รายละเอียดผลงานวิจัยการสร้างตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อใช้กับประภาคาร/กระโจมไฟของ อศ.

๑. ชื่อผลงานวิจัย การสร้างตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้กับประภาคาร/กระโจมไฟของ อศ.

๒. ที่มาของโครงการวิจัย

๒.๑ ชื่อโครงการ โครงการวิจัยและพัฒนาการสร้างตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้กับประภาคาร/กระโจมไฟของ อศ.

๒.๒ หน่วยเจ้าของโครงการ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ (อศ.)

๒.๓ นายทหารโครงการ น.อ.พันธุ์นาถ นาคบุปผา

๒.๔ ความเป็นมา

๒.๔.๑ การจัดหาตะเกียงพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับติดตั้งบนประภาคารหรือกระโจมไฟที่ผ่านมา อศ. พิจารณาจัดหาตะเกียงพลังงานแสงอาทิตย์พื่อติดตั้งในพื้นที่ชายฝั่งและเกาะในทะเลออกเป็น ๒ รูปแบบ คือ แบบตะเกียงระบบเลนส์นิ่ง (Static Lantern) และแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุน (Rotating Lantern) โดยตะเกียงระบบเลนส์นิ่งจะใช้ติดตั้งตามประภาคาร/กระโจมไฟทั่วไปที่ไม่ต้องการความเข้มของการส่องสว่างสูงมากนัก (ประมาณไม่เกิน ๑๐,๐๐๐ cd (Candela หรือ แรงเทียน) หรือในย่านระยะมองเห็นที่น้อยกว่า ๑๕ ไมล์ทะเล ส่วนตะเกียงเลนส์หมุนจะพิจารณาติดตั้งในบริเวณประภาคาร/กระโจมไฟที่สำคัญ (Major Light) ต้องการระยะมองเห็นไกลประมาณ ๒๐ ไมล์ทะเลขึ้นไป และความเข้มของการส่องสว่างประมาณ ๗๐,๐๐๐ - ๑๐๐,๐๐๐ cd (Candela หรือแรงเทียน) ขึ้นไป

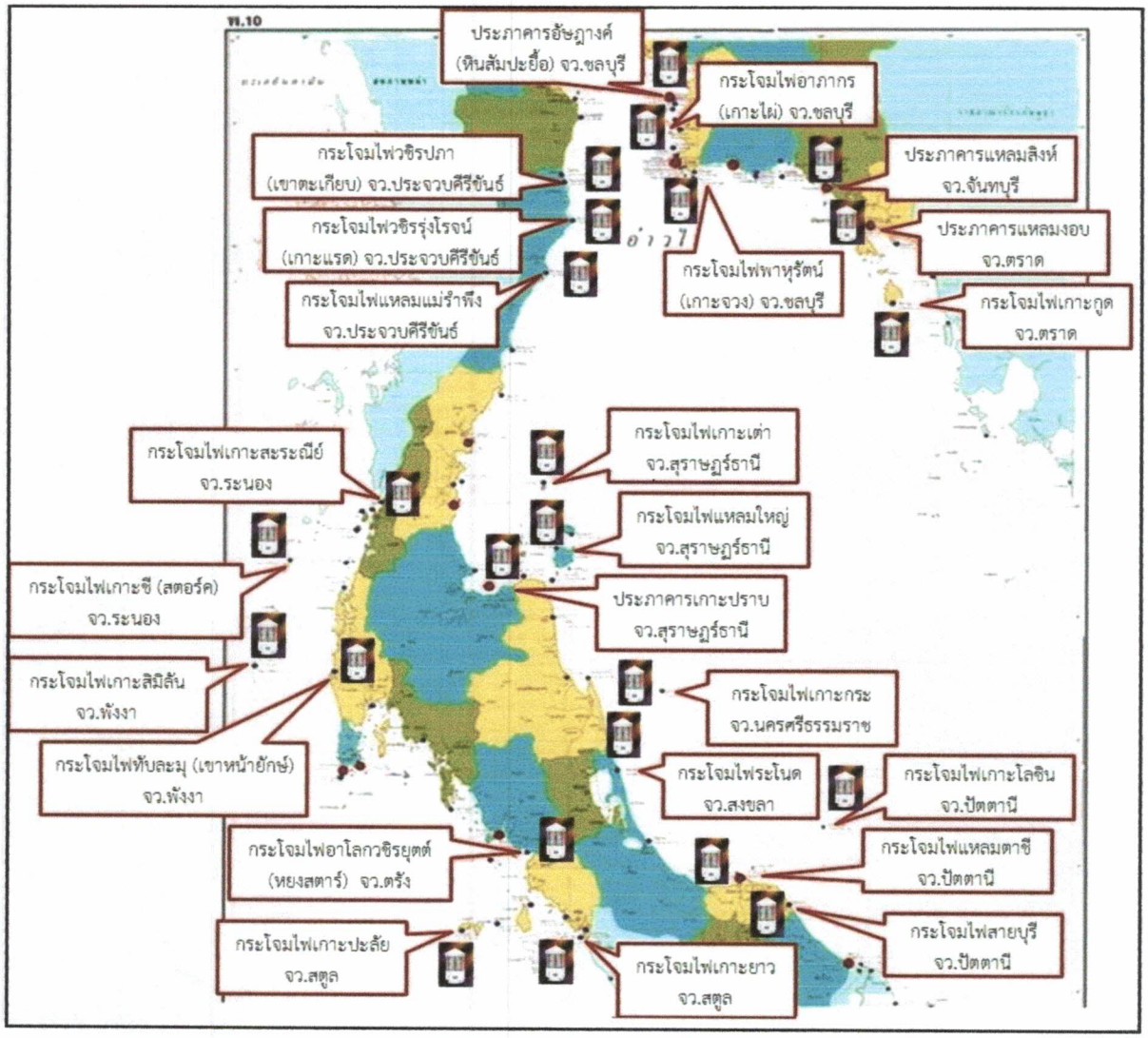
๒.๔.๒ ตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์มีราคาต่อหน่วยค่อนข้างสูง ตะเกียงระบบเลนส์หมุน ฯ ขนาด ๔๐๐ ม.ม. มีราคาต่อหน่วยทั้งสิ้น ๒,๖๔๗,๐๗๓ บาท ในขณะที่ตะเกียงระบบเลนส์นิ่งพลังงานแสงอาทิตย์ (ส่วนมากเป็นตะเกียงขนาด ๓๐๐ ม.ม.) มีราคาต่อหน่วยเพียง ๓๕๘,๗๔๔.๒๕ บาท

๒.๔.๓ เนื่องจากมีข้อจำกัดทางงบประมาณ อศ. จึงได้จัดหาตะเกียงระบบเลนส์หมุนฯ ติดตั้งตามประภาคาร/กระโจมไฟที่สำคัญ ได้เพียง ๕ แห่ง คือ ประภาคารกาญจนาภิเษก แหลมพรหมเทพ จว.ภูเก็ต ประภาคารเกาะนก จว.ตรัง ประภาคารเกาะตะเภาน้อย จว.ภูเก็ต กระโจมไฟเขาตังกวน จว.สงขลา และประภาคารระยอง (แหลมเจริญ) จว.ระยอง เท่านั้น

ภาพที่ ๑ ประภาคารและกระโจมไฟที่ติดตั้งตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์

(จากภาพที่ ๑) ๑. ประภาคารกาญจนาภิเษกแหลมพรหมเทพ จว.ภูเก็ต ๒. ประภาคารเกาะตะเภาน้อย จว.ภูเก็ต ๓. ประภาคารระยอง จว.ระยอง ๔. ประภาคารเกาะนก จว.ตรัง และ ๕. กระโจมไฟเขาตังกวน จว.สงขลา

ในขณะที่เมื่อพิจารณาถึงพื้นที่ที่มีความสำคัญในการเดินเรือและมีแสงสว่างฉากหลัง (Background Light) รบกวน จึงมีความจำเป็นจะต้องจะจัดหาตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์มาติดตั้งแทนตะเกียงระบบเลนส์นิ่งฯ ที่ใช้อยู่เดิม ในพื้นที่ชายฝั่งและบนเกาะจำนวน ๒๔ แห่ง (พิจารณาเพิ่มจากเมื่อเริ่มโครงการฯ) ดังนี้



ภาพที่ ๒ แสดงประภาคารและกระโจมไฟที่ควรจะติดตั้งตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์จำนวน ๒๔ แห่ง

๒.๔.๔ จากข้อจำกัดด้านงบประมาณที่กล่าวมาแล้วในข้อ ๒.๔.๓ แต่เดิมมีการติดตั้งตะเกียงระบบเลนส์หมุนฯ กับประภาคาร/กระโจมไฟเพียง ๔ แห่งเท่านั้น คือ ประภาคารกาญจนาภิเษก แหลมพรหมเทพ จว.ภูเก็ต ประภาคารเกาะนก จว.ตรัง ประภาคารเกาะตะเภาน้อย จว.ภูเก็ต และ กระโจมไฟเขาตังกวน จว.สงขลา แต่เจ้าหน้าที่ของ กคม. ศสด.อศ. ได้ทดลองนำตะเกียงเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์ ตราอักษร Tideland รุ่น TRB - 400 ที่ชำรุดใช้การไม่ได้จากประภาคารกาญจนาภิเษกฯ มาซ่อมทำ/ดัดแปลงส่วนประกอบเกือบทั้งหมดของระบบตะเกียงระบบเลนส์หมุน เช่นชุดมอเตอร์ขับเลนส์ เครื่องควบคุมจังหวะไฟ หลอดไฟ และชุดควบคุมการทำงานของตะเกียง ยกเว้นเพียงเลนส์เท่านั้นที่ยังใช้ของเดิม เพื่อนำกลับมาใช้ในราชการอีก ซึ่งผลการซ่อมทำ/ดัดแปลงเป็นผลสำเร็จ จนตะเกียงระบบเลนส์

หมุนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ชำรุดสามารถใช้งานได้ และนำไปติดตั้งใช้งานที่ประภาคารระยอง (แหลมเจริญ) จว.ระยอง ใน ก.พ.๕๘ และใช้งานมาได้เป็นอย่างดีจนถึงปัจจุบัน

๒.๔.๕ ความต้องการตะเกียงพลังงานแสงอาทิตย์ ที่มีกำลังส่องสว่างสูงเพื่อติดตั้งบนประภาคาร/กระโจมไฟในพื้นที่ที่มีความสำคัญในการเดินเรือและมีแสงสว่างฉากหลัง (Background Light) รบกวน เช่น ไฟจากอาคารบ้านเรือน ที่อยู่อาศัย โรงงานอุตสาหกรรม ท่าเรือ ฯลฯ รบกวน มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นจากการขยายตัวของบ้านเรือนชายฝั่ง และการพัฒนาของโรงงานอุตสาหกรรมและท่าเรือ ซึ่งปัจจุบันยังมีพื้นที่ที่ยังไม่ได้ติดตั้งเป็นจำนวนมาก ทำให้ประสิทธิภาพในการมองเห็นของไฟจากประภาคาร/กระโจมไฟ ลดลง ทำให้การเดินเรือมีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพลดลงจากที่ควรจะเป็นตามมาตรฐานของสมาคมประภาคารระหว่างประเทศ (International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities : IALA) ซึ่ง อศ. เป็นผู้แทนของประเทศไทยเข้าร่วมเป็นสมาชิกอยู่

๒.๔.๖ ข้อจำกัดทางงบประมาณ เนื่องจากตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์มีราคาสูงจึงจัดหามาใช้งานได้ในจำนวนจำกัด แต่เจ้าหน้าที่ของ กคม.ศสด.อศ. ในปัจจุบันนั้นมีขีดความสามารถในการซ่อมทำ/ดัดแปลงส่วนประกอบของตะเกียงระบบเลนส์หมุนฯ ได้เกือบทั้งหมดโดยใช้อุปกรณ์ที่หาได้ในประเทศ ยกเว้นเครื่องเปลี่ยนหลอดไฟและเลนส์ แต่จากการประสานกับบริษัทที่ผลิตอุปกรณ์ต่างๆ ที่ทำจากอะครีลิค (Acrylic) หรือโพลีคาร์บอเนต (Polycarbonate) ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้ทำเลนส์ประเภทต่างๆ ในประเทศไทย โดยนำเลนส์ของตะเกียงระบบเลนส์หมุนฯ ที่ อศ. มีใช้อยู่ไปให้บริษัทฯประเมินความเป็นไปได้ในการทำแม่แบบแล้ว บริษัทฯ แจ้งและประเมินราคาว่าสามารถทำแม่แบบหล่อเลนส์อะครีลิคซึ่งใช้หล่อเลนส์ของตะเกียงระบบเลนส์หมุนฯ ได้ โดยสามารถใช้วัสดุได้ทั้งอะครีลิคและ โพลีคาร์บอเนตในการหล่อเลนส์ และเมื่อมีแม่แบบฯ แล้วก็จะสามารถหล่อเลนส์ของตะเกียงระบบเลนส์หมุนฯ ได้เอง เหลือเพียงจัดหาเครื่องเปลี่ยนหลอดไฟและทำจังหวะไฟ (Lampchanger/Flasher) จากต่างประเทศมาในลักษณะอะไหล่แล้วนำมาประกอบ **ซึ่งก็จะส่งผลให้ กองเครื่องหมายทางเรือ ศูนย์สนับสนุนการเดินเรือ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ (กคม.ศสด.อศ.) สามารถสร้างตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นใช้งานได้เอง** ซึ่งเมื่อประมาณค่าใช้จ่ายทั้งหมดแล้วจะมีราคาประมาณ ๖๕๐,๐๐๐บาท ต่อหน่วย ดังนั้น การจัดทำต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นมาใช้งานเอง จะถูกกว่าจัดหาตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์จากต่างประเทศทั้งระบบประมาณ ๔ เท่า ทำให้สามารถประหยัดงบประมาณของกองทัพเรือ (ทร.) ได้เป็นอย่างมากในการจัดหาตะเกียงระบบเลนส์หมุนฯ มาใช้ในงานเครื่องหมายทางเรือของ อศ. เพื่อใช้ในการสนับสนุนการปฏิบัติการทางเรือของ ทร. และการคมนาคมของชาติทางทะเล

๒.๕ วัตถุประสงค์ของโครงการ

๒.๕.๑ เพื่อทดลองสร้างตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งระบบ (เรือนตะเกียง เลนส์ ชุดแหล่งพลังงาน เครื่องเปลี่ยนหลอดไฟและทำจังหวะไฟ (Lampchanger/Flasher) และชุดอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน) ไว้ใช้ในงานเครื่องหมายทางเรือของ อศ. ในพื้นที่ที่มีความสำคัญต่อการเดินเรือและมีแสงสว่างฉากหลังรบกวน ซึ่งมีพื้นที่เป็นจำนวนมากและมีข้อจำกัดด้านงบประมาณในการจัดหาตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์มาติดตั้งใช้งานให้ได้ทั่วถึง ซึ่งการสร้างตะเกียงระบบเลนส์หมุนฯ ขึ้นไว้ใช้งานเองจะมีราคาต่ำกว่าจัดหาจากต่างประเทศทั้งระบบประมาณ ๔ เท่าตัว (ตะเกียงระบบเลนส์หมุนฯ สร้างเองราคาประมาณ ๖๕๐,๐๐๐ บาท ในขณะที่จัดซื้อจากต่างประเทศราคา ๒,๖๐๐,๐๐๐ บาท) ทำให้สามารถประหยัดงบประมาณของ ทร. ได้เป็นอย่างมาก และสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพเท่าเทียมกัน

๒.๕.๒ เพื่อพัฒนาองค์บุคคลและองค์ความรู้ของ กคม.ศสด.อศ. ให้ก้าวหน้ายิ่งขึ้น โดยในทางองค์บุคคลจะทำให้กำลังพลมีความรู้ความเข้าใจในตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์ ในด้านโครงสร้าง การประกอบและการสร้าง การทำงาน การวิเคราะห์ประสิทธิภาพ ระยะการมองเห็น และกำลังการส่องสว่าง ฯลฯ มากยิ่งขึ้น เพื่อให้ กคม.ศสด.อศ. เป็นหน่วยงานที่มีความเป็นมืออาชีพในวิชาการด้านเครื่องหมายทางเรือของ ทร. และของประเทศ ส่วนในด้านองค์ความรู้ก็จะทำให้องค์ความรู้ด้านตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์ของ กคม.ศสด.อศ. มีความลึกซึ้งยิ่งขึ้นตั้งแต่การทำงานของตะเกียงฯ เลนส์ ระบบขับเคลื่อนเลนส์ การส่องสว่าง การทดสอบการทำงาน การตรวจวัด การคำนวณถึงระยะเห็นของไฟต่างๆ เช่น ระยะเห็นได้ไกลของแสงไฟ (Luminous Range) ระยะกำหนดในการเห็นของแสงไฟ (Nominal Range) และ ระยะเห็นไกลสุดของวัตถุหรือระยะภูมิศาสตร์ (Graphical Range) ฯลฯ ซึ่งสามารถสนับสนุนการเดินเรือให้มีความปลอดภัย และเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการสร้างต้นฉบับ แผนที่เดินเรือให้มีมาตรฐานและความถูกต้องสูงยิ่งขึ้น

๒.๖ ระยะเวลาดำเนินการโครงการ

- ใช้ระยะเวลา ๒ ปี ในปีงบประมาณ ๒๕๖๐ - ๒๕๖๑

๒.๗ วงเงินงบประมาณของโครงการ

- ใช้งบประมาณ ๑,๑๗๑,๕๐๐ บาท

๒.๘ หน่วยสนับสนุนงบประมาณ

- สถาบันวิจัยและพัฒนการทางทหาร กองทัพเรือ (สวพ.ทร.)

๓. คุณลักษณะสำคัญของผลงาน

๓.๑ เป็นการทดลองสร้างตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งระบบ (เรือนตะเกียง เลนส์ ชุดแหล่งพลังงาน เครื่องแสงสว่าง และชุดอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน) ขึ้นในราคาถูก เพื่อติดตั้งใช้งานบนประภาคารหรือกระโจมไฟของ อศ. ในพื้นที่ที่มีความสำคัญต่อการเดินเรือและมีแสงสว่างฉากหลังรบกวน อันมีพื้นที่เป็นจำนวนมากและมีข้อจำกัดด้านงบประมาณในการจัดหาตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์จากต่างประเทศเนื่องจากมีราคาสูง โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์จากการใช้งานตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์ ตราอักษร Tideland รุ่น TRB - 400 ที่ อศ. จัดหามาใช้ในราชการ มาพัฒนาสร้างเป็นต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีราคาถูก และวัสดุรวมทั้งอะไหล่ส่วนใหญ่สามารถจัดหาได้ในประเทศ (ตะเกียงระบบเลนส์หมุนฯ เมื่อจัดหาจากต่างประเทศทั้งระบบจะมีราคา ๒,๖๔๗,๐๗๓ บาท ในขณะที่เมื่อทำการสร้างเองราคาระบบละ ๖๕๐,๐๐๐ บาท (คำนวณจากวัสดุที่สำคัญ อาทิ เครื่องแสงสว่างไดโอดเปล่งแสง (LED Light Source) และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการอื่น ๆ)

๓.๒ ต้นแบบของตะเกียงระบบเลนส์หมุนฯ ตามโครงการวิจัยฯ เป็นตะเกียงระบบเลนส์หมุนแบบ ๖ แผ่น (6 - Lens Carousel) หนักเฉพาะเรือนตะเกียง ๖๗ กก. ประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ได้แก่

๓.๒.๑ เรือนตะเกียง (Housing)

๓.๒.๒ ฐานรองรับเรือนตะเกียง

๓.๒.๓ ตู้ควบคุมการทำงาน (Control Box)

๓.๒.๔ เครื่องแสงสว่างไดโอดเปล่งแสง (LED Light Source)

๓.๒.๕ เลนส์โพลีคาร์บอเนต

๓.๒.๖ แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 120 W 18 V จำนวน ๒ แผง

๓.๒.๗ แบตเตอรี่ขนาด 12 V 100 Ah จำนวน ๒ หม้อ

ภาพที่ ๓ ต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์

และตะเกียง ฯ มีความเข้มของการส่องสว่าง (Luminous Intensity) อยู่ระหว่าง 136,00 – 200,00 แรงเทียน ขึ้นอยู่กับรอบของการหมุน และมีระยะเห็นได้ไกลของแสงไฟ (Luminous Range) ประมาณ ๒๐ - ๒๑ ไมล์ทะเล

๔. ความต้องการผลงานวิจัย

- ติดตั้งใช้งานบนประภาคารหรือกระโจมไฟของ อศ. โดยสามารถผลิตได้ประมาณ ๑ - ๓ ระบบต่อปี เพื่อทดแทนตะเกียงระบบเลนส์หมุน ฯ ที่ติดตั้งใช้งานอยู่เดิม และชำรุดเสื่อมสภาพไปตามอายุการใช้งาน หรือติดตั้งในพื้นที่ที่มีความสำคัญในการเดินเรือและมีแสงไฟฉากหลัง (Background Light) รบกวน

๕. การตอบสนองภารกิจ

- เป็นเครื่องหมายช่วยการเดินเรือในลักษณะไฟดวงหลักของประภาคารหรือกระโจมไฟที่สำคัญ (Major Light) ซึ่งมีกำลังส่องสว่างสูง แยกออกแสงไฟฉากหลังได้ง่าย สามารถเห็นได้จากระยะไกล ช่วยให้การเดินเรือในน่านน้ำไทยบริเวณชายฝั่งและเกาะในทะเลเป็นไปด้วยความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

๖. ความพร้อมของเทคโนโลยีของผลงานวิจัย

๖.๑ องค์บุคคลมีความพร้อมในการผลิตและใช้งาน เนื่องจาก กคม.ศสด.อศ. เป็นหน่วยงานหลักของประเทศไทยในด้านเครื่องหมายช่วยการเดินเรือ และได้มีการสั่งสมความรู้และประสบการณ์ในการทำงานมาอย่างยาวนาน

๖.๒ ใช้วัสดุอุปกรณ์ส่วนใหญ่ที่จัดหาได้ภายในประเทศ ยกเว้นเครื่องแสงสว่างไดโอดเปล่งแสงซึ่งเป็นอุปกรณ์มาตรฐาน (สำหรับเตรียมติดตั้งระบบ AIS) จะต้องจัดหาจากต่างประเทศ

๖.๓ ในการผลิตต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุน ฯ ใช้บุคลากรของ กคม.ศศด.อศ. ทั้งสิ้น จึงอาจกล่าวได้ว่ามีความพร้อมในด้านเทคโนโลยีและกำลังพลที่จะผลิตต่อไป

๗. การประเมินด้านมาตรฐานทางทหาร

๗.๑ หลังจากผลิตต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุน ฯ แล้ว ได้นำไปติดตั้งทดลองใช้งานตามประภาคารและกระโจมไฟต่าง ๆ ของ อศ. ในปีงประมาณ ๒๕๖๑ และได้นำไปติดตั้งทดลองใช้งานอย่างต่อเนื่องในระยะเวลานานที่ประภาคารแหลมสิงห์ จว.จันทบุรี ตั้งแต่ ๒๑ พ.ย.๖๒ จนถึงปัจจุบัน

ภาพที่ ๔ ต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งทดลองใช้งานที่ประภาคารแหลมสิงห์

๗.๒ จากข้อ ๗.๑ ได้มีการตรวจสอบการทำงาน และเก็บรวบรวมข้อมูลการทำงานอย่างต่อเนื่อง โดยได้เสนอผลการใช้งานต่อ สวพ.ทร. จนได้รับการรับรองมาตรฐานผลงานวิจัย จากคณะกรรมการกำหนดมาตฐานยุทโธปกรณ์ กองทัพเรือ ตามคำสั่งคณะกรรมการกำหนดมาตฐานยุทโธปกรณ์ กองทัพเรือ (เฉพาะ) ที่ ๑/๒๕๖๓ เรื่อง รับรองมาตรฐานผลงานวิจัยโครงการวิจัยและพัฒนาการสร้างตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้กับ ประภาคาร/กระโจมไฟของ อศ. ลง ๒๖ ส.ค.๖๓

๘. ความพร้อมในการผลิต

๘.๑ สายการผลิตมีอยู่แล้ว

- สามารถดำเนินการได้โดย กคม.ศสด.อศ.

๘.๒ ขีดความสามารถในการผลิตต่อปี

- ประมาณ ๑ - ๓ ระบบ (ประเมินจากบุคลากรที่มีอยู่ และการปฏิบัติราชการในปัจจุบัน)

๘.๓ สามารถผลิตได้เอง % / จัดหาจากต่างประเทศเข้ามาใช้ในการผลิต %

- สามารถผลิตได้เองประมาณ 80 % แต่จะต้องจัดหาเครื่องแสงสว่างไดโอดเปล่งแสงจากต่างประเทศเข้ามาใช้ในการผลิตประมาณ 20 % (ประเมินจากตะเกียงระบบเลนส์หมุน ฯ ทั้งระบบ)

๘.๔ ต้นทุนต่อหน่วยในการผลิตเมื่อเทียบกับการจัดหาจากต่างประเทศ

- ต้นทุนในการผลิตคิดเป็น ๒๕ % ของการจัดหาจากต่างประเทศ (ผลิตเอง ๖๕๐,๐๐๐ บาท ถ้าจัดหาจากต่างประเทศทั้งระบบประมาณ ๒,๖๐๐,๐๐๐ บาท)

๙. ความพร้อมด้านงบประมาณในการผลิต

- มีงบประมาณจาก อศ. ในการผลิต มูลค่าระหว่าง ๔๐๐,๐๐๐ บาท (ใช้หลอดไฟ LED ที่จัดหาได้ในประเทศ) และ ๖๕๐,๐๐๐ บาท (เมื่อจัดหาเครื่องแสงสว่างไดโอดเปล่งแสงจากต่างประเทศ)

๑๐. ข้อมูลสำคัญอื่น ๆ ของผลงานวิจัย

๑๐.๑ สามารถแยกออกเป็นชิ้นส่วนย่อยได้ ๑๔ ชิ้น เพื่อความสะดวกในการขนย้าย

๑๐.๒ มีความคงทนในการใช้งานตามธรรมชาติเทียบเคียงได้กับมาตรฐาน IP 65 (มาตรฐานที่จะเป็นตัวบอกว่าอุปกรณ์หรือเครื่องมือนั้น ๆ มีความสามารถที่จะป้องกันฝุ่นได้สมบูรณ์และมีความสามารถที่จะป้องกันน้ำจากการฉีดที่ตัวอุปกรณ์ได้จากทุกทิศทาง)

๑๐.๓ ใช้พลังงานน้อยกว่าตะเกียงระบบเลนส์หมุน ฯ ที่ติดตั้งใช้งานอยู่เดิมประมาณ ๕ เท่าและใช้แหล่งพลังงาน (แผงโซลาร์เซลล์และแบตเตอรี่) น้อยกว่า

๑๐.๔ มีน้ำหนักเพียง ๖๐ % ของตะเกียงระบบเลนส์หมุน ฯ ที่ใช้งานอยู่เดิม (หนัก ๖๗ กก. ในขณะที่ตะเกียงระบบเลนส์หมุน ฯ ที่ติดตั้งใช้งานอยู่เดิมมีน้ำหนัก ๑๑๐ กก.)

.....