แบบฟอร์มข้อเสนอโครงการวิจัยและนวัตกรรม ฉบับสมบูรณ์ (Full Proposal)
งบประมาณเพื่อสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund; FF)
จัดสรรงบประมาณจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ปีงบประมาณ 2568
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

แผนงานของหน่วยงาน

แผนงาน	ความเป็นกลางทางคาร์บอนและการจัดการของเสียและเศษเหลือทางการเกษตร

ข้อมูลทั่วไป

รายละเอียดโครงการ

รหัสโครงการ	4777737
รหัสข้อเสนอการวิจัย	2568A11112107
ชื่อโครงการ (ภาษาไทย)	การพัฒนาโฟมกลาสจากขยะขวดแก้วเป็นฉนวนกันความร้อนแทนพีเอสโฟมสำหรับผนังห้องเย็น เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
ชื่อโครงการ (ภาษาอังกฤษ)	Developing Foam glass from Glass bottle Waste as Replacement Insulation for PS foam for Cold storage Panel to Reduce Environmental impacts
งบประมาณเสนอขอ	271,000 บาท
งบประมาณรวมตลอดโครงการ	271,000 บาท
สถานะงาน	ผู้ประสานหน่วยงานกำลังตรวจสอบ (3)
ประเภทของการวิจัย	การวิจัยประยุกต์ (Applied Research)
โครงการวิจัยและนวัตกรรมนี้ ได้ยื่นขอรับการพิจารณาเป็นโครงการเพื่อขับเคลื่อนการบรรลุเป้าหมายตามยุทธศาสตร์ (โครงการสำคัญ) ของสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ในปีงบประมาณที่ยื่นขอรับการจัดสรรงบประมาณ	ไม่ได้ยื่น
โครงการวิจัยและนวัตกรรมนี้ สอดคล้องหรือสนับสนุนแผนแม่บทย่อยใดมากที่สุด	23.1 แผนย่อย การวิจัยและพัฒนานวัตกรรม ด้านเศรษฐกิจ
ลักษณะโครงการ	โครงการใหม่
ระยะเวลาโครงการ	1 ปี
โครงการยื่นเสนอขอรับทุนจากหน่วยงานอื่น	ไม่ได้ยื่น

คำสำคัญ

คำสำคัญภาษาไทย	โฟมกลาส,ฉนวนกันความร้อน,พีเอสโฟม,ผนังห้องเย็น,ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
คำสำคัญภาษาอังกฤษ	Foam glass,Replacement Insulation,PS foam,Cold storage Panel,Reduce Environmental impacts

สาขาการวิจัย

สาขาการวิจัยหลัก OECD	วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
สาขาการวิจัยย่อย OECD	วิศวกรรมโลหการและวัสดุ
สาขาที่เกี่ยวข้อง	วัสดุหลากองค์ประกอบอื่นๆ

คณะผู้วิจัย

ชื่อ - สกุล	ตำแหน่งในโครงการ	สัดส่วนการมีส่วนร่วม
นายกิตติพงศ์ รื่นวงศ์ หน่วยงาน : มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม	หัวหน้าโครงการ	40.00
นายดิศสกุล อึ้งตระกูล หน่วยงาน : มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม	ผู้ร่วมวิจัย	20.00
ดร. โชคชัย ยาทองไชย หน่วยงาน : มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วิทยาศาสตร์	ผู้ร่วมวิจัย	20.00
นายนนท์ ปิ่นเงิน หน่วยงาน : มหาวิทยาลัยแม่โจ้ บริหารธุรกิจ	ผู้ร่วมวิจัย	20.00

ข้อมูลโครงการ

บทสรุปข้อเสนอโครงการ

โครงการวิจัยนี้สนใจที่จะสร้างแนวทางการจัดการขยะ/การนำวัสดุเหลือใช้ หรือขยะที่ผ่านการคัดแยก มาเพิ่มมูลค่าใหม่ เป็นผลิตภัณฑ์ หรือของใช้ ช่วยลดปัญหาขยะและต่อยอดในเชิงธุรกิจได้ เปลี่ยนจากขยะสู่การสร้างคุณค่า (From Waste to Value) โดยการนำจากขยะขวดแก้วมาแปรรูป เพื่อพัฒนาเป็นฉนวนกันความร้อนจาก โฟมกลาสสำหรับผนังห้องเย็นเพื่อทดแทนการใช้พีเอสโฟม ทำให้สามารถลดขยะและเพิ่มมูลค่าจากขยะขวดแก้ว รวมทั้งช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการผลิตและกำจัดโฟมอีกด้วย โดยผนังห้องเย็น (Cold storage Panel) เป็นแผ่นผนังฉนวนที่ทำมาจากแผ่นเหล็กเคลือบสีประกบกัน 2 ด้าน โดยมีไส้กลางเป็นโฟมทำหน้าที่เป็นฉนวนกันความร้อน (Sandwich Panel) นิยมใช้ในอุตสาหกรรมการเก็บรักษาสินค้า ผลผลิตทางการเกษตร อาหารและยา ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้โฟมที่เป็นไส้กลางนั้นจะมีอยู่ 3 ชนิด คือ 1) โฟมขาวหรือพีเอสโฟมหรืออีพีเอสโฟม (PS/EPS Foam / Polystyrene Foam / Expandable Polystyrene Foam) 2) โฟมเหลืองหรือพียูโฟม (PU Foam / Polyurethane Foam) และ 3) พีไออาร์โฟม (PIR Foam / Polyisocyanurate Foam) แต่โฟมที่สร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดคือ พีเอสโฟมหรืออีพีเอส (PS/EPS Foam) เนื่องจากโฟมชนิดนี้เป็นของเสียเหลือทิ้งสีดำ ๆ จากกระบวนการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม ประกอบด้วยสารสไตรีน (Styrene) มีอันตรายเพราะเป็นสารก่อมะเร็ง การกำจัดโดยเผาขยะประเภทโฟม จะทำให้เกิดการปล่อยก๊าซสไตรีน (Styrene) ที่สามารถถูกดูดซึมผ่านผิวหนังและปอดได้ หากได้รับสารสไตรีนในระดับที่สูงจะทำอันตรายต่อตา และถ้าได้รับสไตรีนในระยะยาวจะมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้ปวดหัว อ่อนเพลีย อ่อนแอ และเกิดภาวะซึมเศร้า นอกจากภัยร้ายต่อร่างกายแล้วยังเป็นภัยต่อมลภาวะ และสัตว์ด้วย เพราะนอกจากยากต่อการกำจัดแล้ว หากทิ้งไม่ถูกที่สัตว์กินเข้าไปจะเป็นอันตราย เนื่องจากถ้าหากกำจัดด้วยการฝังกลบก็ต้องใช้นานถึง 1,000 ปี กว่าจะย่อยสลายหมดไปได้

ดังนั้นการนำจากขยะขวดแก้วมาผ่านกระบวนการแปรรูป เพื่อพัฒนาเป็นฉนวนกันความร้อนจากโฟมกลาสสำหรับผนังห้องเย็นเพื่อทดแทนการใช้พีเอสโฟม จึงได้ประโยชน์ถึง 2 ทางคือ ช่วยลดปัญหาขยะโดยการเปลี่ยนจากขยะสู่การสร้างคุณค่า (From Waste to Value) และลดการใช้พีเอสโฟม (PS Foam) ซึ่งส่งกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จากกระบวนการกำจัดขยะโฟม และเป็นการต่อยอดงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยการมุ่งเน้นการพัฒนาโฟมกลาสจากขยะขวดแก้วเป็นฉนวนกันความร้อนแทนพีเอสโฟมสำหรับผนังห้องเย็นโดยเฉพาะ โดยปลายทางของงานวิจัยนี้นำไปสู่การผลิตต้นแบบผนังห้องเย็นที่ใช้โฟมกลาสเป็นฉนวนกันความร้อนที่ใช้งานได้เทียบเท่าหรือดีกว่าฉนวนพีเอสโฟม

หลักการและเหตุผล/ปัญหา/โจทย์การวิจัยและพัฒนานวัตกรรม

การบริโภคแปรผันตรงกับปริมาณรวมของขยะมูลฝอย การผลิตน้ำดื่มบรรจุขวดและเครื่องดื่มขยายตัวอย่างรวดเร็ว การเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมการดื่มน้ำที่เดิมรินจากเหยือกสู่แก้วเป็นการดื่มน้ำจากขวดหรือแก้วใช้แล้วทิ้งโดยตรงเป็นอีกปัจจัยที่ทำให้ปริมาณบรรจุภัณฑ์ที่ทิ้งเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในกลุ่มขยะภาชนะและบรรจุภัณฑ์สำหรับประเทศไทยสถิติของจำนวนขวดบรรจุภัณฑ์ที่ออกสู่ตลาดอยู่ที่ปีละหมื่นล้านขวดต่อปีนับเป็นตัวเลขที่สูงมาก นับว่าเป็นวิกฤตทางผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพราะประเทศยังมองหาระบบการจัดการแยกและบำบัดขยะที่มีประสิทธิผลและยั่งยืน เมื่อการคัดแยกล้มเหลว การจัดการนำวัสดุกลับไปใช้ใหม่ไม่สำเร็จจึงเป็นการไหลทางเดียวโดยไม่มีการไหลกลับไป นำไปใช้ใช้ซ้ำเป็นส่วนใหญ่ สิ่งนี้เป็นความเติบโตทางเศรษฐกิจและวิถีชีวิตรุ่นใหม่ แต่ส่งผลทางลบที่ไม่ยั่งยืนต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม ความคิดของการพัฒนาอย่างยั่งยืนจะต้องพิจารณากันและกันในทั้งมุมมองของสังคม เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมที่มีมุมมองแบบบูรณาการ (ศิรภัทร เบญจวารี, 2563)

ประเทศไทยมีเศษแก้วทิ้งเป็นขยะอยู่ประมาณปีละ 40,000 ตัน ซึ่งไม่ได้นำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิตแก้ว และนับวันจะมีปริมาณขยะเศษ

แก้วเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต ทำให้มีการรณรงค์การนำวัสดุเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่ ในประเทศไทยยังไม่มีการนำเศษแก้วไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ นอกจากการนำกลับไปหลอมใหม่ แต่ในต่างประเทศมีการนำเศษแก้วกลับมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ มากมาย อาทิ เช่น ใช้เป็นตัวกรอง (filtration medium) ใช้ผสมในคอนกรีต ใช้เป็นวัสดุขัดสี (abrasive) ใช้เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิในเซรามิก (fluxing agent) ใช้เป็นตัวเติมในสี (filler) และใช้ทำโฟมกลาส (foam glass) เป็นต้น (วรรณา ต.แสงจันทร์, 2552)

การทำโฟมกลาสจากเศษแก้วทำได้โดยนำแก้วที่บดละเอียดผสมกับสารที่ให้ก๊าซหรือสารก่อฟอง (gasifier or foaming agent) ส่วนมากเป็นพวกคาร์บอน หรือสารประกอบของคาร์บอน (carbonaceous substances) ซึ่งสามารถแตกตัวให้ก๊าซเกิดขึ้นเมื่อให้ความร้อนระหว่างอุณหภูมิ 400-1000 องศาเซลเซียส ในขณะเดียวกันแก้วโซดาไลม์มีสมบัติอ่อนตัวที่อุณหภูมิประมาณ 650-750 องศาเซลเซียส ณ อุณหภูมินี้แก้วจะมีความหนืดลดลงและไหลตัวได้อนุภาคของแก้วจะเกิดการเชื่อมต่อกันจนเกิดผนึก (viscous flow sintering) ก๊าซที่เกิดขึ้นจึงถูกกักอยู่ภายใน และจะขยายตัวเป็นฟองอากาศใหญ่ขึ้นตามความดันแก๊สที่เพิ่มขึ้น เมื่อแก้วเย็นตัวลง ก๊าซที่เกิดขึ้นก็จะกลายเป็นช่องว่างอยู่ภายใน ทำให้เกิดโครงสร้างพรุนตัว เหมาะที่จะนำมาทำอิฐมวลเบากันความร้อน เนื่องจากมีน้ำหนักเบา แข็ง ทนต่อแรงอัดได้ดีไม่ติดไฟ ไม่ไวต่อสารเคมีและไม่เป็นพิษ มีค่าการนำความร้อนต่ำ (วรรณา ต.แสงจันทร์, 2552) โฟมกลาสคือวัสดุที่ประกอบด้วยเนื้อแก้วที่มีความพรุนตัวสูง ทำให้ที่มีน้ำหนักเบาแต่สามารถรับน้ำหนักได้สูง ทนทานต่อสารเคมี มีสมบัติเป็นฉนวนความร้อนและเป็นตัวดูดซับเสียงที่ดี การผลิตโฟมกลาสจะใช้ผงแก้วละเอียดผสมกับสารก่อฟอง ในระหว่างกระบวนการผลิต เมื่อให้ความร้อนจนถึงจุดอ่อนตัวของแก้ว (softening point) สารก่อฟองจะแตกตัวและปลดปล่อยก๊าซออกมาทำให้เกิดรูพรุนมากมาย ขณะเดียวกันก๊าซที่หลุดออกไปจะทำให้เนื้อแก้วเกิดการขยายตัวเพิ่มความพรุนตัวให้เนื้อแก้วขึ้นไปอีก (Li, J., et al, 2018) จากคุณสมบัติที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้โฟมกลาสถูกใช้งานในหลายสภาพอากาศตั้งแต่สภาพที่มีความชื้นสูง สภาพความเป็นกรดหรือด่างสูง โดยทั่วไปโฟมกลาสมักถูกใช้เป็นผนังเนื่องจากเป็นฉนวนกันความร้อนและน้ำหนักเบา นอกจากนี้ ยังถูกใช้เป็นส่วนผสมแทนมวลรวมในคอนกรีตเพื่อเพิ่มความเป็นฉนวนความร้อน วัตถุดิบหลักในการผลิตโฟมกลาสส่วนใหญ่จะมาจากแก้วชนิดโซดาไลม์หรือเศษแก้วที่พบตามบ้านเรือน เช่น ขวดแก้ว กระจกแผ่น ภาชนะแก้วต่างๆ (Baidzhanov, D.O., et al, 2017) ส่วนสารก่อฟองจะได้จากสารประกอบคาร์บอเนต (Li, J., et al, 2018) เช่น หินปูนหรือแคลเซียมคาร์เนต (CaCO3) โซเดียมคาร์บอเนต (NaCO3) โฟมกลาสที่พบในท้องตลาดปัจจุบันมีความพรุนตัวอยู่ระหว่างร้อยละ 45-85 โดยปริมาตร มีความแข็งแรงอยู่ระหว่าง 0.4-6 เมกะปาสคาล และมีสภาพการนำความร้อนในช่วง 0.1-0.2 W/m (K Arriagada, C., I. Navarrete, and M. Lopez, 2019)

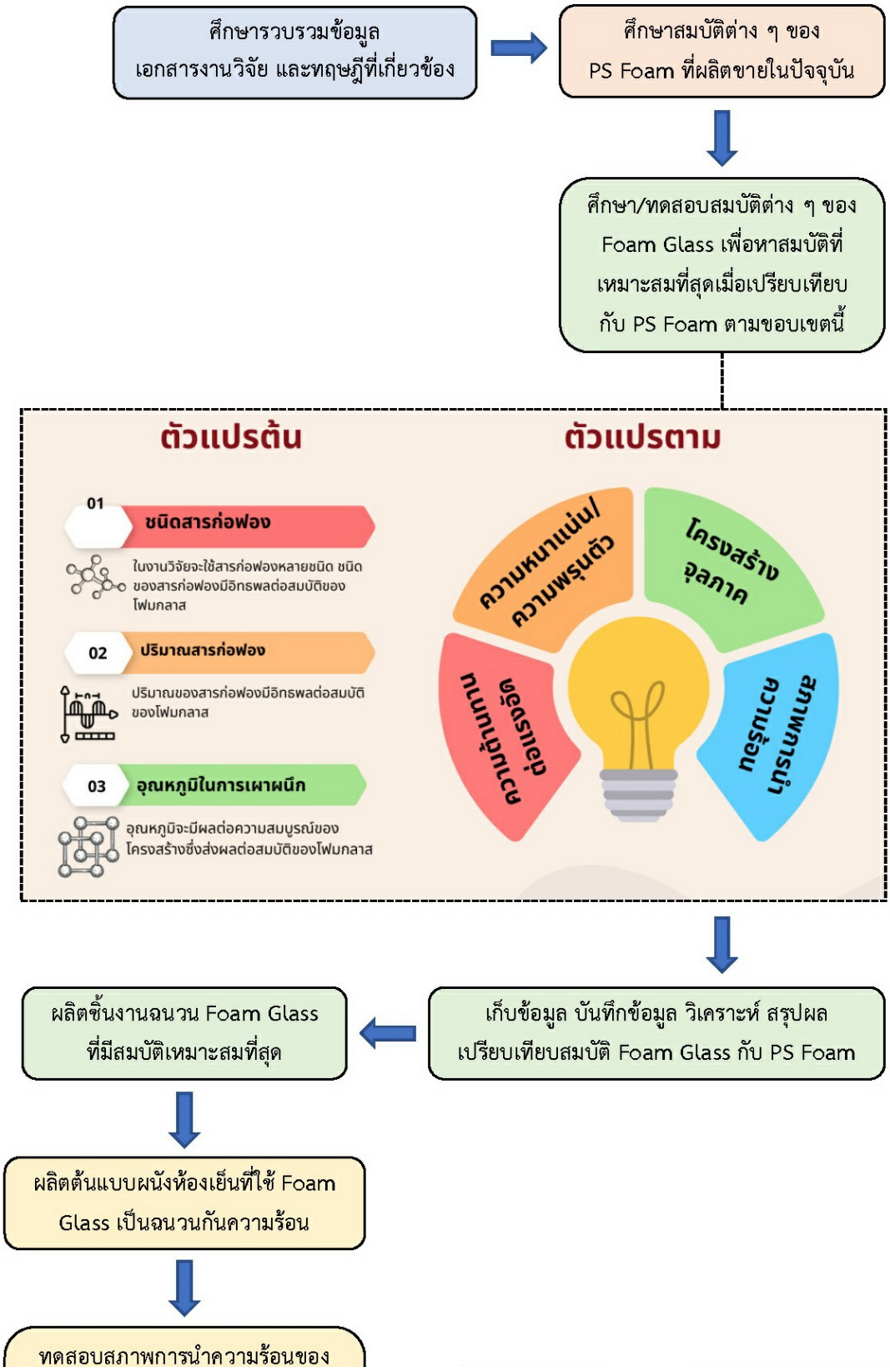
ผนังห้องเย็น หรือแผ่นฉนวนสำเร็จรูป หรือ Sandwich Panel คือ ผนังที่มีแผ่นเหล็กทั้ง 2 ด้าน ประกบ โดยมีไส้ฉนวนกันความร้อนประเภทต่าง ๆ หรืออาจเป็นโฟมที่อยู่ระหว่างกลาง ของแผ่นเหล็กทั้งสองด้าน ประกอบติดกันด้วยการเพิ่มการยึดติด ด้วยแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสี หรือเรียกสั้น ๆ ว่า PPGI ที่มีความปลอดภัยต่ออุตสาหกรรมอาหารและยา ในระดับ Food Grade โดยแผ่นแซนวิชพาแนล มีคุณสมบัติกันความร้อน กักเก็บความเย็น กันไฟ สะอาดปลอดภัย ไม่กักเก็บฝุ่น เชื้อแบคทีเรีย หรือเชื้อราและเชื้อโรค รวมไปถึงสิ่งแปลกปลอม ต่าง ๆ และได้รับมาตรฐานสากล GMP และ HACCP จึงเหมาะสมที่จะใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมผลิตอาหาร เครื่องดื่ม ยารักษาโรค หรือ อุตสาหกรรมที่ต้องการความสะอาดระดับมาตรฐานและควบคุมอุณหภูมิ (ฟาเท็ค เวิร์คส์, 2566) ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้โฟมที่เป็นไส้กลางนั้นจะมีอยู่ 3 ชนิด คือ 1) โฟมขาวหรือพีเอสโฟมหรืออีพีเอส (PS/EPS Foam / Polystyrene Foam / Expandable Polystyrene Foam) 2) โฟมเหลืองหรือพียูโฟม (PU Foam / Polyurethane Foam) และ 3) พีไออาร์โฟม (PIR Foam / Polyisocyanurate Foam) (เอ็มดับบลิวที คอนซิสเทนท์, 2566) แต่โฟมที่สร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดคือ พีเอสโฟมหรืออีพีเอส (PS/EPS Foam) เนื่องโฟมชนิดนี้เป็นของเสียเหลือทิ้งสีดำ ๆ จากกระบวนการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม ประกอบด้วยสารสไตรีน (Styrene) มีอันตรายเพราะเป็นสารก่อมะเร็ง นอกจากภัยร้ายต่อร่างกายแล้วยังเป็นภัยต่อมลภาวะ และสัตว์ด้วย (สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 13, 2561) การกำจัดโดยเผาขยะประเภทโฟม จะทำให้เกิดการปล่อยก๊าซสไตรีน (Styrene) ที่สามารถถูกดูดซึมผ่านผิวหนังและปอดได้ หากได้รับสารสไตรีนในระดับที่สูงจะทำอันตรายต่อตา และถ้าได้รับสไตรีนในระยะยาวจะมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้ปวดหัว อ่อนเพลีย อ่อนแอ และเกิดภาวะซึมเศร้า (กรมอนามัย, 2562)

ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงต้องการพัฒนาเป็นฉนวนกันความร้อนจากโฟมกลาสสำหรับผนังห้องเย็นโดยเฉพาะ เพื่อทดแทนพีเอสโฟม โดยนำจากขยะขวดแก้วมาแปรรูปเป็นโฟมกลาส ทำให้สามารถลดขยะและเพิ่มมูลค่าจากขยะขวด/แก้ว รวมทั้งช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการผลิตและกำจัดโฟม ซึ่งการนำจากขยะขวดแก้วมาแปรรูป เพื่อพัฒนาเป็นฉนวนกันความร้อนจากโฟมกลาสสำหรับผนังห้องเย็นเพื่อทดแทนพีเอสโฟมนั้นได้ประโยชน์ถึง 2 ทางคือ ช่วยลดปัญหาขยะโดยการเปลี่ยนจากขยะสู่การสร้างคุณค่า (From Waste to Value) และลดการใช้พีเอสโฟม (PS Foam) ที่ใช้สำหรับผนังห้องเย็น ซึ่งส่งกระทบต่อสิ่งแวดล้อม มนุษย์ และสัตว์ จากกระบวนการการกำจัดขยะโฟม และเป็นการต่อยอดงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยการมุ่งเน้นการพัฒนาโฟมกลาสจากขยะขวดแก้วเป็นฉนวนกันความร้อนแทนพีเอสโฟมสำหรับผนังห้องเย็นโดยเฉพาะ โดยการศึกษาเปรียบเทียบสมบัติของโฟมกลาสกับพีเอสโฟมที่มีขายในท้องตลาด ทำการศึกษาปัจจัยที่ผลต่อสมบัติของโฟมกลาส คือ ชนิดสารก่อฟอง ปริมาณสารก่อฟอง และอุณหภูมิในการเผาผนึก ที่จะส่งผลต่อสมบัติด้าน ความต้านทานแรงอัด ความหนาแน่น ความพรุนตัว โครงสร้างจุลภาค และสภาพการนำความร้อน โดยปลายทางของงานวิจัยนี้นำไปสู่การผลิตต้นแบบผนังห้องเย็นที่ใช้โฟมกลาสเป็นฉนวนกันความร้อนที่ใช้งานได้เทียบเท่าหรือดีกว่าฉนวนพีเอสโฟมทั่วไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาโฟมกลาสจากขยะขวดแก้วเป็นฉนวนกันความร้อนแทนพีเอสโฟมสำหรับผนังห้องเย็น
2. เพื่อลดขยะขวดแก้วและเพิ่มมูลค่าจากขยะเหลือทิ้ง โดยการนำมาแปรรูปเป็นโฟมกลาส
3. เพื่อผลิตต้นแบบผนังห้องเย็นที่ใช้โฟมกลาสเป็นฉนวนกันความร้อน

กรอบการวิจัย/พัฒนา



แนวคิด ทฤษฎี และสมมติฐานงานวิจัยและพัฒนานวัตกรรม

โฟมกลาส

วรรณา ต.แสงจันทร์ (2552) กล่าวว่า ประเทศไทยมีเศษแก้วทิ้งเป็นขยะอยู่ประมาณปีละ 40,000 ตัน ซึ่งไม่ได้นำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิตแก้ว และนับวันจะมีปริมาณขยะเศษแก้วเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต ทำให้มีการรณรงค์การนำวัสดุเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่ ในประเทศไทยยังไม่มีการนำเศษแก้วไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ นอกจากการนำกลับไปหลอมใหม่ แต่ในต่างประเทศมีการนำเศษแก้วกลับมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ มากมาย อาทิเช่น ใช้เป็นตัวกรอง (filtration medium) ใช้ผสมในคอนกรีต ใช้เป็นวัสดุขัดสี (abrasive) ใช้เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิในเซรามิก (fluxing agent) ใช้เป็นตัวเติมในสี (filler) และใช้ทำโฟมกลาส (foam glass) เป็นต้น การทำโฟมกลาส จากเศษแก้วทำได้โดย นำแก้วที่บดละเอียดผสมกับสารที่ให้ก๊าซหรือสารก่อฟอง (gasifier or foaming agent) ส่วนมากเป็นพวกคาร์บอน หรือสารประกอบของคาร์บอน (carbonaceous substances) ซึ่งสามารถแตกตัวให้ก๊าซเกิดขึ้นเมื่อให้ความร้อนระหว่างอุณหภูมิ 400-1000 องศาเซลเซียส ในขณะเดียวกันแก้วโซดาไลม์มีสมบัติอ่อนตัวที่อุณหภูมิประมาณ 650-750 องศาเซลเซียส ณ อุณหภูมินี้แก้วจะมีความหนืดลดลงและไหลตัวได้อนุภาคของแก้วจะเกิดการเชื่อมต่อกันจนเกิดผนึก (viscous flow sintering) ก๊าซที่เกิดขึ้นจึงถูกกักอยู่ภายใน และจะขยายตัวเป็นฟองอากาศใหญ่ขึ้นตามความดันแก๊สที่เพิ่มขึ้น เมื่อแก้วเย็นตัวลง ก๊าซที่เกิดขึ้นก็จะกลายเป็นช่องว่างอยู่ภายใน ทำให้เกิดโครงสร้างพรุนตัว เหมาะที่จะนำมาทำอิฐมวลเบากันความร้อน เนื่องจากมีน้ำหนักเบา แข็ง ทนต่อแรงอัดได้ดีไม่ติดไฟ ไม่ไวต่อสารเคมีและไม่เป็นพิษ มีค่าการนำความร้อนต่ำ

โฟมกลาสคือวัสดุที่ประกอบด้วยเนื้อแก้วที่มีความพรุนตัวสูง ทำให้ที่มีน้ำหนักเบาแต่สามารถรับน้ำหนักได้สูง ทนทานต่อสารเคมี มีสมบัติเป็นฉนวนความร้อนและเป็นตัวดูดซับเสียงที่ดี การผลิตโฟมกลาสจะใช้ผงแก้วละเอียดผสมกับสารก่อฟอง ในระหว่างกระบวนการผลิต เมื่อให้ความร้อนจนถึงจุดอ่อนตัวของแก้ว (softening point) สารก่อฟองจะแตกตัวและปลดปล่อยก๊าซออกมาทำให้เกิดรูพรุนมากมาย ขณะเดียวกันก๊าซที่หลุดออกไปจะทำให้เนื้อแก้วเกิดการขยายตัวเพิ่มความพรุนตัวให้เนื้อแก้วขึ้นไปอีก (Li, J., et al, 2018) จากคุณสมบัติที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้โฟมกลาสถูกประใช้งานในหลายสภาพอากาศตั้งแต่สภาพที่มีความชื้นสูง สภาพความเป็นกรดหรือด่างสูง โดยทั่วไป โฟมกลาสมักถูกใช้เป็นผนังเนื่องจากเป็นฉนวนกันความร้อนและน้ำหนักเบา นอกจากนี้ ยังถูกใช้เป็นส่วนผสมแทนมวลรวมในคอนกรีตเพื่อเพิ่มความเป็นฉนวนความร้อน วัตถุดิบหลักในการผลิตโฟมกลาสส่วนใหญ่จะมาจากแก้วชนิดโซดาไลม์หรือเศษแก้วที่พบตามบ้านเรือน เช่น ขวดแก้ว กระจกแผ่น ภาชนะแก้วต่างๆ (Baidzhanov, D.O., et al, 2017) ส่วนสารก่อฟองจะได้จากสารประกอบคาร์บอเนต (Li, J., et al, 2018) เช่น หินปูนหรือแคลเซียมคาร์เนต (CaCO3) โซเดียมคาร์บอเนต (NaCO3) โฟมกลาสที่พบในท้องตลาดปัจจุบันมีความพรุนตัวอยู่ระหว่างร้อยละ 45-85 โดยปริมาตร มีความแข็งแรงอยู่ระหว่าง 0.4-6 เมกะปาสคาล และมีสภาพการนำความร้อนในช่วง 0.1-0.2 W/m (K Arriagada, C., I. Navarrete, and M. Lopez, 2019)

PS Foam

โดยทั่วไปจะถูกเรียกโดยย่อว่า PS. FOAM, โฟมขาว หรือเรียกตามกระบวนการผลิตว่า EPS Foam ซึ่งย่อมาจากคำว่า Expandable Polystyrene ฉนวนพีเอสมีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน 0.032 W/m.K จึงสามารถกันได้ทั้งความร้อนและความเย็น คุณสมบัติฉนวนโพลีสไตรีนโฟมด้วยคุณสมบัติค่าการการส่งผ่านความร้อน (K-VALUE) ที่ต่ำเพียง 0.032 W./mK จึงช่วยกันความร้อนจากภายนอกเข้ามา และช่วยลดการสูญเสียพลังงานของเครื่องปรับอากาศจึงช่วยในการประหยัดค่าไฟฟ้าได้เป็นอย่างมาก ด้วยคุณสมบัติกึ่งเซลล์ปิดจึงสามารถทนทานต่อความชื้น และการซึมผ่านของน้ำได้เป็นอย่างดีสามารถรองรับแรงกดทับหรือแรงกระแทกได้เป็นอย่างดี สามารถรองรับการถ่ายเทน้ำหนักในแนวดิ่งได้โดยไม่เสียรูปทรง มีพื้นผิวที่เรียบสวยและง่ายต่อการตัดแต่งในทุกรูปแบบมีน้ำหนักเบาจึงสามารถติดตั้งเข้ากับโครงสร้างส่วนต่าง ๆ ของอาคารได้โดยไม่เพิ่มน้ำหนักให้กับโครงสร้างแผ่นฉนวน (BPPI, 2023)

Fatek (2023) กล่าวว่า PS Foam (Polystyrene Foam (PS) เป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไปหรือ โฟม PS และ Polystyrene foam (PS foam) มีคุณสมบัติ คือ เบา แต่สามารถรับน้ำหนักได้ดี โฟม PS หรือ Polystyrene foam คือ แผ่นฉนวนสำเร็จรูปโฟมขาว มีคุณสมบัติแบบไม่ลามไฟ ทำให้เมื่อติดไฟที่โฟม จะไม่ทำให้ไฟลามไปไม่เกิน 10 วินาที ก็จะดับเอง นอกจากนั้นแล้วโฟม EPS หรือ Extruded polystyrene foam หรือ Expanded polystyrene foam ยังมีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนเก็บความเย็นและป้องกันการผ่านของเสียง PS Foam จึงเหมาะสำหรับงานก่อสร้างที่ต้องการประหยัดพลังงาน งานรับน้ำหนักหรืองานกันกระแทกรวมทั้งงานที่ต้องการความเบา ซึ่งจะเห็นได้ว่าโฟมนำไปใช้งานประเภทต่าง ๆ มากมาย เช่น งานก่อสร้างอาคาร บ้านแบบประหยัดพลังงาน งานก่อสร้าง ถนน สะพาน งานก่อสร้างบ้านลอยน้ำ งานกันฉนวนความร้อน งานบรรจุภัณฑ์และงาน Lost Foam งานอื่น ๆ อีกมากมาย ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทคุณสมบัติที่ต้องการใช้งานนั้น ๆ Polystyrene foam คือ ฉนวนโฟมขาวของ Sandwich Panel EPS คุณภาพฉนวนกันเย็น และเป็นแผ่นฉนวนกันความร้อน โดยแผ่นผนังสำเร็จรูปนี้มีแผ่นฉนวนผนังโฟม ที่ผ่าน GMP ห้องเย็น

และแผ่นฉนวนมีไส้กลางเป็นโฟม Polystyrene foam (PS Foam) ที่ทำเป็น sandwich panel ใช้เหล็กเคลือบสีทั้ง 2 ด้านเป็นเหล็กเคลือบสีที่ผ่านขบวนการป้องกันการเกิดสนิมแล้วเคลือบด้วยสีคุณภาพหลายชั้น ดังนี้ เหล็กชั้นแรกจะเคลือบด้วยสีกันสนิม (Conversion Coating) เหล็กชั้นสองเคลือบด้วยสี primer (Corrosion inhibitive primer polyester(PE)) เหล็กด้านบนเป็นสี Top coat (Finishing coat Polyester (PE)) โฟมขาว PS ที่ทำเป็น sandwich panel ผลิตด้วยเครื่องผลิต sandwich panel machine ที่ทันสมัยมีระบบการเข้าแผ่นด้วย ระบบ Z-Lock , ระบบ U Joint และ อื่นๆ แผ่นฉนวนสำเร็จรูป โฟมขาว PS มีคุณสมบัติควบคุมอุณภูมิ หรือควบคุมการถ่ายอุณภูมิเข้าออกได้ดี และเป็นฉนวนกันไฟอย่างดี เป็นชนิดที่กำลังเป็นที่นิยมใช้ ณ ปัจจุบัน และใช้ได้ทั่วประเทศไทย เช่น จังหวัด ระยอง ชลบุรี สมุทรสาคร สมุทรสงคราม เชียงใหม่ นครสวรรค์ อยุธยา ปราจีนบุรี เป็นต้น มีชื่อเรียกหลายแบบ เช่น ผนังห้องเย็น, แผ่นห้องเย็น, Insulated panels, แผ่นฉนวนสำเร็จรูป, แผ่นห้องคลีนรูม, Clean room, Cold room insulation panel, Insulation wall, Insulated Panel, Polystyrene panel การนำแผ่นฉนวนไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม อาหาร ห้องปลอดเชื้อ โรงงานคลังสินค้า โรงงานเก็บสินค้า ที่ควบคุมความเย็น โรงงานต่างๆ เป็นต้น การผลิตแผ่น sandwich panels จะต้องผ่านจากโรงงานผลิตที่มีคุณภาพผ่านการทดสอบค่าต่างๆ เป็นอย่างดี และมีอุปกรณ์หลายอย่างที่เป็นองค์ประกอบช่วยให้การควบคุมอุณภูมิดีขึ้น ก็จะมี Floor heater, sliding door, Swing door, aluminium profile, PVC curtain, Overhead door, Auto Sliding door and Auto swing door และมี Window glass หลักการขั้นพื้นฐานของการควบคุมคุณภาพสินค้าที่ดีต้องมีห้องฉนวนที่ดีด้วย ดังนั้นต้องเลือก sandwich panel ที่คุณภาพที่ใช้เหล็กคุณภาพที่ดี เช่น เหล็ก bluescope เพื่อป้องกันสนิม (Rust) ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตด้วย เป็นต้น ประสบการณ์ของทีมติดตั้ง installation team ก็ต้องเกี่ยวข้องด้วย ถ้ามีการติดตั้งไม่ดีก็จะทำให้คุณภาพไม่ดีด้วย เรียกว่า Bad quality ดังนั้นสิ่งสำคัญ คือ คุณภาพแผ่นที่ดี บริการที่ดี และราคาที่ถูกได้คุณภาพ

ดังนั้นหากนำขยะขวดแก้วมาผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นโฟมกลาสเพื่อพัฒนาเป็นฉนวนกันความร้อนสำหรับผนังห้องเย็นได้แล้วก็จะสามารถทดแทนการใช้พีเอสโฟมได้ เกิดผลทำให้สามารถช่วยลดปัญหาขยะโดยการเปลี่ยนจากขยะสู่การสร้างคุณค่า (From Waste to Value) และลดการใช้พีเอสโฟม (PS Foam) ซึ่งส่งกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการกำจัดโฟม

ระเบียบวิธีวิจัยและวิธีการดำเนินการ

ศึกษา รวบรวมข้อมูล และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของ PS Foam ที่ผลิตขายในปัจจุบัน จากนั้นศึกษา/ทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของ Foam Glass เพื่อหาสมบัติที่เหมาะสมที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ PS Foam โดยการศึกษาเปรียบเทียบสมบัติของโฟมกลาสกับพีเอสโฟมที่มีขายในท้องตลาด ทำการศึกษาปัจจัยที่ผลต่อสมบัติของโฟมกลาส คือ ชนิดสารก่อฟอง ปริมาณสารก่อฟอง และอุณหภูมิในการเผาผนึก ที่จะส่งผลต่อสมบัติด้านความต้านทานแรงอัด ความหนาแน่น ความพรุนตัว โครงสร้างจุลภาค และสภาพการนำความร้อน เก็บข้อมูล บันทึกข้อมูล วิเคราะห์ สรุปผล เปรียบเทียบสมบัติ Foam Glass กับ PS Foam จากนั้นจึงผลิตชิ้นงานฉนวน Foam Glass ที่มีสมบัติเหมาะสมที่สุด และผลิตต้นแบบผนังห้องเย็นที่ใช้ Foam Glass เป็นฉนวนกันความร้อน ทำการทดสอบสภาพการนำความร้อนของผนังห้องเย็นที่ใช้ Foam Glass เป็นฉนวนกันความร้อนในสภาพแวดล้อมที่ใช้งานจริง สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ ทำเล่มวิจัยฉบับสมบูรณ์ และเผยแพร่ผลงานผลงานตีพิมพ์ระดับชาติหรือนานาชาติ

แผนการทำงาน

แผนการดำเนินงาน

ลำดับ	ปีที่	กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ร้อยละของกิจกรรม
1	1	ศึกษา รวบรวมข้อมูล และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	✔	✔											10
2	1	ศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของพีเอสโฟมที่ผลิตขายในปัจจุบัน		✔	✔										10
3	1	ทำตัวอย่างชิ้นงานฉนวนโฟมกลาสจากเศษขวดแก้ว เพื่อทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของโฟมกลาส เพื่อหาสมบัติที่เหมาะสมที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพีเอสโฟม				✔	✔	✔							20
4	1	ทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของโฟมกลาส : ชนิดสารก่อฟอง ปริมาณสารก่อฟอง และอุณหภูมิในการเผาผนึก ที่จะส่งผลต่อสมบัติด้าน ความต้านทานแรงอัด ความหนาแน่น ความพรุนตัว โครงสร้างจุลภาค และสภาพการนำความร้อน เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพีเอสโฟม							✔	✔	✔				25
5	1	เก็บข้อมูลผลการทดลอง วิเคราะห์ สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ									✔	✔			15
6	1	ผลิตต้นแบบผนังห้องเย็นที่ใช้โฟมกลาสเป็นฉนวนกันความร้อน ทำการทดสอบสภาพการนำความร้อนของผนังห้องเย็นที่ใช้โฟมกลาสเป็นฉนวนกันความร้อนในสภาพแวดล้อมที่ใช้งานจริง										✔	✔		10
7	1	ทำเล่มวิจัยฉบับสมบูรณ์ เผยแพร่ผลงานผลงานตีพิมพ์ระดับชาติหรือนานาชาติ											✔	✔	10

พื้นที่ทำวิจัย/ดำเนินโครงการ

ลำดับ	ประเภท	ชื่อประเทศ/จังหวัด	ชื่อสถานที่
1	ในประเทศ	จังหวัดเชียงใหม่	คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้
2	ในประเทศ	จังหวัดเชียงใหม่	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
3	ในประเทศ	จังหวัดเชียงใหม่	คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พื้นที่ได้รับประโยชน์

ลำดับ	ประเภท	ชื่อประเทศ/จังหวัด	ชื่อสถานที่
1	ในประเทศ	จังหวัดเชียงใหม่	มหาวิทยาลัยแม่โจ้

งบประมาณรวมตลอดโครงการ งปม.เสนอขอ 271,000 บาท

หมวดค่าใช้จ่าย/รายละเอียด	จำนวน	หน่วยนับ	คน/รายการ	ครั้ง/เดือน	ราคาต่อหน่วย	งบประมาณ(บาท)
ปีที่ 1						
งบดำเนินงาน - ค่าใช้สอย						**190,220**
ค่าจ้างเหมาเก็บข้อมูล	3	คน	1	1	1,500.00	4,500
ค่าจ้างเหมาขึ้นรูปโฟมกลาส	20	ชุด	1	1	3,000.00	60,000
ค่าจ้างเหมาทดสอบโฟมกลาส	20	ชุด	1	1	2,500.00	50,000
ค่าจ้างเหมาประกอบผนังห้องเย็น	2	ชุด	1	1	20,000.00	40,000
ค่าจ้างเหมาวิเคราะห์ข้อมูล	1	ชุด	1	1	35,000.00	35,000
ค่าจ้างเหมาเข้าเล่มวิจัย	6	ชุด	1	1	120.00	720
งบดำเนินงาน - ค่าวัสดุ						**3,070**
วัสดุงานบ้านงานครัว : ขวดแก้ว	10	ลัง	1	1	150.00	1,500
วัสดุสำนักงาน : กระดาษ A4	1	กล่อง	1	1	550.00	550
วัสดุสำนักงาน : หมึกพิมพ์	12	ขวด	1	1	85.00	1,020
งบดำเนินงาน - ค่าสาธารณูปโภค						**2,710**
ค่าน้ำ ค่าไฟ สำหรับดำเนินการวิจัย	1	งาน	1	1	2,710.00	2,710
งบดำเนินงาน - ค่าจ้าง						**75,000**
ค่าจ้างผู้ช่วยนักวิจัย วุฒิปริญญาตรี จำนวน	5	เดือน	1	1	15,000.00	75,000

รายละเอียดการจัดซื้อครุภัณฑ์

ข้อมูลครุภัณฑ์
- ไม่มีข้อมูลการจัดซื้อครุภัณฑ์ -

มาตรฐานการวิจัย

- ☐ มีการใช้สัตว์ทดลอง
- ☐ มีการวิจัยในมนุษย์
- ☐ มีการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยทางชีวภาพ
- ☐ มีการใช้ห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวกับสารเคมี

หน่วยงานร่วมดำเนินการ/ภาคเอกชนหรือชุมชนที่ร่วมลงทุนหรือดำเนินการ

ชื่อหน่วยงาน/บริษัท	ปีที่	แนวทางร่วมดำเนินการ	จำนวนเงิน (in-cash)	จำนวนเงิน (in-kind)	รวมเงินลงทุน
- ไม่มีข้อมูล -					

ระดับความพร้อมทางเทคโนโลยี (Technology Readiness Level: TRL)

TRL ณ ปัจจุบัน ระดับ	3. Concept demonstrated analytically or experimentally
รายละเอียด	มีการทดลองและวิเคราะห์หน้าที่หลัก และ/หรือ มีการพิสูจน์ความเป็นไปได้ของแนวคิด
TRL เมื่องานวิจัยเสร็จสิ้นระดับ	6. Representative of the deliverable demonstrated in relevant environments
รายละเอียด	การทดสอบแบบจำลองของระบบหรือระบบย่อย หรือต้นแบบในสภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้องซึ่งอาจเป็นภาคพื้นดินหรืออวกาศ

ระดับความพร้อมทางสังคม (Societal Readiness Level: SRL)

SRL ณ ปัจจุบัน ระดับ

รายละเอียด

SRL เมื่องานวิจัยเสร็จสิ้นระดับ

รายละเอียด

แนวทางการขับเคลื่อนผลงานวิจัยและนวัตกรรมไปสู่ผลลัพธ์และผลกระทบ

☐ การเชื่อมโยงกับนักวิจัยที่เป็นผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาที่ทำการวิจัยทั้งในและต่างประเทศ(ถ้ามี) (Connections with other experts within and outside Thailand) และแผนที่จะติดต่อหรือสร้างความสัมพันธ์กับผู้เชี่ยวชาญ รวมทั้งการสร้างทีมงานวิจัยในอนาคตด้วย

☑ การเชื่อมโยงหรือความร่วมมือกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้ใช้ประโยชน์จากงานวิจัย (Connections with stakeholder and user engagement) โดยระบุชื่อหน่วยงานภาครัฐ เอกชน ประชาสังคมและชุมชน โดยอธิบายกระบวนการดำเนินงานร่วมกันและการเชื่อมโยงการขับเคลื่อนผลการวิจัยไปสู่การใช้ประโยชน์อย่างชัดเจน รวมถึงอธิบายกระบวนการดำเนินงานต่อเนื่องของผู้ใช้ประโยชน์จากงานวิจัยเมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น

- เมื่องานวิจัยโครงการวิจัยเสร็จสิ้นจะได้ต้นแบบผนังห้องเย็นที่ใช้โฟมกลาสเป็นฉนวนกันความร้อน ซึ่งสามารถต่อยอดนำไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์ได้ โดยอาศัยความร่วมมือกันระหว่างคณะผู้วิจัยกับผู้ประกอบการ ด้วยการถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ภาคเอกชนผู้ผลิตผนังห้องเย็น เพื่อนำไปผลิตเป็นผนังห้องเย็นสู่ภาคอุตสาหกรรมการเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตร อาหาร ยา ฯลฯ ต่อไป

ประสบการณ์การบริหารงานของหัวหน้าโครงการ ในการบริหารโครงการย้อนหลังไม่เกิน 5 ปี (โครงการที่เกิดผลกระทบสูงสุด 5 อันดับแรก)

ชื่อโครงการวิจัย	หน่วยงานผู้ให้ทุน	ปีที่ได้รับงบประมาณ	งบประมาณ
- ไม่มีข้อมูล -			

ผลผลิต/ผลลัพธ์/ผลกระทบ

กลุ่มเป้าหมายที่นำผลงาน ววน. ไปใช้ (Users) และจำนวนของกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มผู้ใช้ประโยชน์	ชื่อกลุ่มผู้ใช้ประโยชน์	จำนวน	หน่วยนับ
ภาคเอกชน (เช่น บริษัทขนาดใหญ่ / บริษัทขนาดกลางและขนาดเล็ก/ห้างหุ้นส่วน/กลุ่มกิจการเพื่อสังคม)	บริษัทผู้ผลิตผนังห้องเย็น	1	บริษัท

กลุ่มเป้าหมายที่จะได้รับประโยชน์ (Beneficiaries) และจำนวนของกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มผู้ได้รับประโยชน์	ลักษณะประโยชน์ที่ได้รับ	จำนวน	หน่วยนับ
ภาคเอกชน (เช่น บริษัทขนาดใหญ่ / บริษัทขนาดกลางและขนาดเล็ก/ห้างหุ้นส่วน/กลุ่มกิจการเพื่อสังคม)	องค์ความรู้ในการผลิตฉนวนโฟมกลาสจากขยะขวดแก้วสำหรับผนังห้องเย็น แทนการใช้ฉนวนพีเอสโฟม	1	บริษัท

ผลผลิตที่คาดว่าจะได้รับ

ลำดับ	ผลผลิต	จำนวนนำส่ง/หน่วยนับ	รายละเอียดผลผลิต
1	2. ต้นฉบับบทความวิจัย (Manuscript) - 2.1 Conference Proceeding ของการประชุมระดับชาติ	1 เรื่อง	การพัฒนาโฟมกลาสจากขยะขวดแก้วเป็นฉนวนกันความร้อนแทนพีเอสโฟมสำหรับผนังห้องเย็น เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
2	4. ต้นแบบผลิตภัณฑ์ หรือเทคโนโลยี/กระบวนการใหม่ หรือ นวัตกรรมทางสังคม - 4.1 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ (Prototype) ระดับห้องปฏิบัติการ	1 ต้นแบบ	ต้นแบบผนังห้องเย็นที่ใช้โฟมกลาสเป็นฉนวนกันความร้อน

ข้อมูลกระบวนการนำผลผลิตของโครงการวิจัยและนวัตกรรมไปสู่การสร้างผลลัพธ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

ลำดับ	ข้อมูลกระบวนการนำผลผลิตของโครงการวิจัยและนวัตกรรมไปสู่การสร้างผลลัพธ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้น	จำนวน/หน่วยนับ	รายละเอียดโดยสังเขป
1	ผลงานตีพิมพ์ (Publications)	1 เรื่อง	การพัฒนาโฟมกลาสจากขยะขวดแก้วเป็นฉนวนกันความร้อนแทนพีเอสโฟมสำหรับผนังห้องเย็น เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ผลกระทบ

ลำดับ	ผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้น	รายละเอียดผลกระทบ
1	ด้านเศรษฐกิจ	เกิดเศรษฐกิจหมุนเวียนและสังคมคาร์บอนต่ำ และสามารถต่อยอดเพื่อการผลิตในเชิงพาณิชย์
2	ด้านสิ่งแวดล้อม	ลดขยะจากขวดแก้ว โดยการนำมาแปรรูปเพื่อใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่า ลดการใช้พีเอสโฟมซึ่งย่อยสลายยาก และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เป็นอันตรายต่อมนุษย์ และสัตว์ จากกระบวนการกำจัดโฟม

เอกสารแนบ

ชื่อไฟล์	ประเภทเอกสาร	ประเภทไฟล์
งบประมาณแบบแตกตัวคูณ_กิตติพงศ์.xlsx	เอกสารอื่นๆ (งบประมาณดำเนินงานวิจัยตลอดโครงการ)	
ข้อเสนอโครงการวิจัย FF_2568_กิตติพงศ์ รื่นวงศ์.docx	แบบฟอร์มข้อเสนอ	