

บทนำ

ในระยะ 20 ปีที่ผ่านมา ปริมาณการใช้ปิโตรเลียมสูงขึ้นมาก ส่งผลกระทบต่อการเกิดก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ผลที่ตามมาไม่ว่าจะเป็นน้ำแข็งขั้วโลกละลาย ระดับน้ำสูงขึ้น การกัดเซาะชายฝั่งมากขึ้น ความถี่ของการเกิดพายุมีมากขึ้น ขนาดและความรุนแรงของพายุมากขึ้น ความแห้งแล้ง และความผิดปกติของธรรมชาติ เหล่านี้เป็นผลกระทบโดยตรงที่เกิดจากการใช้พลังงานจากปิโตรเลียม

ตามที่รัฐบาลมีนโยบายด้านเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน คือพัฒนาพลังงานของประเทศให้สามารถพึ่งตนเองได้มากขึ้น ด้วยการเร่งสำรวจและพัฒนาแหล่งพลังงานประเภทต่างๆ และวางแผนพัฒนาให้มีการกระจายชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ เพื่อลดความเสี่ยงด้านการจัดหา ความผันผวนทางด้านราคา และลดต้นทุนการผลิต ส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนที่มีศักยภาพ โดยเฉพาะโครงการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก และโครงการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก รวมทั้งศึกษาความเหมาะสมในการพัฒนาพลังงานทางเลือกอื่นๆ มาใช้ประโยชน์ในการผลิตไฟฟ้า นอกจากนี้ รัฐบาลยังมีนโยบายส่งเสริมการจัดหาและการใช้พลังงานที่ให้ความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อม ภายใต้กระบวนการมีส่วนร่วมของประชาชน โดยกำหนดมาตรฐานด้านต่างๆ รวมทั้งส่งเสริมให้เกิดโครงการกลไกการพัฒนาพลังงานที่สะอาด เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชน และลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก

ปัจจุบันราคาปิโตรเลียมสูงขึ้นมาก เปิดโอกาสให้พลังงานทางเลือกเข้ามามีส่วนแบ่งการผลิตพลังงานเพิ่มมากขึ้น พลังงานทางเลือกที่ทำได้แก่ พลังงานจากขยะ พลังงานจากชีวมวล พลังงานจากสารกัมมันตรังสี พลังงานจากแสงอาทิตย์ พลังงานจากลม พลังงานจากไฮโดรเจน และพลังงานจากคลื่นน้ำ

จากรายงานการศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตพลังงานจากแหล่งต่างๆ ในโลก พบว่า พลังงานจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลมน่าจะมีศักยภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากถึง 10 % ของกำลังการผลิตไฟฟ้าของโลก ปัจจุบันกำลังการผลิตจริงยังน้อยมาก อีกทั้งประเทศไทยมีชายฝั่งที่ติดทะเลมากกว่า 2 พันกิโลเมตร มีอาณาเขตทางทะเลมากกว่า 350,000 ตารางกิโลเมตร ทำให้ประเทศไทยน่าจะมีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลมได้ เพื่อทดแทนพลังงานจากปิโตรเลียม และเป็นทางช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกด้วยอีกทางหนึ่ง

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 1 เพื่อศึกษาการใช้พลังงานจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลมในการผลิตไฟฟ้า
- 2 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้การใช้พลังงานจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลมเพื่อผลิตไฟฟ้าในอำเภอรือเสาะ
- 3 เพื่อพัฒนาชุดอุปกรณ์ Wave Energy Converter (WECKU I) แบบลอยอยู่ผิวน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

ตรวจเอกสาร

พลังงานที่ได้จากคลื่นเป็นแนวคิดหลักของนักวิทยาศาสตร์มาหลายยุคหลายสมัย เมื่อเกิดวิกฤตการณ์พลังงาน ความพยายามที่จะค้นหาพลังงานทางเลือกใหม่มีมากขึ้น รวมทั้งพลังงานจากคลื่นน้ำ การควบคุมพลังงานคลื่นน้ำเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นที่สนใจของนักวิทยาศาสตร์ วิศวกรได้พยายามประดิษฐ์คิดค้นผลิตไฟฟ้าจากพลังงานคลื่นในมหาสมุทร ในช่วงทศวรรษปี ค.ศ. 1950 บริษัทแห่งหนึ่งในสหราชอาณาจักรได้วางแผนที่จะใช้ประโยชน์ จากพลังงานคลื่นที่ชายฝั่งโมริทิวส

เมื่อเดือนพฤศจิกายน ค.ศ.2000 ได้มีการติดตั้งเครื่องผลิตไฟฟ้าจากพลังงานคลื่นเพื่อใช้ในเชิงพาณิชย์เป็นแห่งแรกของสหราชอาณาจักร เป็นระบบแปลงพลังงานคลื่นที่ติดตั้งบนแผ่นดิน ระบบนี้เป็นระบบที่บริษัท เวฟเจน (Wavegen) ซึ่งเป็นบริษัทที่ดำเนินการเกี่ยวกับการพัฒนาพลังงานทดแทนร่วมกับ Queen's University Belfast ในไอร์แลนด์เหนือ โดยมีสหภาพยุโรปให้การสนับสนุนในด้านการเงิน เครื่องแปลงพลังงานคลื่นให้เป็นพลังงานไฟฟ้าขนาดกำลังผลิตครึ่งเมกะวัตต์ หรือ 500 กิโลวัตต์ สามารถผลิตพลังงานเข้าสู่ระบบเพียงพอสำหรับการใช้ในบ้านเรือนจำนวน 400 ครั้วเรือน การใช้ประโยชน์จากพลังงานคลื่นในมหาสมุทรแอตแลนติกที่ชายฝั่งอิสเลย์ โดยใช้ร่วมกับอุปกรณ์ อีกสองชนิด ได้แก่ เครื่องจับคลื่น และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเทอร์โบ มีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานคลื่นให้เป็นพลังงานไฟฟ้า เครื่องจับพลังงานคลื่นมีลักษณะเป็นโครงคล้ายเปลือกหอย ซึ่งคลื่นจากทะเลสามารถซัดเข้าและออกได้อย่างเป็นอิสระ ความแรงของกระแสน้ำภายนอกที่ซัดเข้ามา จะทำให้ระดับน้ำภายในเครื่องจับคลื่นขยับขึ้น-ลงไปตามจังหวะคลื่น จากนั้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเทอร์โบก็จะเข้ามามีบทบาท โดยใช้เครื่องกังหันแบบ Wells ซึ่งจะมีลักษณะพิเศษคือ ใบพัดของเครื่องกังหันจะหมุนไปในทิศทางเดียวกัน ไม่ว่าลมจะพัดผ่านใบพัดของเครื่องกังหันในทิศทางใดก็ตาม เครื่องกังหันจะหมุนไปตลอดเวลาไม่ว่าระดับคลื่นในเครื่องจับคลื่นจะสูงหรือต่ำก็ตาม เมื่อกังหันหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะแปลงพลังงานคลื่นให้เป็นพลังงานไฟฟ้า (ที่มา : <http://www.are101.org/forum/>)

วันที่ 23 ก.ย. 2551 รัฐบาลโปรตุเกสร่วมกับ บริษัท Energias de Portugal - EDP (รัฐวิสาหกิจโปรตุเกส) บริษัท EFACEC บริษัท Enersis และบริษัท Pelamis Wave Power สร้างอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานคลื่นเป็นพลังงานไฟฟ้าที่เรียกว่า Pelamis Wave Energy Converter (PWEC) (Pelamis เป็นคำศัพท์โบราณที่แปลว่างูทะเล) มีรูปทรงกระบอกขนาดใหญ่สีแดง คล้ายงูทะเล ขนาด 142 X 3.5 ม. ผลิตจาก carbon steel จำนวน 700 ตัน จำนวน 3 เครื่องติดตั้งให้ลอยตัวอยู่กลางมหาสมุทรห่างจากชายฝั่งทะเลเมือง Agucadoura ตอนเหนือของโปรตุเกส ออกไปประมาณ 3 ไมล์ PWEC 1 เครื่องแบ่งออกเป็น 4 ท่อน โดยแต่ละท่อนถูกทำให้ยึดติดกันด้วยข้อต่อไฮดรอลิกที่มีลักษณะเป็นก้านกระทุ้งที่เชื่อมต่อไปยังอุปกรณ์คล้ายลูกสูบที่บรรจุอยู่ใน PWEC แต่ละท่อน เมื่อคลื่นทะเลไหลผ่าน PWEC อุปกรณ์ทั้ง 4 ท่อนจะไหวตามแรงคลื่น และส่งผลให้ข้อต่อไฮดรอลิกดันก้านกระทุ้งให้เคลื่อนไหวขึ้นลงในลูกสูบและส่งพลังงานผ่านไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า พลังงานที่ผลิตได้จะถูกส่งผ่านสายเคเบิลใต้ทะเลไปยังสถานีย่อยที่เมือง Agucadoura ซึ่งจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานที่ผลิตได้ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า แล้วส่งต่อไปยังเครือข่ายสายไฟฟ้าของโปรตุเกสต่อไป

ในระยะแรก PWEC 3 เครื่อง มีกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าสูงสุด 2.25 เมกะวัตต์/ปี เพียงพอต่อการใช้ใน 1,500 คริวเรือน มูลค่าการลงทุนประมาณ 9 ล้านยูโร และหากโครงการประสบผลสำเร็จ ในระยะที่ 2 จะมีการติดตั้งอุปกรณ์ PWEC เพิ่มขึ้นอีก 25 เครื่อง และจะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มเป็น 21 เมกะวัตต์/ปี เพียงพอต่อการใช้ 15,000 คริวเรือน และจะช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 60,000 ตัน/ปี เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากถ่านหิน

ออสเตรเลียดึงพลังงานคลื่นจากมหาสมุทรผลิตไฟฟ้าและน้ำจืด ลดก๊าซเรือนกระจก พลังงานจากคลื่นสามารถนำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้เพียงพอต่อการใช้งานของ 25,000 คริวเรือน โครงการนี้มีชื่อว่า Ceto โดยเก็บพลังงานจากทุ่นที่ยึดติดกันเป็นแพบนพื้นทะเลที่มีความลึก 15 - 50 เมตร เมื่อทุ่นถูกคลื่นซัด ทุ่นจะผลักแรงดันที่ได้รับนั้นส่งไปตามท่อเพื่อหมุนกังหันปั่นไฟ

ข้อดีและข้อเสียการผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่น

ข้อดี เป็นแหล่งพลังงานที่อิสระ การผลิตกำลังจากคลื่นจะไม่เหมือนกับที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์หรือจากลม เพราะไม่ต้องการพื้นที่มาก ไม่เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม และยังสามารถป้องกันผลกระทบจากคลื่นได้ เช่น การกัดกร่อน และเปรียบเสมือนการสร้างที่หลบคลื่นลม

ข้อเสีย คลื่นมีความไม่แน่นอน และไม่มีความต่อเนื่อง กลไกต่างๆ ที่เสนอขึ้นมีความยุ่งยากและขาดเครื่องมือที่มีความแข็งแรงที่จะต้านพลังงานอันมหาศาลของพายุในทะเล รวมทั้งปัจจัยทางเศรษฐกิจ เช่น เงินลงทุน, ต้นทุนการบำรุงรักษา และการซ่อมแซม

คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

ในการประชุมครั้งที่ 1/2545 (ครั้งที่ 88) เมื่อวันที่ 18 เมษายน 2545 และได้มีมติในเรื่องต่างๆ ซึ่งเห็นสมควรรายงาน เสนอคณะรัฐมนตรีเพื่อทราบ และถือเป็นมติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 14 พฤษภาคม 2545 เกี่ยวกับแผนยุทธศาสตร์การอนุรักษ์พลังงานในช่วงปี พ.ศ. 2545-2554 ดังนี้

(1) เร่งให้กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ปรับปรุงระเบียบ และขั้นตอนการดำเนินงาน ให้มีความคล่องตัวยิ่งขึ้น เพื่อเร่งให้เกิดผลการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน ในอาคารควบคุม โรงงานควบคุม และอาคารของรัฐ อย่างแท้จริง และมีปริมาณที่มากพอในทางปฏิบัติ

(2) การนำแผนยุทธศาสตร์ฯ ไปสู่การปฏิบัติให้เกิดผลอย่างจริงจัง ต้องคำนึงถึงความพร้อมของนโยบายด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องด้วย อาทิเช่น การผลักดันนโยบายนำรถใหม่ ที่มีประสิทธิภาพในการใช้น้ำมันสูง และก่อให้เกิดมลพิษต่ำ มาใช้แทนรถเก่าที่ใช้น้ำมันสิ้นเปลือง และนโยบายเกี่ยวกับการขนส่ง สินค้าทางรถไฟและทางเรือ รวมทั้ง การสนับสนุนการขนส่งสาธารณะ ให้เป็นระบบหลักของประเทศ ซึ่งได้มีการกำหนดไว้แล้ว เป็นระยะเวลานานมาก แต่ไม่สามารถดำเนินการได้ในทางปฏิบัติ เพราะไม่มีกฎหมายหรือ มาตรการใดบังคับ

(3) ให้พิจารณาพลังงานทางเลือกอื่นเพิ่มเติมด้วย เช่น พลังงานจากคลื่น เป็นต้น

(4) การสนับสนุนการลงทุนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน และการส่งเสริมให้เกิดการใช้พลังงานหมุนเวียน อย่างแพร่หลาย ควรพิจารณา นำมาตรการจูงใจทางภาษี (Tax incentive) มาใช้ด้วย โดยให้ผู้ประกอบการ สามารถนำค่าใช้จ่าย ในการลงทุน ที่ก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงาน มาลดหย่อนภาษีได้

ชนิดและการเกิดของคลื่นน้ำที่เกิดจากลม

ลมเป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดคลื่นขึ้นในน้ำระดับผิวหน้า น้ำทะเลซึ่งมีความหนืด (viscosity) เมื่อถูกลมพัดผ่านน้ำผิวหน้า “จะยืด” ออกตามแรงลม แล้วจะ “หด” ตัวกลับ เพื่อรักษาสมดุลด้วยแรงตึงผิว (surface tension) ทั้งนี้ น้ำก็มีลักษณะคล้ายวัตถุยืดหยุ่นอ่อน ๆ (elastic membrane) โดยการยืดและหดเนื่องจากแรงดังกล่าว ทำให้น้ำผิวหน้าโค้งขึ้นและโค้งลง (undulate) เกิดคลื่นขนาดเล็กขึ้นในที่สุด (ripples or wavelets) คลื่นขนาดเล็ก ๆ เหล่านี้ จะปรากฏ

ให้เห็นเมื่อมีลมพัดเท่านั้น ถ้าลมหยุดพัดคลื่นเหล่านี้จะสลายตัวเกือบทันที พุดอีกแห่งหนึ่งว่าเป็นคลื่นที่มีอายุสั้น ต่อเมื่อมีลมพัดต่อเนื่องกันเป็นเวลานานพอสมควร คลื่นเหล่านี้จะค่อย ๆ ขยายโตขึ้น เพราะผิวหน้าน้ำที่ “ขรุขระ” เนื่องจากมีคลื่นขนาดเล็ก ๆ ทำให้เกิดพื้นที่ผิวในส่วนที่จะรับลมเพิ่มขึ้น (ส่วนฐาน) คลื่นที่ขยายโตขึ้นมีชื่อใหม่ว่า Sea

Sea หมายถึงคลื่นที่ยังอยู่ในบริเวณที่มีลมพัด มีความยาวคลื่นสั้นและยอดคลื่นผสม ผิวน้ำในตอนนี้นับสนุ่นววยและเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ในระยะไกลเราจึงมักเห็นผิวน้ำ มีลักษณะเป็นหลุม เนิน เหลี่ยม คล้าย “เพชร” เหตุที่ปรากฏเช่นนี้เพราะว่า โดยธรรมชาติ ลมพัดด้วยความเร็วและทิศทางที่ไม่แน่นอน ในช่วงเวลาหนึ่งความเร็วและทิศทางอาจเปลี่ยนแปลงหลายตลบ นอกจากนี้ในบางครั้ง ลมยังเคลื่อนที่ในลักษณะหมุน เวียนซ้าย เวียนขวา แล้วแต่กรณี คลื่นขนาดเล็กอาจซ่อนอยู่ในคลื่นขนาดใหญ่กว่า คลื่นที่มีความเร็วกว่า เคลื่อนที่ทับคลื่นที่ช้ากว่า คลื่นชนกันสลายตัวบางส่วน ทำให้ส่วนที่เหลือมีทรวดทรงไม่สมประกอบ

ต่อมา Sea ซึ่งมีหลายขนาดและมีความเร็วต่างกัน จะค่อย ๆ ปรากฏทรวดทรงให้เห็นชัดขึ้น กล่าวคือ พวกที่มีความเร็วมากกว่าจะวิ่งล้ำหน้าพวกที่เคลื่อนที่ช้ากว่า นับว่าเป็นการแยกคลื่นหลายชนิดซึ่งเกิดพร้อมกันออกจากกันตามธรรมชาติ คลื่นที่แยกออกจากกันแล้วจะมียอดคลื่น (crest) และท้องคลื่น (trough) ตีขึ้นกว่าเดิม เรียกคลื่นในตอนนี้อย่าง swell หมายถึงคลื่นที่เกิดขึ้นนอกเขตลมพัด ยอดคลื่นเตี้ยมนกลมกว่าเดิมเล็กน้อย โดยธรรมชาติของคลื่น คลื่นที่ค่อย ๆ โตขึ้นในขณะที่มีลมพัดจะได้รับพลังงานจากลมเพิ่มขึ้น คลื่นจึงค่อย ๆ มีความเร็วเพิ่มขึ้น ในตอนแรกคลื่นเคลื่อนที่ช้ากว่าลม ต่อมาจะเท่ากับลม และในที่สุดจะเร็วกว่าลม ด้วยเหตุนี้คลื่นจึงเคลื่อนที่ออกนอกเขตที่มีลมพัดได้ ในธรรมชาติจึงเห็นคลื่นเคลื่อนที่นำหน้าลม หรือเคลื่อนที่เข้าหาฝั่งได้อย่างอิสระ โดยไม่มีลมพัดเลย จึงอาจเรียก swell ว่าเป็น free waves

ในบริเวณที่มี swell ผิวน้ำทะเลจะลดความสับสนและขรุขระมาก เริ่มมองเห็นคลื่นเคลื่อนที่อย่างเป็นระบบ คลื่นหลายขนาดและด้วยความเร็วต่าง ๆ กันจะเคลื่อนที่ตามหลังกันเป็นขบวน (wave train) ในขณะที่ swell เคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง จะมีแรงพวกหนึ่งคอยทำให้คลื่นเปลี่ยนแปลง ความสูงของคลื่นจะค่อย ๆ ลดต่ำลง ยอดคลื่นจะมนกลมขึ้นเรื่อย ๆ คลื่นที่มีอายุสั้น (ใกล้เขตลมพัด) ยอดคลื่นจะชันกว่าคลื่นที่มีอายุมาก (ห่างเขตลมพัด) แรงที่ว่าได้แก่ แรงตึงผิว (surface tension) และแรงดึงดูดของโลก (gravity) โดยหลักการแรงทั้งสองนี้จะพยายามทำให้ผิวน้ำคืนสู่สภาพปกติ (ราบ) คลื่นขนาดเล็กที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 1.7 ซม. (โดยประมาณ) หรือเป็นคลื่นที่มีคาบนานตั้งแต่ 1 วินาที ถึง 4 นาที แรงดึงดูดของโลกจะเข้ามา

เกี่ยวข้องและมีอำนาจเหนือแรงตึงผิว จึงอาจเรียก swell ว่าเป็น gravity waves ก็ได้ คลื่นที่เราเห็นในมหาสมุทร ส่วนใหญ่เป็นคลื่นแบบนี้

คลื่นในกลุ่มของ swell มีความยาวคลื่นมากน้อยต่างกัน คลื่นที่ยาวกว่าจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่า นับเป็นการจัดขบวนของคลื่นตามความเร็ว ขบวนของคลื่นเหล่านี้สามารถเดินทางได้ไกลมากสามารถวิ่งข้ามมหาสมุทร หรือวิ่งจากโลกใต้สู่ซีกโลกเหนือได้อย่างสบาย

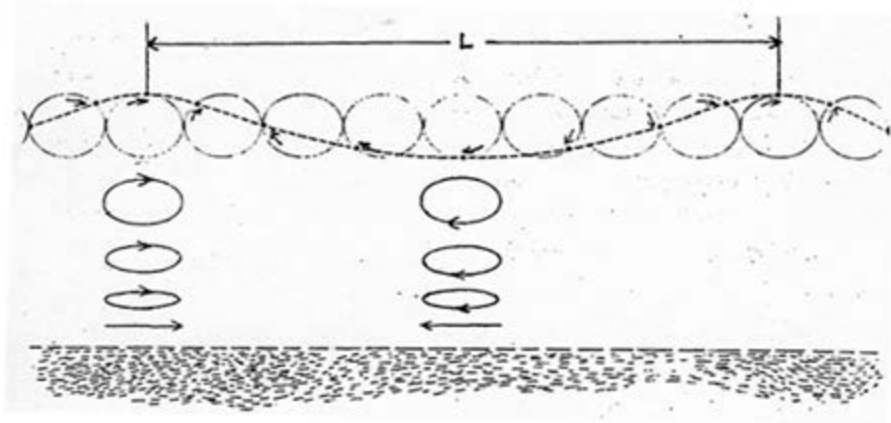
คลื่นน้ำตื้น (shallow-water wave)

คลื่นน้ำตื้นเป็นคลื่นอีกประเภทหนึ่งที่เกิดขึ้นตามชายฝั่ง บางครั้งเรียกว่า คลื่นยาว (L; Long wave) เพราะความยาวคลื่นมากเมื่อเทียบกับความลึก บริเวณที่ความลึกของน้ำน้อยกว่า $L/20$ พื้นทะเลจะเข้ามาเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของคลื่นมาก อนุภาคของน้ำที่ประกอบขึ้นเป็นตัวคลื่น จะหมุนเป็นวงรี และความเป็นวงรีจะเพิ่มขึ้นตามความลึก จนกระทั่งแบนราบเมื่อใกล้พื้นท้องทะเล รูปที่ 1 การหมุนเป็นวงรีของอนุภาคน้ำเท่ากับเป็นการทำให้การเคลื่อนที่ในแนวราบ ได้ระยะทางมากกว่าการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง บริเวณใกล้ ๆ พื้นมวลน้ำจึงเคลื่อนที่ไป-มา ในแนวราบ แต่เพียงอย่างเดียว เราจึงมักเห็นมวลน้ำโบกพัดสาหร่ายที่เกาะติดอยู่กับพื้นชัดเจน ความเร็วของคลื่นน้ำตื้น (C) อาจหาได้จากสูตร

$$C = 3.1\sqrt{d}$$

เมื่อ d = ความลึกของน้ำเป็นเมตร

ความสูงของคลื่นเพิ่มขึ้นตามความลาดชันของชายฝั่ง เมื่อถึงจุดหนึ่งที่คลื่นใกล้จะแตก น้ำจะหมุนเร็วมากทำให้ยอดคลื่นเสียการทรงตัว มวลน้ำที่ยอดคลื่น จะพังทลายลงสู่ท้องคลื่นในที่สุด ในจังหวะนี้เราเรียกว่าคลื่นแตก น้ำจะไม่หมุนเป็นวงรีอีกต่อไป



รูปที่ 1 แสดงการหมุนเวียนของอนุภาคน้ำในคลื่นน้ำตื้น
(ที่มา: <http://www.marine.tmd.go.th/thai/oceanwave-thai.html>)

ลมประเภทต่าง ๆ ของไทย

ลมมรสุม

ประเทศไทยอยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุมสองชนิด คือ มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทยระหว่างกลางเดือนพฤษภาคมถึง กลางเดือนตุลาคม โดยมีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกใต้ บริเวณมหาสมุทรอินเดีย ซึ่งพัดออกจากศูนย์กลางเป็นลมตะวันออกเฉียงใต้ และเปลี่ยนเป็น ลมตะวันตกเฉียงใต้เมื่อพัดข้ามเส้นศูนย์สูตร

ประมาณกลางเดือนตุลาคมจะมีมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทย จนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ มรสุมนี้มีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกเหนือแถบประเทศมองโกเลียและจีน จึงพัดพาเอามวลอากาศเย็นและแห้งจากแหล่งกำเนิดเข้ามาปกคลุมประเทศไทย

พายุฟ้าคะนอง

ประเทศไทยมีโอกาสเกิดพายุฟ้าคะนองมากในช่วงเดือนเมษายนถึงตุลาคม โดยเฉพาะเดือนเมษายนถึงพฤษภาคมเป็นช่วงที่มีโอกาสเกิดพายุฟ้าคะนองได้มาก เนื่องจากสภาพอากาศที่ร้อนอบอ้าว จึงมีการยกตัวขึ้นของมวลอากาศ และอาจมีมวลอากาศเย็นจากประเทศจีนแผ่ลงมา ในขณะที่มวลอากาศร้อนปกคลุมอยู่เหนือประเทศไทย ทำให้

เกิดการปะทะกันของมวลอากาศร้อนและเย็น ซึ่งในกรณีที่มีพายุฟ้าคะนองรุนแรงอาจมีฝนตกและมีลมกระโชกแรง

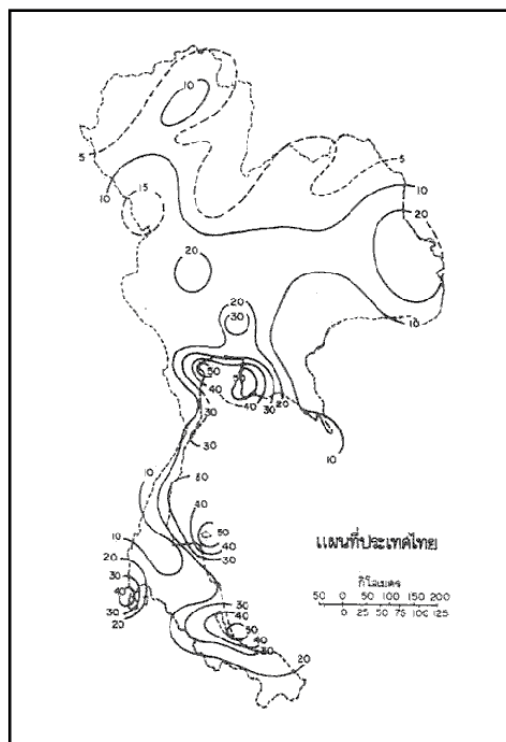
ลมผิวพื้น

ลมผิวพื้นที่พัดปกคลุมประเทศไทยผันแปรไปตามฤดูกาล ในฤดูหนาวหรือฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ลมที่พัดปกคลุมประเทศไทยตอนบน ส่วนใหญ่เป็นลมฝ่ายเหนือและลมตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนภาคใต้ลมที่พัดปกคลุมส่วนใหญ่เป็นลมตะวันออกเฉียงเหนือและลมตะวันออก ในช่วงฤดูฝนหรือฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ลมที่พัดปกคลุมประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นลมตะวันตก ลมตะวันตกเฉียงใต้และลมใต้ สำหรับช่วงฤดูร้อนเป็นช่วงที่ลมแปรปรวน แต่พื้นที่ส่วนใหญ่ โดยเฉพาะประเทศไทยตอนบนมักมีลมฝ่ายใต้พัดปกคลุม

พายุหมุนเขตร้อน

ประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างบริเวณแหล่งกำเนิดของพายุหมุนเขตร้อนทั้งสองด้าน ด้านตะวันออกคือมหาสมุทรแปซิฟิกและทะเลจีนใต้ ส่วนด้านตะวันตกคืออ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน โดยพายุมีโอกาสเคลื่อนจากมหาสมุทรแปซิฟิก และทะเลจีนใต้เข้าสู่ประเทศไทยทางด้านตะวันออก มากกว่าทางตะวันตก ปกติประเทศไทยจะมีพายุเคลื่อนผ่านเข้ามาได้โดยเฉลี่ยประมาณ 3 - 4 ลูกต่อปี

จากการศึกษา พลังงานที่เกิดจากลมในประเทศไทย พบว่าพลังงานลมจะมีมากในบริเวณชายฝั่งทะเล ดังรูปที่ 2 โดยตัวเลขที่บอกมีหน่วยเป็น วัตต์/ตารางเมตร พบว่า ในบริเวณอ่าวไทยตอนบน และบริเวณอ่าวไทยตอนล่างเป็นบริเวณที่ได้รับพลังงานจากลมมาก เพราะเป็นบริเวณเปิดที่ได้รับลมตลอดเวลา ไม่มีแนวแผ่นดิน เกาะ หรือแนวป้องกันแต่ประการใด



รูปที่ 2 แผนที่แสดงพลังงานลมในประเทศไทย

(ที่มา : http://www2.egat.co.th/re/egat_wind/wind_potential.htm)

หลักการของไดนาโม

ไดนาโม (Dynamo) คือ เครื่องกลที่เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า เราเรียกไดนาโมอีกชื่อหนึ่งว่า เครื่องจ่ายไฟฟ้า (Generator) การสร้างไดนาโมมาจากแนวความรู้ที่ว่า

1. เมื่อวางแท่งแม่เหล็กให้ขั้วต่างกันเข้าหากัน จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก ที่บริเวณระหว่างขั้วทั้งสองมาก
2. การเคลื่อนที่แท่งแม่เหล็กเข้าสู่ขดลวด หรือออกจากขดลวดก็ดี การเคลื่อนที่ขดลวดเข้าสู่หรือออกจากแท่งแม่เหล็กก็ดี การกระทำดังกล่าว ล้วนแต่ทำให้ขดลวดตัดกับเส้นแม่เหล็กเป็นผลให้เส้นแรงแม่เหล็กที่ตัดกับขดลวดตัวนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงจึงก่อให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้น เป็นเหตุให้มีกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำไหลขดลวดตัวนำ ดังรูปที่ 3 ถ้าเคลื่อนที่เข้าออกเร็วๆ จะได้กระแสมากขึ้น



รูปที่ 3 Wave energy converter ของ Oregon State University
(ที่มา: <http://significantdistraction.files.wordpress.com>)

วิธีการ

- 1 จัดทำแบบและเตรียมจัดทำเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลม (WECKU I)
- 2 ทดสอบประสิทธิภาพก่อนปล่อยลงน้ำ
- 3 ติดตั้งเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลม (WECKU I) ณ บริเวณพื้นที่เพาะเลี้ยงชายฝั่งสถานีวิจัยประมงศรีราชา จังหวัดชลบุรี ระดับความลึกน้ำเฉลี่ย 5 เมตร พร้อมตรวจวัดกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ผลิตได้
- 4 ติดตั้งเครื่องวัดความถี่คลื่น ความเร็วกระแสน้ำ ความกดอากาศ ขณะติดตั้ง เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลม (WECKU I)
- 5 คำนวณประสิทธิภาพของเครื่องมือ (WECKU I)
- 6 เสนอแนะข้อควรพัฒนา Wave Energy Converter (WECKU II) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องมือต่อไป
- 7 จัดทำรายงานสรุปโครงการ พร้อมข้อเสนอแนะ

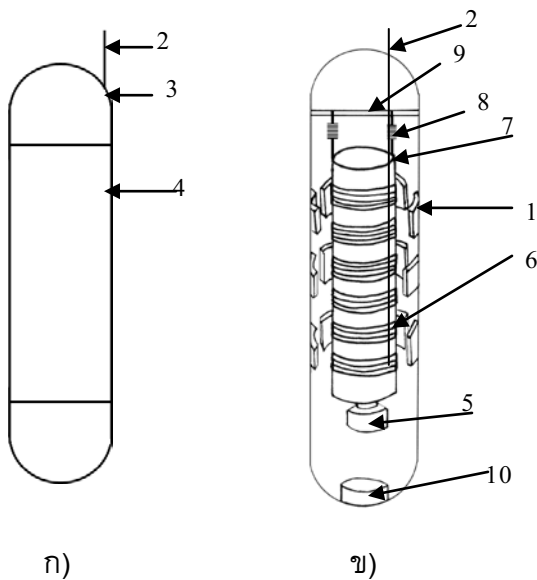
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1 จัดทำแบบและเตรียมจัดทำเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลม (WECKU I)

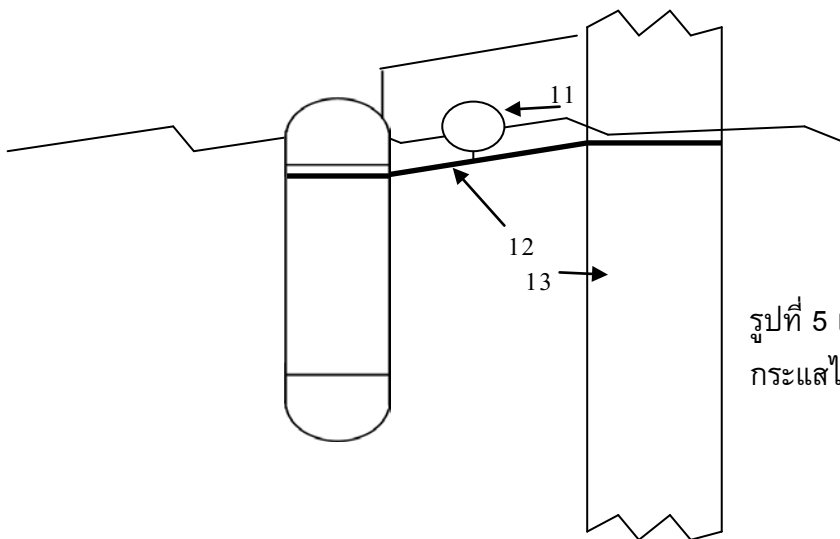
เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลมเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่เปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้าตามหลักการของไดนาโม ประกอบด้วย ท่อที่ทำจากฉนวนไฟฟ้า 2 ขนาด แม่เหล็กแรงสูง ขดลวดทองแดง อุปกรณ์ถ่วงน้ำหนัก สปริง และสายไฟนำส่งกระแสไฟฟ้า โดยนำแม่เหล็กติดรอบท่อด้านในเป็นวงหลายชั้น เพื่อผลิตสนามแม่เหล็กหลายแถบ ส่วนท่อฉนวนด้านในพันขดลวดทองแดงที่ต่ออนุกรม ยึดท่อด้านในกับท่อด้านนอกด้วยสปริงที่ยึดและหัดได้สะดวก และถ่วงน้ำหนักด้านล่างของท่อด้านใน เพื่อให้เกิดการยืดและหดตัวอย่างต่อเนื่องของสปริงตามการกระเพื่อมของคลื่นน้ำ ต่อสายไฟที่เชื่อมต่อกับขดลวดทองแดงออกไปเพื่อจ่ายไฟ

ถ่วงน้ำหนักเพื่อให้อุปกรณ์เมื่ออยู่ในน้ำจะตั้งตรงไว้ที่ผิวด้านล่างของท่อ ปิดฝาท่อด้านบนและล่าง กันน้ำเข้าภายในท่อ ผูกทุ่นลอยไว้กับอาคารหรือวัสดุที่แข็งแรง และไม่เคลื่อนที่ในน้ำ เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลมจะตั้งในแนวตั้งขณะที่อยู่ในน้ำ นำอุปกรณ์ลงน้ำ คลื่นที่เกิดจากลมซึ่งมีพลังงาน จะยกเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลมให้ขยับขึ้นลงในแนวตั้ง พร้อมๆ กับสปริงที่ติดตั้งอยู่ด้านใน ทำให้เกิดการยืดและหดของสปริง ท่อฉนวนด้านในซึ่งต่อกับสปริงจะขยับตามจังหวะของสปริง ขณะเดียวกันขดลวดทองแดงที่พันรอบท่อด้านในจะขยับตาม เกิดการเคลื่อนไหวของขดลวดทองแดงตัดผ่านสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าจ่ายออกมาตามสายไฟที่ได้ต่อเชื่อมไว้

ความมุ่งหมายของการประดิษฐ์นี้ คือ การจัดการให้มีเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลม โดยอาศัยพลังงานจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลมเคลื่อนที่ในแนวตั้งยกเครื่องฯ เพื่อขยับสปริงที่ยึดโยงกับขดลวดทองแดงให้ยืดและหดพร้อมกับขดลวดทองแดงเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็ก เหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้า สามารถใช้เป็นพลังงานทดแทนพลังงานน้ำมัน หรือพลังงานจากฟอสซิล เป็นพลังงานทางเลือกอีกทางหนึ่งสำหรับผู้ใช้ไฟบริเวณชายฝั่งทะเล



รูปที่ 4 กลไกของเครื่องผลิต
กระแสไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิด
จากลม ก) ภายนอก ข) ภายใน



รูปที่ 5 แสดงการติดตั้งเครื่องผลิต
กระแสไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลม

รายละเอียดส่วนประกอบ การประกอบและติดตั้ง

เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลมภายนอก ประกอบด้วยท่อที่เป็น
ฉนวนรูปทรงกระบอกภายนอก(4) พร้อมฝาปิด(3) และมีแม่เหล็กแรงสูง(1) โดยรอบท่อที่
เป็นฉนวน(4) มีสายเชื่อมต่อส่วนผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อจ่ายไฟฟ้าออก(2)

เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลมภายในซึ่งเป็นส่วนผลิต
กระแสไฟฟ้า ประกอบด้วยท่อที่เป็นฉนวนรูปทรงกระบอกภายใน(7) ติดตั้งขดลวดทองแดง
(6) ต่ออนุกรมไฟฟ้าระหว่างขดลวดทองแดง(2) ยึดท่อที่เป็นฉนวน(7) กับสปริง(8) และยึด

สปริงเข้ากับคาน(9) เพื่อให้เกิดการยืดหดของสปริง(8) เกิดการสั่นไหวเมื่อมีแรงของคลื่นน้ำมากระทำ พร้อมกับถ่วงน้ำหนัก(5)เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการยืดหดจากสปริง(8) ต่อสายไฟ (2) จากแหล่งจ่ายไฟ

การติดตั้งเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลม ประกอบด้วยการถ่วงน้ำหนัก(10)ไว้บริเวณฝาชุดผลิตกระแสไฟฟ้าด้านใน เพื่อให้เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า ขณะลอยน้ำจะตั้งอยู่ในแนวตั้ง ผูกเชือก(12)ยึดเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าไว้กับเสาหลักที่มั่นคง (13) ผูกทุ่นลอย (11) กับเชือก (12) เพื่อให้เชือกลอยและไม่พันกับวัสดุอื่น

2 ทดสอบประสิทธิภาพก่อนปล่อยลงน้ำ

แม่เหล็ก

สนามแม่เหล็ก (Magnetic Field) คือ บริเวณที่แท่งแม่เหล็กส่งอำนาจการดึงดูดไปถึง เส้นแรงแม่เหล็ก (Magnetic Lines of Force) คือ เส้นสมมติเสมือนว่าแท่งแม่เหล็กส่งอำนาจการดึงดูดไปถึง ฟลักซ์แม่เหล็ก (Magnetic flux,) คือปริมาณเส้นแรงแม่เหล็กหรือจำนวนของเส้นแรงแม่เหล็กที่พุ่งจากขั้วหนึ่งไปยังขั้วหนึ่งของแท่งแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เวเบอร์ (Weber,Wb) ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก หรือ ความเข้มของสนามแม่เหล็ก (Magnetic flux densit) คือ จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กต่อหน่วย พื้นที่ที่เส้นแรงแม่เหล็กตกตั้งฉากเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็น Wb/m^2 หรือ เทสลา (Tesla,T) จากนิยามจะได้ว่า

$$\phi = B \cdot A \quad (i)$$

เมื่อ ϕ คือ ฟลักซ์แม่เหล็ก มีหน่วยเป็น Wb

B คือ ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก หรือ มีหน่วยเป็น Wb/m^2 หรือ เทสลา (T)

A คือ พื้นที่ที่ตกตั้งฉาก มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2)

จากการวัดสนามแม่เหล็กเบื้องต้นโดยใช้ Continuous-time ratiometric linear hall effect sensors (A 1302) พบว่า ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (B) มีค่าประมาณ 0.1 T

เมื่อนำมาคำนวณหาค่าฟลักซ์แม่เหล็ก (ϕ) บนพื้นที่หน้าตัดของก้อนแม่เหล็กมีค่าประมาณ 0.03 เมตร x 0.03 เมตร พบว่า

$$\begin{aligned}
 \phi &= B \times A \\
 &= 0.1 * 0.03 * 0.03 \\
 &= 0.00009 \text{ Wb} \quad \text{ต่อก้อนแม่เหล็ก 1 ก้อน}
 \end{aligned}$$

แม่เหล็กที่นำมาติดตั้งกับเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลมติดตั้งเป็นชั้นชั้นละ 6 ก้อน ดังนั้น ค่าฟลักซ์แม่เหล็กต่อแม่เหล็ก 6 ก้อน หรือต่อชั้นจะมีค่าประมาณ 0.00054 weber

การคำนวณหาค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ สามารถคำนวณได้จาก(ii)

$$E = N \left(\frac{d\phi}{dt} \right) \quad (ii)$$

เมื่อ E แรงเคลื่อนไฟฟ้า (V)
 N จำนวนรอบของขดลวดทองแดง
 $\left(\frac{d\phi}{dt} \right)$ ความถี่ของสนามแม่เหล็กที่ขดลวดได้รับต่อวินาที

จากแบบของเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลมกำหนดให้ จำนวนรอบของขดลวดทองแดงเป็น 200 รอบ ดังนั้น จะได้

$$\text{แรงเคลื่อนไฟฟ้า (E)} = 200 * 0.00054 = 0.108 \text{ Volt ต่อ 1 ขดลวด}$$

ถ้าขดลวด 3 แกบตัดผ่านสนามแม่เหล็กพร้อมกัน จะได้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็น 3 เท่า คือ 0.324 Volt ที่ความถี่ 1 Hz

ข้อสังเกต

ถ้าความถี่ของสนามแม่เหล็กที่ขดลวดได้รับต่อวินาที $\left(\frac{d\phi}{dt} \right)$ มากขึ้น จะทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้ามากขึ้นหรือสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากขึ้นด้วย

สปริง

การทดสอบการยืดของสปริงเทียบกับมวลถ่วงเพื่อคำนวณหาค่านิจสปริง (K) และกำหนดตำแหน่งการติดตั้งขดลวดทองแดงและก้อนแม่เหล็ก

ค่านิจของสปริงคือ แรงที่ทำให้สปริงยืดหรือหดต่อความยาวหนึ่งหน่วย ค่านิจสปริงแต่ละอันจะไม่เท่ากับขึ้นกับความแข็งของสปริง สปริงที่แข็งมากจะมีค่านิจสปริงมาก สปริงที่อ่อนจะมีค่านิจสปริงน้อย

ดำเนินการในห้องปฏิบัติการ โดยถ่วงมวลต่างๆ และวัดระยะสปริงยืด กำหนดให้มีสปริง 2 ความยาว คือ ความยาวสปริง (S1)=3.7 ซม. และ ความยาวสปริง (S2)=5.6 ซม. ผลการทดลองเป็นดังนี้

ตาราง 1 ระยะยืดของสปริง (S1) เทียบกับมวล

มวล(กรัม)	ความยาวสปริง(ซม.)	ความยาวสปริงที่เพิ่มขึ้น(ซม.)
0	3.7	
50	4.2	0.5
100	5.3	1.1
150	5.7	0.4
200	6.1	0.4
250	7.3	1.2
300	7.9	0.6
350	8.5	0.6
400	9.3	0.8
450	10.1	0.8
500	10.9	0.8
550	11.8	0.9
600	12.6	0.8
650	13.3	0.7

จะได้ค่านิจสปริง(K) ประมาณ 70 N/m

ตาราง 2 ระยะยืดของสปริง (S2) เทียบกับน้ำหนัก

น้ำหนัก(กรัม)	ความยาวสปริง(ซม.)	ความยาวสปริงที่เพิ่มขึ้น(ซม.)
0	5.6	
50	5.8	0.2
100	7.3	1.5
150	8.6	1.3
200	10.1	1.5
250	11.5	1.4
300	13.0	1.5
350	14.3	1.3
400	15.8	1.5
450	17	1.2
500	18.1	1.1
550	19.9	1.8
600	21.1	1.2
650	22.5	1.4

จะได้ค่านิจสปริง(K) ประมาณ 40 N/m

ความถี่ธรรมชาติ (Natural Frequency)

เมื่อทำให้วัตถุสั่นหรือแกว่งอย่างอิสระ วัตถุจะสั่นหรือแกว่งด้วยความถี่คงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งเรียกความถี่นี้ว่า ความถี่ธรรมชาติ ความถี่ธรรมชาติในการสั่นของมวลติดสปริง (f) สามารถแสดงดังสมการ(iii)

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}} \quad (iii)$$

เมื่อ K ค่านิจสปริง (N/m)
m มวล (Kg)

ตาราง 3 ความถี่ธรรมชาติของสปริง (S1) เทียบกับน้ำหนัก

น้ำหนัก(กรัม)	ความถี่(รอบต่อวินาที)
433	2
600	1.56
700	1.53
800	1.41
900	1.34

ตาราง 4 ความถี่ธรรมชาติของสปริง (S2) เทียบกับน้ำหนัก

น้ำหนัก(กรัม)	ความถี่(รอบวินาที)
200	2.64
300	2.30
400	2
500	1.86

ขนาดของขดลวดทองแดง

เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลม ขดลวดที่เลือกใช้เป็นขดลวดขนาดต่างๆ กันดังนี้

ขดลวดเบอร์ 19 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 มม.

ขดลวดเบอร์ 27 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.42 มม.

ตาราง 5 ผลการผลิตกระแสไฟฟ้าจากการสั้นขดลวดเบอร์ 19 และ 27

ขดลวด	จำนวนรอบขดลวดทองแดง(รอบ)	ความต่างศักย์ไฟฟ้า(V)	กระแสไฟฟ้า(mA)	ความต้านทานไฟฟ้า(Ω)
เบอร์ 19 จำนวน 1 ชุด	268	0.2	7	6
เบอร์ 27 จำนวน 1 ชุด	260	0.4	7	6
เบอร์ 27 จำนวน 3 ชุด	260x3	1.4	10	7.5
ต่ออนุกรมกัน				

3 ติดตั้งเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลม ณ บริเวณพื้นที่เพาะเลี้ยงชายฝั่ง
 สถานีวิจัยประมงศรีราชา จังหวัดชลบุรี ระดับความลึกน้ำเฉลี่ย 5 เมตร พร้อมตรวจวัดสภาพทาง
 ไฟฟ้าเฉลี่ยที่ผลิตได้จากเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลม ณ ตำแหน่ง
 $13^{\circ}11'10.4388''$ N และ $100^{\circ}55'15.5784''$ E ระหว่างวันที่ 31 สิงหาคม 2554 – 1 กันยายน
 2554

ตาราง 6 สภาพทางไฟฟ้าเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้จากเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลม
 วันที่ 31 สิงหาคม 2554 เวลา 18:30 น.

ครั้งที่	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	กระแสไฟฟ้า(mA)	ความต่างศักย์ไฟฟ้า(V)
1	21	0.5	0.1
2	22	0.7	0.05
3	22	0.8	0.1
4	22	0.8	0.05
5	22	0.5	0.08
6	23	0.7	0.13
7	23	1	0.13
8	23	0.5	0.07
9	23	0.5	0.15
10	24	1	0.07
11	24	1	0.05
12	25	0.5	0.05
13	25	1	0.15
14	25	1	0.1
15	25	1	0.12
16	25	0.5	0.08
17	26	0.7	0.08
18	26	0.7	0.08
19	26	0.7	0.04
20	27	1	0.13

ตาราง 7 สภาพทางไฟฟ้าเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้จากเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลม
วันที่ 1 กันยายน 2554 เวลา 6:30 น.

ครั้งที่	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	กระแสไฟฟ้า(mA)	ความต่างศักย์ไฟฟ้า(V)
1	12	0.5	0.05
2	12	0.7	0.1
3	13	0.8	0.1
4	13	0.5	0.05
5	14	0.6	0.1
6	16	1	0.1
7	16	0.5	0.05
8	16	0.5	0.08
9	16	1	0.07
10	14	1.2	0.07
11	13	1.3	0.1
12	11	1	0.12
13	12	0.5	0.15
14	13	0.8	0.15
15	11	0.7	0.12
16	13	1	0.08
17	15	0.8	0.1
18	14	0.3	0.1
19	16	0.8	0.08
20	16	1	0.15

ตาราง 8 สภาพทางไฟฟ้าเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้จากเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลม
วันที่ 1 กันยายน 2554 เวลา 12:00 น.

ครั้งที่	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	กระแสไฟฟ้า(mA)	ความต่างศักย์ไฟฟ้า(V)
1	25	1	0.15

2	26	1	0.1
3	27	0.5	0.1
4	27	0.5	0.12
5	28	0.65	0.08
6	29	0.7	0.12
7	29	0.7	0.08
8	27	0.8	0.1
9	28	1	0.08
10	29	1	0.12
11	27	0.5	0.13
12	28	0.5	0.1
13	29	1.2	0.1
14	29	0.7	0.12
15	31	0.5	0.1
16	29	1	0.1
17	30	0.8	0.1
18	30	0.5	0.05
19	30	1	0.07
20	29	0.7	0.12

ตาราง 9 สภาพทางไฟฟ้าเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้จากเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลม
วันที่ 1 กันยายน 2554 เวลา 17:00 น.

ครั้งที่	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	กระแสไฟฟ้า(mA)	ความต่างศักย์ไฟฟ้า(V)
1	17	0.8	0.1
2	17	0.8	0.07
3	17	0.7	0.15
4	17	0.8	0.12
5	15	0.9	0.1
6	15	0.8	0.1
7	18	0.7	0.15

8	17	1.2	0.12
9	16	1	0.15
10	19	1	0.12
11	18	0.9	0.1
12	20	1.2	0.13
13	20	1	0.1
14	19	1	0.12
15	17	0.8	0.15
16	18	1	0.1
17	17	0.9	0.12
18	17	1.3	0.12
19	17	1	0.15
20	16	1	0.15

จากการติดตั้งเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลม ในช่วงวันที่ 31
สิงหาคม -1 กันยายน 2554 พบว่าเครื่องความเร็วลมอยู่ในช่วง 10-30 เมตร/วินาที สามารถ
ผลิตกระแสไฟฟ้าสูงสุด 1.3 mA ความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุด 0.15 V ดังตาราง 6-9

4 ติดตั้งเครื่องวัดความถี่คลื่น ความเร็วกระแสลม ความกดอากาศ

การติดตั้งชุดตรวจวัดสภาพอากาศ (Davis Weather Monitor II) ระดับความสูง 10 เมตรจากระดับน้ำทะเล ความถี่การเก็บข้อมูล 10 นาที เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ในช่วงวันที่ 25-27 กันยายน 2553, 9-10 ตุลาคม 2553, 22-23 มกราคม 2554, 13-14 มิถุนายน 2554, และ 31 สิงหาคม -1 กันยายน 2554 บริเวณพื้นที่เพาะเลี้ยงชายฝั่งของสถานีวิจัยประมงศรีราชา ($13^{\circ}11'10.4388''$ N และ $100^{\circ}55'15.5784''$ E)



รูป 6 ชุดตรวจวัดความเร็วลม(Davis Weather Monitor II)

การติดตั้งชุดตรวจวัดความสูงคลื่น (HOBO U20 Water Level Data Logger) ระดับความลึกน้ำ 3 เมตรจากระดับน้ำทะเล ความถี่การเก็บข้อมูล 1 วินาที เป็นระยะเวลาต่อเนื่อง ในช่วงวันที่ 25-27 กันยายน 2553, 9-10 ตุลาคม 2553, 22-23 มกราคม 2554, 13-14 มิถุนายน 2554, และ 31 สิงหาคม -1 กันยายน 2554 บริเวณพื้นที่เพาะเลี้ยงชายฝั่งของสถานีวิจัยประมงศรีราชา ($13^{\circ}11'10.4388''$ N และ $100^{\circ}55'15.5784''$ E)



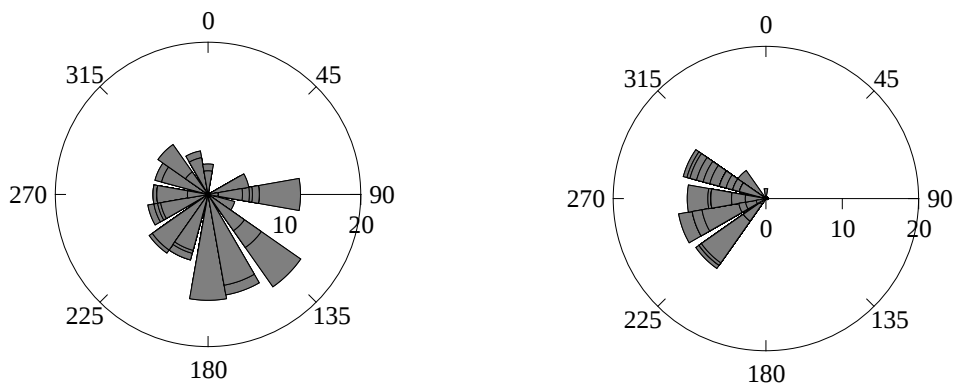
รูป 7 ชุดตรวจวัดความสูงคลื่น(HOBO U20 Water Level Data Logger)

ตารางการเก็บข้อมูลความสูงคลื่น ความเร็วลมและความกดอากาศในช่วงวันที่ 25-27 กันยายน 2553, 9-10 ตุลาคม 2553, 22-23 มกราคม 2554, 13-14 มิถุนายน 2554, และ 31 สิงหาคม -1 กันยายน 2554 ตามลำดับ แสดงดังตาราง 10

ตาราง 10 รายการเก็บข้อมูล และวันเก็บข้อมูล

รายการเก็บข้อมูล	25-27 กย 2553	9-10 ตค 2553	22-23 มค 2554	13 มิย 2554	31 สค -1 กย 2554
วัดความสูงคลื่น	x	x	x	x	x
วัดความเร็วกระแสลม	x	x	x	x	x
ความกดอากาศ	x	x	x	x	x

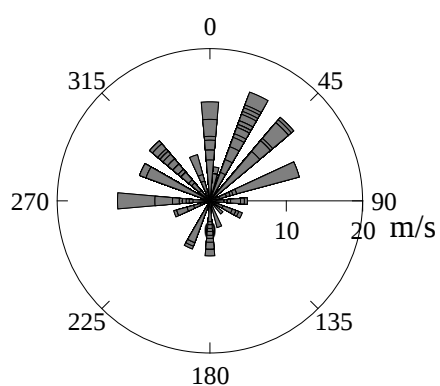
ผลการตรวจวัดความเร็วลมในช่วงในช่วงวันที่ 25-27 กันยายน 2553, 9-10 ตุลาคม 2553, 22-23 มกราคม 2554, 13-14 มิถุนายน 2554, และ 31 สิงหาคม -1 กันยายน 2554 ตามลำดับ สามารถแสดงดังแผนภูมิกู่หลาย ดังรูป 8



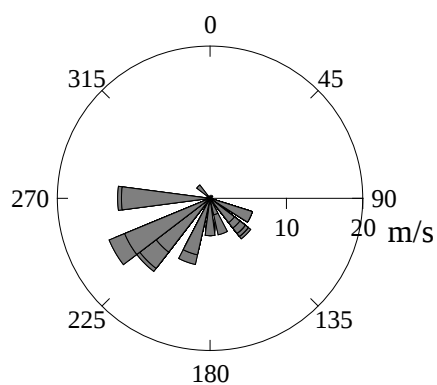
m/s

m/s

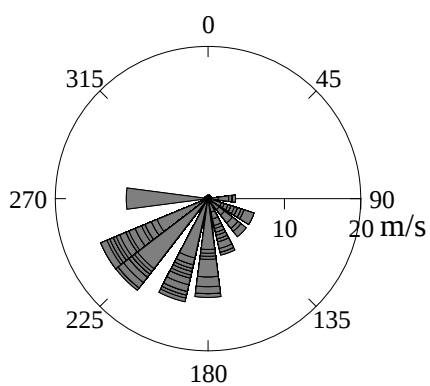
25-27 กันยายน 2553 (A)



9-10 ตุลาคม 2553 (B)



22-23 มกราคม 2554 (C)



13-14 มิถุนายน 2554 (D)

31 สิงหาคม -1 กันยายน 2554 (E)

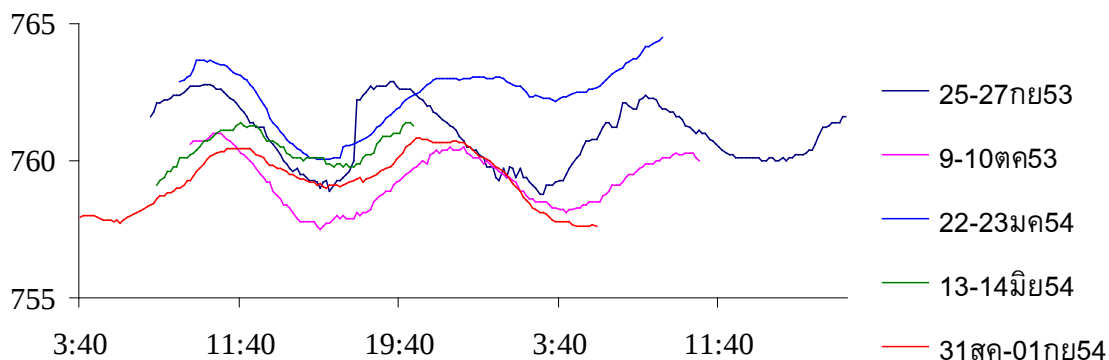
รูป 8 ความเร็วลมพื้นผิวน้ำทะเลในช่วงวันที่ 25-27 กันยายน 2553 (A), 9-10 ตุลาคม 2553 (B), 22-23 มกราคม 2554 (C), 13-14 มิถุนายน 2554 (D), และ 31 สิงหาคม -1 กันยายน 2554 (E)

เปรียบเทียบกับข้อมูลความเร็วลมที่รวบรวมได้จากหุ่นสมุทรศาสตร์ของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ปี 2537 ของหุ่นตำแหน่งเกาะสี่ขั้วรูป 10 พบว่าความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดในแต่ละเดือนประมาณ 10-15 m/s ซึ่งสอดคล้องกับความเร็วลมที่เก็บรวบรวมได้ดังตาราง 11

ตาราง 11 ความเร็วลมช่วงวันที่ 25-27 กันยายน 2553, 9-10 ตุลาคม 2553, 22-23 มกราคม 2554, 13-14 มิถุนายน 2554, และ 31 สิงหาคม -1 กันยายน 2554

วันที่เก็บข้อมูล	ทิศทางลมพัดมาจาก	อัตราเร็วสูงสุด (m/s)
25-27 กันยายน 2553	ตะวันออกเฉียงใต้	15
9-10 ตุลาคม 2553	ตะวันตกเฉียงใต้	13
22-23 มกราคม 2554	ตะวันออกเฉียงเหนือ	14
13-14 มิถุนายน 2554	ตะวันตกเฉียงใต้	13
31 สิงหาคม -1 กันยายน 2554	ตะวันตกเฉียงใต้	15

จากการเก็บข้อมูลความกดอากาศด้วย Davis Weather Monitor II ในระหว่างวันที่ 25-27 กันยายน 2553, 9-10 ตุลาคม 2553, 22-23 มกราคม 2554, 13-14 มิถุนายน 2554, และ 31 สิงหาคม -1 กันยายน 2554 พบว่า ความกดอากาศ อยู่ในช่วง 757-765 mmHg โดยมีความกดอากาศสูงในช่วงเวลาเที่ยงวัน (12:00 น.) และเวลาเที่ยงคืน (24:00 น.) และความกดอากาศต่ำในช่วงเวลาใกล้ค่ำ (18:00 น.) และเวลาก่อนสว่าง (6:00 น.) ตามลำดับ ดังรูป 9



รูป 9 ความกดอากาศพื้นผิวน้ำทะเลในช่วงวันที่ 25-27 กันยายน 2553, 9-10 ตุลาคม 2553, 22-23 มกราคม 2554, 13-14 มิถุนายน 2554, และ 31 สิงหาคม -1 กันยายน 2554 ตามลำดับ

ข้อสังเกต ความกดอากาศของวันที่ 25-27 กันยายน 2553 และ 22-23 มกราคม 2554 มีค่าความกดอากาศที่ผิดเพี้ยนไปเล็กน้อยเนื่องจากเป็นช่วงที่มีความกดอากาศสูงในอ่าวไทยพอดี

ข้อมูลความสูงคลื่นจากเก็บข้อมูลด้วยชุดอุปกรณ์วัดระดับความสูงน้ำทะเล (HOBO U20 Water Level Data Logger) ระดับความลึกน้ำ 3 เมตรจากระดับน้ำทะเล ความถี่การเก็บข้อมูล 30-1 วินาที เป็นระยะเวลาต่อเนื่อง ในช่วงวันที่ 25-27 กันยายน 2553, 9-10 ตุลาคม 2553, 22-23 มกราคม 2554, 13-14 มิถุนายน 2554, และ 31 สิงหาคม -1 กันยายน 2554 บริเวณพื้นที่เพาะเลี้ยงชายฝั่งของสถานีวิจัยประมงศรีราชา ($13^{\circ}11'10.4388''$ N และ $100^{\circ}55'15.5784''$ E) พบ ความสูงคลื่นน้ำ significant wave height ของคลื่นเป็นดังตาราง 12 คืออยู่ในช่วง 1-9 ซม. โดยคลื่นที่สูงที่สุดอยู่ในช่วงวันที่ 1 กันยายน 2554 ซึ่งเป็นช่วงที่ลมตะวันตกเฉียงใต้พัดพาฝนตกในประเทศไทย คาบคลื่นที่เกิดจากลมในบริเวณอ่าวศรีราชาอยู่ในช่วง 1-3 วินาที ซึ่งจะทำให้ได้ค่าความสูงคลื่นที่ชัดเจนดังที่ได้เปรียบเทียบความสูงคลื่นน้ำที่เกิดจากลมในช่วงคาบเวลาต่างๆ กัน คลื่นสูงสุดโดยเฉลี่ยของแต่ละรอบการเก็บข้อมูลประมาณ 11-25 ซม. เปรียบเทียบกับความสูงคลื่นน้ำทะเลที่รวบรวมได้จากทุนสมุทรศาสตร์ของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ปี 2537 ของทุนตำแหน่งเกาะสี่ซึ่งรูป 11 พบว่าความสูงคลื่นสูงสุดประมาณ 20-60 ซม

ตาราง 12 ความสูงคลื่น คาบคลื่น และ significant wave height ในช่วงวันที่ 25-27 กันยายน 2553, 9-10 ตุลาคม 2553, 22-23 มกราคม 2554, 13-14 มิถุนายน 2554, และ 31 สิงหาคม -1 กันยายน 2554 ในช่วงเวลาต่างๆ ตามลำดับ

รายการ	25 กย 2553 9:00 น 25 กย 2553 7:00 น	9 ตค 2553 13-15			9 ตค 17:00 10 ตค 5:00	10 ตค 2553 7:00-11:00			22 มค 2554 1:00-5:00		
คาบเวลา(วินาที)	30s	1s	2s	3s	3s	1s	2s	3s	1s	2s	3s
จำนวนข้อมูลคลื่นสูง 0-5cm	3387	6937	7155	7481	8241	10114	10024	10180	9473	9400	9417
จำนวนข้อมูลคลื่นสูง 6-10cm	9	586	380	55	791	77	167	11	34	101	83
จำนวนข้อมูลคลื่นสูง 11-15cm		13	1		98					6	7
จำนวนข้อมูลคลื่นสูง 16-20cm					11						
จำนวนข้อมูลคลื่นสูง 21-25cm					2						
จำนวนข้อมูลคลื่นสูง 26-30cm											
จำนวนข้อมูลคลื่นสูง 31-35cm											
จำนวนข้อมูลทั้งหมด	0	7536	7536	7536	9143	10191	10191	10191	9507	9507	9507
significant wave height (cm)	2	5	4	3	5	3	4	3	3	3	2

ตาราง 12 (ต่อ)

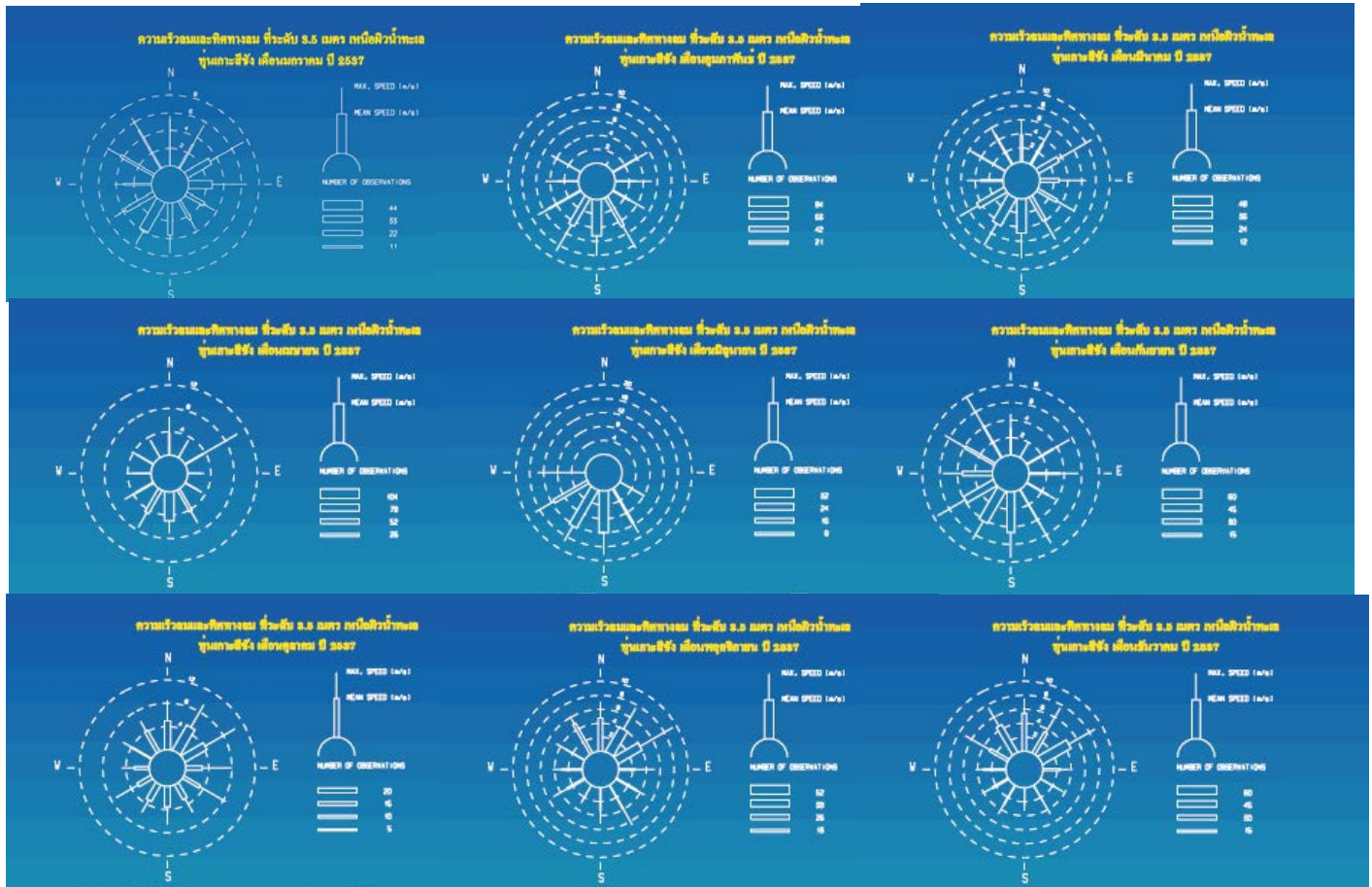
รายการ	22 มค 2554 9:00-13:00		22 มค 2554 10:00-12:00			22 มค 2554 14:00-17:00			23 มค 2554 5:00-7:00		13 มีย 19:00 14 มีย 1:00		
คาบเวลา(วินาที)	2s	3s	1s	2s	3s	1s	2s	3s	2s	3s	1s	2s	3s
จำนวนข้อมูลคลื่นสูง 0-5cm	5817	5817	6394	6389	6395	9066	9057	9057	3438	3438	14746	12954	15379
จำนวนข้อมูลคลื่นสูง 6-10cm	4	4	1	6		6	15	18			1679	3197	1081
จำนวนข้อมูลคลื่นสูง 11-15cm											55	314	20
จำนวนข้อมูลคลื่นสูง 16-20cm												15	
จำนวนข้อมูลคลื่นสูง 21-25cm													
จำนวนข้อมูลคลื่นสูง 26-30cm													
จำนวนข้อมูลคลื่นสูง 31-35cm													
จำนวนข้อมูลทั้งหมด	5821	5821	6395	6395	6395	9072	9072	9075	3438	3438	16480	16480	16480
significant wave height (cm)	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1	5	7	4

ตาราง 12 (ต่อ)

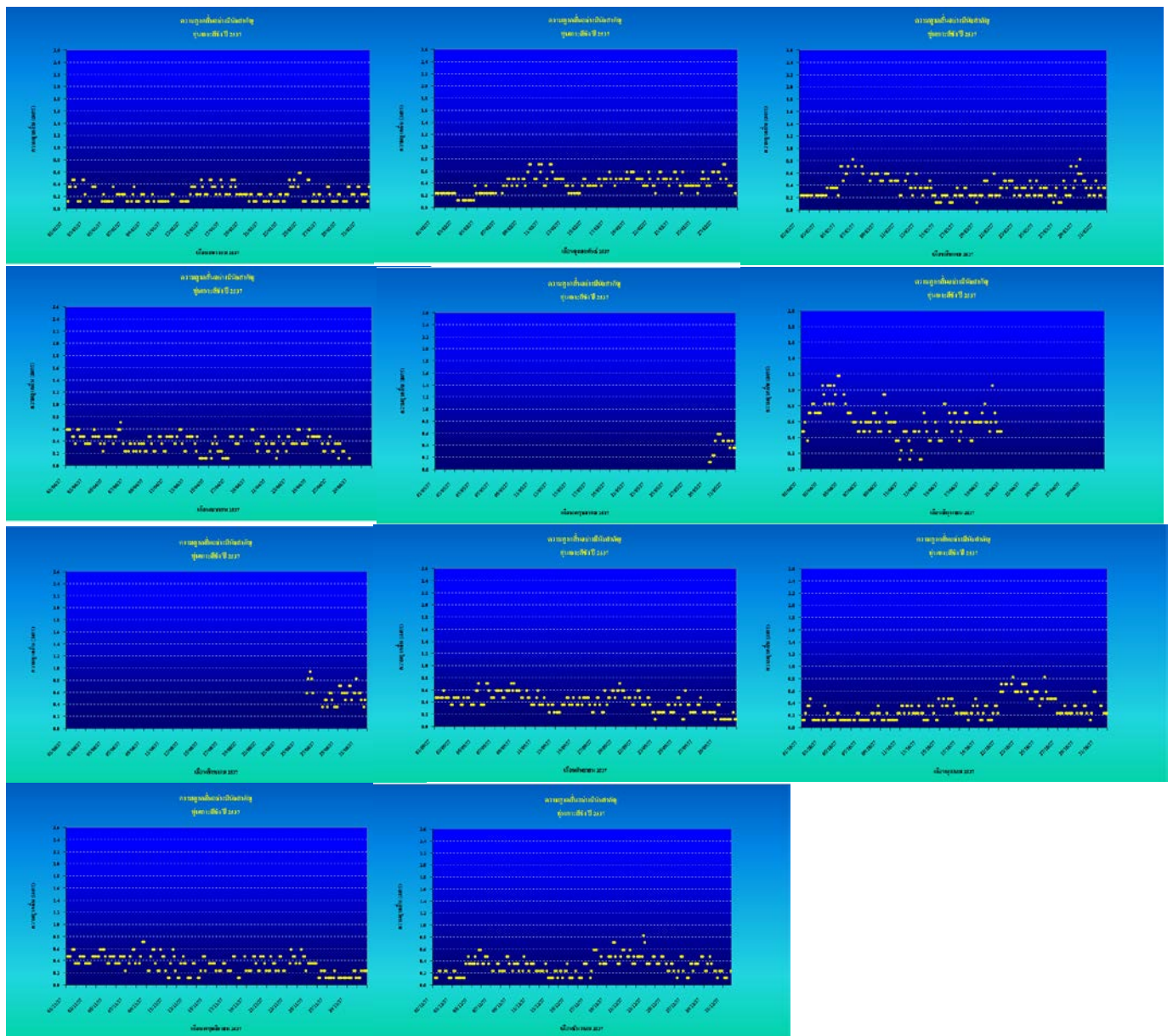
รายการ	14 มิย 54 1:00-7:00			14 มิย 54 9:00-15:00			14 มิย 54 11:00-17:00			31 สค 2554 15:00-18:00		
คาบเวลา(วินาที)	1s	2s	3s	1s	2s	3s	1s	2s	3s	1s	2s	3s
จำนวนข้อมูลคลื่นสูง 0-5cm	18296	17560	18668	14796	13863	16292	17670	16937	18477	10304	10332	10555
จำนวนข้อมูลคลื่นสูง 6-10cm	416	1140	44	2386	3152	1205	1011	1695	239	260	234	11
จำนวนข้อมูลคลื่นสูง 11-15cm		12		355	483	76	35	82	1	2		
จำนวนข้อมูลคลื่นสูง 16-20cm				34	65	2	1	3				
จำนวนข้อมูลคลื่นสูง 21-25cm				4	12							
จำนวนข้อมูลคลื่นสูง 26-30cm												
จำนวนข้อมูลคลื่นสูง 31-35cm												
จำนวนข้อมูลทั้งหมด	18712	18712	18712	17575	17575	17575	18717	18717	18717	10566	10566	10566
significant wave height (cm)	4	4	3	6	7	4	4	5	3	3	3	2

ตาราง 12 (ต่อ)

รายการ	31 สค 2554 15:00-18:00			31 สค 2554 19:00-24:00			1 กย 2554 1:00-6:00			1 กย 2554 12:00-17:00		
คาบเวลา(วินาที)	1s	2s	3s	1s	2s	3s	1s	2s	3s	1s	2s	3s
จำนวนข้อมูลคลื่นสูง 0-5cm	10071	10106	10324	16675	16622	16786	14382	13913	16904	12215	12210	14638
จำนวนข้อมูลคลื่นสูง 6-10cm	270	241	23	150	202	39	3912	4337	1998	4064	4316	2579
จำนวนข้อมูลคลื่นสูง 11-15cm	6				1		671	730	156	1023	885	295
จำนวนข้อมูลคลื่นสูง 16-20cm							94	78	5	197	114	32
จำนวนข้อมูลคลื่นสูง 21-25cm							4	4		40	19	1
จำนวนข้อมูลคลื่นสูง 26-30cm								1		5	1	
จำนวนข้อมูลคลื่นสูง 31-35cm										1		
จำนวนข้อมูลทั้งหมด	10347	10347	10347	16825	16825	16825	19063	19063	19063	17545	17545	17545
significant wave height (cm)	3	3	2	3	3	2	7	8	5	9	8	6



รูป 10 ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนในรอบปี 2537 ณ ท่าอากาศยานภูเก็ต (ที่มา : http://gistda.or.th/gistda_n/)



รูป 11 ข้อมูลความสูงคลื่นเฉลี่ยรายเดือนในรอบปี 2537 ณ ท่าสมุทรศาสตร์เกาะสีชัง
(ที่มา : http://gistda.or.th/gistda_n/)

5 ประสิทธิภาพของเครื่องมือ (WECKU I)

พลังงานที่เกิดจากคลื่นสามารถหาได้จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจากคลื่น
เทียบกับความสูงของคลื่นยกกำลังสอง ดังสมการ

$$E = \frac{1}{16} \rho g H^2$$

เมื่อ	E	คือพลังงานจลน์ที่เกิดจากคลื่นน้ำ
	ρ	คือความหนาแน่น 1000 kg/m ³
	g	คือความโน้มถ่วงโลก 9.81 m/s ²
	H	คือความสูงคลื่นเฉลี่ย

จากความสัมพันธ์ดังกล่าว และความเร็วลมในเขตพื้นที่อ่าวศรีราชาประมาณ 10 เมตรต่อวินาที สามารถมีความสูงคลื่นเฉลี่ย 1-9 ซม. ดังนั้น ทั้งนี้กำหนดให้ตัวแทนความสูงคลื่นเฉลี่ยคือ 5 ซม. พลังงานจลน์ที่สามารถเกิดขึ้นได้จากคลื่นต่อตารางเมตร หรือเครื่อง WECKU I สามารถผลิตพลังงานได้ประมาณ 1.5 จูล/ตารางเมตร และในพื้นที่อ่าวฯ ค่าเฉลี่ยคาบคลื่นประมาณ 1-3 วินาที ดังนั้นประมาณค่ากำลังไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ในเขตพื้นที่อ่าวศรีราชาจากเครื่องมือจะเป็น 0.5 วัตต์ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร จากขนาดของ WECKU I ใช้พื้นที่ของเครื่องมือประมาณ 0.001 ตารางเมตร (รัศมีทรงกระบอกของ WECKU I เป็น 5 ซม.) ดังนั้น กำลังไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้โดยประมาณ จะอยู่ที่ 0.0005 วัตต์/ชุดเครื่องมือ (ทั้งนี้ยังไม่ได้ปรับลดความสูญเสียที่เกิดจากการเปลี่ยนจากพลังงานจลน์เป็นพลังงานไฟฟ้าประมาณ 50%) ดังนั้นกำลังไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จริงจะไม่เกิน 0.00025 วัตต์

เมื่อนำข้อมูลค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จริงในภาคสนามบริเวณพื้นที่เพาะเลี้ยงชายฝั่งของสถานีวิจัยประมงศรีราชาเปรียบเทียบกับประมาณการกำลังไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จากคลื่นน้ำที่เกิดจากลมพบว่า กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จริงสูงสุดมีค่าประมาณ 0.15 mW ให้ค่าน้อยกว่าประมาณ กำลังไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จากคลื่นน้ำที่เกิดจากลม 0.1 mW หรือประมาณ 40 %

สรุปและข้อเสนอแนะ

เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลม (WECKU I) ใช้หลักการไดนาโมในการผลิตกระแสไฟฟ้า ประกอบด้วยท่อฉนวนที่มีแม่เหล็กยึดติดเป็นชั้นด้านในท่อพร้อมฝาปิด ท่อฉนวนด้านในติดตั้งขดลวดทองแดงเป็นชั้น ต่ออนุกรมขดลวดทองแดงกันด้วยสายไฟ ท่อฉนวนด้านในส่วนบนยึดโยงสปริงเข้ากับคาน ท่อฉนวนด้านในส่วนล่างถ่วงน้ำหนักเพื่อเพิ่มการยึดหดของสปริง เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลมจะตั้งในแนวตั้งโดยถ่วงน้ำหนักยึดติดกับฝาปิดด้านล่าง การเคลื่อนที่ของเครื่องฯ จะเคลื่อนที่ในทิศทางขึ้นและลงในแนวตั้งตามการเคลื่อนที่ของน้ำหรือคลื่นน้ำที่เกิดจากลมพัด เครื่องฯ จะยึดโยงด้วยเชือกกับอาคารหรือวัสดุที่มั่นคง ส่วนกลางเชือกยึดด้วยทุ่นลอย เพื่อให้เชือกพันกับวัสดุอื่น

กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จริงจากเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลมในภาคสนาม บริเวณพื้นที่เพาะเลี้ยงชายฝั่งของสถานีวิจัยประมงศรีราชาเปรียบเทียบกับประมาณการกำลังไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จากคลื่นน้ำที่เกิดจากลมพบว่า กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จริงสูงสุดมีค่าประมาณ 0.15 mW ให้ค่าน้อยกว่าประมาณกำลังไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จากคลื่นน้ำที่เกิดจากลม 0.1 mW หรือประมาณ 40 %

พื้นที่เพาะเลี้ยงชายฝั่งของสถานีวิจัยประมงศรีราชา เป็นพื้นที่ชายฝั่ง และมีแพหอยแมลงภู่แบบเชือกกระจายเป็นบริเวณกว้าง อีกทั้งเกาะสีชังด้านตะวันตกเฉียงใต้ของอ่าวฯ คอยบังลมไว้ ทำให้พื้นที่บริเวณดังกล่าว มีคลื่นที่มีขนาดเล็กและเตี้ยความสูงเฉลี่ยประมาณ 1-9 ซม. ซึ่งทำให้พลังงานคลื่นที่ได้จากคลื่นนั้นน้อยตามไปด้วย กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จึงน้อย ดังนั้นพื้นที่เพาะเลี้ยงชายฝั่งของสถานีวิจัยประมงศรีราชาจึงไม่เหมาะสมกับการพัฒนาเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลม

ข้อเสนอแนะ

ขดลวด

เพิ่มจำนวนขดลวด เพื่อเพิ่มจำนวนรอบ (N) ในสมการ (ii) เพื่อเพิ่มแรงเคลื่อนไฟฟ้า

แม่เหล็ก

ควรติดเพิ่มแม่เหล็กทั้งนอกและใน เพื่อเพิ่ม flux ของสนามแม่เหล็ก รวมทั้งเพิ่มแถบแม่เหล็ก เพื่อเพิ่มแรงเคลื่อนไฟฟ้า

สปริง

เพิ่มความถี่ของสนามแม่เหล็กที่ขดลวดได้รับต่อวินาที $\left(\frac{d\phi}{dt}\right)$ มากขึ้น จะทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้ามากขึ้นหรือสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากขึ้น โดยเปลี่ยนสปริงให้มีค่านิยสปริงมากขึ้น

พื้นที่และความสูงคลื่น

เนื่องจากพื้นที่เพาะเลี้ยงชายฝั่งของสถานีวิจัยประมงศรีราชา เป็นพื้นที่ชายฝั่ง และมีแพหอยแมลงภู่มารวมกันเป็นบริเวณกว้าง อีกทั้งเกาะสีชังด้านตะวันตกเฉียงใต้ของอ่าวคอยบังลมไว้ ทำให้พื้นที่บริเวณดังกล่าว มีคลื่นที่มีขนาดเล็กและตื้น ซึ่งจะเป็นผลทำให้ได้พลังงานคลื่นได้จากความสูงคลื่นนั้นน้อยตามไปด้วย ดังนั้นพื้นที่เพาะเลี้ยงชายฝั่งของสถานีวิจัยประมงศรีราชาจึงไม่เหมาะสมกับการพัฒนาเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากคลื่นน้ำที่เกิดจากลม แต่ถึงอย่างไรก็ดี การเพิ่มความสามารถในการผลิตกระแสไฟฟ้า เช่น เพิ่มขดลวด แกนแม่เหล็ก และค่านิยสปริง จะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะเพิ่มกระแสไฟให้กับบริเวณที่ต้องการใช้ไฟไม่มากนัก เช่น ไฟบอกตำแหน่งเพื่อการเดินเรือ หรือบอกที่หมายในทะเล และอื่นๆ เป็นต้นได้

สิ่งที่อ้างอิง

http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_induction

http://en.wikipedia.org/wiki/Gauss_%28unit%29

http://en.wikipedia.org/wiki/Tesla_%28unit%29

<http://significantdistraction.files.wordpress.com>

http://www.allaboutcircuits.com/vol_1/chpt_14/5.html

<http://www.es.co.th/search.asp?Word=hall+effect&PC=065001&Mode=2&tb=&stk=&pb=&vie>

<http://www.es.co.th/Schemetic/PDF/A1301-2.PDF>

<http://www.es.co.th/search.asp?Word=hall+effect&PC=065001&Mode=2&tb=&stk=&pb=&view=Selection&pic=checked>

<http://www.es.co.th/Schemetic/PDF/A1301-2.PDF>

<http://www.gistda.or.th/>

<http://www.measuretronix.com/products/fwbell-6000-series->

%E0%B9%80%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%AA%E0%B9%8C%E0%B8%A1%E0%B8%B4%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B9%81%E0%B8%9A%E0%B8%9A%E0%B8%95%E0%B8%B1%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B9%82%E0%B8%95%E0%B9%8A%E0%B8%B0

<http://www.measuretronix.com/products/manufacture/fw-bell>

http://www.mwit.ac.th/~pranee/document/manetic/induced_curent.pdf

<http://www.smpsowersupply.com/magnetic-unit-conversion.html>

<http://www.tmd.go.th/>

http://www2.egat.co.th/re/egat_wind/wind_potentail.htm

http://upload.srn.ac.th/wbi_srn/current4.html

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่สนับสนุนทุนวิจัย
ขอบคุณคณะผู้ร่วมวิจัย รวมถึงหัวหน้าสถานีวิจัยประมงศรีราชา และเจ้าหน้าที่ที่มีส่วนให้การ
สนับสนุนงานวิจัยทุกท่าน ขอขอบคุณคุณวิศณุพงศ์ พอลิละและคุณธัญญานุช อินแดงที่ทำให้โครงการ
นี้สำเร็จด้วยดีในเวลาที่กำหนด ขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเลที่ให้การสนับสนุนด้วยปัจจัย
ต่างๆ