

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม | OFFICE OF INDUSTRIAL ECONOMICS

อนาคตยางล้อหมดอายุ ความเป็นไปได้ของการรีไซเคิลยางล้อของไทย

2568

สถาบันพลาสติก Plastics Institute of Thailand

PIC Plastics Intelligent Center

อนาคตยางล้อหมดอายุ ความเป็นไปได้ของการรีไซเคิลยางล้อของไทย

ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตยางล้อรายใหญ่ของตลาดการผลิตยางล้อของโลก เนื่องจากอุตสาหกรรมการผลิตยางล้อของไทยได้รับอานิสงค์จาก “ดีทรอยต์แห่งเอเชีย” ที่บริษัทผู้ผลิตรถยนต์ขนาดใหญ่หลายรายมาตั้งฐานการผลิตในประเทศไทย ทำให้เกิดการสั่งสมประสบการณ์ ความรู้ เทคโนโลยีและนวัตกรรมต่างๆ ด้านการผลิตยานยนต์ ซึ่งส่งผลมาถึงอุตสาหกรรมที่พึ่งพาและสนับสนุนการผลิตยานยนต์ อาทิ อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ รวมถึงอุตสาหกรรมผลิตยางล้อด้วยเช่นกัน ทำให้อุตสาหกรรมการผลิตยางล้อของไทยมีการสะสมทั้งองค์ความรู้ และมีการพัฒนาด้านเทคโนโลยี นวัตกรรม และการพัฒนาสาธารณูปโภคต่างๆ เพื่อสนับสนุนและรองรับอุตสาหกรรมการผลิตยางล้อของประเทศมาอย่างยาวนาน

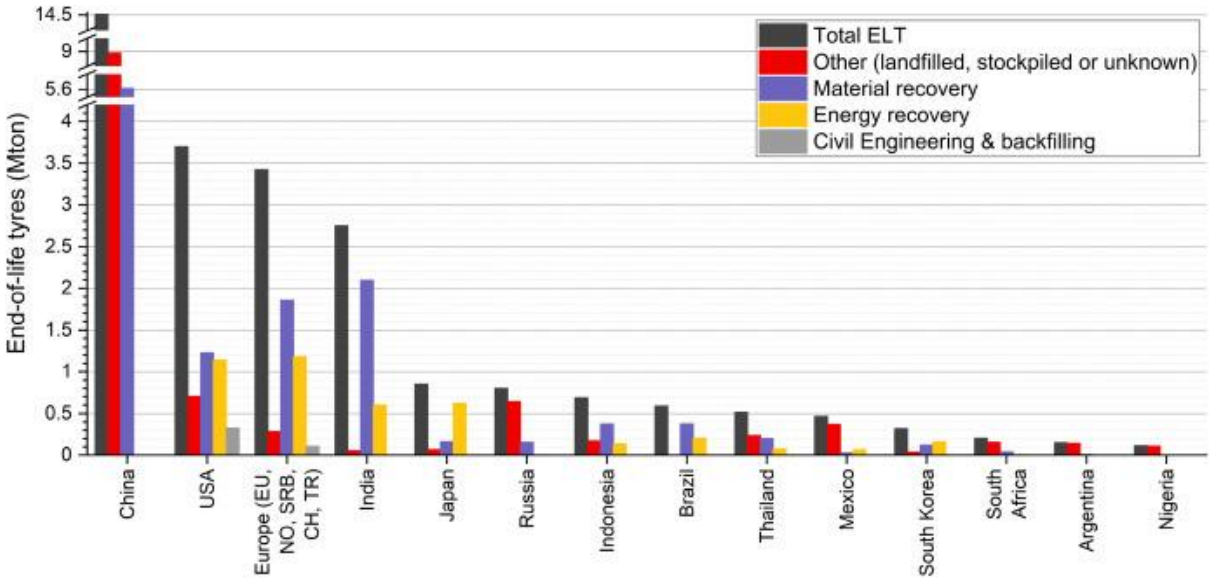
สินค้าทุกชนิดมีอายุการใช้งานไม่ว่าจะเป็นสินค้าประเภทใดก็ตาม ทั้งสินค้าสิ้นเปลือง สินค้าคงทนหรือ สินค้ากึ่งคงทน ยางล้อรถยนต์ก็เช่นเดียวกันเมื่อหมดอายุการใช้งาน คุณสมบัติต่างๆ ประสิทธิภาพการใช้งานย่อมลดลงหรือหมดไป ยางล้อรถยนต์จึงจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนใหม่ตลอดเพราะความปลอดภัยจากการขับขี่หรือเดินทางเป็นเรื่องสำคัญ ยางล้อรถยนต์จะสึกหรอจากการขับขี่ และความร้อนจากการสัมผัสถนน โดยมีอายุการใช้งานเฉลี่ยประมาณ 2 – 2.5 ปี หรือระยะทางประมาณ 40,000 กิโลเมตร หรือจำเป็นเปลี่ยนยางล้อทุกๆ 3.5 – 5 ปี หรือ 50,000 กิโลเมตร เป็นอย่างน้อย ทำให้การใช้งานรถยนต์จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนยางล้ออย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้มีปริมาณยางล้อเก่าเพิ่มขึ้นทุกๆ ปี ทั้งนี้ ยางล้อที่หมดอายุการใช้งานย่อยสลายได้ยากและใช้เวลาถึงหลายสิบปีขึ้นไป หากการจัดการยางล้อที่หมดอายุการใช้งานไม่ถูกวิธี ไม่ว่าจะเป็นการเผาซึ่งก่อให้เกิดมลพิษ การนำไปทิ้งในที่ต่างๆ จะกลายเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุง แมลง หนู หรือสัตว์อื่นที่เป็นพาหะโรคติดต่อสู่คน การฝังกลบต้องใช้เวลานาน รวมถึงการนำไปทิ้งและฝังกลบจำเป็นต้องใช้พื้นที่มากเนื่องจากยางล้อรถยนต์มีขนาดใหญ่

ปัจจุบันประเทศต่างๆ รับรู้ถึงผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมหากไม่จัดการยางล้อที่หมดอายุการใช้งานอย่างเหมาะสม จึงได้ออกระเบียบ มาตรการ กฎหมาย และพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ ที่เป็นที่ยอมรับอย่างสากล เพื่อรองรับและลดผลกระทบต่างๆ ที่จะเกิดขึ้น โดยแนวทางหรือกระบวนการจัดการยางล้อในปัจจุบันมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น การนำยางล้อกลับมาใช้ใหม่ด้วยการหล่อดอกยางใหม่ ซึ่งเหมาะกับยางล้อรถบรรทุกหรือรถโดยสาร (รถขนาดใหญ่) ที่มีหน้ายางไม่สึกมากนัก หรือการนำไปแปรรูปเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์สุดท้ายในอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น ใช้เป็นส่วนประกอบของโต๊ะ เก้าอี้ และเฟอร์นิเจอร์อื่นๆ ในบ้าน เป็นส่วนประกอบในการทำรองเท้าหรือพื้นรองเท้า ตลอดจนนำกลับไปเป็นวัสดุสำหรับผสมกับวัตถุดิบหลักเพื่อการใช้งานต่างๆ เช่น นำไปผสมเพื่อใช้ทำทางเท้า ผสมกับยางมะตอยเพื่อใช้ทำถนน นอกจากนี้ การดัดแปลงยางล้อที่หมดอายุเพื่อการใช้งานในรูปแบบอื่นๆ ในการทำการเกษตรและประมงยังสามารถพบเห็นได้ทั่วไป รวมไปถึงการนำไปแปรรูปเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนถ่านหินหรือน้ำมันเตาในการผลิตของอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ อุตสาหกรรมโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน อุตสาหกรรมไพโรไลซีส

อย่างไรก็ตาม แม้ว่ากระบวนการจัดการยางล้อที่หมดอายุแล้วจะมีรูปแบบและกระบวนการที่หลากหลายตามที่ได้กล่าวไปในข้างต้น แต่ยังคงพบว่ามียางล้อหมดอายุจำนวนไม่น้อยที่ไม่ถูกนำเข้ากระบวนการจัดการอย่างเหมาะสม จนทำให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและสุขอนามัยตามมา ตัวอย่างเช่น การเทกองรวม (Stockpiled) ของยางล้อ จะทำให้ยางล้อเหล่านั้นกลายเป็ยแหล่งเพาะพันธุ์ของยุงและแมลงต่างๆ การฝังกลบ (Landfilled) นอกจากจะเป็นวิธีการที่สิ้นเปลืองพื้นที่แล้ว ยังเป็นการสร้างการรบกวนต่อชุมชนรอบข้างรวมไปถึงอาจเกิดปัญหาด้านสุขอนามัยตามมาหากมีการรั่วซึมของน้ำชะขยะ การเผาทำลายที่เกิดขึ้นในกระบวนการที่ไม่ได้รับการควบคุมจะทำให้เกิดมลพิษทางอากาศและสารพิษที่ออกมาจากการเผาไหม้จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

จากรายงานการศึกษาเรื่อง “End-of-life options of tyres. A review” (University of Trento, Department of Industrial Engineering and INSTM Research Unit, 2022) ระบุว่าประเทศไทยมียางล้อหมดอายุที่ไม่ได้ถูกนำมาเข้ากระบวนการจัดการอย่างถูกต้องคิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 40 ของยางล้อหมดอายุทั้งหมด ซึ่งในสัดส่วนดังกล่าวหมายรวมถึงวิธีการฝังกลบ (Landfilled) และการเทกองรวม (Stockpiled) หรือวิธีการใดๆ ที่ไม่สามารถระบุได้ โดยวิธีดังกล่าวเป็นวิธีที่สร้างส่งผลกระทบในเชิงลบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมมากที่สุด ในขณะที่ประเทศพัฒนาแล้วไม่ว่าจะเป็นสหรัฐฯ กลุ่มสหภาพยุโรป เกาหลีใต้ รวมไปถึงประเทศกำลังพัฒนาอื่นๆ อย่างอินเดีย หรืออินโดนีเซีย กลับมีสัดส่วนการนำยางล้อหมดอายุกลับมาใช้งานเป็นวัสดุรีไซเคิลหรือนำกลับมาเป็นพลังงานมากกว่าอย่างเห็นได้ชัด รายละเอียดแสดงดัง***รูปที่ 1***

รูปที่ 1 ปริมาณการจัดการยางล้อหมดอายุในแต่ละรูปแบบเชิงเปรียบเทียบ



ที่มา: University of Trento, Department of Industrial Engineering and INSTM Research Unit, 2022, “End-of-life options of tyres. A review”

ด้วยบทบาทของประเทศไทยซึ่งเป็นผู้ผลิตรถยนต์ที่สำคัญของภูมิภาคเอเชีย รวมถึงเป็นผู้ผลิตยางล้อที่สำคัญของตลาดโลกดังที่กล่าวไปในข้างต้นนั้น หากสัดส่วนการจัดการยางล้อหมดอายุในประเทศไทย

ยังคงใช้วิธีการฝังกลบหรือการเทกองรวมเป็นวิธีการหลัก อาจส่งผลให้เกิดปัญหาด้านมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนที่มากขึ้นต่อไปในอนาคต

สัดส่วนวัสดุ องค์ประกอบยางล้อ

ในการผลิตยางรถยนต์หนึ่งเส้นมีวัสดุและส่วนประกอบหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ที่เป็นวัสดุหลักในการผลิต รวมไปถึงวัสดุที่ช่วยสนับสนุนความแข็งแรงของยางล้ออย่างลวดวัสดุถักทอ นอกจากนี้ การผลิตยางล้อในแต่ละรูปแบบยังมีความจำเป็นต้องผสมสารเติมแต่งชนิดต่างๆ เพื่อปรับสูตรการผลิตให้มีความเหมาะสมกับยางประเภทหนึ่งๆ ที่จะเกี่ยวข้องกับรูปแบบการใช้งานเป็นหลัก อย่างไรก็ตาม สัดส่วนของวัสดุต่างๆ จะมีความแตกต่างกันไปตามประเภทของยางที่ผลิต และองค์ความรู้ซึ่งเป็นเทคโนโลยีเฉพาะของผู้ผลิตแต่ละราย แต่ทั้งนี้ หากพิจารณาโครงสร้างส่วนประกอบในภาพรวมของยางรถยนต์หนึ่งเส้นจะประกอบไปด้วยรายการวัสดุดัง***ตารางที่ 1***

ตารางที่ 1 สัดส่วนองค์ประกอบของยางล้อต่อ 1 เส้น

Materials (%)	Passenger/Light Truck tire	Truck tire
Natural rubber	19	34
Synthetic rubber	24	11
Steel	12	21
textile	4	0
fillers	26	24
Antioxidant, antiozonants, curing systems	14	10

ที่มา https://www.ustires.org/whats-tire-0

จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบของยางหนึ่งเส้นประกอบไปด้วยวัสดุที่หลากหลาย รวมไปถึงสารเคมีที่อาจเป็นอันตรายต่อร่างกายมนุษย์ สิ่งมีชีวิต และสภาพแวดล้อม หากไม่ได้รับการจัดการที่ถูกวิธี

ลักษณะทั่วไปยางล้อที่หมดอายุการใช้งาน

การประเมินว่ายางล้อหมดอายุการใช้งานแล้ว ไม่ได้พิจารณาจากอายุการใช้งานเฉลี่ยประมาณ 2 – 2.5 ปี หรือวิ่งมาเป็นระยะทางประมาณ 40,000 กิโลเมตรเพียงอย่างเดียว แต่พิจารณาจากหลายปัจจัยร่วมกัน ได้แก่

ความลึกของดอกยาง เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในการประเมินความปลอดภัยในการขับขี่ เมื่อดอกยางสึกถึงระดับเครื่องหมายแสดงความลึก (Tread Wear Indicator: TWI) ที่ฝังอยู่ในร่องดอกยาง แสดงว่ายางล้อใกล้หมดอายุการใช้งาน หากความลึกของดอกยางต่ำกว่าเกณฑ์ อาจทำให้ประสิทธิภาพในการยึดเกาะถนนลดลง

อายุของยางล้อ ยางล้อมีอายุการใช้งาน แม้ว่าจะไม่ได้ใช้งานหรือดอกยางยังไม่สึก แต่สารประกอบในยางจะเสื่อมสภาพตามกาลเวลา ทำให้ยางล้อแข็งกระด้าง สูญเสียความยืดหยุ่น และอาจแตกร้าวได้ ผู้ผลิตยางล้อส่วนใหญ่แนะนำให้เปลี่ยนยางที่มีอายุเกิน 5-10 ปี (นับจากวันที่ผลิต) แม้ว่าดอกยาง

จะยังดีอยู่ สามารถตรวจสอบวันที่ผลิตของยางได้จากตัวเลข 4 หลักที่ระบุบนแก้มยาง (DOT code) โดยสองหลักแรกคือสัปดาห์ที่ผลิต และสองหลักหลังคือปีที่ผลิต

ความเสียหายทางกายภาพ อาทิ การบวมที่แก้มยางอาจเกิดจากการกระแทกจากโครงสร้างภายใน ทำให้โครงสร้างยางไม่แข็งแรงและเสี่ยงต่อการระเบิด การแตกร้าว รอยแตกร้าวที่แก้มยางหรือบริเวณร่องดอกยาง อาจเกิดจากการเสื่อมสภาพจากแสงแดด ความร้อน หรือสารเคมี การฉีกขาด รอยฉีกขาดหรือบาดแผลลึกที่แก้มยางอาจทำให้โครงสร้างยางเสียหาย การเสียรูปทรง ยางที่เสียรูปทรงอาจเกิดจากการกระแทกอย่างรุนแรง

การซ่อมแซมที่ไม่ถูกต้อง การซ่อมแซมยางล้อที่ไม่ถูกวิธีหรือไม่เป็นไปตามมาตรฐานอาจทำให้ยางไม่ปลอดภัยในการใช้งานในระยะยาว

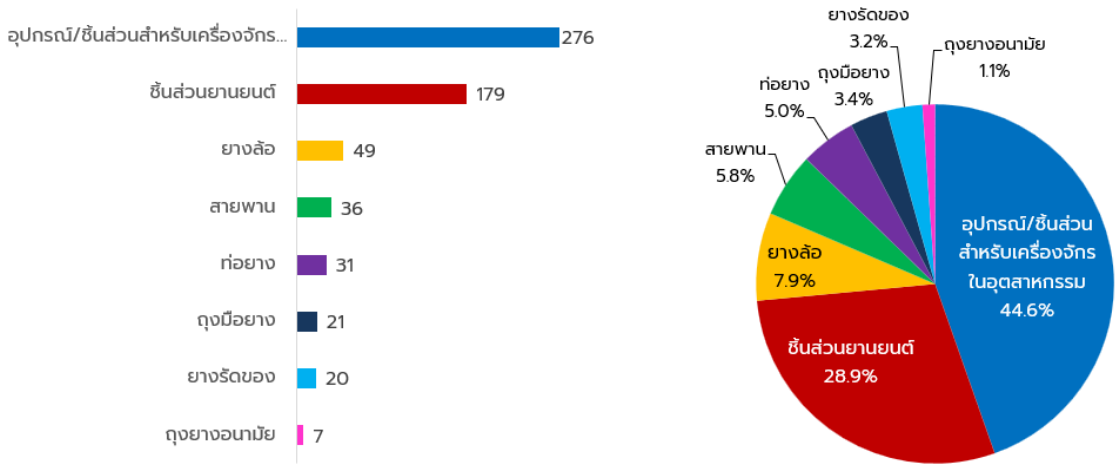
ปัจจัยอื่นๆ เช่น การใช้งานที่ผิดประเภท การใช้ยางล้อที่ไม่เหมาะสมกับประเภทของรถยนต์หรือสภาพการใช้งาน อาจทำให้ยางเสื่อมสภาพเร็วกว่าปกติ การดูแลรักษาที่ไม่ดี การไม่เติมลมยางอย่างสม่ำเสมอ หรือการบรรทุกน้ำหนักเกิน อาจส่งผลต่ออายุการใช้งานของยางล้อ

นอกจากความเข้าใจในข้อมูลพื้นฐานของการผลิตยางล้อและลักษณะของยางล้อที่หมดอายุดังรายละเอียดที่ได้กล่าวไปในข้างต้นแล้ว เพื่อการประเมินผลกระทบและความสำคัญของการจัดการยางล้อที่หมดอายุภายในประเทศไทยได้ชัดเจนมากขึ้น การศึกษาโครงสร้างอุตสาหกรรมการผลิต การค้าและการบริโภคยางล้อของประเทศไทยจะทำให้ผู้อ่านบทวิเคราะห์ฉบับนี้เข้าใจบริบทของอุตสาหกรรมการผลิตยางล้อไทยมากขึ้น โดยผู้เขียนจะนำเสนอข้อมูลโครงสร้างอุตสาหกรรมการผลิตยางล้อไทยในส่วนถัดไป

โครงสร้างอุตสาหกรรมยางล้อประเทศไทย

จากการสำรวจข้อมูลของศูนย์ข้อมูลอัจฉริยะอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางและไม้ยางพารา (Rubber Intelligence Unit: RIU) ณ ปี 2024 (ข้อมูลปี 2023) พบว่า ผู้ประกอบการแปรรูปผลิตภัณฑ์ยางทั้งหมดของประเทศไทยมีจำนวน 619 ราย ส่วนมากกว่าร้อยละ 44 ของจำนวนทั้งหมดเป็นผู้ผลิตอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนยางสำหรับเครื่องจักรในอุตสาหกรรม รองลงมาในสัดส่วนร้อยละ 29 เป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนยางสนับสนุนอุตสาหกรรมยานยนต์ สำหรับผู้ผลิตยางล้อนั้นมีมีจำนวนผู้ผลิตมากเป็นลำดับที่ 3 ที่มีสัดส่วนประมาณร้อยละ 8 (49 ราย) รายละเอียดแสดงดัง***รูปที่ 2***

รูปที่ 2 จำนวนผู้ประกอบการแปรรูปผลิตภัณฑ์ยางไทย จำแนกตามอุตสาหกรรม



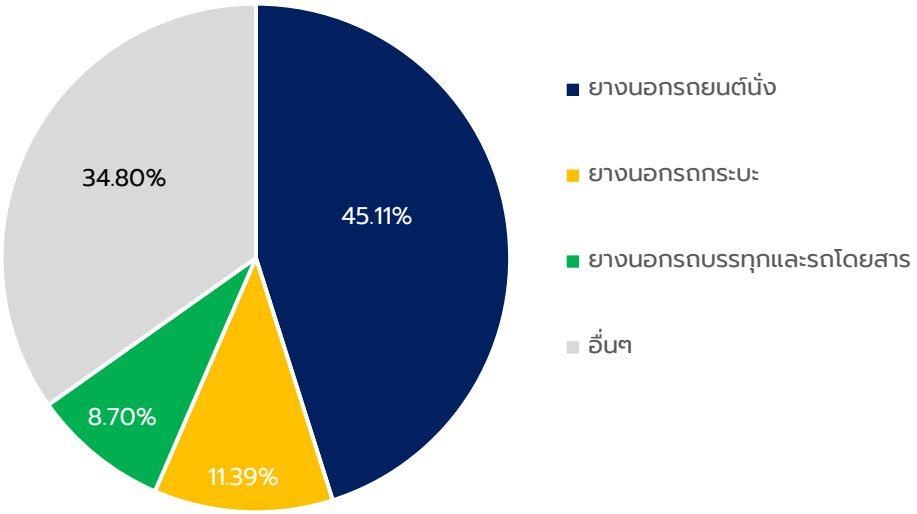
ที่มา: Rubber Intelligence Unit: RIU จากการสำรวจผู้ประกอบการ

แม้ว่าผู้ประกอบการแปรรูปอุตสาหกรรมยางล้อจะมีจำนวนไม่มากนักเมื่อเทียบกับผู้ประกอบการแปรรูปในอุตสาหกรรมยางประเภทอื่นๆ แต่เมื่อเปรียบเทียบถึงศักยภาพในการประกอบกิจการแล้วพบว่าผู้ประกอบการการแปรรูปผลิตภัณฑ์ยางล้อไทยนั้น ส่วนมากมีขนาดกิจการระดับกลางถึงระดับใหญ่และมีการลงทุนจากผู้ผลิตต่างชาติที่มีชื่อเสียงในวงการอุตสาหกรรมยางล้อเป็นจำนวนมาก เช่น Michelin, Bridgestone, Goodyear, Continental, Sumitomo ซึ่งสะท้อนความสามารถในการผลิตที่ต้องมีการควบคุมคุณภาพของสินค้าที่เข้มงวด และเป็นไปตามเงื่อนไขและมาตรฐานความปลอดภัยของอุตสาหกรรมยานยนต์ ที่ประเทศไทยถือเป็นฐานการผลิตหลักในภูมิภาคเอเชีย ในขณะที่ภาพรวมของผู้ประกอบการแปรรูปผลิตภัณฑ์ยางไทยนั้นส่วนมากกว่าร้อยละ 80 จะเป็นผู้ประกอบการที่มีขนาดเล็ก (SMEs) ซึ่งมีระดับเทคโนโลยีการผลิตและความซับซ้อนหรือความต้องการด้านการใช้งานไม่สูงมากนัก

ด้วยเหตุนี้ ผู้ประกอบการแปรรูปยางล้อของไทยจึงมีฐานความรู้และเทคโนโลยีการผลิตที่สามารถตอบโจทย์ความต้องการของแบรนด์ผู้ผลิตรถยนต์ในระดับสากลได้ ทำให้ประเทศไทยมีบทบาทเป็นผู้ผลิตและส่งออกยางล้ออันดับที่ 2 ของโลกรองจากประเทศจีน[1] สำหรับการผลิตยางล้อรถยนต์ของประเทศไทยนั้นจำแนกได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่ ยางนอกรถยนต์นั่ง ยางนอกรถกระบะ และยางนอกรถบรรทุกและรถโดยสาร และยางนอกอื่นๆ เช่น ยางนอกรถจักรยาน ยางนอกรถจักรยานยนต์ ยางนอกรถแทรกเตอร์ และยางนอกอื่นๆ โดยประเทศไทยผลิตยางนอกสำหรับรถยนต์นั่งมากที่สุดในสัดส่วนกว่าร้อยละ 45 รองลงมา คือ ยางนอกรถกระบะ และยางนอกรถบรรทุกและรถโดยสาร โดยมีสัดส่วนการผลิตร้อยละ 11 และ 8 ตามลำดับ ดัง ***รูปที่ 3***

[1] บทความจากเพจลงทุนแมน “ทำไมไทย เป็นผู้ส่งออกยางล้อ เบอร์ 2 ของโลก” 14 ม.ค. 2024

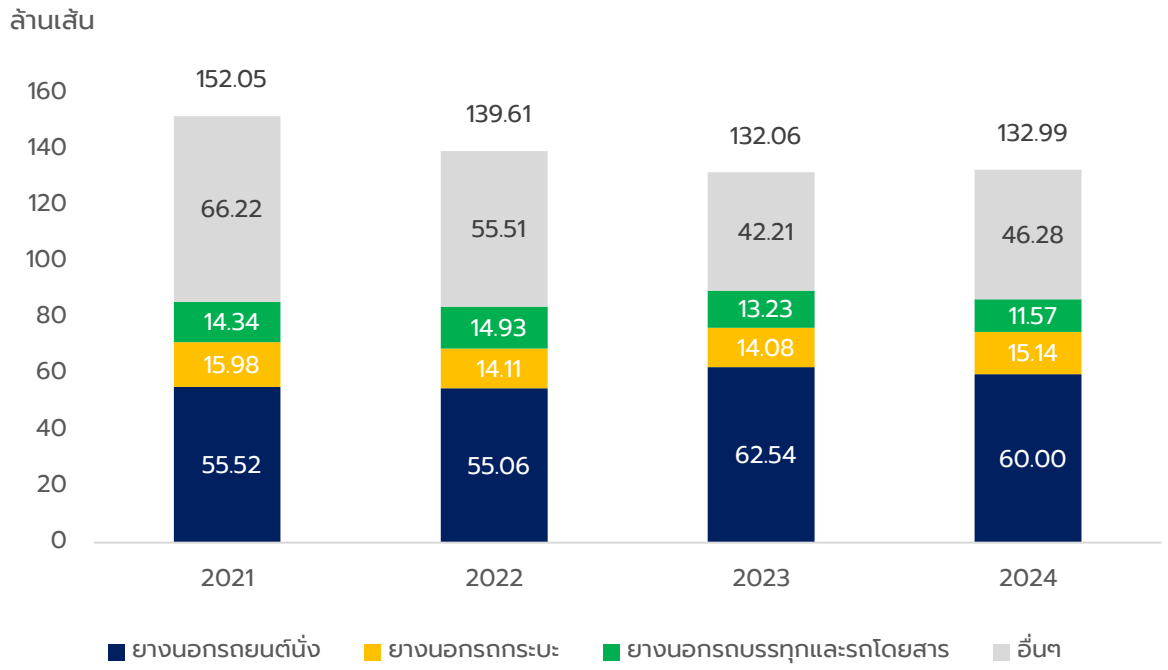
รูปที่ 3 สัดส่วนปริมาณการผลิตยางล้อประเทศไทย



ที่มา: OIE จัดทำโดยศูนย์ข้อมูลฯ สถาบันพลาสติก

ที่ผ่านมาตั้งแต่ปี 2021-2024 ประเทศไทยมีปริมาณการผลิตยางล้อรวมทุกประเภทเฉลี่ยประมาณ 138 ล้านเส้นต่อปี โดยภาพรวมทิศทางการผลิตมีการชะลอตัวลงจากการผลิตยางล้ออื่นๆ (ยางนอกรถจักรยาน ยางนอกรถจักรยานยนต์ ยางนอกรถแทรกเตอร์ และยางนอกอื่นๆ) ในขณะที่การผลิตยางล้อรถยนต์นั่ง ยางล้อรถกระบะ และยางล้อรถบรรทุกและรถโดยสารกลับมีทิศทางการผลิตที่ทรงตัวที่ระดับ 85 ล้านเส้นต่อปี โดยจำแนกเป็น ยางล้อรถยนต์นั่งที่ 58 ล้านเส้นต่อปี ยางล้อรถกระบะ 15 ล้านเส้นต่อปี และยางล้อรถกระบะ 13 ล้านเส้นต่อปี การทรงตัวของปริมาณการผลิตดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงแนวโน้มความต้องการบริโภคยางล้อของอุตสาหกรรมยานยนต์ทั้งในและนอกประเทศยังคงทรงตัว ดัง***รูปที่ 4***

รูปที่ 4 ปริมาณการผลิตยางล้อประเทศไทย จำแนกประเภท ปี 2021-2024

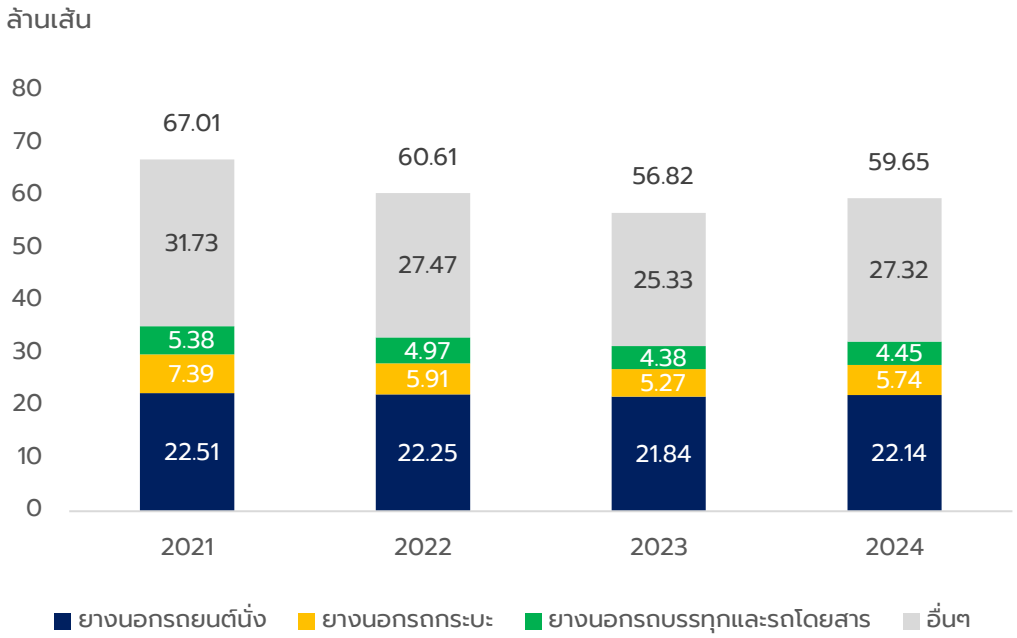


ที่มา: OIE จัดทำโดยศูนย์ข้อมูลฯ สถาบันพลาสติก

อย่างไรก็ตาม การผลิตยางล้อส่วนใหญ่ของประเทศไทยส่วนใหญ่ผลิตเพื่อการส่งออกเป็นหลัก โดยมีสัดส่วนการส่งออกสูงกว่าร้อยละ 60 ของปริมาณการผลิตทั้งหมด และส่วนที่เหลือจะเป็นการจำหน่ายในประเทศ และเป็นสินค้าคงคลังต่อไป

ทางด้านการจำหน่ายยางล้อภายในประเทศมีสัดส่วนการจำหน่ายโดยจำแนกตามประเภทใกล้เคียงกับสัดส่วนการผลิต กล่าวคือ การจำหน่ายยางล้อในประเทศนั้นส่วนมากจะเป็นยางนอกรถยนต์นั่ง กว่า ร้อยละ 37 ของปริมาณการจำหน่ายรวม สำหรับการจำหน่ายยางนอกรถกระบะและยางนอกรถบรรทุกและรถโดยสาร และยางล้ออื่นๆ จะมีสัดส่วนที่ร้อยละ 10, 8 และ 45 ตามลำดับ ทั้งนี้ ภาพรวมการจำหน่ายยางล้อทุกประเภทภายในประเทศมีทิศทางชะลอตัวลงเช่นเดียวกับภาวะการผลิตดังที่ได้กล่าวไปในข้างต้น รวมถึงการชะลอตัวในภาพรวมเป็นผลจากการจำหน่ายยางล้อในกลุ่มอื่นๆ ที่ลดลงเป็นสำคัญ ในขณะที่ยางนอกรถยนต์นั่ง รถกระบะ และระบรรทุกและรถโดยสารยังคงทรงตัว ดัง***รูปที่ 5***

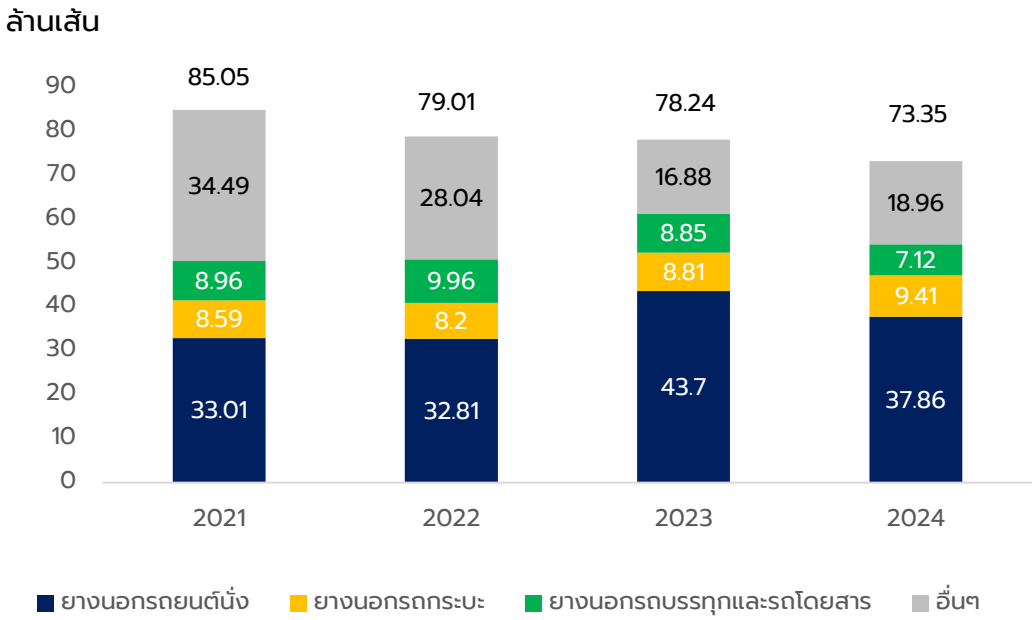
รูปที่ 5 ปริมาณการจำหน่ายยางล้อภายในประเทศ จำแนกประเภท ปี 2021-2024



ที่มา: OIE จัดทำโดยศูนย์ข้อมูลฯ สถาบันพลาสติก

เมื่อพิจารณาหักลบปริมาณการผลิตและปริมาณการจำหน่ายในประเทศเข้าด้วยแล้ว จะได้ปริมาณการส่งออกในมุมมองลักษณะเดียวกันที่ไม่นับรวมการส่งออกของสินค้าคงคลัง ทั้งนี้ จากข้อมูลปริมาณการส่งออกยางล้อรวมพบว่า ประเทศไทยมีปริมาณการส่งออกยางล้อทุกประเภทรวมเฉลี่ย 78 ล้านเส้นต่อปี และทิศทางการส่งออกระหว่างปี 2021-2024 การส่งออกชะลอตัวลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งถูกเหนี่ยวนำจากการส่งออกที่ลดลงในยางล้ออื่นๆ เป็นหลัก ขณะที่การส่งออกยางนอกรถยนต์นั่งเริ่มฟื้นตัวในปี 2023 และชะลอตัวลงอีกครั้งในปี 2024 จากปัจจัยความไม่แน่นอนของภาวะเศรษฐกิจโลกเป็นสำคัญ ไม่ว่าจะเป็นความขัดแย้งระหว่างรัสเซีย ยูเครน ต้นทุนพลังงานที่สูงขึ้น ภาวะเงินเฟ้อในหลายประเทศทั่วโลก ดัง***รูปที่ 6***

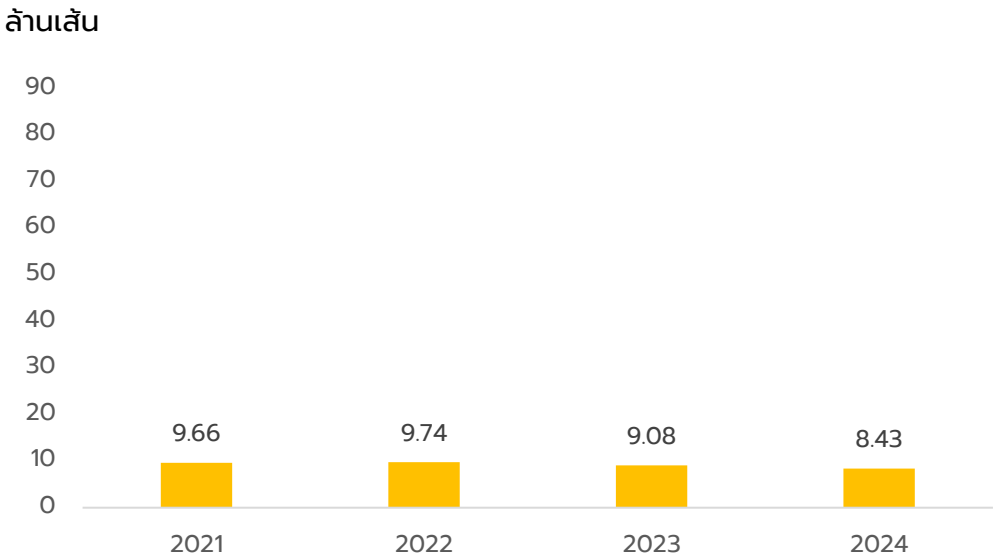
รูปที่ 6 ปริมาณการส่งออกยางล้อ (ไม่รวมสินค้าคงคลัง) จำแนกประเภท ปี 2021-2024



ที่มา: กระทรวงพาณิชย์ จัดทำโดยศูนย์ข้อมูลฯ สถาบันพลาสติก

ในขณะที่การนำเข้ายางล้อของประเทศไทย ไม่ค่อยส่งผลต่อภาพรวมของอุตสาหกรรมยางล้อประเทศไทยนัก เนื่องจากในแต่ละปีประเทศไทยมีปริมาณการนำเข้ายางล้อเฉลี่ยประมาณ 9 ล้านเส้นเท่านั้น ซึ่งโดยส่วนมากยางล้อที่นำเข้ามักเป็นยางล้อที่มีเทคโนโลยีระดับสูง หรือเป็นยางล้อสำหรับตลาดบน โดยทิศทางการนำเข้าในช่วงปี 2021-2024 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ดัง***รูปที่ 7***

รูปที่ 7 ปริมาณการนำเข้ายางล้อ ปี 2021-2024



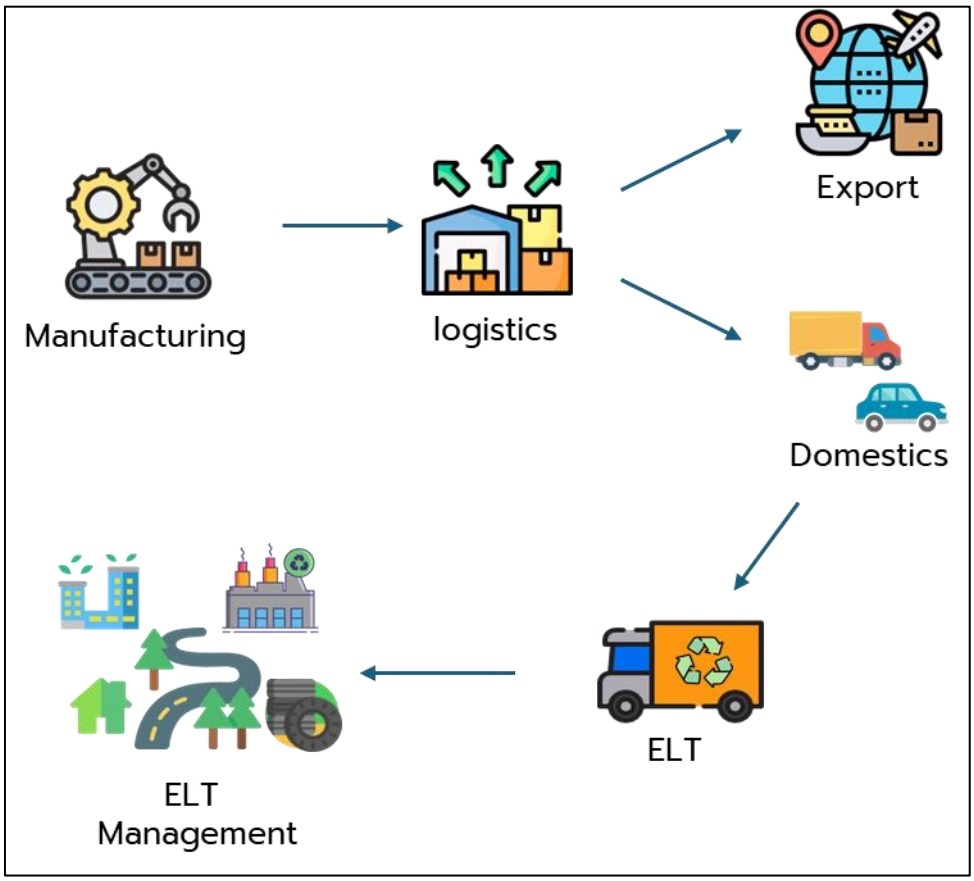
ที่มา: กระทรวงพาณิชย์ จัดทำโดยศูนย์ข้อมูลฯ สถาบันพลาสติก

เมื่อพิจารณาข้อมูลการผลิต การจำหน่ายในประเทศ การนำเข้าและการส่งออกยางล้อไทยดังข้อมูลที่กล่าวไปในข้างต้นจะพบว่า ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีศักยภาพในอุตสาหกรรมยางล้อระดับสากล ซึ่งสะท้อนจากปริมาณการส่งออกที่มีสัดส่วนราวร้อยละ 60 ของการผลิต และประเภทยางล้อที่มีความสำคัญต่อตลาดยางล้อทั้งนอกและในประเทศ คือ ยางล้อสำหรับรถยนต์นั่งที่มีสัดส่วนการผลิตและจำหน่ายภายในประเทศประมาณร้อยละ 40 นอกจากนี้ ภาพรวมของตลาดยางล้อรถยนต์นั่งในประเทศไทยที่ผ่านมายังคงทรงตัว ซึ่งอาจหมายความว่ายางล้อที่จะถูกผลิตในอนาคตอาจอยู่ในปริมาณที่ใกล้เคียงกับในอดีตที่ผ่านมา ดังนั้น แล้วอัตราการเติบโตของปริมาณยางล้อหมดอายุ อาจมีความใกล้เคียงกับอัตราการเติบโตในปัจจุบัน

การจัดการยางล้อที่หมดอายุในประเทศไทย

หลังจากสิ้นสุดกระบวนการผลิตยางล้อจากโรงงาน นำไปสู่การส่งออกและการบริโภคภายในประเทศแล้ว ยางล้อที่หมดอายุจะถูกรวบรวมเพื่อเข้าสู่กระบวนการการจัดการยางล้อ การจัดการยางล้อที่หมดอายุการใช้งานเป็นกระบวนการที่ครอบคลุมตั้งแต่การเก็บรวบรวม ขนส่ง คัดแยก ไปจนถึงการนำไปรีไซเคิล การนำกลับมาใช้ใหม่ หรือการกำจัดอย่างถูกวิธี แสดงดัง***รูปที่ 8***

รูปที่ 8 แผนผังการเดินทางของยางล้อ



ที่มา: PIC; PITH 2568 บทวิเคราะห์เรื่อง 'อนาคตยางล้อหมดอายุ ความเป็นไปได้ของการรีไซเคิลยางล้อของไทย'"

1. **กระบวนการการเก็บรวบรวม เ**ป็นกระบวนการแรกของการรวบรวมยางล้อที่หมดอายุจากแหล่งต่างๆ เพื่อนำเข้ากระบวนการจัดการในขั้นตอนต่อไป โดยปัจจุบัน แหล่งรวบรวมอาจมีหลากหลาย ซึ่งอาจเป็นแหล่งรวบรวมที่ทำสัญญาระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในห่วงโซ่อุปทาน หรือแหล่งรวบรวมที่เกิดจากการบริหารจัดการของหน่วยงานกลางที่มีหน้าที่และความรับผิดชอบ โดยมีตัวอย่างดังนี้
    - **1.1. รวบรวมผ่านจุดรับคืน** กำหนดจุดรับคืนยางล้อเก่าตามร้านค้าจำหน่ายยางรถยนต์ ศูนย์บริการ หรือสถานที่ที่กำหนดโดยหน่วยงานภาครัฐหรือเอกชน
    - **1.2. รวบรวมผ่านโครงการรับคืน จั**ดโครงการรับคืนยางล้อเก่าเป็นครั้งคราว เพื่อกระตุ้นให้ประชาชนนำยางล้อเก่ามาทิ้งอย่างถูกวิธี
    - **1.3. รวบรวมผ่านระบบ EPR (Extended Producer Responsibility)** ผู้ผลิตและนำเข้ายางล้อมีบทบาทและความรับผิดชอบในการจัดการยางล้อที่หมดอายุการใช้งาน ซึ่งอาจดำเนินการผ่านองค์กรกลาง
    - **1.4. รวบรวมผ่านแหล่งอื่นๆ** รวบรวมยางล้อเก่าจากอู่ซ่อมรถยนต์ โรงงานอุตสาหกรรม และสถานที่อื่นๆ ที่มีการใช้หรือทิ้งยางล้อจำนวนมาก

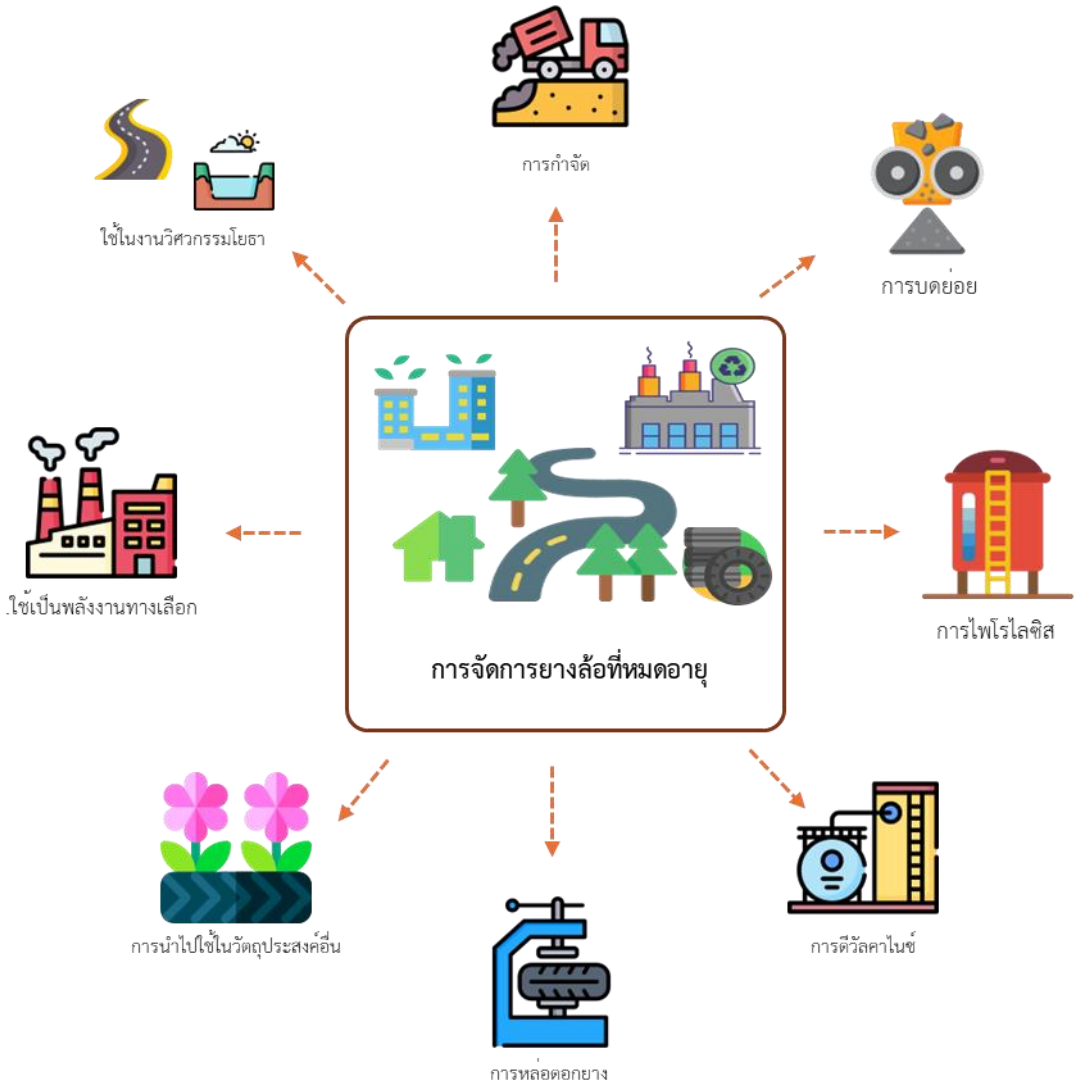
ลำดับถัดไปเป็นกระบวนการขนส่ง เป็นการลำเลียงยางล้อหมดอายุที่ได้ทำการรวบรวมจากแหล่งต่างๆ ตามที่ระบุไว้ในข้างต้นเพื่อนำเข้าสู่กระบวนการจัดการในรูปแบบต่างๆ ที่เหมาะสมต่อไป ทั้งนี้ ในกระบวนการขนส่งนั้นมีความสำคัญต่อต้นทุนทางธุรกิจเป็นอย่างมาก ความสามารถในการแข่งขันของสถานประกอบการที่จัดการยางล้อเก่า ส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถในการจัดการต้นทุนการขนส่ง ไม่ว่าจะเป็นเรื่องการบริหารจุดคุ้มทุนในการวางแผนการเดินรถ ความสามารถในการเก็บกลับต่อรอบ ตลอดจนการพิจารณาความปลอดภัยของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุระหว่างขนส่ง จากนั้นเข้าสู่กระบวนการคัดแยกและเตรียมความพร้อม เป็นกระบวนการการเตรียมความพร้อมของวัตถุดิบ เพื่อแยกประเภทของยางล้อโดยทำการคัดแยกตามขนาดหรือชนิดของยางล้อประเภทต่างๆ อาทิ ยางล้อรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ยางล้อรถบรรทุก เพื่อพิจารณาตามสภาพของยางล้อ และจัดกลุ่มเพื่อความเหมาะสมในการรีไซเคิลต่อไป ทั้งนี้ ในกระบวนการนี้ยังมีขั้นตอนของการทำความสะอาดยางล้อที่คัดแยกแล้วเพื่อนำสิ่งแปลกปลอมต่างๆ อาทิ อิฐ หิน ดิน ทราย ยาง โลหะ แก้ว หรือพลาสติก ที่อาจปนเปื้อนจากการใช้งานหรือสถานที่จัดเก็บหลังจากคัดแยกเรียบร้อยแล้วเข้าสู่กระบวนการจัดการยางล้อหมดอายุในลำดับถัดไป

หากประเทศไทยต้องการแก้ไขปัญหายางล้อหมดอายุในอนาคต จึงควรพิจารณากระบวนการอื่นๆ ที่มีความสามารถในการจัดการเชิงปริมาณร่วมด้วย ทั้งนี้ เพื่อการพิจารณากระบวนการจัดการยางล้อหมดอายุในรูปแบบอื่นๆ ที่อาจมีโอกาสส่งเสริมให้เกิดการจัดตั้งในประเทศไทย ผู้จัดทำบทวิเคราะห์ จึงได้รวบรวมข้อมูลกระบวนการจัดการยางล้อหมดอายุในรูปแบบต่างๆ เพื่อนำเสนอดังต่อไปนี้

2. กระบวนการจัดการยางล้อที่หมดอายุการใช้งาน

การจัดการยางล้อที่หมดอายุการใช้งานเป็นกระบวนการที่ครอบคลุมตั้งแต่การเก็บรวบรวม ขนส่ง คัดแยก ไปจนถึงการนำไปรีไซเคิล การนำกลับมาใช้ใหม่ หรือการกำจัดอย่างถูกวิธี โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสร้างมูลค่าเพิ่มจากยางล้อที่หมดอายุ โดยมีขั้นตอนหลักในการบริหารจัดการดัง***รูปที่ 9***

รูปที่ 9 โครงสร้างกระบวนการการจัดการยางล้อหมดอายุ



ที่มา: PIC; PITH 2568 บทวิเคราะห์เรื่อง 'อนาคตยางล้อหมดอายุ ความเป็นไปได้ของการรีไซเคิลยางล้อของไทย'"

กระบวนการจัดการยางล้อหมดอายุเป็นกระบวนการหลักในการจัดการยางล้อในรูปแบบต่างๆ ทั้งนี้อาจขึ้นกับสภาพของวัตถุดิบ ว่ายางล้อที่หมดอายุนั้นมีความเหมาะสมกับการนำไปเข้ากระบวยการจัดการรูปแบบใด ทั้งนี้ โดยทั่วไปแล้วกระบวนการจัดการสามารถจำแนกออกมาดังนี้ การบดย่อย การไพโรไลซิส การดีวัลคาไนซ์ การหล่อดอกยาง การนำไปใช้ในวัตถุประสงค์อื่น การใช้เป็นเชื้อเพลิงทางเลือก

การนำไปใช้ในงานวิศวกรรมโยธา และหากไม่สามารถนำไปใช้งานอื่นๆ ได้เลยจะเข้าสู่กระบวนการกำจัดเป็นขั้นตอนสุดท้าย โดยแต่ละรูปแบบมีรายละเอียดดังนี้

2.1. การบดย่อย (Crumbing) เป็นการนำยางล้อเก่ามาทำการบดให้เป็นเม็ดยางขนาดต่างๆ (Crum Rubber) เพื่อทำการแยกชิ้นส่วนอื่นๆ ที่ไม่ใช้ยางออกมา ซึ่งขั้นตอนแรกคือการแยกโลหะ ผ้า และยาง ออกจากกัน ขั้นตอนต่อไปคือการสับยางให้มีชิ้นเล็กลงเพื่อนำเศษยางป้อนเข้าไปในเครื่องบด และกำจัดเหล็กหรือเส้นใยที่เหลือโดยใช้การผสมผสานระหว่างการแยกด้วยแม่เหล็ก เครื่องสั่นสะเทือน และเครื่องร่อนด้วยลม มีทั้งบดแบบแห้งที่อุณหภูมิปกติ บดแบบเปียก หรือบดด้วยการแช่แข็งด้วยไนโตรเจนเหลว เพื่อนำไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อื่น เช่น พื้นสนามเด็กเล่น พื้นสนามกีฬา ยางมะตอยสำหรับถนน หรือนำไปใช้ต่อในกระบวนการอื่นๆ อาทิ การไพโรไลซิส การดีวัลคาไนซ์ และส่วนที่เหลือจากการบดย่อย เช่น ลวดเหล็ก หรือผ้าใบ สามารถนำไปรีไซเคิลเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกครั้ง โดยมีกระบวนการดัง***รูปที่ 10***

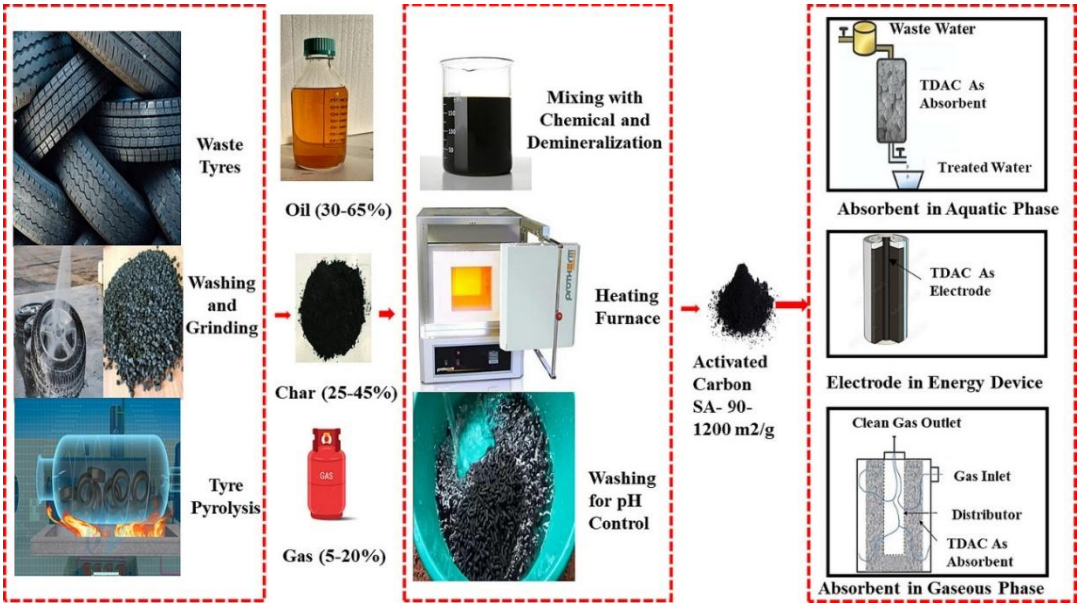
รูปที่ 10 กระบวนการการบดย่อยยางล้อ



ที่มา: Crumbing rubber process ; https://encyclopedia.pub/entry/52524 crumb rubber

2.2. กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) เป็นกระบวนการสลายโมเลกุลของสารประกอบหรือวัสดุในสภาวะที่ไม่มีหรือเกือบไม่มีออกซิเจนที่อุณหภูมิสูง โดยทั่วไปอุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 400 – 800 องศาเซลเซียส ในเตาปฏิกรณ์ระบบปิด ผลิตภัณฑ์หลักที่ได้จะเป็นได้ทั้งของแข็ง ของเหลว และก๊าซ โดยเริ่มจากกระบวนการการลดขนาด เพื่อให้ความร้อนกระจายได้ทั่วถึง และง่ายต่อการแยกชิ้นส่วนอื่นออก เช่นโครงโลหะ ผ้าใบ จากนั้นจะทำการคัดแยกชิ้นส่วนโลหะออก เพื่อป้องกันความเสียหายภายในระบบ และลดการใช้อุณหภูมิที่สูงเกินไป และทำความสะอาด เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนและฝุ่นละออง ลดการปนเปื้อนกับชิ้นยางโดยใช้น้ำหรือลมเป่า สุดท้ายจะเข้าสู่การกำจัดความชื้น หลังจากทำความสะอาด กำจัดสิ่งปนเปื้อนแล้ว ความชื้นจำเป็นถูกกำจัดออกไปเนื่องจากจะเพิ่มการใช้พลังงานมากขึ้น โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นน้ำมันดิบสังเคราะห์ (Pyrolysis Oil) ใช้เป็นเชื้อเพลิง หรือนำไปกลั่นเป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมอีกครั้ง เขม่าดำ (Carbon Black) ใช้เป็นสารเติมแต่งสำหรับอุตสาหกรรมยาง หมึกพิมพ์ และก๊าซสังเคราะห์ ใช้เป็นพลังงานในการผลิตต่อได้ไป กระบวนการดัง***รูปที่ 11***

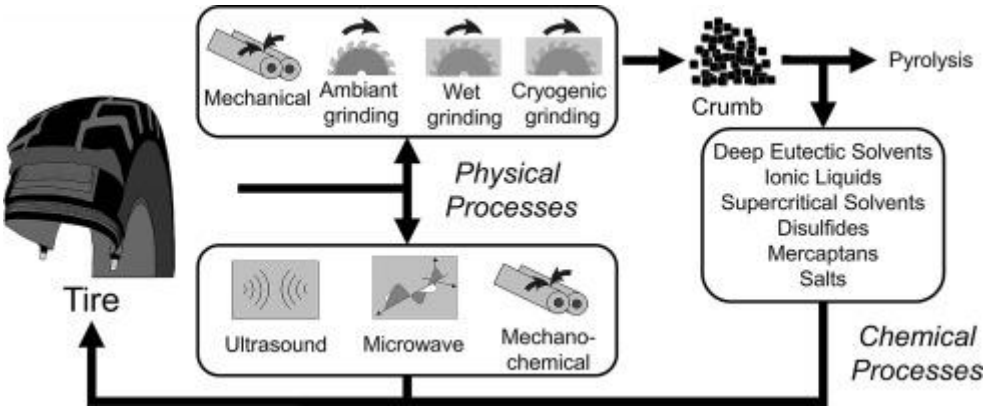
รูปที่ 11 กระบวนการการทำไพโรไลซิสยางล้อ



ที่มา: End-of-life tyre conversion to energy: A review on pyrolysis and activated carbon production processes and their challenge

2.3. การดีวัลคาไนซ์ (Devulcanization) กระบวนการทางเคมีร่วมกับความร้อน หรือใช้คลื่นไมโครเวฟเพื่อสลายพันธะเชื่อมโยงโมเลกุลของยาง คืนสภาพยางให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่เป็นวัตถุดิบส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ยางได้ เช่น นำไปเป็นส่วนผสมผลิตยางล้อบางส่วน ผลิตพื้นรองเท้า ยางกันกระแทก หรืออุปกรณ์ยางอื่นๆ ดัง***รูปที่ 12***

รูปที่ 12 กระบวนการการดีวัลคาไนซ์ยางล้อ



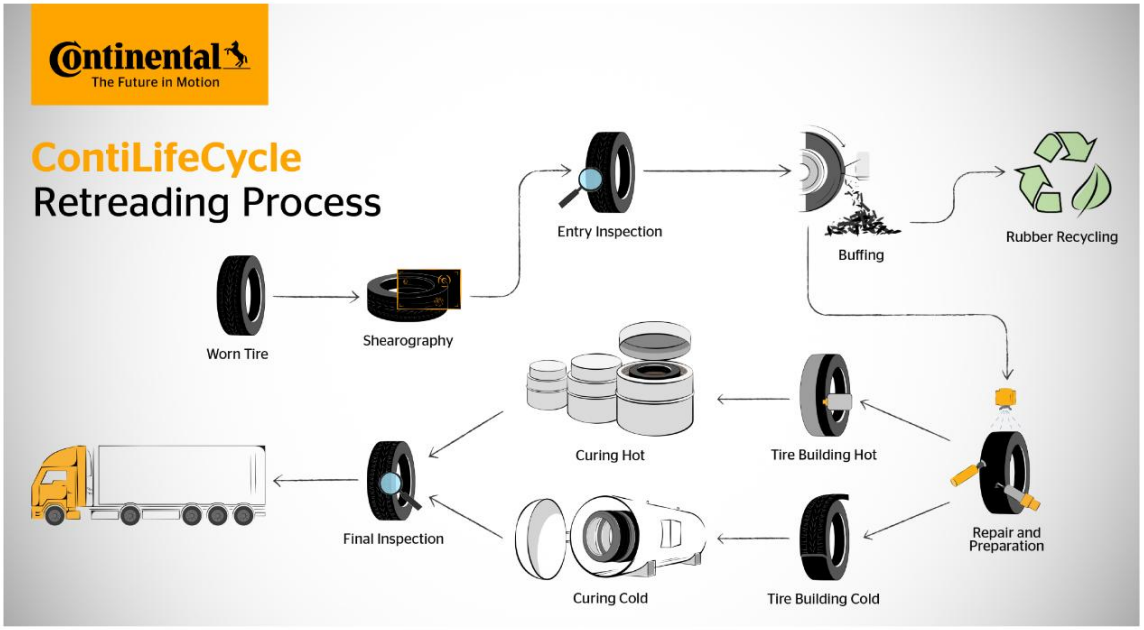
ที่มา: Devulcanisation and reclaiming of tires and rubber by physical and chemical processes: A review

2.4. การนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นกระบวนการการจัดการเชิงการซ่อมแซมหรือการนำยางล้อเก่าไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบอื่นๆ (Up Cycling) ซึ่งมีรูปแบบการจัดย่อยแบ่งย่อยได้ 2 ประเภทคือ การหล่อดอกยาง และการนำไปใช้ในวัตถุประสงค์อื่น

2.4.1. การหล่อดอกยาง (Retreading) สำหรับยางล้อที่ยังมีโครงสร้างแข็งแรง สามารถนำมาหล่อดอกยางใหม่เพื่อยืดอายุการใช้งาน การหล่อดอกคือการนำยางล้อที่ใช้งานจนสึกเกินมาตรฐานความปลอดภัยมาผ่านกระบวนการเพื่อนำกลับมาใช้งานใหม่ กระบวนการนี้ใช้ยางจากล้อเดิมประมาณร้อยละ 80 และวัสดุใหม่ประมาณร้อยละ 20 เมื่อเทียบกับยางใหม่ ก่อนจะเริ่มการหล่อดอกยางจำเป็นต้องตรวจสอบยางล้อก่อนว่ามีเศษหรือของมีคมฝังอยู่ในยางหรือไม่ โครงยางไม่เสียหาย หากเสียหายไม่มากอยู่ในระดับที่ยังสามารถหล่อดอกยางเพื่อนำกลับไปใช้ใหม่ได้ (รูปที่ 14) กระบวนการหลักที่ใช้หล่อดอกยางมี 2 กระบวนการคือ**หล่อดอกยางแบบเย็น (Pre cure , Cold cure retread process)** เป็นการนำโครงยางมาซ่อมแซมและขัดผิว หลังจากนั้นเคลือบด้วยรับเบอร์ซีเมนต์ (rubber cement) เมื่อแห้งแล้วนำคูชั่น กัม (cushion gum) ติดบนโครงยางและนำดอกยางพรีเคียว (precure tread) ติดบนคูชั่น กัม โดยมีการใช้ยางคอมพาวด์ติดเชื่อมบางส่วนระหว่างรอยต่อกับไหล่ยาง หลังจากนั้นนำแผ่นห่อหุ้มยาง (envelope) หุ้มโครงยางที่ติดดอกยางแล้วนำไปอบให้คงรูปด้วยหม้ออบความร้อน (autoclave) ด้วยอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม

2.4.2. หล่อดอกยางแบบร้อน (Hot cure , Mold cure retread process) โดยการนำโครงยางมาซ่อมแซมและขัดผิว หลังจากนั้นนำคอมพาวด์ดอกยาง (camelback) วางตรงกึ่งกลางล้อยางและพันคอมพาวด์ดอกยางตามความยาวที่ต้องการ และใช้ลูกกลิ้งรีดให้แน่นนำลงไปใส่แม่พิมพ์แบบอัด (compression mold) โดยใช้ความดันลมสำหรับการทำให้คงรูปในแม่พิมพ์ ดัง***รูปที่ 13***

รูปที่ 13 กระบวนการการหล่อดอกยางล้อ



ที่มา https://www.continental.com/en/press/press-releases/20231212-120-years-retreading/

2.5. การนำไปใช้ในวัตถุประสงค์อื่น นำยางล้อเก่าไปใช้ในงานศิลปะ การทำเฟอร์นิเจอร์ อุปกรณ์กีดขวาง ทุ่นลอยน้ำ หรือกันชน หรือนำไปทำเป็นสิ่งประดิษฐ์ต่างๆ ยางรถยนต์เก่าสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ในหลากหลายวิธีนอกเหนือจากการขายทิ้งหรือรีไซเคิล เช่น การนำไปใช้ในงานศิลปะ หรือใช้เป็นวัสดุสำหรับสร้างงานประติมากรรมและการประดิษฐ์สิ่งต่างๆ เช่น เฟอร์นิเจอร์ หรือ ทุ่นลอยน้ำ เสา อุปกรณ์กีดขวาง หรือกันชนในพื้นที่ต่างๆ โดยมีตัวอย่างการใช้งานในรูปแบบต่างกันดัง***รูปที่ 15*** โดยกระบวนการนี้ความสามารถในการสร้างมูลค่าเพิ่มจะขึ้นอยู่กับความสามารถเชิงศิลปะและความคิดสร้างสรรค์ในการนำยางล้อเก่ามาผสมผสานและออกแบบเป็นเครื่องใช้ต่างๆ ดัง***รูปที่ 14***

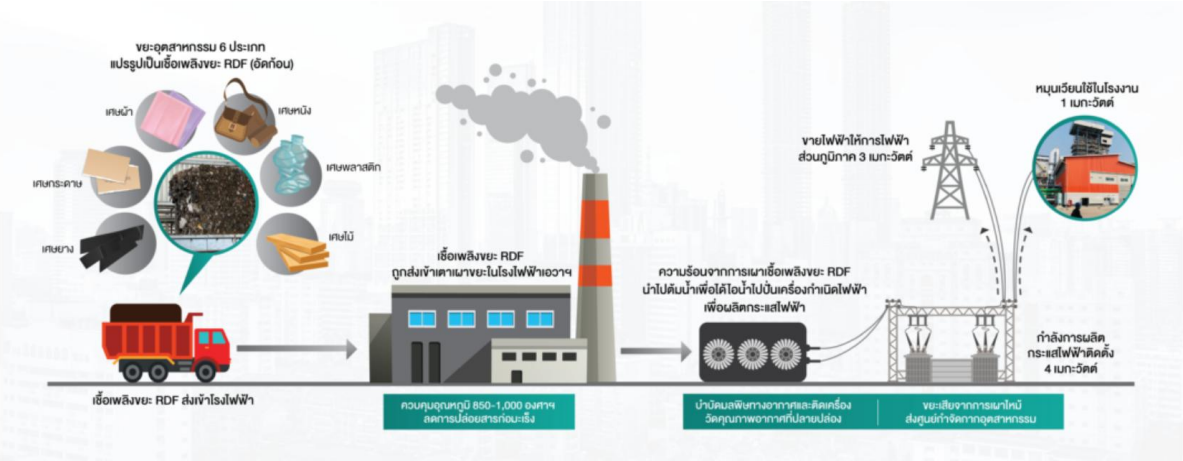
รูปที่ 14 การนำยาล้อเก่าไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆ



ที่มา: The Art of Craft, “50+ Creative Ideas To Reuse Old Tires”

2.6. การใช้เป็นเชื้อเพลิงทางเลือก (Tire Derived Fuel: TDF) เป็นการนำยางล้อที่ผ่านการบดย่อยไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อทดแทนเชื้อเพลิงหลัก เศษยางรถยนต์อาจผสมกับถ่านหินหรือเชื้อเพลิงอื่นๆ เช่น ไม้ เชื้อเพลิงชีวมวล หรือของเสียอื่นๆ โดยกระบวนการให้ความร้อนด้วยการเผาในเตา สำหรับอุตสาหกรรมที่ต้องใช้ความร้อนสูง เช่น โรงปูนซีเมนต์ โรงไฟฟ้า โรงงานกระดาษ โรงงานเซรามิค โรงงานผลิตอิฐ โรงงานกระดาษ หรือโรงงานที่ใช้หม้อต้มไอน้ำ เป็นต้น ดัง***รูปที่ 15***

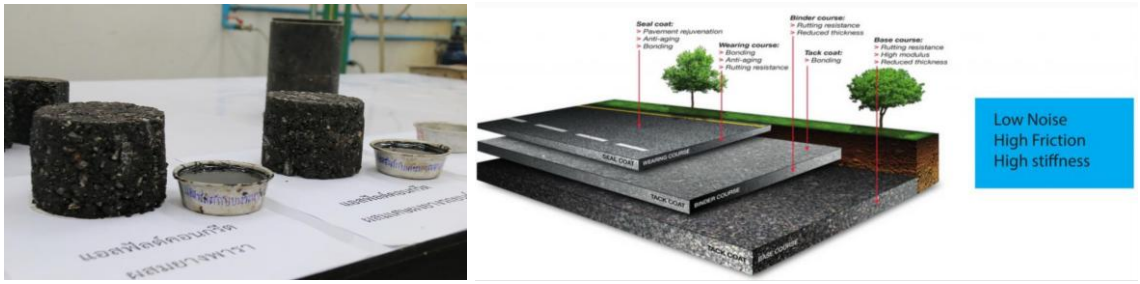
รูปที่ 15 การนำยางล้อเก่าไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทางเลือก



ที่มา: https://www.energynewscenter.com/

2.7. การนำไปใช้ในงานวิศวกรรมโยธา เป็นกระบวนการที่นำเอาเศษยางที่ผ่านกระบวยการบดย่อยแล้วนำไปเป็นวัตถุดิบหรือส่วนประกอบสำหรับงานเชิงวิศกรรมต่างๆ อาทิ ใช้เศษยางล้อเก่าผสมเพิ่มในแอสฟัลต์ซีเมนต์สำหรับปรับปรุงผิวทาง งานก่อสร้างถนน หรือถมคันดิน หรือเป็นใช้เศษยางผสมกับดินเพื่อเป็นวัสดุมวลเบา สำหรับถมหรือก่อสร้างงานบดอัดบนชั้นดินเหนียวอ่อนหรือเป็นวัสดุมวลเบาเพิ่มรูพรุนระบายน้ำ สำหรับรองพื้นสนามหญ้าหรือสนามเด็กเล่น ดัง***รูปที่ 16***

รูปที่ 16 การนำยาล้อเก่าไปใช้ในงานวิศวกรรมโยธา



ที่มา: การพัฒนาผิวทางคอนกรีตโดยใช้เม็ดยางจากเศษยางรถยนต์แทนที่วัสดุมวลรวมละเอียด ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2.8. การกำจัด (Disposal) เป็นกระบวนการสุดท้ายที่ไม่สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับยางล้อเก่าและยังอาจก่อให้เกิดมลภาวะต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมหากกระบวนการจัดการและการควบคุมไม่มีประสิทธิภาพ โดยกระบวนการกำจัดสามารถทำได้โดยการเผาในเตาเผาที่มีระบบควบคุมมลพิษ ในกรณีที่ไม่สามารถรีไซเคิลหรือนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และการฝังกลบที่ถือได้ว่าเป็นทางเลือกสุดท้าย และควรมีการจัดการพื้นที่ฝังกลบอย่างเหมาะสมเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันหลายประเทศมีข้อจำกัดหรือห้ามการฝังกลบยางล้อทั้งเส้น ดัง***รูปที่ 17***

รูปที่ 17 การจัดการยางล้อหมดอายุด้วยวิธีการเผาและการฝังกลบ



ที่มา: https://unsplash.com/s/photos/disposal-end-of-life-tires-by-burning

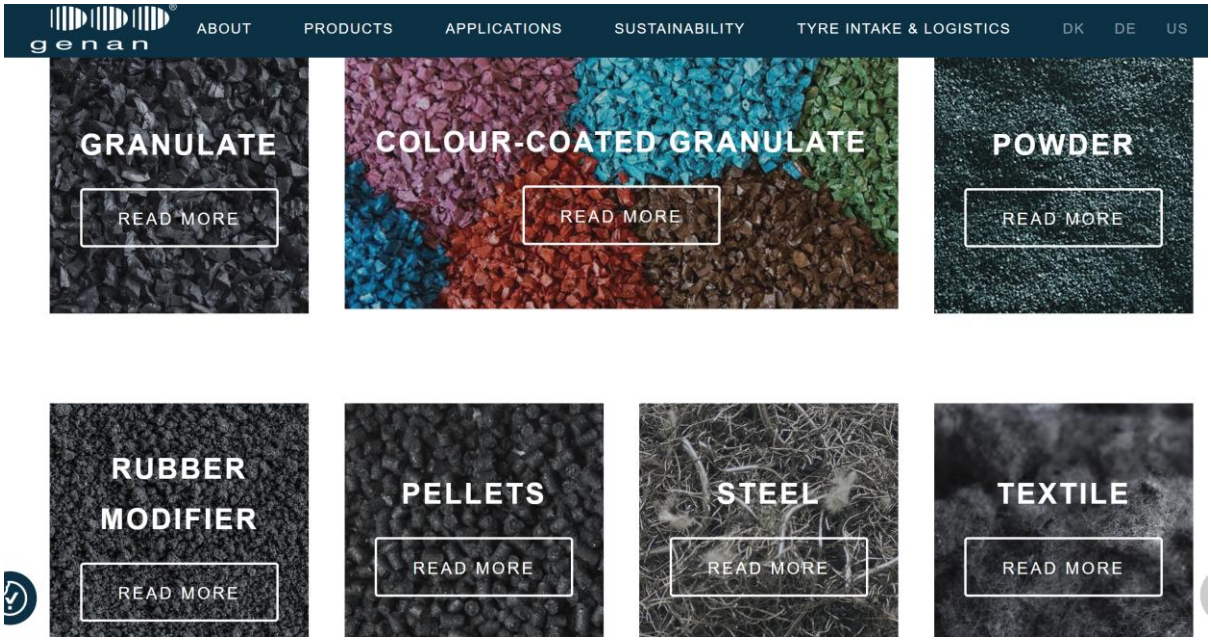
จากกระบวนการจัดการยางล้อที่หมดอายุที่ได้กล่าวไปข้างต้นแล้วนั้นจะเห็นได้ว่าในแต่ละกระบวนการมีความซับซ้อนของเครื่องจักรและวิธีการที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ในกระบวนการการยางล้อที่หมดอายุ การกำจัด (Disposal) อาจเป็นกระบวนการที่ถือได้ว่ามีประสิทธิภาพและการสร้างมูลค่าขากลับให้กับยางล้อหมดอายุได้น้อยที่สุด และยังมีโอกาสและความเสี่ยงต่อการสร้างมลภาวะและสังคมรอบข้างด้วย จึงเป็นกระบวนการที่ไม่ควรส่งเสริมให้มีการดำเนินการในประเทศ อย่างไรก็ตาม จากกระบวนการดังกล่าวที่ถือได้ว่าเป็นการจำแนกประเภทการจัดการในระดับสากลนั้น การศึกษากรณีความสำเร็จจากบริษัทชั้นนำทั่วโลกอาจทำให้เห็นถึงความนิยมและทิศทางของเทคโนโลยี ณ ปัจจุบันได้ ผู้เขียนบทวิเคราะห์ จึงได้ทำการรวบรวมบริษัทต่างๆ ที่มีการดำเนินการจัดการยางล้อหมดอายุ เพื่อเป็นกรณีศึกษาประกอบการวิเคราะห์บริบทของประเทศไทย โดยจะนำเสนอเนื้อหาในหัวข้อต่อไป

การจัดการยางล้อที่หมดอายุใช้งานแล้วที่ประสบความสำเร็จ

เพื่อเป็นกรณีศึกษาการดำเนินงานการจัดการยางล้อที่หมดอายุ ซึ่งเป็นประเด็นที่หลายประเทศให้ความสำคัญนั้น ผู้เขียนบทวิเคราะห์ขอนำเสนอรายละเอียดในเบื้องต้นของบริษัทต่างๆ ที่โดนเด่นดังนี้

บริษัท Genan (เดนมาร์ก) เป็นหนึ่งในบริษัทรีไซเคิลยางล้อที่ใหญ่ที่สุดในโลก มีเทคโนโลยีการบดย่อยยางล้อที่ทันสมัยด้วยประสบการณ์มากกว่า 30 ปี สามารถรีไซเคิลยางล้อได้มากถึง 150,000 เส้น และลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศได้ 280,000 ตันต่อปี ซึ่งเทียบเท่ากับการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากรถยนต์ดีเซล 100,000 คันในหนึ่งปี รีไซเคิลยางล้อที่หมดอายุการใช้งานทุกประเภท ไม่ว่าจะเป็นจากรถยนต์นั่งส่วนบุคคล รถตู้ รถบรรทุก รถแทรกเตอร์ หรือเครื่องจักรขุดดินขนาดใหญ่ จะถูกแยกออกมา ได้แก่ ยาง ลวดโครงเหล็ก และผ้าใบ ผลผลิตจากโรงงาน Genan ประกอบด้วยผงยางและเม็ดยาง 75% เหล็ก 15% และเส้นใยสิ่งทอ 10% สามารถผลิตเม็ดยางรีไซเคิลที่มีคุณภาพสูงและหลากหลายขนาดเพื่อนำไปใช้ในงานต่างๆ เช่น พื้นสนามเด็กเล่น พื้นสนามกีฬา ส่วนผสมของยางมะตอยสำหรับปูพื้นถนน และผลิตภัณฑ์ยางอื่นๆ

รูปที่ 18 Product Portfolio บริษัท Genan



ที่มา: https://www.genan.eu/

กลุ่มบริษัทภายใต้ Ecotyre (อิตาลี) เป็นการรวมกลุ่มผู้ประกอบการซึ่งประกอบด้วยผู้ผลิตและผู้นำเข้ายางที่ตัดสินใจดำเนินการเกี่ยวกับยางที่หมดอายุการใช้งานที่วางจำหน่ายในอิตาลีตั้งแต่ปี 2011 รับผิดชอบในการบริหารจัดการยางรถยนต์หมดอายุใช้งาน ปัจจุบันมีจำนวนสมาชิกทั้งหมด 822 ราย และพัฒนาเทคโนโลยีในการผลิตวัสดุก่อสร้างที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยใช้วัสดุรีไซเคิล รวมถึงยางล้อที่หมดอายุการใช้งาน เป็นส่วนประกอบสำคัญในการผลิตแผ่นกันซึมและวัสดุอื่นๆ

ในแต่ละวัน EcoTyre จะจัดการรวบรวมยางรถยนต์หมดอายุใช้งานจากศูนย์รวบรวมที่ได้รับการรับรองกว่า 10,000 แห่งผ่านเครือข่ายโลจิสติกส์ซึ่งประกอบด้วยผู้ประกอบการจากทั่วประเทศ ยางทั้งหมดที่ EcoTyre รวบรวมได้จะถูกส่งไปกู้คืน การกู้คืนนี้สามารถทำได้สองรูปแบบ ได้แก่ การรีไซเคิลยางล้อ หรือยางจะถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเตาเผาซีเมนต์ เตาเผาขยะ หรือโรงงานอื่นๆ ที่คล้ายคลึงกัน

รูปที่ 19 ข้อมูลการดำเนินการจัดการยางล้อของกลุ่มบริษัทภายใต้ Ecotyre



ที่มา: https://www.ecotyre.it/en

บริษัท Pyrum Innovations AG (เยอรมนี) เป็นบริษัทที่เชี่ยวชาญด้านการรีไซเคิลและการออกแบบโรงงานรีไซเคิล โดยใช้เทคโนโลยีที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะและได้รับการจดสิทธิบัตร บริษัทนี้พัฒนา สร้าง และดำเนินการโรงงานรีไซเคิลที่สามารถนำวัสดุเหลือใช้ เช่น ยางเก่า พลาสติก และยางใช้แล้ว กลับมาใช้ประโยชน์ได้ใหม่. ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการรีไซเคิลนี้ ได้แก่ น้ำมัน thermolysis ที่ได้รับการรับรอง REACH และ Carbon Black (rCB) ที่ได้จากการรีไซเคิล และโครงลวดมารีไซเคิลใหม่ ซึ่งผลผลิตทั้งหมดสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบที่ยั่งยืนในอุตสาหกรรมอื่นๆ ต่อไป

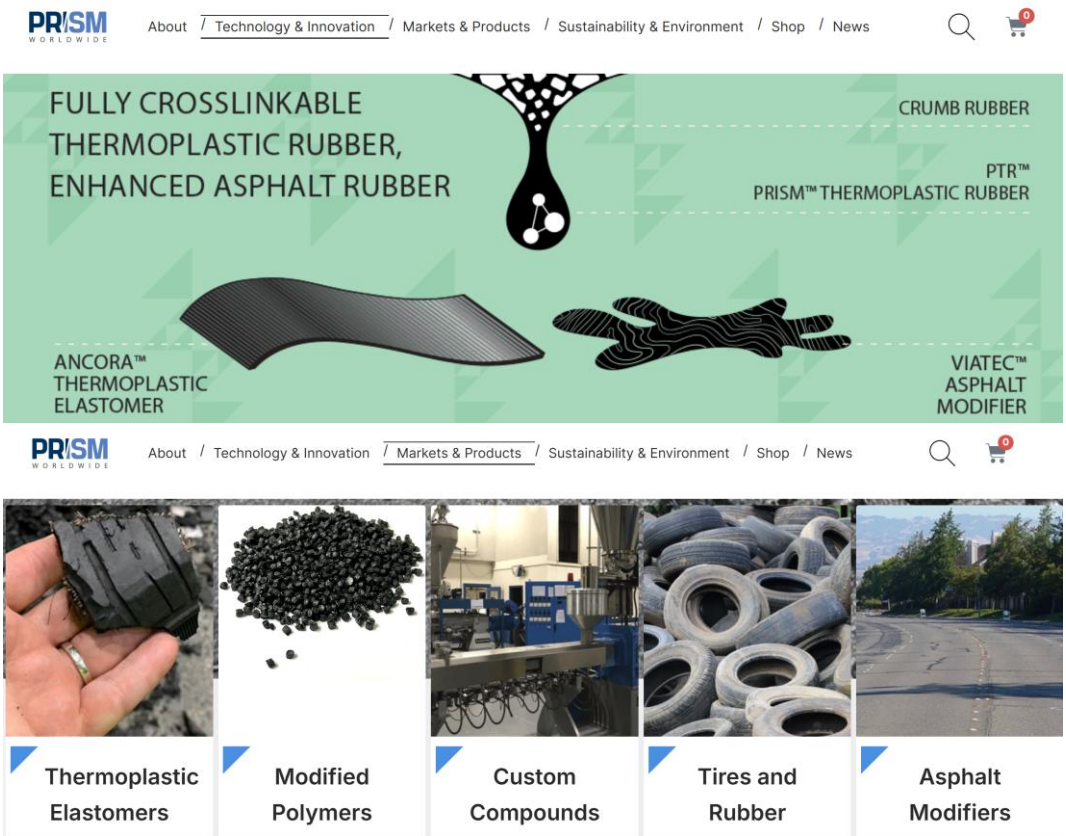
รูปที่ 20 Home Page บริษัท Pyrum Innovations AG



ที่มา: https://www.pyrum.net/en/

บริษัท Prism (สหรัฐอเมริกา) เป็นบริษัทที่มุ่งเน้นการพัฒนากระบวนการรีไซเคิลเพื่อสร้างวัสดุพอลิเมอร์หมุนเวียนจากยางล้อรถยนต์ที่หมดอายุและเศษพลาสติกโดยคำนึงถึงความยั่งยืนและสิ่งแวดล้อม จัดหาพอลิเมอร์หมุนเวียนที่มีประสิทธิภาพ และส่งมอบให้กับพันธมิตรทางอุตสาหกรรมช่วยให้พวกเขาบรรลุเป้าหมายด้านความยั่งยืนและลดปริมาณการปล่อยคาร์บอน พอลิเมอร์เหล่านี้ผลิตจากยางที่หมดอายุการใช้งานและวัสดุพลาสติกรีไซเคิลตามเทคโนโลยีที่ได้รับสิทธิบัตร

รูปที่ 21 Home Page บริษัท Prism



ที่มา: https://prismww.com/

นโยบายและแนวทางจากต่างประเทศ

ดังที่ได้กล่าวไปในข้างต้นว่า ประเด็นการจัดการยางล้อที่หมดอายุเป็นประเด็นที่หลายประเทศทั่วโลกให้ความสำคัญและมีบริษัทเอกชนที่ได้ดำเนินการและสร้างความสำเร็จไปบ้างแล้ว มากไปกว่านั้น ภาครัฐหรือหน่วยงานกำกับดูแลของนานาประเทศยังมีการออกประกาศมาตรการและ กฎระเบียบต่างๆ เพื่อให้การจัดการยางล้อที่หมดอายุได้รับการควบคุมเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดและลดมลพิษและผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมให้ได้มากที่สุดเช่นกัน โดยมีตัวอย่างมาตรการดังต่อไปนี้

ประเทศในสหภาพยุโรป

- การกำหนดลำดับชั้นการจัดการของเสีย โดยให้ความสำคัญกับการป้องกัน การนำกลับมาใช้ซ้ำ และการรีไซเคิลเป็นลำดับแรก ก่อนการนำไปกำจัด (เช่น การฝังกลบ) ซึ่งรวมถึงยางล้อที่หมดอายุการใช้งานด้วย (Waste Framework Directive (2008/98/EC))
- การห้ามนำยางล้อทั้งเส้นไปฝังกลบตั้งแต่ปี 2006 เพื่อส่งเสริมการรีไซเคิลและการนำกลับมาใช้ใหม่ (Landfill Directive (1999/31/EC))
- กำหนดให้ผู้ผลิตยานยนต์และชิ้นส่วนต้องรับผิดชอบต่อการจัดการซากยานยนต์ รวมถึงยางล้อที่หมดอายุการใช้งานจากยานยนต์เหล่านั้น โดยมีเป้าหมายการรีไซเคิลและการนำกลับมาใช้ใหม่ (End-of-Life Vehicles (ELV) Directive (2000/53/EC))
- การสนับสนุนการใช้ยางรีไซเคิลในงานต่างๆ เช่น ยางมะตอยสำหรับถนน พื้นสนามเด็กเล่น ผลิตภัณฑ์ยางต่างๆ และวัสดุก่อสร้างที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Green Public Procurement) ผ่านการจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐ
- มีกฎระเบียบที่ควบคุมการส่งออกยางล้อที่หมดอายุการใช้งานไปยังนอกสหภาพยุโรป เพื่อให้มั่นใจว่ามีการจัดการอย่างเหมาะสม
- หลายประเทศสมาชิกในสหภาพยุโรปใช้ระบบ Extended Producer Responsibility (EPR) โดยกำหนดให้ผู้ผลิตและนำเข้ายางล้อต้องรับผิดชอบการจัดการยางล้อที่หมดอายุการใช้งาน
- การสนับสนุนโครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ สำหรับการรีไซเคิลและการนำยางล้อกลับมาใช้ใหม่ เช่น การไพโรไลซิส การดีวัลคาไนซ์ และการนำไปใช้ในวัสดุก่อสร้าง

ประเทศญี่ปุ่น

- ใช้กฎหมายที่ควบคุมการจัดการของเสีย รวมถึงยางล้อที่หมดอายุการใช้งาน โดยเน้นการลดปริมาณ การนำกลับมาใช้ใหม่ และการรีไซเคิล (Waste Management and Public Cleansing Law)
- ส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการรีไซเคิลยางล้อและการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบทดแทน (Act on the Promotion of Effective Utilization of Resources)
- ระบบ Extended Producer Responsibility (EPR) โดยสมัครใจ แม้จะไม่มีระบบ EPR ที่เป็นกฎหมายบังคับใช้ทั่วประเทศ แต่ผู้ผลิตยางล้อรายใหญ่ เช่น Bridgestone มีโครงการและความร่วมมือกับผู้จัดจำหน่ายและผู้ค้าปลีกในการเก็บรวบรวมยางล้อเก่าเพื่อนำไปรีไซเคิล
- มีการสนับสนุนการคัดแยกและรีไซเคิลวัสดุจากยางล้อ เช่น ยาง เหล็ก และเส้นใย เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ

สหรัฐอเมริกา

- มีกฎหมายหรือข้อบังคับเฉพาะเกี่ยวกับการจัดการยางล้อที่หมดอายุการใช้งาน ประมาณ 48 รัฐ ซึ่งครอบคลุมด้านต่างๆ เช่น การเก็บค่าธรรมเนียม การพัฒนาตลาด การออกใบอนุญาตผู้ประกอบการ การจัดการกองสะสม และการป้องกันการทิ้งอย่างผิดกฎหมาย
- ค่าธรรมเนียมยางล้อ (Tire Fee) หลายรัฐเก็บค่าธรรมเนียมเมื่อมีการขายยางล้อใหม่ ซึ่งเงินเหล่านี้จะถูกนำไปสนับสนุนโครงการรีไซเคิลและการจัดการยางล้อในรัฐนั้นๆ
- หลายรัฐมีโครงการที่มุ่งเน้นการพัฒนาตลาดสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ทำจากยางรีไซเคิล เช่น การให้เงินทุนสนับสนุน การสร้างเขตส่งเสริมการรีไซเคิล และการให้ความรู้แก่ผู้บริโภค
- หลายรัฐมีโครงการเพื่อกำจัดกองสะสมยางล้อเก่าที่อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมและอัคคีภัย

กฎหมายและกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับการจัดการยางล้อที่หมดอายุในประเทศไทย

อุตสาหกรรมการจัดการยางล้อหมดอายุเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเกี่ยวข้องกับการกระบวนการที่จะส่งผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมหากดำเนินการอย่างไม่เหมาะสมและไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ดังนี้ การจัดตั้งโรงงานและธุรกิจเพื่อที่จะดำเนินงานดังกล่าวจึงมีความเกี่ยวข้องกับข้อบทกฎหมายและมาตรการต่างๆ ของภาครัฐเข้ามากำกับดูแลให้ดำเนินการได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมเนื้อหาของกฎหมายและมาตรการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องนำเสนอดัง***ตารางที่ 1***

ตารางที่ 1 กฎหมายและกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจการจัดการยางล้อหมดอายุของประเทศไทย

ชื่อกฎหมาย/กฎระเบียบ	ข้อสรุปของเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง	ผลกระทบต่อกระบวนการจัดการยางล้อที่หมดอายุใช้งาน	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (กระทรวงอุตสาหกรรม)	ควบคุมสารอันตราย หากจัดการไม่เหมาะสม	การควบคุมมลพิษ และการจัดการของเสียจากกระบวนการผลิต ไม่ว่าจะเป็นกระบวนการรีไซเคิล ตั้งแต่การบดย่อย การไพโรไลซิส การดีวัลคาไนซ์ การหล่อดอกยาง การนำไปใช้เป็นพลังงานทางเลือก และรวมถึงการกำจัดโดยการฝังกลบ และการเผาในเตาที่มีระบบควบคุม	สารเคมี ของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตหรือแปรรูป ซึ่งอาจก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อสุขอนามัย
พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	กฎหมายแม่บทด้านสิ่งแวดล้อม กำหนดหลักการจัดการมลพิษของเสีย และความรับผิดชอบทางแพ่งกรณีเกิดความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม	จากการจัดการยางล้อที่หมดอายุไม่ถูกต้อง อาทิ การทิ้งยางไม่ถูกที่ การเผาหรือฝังโดยไม่ได้รับอนุญาต	น้ำทิ้ง ควันฝุ่นละอองจากกระบวนการผลิต เล็ดลอดออกหากจัดเก็บไม่ปลอดภัย
พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 และที่แก้ไขเพิ่มเติม	ควบคุมการประกอบกิจการโรงงาน รีไซเคิลหรือแปรรูป รวมถึงการอนุญาต การควบคุมมลพิษ และการจัดการของเสียจากกระบวนการผลิต	ควบคุมการขออนุญาตประกอบกิจการโรงงานรีไซเคิลหรือแปรรูปยางล้อที่หมดอายุการใช้งาน การจัดตั้ง การจัดการของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต	การจัดการของเสียหรือของเหลือทิ้งจากการกระบวนการผลิต หากจัดการไม่ถูกวิธี

ชื่อกฎหมาย/กฎระเบียบ	ข้อสรุปของเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง	ผลกระทบต่อกระบวนการจัดการยางล้อที่หมดอายุใช้งาน	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (กระทรวงสาธารณสุข)	ป้องกันและควบคุมเหตุรำคาญและผลกระทบต่อสุขภาพจากการจัดการของเสียที่ไม่ถูกสุขลักษณะ	การรวบรวม จัดเก็บยางล้อที่หมดอายุการใช้งาน ก่อนจะนำไปเข้าขั้นตอนกระบวนการผลิตต่อไป อย่างไม่เหมาะสม ไม่ถูกสุขลักษณะ	ยางล้อถูกทิ้งไม่เป็นที่กลายเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุงลาย
พระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง พ.ศ. 2535 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (กระทรวงสาธารณสุข)	ห้ามทิ้งสิ่งปฏิกูล มูลฝอยหรือสิ่งอื่นใดในที่สาธารณะนอกภาชนะที่จัดไว้	ห้ามทิ้งยางล้อในที่สาธารณะนอกเหนือจากสถานที่ที่จัดไว้	ยางล้อถูกทิ้งไม่เป็นที่กลายเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุงลาย
กฎกระทรวงว่าด้วยการจัดการมูลฝอย พ.ศ. 2558 (กระทรวงสาธารณสุข)	กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการจัดการมูลฝอยทั่วไปและมูลฝอยอันตราย	การคัดแยก, รวบรวมขนส่งยางล้อที่หมดอายุและการกำจัดอย่างถูกลักษณะ รวมถึงของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต หรือของเหลือทิ้งอื่นที่มีองค์ประกอบเป็นสารเคมีที่อาจเป็นอันตราย	ฝุ่นผงจากการสึกกร่อน หรือ สารเคมีจากยางล้อที่หมดอายุอาจเกิดการปนเปื้อนในธรรมชาติ
ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การจัดการสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (กระทรวงอุตสาหกรรม)	กำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการจัดการสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว	การจัดการวัสดุที่ไม่ใช้แล้วจากโรงงาน ซึ่งรวมถึงยางล้อที่หมดอายุจากกระบวนการผลิต และของเหลือทิ้งจากกระบวนการรีไซเคิลทั้งกากขี้เถ้าจากกระบวนการไพโรไลซิส หรือของเหลือทิ้งจากกระบวนการอื่น	ของเหลือทิ้ง หรือของเสียจากกระบวนการผลิตหากจัดการไม่ถูกวิธีจะก่อให้เกิดมลพิษ

ชื่อกฎหมาย/กฎระเบียบ	ข้อสรุปของเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง	ผลกระทบต่อกระบวนการจัดการยางล้อที่หมดอายุใช้งาน	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง การจัดการของเสียอันตราย พ.ศ. 2566 (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม)	กำหนดหลักเกณฑ์การจัดการของเสียอันตราย	หากกระบวนการจัดการก่อให้เกิดของเสียอันตรายหรือแปรรูปแล้วเกิดของเสียต่อสิ่งแวดล้อม	ของเหลือทิ้ง หรือของเสียจากกระบวนการผลิตหากจัดการไม่ถูกวิธีจะก่อให้เกิดมลพิษ
ระเบียบและประกาศกรมควบคุมมลพิษ (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม)	ระเบียบและประกาศต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการของเสีย การควบคุมมลพิษทางอากาศและน้ำ	กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยมลพิษทางอากาศและน้ำทิ้งจากโรงงานรีไซเคิลหรือการใช้ TDF รวมถึงแนวทางการจัดการของเสียอันตราย	ของเหลือทิ้ง หรือของเสียจากกระบวนการผลิตหากจัดการไม่ถูกวิธีจะก่อให้เกิดมลพิษ
ระเบียบและประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม (กระทรวงอุตสาหกรรม)	กำหนดหลักเกณฑ์การอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน หลักเกณฑ์การใช้วัสดุที่ไม่ใช้แล้วเป็นวัตถุดิบ และมาตรการความปลอดภัย	กำกับดูแลการประกอบกิจการโรงงาน และการนำยางล้อที่หมดอายุการใช้งานเป็นวัตถุดิบในการแปรรูป เข้าสู่กระบวนการผลิต	ของเหลือทิ้ง หรือของเสียจากกระบวนการผลิตหากจัดการไม่ถูกวิธีจะก่อให้เกิดมลพิษ
แผนแม่บทการจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ (พ.ศ. 2564 - 2570) (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม)	กำหนดเป้าหมายและแนวทางการจัดการขยะมูลฝอยอย่างยั่งยืน	สนับสนุนการลดปริมาณขยะ การนำกลับมาใช้ใหม่ และการกำจัดยางล้อที่หมดอายุอย่างถูกวิธี	ของเหลือทิ้ง หรือของเสียจากกระบวนการผลิตหากจัดการไม่ถูกวิธีจะก่อให้เกิดมลพิษ

ชื่อกฎหมาย/กฎระเบียบ	ข้อสรุปของเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง	ผลกระทบต่อกระบวนการจัดการยางล้อที่หมดอายุใช้งาน	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
นโยบายเศรษฐกิจหมุนเวียน (BCG Model)	ส่งเสริมการนำวัสดุที่หมดอายุกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เพื่อลดการใช้ทรัพยากรและลดการเกิดของเสีย	การนำยางล้อที่หมดอายุแล้วกลับมาใช้ใหม่ นำมารีไซเคิล หรือใช้ซ้ำ ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด	
กฎหมายและระเบียบขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (เทศบัญญัติ ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร และกฎหมายท้องถิ่นอื่นๆ)	กำหนดรายละเอียดและแนวปฏิบัติในการจัดการมูลฝอยและการรักษาความสะอาดในพื้นที่	การจัดการยางล้อที่หมดอายุในระดับท้องถิ่น อาทิ การทิ้ง การฝังกลับ หรือการนำไปแปรรูปในกระบวนการต่างๆ	ของเหลือทิ้ง หรือของเสียจากกระบวนการผลิตหากจัดการไม่ถูกวิธีจะก่อให้เกิดมลพิษ

กฎหมายและกฎระเบียบของไทยสำหรับการจัดการยางล้อหมดอายุมุ่งเน้นถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ และพร้อมกำหนดมาตรฐานการจัดการของเสีย มลพิษทางอากาศ ทางน้ำและทางเสียง รวมถึงการควบคุมสารอันตรายที่อาจเกิดขึ้น และความรับผิดชอบของผู้เกี่ยวข้องตามพระราชบัญญัติและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง รวมถึงกำหนดกรอบแนวทางปฏิบัติสำหรับกระบวนการจัดการยางล้อหมดอายุหรือนำกลับมาใช้เป็นวัตถุดิบ และระบบควบคุม บำบัดตามกฎหมายโรงงานและกฎหมายสิ่งแวดล้อม ให้ลดผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมให้มากที่สุด นโยบายและแผนแม่บทระดับชาติ เช่น เศรษฐกิจหมุนเวียน มุ่งเน้นการส่งเสริมการรีไซเคิล การนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และสนับสนุนการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน

ซึ่งกฎหมายและกฎระเบียบทั้งหมดนั้นส่วนใหญ่ครอบคลุมกระบวนการจัดการยางล้อที่หมดอายุใช้งานทุกกระบวนการ เนื่องจากเป็นกระบวนการที่เกิดจากขั้นตอนการผลิตในโรงงาน แต่การกำจัดทั้งการฝังกลบและการเผานั้นจะมีกฎหมายด้านสิ่งแวดล้อมหรือการควบคุมมลพิษที่มีความเกี่ยวข้องมากกว่าเป็นกฎระเบียบที่มาช่วยกำกับดูแลต่อผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อม

การประเมินกระบวนการจัดการยางรถยนต์หมดอายุการใช้งาน (End of Life Tires : ELT)

ปัญหายางรถยนต์หมดอายุ (End of Life Tires : ELT) เป็นความท้าทายระดับโลกด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจ ปริมาณยาง ELT ที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องต้องการแนวทางจัดการที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืน เพื่อลดภาระการฝังกลบและเปลี่ยนขยะให้เป็นทรัพยากรที่มีมูลค่า รายงานฉบับนี้จะนำเสนอการวิเคราะห์ CBA สำหรับกระบวนการหลัก 6 กระบวนการ (ไม่นับรวมกระบวนการเผาและการฝังกลบ) โดยเน้นการประเมินอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio : BCR) และผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมพร้อมข้อมูลอ้างอิงจากงานวิจัยและบทความจากต่างประเทศ รายละเอียดดัง***ตารางที่ 2***

ตารางที่ 2 การประเมินอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio : BCR)

ต้นทุนวัตถุดิบ	ผลประโยชน์	การคำนวณ BCR โดยประมาณ (ผลประโยชน์) / (ต้นทุน)	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางบวก	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางลบ	ต้นทุนการจัดการของเสียที่อาจเกิดขึ้น
การบดย่อย (Crumbing) การนำยางรถยนต์หมดอายุมาบดละเอียดเป็นชิ้นเล็กๆ หรือเม็ด (granules) ด้วยวิธีการทางกล เช่น การหั่น การบด และการร่อน เพื่อให้ได้ขนาดที่ต้องการ โดยมีการคัดแยกโครงลวดโลหะและใยผ้าออก					
● การลงทุนเริ่มต้น โรงงานผลิตยางเม็ดขนาดกลางถึงใหญ่อาจมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มต้นตั้งแต่ 500,000 - 5,000,000 ดอลลาร์สหรัฐ ขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตและระดับของเทคโนโลยี ● ค่าดำเนินการ ค่าไฟฟ้า (สำหรับการบด) ค่าแรงงาน ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร และค่าขนส่งวัตถุดิบ (ยาง ELT) ● ค่าวัตถุดิบ ในหลายพื้นที่อาจได้ยาง ELT ฟรี หรือบางกรณีอาจมีค่าใช้จ่ายในการรับยางเพื่อกำจัด ขึ้นอยู่กับนโยบายในแต่ละภูมิภาค ● ต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วย ประมาณ 0.10 - 0.30 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม ของยางบดที่ผลิตได้ (อ้างอิง: Plastics Engineering, 2025)	● รายได้จากการขาย Crumb Rubber ขึ้นอยู่กับขนาดอนุภาคและความบริสุทธิ์ โดยทั่วไป Crumb Rubber คุณภาพดี (สำหรับงานวิศวกรรมโยธาหรือพื้นสนามกีฬา) มีราคาขายประมาณ 0.50 - 1.00 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม (รายได้) เฉลี่ย 0.70 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม	● สมมติฐาน ต้นทุนเฉลี่ย 0.20 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม ● BCR = 0.70 / 0.20 = 3.5	การนำไปใช้ในการผลิตยางมะตอยผสมยาง (Rubberized Asphalt), พื้นผิวสนามกีฬา สนามเด็กเล่น ผลิตภัณฑ์ยางและพลาสติกอื่นๆ และคอนกรีตผสมยาง (Rubberized Concrete) ซึ่งช่วยลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพของวัสดุในระยะยาว ลดการใช้วัตถุดิบใหม่ ลดปริมาณขยะยางล้อที่ต้องนำไปฝังกลบหรือกองทิ้ง ลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติเมื่อนำผงยางไปใช้ผสมในยางมะตอย หรือผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ ช่วยลดความจำเป็นในการผลิตวัสดุใหม่จากทรัพยากรธรรมชาติ เช่น ลดการผลิตยางมะตอยบริสุทธิ์ ลดการใช้พลังงานการบดย่อยยางล้อและนำไปใช้ซ้ำโดยตรงมักใช้พลังงานน้อยกว่าการผลิตวัสดุใหม่ทั้งหมด	กระบวนการบดย่อยอาจก่อให้เกิดฝุ่นยาง เป็นอนุภาคขนาดเล็กที่อาจฟุ้งกระจายในอากาศ หากไม่มีระบบการจัดการที่ดี อาจก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพทางเดินหายใจแก่คนงาน และก่อความรำคาญต่อชุมชนใกล้เคียง และเกิดเสียงและความร้อน จากเครื่องจักรในการบด อาจเป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางเสียงและความร้อนในพื้นที่ปฏิบัติงาน	- การควบคุมฝุ่น - ระบบดักจับฝุ่น - ระบบระบายอากาศ - ระบบกรองอากาศ ใช้ระบบดักจับฝุ่น ระบบระบายอากาศ และระบบกรองอากาศต้นทุนอุปกรณ์ประมาณการอยู่ในช่วง 10,000 - 100,000 ดอลลาร์สหรัฐขึ้นไป - การควบคุมเสียง การติดตั้งฉนวนกันเสียง การออกแบบโรงงานให้ลดการกระจายเสียง ค่าฉนวนกันเสียงเฉลี่ย 10 – 50 ดอลลาร์สหรัฐต่อ 1 ตรม.

ต้นทุนวัตถุดิบ	ผลประโยชน์	การคำนวณ BCR โดยประมาณ (ผลประโยชน์) / (ต้นทุน)	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางบวก	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางลบ	ต้นทุนการจัดการของเสียที่อาจเกิดขึ้น
กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) การแยกสลายยางรถยนต์หมดอายุด้วยความร้อนในสภาวะไร้ออกซิเจน เพื่อผลิตน้ำมันไพโรไลซิส (Tire Pyrolysis Oil - TPO) ก๊าซสังเคราะห์ (Syngas) คาร์บอนดำรีไซเคิล (Recovered Carbon Black - rCB) และเหล็ก (Steel)					
● การลงทุนเริ่มต้น สำหรับโรงงานขนาดกลางอยู่ที่ประมาณ 15-20 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (อ้างอิง: Klean Industries, 2025) ● ค่าดำเนินการ ค่าพลังงานสูง ค่าควบคุมมลพิษและการบำบัดก๊าซเสีย (เป็นส่วนสำคัญของต้นทุน) ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร และค่าจัดการยาง ELT ก่อนเข้าสู่กระบวนการ ● ต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วย ประมาณ 0.20 - 0.40 ดอลลาร์หรัฐต่อกิโลกรัมของวัตถุดิบ (เศษยางล้อที่หมดอายุใช้งานที่พร้อมใช้)	● ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีมูลค่าเกือบทั้งหมดเป็นจุดเด่นที่ทำให้ Pyrolysis มีศักยภาพในการทำกำไรสูงน้ำมันไพโรไลซิส (TPO) ผลผลิตที่ได้ประมาณร้อยละ 40 ของน้ำหนักยางวัตถุดิบ ราคาขายประมาณ 600 - 800 ดอลลาร์สหรัฐต่อตัน สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงทางเลือกหรือวัตถุดิบในโรงกลั่น คาร์บอนดำรีไซเคิล (rCB) ผลผลิตที่ได้ประมาณร้อยละ 30 ของน้ำหนักยางวัตถุดิบ ราคาขายประมาณ 900 - 1,200 ดอลลาร์สหรัฐต่อตัน ใช้ในการผลิตยางรถยนต์ใหม่, พลาสติก, สารเคลือบต่างๆ ก๊าซสังเคราะห์ (Syngas) สามารถนำกลับมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตไพโรไลซิสเอง ช่วยลดต้นทุน	● สมมติฐาน ต้นทุนเฉลี่ย 0.30 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม ● ผลประโยชน์รวมต่อยาง 1 กิโลกรัม (จากการขาย TPO rCB เหล็ก) ประมาณ 0.615 ดอลลาร์สหรัฐ ● BCR = 0.615 / 0.30 = 2.05	ลดปริมาณขยะยางล้อ เปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าสูงผลิตภัณฑ์ที่ได้น้ำมัน และก๊าซ สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนช่วยลดการพึ่งพาทรัพยากรฟอสซิล และคาร์บอนแบล็กนำไปใช้เป็นสารเติมแต่งในอุตสาหกรรมอื่นๆ	แม้กระบวนการหลักจะไร้ออกซิเจน แต่การให้ความร้อนในเตาปฏิกรณ์จำเป็นต้องใช้เชื้อเพลิง ซึ่งก่อให้เกิดการปล่อยไอเสียหากระบบควบคุมมลพิษไม่ดีพอ อาจมีการรั่วไหลของก๊าซหรือไอระเหยที่มีสารอันตราย เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ ไดออกซิน ฟิวแรน (หากมีสารประกอบคลอรีนปนเปื้อน) ซึ่งเป็นสารพิษต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม	ระบบบำบัดก๊าซไอเสีย การลงทุนสูงในอุปกรณ์ เช่น ระบบดูดซับกรด ถุงกรองสำหรับอนุภาค ระบบดูดซับสารอินทรีย์ระเหยง่าย และระบบเผาทำลายสารอินทรีย์ เพื่อควบคุมการปล่อยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ ไดออกซิน ฟิวแรน และฝุ่นละออง ต้นทุนสำหรับระบบควบคุมมลพิษอากาศสำหรับโรงงานไพโรไลซิสขนาดกลาง-ใหญ่ อาจมีตั้งแต่ 1 แสนดอลลาร์สหรัฐจนถึงหลักล้านดอลลาร์สหรัฐ ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนปริมาณอากาศเสีย ความเข้มข้นและชนิดของสารพิษ และมาตรฐานการปล่อยของเสียทิ้ง

ต้นทุนวัตถุดิบ	ผลประโยชน์	การคำนวณ BCR โดยประมาณ (ผลประโยชน์) / (ต้นทุน)	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางบวก	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางลบ	ต้นทุนการจัดการของเสียที่อาจเกิดขึ้น
	พลังงาน เหล็กรีไซเคิล ผลผลิตที่ได้ประมาณร้อยละ 10 ของน้ำหนักยางวัตถุดิบ ราคาประมาณ 300 - 450 ดอลลาร์สหรัฐต่อตัน (อ้างอิง: Klean Industries, 2025)				
การดีวัลคาไนซ์ (Devulcanization) การแยกพันธะในยางวัลคาไนซ์ (Vulcanized Rubber) ออกไปบางส่วน สามารถนำไปแปรรูปขึ้นรูปใหม่ได้					
● การลงทุนเริ่มต้น ค่อนข้างสูง เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ซับซ้อน และบางวิธียังอยู่ในช่วงการพัฒนาและขยายขนาด ● ค่าดำเนินการ ค่าพลังงาน (ขึ้นอยู่กับวิธีการ เช่น Thermal, Microwave, Chemical), ค่าสารเคมี (ถ้าใช้), ค่าบำรุงรักษา ● ต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วย ปัจจุบันประมาณ 0.80 - 1.50 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม แต่คาดว่าจะลดลงเหลือ 0.60 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม เมื่อมีการขยายขนาดการผลิตเพิ่มขึ้น (อ้างอิง: Plastics Engineering, 2025)	● การผลิตยางรีเคลม สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางใหม่ได้ โดยสามารถทดแทนยางบริสุทธิ์ได้ในสัดส่วนร้อยละ 20 ถึงร้อยละ 30 หรือมากกว่า ● มูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์ ยางที่ผ่านกระบวนการ Devulcanization มีคุณภาพสูงกว่า Crumb Rubber ทั่วไป ทำให้สามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงขึ้นได้ ● ราคาขายยางรีเคลม: มีมูลค่าประมาณร้อยละ 50 ถึงร้อย	● สมมติฐาน ต้นทุนเฉลี่ย 1.0 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม ผลประโยชน์ (รายได้) เฉลี่ย 1.20 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม ● BCR = 1.20/1.00 = 1.2 ● BCR ในอนาคต (เมื่อต้นทุนลดลงจากการขยายกำลังการผลิต) ● สมมติฐาน ต้นทุนเฉลี่ย 0.60 ดอลลาร์สหรัฐต่อ	การนำยางที่ผ่านการดีวัลคาไนซ์มาผสมกับยางใหม่ช่วยลดความต้องการยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ที่ผลิตใหม่ ซึ่งลดการใช้ทรัพยากร ลดปริมาณขยะยางล้อ ลดการใช้พลังงานโดยทั่วไปการผลิตยางจากยางที่ผ่านการดีวัลคาไนซ์จะใช้พลังงานน้อยกว่าการผลิตจากยางดิบทั้งหมด	บางกระบวนการดีวัลคาไนซ์อาจจำเป็นต้องใช้สารเคมีหรือตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมกับความร้อน กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับความร้อนอาจมีการปลดปล่อยสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) และกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ หากไม่มีระบบควบคุมที่ดี ของเหลวเหลือทิ้ง หรือกากตะกอนจากการสิ้นสุดกระบวนการ หากมีการใช้น้ำหรือสารละลายในกระบวนการ อาจเกิดของเหลวหรือกากตะกอนที่ต้องบำบัดก่อนปล่อย	- ระบบควบคุมมลพิษอากาศ อาจมีต้นทุนตั้งแต่ 1 แสนดอลลาร์สหรัฐ จนถึงหลักล้านดอลลาร์สหรัฐ ขึ้นอยู่กับความซับซ้อน ปริมาณอากาศเสีย ความเข้มข้นและชนิดของสารพิษ และมาตรฐานการปล่อยของเสียทิ้ง - การบำบัดน้ำเสีย หากมีการใช้น้ำหรือสารละลายในกระบวนการ ต้นทุนสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียอาจอยู่ที่ 25,000 - 800,000 ดอลลาร์สหรัฐขึ้นไป ขึ้นอยู่กับขนาดโรงงาน ปริมาณน้ำเสีย และความซับซ้อนของสารปนเปื้อน

ต้นทุนวัตถุดิบ	ผลประโยชน์	การคำนวณ BCR โดยประมาณ (ผลประโยชน์) / (ต้นทุน)	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางบวก	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางลบ	ต้นทุนการจัดการของเสียที่อาจเกิดขึ้น
	ละ 70 ของยางบริสุทธิ์ หรือประมาณ 1.00 - 1.50 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม ลดการพึ่งพิงวัตถุดิบใหม่ ช่วยสร้างความยั่งยืนในอุตสาหกรรมยาง	กิโลกรัม ผลประโยชน์ (รายได้) เฉลี่ย 1.20 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม ● BCR = 1.20/0.60 = 2.0			
การหล่อดอกยาง (Retreading) การนำโครงสร้างยางรถยนต์ (Casing) ที่สึกหรอแต่ยังอยู่ในสภาพดี มาทำการหล่อดอกยางใหม่ทับลงไป เพื่อให้ยางสามารถกลับมาใช้งานได้อีกครั้ง ซึ่งส่วนใหญ่ใช้กับยางรถบรรทุกและรถโดยสาร					
● การลงทุนเริ่มต้น ต่ำกว่าการผลิตยางล้อใหม่ทั้งหมดมาก ● ค่าดำเนินการ ค่าแรงงาน (ตรวจสอบโครงยาง เตรียมผิว ติดตั้งดอกยางใหม่) ค่าวัสดุ (ดอกยางใหม่และวัสดุประสาน) ค่าพลังงาน ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร ● ต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วย ยางหล่อดอกมีต้นทุนถูกกว่ายางใหม่ร้อยละ 30 ถึงร้อยละ 50 (อ้างอิง: Bauer Built Tire & Service, 2025; GlobeNewswire, 2024)	● ประหยัดต้นทุนสำหรับผู้ใช้งาน ผู้ใช้งานสามารถซื้อยางหล่อดอกได้ในราคาที่ถูกกว่ายางใหม่ถึงร้อยละ 30 ถึงร้อยละ 50 ซึ่งช่วยลดค่าใช้จ่ายการเปลี่ยนยางล้อใหม่สำหรับยานพาหนะขนาดใหญ่	● สมมติฐาน ต้นทุนการหล่อดอกประมาณร้อยละ 50 ของราคายางล้อใหม่ ● BCR = 100% / 50% = 2.0	เป็นวิธีที่ยืดอายุการใช้งานของยางล้อ ทำให้ลดจำนวนยางล้อที่ต้องทิ้งไป และลดการใช้ทรัพยากรและพลังงานการผลิตยางล้อใหม่ 1 เส้น ใช้พลังงานและวัตถุดิบมากกว่าการหล่อดอกยาง 1 เส้นหลายเท่า การหล่อดอกยางจึงช่วยประหยัดวัตถุดิบ และพลังงานในกระบวนการผลิต	เศษยางจากการขูดผิว ยางที่ถูกขูดออกจากผิวหน้าของยางล้อเดิม เพื่อเตรียมพื้นผิวสำหรับดอกยางใหม่ จะกลายเป็นเศษยางที่ต้องจัดการ ซึ่งโดยทั่วไปสามารถนำไปบดย่อยต่อได้ แต่อาจจะมีเศษยางที่มีอนุภาคขนาดเล็กเป็นฝุ่นยาง และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) จากการติดกาว และการอบ (วัลคาไนซ์) ยางที่ผ่านการหล่อดอก เมื่อหมดอายุการใช้งาน ก็ยังคงเป็นขยะยางที่ต้องได้รับการจัดการอยู่ดี	ระบบดักจับฝุ่น และระบบระบายอากาศ ต้นทุนประมาณการอยู่ในช่วง 10,000 ดอลลาร์สหรัฐขึ้นไป

ต้นทุนวัตถุดิบ	ผลประโยชน์	การคำนวณ BCR โดยประมาณ (ผลประโยชน์) / (ต้นทุน)	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางบวก	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางลบ	ต้นทุนการจัดการของเสียที่อาจเกิดขึ้น
การใช้เป็นเชื้อเพลิงทางเลือก (Tire Derived Fuel: TDF) การนำยางรถยนต์หมดอายุมาหั่นหรือฉีกเป็นชิ้นเล็กๆ เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงทางเลือกในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการเผาไหม้ขนาดใหญ่ เช่น โรงปูนซีเมนต์ โรงไฟฟ้า โรงงานผลิตกระดาษ และหม้อไอน้ำอุตสาหกรรม					
● ค่าดำเนินการ ค่ารวบรวมและขนส่ง ค่าหั่น ฉีก สับยางให้เล็กลง (รวมค่าเครื่องจักรและพลังงาน) ค่าเก็บรักษา ● การลงทุนเริ่มต้น ค่อนข้างต่ำกว่ากระบวนการที่มีความซับซ้อนด้านการผลิตและเทคโนโลยี ● ต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วย ประมาณ 0.05 - 0.15ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม	● ค่าความร้อนสูง TDF มีค่าความร้อน (Calorific Value) ที่สูงและสม่ำเสมอเทียบเท่ากับหรือสูงกว่าถ่านหิน (อ้างอิง: Credence Research, 2025) ● ลดต้นทุนเชื้อเพลิง TDF เป็นทางเลือกเชื้อเพลิงที่คุ้มค่ากว่าเชื้อเพลิงฟอสซิลแบบดั้งเดิมสำหรับภาคอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานสูง ลดการพึ่งพิงเชื้อเพลิงฟอสซิล ● การลดของเสียและสิ่งแวดล้อม ช่วยลดปริมาณยางที่ต้องฝังกลบจำนวนมาก	● สมมติฐาน ต้นทุนเฉลี่ย 0.10 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม ผลประโยชน์ (มูลค่าเชื้อเพลิงที่ทดแทนได้) เฉลี่ย 0.20 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม ● BCR = 0.20/0.10 = 2.0	ลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิล ยางล้อมีค่าความร้อนสูง สามารถใช้ทดแทนถ่านหินหรือเชื้อเพลิงฟอสซิลอื่น ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของอุตสาหกรรม	มลพิษทางอากาศจากการเผาไหม้ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ ไดออกซิน ฟิวแรน และเถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ อาจมีโลหะหนักปนเปื้อน ซึ่งต้องได้รับการจัดการอย่างเหมาะสมเพื่อป้องกันการปนเปื้อนสู่ดินและน้ำ	ระบบควบคุมมลพิษทางอากาศเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดและมีราคาสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเตาเผาขนาดใหญ่ เช่น เตาเผาปูนซีเมนต์หรือโรงไฟฟ้า ระบบควบคุมมลพิษขั้นสูงมีต้นทุนการลงทุนที่สูงมาก ประมาณการตั้งแต่หลักแสนถึงหลักล้านดอลลาร์สหรัฐขึ้นอยู่กับขนาดโรงงานและปริมาณของไอเสียที่ปล่อยออกมา การจัดการเถ้าที่เกิดจากการเผา TDF อาจมีโลหะหนักสะสมอยู่ ทำให้ต้องจัดการเป็นของเสียอุตสาหกรรม หรือบางกรณีเป็นของเสียอันตราย ต้นทุนการกำจัดเถ้าอาจอยู่ที่ 50 – 200 ดอลลาร์สหรัฐต่อตัน หรือสูงกว่านั้นหากเป็นเถ้าอันตราย

ต้นทุนวัตถุดิบ	ผลประโยชน์	การคำนวณ BCR โดยประมาณ (ผลประโยชน์) / (ต้นทุน)	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางบวก	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางลบ	ต้นทุนการจัดการของเสียที่อาจเกิดขึ้น
การนำไปใช้ในงานวิศวกรรมโยธา การนำยาง ELT มาประยุกต์ใช้โดยตรงหรือผ่านการแปรรูป (เช่น Crumb Rubber) ในโครงการก่อสร้างและวิศวกรรมโยธาต่างๆ เช่น การใช้ยางบดในยางมะตอย (Rubberized Asphalt) การใช้เป็นวัสดุถมดิน การผสมใช้ในคอนกรีต การทำวัสดุกันการสั่นสะเทือนหรือผนังกันเสียง					
● ค่าดำเนินการ ค่ารวบรวมและเตรียมยาง (การหั่นหรือฉีกยางให้ได้ขนาดที่ต้องการ) ค่าขนส่งจากจุดรวบรวมไปยังสถานที่ก่อสร้าง ค่าปรับปรุงกระบวนการผลิต (หากเป็นการผสมกับวัสดุอื่น) ● ต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วย โดยรวมแล้วการใช้ยางรีไซเคิลมักจะมีราคาถูกกว่าวัสดุบริสุทธิ์ เช่น หินหรือทราย	● ยางรีไซเคิลมักจะมีราคาถูกกว่าวัสดุใหม่ (อ้างอิง: ACASH, 2025) ● เพิ่มประสิทธิภาพของโครงสร้าง การนำยางมะตอยผสมยาง ช่วยเพิ่มความทนทาน, ยืดหยุ่น, ลดการแตกร้าวจากอุณหภูมิ, ลดเสียงรบกวนจากการจราจร, ลดค่าบำรุงรักษาถนนในระยะยาว (อ้างอิง: PetroNaft Petroleum Products, 2024; ACASH, 2025) ● คอนกรีตผสมยาง เพิ่มความเหนียว, ลดการแตกร้าว, เพิ่มความทนทานต่อแรงกระแทก, ลดค่าบำรุงรักษาในระยะยาว (วัสดุที่ผสมยางมักมีอายุการใช้งานยาวนานขึ้นและต้องการการซ่อมบำรุงน้อยลง) และมี	● สมมติฐาน หากการใช้ยางในงานวิศวกรรมโยธา (เช่น ยางมะตอยผสมยาง) มีต้นทุนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เช่น ประมาณการต้นทุนเพิ่มขึ้น 50,000 ดอลลาร์สหรัฐต่อโครงการ แต่ช่วยประหยัดค่าบำรุงรักษาได้ถึง 250,000 ดอลลาร์สหรัฐตลอดอายุโครงการ ● BCR = 250,000/50,000 = 5.0	เป็นวิธีที่นำยางล้อทั้งเส้นหรือชิ้นส่วนขนาดใหญ่ไปใช้ประโยชน์โดยตรงในปริมาณมาก โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการแปรรูปที่ซับซ้อน ประหยัดทรัพยากรธรรมชาติ ลดการใช้หิน ทราย หรือดินในการก่อสร้างโครงสร้างต่าง ๆ	มีความเสี่ยงที่สารประกอบบางชนิดหรือโลหะหนักในยางล้อ จะถูกชะล้างออกมาปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินได้ โดยเฉพาะในสภาวะที่เป็นกรดหรือด่างสูง หรือเมื่อยางสัมผัสกับน้ำเป็นเวลานาน อาจต้องมีการศึกษาผลกระทบระยะยาวอย่างละเอียดและการทดสอบจากงานวิจัยก่อนนำไปใช้งานจริง	- การออกแบบระบบระบายน้ำเพื่อลดการชะล้างสารเคมี หรือการพิจารณาชั้นรองรับเพื่อป้องกันการปนเปื้อนเพิ่มเติมประมาณการต้นทุนอยู่ที่ 1 หมื่นถึง 1 แสนดอลลาร์สหรัฐขึ้นไป ขึ้นอยู่ในขนาดของโครงการ - ต้นทุนทดสอบ และการประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมก่อนการดำเนินโครงการหากมีความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม

ต้นทุนวัตถุดิบ	ผลประโยชน์	การคำนวณ BCR โดยประมาณ (ผลประโยชน์) / (ต้นทุน)	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางบวก	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางลบ	ต้นทุนการจัดการของเสียที่อาจเกิดขึ้น
	คุณสมบัติเป็นฉนวน (อ้างอิง: Paper Publications, 2025; ACASH, 2025)				

สรุปการจัดการและรีไซเคิลยางล้อที่หมดอายุ

การจัดการและรีไซเคิลยางล้ออย่างเหมาะสมมีประโยชน์หลายด้าน ทั้งต่อสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม การลดปริมาณของเสียและการใช้พื้นที่ฝังกลบ ยางล้อที่หมดอายุย่อยสลายยากและใช้เวลานานหลายสิบปี การจัดการที่ไม่เหมาะสม เช่น การฝังกลบ จำเป็นต้องใช้พื้นที่จำนวนมาก เนื่องจากยางล้อมีขนาดใหญ่

การบดย่อย (Crumbing) สร้างมูลค่าเพิ่มและลดต้นทุนวัสดุสามารถนำเม็ดยางไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์หลากหลาย เช่น พื้นสนามเด็กเล่น พื้นสนามกีฬา ยางมะตอยสำหรับถนน และผลิตภัณฑ์ยางต่างๆ นอกจากนี้ ลวดเหล็กและผ้าใบที่เหลือจากการบดย่อยยังสามารถนำไปรีไซเคิลได้

กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) เปลี่ยนยางล้อให้เป็นน้ำมันดิบสังเคราะห์ (Pyrolysis Oil) ซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงหรือนำไปกลั่นเป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม รวมถึงเขม่าดำ (Carbon Black) ที่ใช้ในอุตสาหกรรมยางและหมึกพิมพ์ และก๊าซสังเคราะห์ที่ใช้เป็นพลังงานได้

การดีวัลคาไนซ์ (Devulcanization) คืนสภาพยางให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ในการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง เช่น ส่วนผสมผลิตยางล้อบางส่วน พื้นรองเท้า หรืออุปกรณ์ยางอื่นๆ

การหล่อดอกยาง (Retreading) ยืดอายุการใช้งานของยางล้อที่มีโครงสร้างแข็งแรง เหมาะสำหรับยางรถบรรทุกหรือรถโดยสารขนาดใหญ่ที่มีหน้ายางไม่สึกมาก ช่วยประหยัดทรัพยากร

การใช้เป็นเชื้อเพลิงทางเลือก (Tire Derived Fuel: TDF) ใช้ยางล้อที่บดย่อยเป็นเชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงปูนซีเมนต์และโรงไฟฟ้า แทนถ่านหินหรือน้ำมันเตา

การนำไปใช้ในงานวิศวกรรมโยธา ใช้ยางล้อบดอัดเป็นวัสดุถมน้ำหนักเบา วัสดุระบายน้ำ หรือส่วนประกอบในการก่อสร้างถนน การใช้ยางรีไซเคิลมีต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วยถูกกว่าวัสดุบริสุทธิ์ เช่น หิน หรือทราย

ทุกกระบวนการนั้นสามารถช่วยลดปริมาณยางล้อที่หมดอายุ เป็นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและลดการจัดการที่ไม่เหมาะสม เช่น การเผาที่ไม่ถูกควบคุม ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศและสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม การเทกองยางล้อทำให้กลายเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุงและแมลง การจัดการที่ถูกวิธีจึงช่วยลดปัญหาสิ่งเหล่านี้ได้ โครงสร้างต้นทุน-ผลประโยชน์ของแต่ละกระบวนการตัวเลขที่สูงไม่ได้หมายความว่าดีที่สุดเสมอไป เพราะบางกระบวนการอาจมีต้นทุนเริ่มต้นที่สูงมาก แต่ให้ผลตอบแทนในระยะยาว หรือมีผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมที่ประเมินเป็นตัวเงินได้ยาก และหากการบริหารจัดการขั้นตอนระหว่างการผลิตไม่เหมาะสม ไม่ถูกต้อง ขาดความรัดกุม จะเกิดของเสียหรือมลพิษต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้

แต่ละกระบวนการรีไซเคิลยางล้อมีข้อดีในการลดปริมาณขยะและลดการใช้ทรัพยากร แต่ก็มีข้อที่ต้องพิจารณาในเรื่องของการจัดการมลพิษจากการผลิต และการนำไปใช้งาน การเลือกใช้และลงทุนใน

เทคโนโลยีที่เหมาะสม รวมถึงการมีกฎระเบียบที่เข้มงวดในการควบคุมการปล่อยมลพิษ จึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้การรีไซเคิลยางล้อเป็นไปอย่างยั่งยืนและเป็นประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม โดยผู้เขียนบทวิเคราะห์ได้สรุปและเรียบเรียงข้อดีและข้อเสียของกระบวนการทั้ง 6 กระบวนการในรูปแบบตารางเปรียบเทียบข้อดีข้อเสีย (Pros. & Cons.) (***ตารางที่ 3***) เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจดังนี้

ตารางที่ 3 การประเมินข้อดี ข้อเสียของกระบวนการจัดการยางล้อหมดอายุ

การประเมินข้อดี ข้อเสียของกระบวนการจัดการยางล้อหมดอายุ	**ข้อดี (Pros.)**	**ข้อเสีย (Cons.)**
การบดย่อย (Crumbing)	● การใช้งานหลากหลาย ใช้เป็นส่วนผสมในยางมะตอยสำหรับทำถนน พื้นสนามเด็กเล่น พื้นสนามกีฬา ผลิตภัณฑ์ยางและพลาสติกอื่นๆ คอนกรีตผสมยาง ● สามารถแยกเหล็กเพื่อนำไปรีไซเคิลต่อได้	● ต้นทุนการลงทุนเริ่มต้นสูง (5แสนถึง 5 ล้านดอลลาร์สหรัฐ) ● ต้นทุนการควบคุม ดักจับฝุ่น ระบบกรองอากาศประมาณ 1 หมื่นถึง 1 แสนดอลลาร์สหรัฐ ขึ้นไป ● ต้นทุนฉนวนกันเสียงเฉลี่ย 10 ถึง 50 ดอลลาร์สหรัฐต่อ 1 ตรม. ● หากไม่มีโรงงานรีไซเคิลเหล็กเองจำเป็นต้องมีค่าใช้จ่ายสำหรับการโลจิสติกส์
กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis)	● ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีมูลค่าสูงและมีตลาดรองรับ ทั้งน้ำมันไพโรไลซิสและคาร์บอนแบล็ค ● น้ำมันไพโรไลซิสและก๊าซที่ได้สามารถนำกลับมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตเองได้ ช่วยลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิล	● ต้นทุนการลงทุนเริ่มต้นสูงมากสำหรับโรงงานตั้งแต่ขนาดกลางอยู่ที่ประมาณ 15-20 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ขึ้นไป ● ต้นทุนระบบควบคุมมลพิษอากาศประมาณตั้งแต่หลักแสนถึงหลักล้านดอลลาร์สหรัฐ ขึ้นอยู่กับความซับซ้อน ปริมาณอากาศของเสีย ความเข้มข้นและชนิดของสารพิษ และมาตรฐานค่ากลางสำหรับการปล่อยของเสีย
การดีวัลคาไนซ์ (Devulcanization)	● ผลิตยางรีเคลมคุณภาพสูงสามารถทดแทนยางบริสุทธิ์ได้ 20-30% หรือมากกว่าในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางใหม่	● ต้นทุนเริ่มต้นของการตั้งโรงงานดีวัลคาไนซ์ยางล้อหมดอายุนั้นค่อนข้างซับซ้อน ขึ้นอยู่กับขนาดกำลังการผลิต เทคโนโลยีที่เลือกใช้ (เช่น เคมี ไมโครเวฟ

การประเมินข้อดี ข้อเสียของกระบวนการจัดการยางล้อหมดอายุ	ข้อดี (Pros.)	ข้อเสีย (Cons.)
		ชีวภาพ หรือไดนามิก) และขนาดที่ตั้งของโรงงาน ● ต้นทุนสำหรับระบบควบคุมมลพิษอากาศ อาจมีตั้งแต่ 1 แสนดอลลาร์สหรัฐจนถึงหลักล้านดอลลาร์สหรัฐ ขึ้นอยู่กับความซับซ้อน ปริมาณอากาศเสีย ความเข้มข้นและชนิดของสารพิษ และมาตรฐานการปล่อยของเสียทิ้ง ● การบำบัดน้ำเสีย หากมีการใช้น้ำหรือสารละลายในกระบวนการ ต้นทุนสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียอาจอยู่ที่ 25,000 - 800,000 ดอลลาร์สหรัฐขึ้นไป ขึ้นอยู่กับขนาดโรงงาน ปริมาณน้ำเสีย และความซับซ้อนของสารปนเปื้อน
การหล่อดอกยาง (Retreading)	● ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีราคาถูกกว่ายางล้อใหม่ 30-50%ช่วยยืดอายุการใช้งานยางล้อเดิม ลดการผลิตยางล้อใหม่ ● เหมาะสำหรับยางล้อรถบรรทุกหรือรถโดยสารขนาดใหญ่ที่ยังมีโครงสร้างแข็งแรง	● มีข้อจำกัด ยางล้อหล่อดอกเหมาะสำหรับยางล้อรถบรรทุก รถโดยสารที่มีโครงสร้างแข็งแรงและไม่เสียหายมากนัก และต้องตรวจสอบโครงยางละเอียดเพื่อให้แน่ใจว่าปลอดภัยในการใช้งาน ● ต้นทุนระบบดักจับฝุ่น ระบบระบายอากาศ ประมาณการอยู่ในช่วง 10,000 ดอลลาร์สหรัฐขึ้นไป
การใช้เป็นเชื้อเพลิงทางเลือก (Tire Derived Fuel: TDF)	● ลดต้นทุนเชื้อเพลิง เป็นทางเลือกที่คุ้มค่ากว่าเชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานสูง และให้ค่าความร้อนสูงและสม่ำเสมอ ● ทดแทนการใช้ถ่านหินหรือน้ำมันเตาในอุตสาหกรรมที่ต้องการใช้ความร้อนสูง	● หากไม่มีการควบคุมมลพิษทางอากาศจากการเผาไหม้ หรือป้องกันเถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้จะส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าการใช้เชื้อเพลิงแบบอื่น ● ระบบควบคุมมลพิษขั้นสูง มีต้นทุนการลงทุนที่สูงมาก ประมาณการ

การประเมินข้อดี ข้อเสียของกระบวนการจัดการยางล้อหมดอายุ	ข้อดี (Pros.)	ข้อเสีย (Cons.)
		ตั้งแต่หลักแสนถึงหลักล้านดอลลาร์สหรัฐ ขึ้นอยู่กับขนาดโรงงานและปริมาณของไอเสียที่ปล่อยออกมา ● การจัดการเถ้าที่เกิดจากการเผา TDF อาจมีโลหะหนักสะสมอยู่ ทำให้ต้องจัดการเป็นของเสียอุตสาหกรรม หรือบางกรณีเป็นของเสียอันตราย ต้นทุนการกำจัดเถ้าอาจอยู่ที่ 50 – 200 ดอลลาร์สหรัฐต่อตัน หรือสูงกว่านั้นหากเป็นเถ้าอันตราย ● มีค่าใช้จ่ายสำหรับการรวบรวม ขนส่ง การหั่น บด แยก และการจัดเก็บสต็อก
การนำไปใช้ในงานวิศวกรรมโยธา	● ลดต้นทุนวัสดุ มีราคาถูกกว่าวัสดุผสมอื่น เช่น หินหรือทราย ● ช่วยให้วัสดุมีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น และต้องการการซ่อมบำรุงน้อยลง รวมถึงการใช้ในงานทางเท้าและถนน	● ระดับเทคโนโลยีสูง ขึ้นอยู่กับลักษณะการประยุกต์ใช้และการนำงานวิจัยมาใช้งานจริง ● ต้นทุนในการออกแบบระบบระบายน้ำเพื่อลดการชะล้างสารเคมี หรือการพิจารณาชั้นรองรับเพื่อป้องกันการปนเปื้อน ประมาณการ 1 หมื่นถึง 1 แสนดอลลาร์สหรัฐขึ้นไป ขึ้นอยู่ในขนาดของโครงการ ● ต้นทุนทดสอบ และการประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม

ทุกกระบวนการจัดการยางล้อหมดอายุมีเป้าหมายร่วมกันในการลดการใช้วัตถุดิบใหม่ ลดปริมาณยางล้อที่ถูกทิ้ง ซึ่งอาจก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัยได้ อาทิ การเผาที่สร้างมลพิษทางอากาศ การเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุงและแมลงเมื่อเทกองรวม หรือการใช้พื้นที่จำนวนมาก และสร้างการปนเปื้อนจากการฝังกลบ ยิ่งไปกว่านั้น ยางล้อที่หมดอายุยังมีองค์ประกอบของสารเคมีที่อาจเป็นอันตรายหากไม่ได้รับการจัดการอย่างถูกวิธี

ซึ่งแต่ละกระบวนการนั้นใช้เงินลงทุนเริ่มต้นและต้นทุนการผลิตแตกต่างกันตามแต่ความยากง่ายหรือระดับเทคโนโลยีที่ใช้ ยิ่งใช้เทคโนโลยีระดับสูงมากเท่าไหร่ เงินลงทุนย่อมมากตามเช่นเดียวกัน และมี

ข้อที่ต้องควรระวัง เนื่องจากกระบวนการจัดการหลายกระบวนการจะมีทั้งของเสียที่เป็นทั้งของแข็ง ก๊าซ หรือของเหลวที่เกิดจากการชะล้าง และสารเคมี ซึ่งของเสียต่างๆ จะก่อเกิดให้มลพิษต่อสิ่งแวดล้อมหากไม่ผ่านการบำบัดหรือกำจัด และสารเคมีบางชนิดอาจเป็นสารก่อมะเร็งได้หากมีการปนเปื้อนหรือการจัดการไม่ถูกต้อง เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ ไดออกซิน/ฟิวแรน (หากมีสารประกอบคลอรีนปนเปื้อน) สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ซึ่งเป็นสารพิษต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ซึ่งหากไม่มีการบำบัดหรือกำจัดก่อนปล่อยของเสียออกมา ย่อมเป็นผลเสียต่อสภาพเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม ที่เห็นได้อย่างชัดเจนที่สุด และต้นทุนการจัดการของเสียจากกระบวนการจัดการยางล้ออยู่ในระดับที่สูงมาก เช่น กระบวนการไพโรไลซิส และการดีวัลคาไนซ์ต้นทุนระบบควบคุมมลพิษทางอากาศประมาณหลักแสนถึงหลักล้านดอลลาร์สหรัฐ แต่การดีวัลคาไนซ์จะมีต้นทุนการบำบัดน้ำเสียเพิ่มเติมอีกประมาณ 25,000 – 80,000 ดอลลาร์สหรัฐ และการใช้เป็นพลังงานทางเลือกที่มีต้นทุนระบบควบคุมมลพิษทางอากาศขั้นสูงระดับหลักล้านดอลลาร์สหรัฐ และต้นทุนการจัดการเถ้าจากการเผาอยู่ที่ประมาณ 50 – 200 ดอลลารสหรัฐต่อตัน

การประเมินต้นทุนการจัดการหรือจำกัดสารเคมี สารพิษ และของเสียที่เกิดจากแต่ละกระบวนการจัดการยางล้อที่หมดอายุนั้นเป็นเรื่องที่ซับซ้อนและขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ไม่สามารถระบุตัวเลขที่แน่นอนได้โดยง่าย เนื่องจากต้นทุนจะแปรผันไปตามเทคโนโลยีที่ใช้ มาตรฐานการควบคุมมลพิษของแต่ละประเทศ ขนาดของโรงงาน ข้อกำหนดทางกฎหมาย ราคาวัตถุดิบที่จำเป็นต้องใช้ พลังงาน และราคาตลาดสำหรับผลิตภัณฑ์พลอยได้ และอาจจะต้องพิจารณาเพิ่มเติมต่อหากเกิดการลักลอบปล่อยของเสียโดยไม่บำบัด ต้นทุนการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมหรือต้นทุนการติดตามดูแลไม่ให้เกิดการลักลอบ หรือต้นทุนสำหรับการตรวจสอบว่าการปล่อยของเสียหรือการบำบัดของเสียก่อนทิ้งผ่านเกณฑ์มาตรฐานความปลอยภัยแล้วอย่างแท้จริง

โดยรวมแล้ว การจัดการยางล้อที่หมดอายุนั้นต้องพิจารณาอย่างรอบด้านถึงเทคโนโลยีที่เหมาะสม ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และต้นทุนที่เกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อม รวมถึงการบังคับใช้กฎหมายอย่างเข้มงวดอีกด้วย

ปัจจุบัน ประเทศไทยยังคงมียางล้อหมดอายุส่วนหนึ่งที่ไม่ได้รับการจัดการอย่างเหมาะสม ซึ่งรวมถึงการฝังกลบและการเทกอง ดังนั้น การเลือกกระบวนการที่เหมาะสมสำหรับการจัดการยางล้อจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งไม่เพียงแต่ต้องพิจารณาจากเงินลงทุนเริ่มต้นที่แตกต่างกันไปในแต่ละเทคโนโลยี ที่ตั้งของโรงงานว่ามีขนาดพื้นที่เพียงพอหรือไม่ แต่ยังรวมถึงการกำกับดูแล ตรวจสอบ การบังคับใช้กฎหมายด้านควบคุมมลพิษของแต่ละกระบวนการผลิต และพื้นที่นั้นมีกฎหมายด้านสิ่งแวดล้อมหรือการกำกับดูแลการปล่อยของเสียที่เข้มงวดเพียงใด รวมถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อชุมชนโดยรอบ โดยจำเป็นต้องมีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment: EIA) เพื่อศึกษาและประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการในพื้นที่และสถานการณ์จริง ก่อนการจัดตั้งโรงงานใหม่ การพิจารณาปัจจัยเหล่านี้จะช่วยให้การจัดการยางล้อหมดอายุเป็นไปอย่างยั่งยืนและมีประสิทธิภาพสูงสุด

บทสรุป

ประเทศไทยในฐานะผู้ผลิตยางล้อรายใหญ่ของโลกและเป็นศูนย์กลางการผลิตยานยนต์ที่สำคัญของภูมิภาคเอเชีย กำลังเผชิญกับความท้าทายที่สำคัญในการจัดการยางล้อที่หมดอายุการใช้งาน (ELTs) ซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี ยางล้อเหล่านี้เป็นวัสดุที่ย่อยสลายได้ยากและหากไม่ได้รับการจัดการอย่างเหมาะสม เช่น การเผา การเทกองรวม หรือการฝังกลบ จะก่อให้เกิดผลกระทบเชิงลบอย่างรุนแรงต่อสิ่งแวดล้อมและสุขอนามัยของชุมชนอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เช่น มลพิษทางอากาศจากสารพิษ การเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุงและแมลงพาหะนำโรค และการสิ้นเปลืองพื้นที่ในการฝังกลบ

แม้ว่าประเทศไทยจะมีกระบวนการจัดการยางล้อที่หมดอายุหลากหลายรูปแบบ ซึ่งสอดคล้องกับแนวปฏิบัติสากล เช่น การหล่อดอกยาง การผลิตยางเม็ด การไพโรไลซิส การดีวัลคาไนซ์ การนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทางเลือก (TDF) และการประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรมโยธา แต่รายงานการศึกษาส่วนหนึ่งกลับชี้ให้เห็นว่ายางล้อหมดอายุส่วนหนึ่งในประเทศไทยยังไม่ได้รับการจัดการอย่างถูกวิธี สถานการณ์นี้แตกต่างอย่างชัดเจนจากประเทศพัฒนาแล้วบางประเทศที่มีสัดส่วนการนำยางล้อกลับมาใช้ใหม่หรือแปรรูปเป็นพลังงานสูงกว่ามาก

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ชี้ให้เห็นว่ากระบวนการจัดการยางล้อที่หมดอายุการใช้งานหลายวิธีมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปใช้ในงานวิศวกรรมโยธาและการผลิตยางเม็ด ซึ่งเป็นโอกาสในการเปลี่ยนของเสียให้เป็นทรัพยากรที่มีมูลค่า อย่างไรก็ตาม ความสำเร็จของกระบวนการเหล่านี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบการเก็บรวบรวม การคัดแยก และการเตรียมความพร้อมของยางล้อ และกระบวนการควบคุมการผลิตไม่ให้เกิดของเสียหรือมลพิษเล็ดลอดออกมา

แม้ประเทศไทยจะมีกระบวนการจัดการยางล้อที่หมดอายุหลากหลายรูปแบบ ซึ่งสอดคล้องกับแนวปฏิบัติสากล เช่น การหล่อดอกยาง การผลิตยางเม็ด การไพโรไลซิส การดีวัลคาไนซ์ การนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทางเลือก และการประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรมโยธา อย่างไรก็ตาม รายงานการศึกษาส่วนหนึ่งชี้ให้เห็นว่ายางล้อหมดอายุประมาณร้อยละ 40 ในประเทศไทยยังไม่ได้รับการจัดการอย่างถูกวิธี สถานการณ์นี้แตกต่างอย่างชัดเจนจากประเทศพัฒนาแล้ว เช่น สหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรป เกาหลีใต้ ญี่ปุ่น

ประเทศไทยมีกรอบกฎหมายและระเบียบที่เกี่ยวข้องกับการจัดการของเสียและมลพิษที่ครอบคลุมหลายฉบับ เช่น พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย และพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ นโยบายและแผนแม่บทระดับชาติ เช่น แผนแม่บทการจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ และนโยบายเศรษฐกิจหมุนเวียน (BCG Model) ก็มุ่งเน้นการส่งเสริมการรีไซเคิลและการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตาม ความท้าทายสำคัญอยู่ที่การขาดกฎระเบียบที่เจาะจงสำหรับการจัดการยางล้อหมดอายุโดยเฉพาะ การบังคับใช้ที่ยังไม่ครอบคลุม และการบูรณาการนโยบายให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดตลอดห่วงโซ่คุณค่า

บทบาทของประเทศไทยในฐานะผู้ผลิตและผู้ส่งออกยางล้อรายใหญ่ของโลก ย่อมนำมาซึ่งความรับผิดชอบด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ การเป็นศูนย์กลางการผลิตที่โดดเด่นนี้ทำให้เกิดปริมาณยางล้อที่หมดอายุการใช้งานจำนวนมากภายในประเทศ หากการจัดการยางล้อเหล่านี้ไม่เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน ย่อมส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขอนามัยของประชาชน การจัดการยางล้อที่หมดอายุอย่างเหมาะสมจึงไม่ใช่เพียงแค่ประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมภายในประเทศเท่านั้น แต่ยังเป็นปัจจัยเชิงกลยุทธ์ที่สำคัญในการรักษาชื่อเสียงของประเทศไทยในฐานะประเทศอุตสาหกรรมที่มีความรับผิดชอบและก้าวหน้าในเวทีโลก การที่ยางล้อหมดอายุส่วนหนึ่งยังไม่ได้รับการจัดการอย่างถูกวิธีในปัจจุบัน แสดงให้เห็นถึงช่องว่างที่สำคัญซึ่งจำเป็นต้องได้รับการแก้ไข เพื่อให้การพัฒนาอุตสาหกรรมยางล้อของไทยเป็นไปอย่างยั่งยืนและครบวงจร

ข้อเสนอแนะ

จากสถานการณ์และบทวิเคราะห์ข้างต้น มีข้อเสนอแนะเชิงนโยบายที่สำคัญเพื่อยกระดับการจัดการยางล้อที่หมดอายุในประเทศไทยให้มีประสิทธิภาพและยั่งยืน

1. พัฒนากฎระเบียบเฉพาะและกลไกการบังคับใช้ที่เข้มแข็ง ควรมีการพัฒนากฎระเบียบและมาตรฐานที่เจาะจงสำหรับการจัดการยางล้อที่หมดอายุการใช้งานโดยเฉพาะ เพื่อเป็นแนวทางที่ชัดเจนและครอบคลุมทุกกระบวนการ ตั้งแต่การรวบรวม การคัดแยก การแปรรูป ไปจนถึงการกำจัดอย่างถูกวิธี รวมถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในการบังคับใช้กฎหมายที่มีอยู่และกฎระเบียบใหม่ๆ

2. ปรับปรุงและขยายระบบการเก็บรวบรวมและคัดแยก สนับสนุนการจัดตั้งจุดรับคืนยางล้อเก่าให้ครอบคลุมและเข้าถึงได้ง่ายทั่วประเทศ รวมถึงส่งเสริมโครงการรับคืนและระบบความรับผิดชอบของผู้ผลิต (EPR) เพื่อกระตุ้นให้เกิดการรวบรวมยางล้อที่หมดอายุอย่างเป็นระบบและลดการทิ้งที่ไม่เหมาะสม ควรเน้นการคัดแยกและเตรียมความพร้อมของยางล้ออย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้เหมาะสมกับกระบวนการรีไซเคิลแต่ละประเภท

3. ส่งเสริมการลงทุนและพัฒนาเทคโนโลยีการรีไซเคิลขั้นสูง สนับสนุนการวิจัยและพัฒนา รวมถึงการลงทุนในเทคโนโลยีการรีไซเคิลยางล้อขั้นสูง เช่น การบดย่อย (Crumbing) การไพโรไลซิส (Pyrolysis) การดีวัลคาไนซ์ (Devulcanization) และการนำไปใช้ในงานวิศวกรรมโยธา ซึ่งสามารถเปลี่ยนยางล้อหมดอายุให้เป็นวัตถุดิบที่มีคุณภาพสูงสำหรับอุตสาหกรรมอื่น การสนับสนุนนี้จะช่วยให้ประเทศไทยก้าวข้ามการพึ่งพาการกู้คืนพลังงานเป็นหลัก ไปสู่การกู้คืนวัสดุที่สอดคล้องกับหลักการเศรษฐกิจหมุนเวียนมากขึ้น เนื่องจากเป็นกระบวนการที่มีศักยภาพในการสร้างมูลค่าเพิ่มและลดปริมาณยางล้อที่หมดอายุได้อย่างยั่งยืน และจัดหามาตรการจูงใจทางการเงินและการลงทุน ให้สอดคล้องกันกับการส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการรีไซเคิล

4. บูรณาการนโยบายและแผนงานจากภาครัฐอย่างครบวงจร สร้างความร่วมมือและการบูรณาการระหว่างหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง (เช่น กระทรวงอุตสาหกรรม, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวงสาธารณสุข) เพื่อให้เกิดนโยบายและแผนงานที่มีความเชื่อมโยงกันตลอดห่วงโซ่คุณค่าของการจัดการยางล้อที่หมดอายุ สอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (BCG Model)

5. สร้างความตระหนักรู้และส่งเสริมการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน ให้ความรู้แก่ประชาชนผู้บริโภคเกี่ยวกับผลกระทบของการทิ้งยางล้อที่ไม่เหมาะสมและแนวทางการจัดการที่ถูกต้อง รวมถึงส่งเสริมให้ผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมยางล้อและยานยนต์เข้ามามีส่วนร่วมและรับผิดชอบในการจัดการ ELTs อย่างยั่งยืนมากขึ้น

การดำเนินงานตามข้อเสนอแนะเหล่านี้อย่างเป็นระบบและบูรณาการ จะช่วยให้ประเทศไทยสามารถจัดการยางล้อที่หมดอายุได้อย่างยั่งยืน ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชน และเปลี่ยนความท้าทายให้เป็นโอกาสในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเศรษฐกิจของประเทศตามแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียน และเสริมสร้างภาพลักษณ์ของประเทศในฐานะผู้ผลิตที่มีความรับผิดชอบในอุตสาหกรรมยางล้อระดับโลก

แหล่งอ้างอิง

Advisory Center for Affordable Settlements and Housing (ACASH). (2025). Recycled Rubber in Construction: Durable and Sustainable. [https://www.acash.org.pk/recycled-rubber-in-construction/] (https://www.acash.org.pk/recycled-rubber-in-construction/)

Bauer Built Tire & Service. (2025). How Commercial Tire Retreading Provides Tire Cost Savings. https://www.bauerbuilt.com/bauer-built-blog/how-commercial-tire-retreading-provides-tire-cost-savings/

Circular Rubber Platform. (n.d.). What is Devulcanization?. https://circularrubberplatform.com/glossary/devulcanization

Credence Research. (2025). Tire Derived Fuel Market Size, Growth and Forecast 2032. https://www.credenceresearch.com/report/tire-derived-fuel-market

GlobeNewswire. (2024). Retread Tire Market: Growth Driven by Fleet Cost-Cutting and Environmental Benefits with a CAGR of 6%. https://www.globenewswire.com/news-release/2024/12/11/2995020/0/en/Retread-Tire-Market-Growth-Driven-by-Fleet-Cost-Cutting-and-Environmental-Benefits-with-a-CAGR-of-6-Future-Market-Insights-Inc.html

Klean Industries. (2025). Set Up a Profitable Tire Pyrolysis Plant in the U.S. | Business Case & Revenue Model. https://kleanindustries.com/insights/market-analysis-reports/set-up-profitable-tire-pyrolysis-plant-united-states/

Paper Publications. (2025). Cost-Benefit Analysis of Investigating the Use of Pulverized Waste-Tyre Rubber in Construction of Pre-Cast Concrete Power Cable. https://www.paperpublications.org/upload/book/Cost-Benefit%20Analysis%20of%20Investigating%20the%20Use-24042025-5.pdf

PetroNaft Petroleum Products. (2024). What Is The Effect Of Crumb Rubber On Asphalt? https://www.petronaftco.com/effect-of-crumb-rubber-on-asphalt/

Plastics Engineering. (2025). Tire Recycling: Feasibility and Profitability. [https://www.plasticsengineering.org/2025/05/tire-recycling-feasibility-and-profitability-008366/] (https://www.plasticsengineering.org/2025/05/tire-recycling-feasibility-and-profitability-008366/)

USTMA (U.S. Tire Manufacturers Association). (n.d.). Tire Retreading. [https://www.ustires.org/tire-retreading] (https://www.ustires.org/tire-retreading)

US Tire Recycling Market Report by P\&S Intelligence (2025) (https://www.google.com/search?q=https://www.psmarketresearch.com/market-analysis/us-tire-recycling-market)

Global Tire Recycling Market Outlook by Mordor Intelligence (2024) (https://www.google.com/search?q=https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-tire-recycling-market)

Pyrolysis Plant Cost Analysis by Beston Group (2024) (https://www.google.com/search?q=https://www.bestongroup.com/tyre-pyrolysis-plant-cost/)

Tire Derived Fuel (TDF) Market Insights by Polaris Market Research (2024) (https://www.google.com/search?q=https://www.polarismarketresearch.com/industry-analysis/tire-derived-fuel-tdf-market)

Cost of Landfill Leachate Management by SCS Engineers (2024) (https://www.google.com/search?q=https://www.scsengineers.com/scs-articles/cost-of-landfill-leachate-management-scs-engineers/)

Landfill Leachate Treatment Plant Cost by Getech Engineering (2023) (https://www.google.com/search?q=https://getechengineering.com/landfill-leachate-treatment-plant-cost/)

Landfill Leachate Treatment Market Size by SkyQuest Technology (2023) (https://www.google.com/search?q=https://www.skyquestt.com/report/landfill-leachate-treatment-market)

Malaysia Waste Management: Cost of Leachate Treatment by The Star (2024) (https://www.google.com/search?q=https://www.thestar.com.my/news/nation/2024/05/17/waste-treatment-costly)

US Air Pollution Control Systems Market Report by MarketsandMarkets (2023) (https://www.google.com/search?q=https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/us-air-pollution-control-systems-market-235790176.html)

Global Air Pollution Control Systems Market Outlook by Mordor Intelligence (2024) (https://www.google.com/search?q=https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-air-pollution-control-systems-market)