

## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

#### สรุปผลและอภิปรายผล

โครงการวิจัย เทคโนโลยีแอลอีดีเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในชุมชน สำหรับโครงการนี้มีขั้นตอนวิจัย คือ การพัฒนาข้อกำหนดและแนวคิดในการออกแบบ การออกแบบให้เป็นรูปร่าง และการออกแบบในรายละเอียด การสร้างต้นแบบและทดสอบใช้งาน การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนโดยการอบรม ผลการวิจัยนั้น ได้จัดทำชุดสาริตการประยุกต์ใช้แอลอีดี รวม 6 ชุด นั่นคือ (1) ชุดสาริตการเพิ่มความปลอดภัยในการใช้งานด้วยแอลอีดี (2) ชุดสาริตการเพิ่มประโยชน์ใช้งานผลิตภัณฑ์ด้วยแอลอีดี (3) ชุดสาริตการลดใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยแอลอีดี (4) ชุดสาริตการใช้พลังงานจากการเคลื่อนไหว (5) ชุดสาริตการใช้พลังงานหมุนเวียน (6) ชุดสาริตการใช้แอลอีดีในการสร้างเครื่องมือวัดแสงต้นทุนต่ำ และจัดอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กลุ่มนักเรียนนักศึกษา ดังนี้

ชุดสาริตการเพิ่มความปลอดภัยในการใช้งานด้วยแอลอีดี มีวัตถุประสงค์ เพื่อแสดงการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ด้วยการเพิ่มระดับความปลอดภัยในการใช้งาน วัสดุอุปกรณ์ คือ ระบบแสงสว่างใช้แรงดัน 12 โวลต์ ประกอบด้วย โคมไฟแอลอีดี สายไฟ สวิตช์ และชุดแปลงกระแสสลับเป็นกระแสตรง ส่วนที่สำคัญคือ ความปลอดภัยต่อชีวิตจากการใช้ไฟฟ้าแรงดันต่ำ เนื้อหาเอกสารประกอบการสาธิตจะมีทั้ง วัตถุประสงค์ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง อุปกรณ์ที่ใช้ วิธีการและผลที่ได้รับ คำถามท้ายการสาธิต และเอกสารอ้างอิง ผลจากการทดสอบสาธิตใช้งานพบว่าสามารถสาธิตได้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ชุดสาริตการเพิ่มประโยชน์ใช้งานผลิตภัณฑ์ด้วยแอลอีดี มีวัตถุประสงค์ เพื่อแสดงการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ด้วยการเพิ่มประโยชน์ใช้งาน วัสดุอุปกรณ์ คือ ปากกา ปากกาที่เพิ่มประโยชน์เป็น ปากกากับแสง และปากกากับไฟฉาย ส่วนที่สำคัญคือ การเพิ่มประโยชน์ใช้สอยให้กับผลิตภัณฑ์ โดยยังคงรูปแบบเดิม เนื้อหาเอกสารในการสาธิตจะมีทั้ง วัตถุประสงค์ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง อุปกรณ์ที่ใช้ วิธีการและผลที่ได้รับ คำถามท้ายการสาธิต และเอกสารอ้างอิง ผลจากการทดสอบสาธิตใช้งาน พบว่าสามารถสาธิตได้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ชุดสาริตการลดใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยแอลอีดี มีวัตถุประสงค์ เพื่อแสดงการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ด้วยการลดใช้พลังงานไฟฟ้า วัสดุอุปกรณ์ คือ โคมไฟตั้งโต๊ะมีทั้งหลอดไส้ หลอดคอมแพค หลอดแอลอีดี และแผ่นอ่านหนังสือ กับ ชุดเทียนไขมีทั้งแบบดั้งเดิม แบบหลอดไฟและแอลอีดี ส่วนที่สำคัญคือ การใช้พลังงานลดลงและอายุใช้งานยาวนานขึ้น ด้วยเทคโนโลยีของแสงสว่างที่มาจากสารกึ่งตัวนำ เนื้อหาเอกสารในการสาธิตจะมีทั้ง วัตถุประสงค์ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง อุปกรณ์ที่ใช้

วิธีการและผลที่ได้รับ คำถามท้ายการสาธิต และเอกสารอ้างอิง ผลจากการทดสอบสาธิตใช้งานพบว่าสามารถสาธิตได้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ชุดสาธิตการใช้พลังงานจากการเคลื่อนไหว มีวัตถุประสงค์ เพื่อแสดงการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ด้วยการนำพลังงานจากการเคลื่อนไหวมาใช้ประโยชน์ วัสดุอุปกรณ์ คือ ล้อสปีดเตอร์ และ ล้อรองเท้าสเก็ต ซึ่งในล้อนี้อาจมีจอร์แอลอีดีให้แสงสว่าง ส่วนที่สำคัญคือ การแปลงพลังงานจากพลังงานกล ให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก และต่อเนื่องมาเป็นพลังงานไฟฟ้าใช้กับแอลอีดี ทำให้ต่อวงจรใช้งานในอุปกรณ์ต่างๆ ได้ เนื้อหาในเอกสารประกอบมีทั้ง วัตถุประสงค์ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง อุปกรณ์ที่ใช้ วิธีการและผลที่ได้รับ คำถามท้ายการสาธิต และเอกสารอ้างอิง ผลจากการทดสอบสาธิตใช้งานพบว่าสามารถสาธิตใช้งานได้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ชุดสาธิตการใช้พลังงานหมุนเวียน มีวัตถุประสงค์ เพื่อแสดงการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ด้วยการใช้พลังงานหมุนเวียนมาแทนพลังงานสิ้นเปลือง วัสดุอุปกรณ์ คือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชุดควบคุมการประจุ แบตเตอรี่แบบประจุได้ และวงจรแอลอีดี ส่วนสำคัญคือ การลดใช้พลังงานสิ้นเปลือง การคำนวณขนาดพิกัดที่เหมาะสมของอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้เชื่อมต่อกัน เพื่อให้ใช้งานได้เหมาะสมและต้นทุนต่ำ เนื้อหาในเอกสารประกอบมีทั้ง วัตถุประสงค์ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง อุปกรณ์ที่ใช้ วิธีการและผลที่ได้รับ คำถามท้ายการสาธิต และเอกสารอ้างอิง จากการทดสอบใช้งาน ทั้งกรณีโหลดกระแสสลับ และโหลดแอลอีดี พบว่าสามารถใช้สาธิตได้สอดคล้องและเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ชุดสาธิตการใช้แอลอีดีในการสร้างเครื่องมือวัดแสงซึ่งมีต้นทุนต่ำลง มีวัตถุประสงค์ เพื่อแสดงการนำแอลอีดีมาใช้แทนเซ็นเซอร์แสงทำให้ต้นทุนต่ำกว่าเดิม วัสดุอุปกรณ์ คือ เครื่องมือวัดแสงทั่วไป เครื่องทดสอบวัดแสงโดยใช้แอลอีดีเป็นเซ็นเซอร์ แบบฟอร์มบันทึกค่าที่วัด ส่วนที่สำคัญคือ การประยุกต์ใช้แอลอีดีมาเป็นเซ็นเซอร์แสง เนื้อหาเอกสารประกอบการสาธิตจะมีทั้ง วัตถุประสงค์ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง อุปกรณ์ที่ใช้ วิธีการและผลที่ได้รับ คำถามท้ายการสาธิต และเอกสารอ้างอิง ผลจากการทดสอบสาธิต พบว่าสามารถสาธิตได้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน โดยการจัดอบรมเผยแพร่ให้กับกลุ่มนักเรียนนักศึกษา รวม 4 กลุ่ม รวมจำนวนทั้งสิ้น 44 คน ซึ่งจากแบบทดสอบที่ใช้ประเมินผลพบว่า ผลการประเมินทุกกลุ่มอยู่ในเกณฑ์ดี นั่นคือ มีค่าเฉลี่ยมากกว่า 3.80 ในทุกด้านและทุกกลุ่ม แต่ในการนำไปใช้เพื่อการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการ ควรเน้นในเนื้อหาทฤษฎีของชุดสาธิตให้มีความเหมาะสมกับระดับการศึกษาของนักเรียนนักศึกษานั้น เช่น สามารถจัดการศึกษาให้ค่อนข้างง่าย โดยเน้นอธิบายกว้างถึงแนวความคิดในการใช้ประโยชน์ของวัสดุอุปกรณ์นั้น จนถึงศึกษาได้ซับซ้อนมากขึ้น โดยให้มีรายละเอียดถึงแบบจำลองวงจรในเชิงคณิตศาสตร์ แล้วนำมาคำนวณค่าที่ใช้งาน เป็นต้น

## ข้อเสนอแนะ

ตามที่คณะผู้วิจัยได้เสนอหัวข้อเรื่องและจัดทำโครงการวิจัยเรื่องนี้ขึ้นมา โดยเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับแอลอีดี ในลักษณะต้นแบบชุดสาธิตเพื่อการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ด้วยแอลอีดีในรูปแบบต่างๆ เพื่อถ่ายทอดให้ความรู้แอลอีดีกับกลุ่มนักศึกษาในท้องถิ่น มีข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไปคือ ควรมีการส่งเสริมให้มีการวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์จากแอลอีดีขึ้นมาใช้งานภายในประเทศ โดยประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ คือ เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีแอลอีดีให้เหมาะสมกับที่จะใช้งานในท้องถิ่น ซึ่งสามารถลดการนำเข้าสินค้า อีกทั้งเป็นการส่งเสริมเศรษฐกิจในชุมชนและพัฒนาชุมชนเข้าสู่สังคมคาร์บอนต่ำ คณะผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากแอลอีดี และยกตัวอย่างผลิตภัณฑ์ใหม่จากแอลอีดีที่ควรจะมีการพัฒนาขึ้นมาใช้งาน ดังนี้

### ขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้วยเทคโนโลยีแอลอีดี

กระบวนการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่เพื่อนำเข้าสู่ตลาดเป้าหมายนั้น โดยปกติแล้วควรจะมีขั้นตอนกระบวนการพัฒนา 8 ขั้นตอน ดังนี้ (1) สร้างแนวความคิดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ใหม่ (Idea Generation) (2) ประเมินและคัดเลือกแนวความคิด (Idea Screening) (3) พัฒนาและทดสอบแนวความคิด (Concept Development and Testing) (4) การพัฒนากลยุทธ์การตลาด (Marketing Strategy Development) (5) การวิเคราะห์สภาพทางธุรกิจ (Business Analysis) (6) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Product Development) (7) การทดสอบตลาด (Market Testing) และ (8) การดำเนินธุรกิจ (Commercialization) (Robert F Brands, 2013) ซึ่งตามขั้นตอนในกระบวนการพัฒนาทั้ง 8 ขั้นตอนนั้น คณะผู้วิจัยขอเสนอแนะ ให้สรุปเป็น 3 ประเด็นหลัก สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากแอลอีดี คือ (ป1) แนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ เป็นการรวมขั้นตอนที่ (1)(2)(3) เพื่อให้ได้ทิศทางและแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่จากแอลอีดีที่ถูกต้องและเหมาะสม (ป2) การพัฒนาสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ตามหลักวิศวกรรม เป็นการรวมขั้นตอนที่ (6)(7) เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่จากแอลอีดีที่ใช้งานได้จริงอย่างมีคุณภาพและมีประสิทธิภาพ (ป3) วิเคราะห์ตลาดตามหลักธุรกิจ เป็นการรวมขั้นตอนที่ (4)(5) เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่จากแอลอีดี ที่ลูกค้ามีทั้งความต้องการและยังมีความพึงพอใจ ดังนั้นจึงสรุปแนวความคิดทั้ง 3 ประเด็นของการวิจัยได้ว่า (ป1) แนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ สาเหตุหลักนั้น มาจากเรื่องปัญหาการใช้พลังงานสิ้นเปลืองมากเกินไป จึงส่งผลต่อปัญหาภาวะสิ่งแวดล้อม ดังนั้นก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจกและปัญหาโลกร้อน กับเรื่องเทคโนโลยีแอลอีดีที่กำลังพัฒนาขึ้นมาใช้กันอย่างแพร่หลาย ฉะนั้นจึงควรมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากแอลอีดีขึ้นมา เพื่อช่วยลดปัญหาโลกร้อนดังกล่าว (ป2) การพัฒนาสร้างผลิตภัณฑ์ตามหลักวิศวกรรม งานด้านวิศวกรรมเป็นงานเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ใช้งานได้มีประสิทธิภาพหรือประสิทธิผล จึงควรจะมีโครงการวิจัยเพื่อให้สามารถพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์จาก

แอลอีดีให้ใช้งานได้จริงอย่างมีคุณภาพ (ป3) การวิเคราะห์ตลาดตามหลักบริหารธุรกิจ ผลิตภัณฑ์ใดก็ตาม ถ้าจะให้เป็นที่รู้จักและนิยมในตลาดผู้บริโภคอย่างรวดเร็ว ต้องมีการพัฒนากลยุทธ์การตลาด และมีการวิเคราะห์สภาพทางธุรกิจ เพื่อหาโอกาสและช่องทางที่เหมาะสม ทำให้ต้องมีโครงการวิจัย เพื่อใช้วิเคราะห์ตลาดของผลิตภัณฑ์แอลอีดีตามหลักวิชาการ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์จากแอลอีดีที่ลูกค้ามีความพึงพอใจ และมีตลาดที่พร้อมรองรับเมื่อสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ออกมาในเชิงพาณิชย์

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนโดยการประยุกต์ใช้แอลอีดีนั้น เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีสามารถนำไปใช้งานได้จริง และเกิดประโยชน์คุ้มค่าต่อการลงทุน จำเป็นที่จะต้องวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ดั้งเดิม ประโยชน์ใช้สอยเดิม รวมถึงจุดด้อยต่างๆ แล้วจึงเสนอแนวทางพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ให้ประโยชน์ใช้สอยเพิ่มขึ้นมา หรือสร้างจุดเด่นที่เหนือกว่าผลิตภัณฑ์เดิม และระบุถึงกลุ่มเป้าหมายของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นกรอบแนวความคิดสำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์ที่จะพัฒนาขึ้นมา นั้นจึงควรจะต้องประกอบด้วย 4 ส่วน คือ (1) ผลิตภัณฑ์เดิมและประโยชน์ใช้สอยที่มีอยู่ (2) ปัญหาของผลิตภัณฑ์เดิม หรือเป็นแนวคิดใหม่และที่มาของผลิตภัณฑ์ใหม่ (3) ผลิตภัณฑ์ใหม่และข้อดีหรือประโยชน์ใช้สอยที่เพิ่มขึ้นมา ใ้มองเห็นได้อย่างชัดเจน (4) กลุ่มเป้าหมายของผลิตภัณฑ์ใหม่ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาเป้าหมายที่เหมาะสมต่อไป

### ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไฟหน้าจักรยาน

แนวคิดผลิตภัณฑ์ใหม่ นั่นคือ ไฟหน้าจักรยานซึ่งเป็นชนิดใช้งานยั่งยืน (Sustainable Bicycle Headlights) ที่อาจจะมีการพัฒนาขึ้นมา นี้ ถือเป็นความคิดเห็นส่วนตัวของคณะผู้วิจัย ซึ่งได้เสนอขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยและพัฒนาของคณะผู้วิจัยเองต่อไป เพื่อการมุ่งสู่เป้าหมายสำคัญ คือ การมีคุณภาพชีวิตที่ดีและพัฒนาเข้าสู่ยุคสังคมคาร์บอนต่ำ

ปกติแล้ว ไฟจักรยานมีจุดประสงค์ 3 ประการ คือ (1) เพื่อให้ผู้ขับขี่จักรยานและผู้ใช้ถนนคนอื่น สามารถมองเห็นได้ดีขึ้นภายใต้ความสว่างโดยรอบที่ค่อนข้างไม่เพียงพอในการมองเห็น (2) เพื่อให้มีแสงสว่างไปสะท้อนวัสดุ เช่น เครื่องหมายจราจร และตาแมว (3) เพื่อให้มีความสว่างส่องไปตามเส้นทางถนน ทำให้ผู้ขับขี่สามารถมองเห็นได้ไกลออกไป (Wikipedia-Bicycle lighting, 2017) ทั้งนี้โดยทั่วไปแล้วจักรยานมีไฟสีขาวติดไว้ด้านหน้าและไฟสีแดงติดไว้บริเวณด้านหลัง ประวัติศาสตร์ของไฟจักรยาน เริ่มขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ.1876 ไฟจักรยานซึ่งเก่าที่สุด จะเป็นชนิดใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง (oil-powered) ต่อมาในปี ค.ศ.1896 พัฒนามาเป็นหลอดไฟที่ใช้ก๊าซอะเซทิลีน (acetylene gas) เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งสำหรับก๊าซไวไฟชนิดนี้เกิดขึ้นมาจากการทำปฏิกิริยาของสารแคลเซียมคาร์ไบด์ (calcium carbide) กับน้ำ แต่หลอดไฟที่ใช้ก๊าซอะเซทิลีนนี้ ยังจะต้องมีการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ (Peter W.Card, 2007) ต่อมาไฟจักรยานซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าเริ่มผลิตกันใน ค.ศ.1888 แต่มาเริ่มนิยมใช้กันมากตั้งแต่ ค.ศ.1898 ไฟจักรยานใช้กำลังไฟฟ้าในยุคแรกนั้น

ประกอบไปด้วย หลอดไส้ (incandescent bulb) ใช้ร่วมกับแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด (lead-acid battery) หรือการใช้ร่วมกับไดนาโม (dynamo) ต่อมาแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด ได้ถูกแทนที่ด้วยแบตเตอรี่แห้ง และต่อมาเป็นแบตเตอรี่แบบอัลคาไลน์ (alkaline battery) ในส่วนของไดนาโมมีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพและความเชื่อถือได้ที่ดีขึ้นเป็นลำดับ กระทั่งสามารถติดตั้งรวมเข้าอยู่ในดุมล้อ (wheel hub) ในส่วนของหลอดไส้ นั้น ได้มีการพัฒนาแทนที่ด้วยหลอดฮาโลเจน (halogen lamps) และต่อมาในยุคปัจจุบันเป็นหลอดแอลอีดี (Wikipedia-Bicycle lighting, 2017) นั้นแสดงให้เห็นถึงวิวัฒนาการของไฟจักรยานที่ผ่านมา ซึ่งยังจะต้องพัฒนาต่อไป ในประเทศเยอรมัน ถ้าหากใช้จักรยานที่ไม่มีแสงสว่างด้วยระบบไดนาโมจะผิดกฎหมาย โดยยกเว้นให้จักรยานแข่งขัน (racing bicycles) ที่ต่ำกว่า 11 กิโลกรัม กระทั่งเมื่อ 5 กรกฎาคม 2013 มีการเปลี่ยนแปลงกฎหมายให้ใช้ไฟจักรยานที่ใช้แบตเตอรี่ได้ นั้นแสดงถึง การคำนึงถึงความปลอดภัยในการขับขี่จักรยาน จึงให้ความสำคัญกับไฟจักรยานในประเทศที่พัฒนาแล้ว อย่างไรก็ตามคณะผู้วิจัยร่วมคาดหมายกันว่า ในยุคสังคมคาร์บอนต่ำ จะเป็นการใช้พลังงานหมุนเวียนร่วมกับแอลอีดีเป็นหลัก และมีความจำเป็นของไฟจักรยานเพื่อความปลอดภัยมากขึ้น จึงเป็นที่มาของแนวคิดผลิตภัณฑ์ไฟหน้าจักรยานชนิดยั่งยืนในที่นี้

ในปัจจุบันนี้ แหล่งพลังงานสำหรับไฟหน้าจักรยานนั้น แบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ นั่นคือ (1) แบตเตอรี่ มีทั้งแบตเตอรี่ที่ประจุไฟได้หลายครั้งและแบตเตอรี่ซึ่งใช้ได้เพียงครั้งเดียว ทั้งกรณีประจุด้วยไฟฟ้าจากระบบหรือประจุด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่มีข้อเสียคือ ประการแรก อายุการใช้งานสั้น แบตเตอรี่ต้องประจุไฟบ่อยหรือจะต้องเปลี่ยนบ่อย ประการที่สอง ก่อมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งจากขยะแบตเตอรี่เมื่อหมดอายุ และจากพลังงานไฟฟ้าซึ่งใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในระบบไฟฟ้าที่ใช้ประจุไฟเข้า (2) ไดนาโม ซึ่งเป็นที่นิยมใช้มากในช่วงระยะเวลาหนึ่ง จะมีข้อเสียคือ ประการแรก การถอดและติดตั้งทำได้ยาก กลายเป็นเรื่องยากมากที่เจ้าของจักรยานจะถอดไดนาโมออกได้เอง จึงไม่สะดวกเพราะในบางกรณี มีความจำเป็นเพื่อป้องกันขโมยหรือการถูกทำลายทรัพย์สินหรือเพื่อนำไปใช้กับจักรยานคันอื่น ประการที่สอง การรีโทรฟิต (retrofit) เพื่อให้ใช้งานได้ดีขึ้นทำได้ยากมาก เพราะตัวหลอดไฟและแหล่งกำเนิดพลังงานแยกส่วนกัน ประการที่สาม การดูแลบำรุงรักษายาก ไดนาโมที่ราคาถูกหรือมีการติดตั้งวางแนวไม่เหมาะสม จะทำให้เกิดแรงต้านสูงหรือมีเสียงดัง ซึ่งยากมากที่จะสามารถปรับใหม่ได้เองโดยเจ้าของจักรยาน (Wikipedia-Bicycle lighting, 2017) แหล่งพลังงานเหมาะสมในอนาคตนั้น จึงควรเป็นพลังงานหมุนเวียนที่มีให้ใช้อย่างยั่งยืน และอุปกรณ์ที่ใช้นั้นควรใช้งานง่ายและใช้ได้อย่างยาวนาน

แนวคิดจากข้อมูล มนุษย์ปกติเดินทางด้วยจักรยาน โดยใช้ความเร็วต่ำถึงปานกลางที่ 16-24 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะใช้พลังงานจากร่างกายเทียบเท่าการเดินเท่านั้น (Wikipedia-Bicycle, 2017) ดังนั้นด้วยความเร็วเดินทางในระดับนี้ เมื่อคำนวณให้เป็นความเร็วลม 16-24 กิโลเมตรต่อ

ชั่วโมง หรือราว 4.44-6.67 เมตรต่อวินาที มาแปลงเป็นพลังไฟฟ้าผ่านกังหันลม ซึ่งโดยปกติแล้ว ความเร็วลม 3 เมตรต่อวินาทีขึ้นไป สามารถจะใช้ผลิตไฟฟ้าได้ (Hugh Piggott, 2009 : p.54) ดังนั้นจะได้พลังงานพอที่จะให้แสงสว่างจากแอลอีดี และเมื่อผสมผสานกับเทคนิคสะท้อนแสงจากโคม ซึ่งช่วยเพิ่มความสว่าง นั่นคือ สามารถพัฒนาไฟหน้าจักรยานโดยใช้พลังลมได้ เพียงแต่ออกแบบ โคมไฟหน้าพร้อมกังหันลมให้เหมาะกับการใช้งาน ดังนั้นใช้วิธีในขั้นตอนออกแบบและทดสอบกังหันลม ซึ่งสอดคล้องมาตรฐาน IEC (James Manwell, 2009 :p.312) โดยใช้กังหันลมแบบมีใบพัด 3 ใบ ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่า ทั้งแบบใบพัดคู่ แบบ 4 ใบพัด และหลายใบพัด (Benoit Robyns, 2012 : p.95) ส่วนการวัดค่าแสงสว่างจากผลิตภัณฑ์นั้นใช้ 4 ค่า (Wikipedia-Bicycle lighting, 2016) คือ (1) กำลังไฟฟ้า หน่วย วัตต์ ใช้แอลอีดีซึ่งใช้กำลังไฟต่ำสุดเมื่อให้แสงเท่ากัน (2) กำลังส่องสว่าง (Luminous intensity) หน่วย แคนเดลา หรือค่าแรงเทียน (3) เส้นแรงของแสงหรือฟลักซ์รวม (Total luminous flux) หน่วย ลูเมน (Lumen) ค่าลูเมนต่อวัตต์เป็นค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพของหลอด (4) ปริมาณส่องสว่าง (Illuminance) หรือความสว่าง หน่วย ลักซ์ (lux) ในกรณีไฟหน้าจักรยานจะเป็นค่าความสว่างบนผิวถนนในจุดซึ่งได้กำหนดไว้

จุดเด่นของผลิตภัณฑ์ไฟหน้าจักรยานชนิดที่ยั่งยืนที่ควรพัฒนาขึ้นมา มีข้อดีมากกว่าไฟหน้าจักรยานยุคปัจจุบัน ดังนี้ (1) ใช้พลังงานสะอาด เป็นพลังงานลมที่ได้จากการเคลื่อนที่ของจักรยาน จึงไม่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมา (2) เพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้า เพราะลดการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งประจุไฟเข้าแบตเตอรี่ (3) ไร้มลภาวะ เพราะไม่ใช่แบตเตอรี่ซึ่งจะกลายมาเป็นขยะพิษก่อมลภาวะในภายหลัง (4) อายุใช้งานยาวนาน ไม่ใช่แบตเตอรี่ซึ่งมีอายุใช้งานสั้น ส่วนแอลอีดีและโครงสร้างมีอายุใช้งานนับแสนชั่วโมง จึงถือว่าใช้งานได้เป็นอย่างดี (5) การใช้งานและดูแลง่าย เพราะผลิตภัณฑ์จะถูกออกแบบให้ประกอบเข้าด้วยกันเป็นชิ้นเดียวทั้งกังหันลมและแอลอีดี จึงสามารถถอดเก็บและติดตั้งได้โดยผู้ใช้งานหรือเจ้าของจักรยาน (6) เพิ่มความปลอดภัยในการขับขี่ เพราะไฟสว่างเสมอเมื่อปั่นจักรยาน ไม่มีปัญหาทั้งกรณีแบตเตอรี่เสื่อมสภาพหรือไฟที่ประจุหมดในระหว่างการเดินทาง ทำให้ผู้เดินทางและผู้ใช้ถนนสามารถสังเกตเห็นง่ายขึ้น (7) ใช้เป็นไฟหน้าสำรองได้ดี ในกรณีต้องการใช้ไฟหน้าที่มีแสงแรงสูงจากแบตเตอรี่ เพราะใช้ขับขี่ในระยะทางไกล หรือในเส้นทางอันตราย ผู้ขับขี่จักรยานสามารถใช้ไฟหน้าลักษณะนี้เป็นชุดสำรองได้อย่างดี (8) เพิ่มโอกาสการใช้จักรยาน จะพบว่าจักรยานให้เช่าตามแหล่งท่องเที่ยว เกือบทั้งหมดไม่มีไฟหน้าหรือไฟหน้าเสีย ซึ่งไม่ปลอดภัยในการใช้งาน ถ้าเป็นประเทศที่พัฒนาแล้ว จะถือเป็นการทำผิดกฎหมายจราจรอีกด้วย และอาจเป็นเหตุหนึ่งที่ทำให้ไม่มีผู้นิยมเช่าจักรยานใช้งานในช่วงเข้ามิดพลบค่ำ หรือยามค่ำคืน ดังนั้นการมีไฟหน้าซึ่งไม่ต้องดูแลมาก ทำให้เพิ่มโอกาสในการเดินทางโดยการขับขี่จักรยานมากขึ้น (9) สังคมคาร์บอนต่ำ จักรยานทั่วโลกมีมากกว่าพันล้านคัน ในปี ค.ศ.2004 ผลิตจักรยานรวมมากกว่า 105 ล้านคัน เพิ่มขึ้นมาจากปี ค.ศ.2003 ราว 1.5 %

(Worldometers, 2016) ดังนั้นถ้าทุกคนใช้พลังงานหมุนเวียน อาจจะมีความเป็นไปได้ว่าช่วยลดขยะแบตเตอรี่ได้นับพันล้านชิ้น นั่นคือ การมุ่งเป้าหมายเข้าสู่สังคมคาร์บอนดำนั่นเอง โดยที่กลุ่มเป้าหมายที่ควรจะใช้วิเคราะห์ตลาดเป็นผู้ใช้จักรยานทั่วไป ที่ใช้จักรยานในการออกกำลังกายเพื่อรักษาสุขภาพ ใช้จักรยานเพื่อเดินทางในระยะใกล้ และใช้จักรยานเพื่อการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ เป็นต้น

### ตัวอย่างผลิตภัณฑ์โคมไฟชนบท

แนวคิดผลิตภัณฑ์ใหม่ นั่นคือ โคมไฟชนบท (Rural Lanterns) ที่อาจมีการพัฒนาขึ้นมาใหม่ ถือเป็นความคิดเห็นส่วนตัวของคุณะผู้วิจัย ซึ่งได้เสนอขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยและพัฒนาของคุณะผู้วิจัยเองต่อไป เพื่อการมุ่งสู่เป้าหมายสำคัญ คือ ชุมชนท้องถิ่นมีคุณภาพชีวิตที่ดีและพัฒนาเข้าสู่ยุคสังคมคาร์บอนต่ำ

โคมไฟ (Lantern) หมายถึง อุปกรณ์ให้แสงสว่างที่เคลื่อนย้ายได้ (portable lighting device) หรือติดตั้งอยู่กับที่ (mounted fixture) เพื่อให้แสงสว่างในพื้นที่นั้นก็ได้ ตั้งแต่ในสมัยจีนโบราณ ตัวโคมไฟทำจากผ้าไหม กระดาษ หรือหนังสัตว์ โดยมีกรอบโครงทำด้วยไม้ไผ่หรือไม้ นอกจากการใช้งานในชีวิตประจำวันแล้ว โคมไฟยังได้ใช้ในงานเทศกาลต่างๆ เช่น ใช้ในเทศกาลฤดูผี (Ghost Festival) ใช้ในเทศกาลโคมไฟ (Lantern Festival) เป็นต้น (Wikipedia-Lantern, 2017) โคมไฟอย่างง่ายที่สุด คือ โคมไฟเทียนไข โดยจะใช้ตัวโคมป้องกันแสงไฟของเทียนไขจากลมภายนอก โคมไฟมีพัฒนาการใช้เชื้อเพลิงมาตลอด เริ่มตั้งแต่ เทียนไข น้ำมัน ก๊าซ ก๊าซเหลว เรื่อยมาจนถึง พลังงานไฟฟ้าและแบตเตอรี่ ส่วนตัวกลางให้แสงสว่างก็มีตั้งแต่ ไส้เทียน ไส้ น้ำมัน หลอดไส้ หลอดฟลูออโรสเซสเซนต์ จนถึง หลอดแอลอีดีในปัจจุบัน

ในปัจจุบันโคมไฟที่ใช้ในบริเวณที่ซึ่งไม่มีระบบไฟฟ้าหลักเข้าถึงนั้น มีทั้งโคมไฟตามบ้านเรือนซึ่งใช้น้ำมันหรือก๊าซเหลว โคมไฟใช้แบตเตอรี่ และโคมไฟสาธารณะที่นิยมกันมาก นั่นคือ โคมไฟพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar-powered lanterns) ประเทศไทยมีความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ 17.8 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน หรือ จังหวัดจันทบุรีก็มีความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยอยู่ที่ค่า 17.0 เมกะจูลต่อตารางเมตร-วัน (รายงานพลังงานทดแทนฯ, 2558 :หน้า 25) ซึ่งมากพอที่จะนำมาใช้ผลิตไฟฟ้าได้ดี แต่ปัญหา ก็คือ แสงอาทิตย์มีเฉพาะในช่วงเวลากลางวันและจะมีความเข้มสูงในบางพื้นที่ ในบางฤดูกาลความเข้มแสงอาทิตย์มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ย ในส่วนประสิทธิภาพของอุปกรณ์หลัก เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิแสง 52 องศาเซลเซียส สามารถให้ประสิทธิภาพเพียง 16.6 % หรือแบตเตอรี่มีประสิทธิภาพ 0.62 เท่านั้น (Andy Walker, 2013: p.74,93) ดังนั้นเพื่อให้โคมไฟมีพลังงานใช้อย่างต่อเนื่อง จึงต้องออกแบบให้ใช้แบตเตอรี่และเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีพิภักสูงมากกว่าหลอดหลายเท่า จึงทำให้สิ้นเปลืองทรัพยากรเพราะใช้ประโยชน์ได้ไม่เต็มที่ ทั้งที่

ไทยมีพลังงานสะอาดคือ พลังลม ซึ่งเป็นพลังงานยั่งยืนเพราะมีต้นกำเนิดจากแสงอาทิตย์โดยอ้อม ซึ่งแสงอาทิตย์ทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิขึ้น มีผลให้เกิดพลังลมทั้งลมประจำถิ่นและลมประจำฤดู ลมประจำถิ่นเช่น ลมบกลมทะเล ลมภูเขา ลมหุบเขา ลมว่าว ลมประจำฤดูของไทยคือ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2544 : หน้า 9-12) ไทยใช้พลังลมผลิตไฟฟ้าจาก 12 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ใน พ.ศ. 2555 เพิ่มมาเป็น 28 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ในปี พ.ศ. 2558 (รายงานพลังงานทดแทนฯ, 2558 : หน้า 16) เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วกว่า 100 % ภายใน 3 ปีเท่านั้น นั้นแสดงถึงศักยภาพพลังงานลมของไทย ซึ่งมีแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (AEDP) ปี พ.ศ. 2579 มารองรับ คือ เพิ่มการผลิตไฟฟ้าของพลังงานลมจาก 224.5 เมกะวัตต์ ใน พ.ศ.2557 มาเป็น 3,002 เมกะวัตต์ ใน พ.ศ.2579 (สำนักนโยบายและแผนพลังงาน(PDP2015), 2558 : หน้า 3-6) ปกติความเร็วลมเพียง 3 เมตรต่อวินาที ก็สามารถผลิตไฟฟ้าได้ (Hugh Piggott, 2009 : p.54) จึงเป็นที่มาของแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอมโพสิทในครั้งนี้นี้ ดังนั้นคอมโพสิทที่จะพัฒนาขึ้นมา เป็นคอมโพสิทซึ่งใช้หลอดแอลอีดี และใช้ไฟฟ้า ทั้งจากพลังงานลมและแสงอาทิตย์ โดยผ่านชุดกังหันลมและเซลล์แสงอาทิตย์ตามลำดับ การออกแบบกังหันลมจะใช้ตามขั้นตอนออกแบบและทดสอบกังหันลม 10-11 ขั้นตอน (James Manwell, 2009 : p.312) ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐาน IEC โดยเน้นกังหันลมขนาดเล็ก โดยใช้กังหันลมแบบมีใบพัด 3 ใบ ซึ่งจะให้ประสิทธิภาพดีกว่า ทั้งกังหันลมแบบใบพัดคู่ แบบ 4 ใบพัด และหลายใบพัด (Benoit Robyns, 2012 : p.95)

ผลิตภัณฑ์คอมโพสิทในชนบทที่เลือกจะพัฒนาขึ้นมา นั้น มีจุดเด่นที่ดีกว่าคอมโพสิทแบบเดิม คือ (1) ใช้พลังงานสะอาด จึงไม่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกเข้าสู่บรรยากาศ (2) มีพลังงานสะอาดใช้ต่อเนื่องมากขึ้น เพราะใช้งานร่วมกันทั้งพลังแสงอาทิตย์และพลังงานลม (3) ใช้ทรัพยากรเหมาะสมขึ้น เพราะสามารถลดขนาดแบตเตอรี่และลดขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีพิกัดเหมาะสมกับโหลดได้ (4) เพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า เพราะสามารถลดการใช้ไฟฟ้าจากระบบหลัก (5) ลดภาระขยายระบบไฟฟ้า ช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายในการขยายระบบไฟฟ้า โดยเฉพาะบริเวณที่ซึ่งระบบไฟฟ้าหลักเข้าได้ยาก ซึ่งมีหลายแห่งในไทย ที่ยังคงความเป็นชนบท หรือตามเกาะต่างๆ หรือแม้แต่ในเมืองใหญ่ มีบางพื้นที่เช่นกันซึ่งระบบไฟฟ้าหลักยังเข้าไม่ถึง เช่น บ้านเรือนในสวน ท้องไร่ ท้องนา ชุมชนไกลเมือง เป็นต้น (6) อายุใช้งานยาวนาน โดยจากวัสดุโครงสร้างและหลอดแอลอีดี ซึ่งจะมีอายุใช้งานนับแสนชั่วโมง (7) การซ่อมบำรุงน้อยมาก นั่นคือ ในรอบเวลา 3 ปี จะเปลี่ยนเฉพาะแบตเตอรี่เท่านั้น ส่วนกลุ่มเป้าหมาย กรณีให้ติดตั้งเป็นไฟสาธารณะ จะเป็นองค์การบริหารส่วนตำบล หรือ องค์การบริหารส่วนจังหวัด ถ้าหากติดตั้งภายในสวนไร่นาสวนครัว จะเป็นกลุ่มประชาชนเป้าหมายในแต่ละสถานที่ ซึ่งนักวิจัยจะต้องคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง