

## Calculating wind's waves elements at Lattakia's coast line

Dr. Adnan IBRAHIM\*  
Dana Mazen ALBENNI\*\*

(Received 3 / 12 / 2017. Accepted 9 / 4 / 2018)

### □ ABSTRACT □

The study of wave's systems in open water (deep water) in front of the shore of any coastal countries is considered a very important issue for building and improving the ports and different coastal constructions. The study of the waves systems is started from the climate data recorded in the study area and along adjacent marine areas, including the dominating winds directions, intensity, and the time of storms affecting, in addition to studying the dominant geographical and topographical status of the coastline and studied sea water area. The so –called wave field for an area will help to build a field data base for the waves systems which provide the data base with new and continuous records on the waves systems. We will depend on this data in field studies, coastal designing and construction. A mathematical model of the wave field formed in the region was built using the Surface Water Modeling System (SMS) model (ADCIRC-STWAVE). This model has contributed to the development of a map of the waves and currents formed within a period of 50 years for the prevailing winds in the region. The results of this model can be adopted because of its accuracy and reliability.

**Key words:** Shallow Water, Deep Water (Sea), Wind's Waves, Waves Parameters, SMS (Surface water modeling System), ADCIRC (ADCIRC: Advanced Circulation model for oceanic), STWAVE :( Steady State Spectral Wave Model).

---

\* Associate Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

\*\* Postgraduate Student, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

## حساب عناصر أمواج الرياح أمام شاطئ اللاذقية

الدكتور عدنان ابراهيم\*

دانا مازن البني\*\*

(تاريخ الإيداع 3 / 12 / 2017. قُبل للنشر في 9 / 4 / 2018)

### □ ملخص □

تعتبر دراسة منظومة الأمواج في المياه المفتوحة أمام شواطئ أي بلد ساحلي مسألة بغاية الأهمية من أجل عملية بناء وتطوير المرفأئ ومختلف المنشآت الشاطئية. تتطرق دراسة منظومة الأمواج المسيطرة من المعطيات المناخية المسجلة في منطقة الدراسة وامتداد المسطحات المائية البحرية المجاورة لها، وتتضمن الاتجاهات المسيطرة للرياح وشدهتها وزمن العواصف المؤثرة، إضافة إلى دراسة الوضع الجغرافي والطبوغرافي للشاطئ والمسطح المائي البحري المدروس. يسمح بناء حقل أمواج لمنطقة ما، بإنشاء بنك معلومات حقلية خاصة بأنظمة التموج، ويساعد على رفد بنك المعلومات بمعطيات وسجلات دائمة عن نظام التموج، يمكن الاعتماد عليها في الدراسات الحقلية، وعند تصميم المنشآت الشاطئية البحرية.

تم بناء نموذج رياضي لحقل الأمواج المتشكل في المنطقة باستخدام برنامج (SMS) بنموذجيه (STWAVE-ADCIRC)، حيث أسهم هذا النموذج في وضع خارطة لحقول الأمواج والتيارات المتشكلة ضمن فترة تكرار (50عاما) من أجل اتجاهات الرياح المسيطرة في المنطقة. كما أنه يمكن اعتماد نتائج هذا النموذج، نظراً للدقة والموثوقية التي يتمتع بها.

**الكلمات المفتاحية:** مياه ضحلة، مياه عميقة، أمواج الرياح، عناصر الأمواج، SMS، ADCIRC، STWAVE.

\*أستاذ مساعد - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

\*\*طالبة دراسات عليا (ماجستير) - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

## مقدمة

نظراً للأهمية الكبيرة للشواطئ البحرية، وذلك من ناحية السياحة وبناء المنشآت الشاطئية السياحية والخدمية، فقد برز عالمياً الاهتمام الكبير بالشواطئ، وكانت الحاجة ملحة لدراسة الأمواج ومعرفة مواصفاتها، لأنها تشكل القوة الأساسية المؤثرة على هذه المنشآت.

يعتبر حساب عناصر الموجة (ارتفاع، طول، دور... ) أمراً مهماً في تصميم المنشآت الشاطئية والبحرية حيث يتم الاستفادة من هذه العناصر في تحديد القوى المؤثرة، كما تلعب الأمواج دوراً أساسياً في حت الشواطئ، وبالتالي فإن التحديد الدقيق لعناصر الأمواج يسمح للمهندس ببناء منشآت بحرية وشاطئية أكثر اقتصادية وأماناً، وهذا ما يعطي الأهمية الكبيرة للنتيجة بمواصفات أمواج المياه الشاطئية وتحديد حقول طاقة الأمواج [1-2].

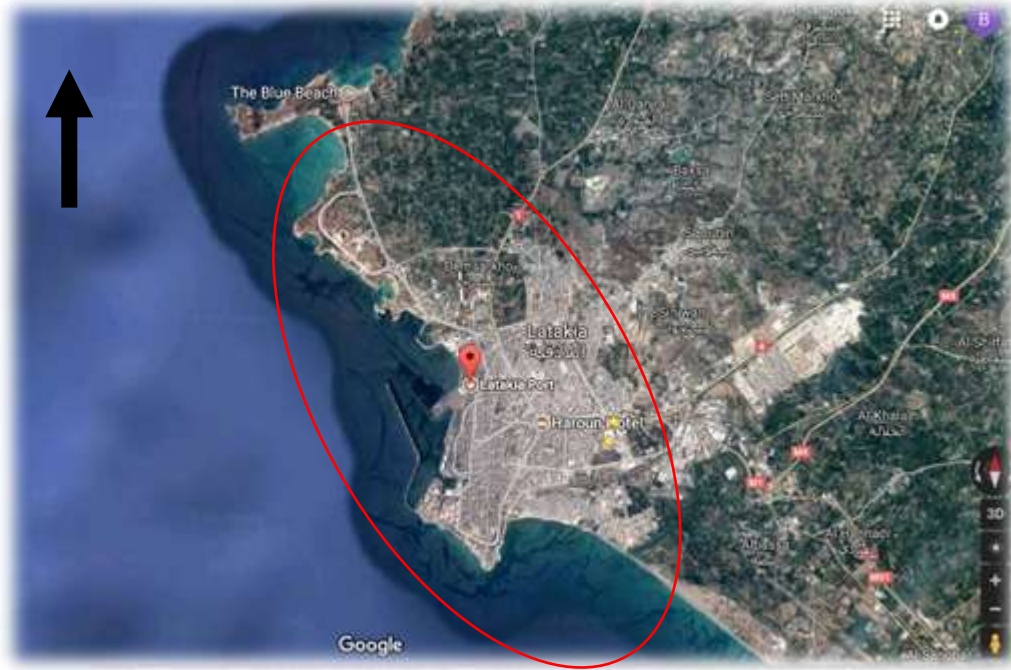
## أهمية البحث وأهدافه

إن دراسة حركة الأمواج في المياه المفتوحة أمام شاطئ اللاذقية مسألة بغاية الأهمية من أجل وضع خارطة غير متوافرة حتى الآن لحقل الرياح ومنظومة الأمواج المسيطرة، وبالتالي استكمال بناء وتطوير المنشآت الساحلية الشاطئية في هذه المنطقة استناداً إلى المعطيات المناخية المسجلة في منطقة شرق البحر المتوسط، وكذلك انطلاقاً من الوضع الجغرافي والطبوغرافي لمنطقة شاطئ اللاذقية. يهدف البحث إلى دراسة حقل الأمواج في البحر المواجه لمدينة اللاذقية انطلاقاً من المعطيات المناخية المسجلة لمنطقة البحث، وذلك باستخدام النموذج الحاسوبي STWAVE من أجل مختلف احتمالات اتجاه الرياح المسيطرة.

## طرائق البحث ومواده

تقع منطقة الدراسة في الجزء الغربي من مدينة اللاذقية. يبلغ طول خط الشاطئ في منطقة الدراسة حوالي 24 km. تمتد المنطقة المدروسة من خليج الميريديان شمالاً إلى البصة جنوباً، وتبين الصورة الجوية المبينة على الشكل (1) موقع منطقة البحث، (من Google maps).

تعتمد الدراسة على المعالجة الرياضية والرقمية للمعطيات المناخية المسجلة بوساطة مختلف أجهزة القياس لفترات زمنية ممتدة ضمن المجال (1970 - 1951)، بالإضافة إلى قياسات متفرقة خلال الفترة (1980 - 1974). ما يسمح باستنتاج بنية حقل الأمواج المسيطر في منطقة الدراسة، والعناصر الأساسية للأمواج المسيطرة خلال مختلف فترات السنة، والقيم المهمة لعناصر الأمواج، التي يتم بناءً عليها تحليل سلوكية المنشآت البحرية وطريقة عملها وديمومتها واستقرارها.



الشكل (1). موقع منطقة الدراسة، (Google maps)

استخدمت في الدراسة البرمجيات اللازمة لمعالجة البيانات وهي:

برنامج SURFER، برنامج SMS بنموذجيه (ADCIRC,STWAVE)

ولأخذ فكرة عن الظروف المناخية السائدة في منطقة شاطئ اللاذقية، ندرج بعض البيانات المتعلقة بعناصر

المناخ [3]:

#### مناخ منطقة شاطئ اللاذقية Lattakia coast climate

من المهم في دراستنا الحالية التعرف على الظروف المناخية السائدة في منطقة شاطئ اللاذقية، وذلك لما للمناخ من تأثير مهم على ظروف ومواصفات الأمواج المتولدة ضمن المنطقة المدروسة، وخاصة فيما يتعلق بمعلومات الرياح السائدة (التعرف على واردة الرياح في المنطقة)، حيث تؤثر الرياح المسيطرة في منطقة الدراسة، سواء من خلال سرعتها أو من خلال اتجاهاتها، بشكل كبير على مواصفات الأمواج المتولدة في المنطقة، وفي بحثنا الحالي فإنه استناداً إلى واردة الرياح السائدة سيتم استنتاج مواصفات الأمواج التصميمية (ارتفاع الموجة المهم، دورها، اتجاهها)، والتي ستستخدم كعناصر تحكم في برنامج (ADCIRC,STWAVE)-SMS عند بناء النموذج الممثل لمنطقة البحث.

#### درجة الحرارة Temperature

يبلغ معدل درجة الحرارة الوسطية السنوية في منطقة اللاذقية حوالي 19.4 درجة مئوية، بينما يبلغ متوسط درجة الحرارة العظمى حوالي 27 درجة مئوية في شهر آب، ومتوسط درجة الحرارة الصغرى حوالي 11.6 درجة مئوية وذلك في شهر كانون الثاني. ويبين الجدول التالي المتوسطات الشهرية لدرجة الحرارة في محطة اللاذقية [3]:

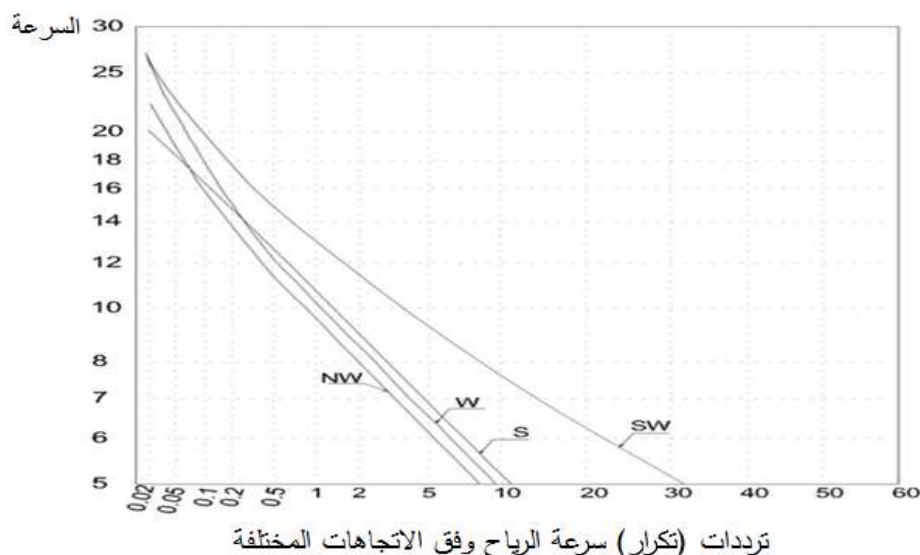
الجدول (1) المتوسطات الشهرية لدرجة الحرارة في محطة اللاذقية

| Year | Dec  | Nov  | Oct  | Sep  | Aug | July | June | May  | Apr  | Mar  | Feb  | Jan  | الشهر<br>الحرارة<br>(C°) |
|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|--------------------------|
| 19.4 | 13.2 | 17.2 | 22.4 | 25.6 | 27  | 26.3 | 23.8 | 20.6 | 17.8 | 14.7 | 12.4 | 11.6 |                          |

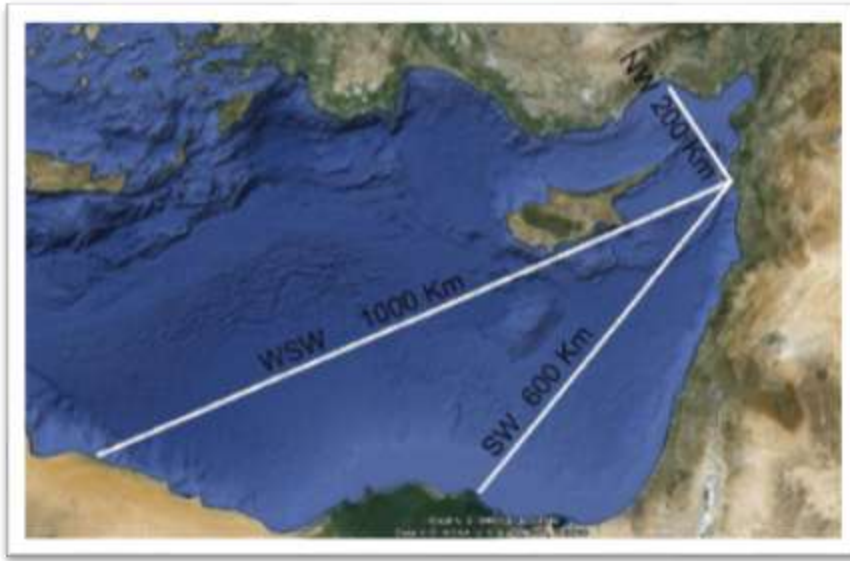
### الرياح Wind

نتيجة للتباين الكبير في درجات الحرارة بين القطبين الشمالي والجنوبي من جهة، والمنطقة الاستوائية من جهة أخرى، يحدث تباين في الضغط الجوي بين منطقة وأخرى. يؤدي تداخل التيارات الحارة مع التيارات الباردة إلى اختلال التوازن الهيدروديناميكي في الجو، مما يؤدي إلى نشوء الرياح. الحركة الدورانية للكورة الأرضية تتسبب بانحراف هذه الرياح شرقاً أو غرباً، أي أن كلاً من اختلاف الضغط الجوي ودوران الكورة الأرضية، يساهم في خلق الشكل العام لحركة الرياح على سطح الأرض.

تخضع منطقة شاطئ اللاذقية (كما غالبية الشاطئ السوري)، لتأثير الرياح القادمة وفق الاتجاهات الأساسية التالية: جنوب، جنوب-غرب، غرب-جنوب-غرب، غرب، شمال، شمال-غرب. استناداً إلى الدراسة التي أجراها معهد **Kaspmornii proekt**، التابع لبعثة الاتحاد السوفييتي لتنفيذ المشروع الفني لتوسيع مرفأ اللاذقية في سبعينيات القرن الماضي [4]، تم رسم مخططات سرعة الرياح وفق الاتجاهات الأساسية السائدة في المنطقة، والناجمة عن العواصف التي تحدث مرة كل 50 سنة، واستناداً إلى مخططات هذه الدراسة، والمبينة على الشكل (2)، تكون سرعة الرياح الأعظمية وفق الاتجاهات الأساسية هي: اتجاه جنوب 20 م/ثا، اتجاه جنوب - غرب 27 م/ثا، اتجاه شمال - غرب 23 م/ثا، اتجاه غرب - جنوب - غرب 23.5 م/ثا. المدى الأعظمي لتشكل الأمواج وفق بعض الاتجاهات المذكورة أعلاه يوضحها الشكل (3).

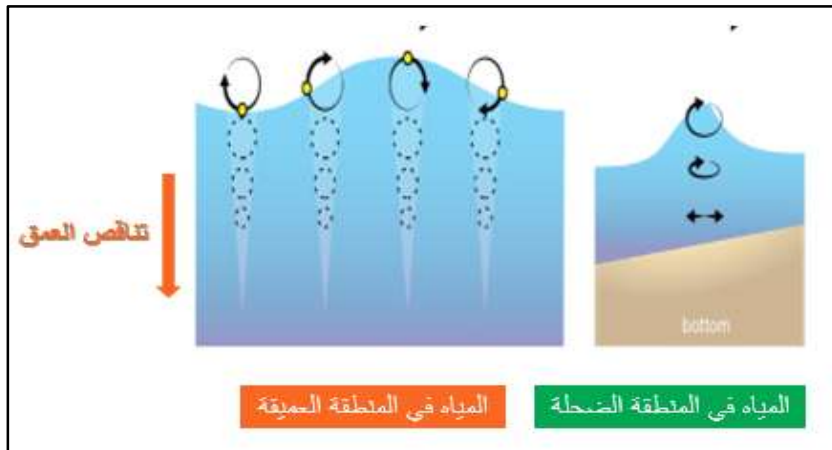


الشكل (2). مخطط سرعة الرياح وفق الاتجاهات السائدة في منطقة مرفأ اللاذقية، [3].



الشكل (3). مدى الأمواج وفق الاتجاهات الأساسية المسيطرة للرياح، من (Google maps).

عند دراسة أمواج الرياح لا بد من التمييز بين مفهومي المياه العميقة والمياه الضحلة بالعلاقة مع النسبة ما بين عمق الطبقة المائية والطول الحسابي للموجة تعتبر الطبقة المائية عميقة عندما يكون عمقها أكبر من نصف طول الموجة أو يساويه. وتعتبر المياه ضحلة عندما يكون هذا العمق أصغر من نصف طول الموجة. إن تقسيم الطبقة المائية المدروسة إلى عميقة وضحلة ضروري من أجل تحديد تأثير القعر على بنية الموجة وعناصرها، بالإضافة إلى التمييز بين حركة جزيئات الماء ضمن الموجة ذاتها. حيث تتحرك الجزيئات ضمن أمواج المياه العميقة وفق مسارات دائرية متناقصة القطر نزولاً باتجاه القعر حتى العمق المساوي لنصف طول الموجة لتتلاشى بعدها. أما في المياه الضحلة فتتحرك الجزيئات وفق مسارات على شكل قطوع ناقصة ثابتة القطر بالاتجاه الأفقي مع انضغاط المنحني السفلي للقطع كلما تناقص العمق باتجاه خط الشاطئ [3,4] ، كما في الشكل (4).



الشكل (4) ، التباين في طبيعة حركة الجزيئات لأمواج المياه العميقة والمياه الضحلة، [5] .

### تعريف بالنموذج: STWAVE

إن النموذج الحاسوبي STWAVE عبارة عن نموذج طيفي يقوم بمحاكاة الأمواج في المناطق الشاطئية. وقد طور هذا النموذج من قبل مركز أبحاث البحرية الأميركية والمعهد العالي لأبحاث هيدروليك الشواطئ. تم وضع هذا

النموذج من أجل بناء محاكاة دقيقة لانتشار الأمواج الشاطئية وانتقالها، متضمنة الحوادث التي ترافق انتشارها من انكسار، انحراف، حيود، تكسر ونمو للأمواج بسبب الرياح [7,9].

يسمح النموذج STWAVE ضمن شروط طبوغرافية محددة (يقوم بدراسة منطقة المياه الضحلة) بتحديد مواصفات أمواج المياه الشاطئية وفق الاتجاهات الرئيسية المسيطرة للرياح، ما يسمح باقتراح الحلول اللازمة عند تصميم المنشآت البحرية في المياه الإقليمية السورية مقابل شاطئ مدينة اللاذقية.

#### افتراضات النموذج:

- الأمواج متجانسة ميكانيكياً؛
- حركة ثابتة للأمواج والتيارات والرياح؛
- تيارات ثابتة العمق؛
- إهمال الاحتكاك بالقعر. [8,9]

#### المشاكل التي يعالجها النموذج:

- التأثير المتبادل بين الأمواج والتيارات؛
- التأثير المتبادل بين الأمواج والأمواج (منظومة الأمواج المتباينة باتجاه حركتها والمتداخلة مع بعضها البعض)؛

• تأثير أمواج القاع؛

• الانحراف وضحول الأمواج؛

• الانحراف البسيط للأمواج؛

• تطور الأمواج.

#### مدخلات النموذج:

• الارتفاع المهم للموجة؛

• زمن الذروة هو الزمن الموافق لأكبر قيمة لطاقة الموجة؛

• اتجاه الرياح المسيطر.

#### مخرجات النموذج:

• طيف الأمواج المتشكل في المنطقة؛

• ارتفاعات الأمواج المتشكلة؛

• اتجاه حركة الأمواج؛

• شعاع الموجة [6].

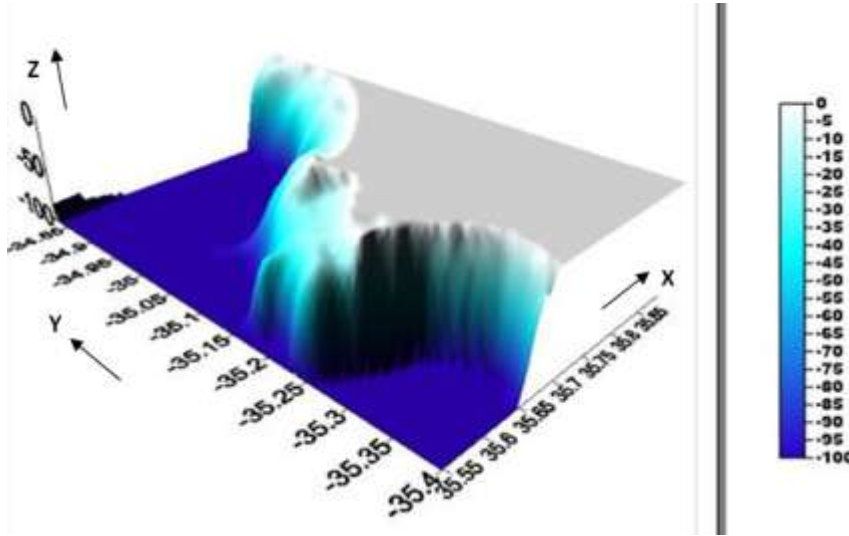
تمت الدراسة على مرحلتين:

#### المرحلة الأولى وهي معالجة البيانات رياضياً

تم تقدير الظروف التي تتعرض لها المنطقة خلال فترة عودة 50 عاماً من حيث المناخ والرياح، وذلك بأخذ البيانات من الدراسة الروسية التي أجريت في سبعينات القرن الماضي، ثم إجراء المحاكاة على أمواج باتجاهات متعددة للمنطقة لارتفاعات الأمواج خلال 50 سنة، وهي:

- 1- رياح قادمة باتجاه غرب - جنوب - غرب، سرعتها 23.5 م/ثا. مسافة الانسياب الحقيقية 1000km، ومسافة الانسياب الوسطية 212km؛
- 2- رياح قادمة باتجاه جنوب - غرب. سرعتها 27 م/ثا. مسافة الانسياب الحقيقية 600km، مسافة الانسياب الوسطية 185 km؛
- 3- رياح قادمة باتجاه شمال - غرب. سرعتها 23 م/ثا. مسافة الانسياب الحقيقية 200km، ومسافة الانسياب الوسطية 118 km.

باستخدام برنامج Surfer أمكننا أن نعرض منطقة الدراسة على شكل منظور ثلاثي الأبعاد، الشكل (5)، الذي يمكن أن يقدم فكرة واضحة عن الطبيعة الطبوغرافية المميزة لمنطقة البحث.



الشكل (5). منظور ثلاثي الأبعاد يوضح البنية الطبوغرافية لقاع منطقة الدراسة (منطقة شاطئ اللاذقية).

تم حساب مسافة الانسياب الوسطية بالعلاقة (1)

$$F = 5 * 10^{11} \frac{V}{V_w} \quad (1)$$

حيث:  $\nu$  - معامل اللزوجة الحركية للهواء ويؤخذ مساوياً  $10^{-5} m^2 / sec$ ؛

$V_w$  - سرعة الرياح وفق الاتجاه المحسوب،  $m/sec$ ؛

تم استخدام طريقة **SPM-JONSWAP Procedure**، والتي تعتبر من أكثر الطرائق التي تعتمد نماذج الطيف استخداماً للتنبؤ بارتفاع الموجة ودورها انطلاقاً من بيانات الرياح، وهذه الطريقة صالحة من أجل الأمواج محدودة الانسياب والديمومة على حد سواء.

#### حالة الأمواج محدودة الانسياب

يحسب الزمن اللازم للأمواج التي تنتقل على امتداد مسافة انسياب  $F$  وعند سرعة رياح  $W$ ، ونقارنه مع الديمومة الحقيقية  $t_d$ . في حال كانت الديمومة الحقيقية أكبر أو تساوي الديمومة  $t_{x,w}$  المحسوبة من العلاقة (2)، تكون عمليات تولد الرياح محدودة الانسياب.



تحسب الديمومة  $t_{x,w}$  بالعلاقة:

$$t_{x,w} = \frac{F^{0,67}}{W_{10}^{0,34} \cdot g^{0,33}} \quad (2)$$

بمعرفة سرعة الرياح على ارتفاع 10 أمتار فوق المنسوب الساكن لماء البحر يمكن حساب ارتفاع الموجة المهم ودور الذروة في المياه العميقة من العلاقات (3-4-5-6)

$$\frac{g \cdot H_{mo}}{u_*^2} = 0,0413 \left( \frac{g \cdot F}{u_*^2} \right)^{1/2} \quad (3)$$

$$\frac{g \cdot T_p}{u_*} = 0,751 \left( \frac{g \cdot F}{u_*^2} \right)^{1/3} \quad (4)$$

$$u_*^2 = C_D \cdot W_{10}^2 \quad (5)$$

$$C_D = 0,001 (1,1 + 0,035 W_{10}) \quad (6)$$

حيث:  $u_*$  - سرعة القص؛

$C_D$  - معامل الجر؛

$T_p$  - زمن الذروة الموافق لأكبر قيمة لطاقة الموجة؛

$H_{mo}$  - متوسط ارتفاع ثلث أعلى قيم الأمواج

$\left( \frac{g \cdot F}{u_*^2} \right)$  - الانسياب الفعال.

### حالة الأمواج محدودة الديمومة

إذا كانت الديمومة الحقيقية أقل من الديمومة المحسوبة بالعلاقة (2) تكون عمليات تولد الأمواج محدودة الديمومة ونستخدم العلاقة (7). في هذه الحالة نحسب الانسياب الفعال بدلالة الديمومة الحقيقية  $t_d$  من العلاقة التالية:

$$\frac{g \cdot F}{u_*^2} = 0,00523 \left( \frac{g \cdot t_d}{u_*} \right)^{3/2} \quad (7)$$

ومن ثم باستخدام القيمة الجديدة للانسياب الفعال يتم حساب ارتفاع الموجة الفعال ودور الذروة من المعادلتين

(4-3)

### 2- المرحلة الثانية وهي النمذجة الحاسوبية بواسطة برنامج SMS

يعتبر نظام نمذجة المياه السطحية (SMS (Surface Water Modeling System) بيئة شاملة لإجراء النمذجة الهيدروديناميكية ثنائية أو ثلاثية الأبعاد ويتضمن SMS أدوات النمذجة لشبكات العناصر المنتهية ثنائية وثلاثية الأبعاد ولشبكات الفروق المنتهية ثنائية البعد، يدعم نظام SMS جملة من النماذج نذكر منها النماذج التالية:

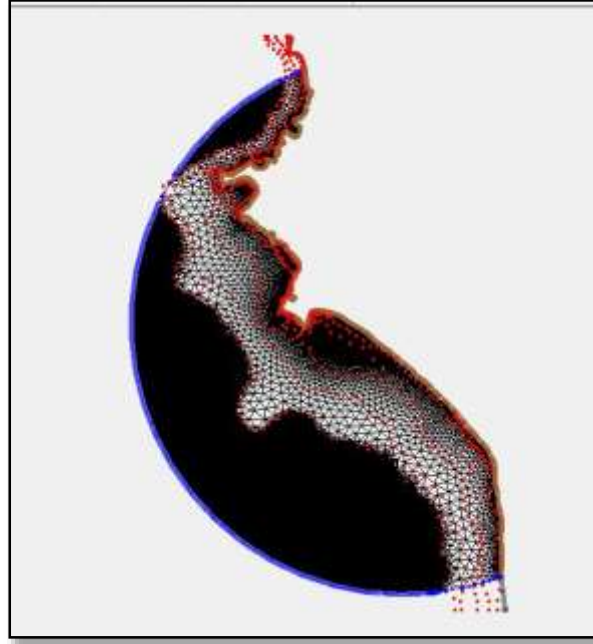
**RMA2, RMA4, ADCIRC, CGWAVE, STWAVE, BOUSS2D, GENESIS.**

لدراسة أمواج المياه الشاطئية سنستخدم نموذج **STWAVE** ولكن بدايةً يجب أن نقوم ببناء النموذج باستخدام **ADCIRC** الذي يقوم بوضع خريطة لمناسيب سطح الماء في منطقة الدراسة، وسرعة التيارات واتجاهاتها في المنطقة وهذه المخرجات ستمثل المدخلات للنموذج النهائي.

### بناء النموذج باستخدام ADCIRC:

• بناء ملف الأعماق وفق النظام الجغرافي الذي تم بناء الخريطة الطبوغرافية على أساسها؛

- رسم خط الشاطئ؛
- رسم منطقة الدراسة ونعرف حدودها؛
- تحويل الاحداثيات إلى نظام **UTM** (نظام اسقاط للخرائط الطبوغرافية يستخدم الوحدات المترية) الموافق لمنطقة الدراسة؛
- نقوم ببناء التوابع الرياضية المطلوب من النموذج إجراء الحسابات بناءً عليها (تابع طول الموجة، تابع الحجم = قيمة طول الموجة \* (1-10) حسب كثافة الشبكة \* عمق النقطة)، تابع الحجم النهائي)؛
- بناء المضلعات وتحديد مواصفاتها الخاصة ببناء شبكة الـ **MESH** (شبكة من المثلثات تحيط بمنطقة الدراسة وتكون فيها رؤوس مثلثات مرتبطة بقيم الأعماق في المنطقة) المطلوبة؛
- بناء شبكة الـ **MESH**؛
- بناء ملف التحكم بالنموذج المطلوب؛
- إعادة الإحداثيات إلى النظام الجغرافي؛
- تشغيل النموذج؛
- تحضير الملفات الناتجة لاستخدامها في النموذج التالي كما في الشكل (6).



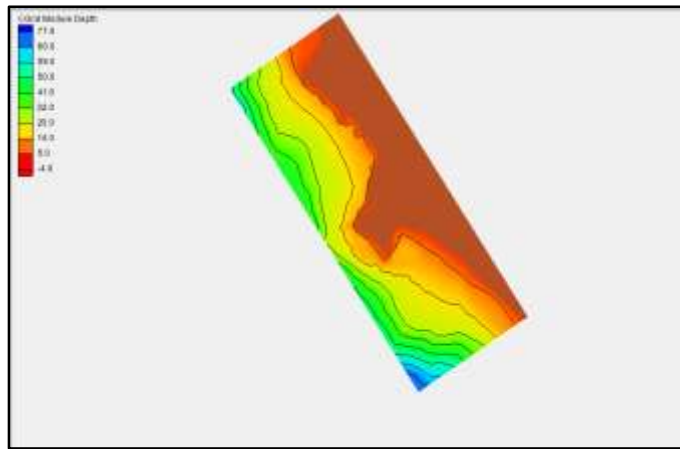
الشكل (6). بناء الشبكة من أجل التحضير لبناء النموذج بواسطة **ADCIRC**.

#### بناء النموذج باستخدام **STWAVE**:

- قراءة ملفات **ADCIRC** كمدخلات للنموذج؛
- نحول الاحداثيات إلى نظام **UTM** الموافق لمنطقة الدراسة؛
- توليد شبكة الاحداثيات الديكارتيّة، وبناء خلايا بأبعاد  $100\text{ m} \times 100\text{ m}$  لكل خلية؛
- بناء طيف الموجة؛
- بناء ملف التحكم بالنموذج؛

• تحديد محطات مراقبة؛

• حفظ النموذج وتشغيله كما في الشكل (7)؛



شكل (7). الأعماق في منطقة الدراسة بواسطة STWAVE.

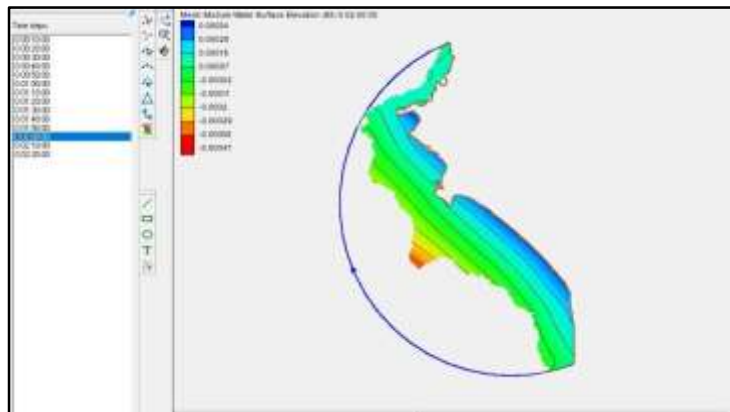
### النتائج والمناقشة:

1- نموذج ADCIRC: تمت النمذجة على كامل مدة العاصفة (14 hours) وتم إظهار نتائج الساعتين

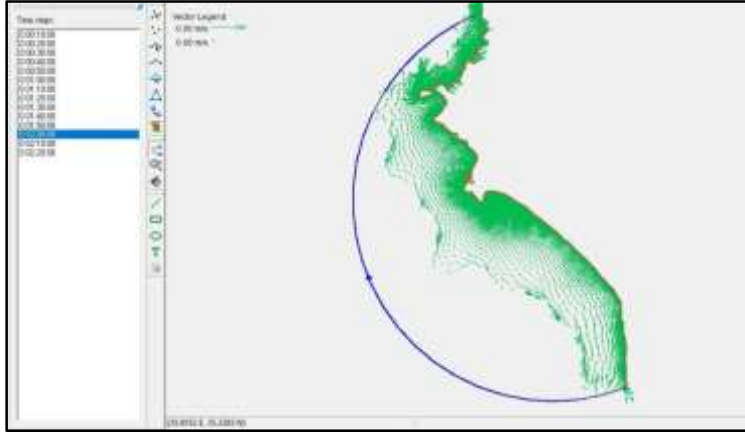
الأوليتين بفارق زمني 10 دقائق.

نحصل من النمذجة على مناسيب سطح المياه في منطقة الدراسة بأزمنة مختلفة كما في الشكل (8)، وسرعة

التيارات واتجاهاتها كما في الشكل (9).



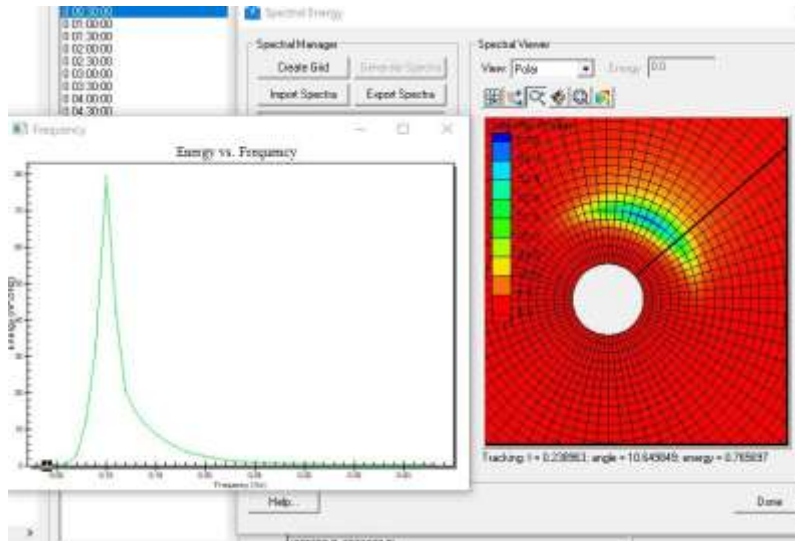
شكل (8). مناسيب سطح الماء بعد مرور ساعتين من بدء العاصفة بواسطة نموذج ADCIRC.



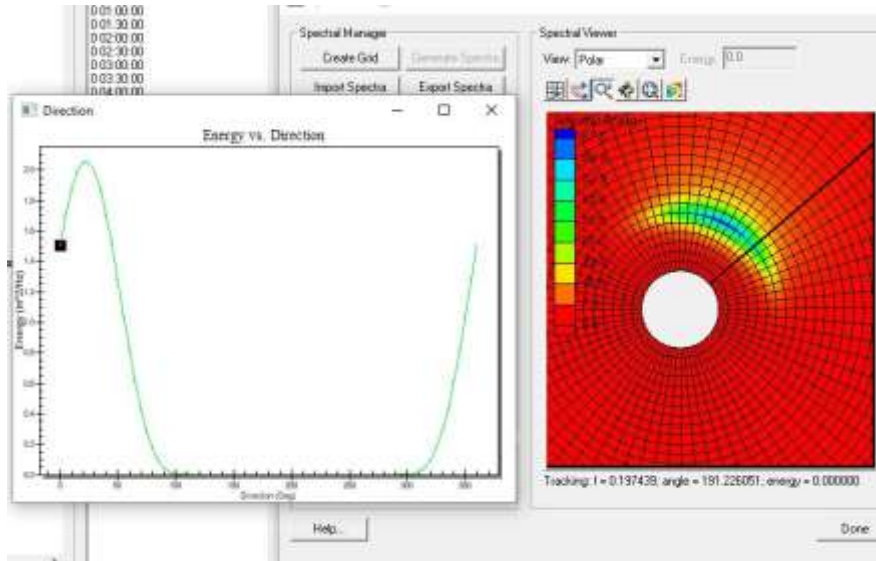
شكل (9). اتجاه التيارات بعد مرور ساعتين من بدء العاصفة بواسطة نموذج ADCIRC.

2- نموذج STWAVE نحصل من النمذجة النهائية على اتجاهات حقول الأمواج، وطيف الأمواج المتشكل وارتفاعات الأمواج.

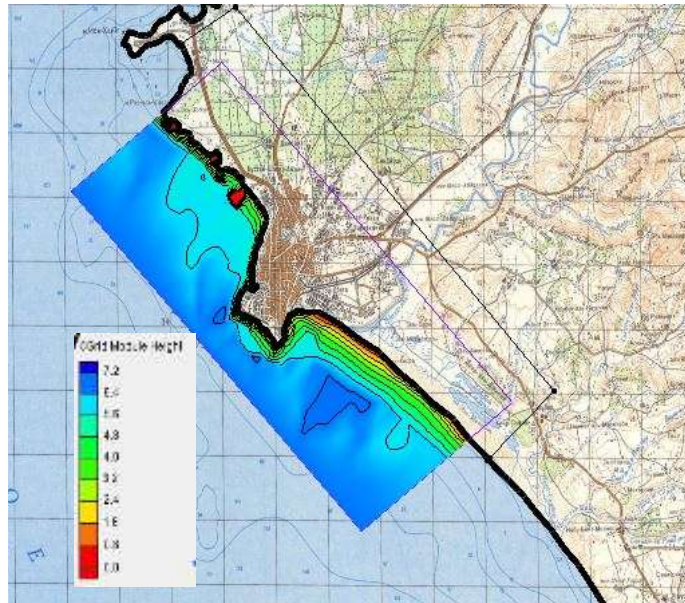
أ- رياح قادمة باتجاه غرب - جنوب - غرب. سرعة الرياح 23.5 m/s، مسافة الانسياب الحقيقية 1000 km ومسافة الانسياب الوسطية 212 km. أعظم قيمة لارتفاع الموجة هي 6.36 m عند العمق 6.7 m. يظهر الشكل (10) الطيف الموجي المتشكل ومنحني الطاقة والتردد، كما يظهر الشكل (11) الطيف الموجي المتشكل ومنحني الطاقة والاتجاه، بينما يظهر الشكل (12) و الجدول (1) ارتفاعات الأمواج المتشكلة في المنطقة وتغيراتها حسب الأعماق حيث نلاحظ أن ارتفاعات الأمواج ضمن المجال (من 5.6 الى 6.4m) واقعة في المناطق غير المحمية من الشاطئ ضمن المنطقة ذات الأعماق من (13-67 m)، كما يبين الشكل (13) اتجاه الأمواج المتشكلة في المنطقة القريبة من المرفأ حيث تأخذ الأمواج اتجاه جنوب غرب جنوب وجنوب غرب، أما في منطقة الرمل الجنوبي فإن معظم الأمواج يأخذ اتجاه غرب جنوب غرب، ونلاحظ أن أكبر قيمة لسرعة الموجة هو 6.71m/sec.



شكل (10). منحني الطاقة- التردد للطيف الموجي المتشكل (Hs=6.4m, Tp=10sec, Direction: WSW).



شكل (11). منحني الطاقة- الاتجاه لطيف الموجي المتشكل (Hs=6.4m, Tp=10sec, Direction: WSW).



شكل (12). ارتفاعات الأمواج المتشكلة في المنطقة (Hs=6.4m, Tp=10sec, Direction: WSW).

جدول (1). ارتفاعات الأمواج المتشكلة في المنطقة (Hs=6.4m, Tp=10sec, Direction: WSW).

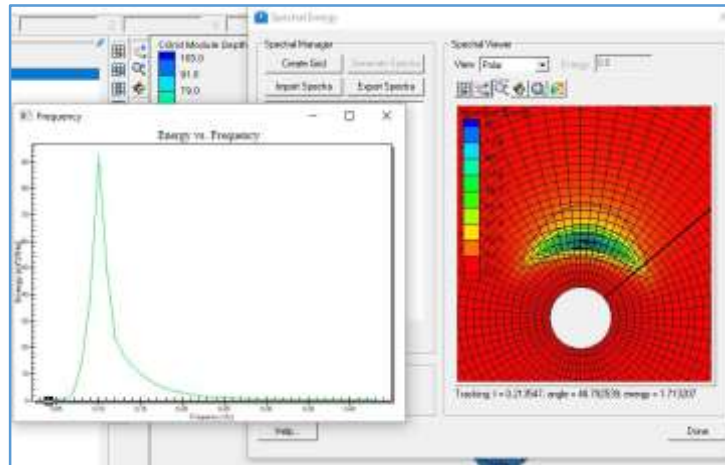
| العمق (m) |    | ارتفاع الأمواج (m) |     | مسلسل |
|-----------|----|--------------------|-----|-------|
| إلى       | من | إلى                | من  |       |
| 67        | 13 | 6.36               | 5.6 | 1     |
| 13        | 10 | 5.6                | 4.8 | 2     |

|    |   |     |     |   |
|----|---|-----|-----|---|
| 10 | 8 | 5.8 | 4   | 3 |
| 8  | 6 | 4   | 3.2 | 4 |
| 6  | 0 | 3.2 | 0   | 5 |

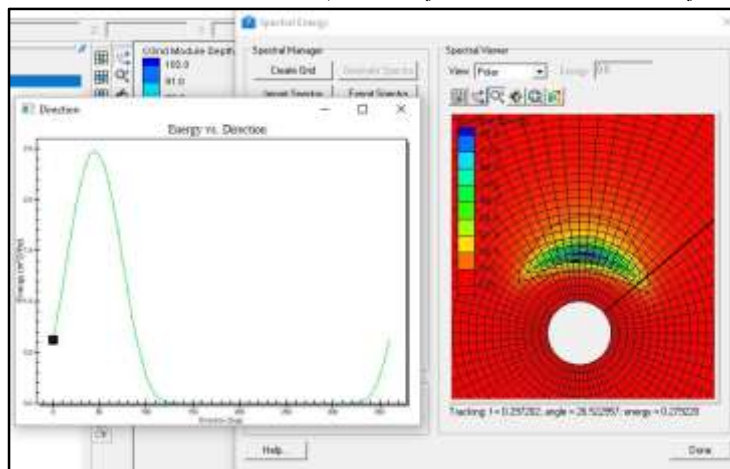


شكل (13). اتجاه الأمواج وقيمها المتشكلة في المنطقة ( $H_s=6.4m$ ,  $T_p=10sec$ , Direction: WSW).

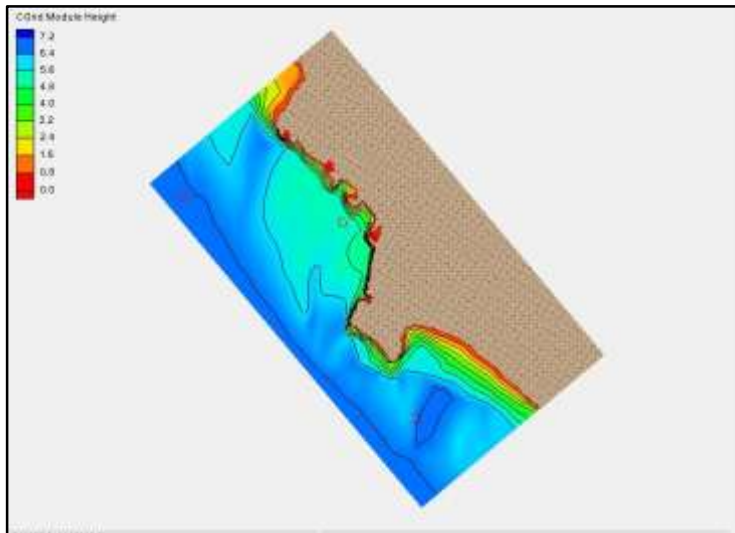
ب - رياح قادمة باتجاه جنوب - غرب. سرعة الرياح 27 m/s، مسافة الانسياب الحقيقية 600 km ومسافة الانسياب الوسطية 185km. أعظم قيمة لارتفاع الموجة هي 6.86 m عند العمق 67 m. يظهر الشكل (14) الطيف الموجي المتشكل ومنحني الطاقة والتردد، كما يظهر الشكل (15) الطيف الموجي المتشكل ومنحني الطاقة والاتجاه، بينما يظهر الشكل (16) والجدول (2) ارتفاعات الأمواج المتشكلة في المنطقة وتغيراتها حسب الأعماق حيث نلاحظ أن ارتفاعات الأمواج ضمن المجال من (6.4 الى 6.5 m) واقعة في المناطق ذات الأعماق من (47-67 m) ، كما يبين الشكل (17) اتجاه الأمواج المتشكلة في المنطقة القريبة من المرفأ حيث تأخذ اتجاه جنوب غرب جنوب وجنوب غرب. أما في منطقة الرمل الجنوبي فإن معظم الأمواج يأخذ اتجاه غرب جنوب غرب، ونلاحظ أن أكبر قيمة لسرعة الموجة هو 6.74m/sec .



شكل (14). منحنى الطاقة- التردد للطيف الموجي المتشكل (Hs=6.9m, Tp=10sec, Direction: SW).



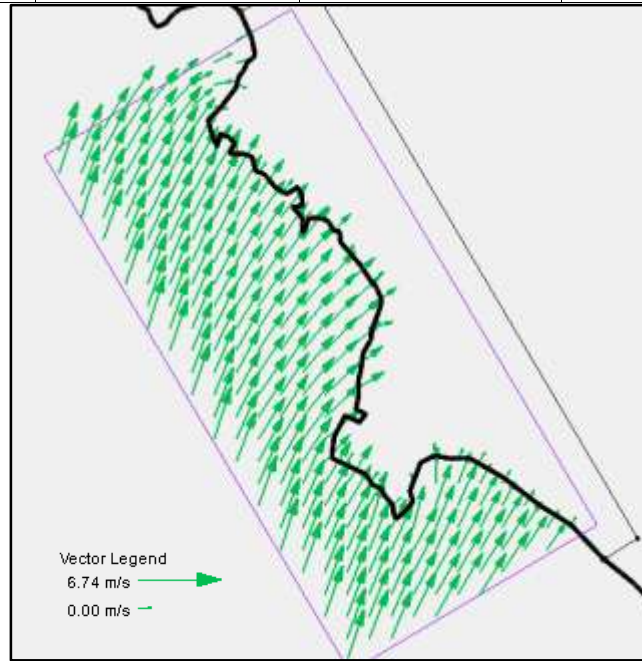
شكل (15). منحنى الطاقة- الاتجاه للطيف الموجي المتشكل (Hs=6.9m, Tp=10sec, Direction: SW).



شكل (16). ارتفاع الموجة في المنطقة (Hs=6.9m, Tp=10sec, Direction: SW).

جدول (2). ارتفاع الموجة في المنطقة (Hs=6.9m, Tp=10sec, Direction: SW).

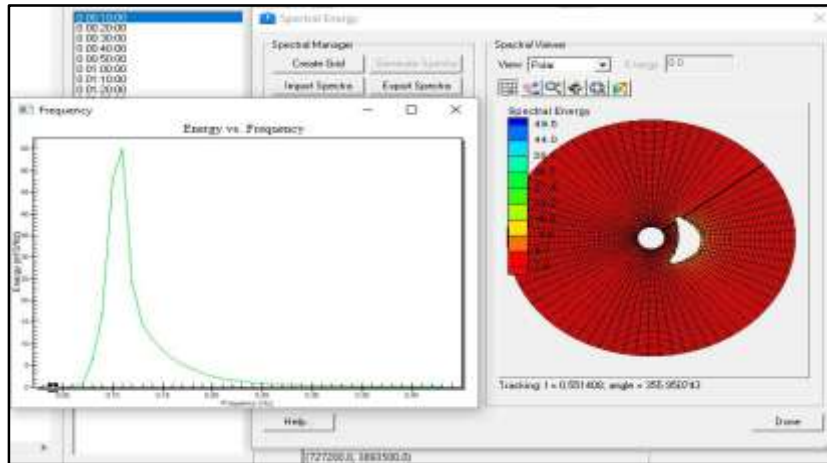
| العمق (m) |    | ارتفاع الأمواج (m) |     | مسلسل |
|-----------|----|--------------------|-----|-------|
| إلى       | من | إلى                | من  |       |
| 67        | 47 | 6.5                | 6.4 | 1     |
| 47        | 15 | 6.4                | 5.6 | 2     |
| 15        | 10 | 5.6                | 4.8 | 3     |
| 10        | 0  | 4.8                | 0   | 4     |



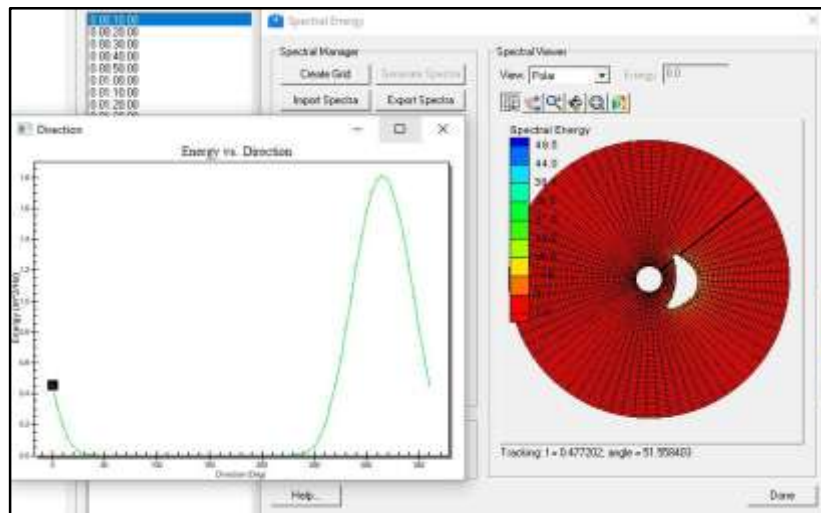
شكل (17). اتجاه الأمواج وقيمها في المنطقة (Hs=6.9m, Tp=10sec, Direction: SW).

ج - رياح قادمة باتجاه شمال غرب: سرعة الرياح 23 m/s، مسافة الانسياب الحقيقية 200 km ومسافة الانسياب الوسطية 118 km. أعظم قيمة لارتفاع الأمواج في هذه الحالة 5,65 m عند العمق 67 m. يظهر الشكل (18) الطيف الموجي المتشكل ومنحني الطاقة والتردد، والشكل (19) الطيف الموجي المتشكل ومنحني الطاقة والاتجاه، بينما يظهر الشكل (20) والجدول (3) ارتفاعات الأمواج المتشكلة في المنطقة وتغيراتها حسب الأعماق. حيث نلاحظ أن ارتفاعات الأمواج ضمن المجال من (4.8 إلى 5.6 m) واقعة في المناطق غير المحمية من الشاطئ ضمن المنطقة ذات الأعماق من (7-67m)، كما يبين الشكل (21) اتجاه الأمواج المتشكلة في المنطقة القريبة من المرفأ، حيث تأخذ الأمواج اتجاه جنوب غرب وجنوب غرب في منطقة الرمل الجنوبي. أما في المنطقة البعيدة عن الشاطئ فإن الأمواج تأخذ اتجاه جنوب شرق، ونلاحظ أن أكبر قيمة لسرعة الموجة هو 5.72m/sec.

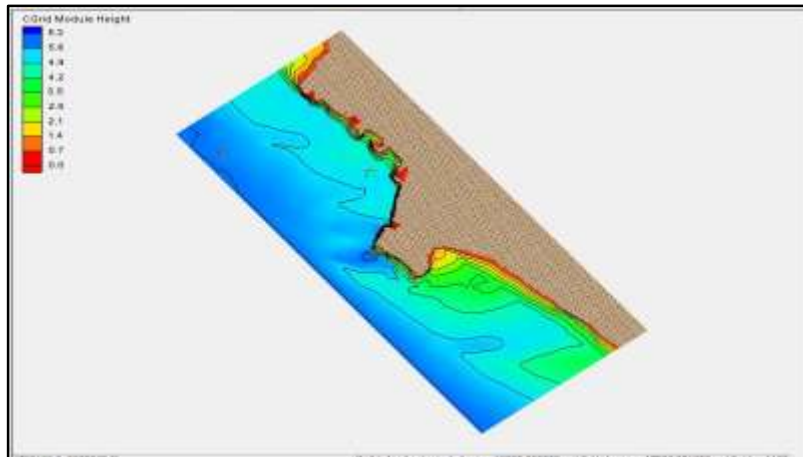




شكل (18). منحنى الطاقة - التردد للطيف الموجي المتشكل (Hs=5.9m, Tp=9,5 sec, Direction: NW).



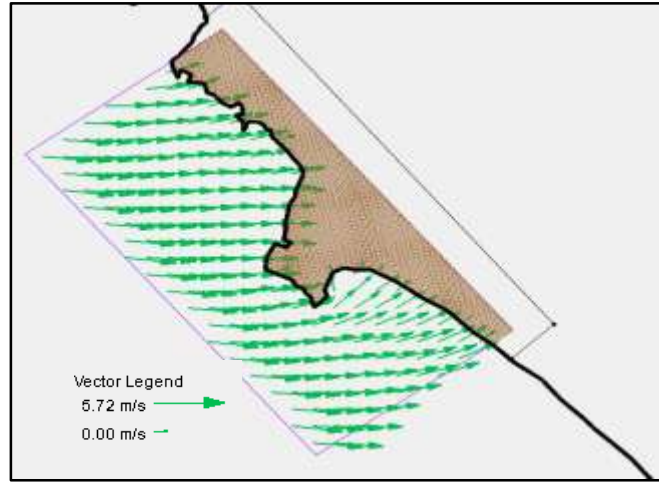
شكل (19). منحنى الطاقة - الاتجاه للطيف الموجي المتشكل (Hs=5.9m, Tp=9,5 sec, Direction: NW).



شكل (20). ارتفاع الموجة في المنطقة (Hs=5.9m, Tp=9,5 sec, Direction: NW).

جدول (3). ارتفاع الموجة في المنطقة (Hs=5.9m, Tp=9,5 sec, Direction: NW).

| العمق (m) |    | ارتفاع الأمواج (m) |     | مسلسل |
|-----------|----|--------------------|-----|-------|
| إلى       | من | إلى                | من  |       |
| 63        | 7  | 5.6                | 4.8 | 1     |
| 7         | 5  | 4.8                | 4   | 2     |
| 5         | 4  | 4                  | 3.2 | 3     |
| 4         | 0  | 3.2                | 0   | 4     |



شكل (21). اتجاه التيارات وقيمتها في المنطقة (Hs=5.9m, Tp=9,5 sec, Direction: NW).

### الاستنتاجات والتوصيات:

#### استنتاجات

يسمح الاستخدام المزدوج للنموذجين STWAVE و ADCIRC بالحصول على:

- طيف الأمواج في منطقة الدراسة؛
- وضع خارطة أعماق ملاحية للمنطقة المدروسة أمام مداخل المرفأ في الظروف الجوية القاسية؛
- وضع خارطة لارتفاعات الأمواج؛
- وضع خارطة لاتجاه حركة التيارات والأمواج؛
- تثبيت حقل الأمواج لمنطقة الدراسة لاستخدامه عند تصميم مختلف المنشآت الشاطئية البحرية.

## توصيات

- ضرورة العمل على سد النقص الشديد في المعلومات الحقلية الخاصة ببيانات الأمواج على الشاطئ السوري من خلال إنشاء محطات قياس مزودة بأحدث تقنيات قياس الأمواج، والعمل على إنشاء بنك معلومات يتم الاعتماد عليه في الدراسات الحقلية وعند تصميم المنشآت الشاطئية البحرية؛
- ضرورة إجراء مسح طبوغرافي كامل على طول الشاطئ السوري، وذلك باستعمال أجهزة حديثة، تمكن من إعطاء صورة أكثر دقة لطبوغرافية القاع؛
- على الرغم من أن النماذج الرياضية تساعد في توفير الجهد والمال عند إجراء الدراسات البحرية، إلا أن بناء النماذج الفيزيائية عند توفر الإمكانيات الفنية والمادية يساعد وبدرجة كبيرة من الدقة على اختبار صحة المعطيات اللازمة للتصميم.
- ضرورة تأمين مختبرات مزودة بأجهزة حاسب ذات مواصفات عالية من أجل الاستعانة بها لتشغيل النماذج الحاسوبية الحديثة.

## المراجع:

- 1- أبو سيف، عطا الله. كتاب جامعي في هندسة الشواطئ والمرافئ البحرية. جامعة تشرين. 1982
- 2- حيدر، آمال؛ إبراهيم، عدنان. الهندسة البحرية. مطبوعات جامعة تشرين. 2003
- 3- المشروع التقني لتوسيع مرفأ اللاذقية، المجلد رقم (2)، أعمال المسح والتقيب، المسح الطبوغرافي والجيوديزي والهيدروغرافي، معهد Kaspomornii proekt الروسي، التابع لبعثة الاتحاد السوفييتي لتنفيذ المشروع الفني لتوسيع مرفأ اللاذقية بين عامي (1974 – 1975).
- 4- University Corporation for Atmospheric Research. Wave Types and Characteristics ,2012.
- 5- Wikipedia. Shallow water equations.
- 6- SMITH, J. M; RESIO, D. T. *Improved shallow-water wave modeling*. US Army Engineer Research and Development Center. Coastal and Hydraulics Laboratory. Vicksburg, Mississippi, USA.
- 7-SMITH, J. M. *Model Background STWAVE*. US Army Engineer Research and Development Center Coastal and Hydraulics Laboratory.
- 8- SMITH, J. M. *STWAVE Optional Input & Output*. US Army Engineer Research and Development Center Coastal and Hydraulics Laboratory.
- 9- MASSEY, T. C.; ANDERSON, M. E.; SMITH, J. M; GOMEZ, J; JONES, R. *STWAVE: Steady-State Spectral Wave Model User's Manual for STWAVE, Version 6.0*,2011.