

การประเมินศักยภาพของพลังงานคลื่นในทะเลบริเวณพื้นที่อ่าวไทย

โดยประยุกต์ระบบจำลอง SWAN

Assessment of Sea Wave Power Potential in the Gulf of Thailand

Using Simulating WaveNearshore (SWAN)

กาญจนา หนูจีนแสง^{1*} และจอมภพ แววงศ์²

Kanchana Noojeensang^{1*} and Jompob Waewsak²

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประเมินศักยภาพของคลื่นในทะเลอ่าวไทยโดยอาศัยแบบจำลองคลื่น Simulating Waves Nearshore (SWAN) ซึ่งเป็นแบบจำลองคลื่นที่พัฒนาโดย Delft University of Technology ประเทศเนเธอร์แลนด์โดยอ่าวไทยมีสถานีวิเคราะห์ระดับน้ำ จำนวน 7 สถานี ได้แก่ สถานีเพชรบุรี สถานีประจวบคีรีขันธ์ สถานีชุมพร สถานีสุราษฎร์ธานี สถานีนครศรีธรรมราช สถานีสงขลา และสถานีนราธิวาส จากผลการศึกษา ศักยภาพพลังงานของคลื่นโดยใช้แบบจำลอง SWAN และจัดเรียงศักยภาพของคลื่นในทะเลบริเวณต่างๆ อ่าวไทย จากมากไปหาน้อยพบว่าบริเวณที่มีศักยภาพของความสูงคลื่นในทะเล ได้แก่ นครศรีธรรมราชมีความสูงนัยสำคัญเฉลี่ย 0.37 เมตร สงขลามีความสูงนัยสำคัญเฉลี่ย 0.27 เมตร ประจวบคีรีขันธ์มีความสูงนัยสำคัญเฉลี่ย 0.26 เมตร นราธิวาสมีความสูงนัยสำคัญเฉลี่ย 0.23 เมตร ชุมพรมีความสูงนัยสำคัญเฉลี่ย 0.20 เมตร เพชรบุรีมีความสูงนัยสำคัญเฉลี่ย 0.17 เมตร และสุราษฎร์ธานีมีความสูงนัยสำคัญเฉลี่ย 0.15 เมตรตามลำดับ

คำสำคัญ: แบบจำลอง SWAN ความสูงนัยสำคัญ อ่าวไทย พลังงานคลื่น

¹นิสิตบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

²ผศ.ดร., สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

*Corresponding author: e-mail: kanchana_33@hotmail.com

Abstract

This research is to study the potential of sea wave energy in the Gulf of Thailand using the Simulating Waves Nearshore (SWAN) model developed by Delft University of Technology, Netherlands. There are 7 water level measurement station in the Gulf of Thailand, i.e., Phetchaburi station, Prachuap Khiri Khan station, Chumphon station, Surat Thani station, Nakhon Si Thammarat station, Songkhla station, and Narathiwat station. Results from SWAN modeling found that the potential of wave energy in the Gulf of Thailand varied spatially while the sorted high potential of significant wave height are of follow; Nakhon Si Thammarat station of 0.37 m, Songkhla station of 0.27 m, Prachuap Khiri Khan station of 0.26 m, Narathiwat station of 0.23 m, Chumphon station of 0.20 m, Phetchaburi station of 0.20 m, and Surat Thani station of 0.17 m respectively.

Keywords: Simulating Waves Nearshore, Significant Wave Height, The Gulf of Thailand, Wave Energy,

บทนำ

คลื่นคือ การเคลื่อนที่ของพลังงานผ่านตัวกลางโดยที่ตัวกลางมีการกระจัดเป็นศูนย์ซึ่งเกิดขึ้นบริเวณรอบๆ บรรจบของตัวกลาง 2 ชนิด คือผิวทะเลกับบรรยากาศ คลื่นที่ปรากฏให้เห็นเป็นประจำทุกวัน เป็นคลื่นที่เกิดจากลม เป็นส่วนใหญ่ซึ่งการพยากรณ์คลื่นมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความปลอดภัยและความเป็นอยู่ของผู้นับถือศาสนาชายฝั่ง รวมไปถึงกิจกรรมอื่นๆ [1] ที่เกี่ยวข้องกับทะเลแบบจำลองคลื่นจึงเป็นเครื่องมือหนึ่งที่มีความสำคัญในการให้ข้อมูลเกี่ยวกับคลื่นในทะเลรวมไปถึงการนำคลื่นมาประยุกต์ใช้เพื่อแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้า ส่วนประเทศไทยยังไม่มี การนำเอาพลังงานจากคลื่นมาใช้อย่างจริงจังแต่ในต่างประเทศมีการศึกษาและใช้พลังงานจากคลื่นตั้งแต่ปีค.ศ. 1967 โดยประเทศที่ริเริ่มนำพลังงานจากคลื่นมาใช้ได้แก่ ประเทศญี่ปุ่นและประเทศอังกฤษ [2] ในการนำพลังงานจาก คลื่นมาใช้มีอยู่ 2 ประเภทได้แก่แบบอยู่กับที่ (fixed) และแบบลอย (floating) ประเทศไทยเมื่อสำรวจคลื่นเพื่อผลิต ไฟฟ้านั้นถ้าจะให้ได้ผลจะต้องอยู่ในโซนที่มียอดคลื่นเฉลี่ยอยู่ที่ 8 เมตร ซึ่งบริเวณนั้นต้องมีแรงลมด้วยแต่จากการวัด ความสูงของยอดคลื่นสูงสุดในประเทศไทยที่จังหวัดระนองพบว่ายอดคลื่นสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 4 เมตรเท่านั้น [3] ซึ่ง ในด้านการพัฒนาพลังงานคลื่นในประเทศไทยพบว่าศักยภาพของคลื่นทะเลในประเทศมีค่าไม่สูง มีความสูงคลื่น เฉลี่ยอยู่ที่ 0.4 เมตร บริเวณอ่าวไทย โดยความสูงของคลื่นจะสูงมากในช่วงฤดูมรสุมมีความสูงประมาณ 2-4 เมตร ช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึง ธันวาคม [4] ซึ่งแน่นอนว่าด้วยเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานคลื่นในปัจจุบันนั้น ยังคงไม่สามารถใช้ในประเทศไทยได้ แต่ในอนาคตหากมีการศึกษาเพื่อประดิษฐ์คิดค้นอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงาน คลื่นให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเพื่อสามารถใช้ได้กับศักยภาพของพลังงานคลื่นปานกลางจนถึงต่ำได้ เหมาะและ สามารถนำมาประยุกต์กับบริบทของประเทศไทยได้อีกต่อไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการสำรวจและตรวจสอบ

หาพื้นที่ที่มีความเหมาะสมและศักยภาพสูงพอในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานคลื่นในอ่าวไทยเพื่อทราบถึงศักยภาพของคลื่นในทะเลทั้งในเชิงพื้นที่และเชิงเวลา โดยจำเป็นต้องทราบเกี่ยวกับปริมาณความสูงของคลื่น ความยาวคลื่นและช่วงเวลาที่เกิดคลื่นรวมทั้งความต่อเนื่อง

ทฤษฎี

แบบจำลองคลื่นเชิงตัวเลข Simulating Waves Nearshore (SWAN) เป็นแบบจำลองคลื่นรุ่นที่ 3 ที่พัฒนาโดย Delft University of Technology ประเทศเนเธอร์แลนด์ซึ่งคลื่นจะอธิบายด้วย wave action density spectrum $N(\sigma, \theta)$ แบบ 2 มิติ เพื่อให้คำนวณคลื่นในบริเวณที่มีอิทธิพลของปรากฏการณ์แบบไม่เชิงเส้น (nonlinear phenomena) มีผลมากกว่า ปรากฏการณ์เชิงเส้น (linear phenomena) [5]

สมการหลักที่ใช้ในการคำนวณคลื่นที่มาจากสมการอนุรักษ์พลังงาน

สมการอนุรักษ์พลังงาน

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial (c_x N)}{\partial x} + \frac{\partial (c_y N)}{\partial y} + \frac{\partial (c_\sigma N)}{\partial \sigma} + \frac{\partial (c_\theta N)}{\partial \theta} = \frac{S}{\sigma} \quad (1)$$

เมื่อ	N	คือ	ความหนาแน่นของคลื่น
	σ	คือ	ความถี่ของคลื่น
	θ	คือ	ทิศทางของคลื่น
	c_x, c_y	คือ	อัตราเร็วในแนวแกน x และ y

สมการพลังงานที่ทำให้เกิดคลื่น

$$S = S_{in} + S_{ds} + S_{nl} \quad (2)$$

เมื่อ	S_{in}	คือ	พลังงานที่ถูกถ่ายทอดจากลม
	S_{ds}	คือ	กระบวนการสลายตัวของพลังงานคลื่น
	S_{nl}	คือ	กระบวนการปฏิสัมพันธ์ระหว่างคลื่นกับคลื่นไม่เป็นเชิงเส้น

ซึ่ง พลังงานที่ถ่ายทอดจากลม (S_{in}) การเกิดคลื่นเนื่องจากลม สามารถอธิบายด้วยสมการ [6]

$$S_{in}(\sigma, \theta) = A + BE(\sigma, \theta) \quad (3)$$

เมื่อ A เป็นตัวแทนของการเกิดคลื่นแบบเชิงเส้น และ BE เป็นตัวแทนของการเกิดคลื่นแบบ exponential ลมที่ใช้สำหรับสมการเป็นข้อมูลลมที่ความสูง 10 เมตรจากระดับน้ำทะเล (U_{10}) ซึ่งถูกคำนวณเป็น friction velocity (U_*) อีกครั้ง [7]

$$U_*^2 = C_D U_{10}^2 \quad (4)$$

เมื่อ C_D คือ ค่า drag coefficient ตามเงื่อนไข ดังนี้

$$\begin{aligned} (U_{10}) &= 1.2875 \times 10^{-3} && \text{เมื่อ } U_{10} < 7.5 \text{ เมตร/วินาที} \\ (0.8 + 0.065 \times U_{10}) \times 10^{-3} &&& \text{เมื่อ } U_{10} \geq 7.5 \text{ เมตร/วินาที} \end{aligned}$$

การสลายตัวของพลังงานคลื่น (S_{ds})

แบบจำลอง SWAN ได้อธิบายการสลายตัวของพลังงานคลื่นมี 3 รูปแบบ คือ การแตกตัวของยอดคลื่น (white capping) แรงเสียดทานจากพื้นดินใต้ท้องน้ำ (Bottom friction) และการแตกตัวของคลื่นเนื่องจากการเหนี่ยวนำของความลึก (depth-induced wave breaking) [8]

กระบวนการปฏิสัมพันธ์ระหว่างคลื่นกับคลื่นแบบไม่เชิงเส้น (S_{nl})

กระบวนการสำคัญที่เกิดขึ้นเพื่อถ่ายทอดพลังงานของคลื่นจากความถี่หนึ่งไปสู่ความถี่อื่นๆ เมื่อคลื่นมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างจากหลายๆ สาเหตุ เช่น การแตกตัวของยอดคลื่น การเคลื่อนที่ของคลื่นไปสู่บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงความลึก ซึ่งแบบจำลอง SWAN อธิบายกระบวนการปฏิสัมพันธ์ระหว่างคลื่นกับคลื่นแบบไม่เชิงเส้นไว้ 3 แบบ คือ

1. Quadruplet wave-wave interactions คือ กระบวนการที่เกิดขึ้นเพื่อถ่ายทอดพลังงานจากคลื่นที่มีความถี่สูงสุดไปสู่คลื่นที่มีความถี่ต่ำกว่าในบริเวณน้ำลึก
2. Triad wave-wave interactions คือ การเกิดขึ้นในบริเวณน้ำตื้นเพื่อถ่ายทอดพลังงานจากคลื่นที่มีความถี่ต่ำลงไปยังคลื่นที่มีความถี่สูงกว่า
3. Diffraction (การเลี้ยวเบน) คือ ลักษณะของรูปร่างของชายฝั่งและการเปลี่ยนแปลงความลึกของน้ำที่ส่งผลให้คลื่นแต่ละความถี่เกิดการเลี้ยวเบนแตกต่างกันและมีผลกระทบต่อกันที่ความถี่อื่นๆ [9]

ข้อมูลที่ใช้สำหรับแบบจำลอง มีดังต่อไปนี้

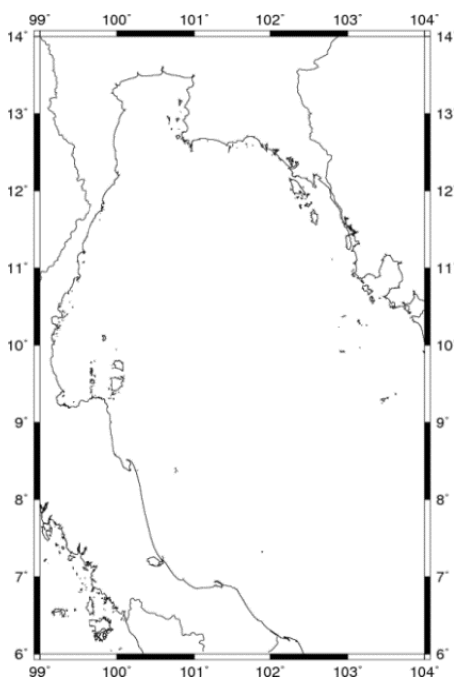
1. แบบจำลองและข้อมูลที่ใช้

- 1.1 พื้นที่ที่ศึกษาบริเวณพื้นที่ทะเลอ่าวไทย ซึ่งถูกแบ่งเป็นสองตอน คือ อ่าวไทยตอนบนและอ่าวไทยตอนล่าง อ่าวไทยตอนบนเริ่มนับจากเส้นรุ้งที่ 12 องศา 30 ลิปดาเหนือจนถึงปากแม่น้ำเจ้าพระยามีรูปร่างคล้ายๆ ตัว "ก"

มีความลึกเฉลี่ยประมาณ 15 เมตร ส่วนอ่าวไทยตอนล่างนับจากเส้นรุ้งที่ 12 องศา 30 ลิปดาเหนือลงไปหาเส้นศูนย์สูตรจนถึงเส้นขวางระหว่างแหลมคาเมาประเทศเวียดนามกับปากแม่น้ำโกดางทางตอนใต้สุดของจังหวัดนราธิวาส มีความลึกเฉลี่ย 45 เมตร จุดที่ลึกที่สุดอยู่ประมาณกลางอ่าวไทย (ภาพที่ 1) โดยในการศึกษานี้จะอาศัยแบบจำลองคลื่น The Simulating Waves Nearshore (SWAN) เวอร์ชัน 41.01

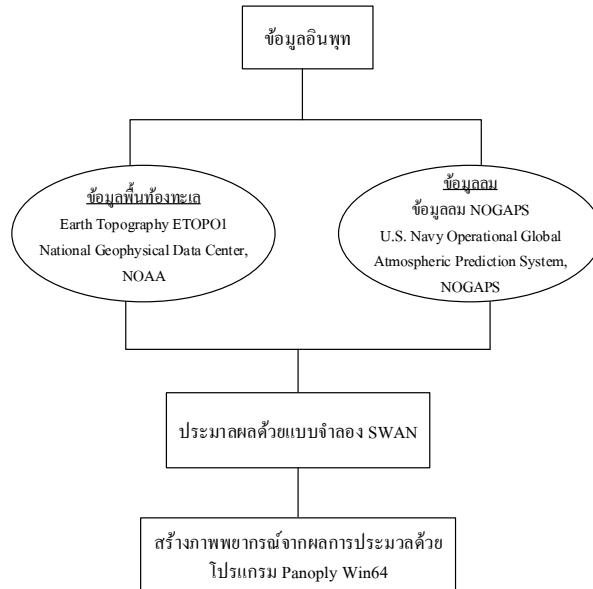
1.2 ข้อมูลพื้นท้องทะเลที่ใช้สำหรับแบบจำลองเป็นชุดข้อมูล Earth Topography (ETOPO) องค์การบริหารบรรยากาศและมหาสมุทร ประเทศสหรัฐอเมริกา (National Geophysical Data Center, NOAA) ในการศึกษาจะใช้ชุดข้อมูล ETOPO1 ซึ่งมีความละเอียดทุก 1 ลิปดา หรือประมาณ 1.855 กิโลเมตรทั่วโลกซึ่งรวมพื้นดินและความลึกพื้นผิวทะเล [10]

1.3 ข้อมูลลมที่ใช้สำหรับแบบจำลองเป็นข้อมูลลม NOGAPS จากแบบจำลองเพื่อพยากรณ์อากาศของกองทัพอากาศสหรัฐอเมริกา (U.S. Navy Operational Global Atmospheric Prediction System, NOGAPS) ซึ่งเป็นข้อมูลเหนือผิวน้ำทะเลที่มีความสูง 10 เมตร ครอบคลุมทั่วโลก ซึ่งความละเอียดข้อมูล 1 องศา (111 x 111 กิโลเมตร) ความถี่ของการเก็บข้อมูลทุกๆ 6 ชั่วโมง คือ เวลา UTC 00Z, 06Z, 12Z และ 18Z ซึ่งต้องใช้ความเร็วลมในแนวทิศใต้ – เหนือ (u wind component) ความเร็วลมในแนวทิศตะวันตก – ตะวันออก (v wind component)



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาของโครงการ

2. ขั้นตอนการติดตั้งแบบจำลองคลื่น

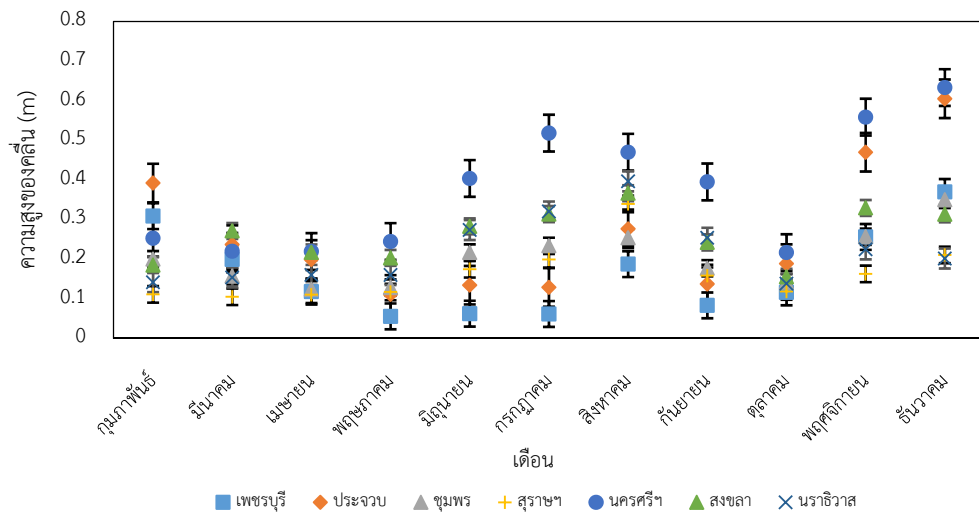


ภาพที่ 2 ไดอะแกรมแสดงการทำงานของแบบจำลองคลื่น

ผลการวิจัย

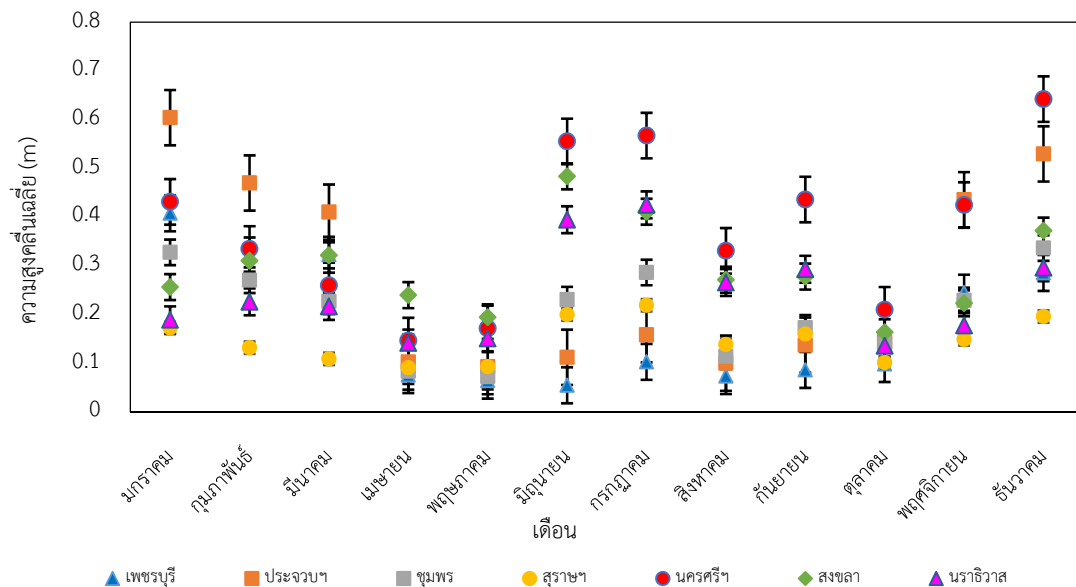
การประเมินศักยภาพของพลังงานคลื่นในทะเลบริเวณพื้นที่อ่าวไทยโดยประยุกต์ใช้แบบจำลองคลื่น SWAN ซึ่งได้ทำการศึกษาในช่วงปี ค.ศ.2013-2014 จากผลการวิเคราะห์ตามพิกัดของสถานีต่างๆ 7 สถานี คือ เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา และนราธิวาส พบว่าความสูงคลื่นสำคัญของแต่ละพื้นที่ในแต่ละเดือนจะมีค่าไม่เท่ากัน เมื่อเรียงลำดับพื้นที่ที่มีความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ยสูงที่สุดไปยังบริเวณพื้นที่ที่มีความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ยน้อยที่สุดตามลำดับ จะพบว่าปี ค.ศ. 2013 บริเวณจังหวัดนครศรีธรรมราช ที่มีความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ยสูงที่สุด 0.37 เมตร สงขลามีความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ย 0.27 เมตร ประจวบคีรีขันธ์มีความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ย 0.26 เมตร นราธิวาสมีความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ย 0.22 เมตร ชุมพรมีความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ย 0.20 เมตร เพชรบุรีมีความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ย 0.16 เมตร และ สุราษฎร์ธานี มีความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ย 0.16 เมตรตามลำดับส่วนปี ค.ศ. 2014 บริเวณจังหวัดนครศรีธรรมราช ที่มีความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ยสูงที่สุด 0.38 เมตร สงขลามีความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ย 0.29 เมตร ประจวบคีรีขันธ์มีความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ย 0.27 เมตร นราธิวาสมีความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ย 0.24 เมตร ชุมพรมีความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ย 0.20 เมตร เพชรบุรีมีความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ย 0.18 เมตร และ สุราษฎร์ธานีมีความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ย 0.15 เมตรเนื่องจากลักษณะอากาศแต่ละปีมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

ความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ยรายเดือน ปี 2013



ภาพที่ 3 ค่าความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ยรายเดือน ปี ค.ศ.2013

ความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ยรายเดือน ปี 2014



ภาพที่ 4 ค่าความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ยรายเดือน ปี ค.ศ.2014

สรุปและอภิปรายผล

การประเมินศักยภาพของพลังงานคลื่นในทะเลตามแนวชายฝั่งบริเวณภาคใต้ของประเทศไทยด้วยแบบจำลอง Simulating Wave Nearshore (SWAN) เป็นแบบจำลองเชิงตัวเลขที่ออกแบบมาสำหรับการคำนวณคลื่นบริเวณชายฝั่งในบริเวณอ่าวไทยในตั้งแต่ปี ค.ศ. 2013 - ค.ศ.2014 จากผลการวิเคราะห์ตามพิกัดของสถานีต่างๆ 7 สถานี คือ เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา และ นราธิวาส พบว่าบริเวณจังหวัดนครศรีธรรมราชมีความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ยสูงสุดที่ 0.37 เมตร สงขลา มีความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ย 0.27 เมตร ประจวบคีรีขันธ์มีความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ย 0.26 เมตร นราธิวาสมีความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ย 0.23 เมตร ชุมพรมีความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ย 0.20 เมตร เพชรบุรีมีความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ย 0.17 เมตร และสุราษฎร์ธานีมีความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ย 0.15 เมตรตามลำดับ ส่วนค่าพลังงานคลื่นที่ได้คำนวณได้จากสถานีนครศรีธรรมราชซึ่งเป็นสถานีที่มีความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ยสูงสุดที่ 0.37 เมตร ค่าพลังงานคลื่นที่ได้ 69- 70 วัตต์ต่อเมตร ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงนั้นเพราะพื้นที่ที่ศึกษาจะมีลักษณะความลึกที่แตกต่างกัน และยังมีอิทธิพลของลมมรสุมที่พัดผ่าน ซึ่งระหว่างกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคมจะลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่านและลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะพัดผ่านในช่วงเดือนตุลาคมถึงกุมภาพันธ์

เอกสารอ้างอิง

- [1] วัฒนา กันบัว. (2552). **แบบจำลองการพยากรณ์คลื่น**. กรมอุทกนิยมหาวิทยาลัย. ฝ่ายอุทกนิยมหาวิทยาลัยทางทะเล. กรุงเทพฯ.
- [2] ปราโมทย์ ไชยศิริ. (2005). **Eye on the Ocean**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [3] วาทีน ธนาธารพร. (2011). “การใช้แบบจำลอง SWAN เพื่อศึกษาลักษณะคลื่นในอ่าวไทยในช่วงที่เกิดพายุไต้ฝุ่นหมุนฟ้า”, **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. 19(3).
- [4] Pallares, E. Snchez-Arcilla, A. and Espino, M. (2014). Waveenergybalanceinwavemodels (SWAN) for semi - enclosed domains – Application to the Catalan coast. **Continental Shelf Research**. 87, 41–53.
- [5] T. Suzuki, M. Zijlema, B. Burger, M. C. Meijer and S. Narayan. (2011). Wave dissipation by vegetation with layer schematization in SWAN. **Coastal Engineering**. 59, 64–71.
- [6] Henderson, R. (2006). Design, simulation and testing of a novel hydraulic power take-off system for the Pelamis wave energy converter. **Renewable Energy**. 31, 271-283.
- [7] Zijlema, M. and Andre, J. (2005). On convergence behaviour and numerical accuracy in stationary SWAN simulations of nearshore wind wave spectra. **Coastal Engineering**. 52, 237-256.

- [8] แบบจำลองมหาสมุทรท้องถิ่น (Regional Ocean Modeling System). สืบค้นเมื่อ 3 ตุลาคม 2556, จาก <http://www.myroms.org>.
- [9] Akpinar, A. and Gerbrant, P.V. (2012). Evaluation of the numerical wave model (SWAN) for wave simulation in the Black Sea. **Continental Shelf Research**. 50, 80-99.
- [10] วิริยะ เหลืองอร่าม. (2547). **การจำลองเชิงตัวเลขของคลื่นใกล้ฝั่งในอ่าวไทย**. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.