

إمكانية الاستفادة من طاقة الأمواج البحرية في سورية

الدكتور جورج إسبر*

الدكتور هيثم عيسى**

ذوالفقار الحائك علي***

(تاريخ الإيداع 10 / 9 / 2018. قُبِلَ للنشر في 14 / 10 / 2018)

□ ملخص □

يقدم البحث توصيفاً لسلوك الأمواج البحرية في بعض مناطق شاطئ اللاذقية، من خلال المشاهدة والمراقبة لأكثر من منطقة تختلف بتضاريسها وعمق الماء فيها ونوع القاع (رمل، صخري). كما يعرض نتائج وبيانات لعمليات قياس قيم الارتفاع والدور للأمواج في منطقة (مكسر المرفأ)، و نتائج حسابات الطاقة المنقلة مع الموجة وسرعة تلك الأمواج، حيث عمل على مقارنة الطاقة المحسوبة عبر عدة معادلات تجريبية معتمدة عالمياً، وبيّن أن دور الموجة وسرعتها مستقلان عن ارتفاعها. كما بيّن إمكانية استغلال طاقة الأمواج في سورية، من خلال العمل بمبدأ (القوى الكبيرة والارتفاع المنخفض)، واستخدام آليات تحويل طاقة تعتمد على الدارات الهيدروليكية، بالإضافة لإقامة نظام مركزي أساسي متصل بعدد من الأنظمة الفرعية الأمر الذي يضمن استمرار تدفق الطاقة.

الكلمات المفتاحية: طاقة الأمواج البحرية، ارتفاع الموجة، سرعة الموجة، دور الموجة، محول طاقة أولي.

* أستاذ - قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** مدرس - قسم الهندسة البحرية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

*** طلب دراسات (ماجستير) - قسم الوقاية البيئية - المعهد العالي لبحوث البيئة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

The possibility of exploitation of sea wave power in Syria

Dr.George Isber*
Dr.Haitham Issa**
Zoalfakkar Alhayek Ali***

(Received 10 / 9 / 2018. Accepted 14 / 10 / 2018)

□ ABSTRACT □

This paper presents the characterization of sea wave behavior in some areas of Lattakia shore, through monitoring for more than one site different from each other by terrain, water depth and bottom type (sand, rocks).

It also presents results of measurements of wave height values and their period at breakwater area of Lattakia port, and also shows results of power calculations transmitted with waves and speed of those waves, and brings a comparison of energy values calculated using different experimental equations is being used globally, and shows that wave's speed and period are independent from each other.

Also shows that it is possible to apply wave power techniques in Syria, relying on principle of high strength and low height, best way to achieve this is through hydraulic circuits, and installation of a central system and several subsystems connected to it, this provides a continuous flow of power.

Key words : sea wave power, wave height, wave period, wave speed, sea wave power converter.

* Professor, Department of Electrical Power, Faculty of Mechanical & Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria,

*** Professor, Department of Marine Engineering, Faculty of Mechanical & Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria,

*** Master's degree student, Department of Environmental Prevention, Higher Institute for Environmental Research, Tishreen University, Lattakia, Syria,

مقدمة:

تبرز مشكلة تأمين الطاقة الكهربائية بشكل جلي وواضح في العالم عموماً، وفي شرق المتوسط خصوصاً، وبالتحديد في سورية التي تعاني بسبب الظروف الاستثنائية التي تمر بها، وعليه لابد من البحث عن مصادر بديلة للطاقة، وتظهر الطاقات المتجددة النظيفة [5] كبديل مناسب يمكنه أن يقدم مساهمة لا بأس بها في الوقت الحالي.

طاقة الأمواج البحرية تندرج ضمن فئة الطاقات المتجددة المائية، و تعد من الطاقات الواعدة جداً [1][2]، على الرغم من المشاكل الكثيرة التي تقف عائقاً في وجه الاستفادة المثلى منها، ولتذليل تلك العقبات لابد من وضع الأسس العلمية النظرية والتجريبية التي تشكل القاعدة التي يمكن البناء عليها في هذا المجال، ولاحقاً نقل هذا المجال إلى مستوى متطور يمكننا من الاعتماد عليه بشكل كامل، أو لنقل بشكل شبه كامل، وذلك ممكن في سورية لغناها الكبير بمصادر الطاقة المتجددة بكافة أشكالها (الشمسية، الريحية، الحيوية، المائية).

ضمن هذا السياق لابد من تحديد القيم الحقيقية التي توصف حالة الأمواج البحرية في الساحل السوري، وسبل وإمكانيات الاستفادة منها، قبل البدء بأي جهد يندرج ضمن إطار تصميم وتركيب واختبار آليات وميكانيزمات لاستخلاص الطاقة من الأمواج .

القيم والبيانات التي سوف يتم التوصل إليها ستساعد في تحديد الشكل والتصميم الأمثل لأي آلية مقترحة، و ستحدد إمكانية الاستفادة من هذه الطاقة أساساً في سورية.

في إطار هذه الدراسة ستم مراقبة سلوك الأمواج في أكثر من منطقة على ساحل محافظة اللاذقية، وتسجيل بيانات الأمواج في منطقة (مكسر مرفأ اللاذقية)، ومعاملة تلك النتائج، و تحديد الخطوط الأولية التصميمية لآلية استخلاص الطاقة من الموجة.

أهمية البحث وأهدافه :

تكمن أهمية البحث في أنه سيقدم بيانات حقيقة عن ارتفاع الأمواج وسلوكها على ساحل اللاذقية، ويمكن من إيجاد التخطيط المناسب للاستفادة من طاقة تلك الأمواج، بالإضافة لآثاره الإيجابية على البيئة من خلال الدفع في اتجاه الاستعاضة عن الوقود الأحفوري وتعويض ذلك بالطاقة المتجددة النظيفة، وتبيان إمكانية الاستفادة من طاقة الأمواج في سورية، ونوع الآلية المناسب، وأماكن تركيب تلك الآليات .

طرائق البحث ومواده :

تتم مراقبة سلوك الأمواج في أكثر من منطقة تختلف عن بعضها بالتضاريس و عمق المياه ونوعية القاع (رمل، صخري)، وتسجيل تلك المشاهدات، وتسجيل ارتفاع ودور وسرعة الموجة في أوقات مختلفة، وحساب الطاقة الميكانيكية التي تتمتع بها الموجة، وتقييم ذلك وصولاً إلى تحديد الشكل العام لآلية استخلاص الطاقة من الموجة، وبالاعتماد على أدوات قياس المسافات التقليدية وأدوات قياس الزمن تم التوصل لنتائج القياسات.

تحديد ارتفاع ودور الموجة :

تم تحديد ارتفاع الأمواج بالقياس المباشر لعدد من الأمواج المتتالية وحساب متوسط الارتفاع لها، وتسجيل عدة قيم لمتوسط ارتفاع الموج خلال اليوم الواحد، وبنفس الطريقة تم تحديد الدور .

تم إنجاز القياس بتسجيل الفرق في المسافة (ارتفاع الموجة) بين أخفض نقطة تصلها الموجة وأعلى نقطة تسجلها على شريط قياس المسافات المتوضع بشكل شاقولي في الماء في منطقة القياس، وتقسيم تلك المسافة على اثنين للوصول إلى سعة الموجة.

أما بالنسبة للدور فقد تم حسابه من خلال تسجيل الزمن اللازم لعبور قمتي موجة لنقطة ثابتة، ونظراً لعدم توفر الإمكانية لقياس دور الموجة أثناء أخذ بعض القياسات، تم اعتبار أن قيم الدور الداخلة في الحسابات هي القيم المتوسطة التي نتجت من القياسات التي تم فيها تسجيل تلك القيم.

حساب طول وسعة الموجة (سرعة الطور، سرعة المجموعة):

تحدد سرعة الطور للموجة (سرعة حركة جزيئات الماء) [3] بالعلاقة التالية:

$$C_{phase} = \frac{g t}{2\pi} \quad (1)$$

حيث تقدر السرعة بوحدة (m/s)، (t) دور الموجة ويقدر بالثانية، (g) تسارع الجاذبية الأرضية وتساوي قيمته $g = 9.81 (m.s^{-2})$.

من العلاقة السابقة نجد أن سرعة الطور للموجة متعلقة بالدور بشكل أساسي، والعلاقة بينهما علاقة تناسب طردي. وبالنسبة لطول الموجة المقدر بالمتر [3] فإنه يحسب بالعلاقة:

$$\lambda = \frac{C}{t} \quad (2)$$

(C) تمثل سرعة تقدم جبهة الموجة بالنسبة بمراقب ثابت وتقدر ب(m/s).

وبأخذ عمق الماء بالحسبان واعتبار منطقة القياس عميقة (20-16) متر، فإن علاقة السرعة للمجموعة [4] تحسب بالعلاقة:

$$v_G = \frac{1}{2} C \quad (3)$$

(v_G) سرعة المجموعة وتقدر ب(m/s).

حساب طاقة الموجة:

تم حساب طاقة الموجة بالاعتماد على عدد من المعادلات التجريبية والمستخدمة عالمياً من قبل الباحثين في تحديد قيمة تلك الطاقة.

i. المعادلة الأولى: تستخدم في المياه العميقة ذات العمق الأكبر من نصف طول الموجة [3]، وهي تابع لكل من الدور ومربع الارتفاع، وتعبّر عن الطاقة الميكانيكية في وحدة الطول من عرض جبهة الموجة:

$$P = \frac{\rho \cdot g^2}{64\pi} H^2 t = 0.491 H^2 t \left(\frac{kw}{m^3 \cdot s} \right) \quad (4)$$

$\rho = 1.025 (ton.m^{-3})$ الكتلة الحجمية لماء البحر، (H) ارتفاع الموجة ويقدر بالمتر، في حين تقدر طاقة الموجة بوحدة (KW/m).

ii. المعادلة الثانية: تستخدم في المياه العميقة أيضاً، وهي تابع لكل من الدور ومربع الارتفاع، وتعبّر عن الطاقة الميكانيكية في وحدة الطول من عرض جبهة الموجة [3]، و تقدر طاقة الموجة بوحدة (KW/m):

$$P = 0,42.H^2 t \quad (5)$$

.iii المعادلة الثالثة : تعبر عن الطاقة الكلية المنقولة في وحدة الطول من عرض جبهة الموجة في المياه العميقة [4]، وهي تابع لارتفاع الموجة وسرعة تحرك مجموعة الأمواج، وتقدر بوحدة (KW/m) :

$$P_{tot} = \frac{1}{8} \rho . g . v_G . H^2 \quad (6)$$

كما تم حساب كثافة توزيع الطاقة [3] في وحدة المساحة الأفقية من سطح الموجة (KW/m²) بالمعادلة :

$$E = \frac{1}{16} \rho . g . H^2 \quad (7)$$

النتائج والمناقشة :

المشاهدات العينية :

خلال المشاهدات المتكررة والمراقبة خلال فترة الدراسة (2016-2018) لأكثر من منطقة في الساحل السوري في محافظة اللاذقية تم التوصل للنتائج التالية :

- معظم الأمواج تأتي من الجنوب الغربي، والبقية من الغرب .
- تأتي الأمواج على شكل مجموعات كبيرة تتمتع بنفس الخصائص تقريباً، وتحافظ على هذه الخصائص حتى الاقتراب من الشاطئ، حيث تبدأ عندها عملية امتصاص الطاقة من بعض الأمواج (أمواج الشاذة) على حساب أمواج مجاورة لها، وبالنتيجة فإن ارتفاع بعض الأمواج يزداد بشكل كبير بالمقارنة مع ارتفاع مجموعة الأمواج الوسطي قبل وصولها للشاطئ.
- الأمواج الشاذة الكبيرة تمتص الطاقة من الأمواج المجاورة لها، التي تسبقها والتي تليها، وبالتالي نشوء أمواج ذات ارتفاع منخفض نسبياً بشكل كبير بالمقارنة مع ارتفاع المجموعة الأولى.
- معظم مجموعات الأمواج من النوع (Swell)، وتمتاز بعرض جبهة كبير نسبياً .
- الأمواج في المناطق البعيدة عن الشاطئ، ذات طول موجة متوسط نسبياً وارتفاع محدد وعرض جبهة كبير، ويكون البروفيل الخاص بها قريباً جداً من البروفيل الجببي للأمواج الخطية [4] .
- عند اقتراب مجموعات الأمواج من الشاطئ، بغض النظر عن نشوء الأمواج الشاذة، فإن ارتفاع المجموعة ينخفض نسبياً، كما أن طول الموجة ينخفض، وقمتها تصبح مدبية أكثر، وتنخفض سرعتها نسبياً.
- على الرغم من انخفاض ارتفاع الأمواج عند اقترابها من الشاطئ، إلا أن المراقب على الشاطئ يلاحظ ارتفاع منسوب سطح الموجة بشكل أكبر منه عندما كانت بعيدة عن الشاطئ، وتبدو الصورة وكأن ارتفاع الموجة ازداد، على الرغم من أنه عملياً انخفض، ولكن كمية الحركة التي تتمتع بها كتلة الماء المنقلة تمكنها من الصعود نحو الشاطئ إلى مستويات منه ذات ارتفاع أعلى من ارتفاع الموجة بعيداً عن الشاطئ، وبالتالي يتولد شعور بأن ارتفاع الموجة ازداد، وحقيقة الحال تقول أن المسافة العمودية بين القمة والقاع في الموجة والتي هي ارتفاع الموجة قد انخفضت [4].
- في بعض الحالات وفي شروط محددة وأثناء تقدم موجة من الشاطئ تصطدم بكمية الماء التي صعدت للشاطئ و العائدة نحو البحر، والتي تعود للموجة التي سبقتها وتحصل إعاقة لتلك الموجة تؤدي إلى انخفاض سرعتها وزيادة الضغط في منطقة التصادم، وبالتالي ارتفاع منسوب الماء، أي بلغة أخرى ازدياد ارتفاع الموجة .

- عند مسافات بعيدة عن الشاطئ نوعاً ما في المناطق العميقة، تكون حركة الماء عبارة عن تموج عمودي على مستوي سطح البحر الأفقي، ومع اقترابها من الشاطئ تترافق تلك الحركة مع حركة جريان للماء باتجاه الشاطئ، وتزداد حركة الجريان بازدياد الاقتراب من الشاطئ، حتى تتحول بالكامل إلى جريان في الأمتار الأخيرة، وتستمد تلك الجزينات الطاقة التي تؤدي إلى نقلها إلى الشاطئ (طاقة جريانها) من طاقة الموجة الأساسية، وبالتالي هناك علاقة عكسية بين مقدار الجريان و ارتفاع الموجة، و بازدياد كمية الجريان ينخفض ارتفاع الموجة حتى انعدامه في الأمتار الأخيرة.
 - خلال المراقبة والمتابعة لحركة الأمواج في المناطق ذات الشواطئ الرملية (الشقيفات، الصنوبر) وجد أن الأمواج تحافظ بنسبة أكبر من نسبتها في الشواطئ الصخرية على حركة التموج العمودي على مستوي سطح البحر الأفقي مع جريان أقل ما يمكن لتلك الجزينات حتى مسافة قريبة جداً من الشاطئ ، وذلك عند أعماق متشابهة. السبب في ذلك يعود إلى شكل القاع وتفاوت الأعماق فيه وتغيرها بشكل عشوائي في الشواطئ الصخرية ، مما يسهم في تشتيت طاقة الموجة وتحويل مجمل الطاقة إلى طاقة اندفاع على شكل جريان نحو الشاطئ[4].
 - في الشواطئ الرملية فإن التدرج في العمق في المناطق القريبة من الشاطئ وثباته بشكل عام في النقاط التي تبعد عن الشاطئ بعداً واحداً، يساهم بشكل كبير في الحفاظ على الشكل العام لبروفيل الموجة قدر الإمكان، ويكون الانخفاض في ارتفاع الموجة بشكل تدريجي .
 - هناك تفاعل كبير بين الموجة والقاع، وأكبر دليل على ذلك تشكل القاع الرملي بشكل متموج ذو بروفيل قريب من بروفيل الأمواج الجيبية بنسبة كبيرة، ويمكن ملاحظة ذلك بصورة واضحة في منطقتي (الصنوبر والشقيفات).
 - هناك تأثير وتفاعل إيجابي كبير جدا بين الأمواج في المياه العميقة وبين الحواجز الصناعية التي تعترض طريقها، وكمثال على ذلك المكسر في مرفأ اللاذقية، حيث أن الأمواج نتيجة إعاقته وهي بطاقتها الكاملة وقبل أن تقترب من الشاطئ وتبدأ بخسارة تلك الطاقة، تتفاعل بشكل يؤدي إلى ارتفاع منسوب الماء بشكل كبير على الحاجز الصخري ولارتفاعات كبيرة أكبر من ارتفاع الموجة قبل الاصطدام .
 - وبمقارنة مجموعة من الأمواج عند نهاية المكسر من جهة بوابة المرفأ، نجد أن ارتفاع الأمواج التي تصطدم بالمكسر ترتفع لمستويات أكبر بكثير من تلك التي تكمل طريقها بدون أن تصطدم.
- البيانات المسجلة للأمواج (مكسر مرفأ اللاذقية) :**
- تمت القياسات على الجهة الخارجية للمكسر في عدة مواقع منه وخلال أوقات متفرقة أثناء اليوم وخلال عدة أيام متباعدة، وكل قيمة من القيم الواردة في الجداول عبارة عن متوسط لعدد من القياسات المتتالية .

الجدول (1) - ارتفاع الموج في 28-29-30/12/2016

28-12-2016									التاريخ
ارتفاع الموج H(m)									
0.90	0.95	0.96	0.95	0.89	0.84	0.85	0.81	0.8	
1.13	1.13	1.16	1.14	1.12	1.11	1.08	1.05	0.97	
1.35	1.35	1.29	1.28	1.25	1.21	1.16	1.19	1.14	
1.85	1.82	1.79	1.78	1.74	1.75	1.67	1.64	1.55	
29-12-2017									التاريخ
ارتفاع الموج H(m)									
1.53	1.48	1.50	1.54	1.54	1.52	1.54	1.55	1.6	

1.68	1.66	1.63	1.62	1.58	1.56	1.57	1.54	1.55
1.75	1.70	1.69	1.63	1.64	1.60	1.65	1.72	1.71
1.94	1.92	1.89	1.85	1.88	1.83	1.79	1.77	1.74
30-12-2017					التاريخ			
ارتفاع الموج H(m)								
1.83	1.82	1.82	1.85	1.80	1.75	1.73	1.73	1.71
1.96	1.95	1.92	1.90	1.88	1.87	1.85	1.83	1.83
2.23	2.11	2.04	1.98	1.99	1.98	1.95	1.97	1.94
2.28	2.26	2.24	2.25	2.29	2.27	2.26	2.22	2.25
2.42	2.41	2.39	2.37	2.36	2.33	2.34	2.34	2.31

الجدول (2) - ارتفاع الموج في 23/4/2017

23-4-2017					التاريخ			
ارتفاع الموج H(m)								
0.64	0.68	0.62	0.61	0.63	0.66	0.65	0.64	0.64
0.89	0.88	0.85	0.81	0.79	0.77	0.73	0.74	0.70
0.72	0.77	0.79	0.94	0.92	0.95	0.88	0.87	0.91

الجدول (3) - ارتفاع الموج في 9/10/2017

9-10-2017					التاريخ			
ارتفاع الموج H(m)								
0.88	0.90	0.95	0.97	0.96	0.98	0.98	0.95	0.92
0.89	0.86	0.85	0.82	0.79	0.82	0.84	0.85	0.87
1.05	1.00	1.03	1.01	0.99	0.98	0.95	0.92	0.88
1.04	1.07	1.05	1.06	1.09	1.11	1.14	1.15	1.11
0.72	0.77	0.79	0.94	0.92	0.95	0.88	0.87	0.91

الجدول (4) - ارتفاع الموج في 24/5/2018

25-5-2018		
بارامترات الموجة		الساعة والتاريخ
الدور t(s)	الارتفاع (m)	
4.19	0.65	00.00
4.28	0.70	03.00
4.32	0.79	06.00
4.26	0.84	09.00
4.34	0.85	12.00
4.39	0.75	15.00
4.33	0.60	18.00
4.42	0.51	21.00

الجدول (5) - ارتفاع الموج في 25/5/2018

24-5-2018		
بارامترات الموجة		الساعة والتاريخ
الدور t(s)	الارتفاع (m)	
4.38	0.85	12.00
4.39	0.89	15.00
4.33	0.81	18.00
4.30	0.79	21.00

الجدول (6) - ارتفاع الموج في 26/5/2018

26-5-2018		
بارامترات الموجة		الساعة والتاريخ
الدور t(s)	الارتفاع H(m)	
4.54	0.55	00.00
4.75	0.46	03.00
4.57	0.47	06.00
4.54	0.43	09.00
4.30	0.38	12.00
3.84	0.39	15.00
4.42	0.38	18.00
4.42	0.38	21.00

الجدول (7) - ارتفاع الموج في 27/5/2018

27-5-2018		
بارامترات الموجة		الساعة والتاريخ
الدور t(s)	الارتفاع H(m)	
4.50	0.26	00.00
4.56	0.27	03.00
4.59	0.24	06.00
4.59	0.26	09.00
4.41	0.28	12.00
4.22	0.31	15.00
3.86	0.32	18.00
3.81	0.33	21.00

الجدول (8) - ارتفاع الموج في 28/5/2018

28-5-2018		
بارامترات الموجة		الساعة والتاريخ
الدور t(s)	الارتفاع H(m)	
3.65	0.30	00.00
3.92	0.31	03.00
4.16	0.36	06.00
4.23	0.39	09.00
4.29	0.36	12.00

4.11	0.32	15.00
3.80	0.29	18.00
3.77	0.29	21.00

الجدول (9) - ارتفاع الموج في 29/5/2018

29-5-2018		
بارامترات الموجة		الساعة والتاريخ
الدور t(s)	الارتفاع H(m)	
3.69	0.25	00.00
3.67	0.22	03.00
3.72	0.23	06.00
3.55	0.23	09.00
3.35	0.29	12.00
4.25	0.24	15.00
4.37	0.26	18.00
4.04	0.25	21.00

الجدول (10) - ارتفاع الموج في 30/5/2018

30-5-2018		
بارامترات الموجة		الساعة والتاريخ
الدور t(s)	الارتفاع H(m)	
3.65	0.39	00.00
3.98	0.45	03.00
3.34	0.47	06.00
3.87	0.48	09.00
3.61	0.65	12.00
3.81	0.62	15.00
4.14	0.74	18.00
4.35	0.76	21.00

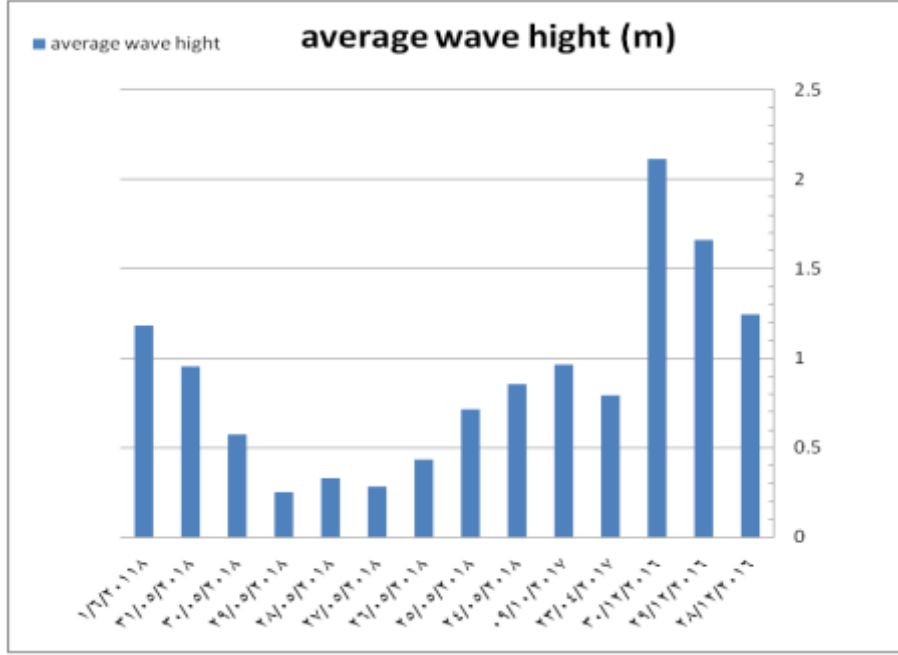
الجدول (11) - ارتفاع الموج في 31/5/2018

31-5-2018		
بارامترات الموجة		الساعة والتاريخ
الدور t(s)	الارتفاع H(m)	
4.44	0.74	00.00
4.26	0.86	03.00
4.29	0.87	06.00
4.22	0.94	09.00
4.26	0.90	12.00
4.44	1.00	15.00
4.76	1.09	18.00
4.86	1.17	21.00

الجدول (12) - ارتفاع الموج في 1/6/2018

1-6-2018		
بارامترات الموجة		الساعة والتاريخ
الدور t(s)	الارتفاع H(m)	
4.68	1.18	00.00-03.00

القيم في جميع الجداول السابقة تُظهر أن قيم الارتفاع تتغير بشكل دائم، ويكون هذا التغير بشكل تدريجي نوعاً ما في الفترات الزمنية المتقاربة، بينما يصبح هذا التغير بقفزات كبيرة في الفترات الزمنية المتباعدة نوعاً ما، بالإضافة لظهور قيم شاذة (مرتفعة جداً أو منخفضة جداً) تتخلل القيم المسجلة .

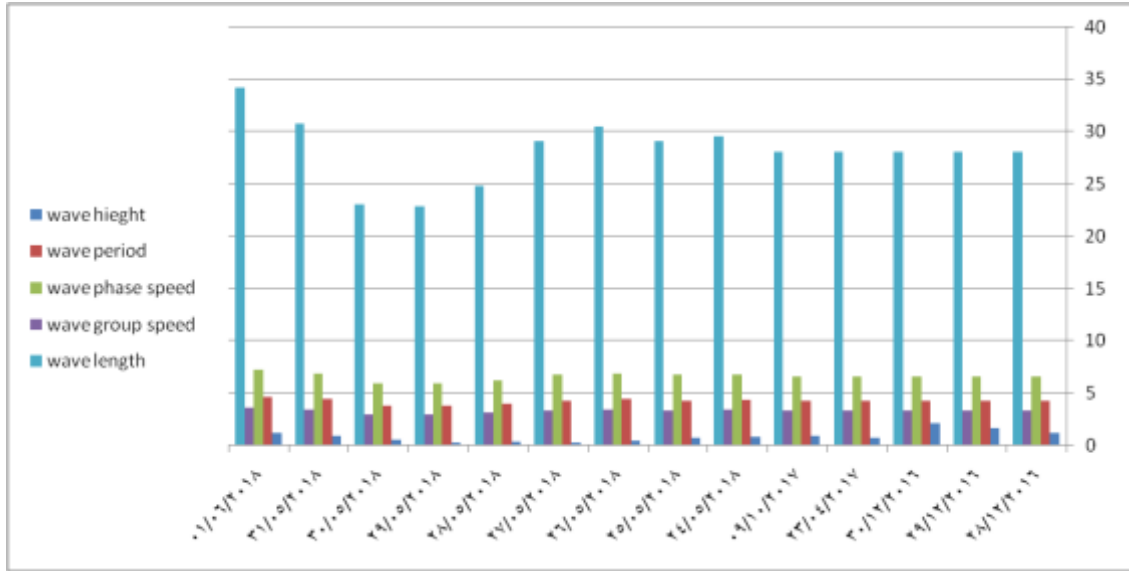


لشكل (1) - يوضح متوسط ارتفاع الموج اليومي خلال فترة الدراسة

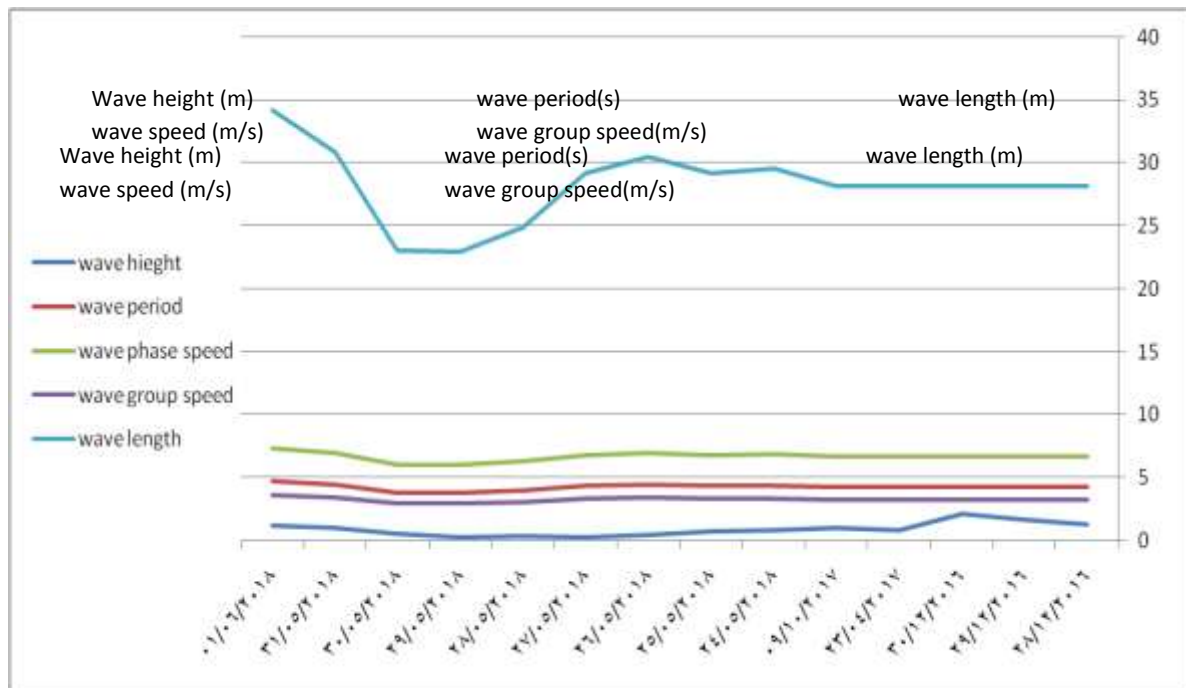
كما يتغير الدور بشكل شبه مستقل عن ارتفاع الموج ضمن مجال ضيق ، ويمكن اعتباره ثابتاً تقريباً ، كما أن السرعة المحسوبة على أساس الدور ستكون ثابتة وفق نفس التصور [7].

الجدول (13): تغيرات متوسطات ارتفاع وطول ودور وسرعة الموجة .

λ (m)	V_G (m/s)	C (m/s)	t (s)	H (m)	التاريخ
28.1	3.31	6.62	4.24	1.24	28-12-2016
28.1	3.31	6.62	4.24	1.66	28-12-2016
28.1	3.31	6.62	4.24	2.11	28-12-2016
28.1	3.31	6.62	4.24	0.79	23-4-2017
28.1	3.31	6.62	4.24	0.96	9-10-2017
29.54	3.4	6.79	4.35	0.85	24-5-2018
29.16	3.38	6.75	4.32	0.71	25-5-2018
30.5	3.45	6.9	4.42	0.43	26-5-2018
29.16	3.38	6.75	4.32	0.28	27-5-2018
24.86	3.12	6.23	3.99	0.33	28-5-2018
22.9	2.99	5.98	3.83	0.25	29-5-2018
23.04	3	6	3.84	0.57	30-5-2018
30.8	3.47	6.93	4.44	0.95	31-5-2018
34.2	3.65	7.3	4.68	1.18	1-6-2018



الشكل (2) - تغيرات متوسطات كل من ارتفاع ودور وسرعة الموجة بتغير الزمن.



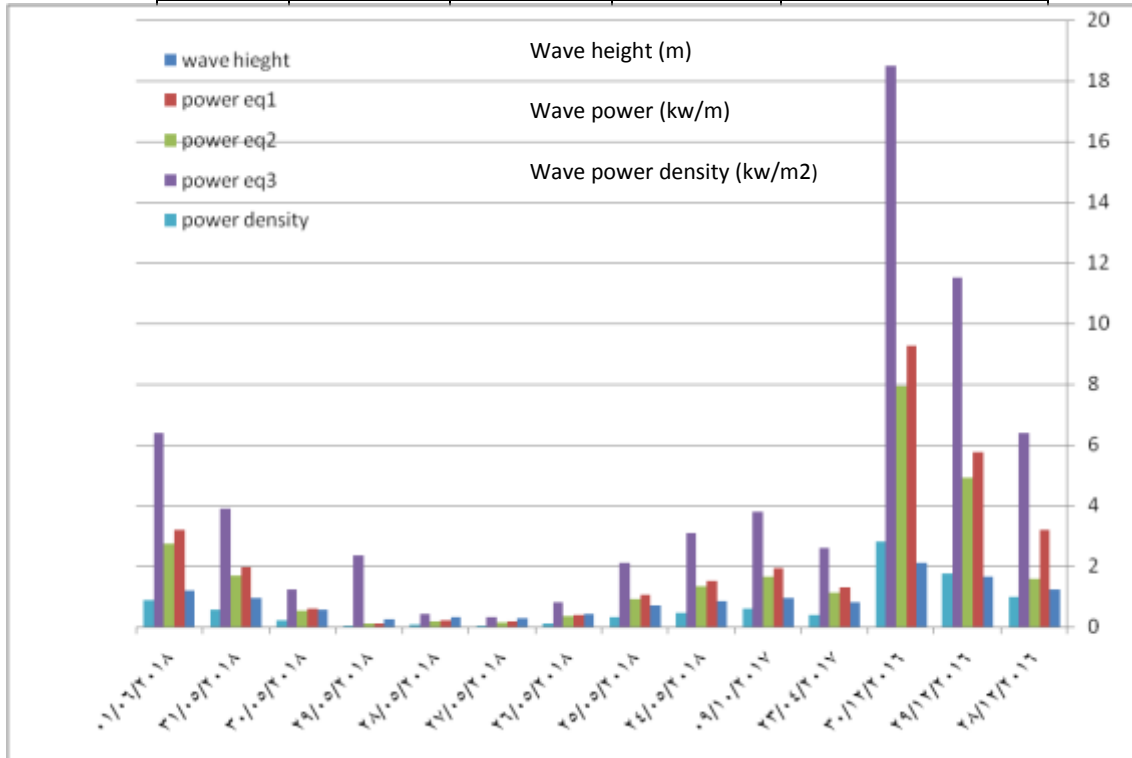
المخطط البياني (1) - تغيرات ارتفاع وطول الموجة وسرعتها بتغير الزمن.

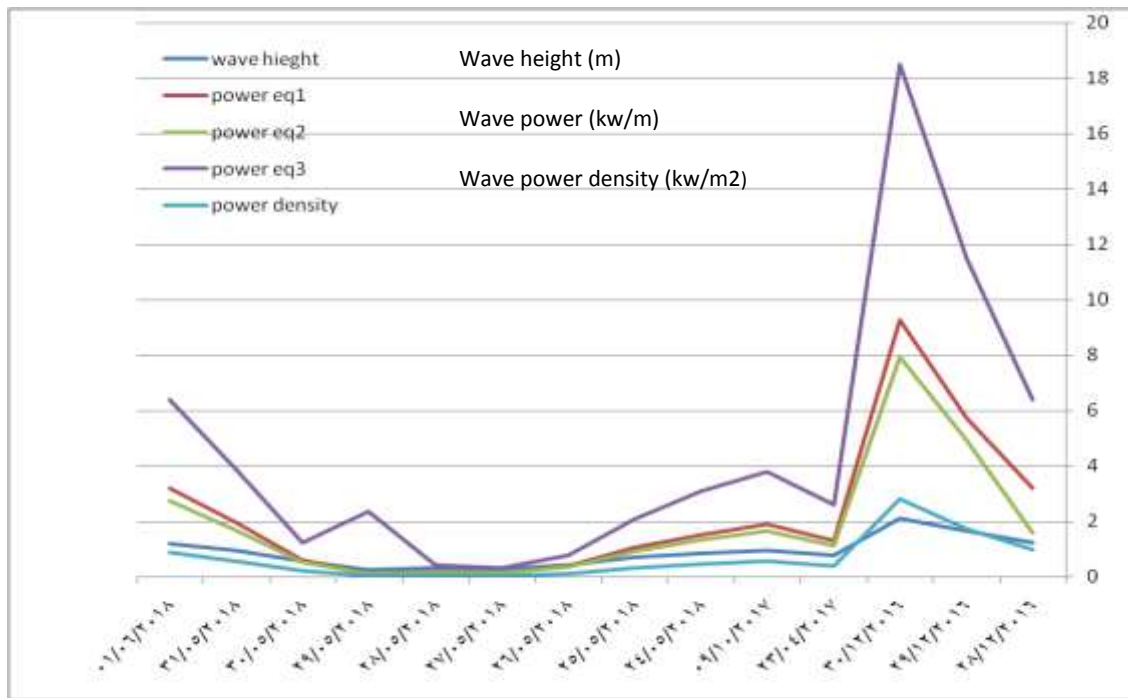
ويظهر من الجدول (13) والمخطط البياني (1) حساسية طول الموجة لتغيرات الدور، بينما لا علاقة تربط بين ارتفاع الموجة وبين تغير طولها [7][3].

والجدول والمخططات التالية تبين تغيرات طاقة الموجة بتغير الزمن.

الجدول (14): تغيرات طاقة الموجة وكثافة الطاقة بتغير الزمن.

التاريخ	P:eq1 (kw/m)	P:eq2 (kw/m)	P:eq3 (kw/m)	E (kw/ m ²)
28-12-2016	3.2	1.57	6.4	0.97
28-12-2016	5.74	4.91	11.5	1.74
28-12-2016	9.27	7.93	18.5	2.81
23-4-2017	1.3	1.11	2.6	0.4
9-10-2017	1.92	1.64	3.8	0.58
24-5-2018	1.51	1.32	3.1	0.45
25-5-2018	1.07	0.92	2.1	0.32
26-5-2018	0.4	0.34	0.8	0.12
27-5-2018	0.17	0.14	0.33	0.05
28-5-2018	0.21	0.18	0.43	0.07
29-5-2018	0.12	0.1	2.35	0.04
30-5-2018	0.61	0.52	1.23	0.21
31-5-2018	1.97	1.68	3.9	0.57





المخطط البياني (2) - تغيرات ارتفاع وطاقة الموجة بتغير الزمن.

والجدول التالي يعرض متوسط القيم لجميع البارامترات السابقة :

الجدول (15) - القيم المتوسطة لبارامترات الموجة.

E (kw/ m ²)	P:eq3 (kw/m)	P:eq2 (kw/m)	P:eq1 (kw/m)	v _G (m/s)	C (m/s)	λ(m)	t(s)	H (m)
0.66	4.53	1.79	2.19	3.31	6.62	28.19	3.96	0.88

والمقارنة ببيانات الجداول (13,14,15) يبدو واضحاً أن قيم كل من الارتفاع والطاقة وكثافة توزيع الطاقة تتغير بشكل دائم كبير وتدرجياً حول القيم المتوسطة المحسوبة لها، بينما يلاحظ أن هذه التغيرات تكون أقل حدةً في حالة الدور والسرعة وطول الموجة.

وعليه فإنه للاستفادة المثلى من طاقة الأمواج البحرية في سورية يجب الاعتماد على آليات تعمل ضمن مجال محدد لارتفاع الموج، كالأليات الهيدروليكية [6] ، التي تتمتع بالقدرة على التعديل لمواكبة التغير التدريجي في ذلك الارتفاع، مع قدرة على استيعاب القيم الكبيرة جداً أو المنخفضة جداً بدون أن تتأثر البنية الإنشائية للآلية والعناصر المكونة . الثبات النسبي لكل من الدور والسرعة وطول الموجة يوفر إمكانية ضبط شوط وحركة المحول الأولي للطاقة في الآلية المقترحة بشكل فعال، ويؤمن استقرار وإمكانية تحكم كبيرة بمراحل تحويل الطاقة المختلفة ضمن الآلية، كما أن الأمواج من النوع العريض الجبهة والذي يوفر تغطية عدد من أجهزة تحويل الطاقة بنفس الوقت.

قيم الطاقة المتوسطة المحسوبة خلال فترة الدراسة جيدة ومن الممكن الاستفادة منها فعلياً، كما أن قيم الطاقة والسرعة والارتفاع والدور مجتمعة تضعنا أمام كمية ضخمة من الطاقة المخترنة في الموجة، ومن الواجب استغلالها بأفضل شكل، فهي عبارة عن كتلة ضخمة من المياه تتحرك بسرعة كبيرة.

وهذا يقود إلى التفكير بالابتعاد عن الآليات التي تعتمد على مبدأ ارتفاع كبير للموجة، وتنفذ قدرتها عند انخفاض قيم هذا الارتفاع، والتوجه نحو مبدأ ارتفاع صغير وقوة كبيرة وحركة بطيئة [8][5] ، وبالتالي اختيار جمل توليد كهربائية للتيار المستمر، والتي تتمتع بخصائص تمكنها من العمل ضمن الشروط والبارامترات المتغيرة.

الاستنتاجات والتوصيات :

- نتائج القياس تؤكد أن طاقة الأمواج البحرية في سورية قابلة للاستثمار وفعاليتها جيدة.
- الاستراتيجية الأمثل لتصميم الآليات هي (قوى كبيرة ، حركة بطيئة ، ارتفاع منخفض).
- بالاعتماد على نتائج الدراسة فإن محاولات طاقة الموجة الهيدروليكية - (اسطوانات، محرك، مجمع ضغط) مع جسم طافي كمحول أساسي للطاقة وجملة توليد تيار كهربائي مستمر - مناسبة جداً.
- استعمال نظام مركزي هيدروليكي تتفرع منه عدة خطوط تتغذى من خلال محاولات طاقة أساسية منتشرة في أماكن متفرقة ضمن البحر يؤمن استقرار الطاقة الناتجة.
- يجب تركيب الآليات في المياه العميقة ، بحيث يكون اتجاه المحول الأولي للطاقة باتجاه جنوب غرب ليواجه الأمواج المنتشرة وفق هذا الاتجاه .
- الارتفاع في مجال (0.5-1 m) يحقق أكبر فترة استمرارية لعمل محولات الطاقة.
- مكسر مرفأ اللانقية من الأماكن الجيدة جداً لتركيب محول طاقة أمواج.
- بناءً على النتائج السابقة، يوصى بتركيب نموذج أولي لمحول طاقة الموجة على مكسر مرفأ اللانقية، ودراسة البيانات التشغيلية له وربطها ببيانات الأمواج في تلك المنطقة بغية الوصول لمحول طاقة أمواج أكثر تطوراً.

المراجع :

1. SZABO,L;OPREA,C. *Linear generators for wave power plants to be set up near the Romanian costs of the Black sea*.1st.ed.Technical University of Cluj, Romania,2007,12.
2. World Energy Council. *survey of energy resources- wave energy*. Report, ,2007,550- 564.
3. RODRIGUES,L. *Wave power conversion systems for electrical energy production*. 1st.ed.Nova University of Lisbon, Portugal,2008,7.
4. ENFERAD,E;NAZARPOUR,D. *Ocean's Renewable Power and Technologies-New Developments in Renewable Energy*. Urmia University, Urmia,Iran,2013,300.
5. KANKI,H;FARUSAWA,T;OTOYO,T.*Development of advanced wave power generation systems by applying gyroscopic moment*. 1st.ed. science and technology agency, Japan,2006,283.
6. KAMIZURU,Y;LIERMANN,M;MURRENHOF,H.*Simulation of an Ocean Wave Energy Converter Using Hydraulic Transmission*. RWTH Aachen University, Germany,2010,12.
7. RINGWOOD,J.BUTLER,S.*Optimisation of wave energy converter*. 1st.ed. Nui Maynooth Universi, Ireland,2004,160.
8. ابراهيم، بهجت. *دراسة تغيرات طاقة الأمواج في منطقة المنارة (طرطوس - سورية)*. سلسلة أبحاث اليرموك،الأردن.المجلد 21، ع1،2012،157-171.