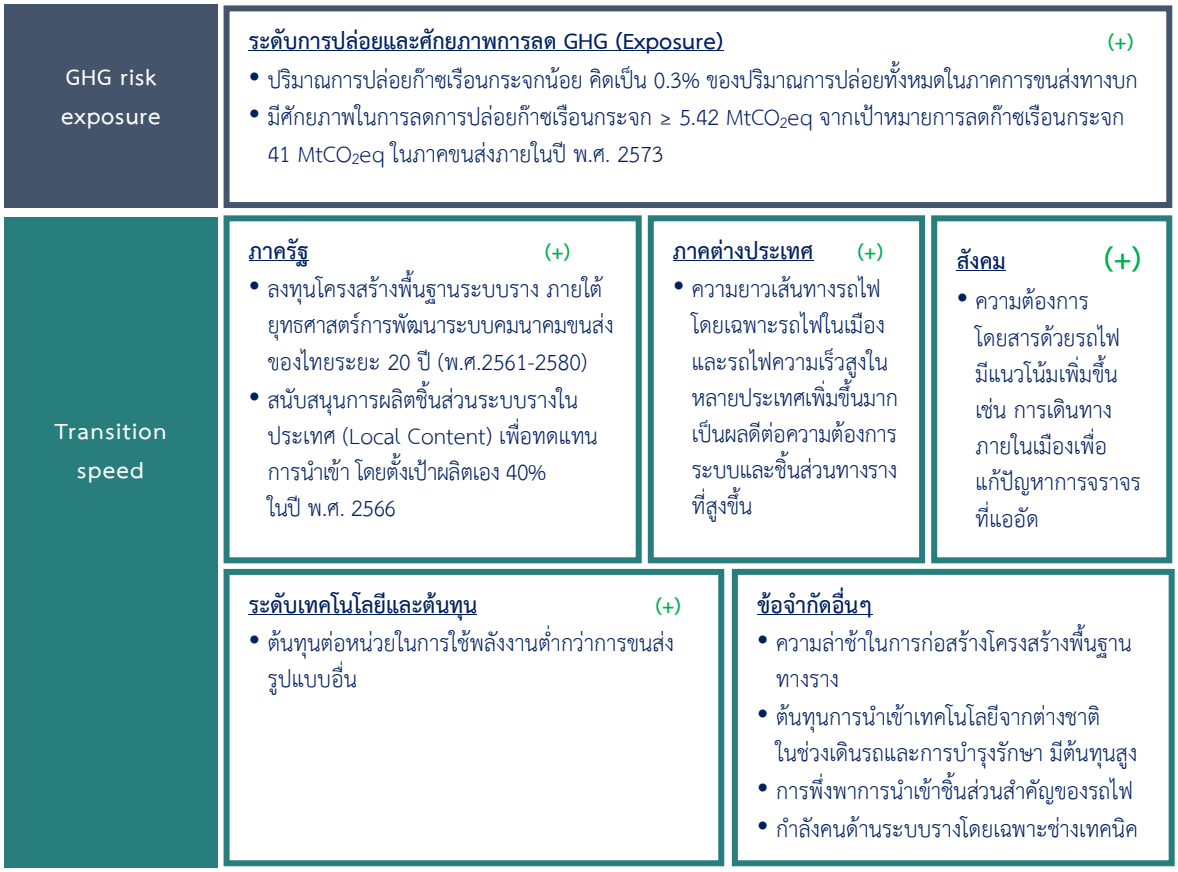



ที่มา: GHG risk exposure จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าและความร้อนปี 2556 และวิเคราะห์โดยผู้เขียน

## 6.3 การขนส่งทางระบบราง

**ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งทางระบบรางมี Transition risk ต่ำ** เนื่องจากต้นทุนต่อหน่วยการใช้พลังงานต่ำทำให้การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่าการขนส่งรูปแบบอื่น ธุรกิจได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐในประเทศ เช่น การจัดสรรเงินลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานทางราง เงินทุนสนับสนุน[10]และส่งเสริมความร่วมมือระหว่างภาครัฐ เอกชน และสถาบันการศึกษา ส่วนในต่างประเทศมีแนวโน้มลงทุนด้านระบบรางเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ประชาชนยังมีความต้องการเดินทางด้วยระบบรางเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ธุรกิจยังเผชิญข้อจำกัดหลายเรื่อง ได้แก่ ความล่าช้าในการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานทางราง ต้นทุนการนำเข้าเทคโนโลยีและบุคลากรต่างชาติในช่วงเดินรถและบำรุงรักษาที่สูง การพึ่งพาการนำเข้าชิ้นส่วนสำคัญของรถไฟ และกำลังคนด้านระบบรางโดยเฉพาะช่างเทคนิคยังไม่เพียงพอ

รูปที่ 8 Transition risk ของการขนส่งทางระบบราง



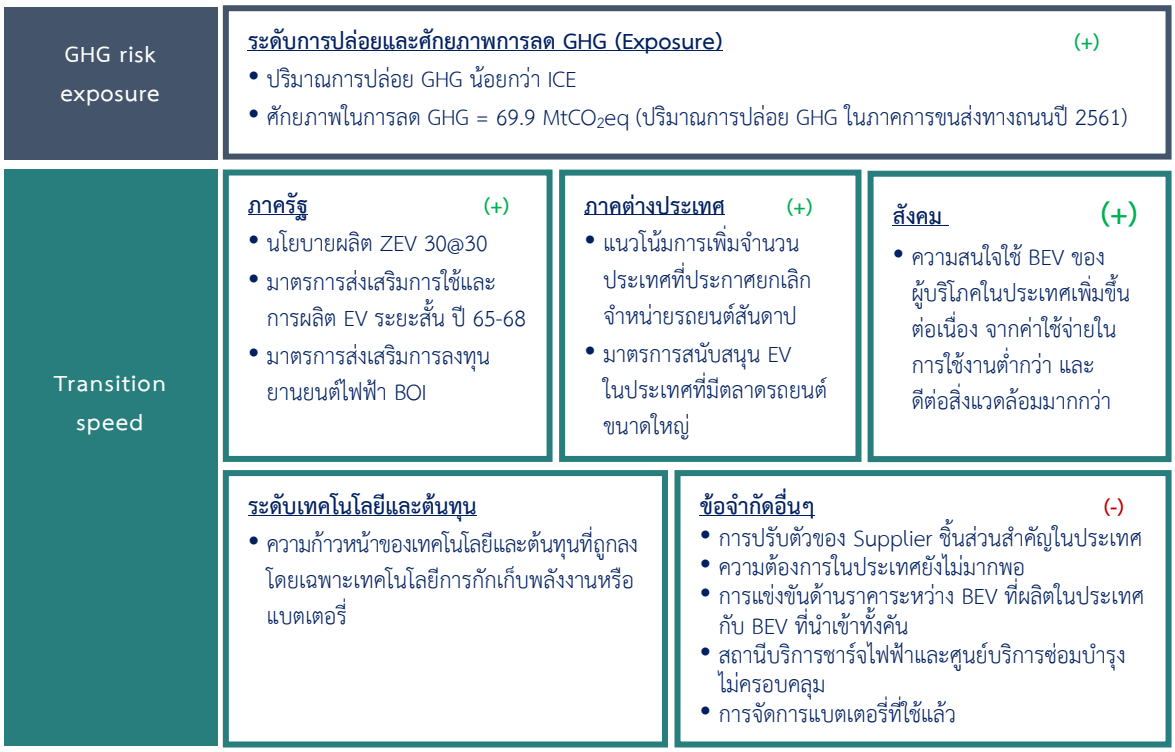

ที่มา: GHG risk exposure จาก สผ. และและศักยภาพในการลดจากแผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ พ.ศ. 2564 – 2573 และวิเคราะห์โดยผู้เขียน

[10] หน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (บพข.) สนับสนุนทุนวิจัยในโครงการวิจัยและพัฒนาต้นแบบระบบรถไฟฟ้ารางเบาโดยและชิ้นส่วนอะไหล่ที่ผลิตภายในประเทศไทยให้กับทีมนักวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน (มทร.) วิทยาเขตขอนแก่น ร่วมกับบริษัท ช ทวี จำกัด (มหาชน) และภาคีเครือข่าย ให้ได้ชิ้นส่วนสำคัญ ได้แก่ โบกี้ (Bogie) ตัวถัง (Car Body) ระบบปรับอากาศ (Cooling System) แพนโตกราฟ (Pantograph) ระบบจ่ายไฟฟ้าเสริม (Auxiliary Power Unit) อุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง (Fastener) หมอน อัดแรง (Sleeper) ผสมยางพารา สำหรับรถไฟฟ้ารางเบา มอเตอร์ลากจูง (Traction Motor) และอินเวอร์เตอร์ขับเคลื่อน (Traction Inverter) จะเป็นการนำชิ้นส่วนต้นแบบมาประกอบรวมกันเป็นขบวนรถไฟฟ้ารางเบาต้นแบบและทำการทดสอบวิ่งในเส้นทางทดสอบในพื้นที่ มทร. วิทยาเขตขอนแก่น และเส้นทางวิ่งบริเวณรอบบึงแก่นนคร จ.ขอนแก่น เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการพัฒนาระบบขนส่งมวลชนระบบรางเบา สายเหนือ-ใต้ ต้นแบบในเมืองภูมิภาคจังหวัดขอนแก่นบริษัท ขอนแก่น ทรานซิท ซิสเต็ม จำกัด (KKTS) ซึ่งจะแล้วเสร็จภายในปี พ.ศ. 2568; ที่มา : https://www.bangkokbiznews.com/tech/990041

## 6.4 ยานยนต์ไฟฟ้าพลังงานแบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicle: BEV)

**ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับ BEV มี Transition risk ต่ำ** เนื่องจากมีศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่ายานยนต์สันดาปภายใน ภาครัฐทั้งในและต่างประเทศมีมาตรการสนับสนุนผู้ผลิตและผู้บริโภค ทำให้ต้นทุนการผลิตชิ้นส่วนที่สำคัญมีแนวโน้มลดลงต่อเนื่อง นอกจากนี้ ผู้บริโภคหันมาความสนใจ BEV มากขึ้นจากต้นทุนพลังงานไฟฟ้าที่ถูกกว่าราคาน้ำมัน อย่างไรก็ตาม ธุรกิจยังเผชิญข้อจำกัดหลายเรื่อง ได้แก่ การปรับตัวของ Suppliers ชิ้นส่วนสำคัญ ตลาด BEV ในประเทศที่ยังมีขนาดเล็ก การแข่งขันทางด้านราคาระหว่าง BEV ที่ผลิตในประเทศและ BEV ที่นำเข้าทั้งคัน ความครอบคลุมของสถานีบริการชาร์จไฟฟ้าและศูนย์บริการซ่อมบำรุง รวมถึงการจัดการแบตเตอรี่ที่ใช้แล้ว

รูปที่ 9 Transition risk ของ BEV

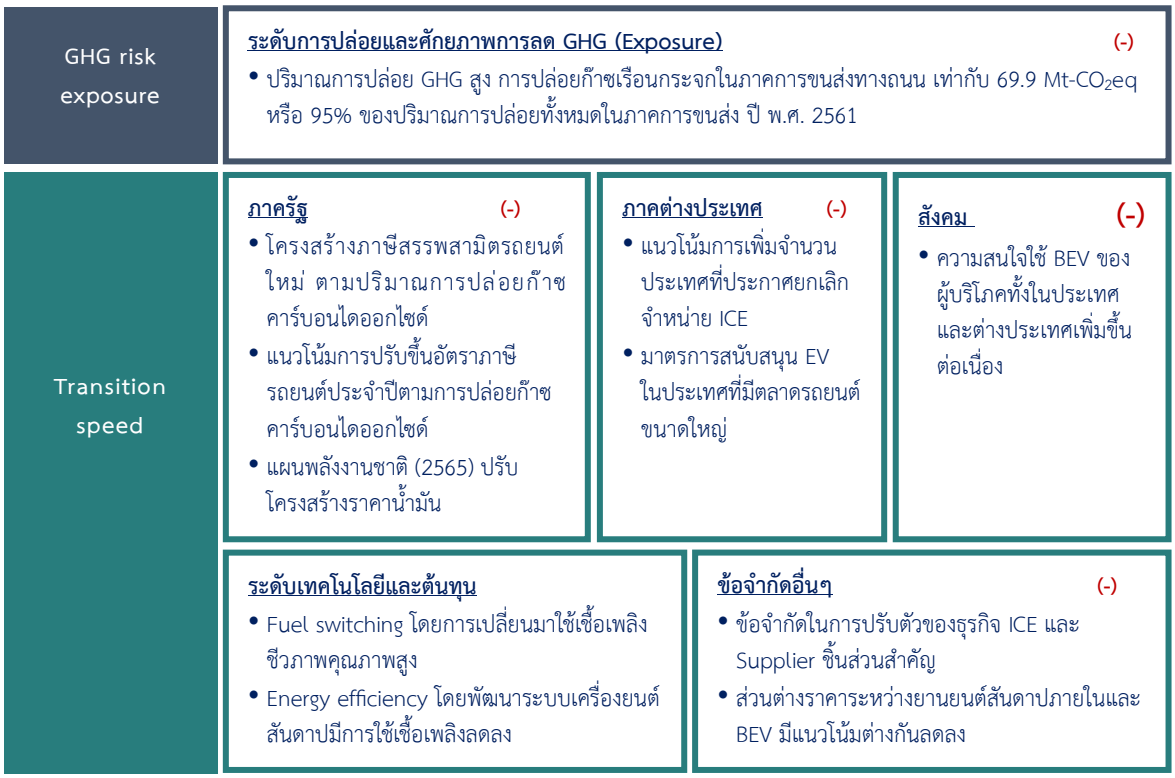



ที่มา: GHG risk exposure จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคการขนส่งทางถนนปี 2561 ของ สผ. และวิเคราะห์โดยผู้เขียน

## 6.5 ยานยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine: ICE)

**ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับ ICE มี Transition risk สูง** เนื่องจากมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง ทำให้นโยบายของภาครัฐทั้งในและต่างประเทศทยอยลดบทบาทสนับสนุนการผลิตและการใช้ ICE ลง พฤติกรรมของผู้บริโภคหันมาให้ความสนใจ BEV มากขึ้น และส่วนต่างระหว่างราคา ICE และ BEV มีแนวโน้มลดลง รวมถึงข้อจำกัดในการปรับตัวของ Suppliers ชิ้นส่วนสำคัญ อย่างไรก็ตาม ธุรกิจสามารถลดผลกระทบจาก Transition risk ได้ เนื่องจากมีเครื่องมือหรือเทคโนโลยีในการลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีต้นทุนไม่สูง เช่น การเพิ่มประสิทธิภาพอุปกรณ์ (Energy efficiency) การเปลี่ยนชนิดเชื้อเพลิง (Fuel switching) เป็นเชื้อเพลิงคาร์บอนต่ำหรือเชื้อเพลิงชีวภาพ (Biofuel) นอกจากนี้ ผู้ผลิตรถยนต์สันดาปภายในหลากหลายค่ายเร่งปรับตัวด้วยการตั้งเป้ายุติการผลิตรถยนต์สันดาปภายใน อย่างเช่น ค่ายรถยนต์ยุโรป (Ford, Volvo, Volkwagen) ตั้งเป้ายุติการผลิตภายในปี ค.ศ. 2035 ค่ายรถยนต์จีน (Haval) ตั้งเป้ายุติการผลิตภายในปี 2030 โดยหันมามุ่งพัฒนาและผลิตรถยนต์ไฟฟ้าไฮบริด (HEV) รถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด (PHEV) รถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (BEV) รวมถึงยานยนต์ไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell Electric Vehicle: FCEV)

รูปที่ 10 Transition risk ของ ICE

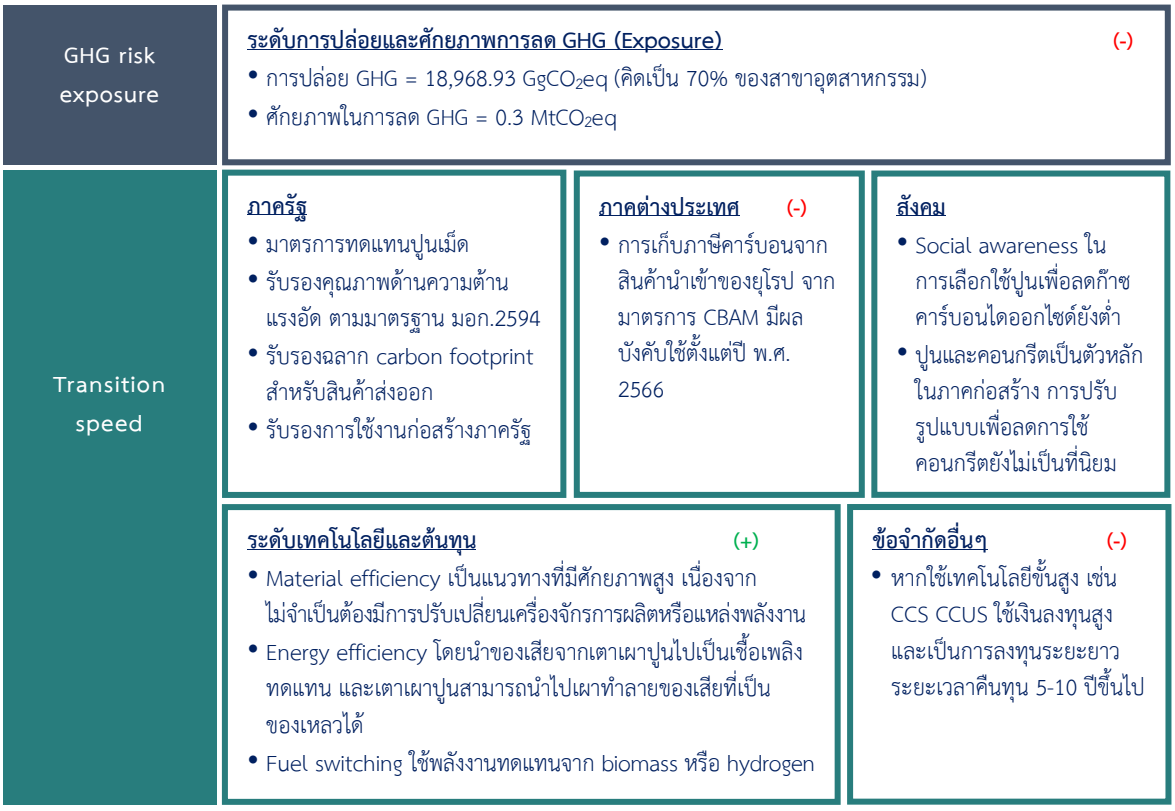



ที่มา: GHG risk exposure จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคการขนส่งทางถนนปี 2561 ของ สผ. และวิเคราะห์ผู้เขียน

## 6.6 ซีเมนต์และก่อสร้าง

**ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับซีเมนต์และก่อสร้างมี Transition risk ปานกลาง** แม้ซีเมนต์และก่อสร้างเป็นกิจกรรมการผลิตที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากประมาณ 70% ของสาขาอุตสาหกรรมทั้งหมด แต่ปัจจัยกดดันการปรับตัวของธุรกิจยังไม่มาก ธุรกิจสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีขั้นกลางโดยไม่ต้องลงทุนสูง นอกจากนี้ผลกระทบโดยตรงจากมาตรการ CBAM ยังอยู่ในวงจำกัดจากมูลค่าการส่งออกไปยังยุโรปค่อนข้างน้อย และธุรกิจมีเวลาปรับตัวจนกว่าจะมีการเก็บภาษีคาร์บอนอย่างจริงจังในปี 2570 อย่างไรก็ดี ธุรกิจอาจมีความเสี่ยงมากขึ้นหากไม่ปรับตัว และประเทศอื่นๆ เริ่มหันมาใช้มาตรการประเภท CBAM มากขึ้น

รูปที่ 11 Transition risk ของซีเมนต์และก่อสร้าง

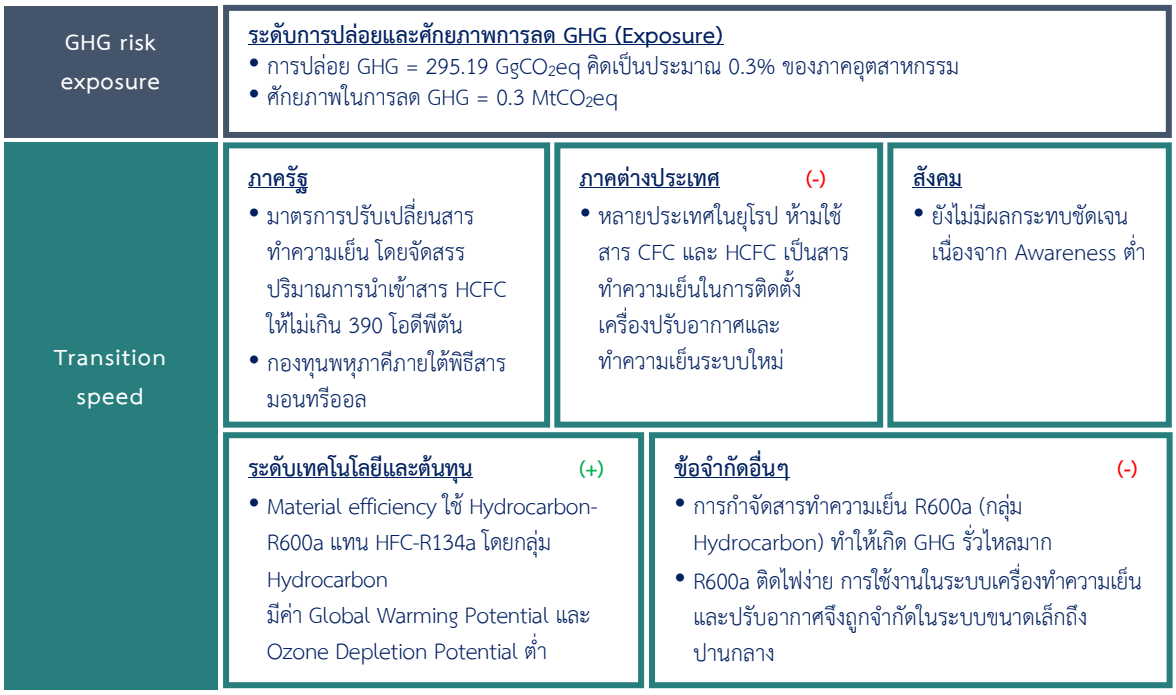



ที่มา: GHG risk exposure จาก สผ. และศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกจากแผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ พ.ศ. 2564 – 2573 และวิเคราะห์ผู้เขียน

## 6.7 เครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็น

**ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับเครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็นมี Transition risk ปานกลาง** เนื่องจากปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับต่ำเทียบกับสาขาธุรกิจอื่น มีทางเลือกในการใช้สารทำความเย็นทดแทนโดยไม่ต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูง มาตรการภาครัฐไม่รุนแรง อีกทั้งยังเป็นสนับสนุนให้ธุรกิจปรับตัวอย่างค่อยเป็นค่อยไป

รูปที่ 12 Transition risk ของเครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็น

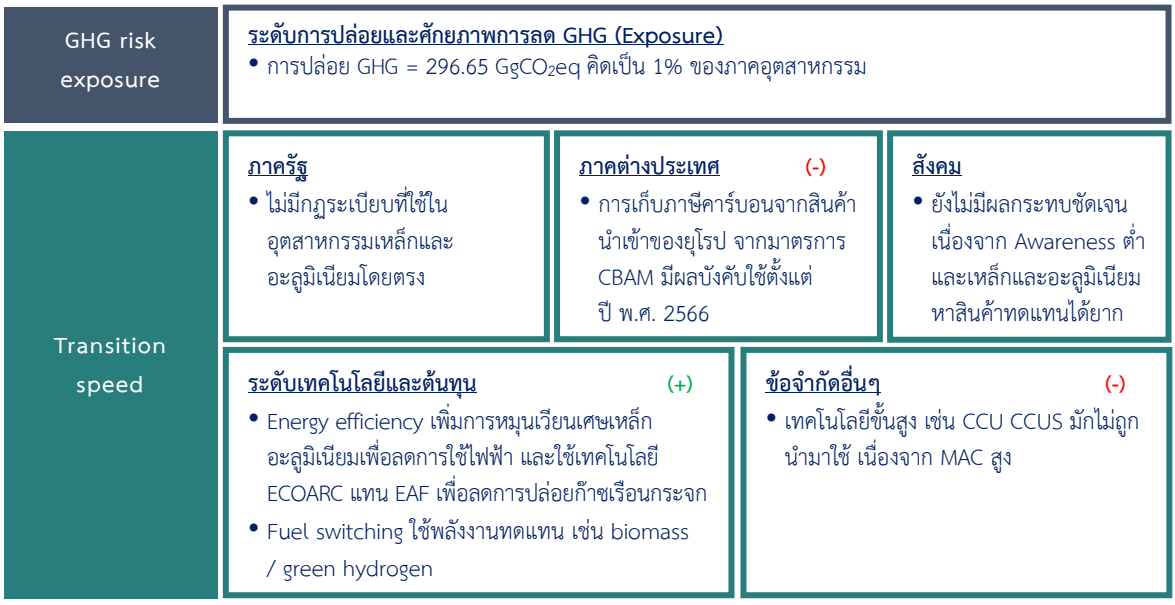



ที่มา: GHG risk exposure จาก สผ. และศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกจากแผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ พ.ศ. 2564 – 2573 และวิเคราะห์ผู้เขียน

## 6.8 เหล็ก อะลูมิเนียม

**ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับเหล็กและอะลูมิเนียมมี Transition risk ปานกลาง** เนื่องจากปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับต่ำเทียบกับสาขาธุรกิจอื่น มีทางเลือกในการปรับใช้เทคโนโลยีโดยมีต้นทุนปานกลาง เช่น การพัฒนาประสิทธิภาพพลังงาน การปรับเปลี่ยนเชื้อเพลิง นอกจากนี้ยังได้รับผลกระทบจากมาตรการ CBAM ค่อนข้างน้อย และปัจจัยกดดันจากพฤติกรรมผู้บริโภคอยู่ในระดับต่ำ

รูปที่ 13 Transition risk ของเหล็ก อะลูมิเนียม




ที่มา: GHG risk exposure จาก สผ. และวิเคราะห์ผู้เขียน

## 6.9 สรุป Transition Risk ต่อสาขาธุรกิจสำคัญ

ตารางที่ 2 สรุปผลกระทบ Transition risk ของแต่ละธุรกิจ

| Sector | Sub-sector | GHG risk exposure | Transition speed risk | Transition risk |
|---|---|---|---|---|
| พลังงานไฟฟ้า | โรงไฟฟ้าพลังงานลม | | | |
| | โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ | | | |
| | โรงไฟฟ้าชีวมวล | | | |
| | โรงไฟฟ้าพลังงานฟอสซิล | | | |
| ขนส่ง | การขนส่งทางระบบราง | | | |
| | ยานยนต์ไฟฟ้า (BEV) | | | |
| | ยานยนต์สันดาปภายใน (ICE) | | | |
| อุตสาหกรรม | ซีเมนต์และก่อสร้าง | | | |
| | เครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็น | | | |
| | เหล็ก อะลูมิเนียม | | | |

ที่มา: ผู้เขียน

**(1) กลุ่มธุรกิจที่มี Transition risk ต่ำ มีแนวโน้มได้ประโยชน์จากเปลี่ยนผ่าน (Positive) ได้แก่ ธุรกิจผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทน ธุรกิจการขนส่งทางระบบราง ธุรกิจ BEV** โดยมีปัจจัยส่งเสริมหลักจากนโยบายภาครัฐในการปรับแหล่งพลังงานของประเทศที่ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต รวมถึงแผนดำเนินธุรกิจของเอกชนที่ใส่ใจต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ผ่านการลงทุนในเทคโนโลยีที่เอื้อต่อการปรับตัวไปใช้พลังงานสีเขียว

**(2) กลุ่มธุรกิจที่มี Transition risk สูง มีแนวโน้มเสียประโยชน์จากการเปลี่ยนผ่าน (Negative) หากไม่ปรับตัวหรือปรับตัวไม่ทันได้แก่ ธุรกิจโรงไฟฟ้าถ่านหิน และธุรกิจ ICE** เนื่องจากเป็นภาคธุรกิจที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงและเป็นต้นทางแก่ธุรกิจสาขาอื่นจากการใช้พลังงานและการขนส่ง อีกทั้งยังได้รับผลกระทบโดยตรงจากแผนการปรับโครงสร้างกิจการพลังงานเพื่อรองรับการเปลี่ยนผ่านไปสู่เศรษฐกิจและสังคมคาร์บอนต่ำของภาครัฐ

**(3) กลุ่มธุรกิจที่มี Transition risk ปานกลาง ได้แก่ ธุรกิจผลิตซีเมนต์และก่อสร้าง เครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็น เหล็ก และอะลูมิเนียม** เนื่องจากธุรกิจเริ่มมีการปรับตัวโดยสามารถปรับใช้เทคโนโลยีตามปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมได้ และยังมีระยะเวลาในการปรับตัวกับข้อกำหนดหรือมาตรการจากต่างประเทศอย่างค่อยเป็นค่อยไป

นอกจากนี้ **สาขาเศรษฐกิจย่อยยังได้รับผลกระทบจากความเสี่ยงจากการเปลี่ยนผ่านจากการเป็นธุรกิจที่อยู่ในห่วงโซ่อุปทาน** ภายใต้สาขากิจกรรมหลักที่ภาครัฐมุ่งเน้นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหากไม่มีการปรับตัวหรือปรับตัวไม่ทัน ดังนี้

**(1) กลุ่มที่ได้รับผลดี** ประกอบด้วย โรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน เช่น โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และชีวมวล เป็นต้น ผู้ปลูกพืชพลังงาน เช่น ปาล์มน้ำมัน ข้าว มันสำปะหลัง และอ้อย เป็นต้น

การผลิตชิ้นส่วนหรือระบบสำคัญใน BEV เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า แบตเตอรี่ ระบบควบคุม ระบบเกียร์ เครื่องอัดประจุไฟฟ้า ระบบทำความเย็น และธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งระบบราง

**(2) กลุ่มที่มีแนวโน้มได้รับผลดี** ประกอบด้วย โรงไฟฟ้าก๊าซธรรมชาติ การขุดเจาะก๊าซธรรมชาติ และอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

**(3) กลุ่มที่มีแนวโน้มได้รับผลเสีย** ประกอบด้วย การกลั่นปิโตรเลียม ผลิตเคมีภัณฑ์ รับเหมาก่อสร้าง และอสังหาริมทรัพย์ ผลิตภัณฑ์จากแร่อโลหะ ผลิตระบบเบรกและทำความเย็นใน ICE ผลิตภัณฑ์ทำจากไม้ ผลิตภัณฑ์กระดาษ สิ่งทอ อาหารและเครื่องดื่ม ทั้งนี้ บางภาคธุรกิจในภาคบริการ อาทิ ร้านอาหารและโรงแรมที่มีจำนวนผู้ประกอบการเป็นส่วนใหญ่ของประเทศไทย อาจได้รับผลกระทบจากต้นทุนที่สูงขึ้นในช่วงแรก และหากไม่สามารถปรับตัวได้ทันอาจกระทบจากความต้องการของลูกค้าที่ใส่ใจสิ่งแวดล้อมมากขึ้น เช่น การท่องเที่ยวสีเขียว (Green tourism) เป็นต้น เช่นเดียวกับความต้องการของบริษัทผู้ผลิตต่างประเทศที่ต้องการวัตถุดิบที่ยั่งยืนในการผลิตจะส่งผลกระทบต่อกลุ่มเกษตรกรส่วนใหญ่ในประเทศหากไม่สามารถปรับตัวให้เข้าสู่มาตรฐานการปลูกพืชแบบยั่งยืนได้ เช่น ข้าวยั่งยืน (Sustainable Rice Platform: SRP) ยางพารายั่งยืน (Forest Stewardship Council: FSC) อ้อยยั่งยืน (Bonsucro) และน้ำมันปาล์มยั่งยืน (Roundtable on Sustainable Palm Oil: RSPO) เป็นต้น

**(4) กลุ่มที่ได้รับผลเสีย** ประกอบด้วย โรงงานไฟฟ้าถ่านหิน ขนส่งทางเครื่องบิน ขนส่งทางเรือ การทำเหมืองแร่ เอทานอล ผลิตชิ้นส่วนและระบบใน ICE เช่น ชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ระบบส่งกำลัง (Transmission) ระบบจ่ายเชื้อเพลิงและท่อไอเสีย (Fuel and exhaust system)

## 7. ข้อสรุปและข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

จากการศึกษาผลกระทบของ Transition risk จากการพิจารณาในมิติของ GHG risk exposure และ Transition speed risk ต่อเศรษฐกิจทั้งในภาพรวมและสาขาธุรกิจ สามารถ**สรุปประเด็นสำคัญ**ได้ดังนี้

(1) **การเปลี่ยนผ่านไปสู่เป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ในปี 2065 ของประเทศไทยมีความท้าทายสูง โดยประเทศไทยจำเป็นต้องลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงอีกอย่างน้อย 64% เทียบกับ BAU ขณะที่ในอดีต (ปี 2014-2019) ไทยสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เฉลี่ยปีละ 13.5% เท่านั้น** หากจะทำให้สำเร็จตามเป้าหมาย จะต้องลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณมากอย่างต่อเนื่อง ซึ่งนับเป็นการเปลี่ยนแปลงเรื่องใหม่และครั้งใหญ่สำหรับประเทศ

(2) **การดำเนินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะทำให้เกิดต้นทุนทางเศรษฐกิจ และผลกระทบมีแนวโน้มที่จะเพิ่มระดับความรุนแรงมากหากการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว สำหรับกรณีผลกระทบของไทยมีการประเมินไว้ว่า นโยบายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยภาษีคาร์บอนจะทำให้ GDP ลดลง 3%-9% ในปี 2050** อย่างไรก็ดี ภาครัฐสามารถช่วยบรรเทาผลกระทบทางเศรษฐกิจได้ หาก

มีการจัดการที่ดี โดยสามารถผสมผสานระหว่างเครื่องมือส่งเสริมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและนโยบายบรรเทาผลกระทบได้อย่างลงตัวและทันการณ์

(3) **ภาคเอกชนโดยเฉพาะบริษัทรายใหญ่หลายแห่งเริ่มมีการปรับตัวด้านสิ่งแวดล้อมแล้ว โดยมีแผนการดำเนินงานที่มุ่งไปสู่การปรับตัวด้านสิ่งแวดล้อมที่รวดเร็วกว่าเป้าของประเทศ และเริ่มกำหนดให้ธุรกิจที่อยู่ในห่วงโซ่การผลิตปรับตัวด้วยเช่นกัน** ขณะเดียวกันภาครัฐมุ่งเน้นการปรับตัวในภาคพลังงานและขนส่งเป็นหลักตามนโยบายแผนพลังชาติซึ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและการใช้พลังงานหมุนเวียน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อห่วงโซ่การผลิตตลอดจนสินค้าโภคภัณฑ์ด้วย อาทิ นโยบายการส่งเสริม EV จะกระทบกับชิ้นส่วน ICE

(4) **ผลกระทบในบางสาขาธุรกิจ (Distributional impact) โดยเฉพาะสาขาที่พึ่งพิงการใช้พลังงาน การขนส่ง เหมืองแร่ มีมากกว่าผลกระทบต่อเศรษฐกิจโดยรวม (Aggregate impact)** เนื่องจากมี Transition risk สูง แต่ละอุตสาหกรรมและภายในอุตสาหกรรมมีความสามารถและข้อจำกัดในการปรับตัวที่แตกต่างกัน

จากงานศึกษาครั้งนี้ นำไปสู่**ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย** ดังนี้

(1) **การดำเนินมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกควรเริ่มต้นให้เร็ว เข้มข้นขึ้นตามลำดับ และต้องทำต่อเนื่อง เพื่อให้การเปลี่ยนผ่านเป็นไปอย่างราบรื่น (Smooth transition)** หลีกเลี่ยงความเสี่ยงที่ต้องเร่งลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างฉับพลันในภายหลัง โดยภาครัฐจำเป็นต้องเริ่มออกมาตรการภาคบังคับและวางโครงสร้างพื้นฐานที่จะรองรับการปรับตัว โดยเฉพาะมาตรการที่ส่งเสริมการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและการใช้พลังงานหมุนเวียนมากขึ้น เช่น ปลดล็อคให้ภาคเอกชนสามารถจำหน่ายไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานหมุนเวียนในระบบได้

(2) **ภาครัฐควรผสมผสานเครื่องมือในการลดก๊าซเรือนกระจกทั้งการใช้กลไกราคา (Market-based approach) การกำหนดกฎเกณฑ์ (Prescriptive approach) และการสนับสนุนและส่งเสริม (Facilitative approach)** เช่น ลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานที่ช่วยลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิง สนับสนุนการเข้าถึงและพัฒนาเทคโนโลยี CCUS ร่วมกับภาคเอกชนและสถาบันการศึกษา เพื่อให้เกิดการนำไปใช้จริงและเข้าถึงได้ง่ายขึ้น และสนับสนุนการเงินแก่กิจการสีเขียว เพื่อลดผลกระทบทางเศรษฐกิจ

(3) **การส่งเสริมให้ภาคธุรกิจปรับตัวได้อย่างมีประสิทธิผลควรคำนึงถึงความคุ้มค่าของภาคธุรกิจ ซึ่งพิจารณาถึงต้นทุนหน่วยสุดท้ายของการลดก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost: MAC)** โดยภาครัฐอาจเพิ่มแรงจูงใจในการลงทุนเทคโนโลยีและโครงสร้างพื้นฐานที่เอื้อต่อการปรับตัวของภาคธุรกิจที่มีต้นทุนสูง โดยเฉพาะเทคโนโลยีลดก๊าซเรือนกระจกที่มีต้นทุนขั้นต้นสูง (Fixed cost) แต่ต้นทุนต่อหน่วยจะทยอยลดลงภายหลัง จนทำให้โครงการที่ลงทุนมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value) เป็นบวกได้ การสนับสนุนอาจทำในรูปแบบ เช่น การร่วมทุนกับภาคเอกชน โดยภาครัฐให้เงินลงทุนล่วงหน้า (Upfront) และรองรับความเสี่ยงการลงทุนผ่านการรับประกัน (Insurance/Guarantees)

**ในระดับประเทศ ประเทศไทยควรพิจารณานโยบายการเปลี่ยนผ่านไปสู่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์บนจุดแข็งของตนเอง** เช่น การผลิตพลังงานหมุนเวียนจากสินค้าเกษตรของประเทศไทยอาจมี MAC ต่ำกว่าประเทศอื่นเนื่องจากมีทรัพยากรด้านนี้สูง ดังนั้น ประเทศไทยอาจพิจารณาถึงการใช้พลังงานหมุนเวียนจากสินค้าเกษตรมากขึ้น เช่น การใช้ไฟฟ้าจากชีวมวล และการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลหรือไบโอดีเซล

(4) **ภาครัฐควรให้ความสำคัญกับการปรับตัวของภาคเกษตรมากขึ้นจากแผนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปัจจุบัน โดยสนับสนุนการเกษตรที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ** เช่น การปลูกข้าวตามมาตรฐานการผลิตข้าวอย่างยั่งยืน หรือ Sustainable Rice Platform (SRP) Standard เนื่องจากการปล่อยก๊าซในภาคเกษตรกรรมส่วนใหญ่มาจากการทำนาข้าว การใช้ปุ๋ย และปศุสัตว์

(5) **มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกควรออกแบบแรงจูงใจที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงความสัมพันธ์ของห่วงโซ่ธุรกิจ เพื่อให้เกิดการช่วยเหลือและการปรับตัวอย่างยั่งยืน และไม่เพิ่มภาระทางการคลังในระยะยาว** อาทิ บริษัทผู้ผลิตน้ำอัดลมมีเจตนารมณ์ที่จะปรับตัวไปสู่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ จึงสั่งซื้อน้ำตาลที่ได้ตามมาตรฐาน Bonsucro ที่ครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการปลูกอ้อยตลอดจนการผลิตน้ำตาล ทำให้โรงงานน้ำตาลต้องปรับตัว และส่งเสริมชาวไร่ให้สามารถปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการในไร่อ้อยให้ถูกต้องตามที่มาตรฐานกำหนดไว้

# ภาคผนวก

## ผลกระทบในมุมได้ - เสียของภาคธุรกิจ

### 1. โรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน (ลม แสงอาทิตย์ ชีวมวล)

**ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนมี Transition risk ต่ำ** เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ จึงได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐและเอกชนทั้งในและต่างประเทศ ได้รับการตอบรับที่ดีจากผู้บริโภค นอกจากนี้ นวัตกรรมและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่ทันสมัยมากขึ้น ทำให้ต้นทุนมีแนวโน้มลดลง

**(1) GHG risk exposure ต่ำ** ธุรกิจผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มาก จากเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศในแผนที่นำทาง พบว่า มาตรการใช้พลังงานทดแทนในการผลิตไฟฟ้า อุตสาหกรรม และครัวเรือนจะช่วยให้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 54 MtCO2eq หรือคิดเป็น 52% ของเป้าหมายที่คาดว่าจะลดก๊าซเรือนกระจกในปี 2573 จากทุกมาตรการ

**(2) นโยบายหรือมาตรการสนับสนุนจากภาครัฐมีความครอบคลุมและชัดเจนมากขึ้น** โดยเฉพาะแนวนโยบายของแผนพลังงานชาติปี 2565 (National energy plan 2022) ที่ได้กำหนดทิศทางไว้ว่าจะเพิ่มสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าใหม่ให้มีสัดส่วนจากพลังงานหมุนเวียนไม่น้อยกว่า 50% ของพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด ปรับโครงสร้างกิจการพลังงานรองรับแนวโน้มการเปลี่ยนผ่านพลังงาน (Energy transition) ตามแนวทาง 4D1E[11] นอกจากนี้ ภาครัฐมีโครงการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนอย่างเป็นรูปธรรม เช่น โครงการโรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อเศรษฐกิจฐานราก โครงการพลังงานแสงอาทิตย์ทุ่นลอยน้ำ รวมถึงโครงการศึกษาและพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดที่มีอย่างต่อเนื่อง

**(3) นโยบายสนับสนุนการใช้พลังงานทดแทนของต่างประเทศ** นโยบายสนับสนุนการเพิ่มสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนของไทยสอดคล้องกับทิศทางนโยบายของหลายประเทศ เช่น กฎระเบียบพลังงานทดแทนของสหภาพยุโรป (EU renewable energy directive) ได้ปรับเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนทั้งหมดในสหภาพยุโรปเป็น 45% ในปี 2030 และกว่า 20 รัฐในสหรัฐอเมริกามีเป้าหมายที่จะเป็น 100% Carbon-free electricity energy ในปี 2050 เช่นเดียวกับประเทศญี่ปุ่นที่ระบุในร่าง 6$^{th}$ Strategic energy plan ที่สนับสนุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนในปี 2030 ให้มีสัดส่วนมากคือ 36%-38% ของการผลิตไฟฟ้าทุกแหล่งในประเทศ

**(4) ความร่วมมือของภาคเอกชนทั้งจากในประเทศและต่างประเทศ** กว่า 360 บริษัทในโลกเป็นผู้นำด้านการใช้พลังงานทดแทน โดยมีการจัดตั้งกลุ่ม RE100 ซึ่งสมาชิกที่เข้าร่วมมีเป้าหมายที่จะใช้ไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนในการดำเนินธุรกิจทั้งหมดในปี 2593 สำหรับธุรกิจไทยมีการจัดตั้งสมาคมพลังงานหมุนเวียน

[11] **4D1E** คือ **Decarbonization:** การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคพลังงาน **Digitalization:** การนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ในการบริหารจัดการระบบพลังงาน **Decentralization:** การกระจายศูนย์การผลิตพลังงานและโครงสร้างพื้นฐาน **Deregulation:** การปรับปรุงกฎระเบียบรองรับนโยบายพลังงานสมัยใหม่ และ **Electrification:** การเปลี่ยนรูปแบบการใช้พลังงานมาเป็นพลังงานไฟฟ้า

ไทย (RE 100) ปัจจุบันมีสมาชิกจากภาครัฐและเอกชนรวมแล้วกว่า 500 ราย นอกจากนี้ จำนวนบริษัทที่เข้าร่วมกลุ่ม RE100 เพิ่มขึ้นเกือบ 4 เท่าในช่วงปี 2558 – 2563

**(5) ความสนใจในพลังงานทดแทนเพิ่มขึ้น** Krungthai COMPASS (2564) พบว่า ครัวเรือนมีแนวโน้มสนใจในการลงทุนติดตั้ง Solar rooftop เพิ่มมากขึ้นจากระยะเวลาคืนทุนที่เร็วขึ้น (จากเดิมประมาณ 17-30.3 ปี เหลือ 6.1-13.9 ปี) ราคาแผงโซล่าเซลล์ที่ถูกลง รวมถึงการปรับราคารับซื้อไฟเพิ่มขึ้นจาก 1.68 บาทต่อหน่วย ในช่วงปี 2562-2563 เป็น 2.2 บาทต่อหน่วย ในปี 2564 และคาดว่าชุมชนหรือเกษตรกรจะได้รับผลประโยชน์ด้านรายได้จากโครงการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าของภาครัฐ อย่างเช่นโครงการโรงไฟฟ้าเพื่อเศรษฐกิจฐานราก นอกจากนี้ ธุรกิจยังมีใช้ไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน เพื่อช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของธุรกิจ เช่น ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar rooftop)

**(6) ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่ทันสมัยมากขึ้น** ทำให้ต้นทุนมีแนวโน้มลดลง โดยเฉพาะการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวลที่มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าไม่สูงเมื่อเทียบกับพลังงานทดแทนอื่น อย่างไรก็ตาม การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และลม แม้ต้นทุนอยู่ในระดับสูงแต่มีแนวโน้มลดลงต่อเนื่อง โดย EIA (2020) ชี้ให้เห็นว่า MAC เฉลี่ยในส่วนของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมจะอยู่ที่ 33 และ 27 ดอลลาร์ต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งถือว่าค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกวิธีอื่น แต่ในระยะถัดไปคาดว่าการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมจะเพิ่มขึ้นต่อเนื่องจากต้นทุนที่ถูกลงและเทคโนโลยีที่ทันสมัยมากขึ้น อาทิ ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าต่อรอบหมุนของกังหันลม และแผงโซล่าเซลล์ (BP, 2022) นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนเริ่มลงทุนและต้นทุนดำเนินการ พบว่าการลงทุนในเทคโนโลยีพลังงานสะอาด อาทิ แผงโซล่าเซลล์ กังหันพลังงานลม แม้มีต้นทุนเริ่มลงทุนที่สูงแต่ต้นทุนดำเนินการต่ำ (Hirth and Steckel, 2016)

ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาถึงข้อจำกัดในการเปลี่ยนผ่านไปใช้พลังงานทดแทนของประเทศไทย พบว่า ยังมีปัจจัยอื่นที่ต้องคำนึงถึง ดังนี้

- **ความมั่นคงทางพลังงาน** เพื่อให้เพียงพอต่อปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าและความร้อนตามการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ และเสถียรภาพของการส่งต่อไฟฟ้าไปยังหน่วยเศรษฐกิจต่าง ๆ จากข้อมูลของกระทรวงพลังงาน (2565) พบว่า การผลิตไฟฟ้ากว่า 54% มาจากก๊าซธรรมชาติ ขณะที่พลังงานทดแทนยังมีสัดส่วนค่อนข้างน้อยเพียง 11% ดังนั้น เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของประเทศ และเพื่อรักษาความมั่นคงทางพลังงาน จึงยังต้องเพิ่มกำลังการผลิตในส่วนของพลังงานทดแทนอีกมาก

- **ต้นทุนพลังงานทดแทน** ต้นทุนเฉลี่ยการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนอยู่ที่ 5.39 บาทต่อหน่วย สูงกว่าต้นทุนเฉลี่ยการผลิตไฟฟ้าจากทุกแหล่งถึง 2 เท่า (กระทรวงพลังงาน, 2565) หากหันมาใช้พลังงานทดแทนต้องคำนึงถึงโครงสร้างราคาเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นต้นทุนของเศรษฐกิจโดยรวม

- **การเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอย่างแท้จริง** แม้การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนจะเป็นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่ต้นทาง แต่ในระยะยาวต้องคำนึงถึงการทำลายวัสดุที่เกี่ยวข้องการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน อาทิ แผงโซล่าเซลล์ และแบตเตอรี่ โดยวิธีทำลายหรือนำกลับมาใช้

ใหม่ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่นเดียวกับกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าชีวมวลจะต้องได้มาตรฐานไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมเช่นกัน

- **ความเพียงพอของวัตถุดิบ** การผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลโดยการใช้พืชพลังงาน ยังมีข้อจำกัดด้านปริมาณ การรวบรวม และควบคุมคุณภาพผลผลิตพืชพลังงาน นอกจากนี้ สภาพอากาศที่แปรปรวนอาจทำให้ปริมาณพืชพลังงานของทั้งโลกลดลงและราคาสูงขึ้น ซึ่งปัจจัยข้างต้นเป็นอุปสรรคต่อโครงการโรงไฟฟ้าเพื่อเศรษฐกิจฐานราก (the Bangkok insight, 2021) นอกจากนี้ กระแสการใช้วัตถุดิบในการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ทำให้เกษตรกรผู้ปลูกต้องเลือกใช้ประโยชน์จากพืชพลังงานระหว่างการนำไปผลิตเป็นพลังงานชีวมวลและการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มอื่น อย่างเช่นการนำชานอ้อยมาผลิตเป็นกระดาษ

### 2. โรงไฟฟ้าพลังงานฟอสซิล (ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ)

**ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับโรงไฟฟ้าพลังงานฟอสซิล ได้แก่ โรงไฟฟ้าถ่านหิน และโรงไฟฟ้าก๊าซธรรมชาติ มี Transition risk สูง** เนื่องจากเป็นกิจกรรมทางตรงที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง และส่งผลให้สาขาธุรกิจอื่นที่เป็นผู้ใช้ไฟฟ้าปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงตามไปด้วย (ขอบเขตที่ 2) ประกอบกับภาครัฐและเอกชนมีนโยบายลดความสำคัญของโรงไฟฟ้าถ่านหินลงอย่างชัดเจน

**(1) GHG risk exposure สูง** จากข้อมูลบัญชีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าและพลังงาน ส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้ถ่านหินถึง 98,538 $GgCO_2eq$ หรือคิดเป็น 43% ของการเผาไหม้เชื้อเพลิงทั้งหมด

**(2) นโยบายจากภาครัฐในการลดสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานฟอสซิล** ตามแนวนโยบายของแผนพลังงานชาติปี 2565 ที่จะยกเลิกการสร้างโรงงานไฟฟ้าแห่งใหม่และลดสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งเชื้อเพลิงที่ปล่อยเรือนกระจกสูง ปัจจุบันโรงไฟฟ้าถ่านหินแม่เมาะซึ่งเป็นโรงไฟฟ้าถ่านหินที่ใหญ่ที่สุดของไทยและคาดว่าจะถูกปลดในปี 2580 แม้ว่าจะมีการติดตั้งเทคโนโลยี จนเป็นโรงงานไฟฟ้าถ่านหินพลังงานสะอาดในปัจจุบันแล้วก็ตาม

**(3) นโยบายจากภาครัฐและเอกชนในต่างประเทศในการลดบทบาทของพลังงานฟอสซิลลง** จากการประชุม COP26 มี 190 ประเทศและองค์กรต่าง ๆ ทั่วโลกให้คำมั่นว่าจะยกเลิกการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากถ่านหิน โดยจะยุติการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหินทั้งหมดภายในปี 2030 สำหรับประเทศที่พัฒนาแล้ว และภายในปี 2040 สำหรับประเทศกำลังพัฒนา นอกจากนี้ ยังมีการจัดตั้งกองทุนเพื่อช่วยเหลือประเทศกำลังพัฒนาที่ต้องการจะลดการใช้พลังงานจากโรงไฟฟ้าถ่านหิน (UNFCC, 2021)

**(4) ภาคเอกชนไม่สนับสนุนการสร้างโรงไฟฟ้าถ่านหิน** กรีนพีซประเทศไทย (2564) ให้ความเห็นว่าการจะบรรลุเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนในปี 2050 หรือการควบคุมอุณหภูมิโลกไม่ให้เพิ่มขึ้นมากกว่า 1.5 องศาเซลเซียส จะต้องหยุดสร้างหรือขยายเหมืองถ่านหิน และไม่อนุมัติโรงไฟฟ้าถ่านหินที่ไม่มีเทคโนโลยี CCS

โรงไฟฟ้าถ่านหินที่มีการลงทุนสร้างแล้ว แม้จะไม่มีการขยายการลงทุน แต่ยังต้องใช้ในการผลิตไฟฟ้าต่อเนื่อง เพื่อให้คุ้มกับการลงทุนก่อนหน้า ดังนั้น **ผู้ผลิตไฟฟ้าจากถ่านหินทุกแห่งจึงได้มีการปรับตัวโดยการติดตั้ง CCS เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก** นอกจากนี้ สำหรับการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซธรรมชาติ ผู้ผลิตหลักอย่างบริษัท ปตท. ได้เริ่มโครงการแหล่งอาทิตย์ในอ่าวไทย โดยนำก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาไปเก็บในกระเปาะก๊าซธรรมชาติที่ขุดเจาะขึ้นมา นอกจากนี้ ภาครัฐและเอกชนยังมีแผนพัฒนาต่อยอดนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่กักเก็บไว้มาใช้ประโยชน์ เช่น นำมาใช้ในการผลิตสาร Sodium bicarbonate ที่ใช้ในการแพทย์ สาร Nano calcium carbonate และ Methanal ที่ใช้ในอุตสาหกรรม

### 3. การขนส่งทางระบบราง

**ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งทางระบบรางมี Transition risk ต่ำ** เนื่องจากรูปแบบการคมนาคมขนส่งทางระบบรางมีต้นทุนต่อหน่วยการใช้พลังงานต่ำ และปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าการขนส่งรูปแบบอื่น ธุรกิจได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐ ตลอดจนในต่างประเทศมีแนวโน้มลงทุนด้านระบบรางเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ประชาชนยังมีความต้องการเดินทางด้วยระบบรางเพิ่มขึ้น โดยมีรายละเอียด ดังนี้

**(1) GHG risk exposure ต่ำ** การขนส่งทางระบบรางมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.23 $MtCO_2eq$ หรือคิดเป็น 0.3% ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในภาคการขนส่งทางบก (สผ., 2555) ซึ่งเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากรถไฟเครื่องยนต์สันดาปภายในเท่านั้น IEA (2019) ระบุว่ารูปแบบการคมนาคมขนส่งทางระบบรางมีประสิทธิภาพและปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าการขนส่งรูปแบบอื่น ขณะเดียวกันศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทางรางเพื่อรองรับการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางเป็นระบบรางมากขึ้น ทั้งการลงทุนก่อสร้างรถไฟทางคู่ รถไฟฟ้าขนส่งมวลชน รถไฟฟ้ารางเบา (TRAM) รถไฟความเร็วสูง ซึ่งมีศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อย่างน้อย 5.42 $MtCO_2eq$ หรือคิดเป็น 13% จากเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกจำนวน 41 $MtCO_2eq$ ในภาคขนส่งภายในปี 2573 (แผนที่นำทาง, 2020)

**(2) การสนับสนุนการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานและผู้ผลิตชิ้นส่วนในประเทศ** ภายใต้ยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบคมนาคมขนส่งของไทยระยะ 20 ปี (2561-2580) ให้ความสำคัญกับการปรับเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งสินค้าทางถนนสู่การขนส่งที่ต้นทุนต่ำกว่า โดยได้จัดทำแผนปฏิบัติการด้านคมนาคมระยะเร่งด่วน (Action plan) ขับเคลื่อนการลงทุนด้านโครงสร้างพื้นฐานการคมนาคมขนส่ง โดยตั้งแต่ปี 2559-2561 วงเงินลงทุนประมาณ 3 ล้านล้านบาท ซึ่งเป็นการลงทุนในระบบขนส่งทางรางกว่า 74% ของวงเงินทั้งหมด ครอบคลุมการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานและสิ่งอำนวยความสะดวกในการเปลี่ยนถ่ายรูปแบบการขนส่งสู่การขนส่งทางราง เช่น การลงทุนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานระบบรถไฟทางคู่ ระบบรถไฟฟ้า ระบบรถไฟฟ้าชานเมือง และโครงการรถไฟความเร็วสูง ตลอดจนการจัดตั้งสถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบรางในปี 2564 โดยมีเป้าหมายเร่งด่วน คือ การวิจัยชิ้นส่วนในระบบรางเพื่อให้สามารถผลิตรถไฟในประเทศได้ตามนโยบาย Thai First และรับถ่ายทอดเทคโนโลยีจากโครงการรถไฟความเร็วสูงไทย-จีน และโครงการรถไฟความเร็วสูงเชื่อมสามสนามบิน นอกจากนี้ ยังมีการสนับสนุนการผลิตชิ้นส่วนระบบรางในประเทศทดแทนการนำเข้า โดยตั้งเป้าผลิตเอง 40% ในปี 2566 ซึ่งจะช่วยให้ธุรกิจไทยเข้าไปอยู่ในห่วงโซ่อุปทานด้านระบบรางเพิ่มขึ้น

**(3) การเดินทางด้วยรถไฟของประชาชนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น** วิจัยกรุงศรี (2562) ประเมินว่าแนวโน้มการเดินทางด้วยรถไฟฟ้าเติบโตตามจำนวนผู้อยู่อาศัยตามแนวเส้นทางรถไฟฟ้าและเส้นทางเชื่อมต่อย่านธุรกิจกับเขตรอบนอกกรุงเทพฯ จากข้อดีด้านความรวดเร็ว ความแน่นอนเรื่องเวลาในการเดินทาง และแก้ปัญหาการจราจรที่ติดขัด นอกจากนี้ แผนการขยายเส้นทางและระยะทางในการให้บริการรถไฟฟ้าในส่วนต่อขยายยังคงเพิ่มขึ้นต่อเนื่อง ทำให้ธุรกิจการขนส่งระบบรางมีแนวโน้มเติบโต

**(4) ต้นทุนต่อหน่วยการใช้พลังงานต่ำ** การขนส่งทางระบบรางเป็นการขนส่งมวลชนขนาดใหญ่ (Mass transportation) คือรถไฟทางไกลและรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน ทำให้มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานมากกว่าการขนส่งทางถนนและทางอากาศ IEA (2019) ระบุว่า การขนส่งทางระบบรางมีประสิทธิภาพมากกว่าการขนส่งรูปแบบอื่น เมื่อพิจารณาถึงการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (Final energy use) ทั้งปริมาณผู้โดยสารต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร และปริมาณเชื้อเพลิงน้ำมันเทียบเท่า (Oil equivalent) ต่อ 1 กิโลเมตร

**(5) การลงทุนด้านขนส่งทางรางของภาครัฐต่างประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น** IEA (2019) ระบุว่า ระยะเส้นทางรถไฟ โดยเฉพาะรถไฟในเมือง และรถไฟความเร็วสูงในทวีปอเมริกาเหนือ ยุโรป จีน และญี่ปุ่น มีระยะทางเพิ่มขึ้น สะท้อนการลงทุนระบบของภาครัฐต่างประเทศที่อยู่ในระดับสูง ก่อให้เกิดประโยชน์กับธุรกิจด้านระบบราง และธุรกิจที่อยู่ในห่วงโซ่อุปทาน

อย่างไรก็ตาม **ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งทางรางยังเผชิญข้อจำกัดหลายเรื่อง** ได้แก่ 1) ความล่าช้าในการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานทางรางระบบต่าง ๆ ภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 2) ต้นทุนการนำเข้าเทคโนโลยีและบุคลากรต่างชาติในช่วงเดินรถและบำรุงรักษาที่สูง[12] เช่น สำหรับงานด้านการวางแผนเดินรถและซ่อมบำรุงระบบรางประเภทรถไฟฟ้า พึ่งพาเทคโนโลยีและผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศคิดเป็นสัดส่วนมูลค่ากว่า 70% ของมูลค่างาน 3) การพึ่งพาการนำเข้าชิ้นส่วนสำคัญของรถไฟ (โบกี้รถไฟ เกียร์ และชุดเกียร์) จากต่างประเทศคิดเป็นมูลค่าราว 50%[13] ของมูลค่าการนำเข้าชิ้นส่วนฯ 4) การผลิตกำลังคนด้านระบบรางโดยเฉพาะช่างเทคนิคยังไม่เพียงพอ[14]

### 4. ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicle: BEV)

**ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับBEV มี Transition risk ต่ำ** เนื่องจาก มีศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่ายานยนต์สันดาปภายใน นอกจากนี้ ภาครัฐในประเทศและต่างประเทศมีมาตรการสนับสนุนผู้ผลิตและผู้บริโภค ทำให้ต้นทุนการผลิตชิ้นส่วนที่สำคัญมีแนวโน้มลดลงต่อเนื่อง นอกจากนี้ ผู้บริโภคยังหันมาให้ความสนใจ BEV มากขึ้นจากต้นทุนพลังงานไฟฟ้าที่ถูกกว่าน้ำมัน มีรายละเอียดดังนี้

**(1) GHG risk exposure มีจำกัด** การผลิต BEV เพื่อใช้ในการคมนาคมมีศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่า ICE จากข้อมูลสถิติของ สผ. ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคการขนส่งทางถนนในปี 2561 เท่ากับ 69.9 $MtCO_2eq$ มาจาก ICE ดังนั้น การใช้ BEV ทดแทน ICE ทั้งหมดในภาคการขนส่งทางถนนมีศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นได้

[12] ที่มา : https://www.bangkokbiznews.com/business/950792
[13] ที่มา : https://www.mreport.co.th/news/industry-movement/105-Railway-projects-are-another-big-step-forward-of-Thailand
[14] ที่มา : https://www.salika.co/2019/06/26/dr-terdkiat_rmutt_railway_engineer/

**(2) นโยบายหรือมาตรการสนับสนุนจากภาครัฐมีความครอบคลุมและชัดเจน** มาตรการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้ามีทั้งมาตรการทางภาษีและไม่ใช่ภาษี เพื่อสนับสนุนด้านการผลิต การใช้รถยนต์ไฟฟ้า และการลงทุน ได้แก่ นโยบาย 30@30 หรือเป้าหมายการผลิต Zero emission vehicle อย่างน้อย 30% ของการผลิตยานยนต์ใหม่ทั้งหมดในปี 2030 ครอบคลุมยานยนต์ประเภทรถยนต์นั่ง รถกระบะ รถจักรยานยนต์ รถประจำทาง รถบรรทุก รถสามล้อ เรือโดยสาร และรถไฟระบบราง มาตรการสนับสนุนการใช้รถยนต์ไฟฟ้าในระยะสั้นปี 2565-2568 โดยรัฐบาลสนับสนุนเงินให้กับผู้ประกอบหรือนำเข้ารถ EV จากต่างประเทศหรือผลิตในประเทศให้นำไปเป็นส่วนลดให้ประชาชนที่สนใจซื้อรถ EV ทั้งรถยนต์และรถจักรยานยนต์ การลดภาษีสรรพสามิตและอากรขาเข้ารถยนต์ที่ผลิตต่างประเทศและนำเข้าทั้งคัน และยกเว้นอากรขาเข้าส่วนประกอบรถยนต์ EV จำนวน 9 รายการ เพื่อนำมาผลิตหรือประกอบรถ EV ในประเทศ นอกจากนี้ ยังมีนโยบายสนับสนุนการลงทุนผลิตยานพาหนะไฟฟ้า ชิ้นส่วน อุปกรณ์สำหรับยานพาหนะไฟฟ้า และสถานีบริการอัดประจุไฟฟ้าภายใต้สิทธิประโยชน์ เช่น ยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล ยกเว้นอากรนำเข้าเครื่องจักร ยกเว้นอากรนำเข้าเพื่อวิจัยและพัฒนา ยกเว้นอากรวัตถุดิบผลิตเพื่อส่งออก สิทธิประโยชน์อื่น ๆ จากคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนที่เริ่มสนับสนุนตั้งแต่ปี 2560 รวมถึงการปรับอัตราภาษีสรรพสามิตรถยนต์ใหม่ที่มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2569 โดยพิจารณาจัดเก็บภาษีตามปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอัตราใหม่ ทำให้ราคา BEV กับ ICE มีความแตกต่างกันน้อยลงในระยะข้างหน้า

**(3) นโยบายสนับสนุน BEV และยุติการขายยานยนต์สันดาปภายในของต่างประเทศ** มาตรการสนับสนุนการผลิตและการใช้ BEV ในประเทศที่มีตลาดรถยนต์ขนาดใหญ่ เช่น จีน สหภาพยุโรป เกาหลี (IEA, 2022) ขณะที่แนวโน้มประเทศที่ประกาศยกเลิกจำหน่ายรถยนต์สันดาปภายในมีเพิ่มขึ้น อย่างเช่นสภายุโรปมีมติเห็นชอบร่างข้อเสนอการยุติการขายรถยนต์ใหม่ที่ใช้น้ำมัน รวมถึงรถยนต์ไฮบริด ภายในปี 2578

**(4) ความสนใจใช้ BEV ของผู้บริโภคเพิ่มขึ้นต่อเนื่อง** วิจัยกรุงศรี (2565) พบว่า ความต้องการรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยจะเริ่มเกิดขึ้นในช่วง 1-2 ปีที่ข้างหน้า และความต้องการรถยนต์ไฟฟ้ากลุ่มใหญ่จะเกิดขึ้นในอีก 3 ปีข้างหน้าเป็นต้นไป โดยปัจจัยที่ช่วยเพิ่มการใช้รถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย ได้แก่ จำนวนสถานีชาร์จที่มากขึ้น ระยะเวลาชาร์จที่สั้นลง และการรับประกันแบตเตอรี่ สำหรับผู้ที่ใช้รถยนต์ไฟฟ้าส่วนใหญ่ตัดสินใจเลือกใช้รถยนต์ไฟฟ้าจาก 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการใช้งานน้อยกว่า ICE เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และชื่นชอบในวิทยาการล้ำสมัย

**(5) ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและต้นทุนที่ถูกลง** เทคโนโลยีการกักเก็บพลังงานหรือแบตเตอรี่ถูกพัฒนาไปมาก BloombergNEF (2021) ชี้ให้เห็นว่า ราคาโดยเฉลี่ยของชุดแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน (Lithium-Ion battery pack and cell) ในปี 2563 เท่ากับ 137 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง หรือลดลงกว่า 88% จากราคาเฉลี่ย 1,191 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลวัตต์ชั่วโมงในปี 2553 นอกจากนี้ Muralidharan et al. (2022) ระบุว่า ในปี 2563 เทคโนโลยีแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนมีค่าความหนาแน่นพลังงานต่อหน่วยปริมาตร (Energy density) ประมาณ 450 วัตต์ชั่วโมงต่อลิตร เพิ่มขึ้นกว่า 400% จาก 90 วัตต์ชั่วโมงต่อลิตร ในปี 2553 ซึ่งหมายความว่าประสิทธิภาพของแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นจากอดีตมาก

อย่างไรก็ตาม **ธุรกิจผลิต BEV ยังต้องเผชิญกับข้อจำกัดหลายด้าน** ดังนี้

- **การปรับตัวของ Suppliers ชิ้นส่วนสำคัญ** ที่ทิศทางประเทศที่มุ่งผลิต BEV ทดแทนรถยนต์สันดาปภายในเป็นความเสี่ยงให้กลุ่มธุรกิจชิ้นส่วนยานยนต์ได้รับผลกระทบ ได้แก่ (1) กลุ่มที่ได้รับผลกระทบรุนแรงหรือกลุ่มชิ้นส่วนที่จะหายไปจากรถยนต์ เช่น ระบบจ่ายเชื้อเพลิง ระบบส่งกำลัง และเครื่องยนต์ (2) กลุ่มที่ได้รับผลกระทบปานกลางหรือกลุ่มที่ยังมีการใช้งานอยู่แต่ต้องปรับปรุงเทคโนโลยีให้เข้ากับ BEV เช่น กลุ่มส่วนประกอบไฟฟ้า ตัวถัง ระบบเบรก และระบบหล่อเย็น ซึ่งเป็นความท้าทายในการปรับตัวในระยะข้างหน้า

- **ตลาด BEV ในประเทศยังมีขนาดเล็ก** ทำให้ผู้ผลิตรถยนต์หรือชิ้นส่วนรถยนต์ไม่ได้รับประโยชน์จากการประหยัดจากขนาด (Economies of scale) จากข้อมูลกรมการขนส่ง ระบุว่า จำนวนรถที่จดทะเบียนใหม่ทั่วประเทศในปี 2564 เท่ากับ 2,610,967 คัน โดยเป็น BEV ที่จดทะเบียนใหม่เพียง 5,768 คัน หรือคิดเป็น 0.2%

- **การแข่งขันทางด้านราคาระหว่าง BEV ที่ผลิตในประเทศและ BEV ที่นำเข้าทั้งคัน** จากรายงาน IEA (2022) จำนวนรถยนต์ไฟฟ้า (BEV และ Plug-in hybrid EV) ที่จำหน่ายทั่วโลกในปี 2564 เท่ากับ 6.6 ล้านคัน ซึ่งเป็นยอดจำหน่ายในประเทศจีนจำนวน 3.3 ล้านคัน ประกอบด้วย BEV จำนวน 2.7 ล้านคัน หรือคิดเป็น 82% ของยอดจำหน่ายรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศจีน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบการประหยัดจากขนาดของผู้ผลิต BEV ในประเทศจีนจึงมีความได้เปรียบกว่าผู้ผลิตในประเทศไทย ทำให้ราคาโดยเปรียบเทียบของ BEV ที่ผลิตในจีนถูกกว่า ประกอบกับข้อตกลงเขตการค้าเสรี (FTA) ไทย-จีนได้ยกเว้นภาษีอากรนำเข้า 0% ทำให้ราคา BEV นำเข้าจากจีนมีความน่าสนใจมากกว่ารถยนต์ที่ผลิตในประเทศ

- **สถานีบริการชาร์จไฟฟ้าและศูนย์บริการซ่อมบำรุงไม่ครอบคลุม** ส่วนหนึ่งจากต้นทุนการก่อสร้างสถานีบริการชาร์จไฟฟ้าใช้เงินลงทุนจำนวนมาก และต้องคำนึงถึงความเพียงพอของปริมาณการจ่ายไฟฟ้าจากสายส่งไฟฟ้าของภาครัฐ สำหรับศูนย์ซ่อมบำรุงที่มีอยู่เดิมต้องลงทุนในเครื่องจักรและเทคโนโลยีใหม่ซึ่งใช้เงินลงทุนสูงและต้องการบุคลากรที่มีทักษะเฉพาะด้านเกี่ยวกับยานยนต์ไฟฟ้า

- **การจัดการแบตเตอรี่ที่ใช้แล้วอาศัยเทคโนโลยีขั้นสูง**ในการรีไซเคิล (Recycle) แบตเตอรี่กรณีที่ได้รับความเสียหายจนไม่สามารถนำกลับมาใช้ต่อได้ หรือการนำแบตเตอรี่มาใช้ซ้ำ (Reuse) กรณีที่หมดอายุการใช้งานซึ่งอาศัยเทคโนโลยีจากต่างประเทศและใช้เงินลงทุนสูง กล่าวได้ว่า หากไม่มีการบริหารจัดการแบตเตอรี่ที่ใช้แล้วอย่างเหมาะสมจะก่อให้เกิดขยะซึ่งก่อให้เกิดมลภาวะที่เป็นอันตราย หรือหากขาดเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในรีไซเคิลแบตเตอรี่อาจสิ้นเปลืองพลังงานและปล่อยมลพิษจากกระบวนการผลิตจำนวนมากได้

### 5. ยานยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine: ICE)

**ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับ ICE มี Transition risk สูง** เนื่องจากมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง ทำให้นโยบายของภาครัฐทั้งในและต่างประเทศทยอยลดบทบาทสนับสนุนการผลิตและการใช้ ICE ลง นอกจากนี้

พฤติกรรมของผู้บริโภคหันมาให้ความสนใจ BEV มากขึ้น และส่วนต่างระหว่างราคา ICE และ BEV มีแนวโน้มลดลง เป็นปัจจัยกดดันให้ supplier ชิ้นส่วน ICE ปรับตัวได้ยาก มีรายละเอียด ดังนี้

**(1) GHG risk exposure สูง** จากข้อมูลสถิติของ สผ. ระบุว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคการขนส่งทางถนนในปี 2561 เท่ากับ 69.9 MtCO2eq หรือคิดเป็น 95% ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในภาคการขนส่ง โดยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการขนส่งทางถนนมาจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์สันดาปภายใน

**(2) ภาครัฐลดบทบาทในการสนับสนุนการผลิตและการใช้ ICE ลง** เช่น นโยบาย 30@30 ทำให้การผลิต ICE จะถูกทดแทนด้วยการผลิต EV ที่ไม่ปล่อยมลพิษ การปรับโครงสร้างภาษีสรรพสามิตรถยนต์ใหม่ที่มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2569 โดยพิจารณาจัดเก็บภาษีตามปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในอัตราใหม่ ทำให้ราคา BEV กับ ICE มีความแตกต่างกันน้อยลง รวมถึงแนวโน้มการปรับขึ้นอัตราภาษีรถยนต์ประจำปีตามการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการปรับโครงสร้างราคาน้ำมันให้สะท้อนต้นทุนตามแผนพลังงานชาติ ปี 2565 ทำให้ความน่าสนใจของการใช้ ICE ลดลง

**(3) การประกาศยกเลิกจำหน่าย ICE ของต่างประเทศ** เช่น สภายุโรปมีมติเห็นชอบร่างข้อเสนอการยุติการจำหน่ายรถยนต์ใหม่ที่ใช้น้ำมันและรถยนต์ไฮบริดในปี 2578 และรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกาประกาศแผนการยุติการใช้รถยนต์ใหม่ที่ขับเคลื่อนด้วยน้ำมัน แต่ต้องเป็นรถยนต์ไฟฟ้าหรือรถยนต์พลังงานไฮโดรเจนภายในปี 2578

**(4) ผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศหันไปสนใจ BEV มากขึ้น** ขณะที่ BEV ได้รับความสนใจและกำลังเติบโตในตลาดโลก ส่งผลให้การผลิต ICE ในอุตสาหกรรมรถยนต์ไทยเริ่มสูญเสียความสามารถในการแข่งขัน โดยเฉพาะจีนส่งออกรถยนต์ไปยังตลาดโลกแซงหน้าไทยและมีส่วนแบ่งตลาดเพิ่มขึ้นถึง 2 เท่าภายใน 5 ปี[15] ขณะเดียวกันจีนมีการพัฒนาแบตเตอรี่รถ EV มานาน ดังนั้นจีนจึงไม่จำเป็นต้องย้ายฐานการผลิตรถ EV มายังไทย ทำให้ในอนาคตข้างหน้า กระแสการใช้ BEV อาจทำให้จากเดิมที่ไทยเป็น Detroit of Asia กลายเป็นการผลิต ICE ที่ขายเพียงในประเทศเท่านั้น

**(5) ข้อจำกัดในการปรับตัวของธุรกิจชิ้นส่วน ICE และปัจจัยกดดันจากส่วนต่างราคาระหว่าง ICE กับ BEV** การที่ประเทศมีทิศทางมุ่งผลิต BEV ทดแทน ICE ทำให้ Suppliers ได้รับผลกระทบจากการปรับเปลี่ยนเครื่องยนต์ภายใน โดยจะยกเลิกชิ้นส่วนบางชนิด วิจัยเกียรตินาคินภัทร (2565) ประเมินว่าชิ้นส่วนหลักที่จะหายไป คือ ระบบจ่ายเชื้อเพลิง, ระบบส่งกำลัง และ เครื่องยนต์ ซึ่งคิดเป็นมูลค่าเพิ่มกว่า 32.5% ของการผลิต ICE ขณะที่มูลค่าเพิ่มส่วนใหญ่ของ EV มาจากแบตเตอรี่ ซึ่งไทยไม่สามารถผลิตเองได้ เนื่องจาก 1) ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการผลิต 2) อาศัยแรงงานทักษะสูง 3) มีผู้นำตลาดที่เป็นที่ยอมรับอยู่แล้ว 4) ใช้เงินลงทุนในการผลิตสูง สำหรับ ชิ้นส่วนที่มีการใช้งานอยู่ต้องปรับตัวอย่างมากในการปรับปรุงเทคโนโลยีให้เข้ากับการผลิต BEV ซึ่งต้องใช้เงินลงทุนในการปรับปรุง นอกจากนี้ แนวโน้มส่วนต่างระหว่างราคา BEV และ ICE ลดลงจาก

[15] https://thestandard.co/key-messages-electric-car-industry/

ต้นทุนชิ้นส่วนสำคัญ เช่น แบตเตอรี่มีประสิทธิภาพมากขึ้นและถูกลง การนำเข้า BEV ทั้งคันจากต่างประเทศ อาทิ จีน ที่ได้ประโยชน์จากการเว้นหรือลดภาษีนำเข้า ทำให้มีราคาใกล้เคียงกับ ICE

อย่างไรก็ดี เครื่องมือหรือเทคโนโลยีในการลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีต้นทุนไม่สูง เช่น **การเพิ่มประสิทธิภาพอุปกรณ์** โดยการพัฒนาให้เครื่องยนต์สันดาปภายในใช้พลังงานในการเผาไหม้ลดลง และ**การเปลี่ยนชนิดเชื้อเพลิง**เป็นเชื้อเพลิงคาร์บอนต่ำหรือเชื้อเพลิงชีวภาพช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิล แม้การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวภาพมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เช่นเดียวกัน แต่เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชใช้ในการสังเคราะห์แสงได้ (Hanaki & Pereira, 2018) สำหรับ ผู้ผลิตรถยนต์สันดาปภายในหลากหลายค่ายเร่งปรับตัวเพื่อลดผลกระทบจาก Green transition ด้วยการตั้งเป้ายุติการผลิต ICE อย่างเช่น ค่ายรถยนต์ยุโรป (Ford, Volvo, Volkwagen) ตั้งเป้ายุติการผลิตภายในปี 2035 ค่ายรถยนต์จีน (Haval) ตั้งเป้ายุติการผลิตภายในปี 2030 โดยหันมามุ่งพัฒนาและผลิตรถยนต์ไฟฟ้าไฮบริด (Hybrid Electric Vehicle: HEV) PHEV BEV และ FCEV

### 6. ซีเมนต์และก่อสร้าง

**ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับซีเมนต์และก่อสร้างมี Transition risk ปานกลาง** แม้ซีเมนต์และก่อสร้างเป็นกิจกรรมการผลิตที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากประมาณ 70% ของสาขาอุตสาหกรรมทั้งหมด แต่ปัจจัยกดดันการปรับตัวของธุรกิจยังไม่มาก ธุรกิจสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีขั้นกลางโดยไม่ต้องลงทุนสูง นอกจากนี้ ผลกระทบโดยตรงจากมาตรการ CBAM ยังอยู่ในวงจำกัดจากมูลค่าการส่งออกไปยังยุโรปค่อนข้างน้อย และธุรกิจมีเวลาปรับตัวจนกว่าจะมีการเก็บภาษีคาร์บอนอย่างจริงจังในปี 2570

**(1) มาตรการภาครัฐยังไม่เข้มงวดมากนัก** ส่วนใหญ่เป็นมาตรการสนับสนุนและการทดแทนปูนเม็ด (Clinker) เป็นการส่งเสริมและสนับสนุนให้ผู้ผลิตเลือกใช้วัสดุอื่นทดแทน นอกจากนี้ ภาครัฐมีการควบคุมมาตรฐานและสร้างการยอมรับของผู้ซื้อหรือผู้ใช้งานให้สามารถใช้ในงานที่หลากหลายมากขึ้น โดยการรับรองตามมาตรการ มอก. 2594 การรับรองการใช้งานก่อสร้างภาครัฐ และการรับรองฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์[16] เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมในการส่งออกไปยังประเทศปลายทางที่บังคับใช้

**(2) การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมผู้บริโภคทำได้ยาก** เนื่องจากปูนและคอนกรีตเป็นวัตถุดิบหลักในงานโครงสร้าง การปรับดีไซน์เพื่อลดการใช้คอนกรีตยังไม่เป็นที่นิยม เช่น บ้านแบบ Precast เนื่องจากมีความแข็งแรงต่ำกว่าแบบฉาบปูน อีกทั้งยังเก็บความร้อนสูงกว่าเนื่องจากมีผนังที่หนาทึบ

**(3) ระดับเทคโนโลยีมีหลากหลาย ปรับใช้ได้ตั้งแต่เทคโนโลยีขั้นต้นถึงขั้นสูง** ได้แก่ การใช้วัตถุดิบทดแทนปูนเม็ดถือเป็นเทคโนโลยีเพิ่มประสิทธิภาพวัตถุดิบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการผลิตปูนซีเมนต์และคอนกรีตผสมเสร็จ (Ready mixed concrete) เนื่องจากไม่จำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรการผลิตหรือแหล่งพลังงาน เทคโนโลยีเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน โดยนำของเสียจากเตาเผาปูนไปเป็นเชื้อเพลิงทดแทน และเตาเผาปูนยังสามารถนำไปเผาหรือทำลายของเสียที่เป็นของเหลวได้ และเทคโนโลยีการเปลี่ยนเชื้อเพลิง

[16] คือ ฉลากที่แสดงว่าข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

โดยใช้พลังงานทดแทนจากชีวมวลและไฮโดรเจน จากทางเลือกเทคโนโลยีที่หลากหลายและต้นทุนต่ำ-ปานกลาง ทำให้ธุรกิจมักไม่ลงทุนติดตั้ง CCU/ CCUS เนื่องจากใช้เงินลงทุนสูง ระยะเวลาคืนทุนนาน

**(4) ผลกระทบโดยตรงจากมาตรการ CBAM ยังอยู่ในวงจำกัด** เนื่องจากเป็นมาตรการบังคับใช้เฉพาะสินค้าส่งออกใน 5 อุตสาหกรรมหลัก ได้แก่ เหล็ก อะลูมิเนียม ซีเมนต์ ปุ๋ย และไฟฟ้า ซึ่งตั้งแต่ปี 2566 ผู้ผลิตต้องรายงานตัวเลขการปล่อยคาร์บอนในการผลิตสินค้า ตั้งแต่ปี 2570 จะถูกเก็บภาษีอย่างเป็นทางการตามปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิต รวมถึงจะมีสินค้าที่จะถูกบังคับใช้เพิ่มเติม ได้แก่ ไฮโดรเจน เคมีภัณฑ์และพลาสติก เมื่อพิจารณาจากข้อมูลส่งออกพบว่า มูลค่าการส่งออกซีเมนต์ไปยุโรปค่อนข้างน้อย ทำให้ผลกระทบโดยตรงมีไม่มากนัก ประกอบกับธุรกิจมีระยะเวลาในการปรับตัวจนกว่าจะมีการเก็บภาษีคาร์บอนอย่างจริงจังในปี 2570 อย่างไรก็ดี ธุรกิจอาจมีแนวโน้มเสี่ยงมากขึ้นหากไม่ปรับตัวหรือปรับตัวไม่ทัน โดยเฉพาะในกรณีที่ประเทศอื่นๆ เริ่มหันมาใช้มาตรการ CBAM เพิ่มขึ้น

## 7. เครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็น

**ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับเครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็นมี Transition risk ปานกลาง** เนื่องจากปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับต่ำเทียบกับสาขาธุรกิจอื่น มีทางเลือกในการใช้สารทำความเย็นทดแทนโดยไม่ต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูง และมาตรการภาครัฐยังไม่เข้มงวดมากนัก อีกทั้งยังช่วยสนับสนุนการปรับตัวอีกด้วย

**(1) GHG risk exposure ต่ำ** เครื่องปรับอากาศและทำความเย็นจะปล่อยสารเคมีที่ใช้ในระบบทำความเย็น (Refrigerant) ที่ชื่อว่า ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) และสารคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFCs) ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลกระทบรุนแรงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่จากข้อมูลบัญชีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่าเครื่องปรับอากาศและทำความเย็นปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับต่ำ คิดเป็นสัดส่วนเพียง 0.3% ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรมทั้งหมด

**(2) มีทางเลือกในการใช้สารทำความเย็นทดแทนโดยไม่ต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูง** แม้หลายประเทศในยุโรปห้ามใช้สาร CFCs และ HCFCs เป็นสารทำความเย็นในการติดตั้งเครื่องปรับอากาศและทำความเย็นระบบใหม่ แต่ผู้ผลิตสามารถใช้สารทำความเย็นอื่น โดยเฉพาะกลุ่มไฮโดรคาร์บอน (HC) ซึ่งมี GWP (Global warming potential) และ ODP (Ozone depletion potential) ต่ำ สารกลุ่ม HC ได้แก่ R600a ทดแทน HFC-R134a ซึ่งมีค่า GWP และ ODP สูงกว่า นอกจากนี้ยังมีสารตัวอื่น เช่น แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสารที่ไม่ทำลายชั้นโอโซนในบรรยากาศ (ODP=0 และ GWP=1)

**(3) มาตรการภาครัฐไม่รุนแรง อีกทั้งยังเป็นการสนับสนุนการปรับตัว** มาตรการภาครัฐ ได้แก่ มาตรการทดแทนหรือปรับเปลี่ยนสารทำความเย็น โดยการสนับสนุนจากกองทุนพหุพาคีภายใต้พิธีสารมอนทรีออล (Montreal protocol) ซึ่งเป็นกองทุนให้เปล่าเพื่อดำเนินการลดและเลิกใช้สาร HCFCs ในปี 2563 – 2566 มุ่งเน้นให้ความช่วยเหลือด้านการเงินและเทคนิควิชาการแก่ผู้ประกอบการ และมุ่งเป้าหมายการใช้สาร HCFCs เป็นศูนย์ ภายในปี 2583 นอกจากนี้ภาครัฐใช้การจำกัดการนำเข้าสาร HCFCs สำหรับปี 2565 อยู่ที่ 390 โอดีพีตัน แทนการบังคับใช้ภาษี

**(4) การเลือกใช้สินค้าจากผู้บริโภคไม่กระทบต่อการลดก๊าซเรือนกระจกของธุรกิจ** ผู้บริโภคเลือกเครื่องปรับอากาศและทำความเย็น โดยตัดสินใจจากราคาสินค้าและค่าไฟฟ้าเป็นสำคัญ ดังนั้น สังคมส่วนใหญ่จึงตระหนักถึงชนิดสารทำความเย็นหรือระบบทำความเย็นที่ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมค่อนข้างน้อย

อย่างไรก็ตาม **ธุรกิจเครื่องปรับอากาศและทำความเย็น ยังมีข้อจำกัดเรื่องเทคโนโลยีการกำจัดของเสีย (Disposal technology) ที่ยังต้องพัฒนาควบคู่** เพื่อแก้ปัญหาการรั่วไหลจากการทำลายสารทำความเย็นในกลุ่มไฮโดรคาร์บอน (R600a) และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศ นอกจากนี้สาร R600a ติดไฟง่าย การใช้งานในระบบเครื่องปรับอากาศและทำความเย็นจึงถูกจำกัดในระบบขนาดเล็กถึงปานกลาง

### 8. เหล็ก อะลูมิเนียม

**ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับเหล็กและอะลูมิเนียมมี Transition risk ปานกลาง** เนื่องจากปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับต่ำเทียบกับสาขาธุรกิจอื่น โดยธุรกิจมีทางเลือกในการปรับใช้เทคโนโลยีที่มีต้นทุนปานกลาง เช่น การพัฒนาประสิทธิภาพพลังงาน และการปรับเปลี่ยนเชื้อเพลิง นอกจากนี้ยังได้รับผลกระทบจากมาตรการ CBAM ค่อนข้างน้อย และปัจจัยกดดันจากพฤติกรรมผู้บริโภคอยู่ในระดับต่ำ

**(1) GHG risk exposure ต่ำ** ในการผลิตเหล็กและอะลูมิเนียม จะมีการเผาไหม้ โดยใช้พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก โดยปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยอยู่ในระดับต่ำ คิดเป็นสัดส่วนเพียง 1% ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในสาขาอุตสาหกรรม

**(2) มีทางเลือกเทคโนโลยีหลากหลาย** เทคโนโลยีที่ใช้ในการลดก๊าซเรือนกระจกการผลิตเหล็กและอะลูมิเนียม ส่วนใหญ่เป็นเทคโนโลยีในการเพิ่มประสิทธิภาพเชื้อเพลิง ได้แก่ การเพิ่มการหมุนเวียนเศษเหล็กและอะลูมิเนียมเพื่อลดการใช้ไฟฟ้า และการใช้เทคโนโลยีเตาอาร์คไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง (ECOARC) แทนเตาหลอมเหล็กด้วยไฟฟ้า (Electric Arc Furnace: EAF) ซึ่ง ECOARC สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในเตาหลอมได้ และสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อีกด้วย รวมถึงค่าใช้จ่ายต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต่ำกว่า EAF นอกจากนี้ ยังมีเทคโนโลยี Fuel switching โดยใช้พลังงานทดแทน เช่น ชีวมวล/ green hydrogen ซึ่งต้นทุนขึ้นกับต้นทุนเชื้อเพลิงที่ใช้

**(3) การเลือกใช้สินค้าจากผู้บริโภคไม่กระทบต่อการลดก๊าซเรือนกระจกของธุรกิจ** เนื่องจากเหล็กและอะลูมิเนียมเป็นโลหะที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์มากมาย ทั้งในภาคอุตสาหกรรมและภาคครัวเรือน สำหรับภาคอุตสาหกรรมใช้ในการผลิตอะลูมิเนียมผสมและผลิตภัณฑ์อะลูมิเนียม ส่วนภาคครัวเรือนมักใช้ในการก่อสร้างและตกแต่ง ซึ่งจัดเป็นโลหะที่หาสินค้าทดแทนได้ยาก

**(4) ผลกระทบโดยตรงจากมาตรการ CBAM ยังอยู่ในวงจำกัด** เนื่องจากเป็นมาตรการบังคับใช้เฉพาะสินค้าส่งออกใน 5 อุตสาหกรรมหลัก ได้แก่ เหล็ก อะลูมิเนียม ซีเมนต์ ปุ๋ย และไฟฟ้า ซึ่งตั้งแต่ปี 2566 ผู้ผลิตต้องรายงานตัวเลขการปล่อยคาร์บอนในการผลิตสินค้า ตั้งแต่ปี 2570 จะถูกเก็บภาษีอย่างเป็นทางการตามปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิต และอาจมีสินค้าที่จะถูกบังคับใช้เพิ่มเติม ได้แก่ ไฮโดรเจน เคมีภัณฑ์และพลาสติก เมื่อพิจารณาจากข้อมูลส่งออกพบว่า มูลค่าการส่งออกเหล็กและอะลูมิเนียมไปยุโรปค่อนข้างน้อย ทำให้ผลกระทบโดยตรงมีไม่มากนัก กอปรกับธุรกิจมีระยะเวลาในการปรับตัวจนกว่าจะมีการเก็บจริงในปี 2570

# เอกสารอ้างอิง


Acemoglu, D., Aghion, P., Bursztyn, L. & Hemous, D. (2012). The environment and directed technical change. American economic review, 102(1), 131-66.

BloombergNEF (2021). Hitting the EV Infection Point: Electric vehicle price parity and phasing out combustion vehicle sales in Europe. Retrieved September 9, 2022 from https://www.transportenvironment.org/discover/hitting-the-ev-inflection-point/

Boonpanya, T. & Masui, T. (2021). Assessing the economic and environmental impact of freight transport sectors in Thailand using computable general equilibrium model. Journal of Cleaner Production.

BP, 2022. BP Energy Outlook: 2022 edition. Renewable energy. BP p.l.c.

Burtraw, D., Domeshek, M. & Keyes, A. (2020). Carbon Pricing 104: Economic Effects across Income Groups.

Cao, J., Ho, M. S. & Timilsina, G. R. (2016). Impacts of carbon pricing in reducing the carbon intensity of China's GDP. World Bank Policy Research Working Paper, (7735).

Carbone, S., Giuzio, M., Kapadia, S., Krämer, J. S., Nyholm, K. & Vozian, K. (2021). The low-carbon transition, climate commitments and firm credit risk.

Choi, Y., Liu, Y. & Lee, H. (2017). The economy impacts of Korean ETS with an emphasis on sectoral coverage based on a CGE approach. Energy Policy, 109, 835-844.

Cleary, K., & Palmer, K. (2020). Carbon Pricing 201: Pricing Carbon in the Electricity Sector.

Dechezleprêtre, A., Nachtigall, D. & Venmans, F. (2018). The joint impact of the European Union emissions trading system on carbon emissions and economic performance.

Effendi, Y. & Resosudarmo, B. P. (2022). Socio-economic and environmental impact of intended decarbonisation policies in the East Asian region (No. 2022-03).

Golosov, M., Hassler, J., Krusell, P. & Tsyvinski, A. (2014). Optimal taxes on fossil fuel in general equilibrium. Econometrica, 82(1), 41-88.

Guo, J., Kubli, D. & Saner, P. (2021). The economics of climate change: no action not an option. Swiss Re Institute.

Hafstead, M. (2019). Carbon Pricing 102: Revenue Use Options. Resources for the Future, September, 26.

Hanaki, K. & Portugal-Pereira, J. (2018). The Effect of Biofuel Production on Greenhouse Gas Emission Reductions. Springer, Tokyo. https://doi.org/10.1007/978-4-431-54895-9_6

Harris, J. M., Roach, B. & Environmental, J. M. H. (2007). The economics of global climate change. Global Development and Environment Institute Tufts University.

IEA (2019). The Future of Rail: Opportunities for energy and the environment, IEA, Paris. https://doi.org/10.1787/9789264312821-en.

IEA (2022). Global EV Outlook 2022: Securing supplies for an electric future, OECD Publishing, Paris. https://doi.org/10.1787/c83f815c-en.

Jaumotte, M. F., Liu, W. & McKibbin, W. J. (2021). Mitigating climate change: Growth-friendly policies to achieve net zero emissions by 2050 (No. 16553). International Monetary Fund.

Hirth & Steckel (2016). The role of capital costs in decarbonizing the electricity sector. Environmental Research Letters.

Känzig, D. R. (2021). The unequal economic consequences of carbon pricing. Available at SSRN 3786030.

Laing, T., Sato, M., Grubb, M. & Comberti, C. (2013). Assessing the effectiveness of the EU Emissions Trading System (Vol. 126). London: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment.

Leard, B., Linn, J. & Cleary, K. (2020). Carbon Pricing 202: Pricing Carbon in the Transportation Sector.

Li, H., & Peng, W. (2020). Carbon tax, subsidy, and emission reduction: Analysis based on DSGE model. Complexity, 2020.

Lippeatt, J. D., McGimsey, A., Casale, M. & Fund, U. P. E. (2021). Carbon Pricing 101-Strategies to put a price on global warming pollution.

Muangjai, P., Wongsapai, W., Bunchuaidee, R., Tridech, N., Damrongsak, D. & Ritkrerkkrai, C. (2020). Marginal abatement cost of electricity generation from renewable energy in Thailand. Energy Reports, 6, 767-773.

Muralidharan, Nitin, Self, Ethan, Dixit, Marm, Essehli, Rachid, Amin, Ruhul, Nanda, Jagjit & Belharouak, Ilias. (2022). Next-Generation Cobalt-Free Cathodes – A Prospective Solution to the Battery Industry's Cobalt Problem. United States. https://doi.org/10.1002/aenm.202103050

NGFS. (2021). NGFS climate scenarios for central banks and supervisors.

Nong, D., Nguyen, T. H., Wang, C. & Van Khuc, Q. (2020). The environmental and economic impact of the emissions trading scheme (ETS) in Vietnam. Energy Policy, 140, 111362.

Plan, R. (2018). Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions.

Rajbhandari, S., Limmeechokchai, B. & Masui, T. (2019). The impact of different GHG reduction scenarios on the economy and social welfare of Thailand using a computable general equilibrium (CGE) model. Energy, Sustainability and Society, 9(1), 1-21.

Ranganathan, J., Corbier, L., Bhatia, P., Schmitz, S., Gage, P., & Oren, K. (2004). The greenhouse gas protocol: A corporate accounting and reporting standard (revised edition). Washington, DC: World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development.

Rausch, S., Metcalf, G. E., & Reilly, J. M. (2011). Distributional impacts of carbon pricing: A general equilibrium approach with micro-data for households. Energy economics, 33, S20-S33.

RE100. Stepping up: RE100 gathers speed in challenging markets. RE100 annual disclosure report 2021.

Sanguesa, J.A., Torres-Sanz,V., Garrido, P., Martinez, F.J., Marquez-Barja, J.M. (2021) A Review on Electric Vehicles: Technologies and Challenges. Smart Cities 2021. https://doi.org/10.3390/smartcities4010022/

Santikarn, M., Churie Kallhauge, A. N., Bozcaga, M. O., Sattler, L., Mccormick, M. S., Ferran Torres, A. et al. (2021). State and trends of carbon pricing 2021. The World Bank.

The Bangkok insight editorial team (2021) ปัญหาและอุปสรรคโรงไฟฟ้าชีวมวล สืบค้นเมื่อ 26 กันยายน 2564 จาก https://www.thebangkokinsight.com/news/environmental-sustainability/717507/

UNFCC (2021). End of Coal in Sight at COP26. Retrieved November 4, 2021, from https://unfccc.int/news/end-of-coal-in-sight-at-cop26

Wei, D., Brugués, A., Rose, A., Carlos, A., García, R., & Martínez, F. (2017). Climate change and the economy in Baja California: Assessment of macroeconomic impacts of the State's Climate Action Plan. Ecological Economics, 131, 373-388.

Winchester, N., & Reilly, J. M. (2019). The economic, energy, and emissions impacts of climate policy in South Korea. Climate Change Economics, 10(03), 1950010.

World Energy Outlook (2021). World Energy Outlook 2021. International Energy Agency.

Zeshan, M. & Shakeel, M. (2020). Adaptations and mitigation policies to climate change: a dynamic CGE-WE model. The Singapore Economic Review, 1-25.

Zhang, W., Li, J., Li, G. & Guo, S. (2020). Emission reduction effect and carbon market efficiency of carbon emissions trading policy in China. Energy, 196, 117117.

กระทรวงพลังงาน (2018) การวางแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าประเทศไทย แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561-2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1

กระทรวงพลังงานแห่งประเทศไทย (2022) ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน้าโรงงานของประเทศไทยจำแนกตามแหล่งผลิต ม.ค.-ธ.ค. 2564 กระทรวงพลังงานแห่งประเทศไทย

กรีนพีซประเทศไทย (2564) ปลดระวางถ่านหินเพื่อการเปลี่ยนผ่านที่เป็นธรรมในประเทศไทย Greenpeace Thailand.

วิจัยเกียรตินาคินภัทร (2565) เมื่ออุตสาหกรรมยานยนต์เปลี่ยนเป็น EV ทำไมไทยเสียเปรียบคู่แข่ง สืบค้นเมื่อวันที่ 29 เมษายน 2565 จาก https://advicecenter.kkpfg.com th/

วิจัยกรุงศรี (2562) ธุรกิจบริการเดินรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2565 จาก https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/logistics/mass-rapid-transit-operators/IO/

วิจัยกรุงศรี (2565) รถยนต์ไฟฟ้า: ความต้องการและโอกาสที่กำลังมาถึง สืบค้นเมื่อ 11 มีนาคม 2565 จาก https://www.krungsri.com/th/research/research-intelligence/ev-survey-22

วิจัยกรุงไทย (2564) Solar-Corporate PPA ธุรกิจผลิตไฟฟ้าที่ตอบโจทย์กระแสรักษ์โลก สืบค้นเมื่อวันที่ 20 สิงหาคม 2564 จาก https://krungthai.com/th/krungthai-update/news-detail/817

แนวนโยบายของแผนพลังงานชาติ (Policy Direction) ความคิดเห็นกรอบ “แผนพลังงานชาติ” มุ่งลดคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิเป็นศูนย์ ภายในปี ค.ศ. 2065 – 2070 กระทรวงพลังงาน สืบค้นเมื่อวันที่ 22 กันยายน 2564 จาก http://www.eppo.go.th/index.php/th/component/k2/item/17296-news-220964-2

แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2564 มาตรการในการลดก๊าซเรือนกระจก. แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2564 – 2573 สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย (2564) ‘Net-Zero’ เป้าหมายที่ไม่ทิ้ง ‘เอสเอ็มอี’ ไว้ข้างหลัง. สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย (ทีดีอาร์ไอ) สืบค้นเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม 2564 จาก https://tdri.or.th/2021/12/net-zero-smes/

สมาชิกสมาคมพลังงานหมุนเวียนไทย (อาร์อี 100) สืบค้นเมื่อวันที่ 13 กันยายน 2565 จาก https://re100th.org/charter-members/

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (2562). ยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบคมนาคมขนส่งของไทยระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2565, จาก https://web.dlt.go.th/dlt-direction/

องค์กรพลังงานระหว่างประเทศ (2020). Renewable Energy Market Update Outlook for 2022 and 2023. International Energy Agency (IEA).

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ขั้นตอนการขึ้นทะเบียนและแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของ อบก. Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization) (TGO).

ธนาคารแห่งประเทศไทย
BANK OF THAILAND

**คณะที่ปรึกษา**

| | |
|---|---|
| นพดล บูรณะธนัง | รองผู้อำนวยการ สำนักงานภาคตะวันออกเฉียงเหนือ |
| ปัญจพัฒน์ ประสิทธิ์เดชสกุล | ผู้ช่วยผู้อำนวยการ กลุ่มงานนโยบายเศรษฐกิจการเงิน |

**คณะผู้เขียนบทความ**

| | |
|---|---|
| กฤษณี พิสิฐศุภกุล | ผู้วิเคราะห์อาวุโส สำนักงานภาคใต้ |
| เพชรลักษณ์ บุญญาคุณากร | ผู้วิเคราะห์อาวุโส สำนักงานภาคตะวันออกเฉียงเหนือ |
| วัชรพงศ์ รัชตเวชกุล | ผู้วิเคราะห์อาวุโส สำนักงานภาคตะวันออกเฉียงเหนือ |
| รสสุคนธ์ ศึกษานภาพัฒน์ | ผู้วิเคราะห์อาวุโส สำนักงานภาคเหนือ |
| ธีรพัฒน์ เขื่อนปัญญา | ผู้วิเคราะห์ สำนักงานภาคเหนือ |

*ข้อคิดเห็นที่ปรากฏในบทความนี้ เป็นความเห็นของคณะผู้เขียนบทความ*
*ไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับความเห็นของธนาคารแห่งประเทศไทย*