Comparative study of floating marine platforms (Spar – semisubmersible and tension leg plat) and determine the most suitable type of work in the territorial waters of the Syrian coast

Ammar Qarafallah *

(Received 4 / 3 / 2019. Accepted 8 / 5 / 2019)

□ ABSTRACT □

In modern times, the role of non-renewable energy sources (oil and natural gas) has become significant in the process of human development and technological development, in the absence of alternative, clean, renewable and cheap alternative energy sources, the continental shelf areas of various oceans and sea of the world, including the continental shelf area of the Eastern Mediterranean are now promising areas, with very encouraging signs of availability of rich reservoirs in this region. This research highlights the suitability of each of the three species to work in our territorial waters based on the estimated number of years of actual work Which depends on the platform's response to changing dynamic environmental factors as well as the estimated economic cost, thus determining the suitability of each type to work according to the existing environmental conditions (depth, winds and waves). In order to make the right comparison, I chose standards designs and known the dimensions of the three types. These standard designs are ready and made by the international companies working in this field, and we make the necessary structural adjustments to suit the environmental conditions in the studied area.

Key words: floating platforms, Spar, semisubmersible، tension leg plat (TLP), standards

* **Master – Syria** Ammar.qarafallah@gmail.com

دراسة مقارنة بين أنواع المنصات البحرية العائمة (الوتدية – الشبه غاطسة – الساقية) وتحديد النوع الأكثر ملائمة للعمل في المياه الإقليمية للساحل السوري

عمار قره فلاح*

(تاريخ الإيداع 4 / 3 / 2019. قُبِل للنشر في 8/ 5 / 2019)

□ ملخّص □

في العصر الحديث أصبح الدور متعاظم لمصادر الطاقة غير المتجددة (النفط والغاز الطبيعي) في عملية التنمية البشرية والتطور التكنولوجي، في ظل عدم التوصل حتى الآن إلى مصادر طاقة بديلة نظيفة ومتجددة ورخيصة، وتعتبر حالياً مناطق الجرف القاري في مختلف بحار ومحيطات العالم ومنها منطقة الجرف القاري لشرق المتوسط مناطق واعدة بعد ظهور مؤشرات مشجعة جداً عن توافر مكامن غنية في هذه المنطقة. حيث يلقي هذا البحث الضوء على مدى ملائمة كل نوع من الأنواع الثلاثة للعمل في مياهنا الإقليمية وذلك بناء على تقدير عدد سنين العمل الفعلي لكل منها والذي يعتمد على إستجابة المنصة للعوامل البيئية الديناميكية المتغيرة وأيضاً التكلفة الإقتصادية التقديرية، وبالتالي يتم من خلالها تحديد مدى ملائمة كل نوع للعمل وفق الظروف البيئية الموجودة (أعماق، ورياح، وأمواج). من اجل القيام بالمقارنة الصحيحة تم أختيار تصاميم معيارية موجودة ومعروفة الأبعاد للأنواع الثلاثة، وهذه التصاميم المعيارية هي تصاميم جاهزة وموضوعة من قبل الشركات العالمية العاملة في هذا المجال، ويتم بناءاً عليها أجراء التعديل اللازم هيكلياً لتلائم الشروط البيئية في المنطقة المدروسة

الكلمات المفتاحية: المنصات العائمة ،الوتدية ،شبه الغاطسة ،الساقية ، معيارية

*ماجستير –باحث– سوريا Ammar.qarafallah@gmail.com

مقدمة:

إن البيئة البحرية في منطقة الخزان النفطي البعيد عن الشاطئ تلعب دورا مهما في تحديد نوع المنصة المناسب للإستخراج ، بالإضافة إلى ظروف المناخ والاستخدام المناسب، حيث تعتمد كفاءة المنصات البحرية وتصميمها الآمن على تركيب معقد من التأثير المتبادل ما بين هذه المنشآت والبيئة المحيطة بها، ودرجة مقاومتها لأنماط التحميل المختلفة خلال كامل فترة استثمارها، لذلك تعتبر من الأهمية بمكان دراسة إستقرار هذه المنشآت وثباتها ضمن شروط عملها القاسية، الحساب الدقيق للحمولات المؤثرة عليها وتوقع كيفية استجابة هذه المنشآت لها. [1] [2]

توصلت مختلف الدراسات في مجال القوى المؤثرة على استقرار المنصات البحرية إلى أن ارتفاع الموجة ومن ثم دورها له الدور الأساسي والمسيطر في تصميم المنصات البحرية مقارنة مع العوامل البيئية الأخرى.

المنصات العائمة floating platforms

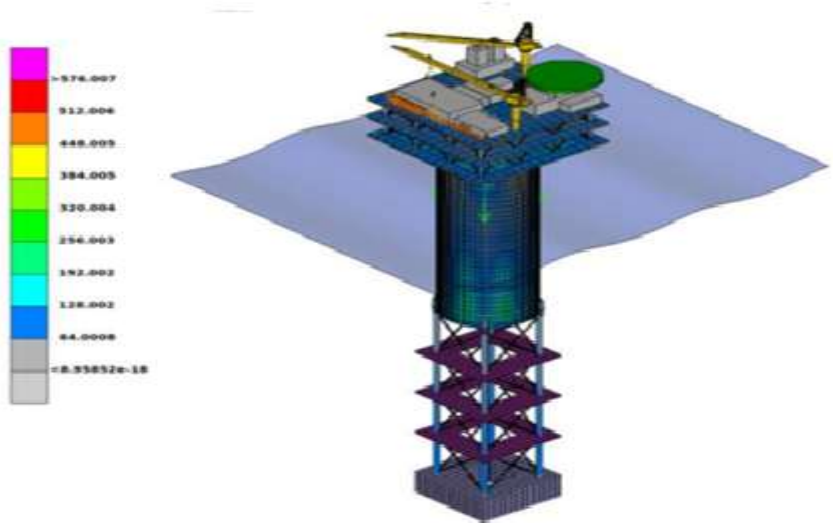
المنصات البحرية العائمة عبارة عن منشآت ضخمة هيكلية معدنية ، مصممة للعمل ضمن الشروط القاسية للبحار المفتوحة ، تتوضع على مسافات تتراوح بين بضعة كيلومترات إلى عشرات الكيلومترات عن الشواطئ، وتتعدد مجالات إستخدامها بشكل عام بين استكشاف مكامن النفط والغاز وإنتاجها، حيث إن الكلفة الاقتصادية المرتفعة لبناء منصات الحفر البحرية تتطلب إيلاء عناية كبيرة للجانب الاقتصادي عند تصميم هذه المنشآت البحرية، مع المحافظة بشكل تام على إستقرارها وديمومتها بوجه العوامل البيئية الإستثنائية التي تتعرض لها خلال فترة بنائها وإستثمارها. [3] [4] [5]

ومن أهم أنواعها على الإطلاق:

1- المنصة العائمة الوتدية Spar Platform (truss)

يتميز هذا النوع من المنصات بغاطسها الكبير وشكلها الإسطواني كما في الشكل (1) .الجزء العلوي من الهيكل مغلق تماماً ويضم خزانات الطفو والقسم السفلي بعارة عن هيكل جمالوني يحمل بأسفله خزانات الصبورة (التوازن). يطلق على التصميم الحديث من المنصات الوتدية بتروس (truss) ويتطلب مواد أقل من المنصة الوتدية الكلاسيكية والتي تكون مصمتة وبالتالي لها تكلفة أقل. في القسم العلوي تتوضع المنشأت العليا الخدمية والمعيشية والتي تتوضع فيها معدات وأجهزة الحفر وتنقية النفط الخام وتعتبر مثالية للمياه العميقة و تستخدم لأعماق تصل الى 10000 قدم ومؤهلة لإنتاج تقديري يصل ل200 برميل في اليوم .[6] [7] [8] [9]

تعتبر منظومة بحرية متكاملة وتعتمد فقط على أنظمة الإرساء لمقاومة الحركة للأعلى والدوران الحاصل حول المحورين الأفقي والشاقولي وذلك بسبب إنخفاض مركز ثقلها وارتفاع مركز الطفو (metacentric) مما يعطيها إرتفاع طفو عالي وبالتالي يعطيها أستجابة مميزة لأحمال الموجة مما يجعل الاحمال الواقعه على الجانب العلوي ضمن الحد الأدنى.[10] [11] [12] [13] [14] إلا انها تعتبر حساسة أكثر للأمواج الطويلة من المنصة الساقية والشبه غاطسة كما أنها أصعب في عملية التركيب .



الشكل(1) : منصة عائمة وتدية حديثة (تروس)

يوضح الجدول (1) أهم البارمترات الخاصة بمنصة عائمة وتدية معيارية ذات التصميم الحديث المعروف بإسم تروس .

الجدول(1) : بارمترات وخصائص منصة تروس الوتدية المعيارية

بارامترات منصة تروس سبار	القيمة
قطر إسطوانة المنصة (m)	31
طول منصة تروس سبار الكلي (m)	93
طول بدن أسطوانة منصة تروس سبار (m)	43
طول الجمالونات مع الخزان (m)	50
أبعاد المنصة (m)	31*31*93

2- المنصة العائمة شبه الغاطسة Semi-submersible Platform

تتكون من طوافتين أفقيتين متصلتين عبر أعمدة أسطوانية أو مستطيلة إلى الجانب العلوي الذي يتم تركيبها لحفر أو إنتاج الغاز. يكون لها أجهزة إرساء في قاع البحر للمحافظة على المحطة وبالتالي تسمح أجهزة الإرساء للمحطة بالحركة في المستوي الأفقي وتقيدها في اتجاهات الدوران كما في الشكل (2)، وتعتبر منصات متعددة الإستعمال أيضاً حيث من الممكن أن تعمل في مجموعات كبيره بجانب بعضها لأعماق تصل ل 7000 قدم وتصل طاقة انتاجها إلى 360 برميل في اليوم كما أنها تحتوي على مساحات كبيرة من المياه مما يجعل عملية الوصول إليها سهلة جداً لإجراء عمليات الصيانة ويتم تجميعها في الشاطئ ومن ثم قطرها بسهولة لموقع العمل وهذا الامر يخفض من تكلفة إنتاجها كثيراً. [3] [5] [15] [16]

ينبغي الإشارة إلى أنها تمتلك عامل طفو عالي أيضاً نتيجة لغمر الطوافات الأفقية تحت مستوى سطح الماء مما يقلل من تعرض السطوح الكبيرة لتأثير سطح الموجة الحر.[6] [8] [10]

الشكل (2): منصة عائمة شبه غاطسة

يوضح الجدول (2) أهم البارمترات الخاصة بمنصة عائمة شبه غاطسة المعيارية المبينة في الشكل (2) .

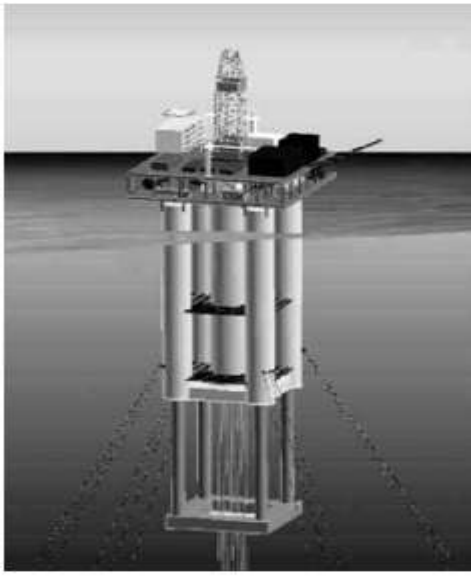
الجدول(2): بارمترات وخصائص منصة شبه الغاطسة المعيارية

بارامترات المنصة شبه الغاطسة	القيمة
أبعاد السطح العلوي (m)	8.6*74.2*74.2
أبعاد الأعمدة الشاقولية (m)	21.46*17.38*17.38
أبعاد السطح السفلي (m)	8.54*20.12*114
الوزن الإجمالي (kg)	48206800
مركز الثقل (m)	8.9
الفجوة الهوائية (m)	14
قطر الدوران حول المحاور الثلاثة (m)	34.4*32.1*32.4

3- المنصة العائمة الساقية Tension Leg Platform

تعتبر بالواقع منشات نصف عائمة لإنتاج النفط والغاز، ترسو بشكل عامودي على سطح البحر وتثبت بقاع البحر بأوتار فولاذية تبقى متوترة لتحافظ على إستقرار الهيكل كما هو موضح في الشكل (3)، وتكمن أهمية هذا النوع بأن قوة الطفو الإيجابية مع الأوتار الفولاذية المشدودة تقلل بشكل كبير من الحركة الإنسحابية والدوران والإتجاه بسبب الصلابة المحورية العالية للأوتار، إلا أن السلبية الوحيدة لهذا النوع هو وجود أرجحة أفقية بسبب حركة الامواج والتيارات ، تستخدم لأعماق تصل ل5000 قدم وزيادة العمق يترتب عليه زيادة الأوتار وبالتالي زيادة التكلفة.[1] [2] [11]

القدرة الإنتاجية القصوى لهذا النوع يصل إلى 250 برميل في اليوم تستخدم للأبار المتواجدة في قاع الجرف بشكل عامودي على القاع. يتم تجميعها على الشاطئ وتنقل بعدها للموقع عن طريق سفن سحب، ثم يتم تثبيتها في القاع بواسطة تجهيزات خاصة.[1] [12]



الشكل (3) : المنصة الساقية العائمة

يوضح الجدول (3) أهم البارمترات الخاصة بمنصة عائمة ساقية معيارية.

الجدول(3): بارمترات وخصائص المنصة الساقية المعيارية

بارامترات المنصة الساقية	القيمة
أبعاد السطح العلوي (m)	62*62
إرتفاع الأعمدة الشاقولية (m)	60
الوزن الإجمالي (kg)	34000000
بعد مركز الثقل عن سطح البحر (m)	20
بعد مركز الثقل عن السطح العلوي (m)	35
الفجوة الهوائية (m)	15

أهمية البحث واهدافه:

- تكمن أهمية هذا البحث من خلال الربط الحقيقي بين الظروف البيئية في المياه الإقليمية للساحل السوري من أعماق ورياح وأمواج مع مدى قدرة كل نوع من المنصات البحرية العائمة الثلاثة على مواجهة تلك الظروف
- تحديد تقديري مبدئي للتكلفة الإقتصادية المقابلة لكل منها، وبالتالي تقديم المساعده في أختيار النوع الأفضل للعمل في الساحل السوري من حيث الديمومة والقدرة على الإنتاج للنفط والغاز في البحر بشكل مثالي تحت الظروف البيئية
- تعتبر الاقتراحات والتوصيات المقدمة في نهاية الدراسة من الخطوط الأساسية التي يمكن أن يتم الاعتماد عليها عند الشروع بعملية استثمار الثروات الباطنية المتوافرة في المنطقة، لما لذلك من أهمية كبيرة في دعم الاقتصاد الوطني السوري.

منطقة البحث

يقع الساحل السوري في الجزء الشمالي الغربي من الأراضي السورية حيث يمتد من حدود الأراضي اللبنانية جنوباً حتى رأس البسيط شمالاً في محافظتين رئيسيتين هما اللاذقية وطرطوس وبطول خط نظر يبلغ 183km ضمن الحوض الشمالي الشرقي للبحر المتوسط، تقع منطقة الدراسة (منطقة شاطئ اللاذقية) غرب مدينة اللاذقية، على ساحل البحر المتوسط، ويبين الشكل (4) صورة جوية توضيحية باستخدام برنامج الـ Google Earth، موقع منطقة البحث.

الشكل (4) : منطقة الدراسة

طرائق البحث ومواده:

تم إجراء هذه الدراسة في جامعة تشرين عام 2018 م بالتعاون مع قسم الهندسة البحرية في كلية الهندسة الكهربائية والميكانيكة ،يمكن تلخيص طرائق البحث بمايلي:

1- جمع البيانات المتعلقة بمنطقة البحث حسابياً أو من مصادر متعددة وهي تخص سرعة الرياح ومعلومات عن أرتفاع الأمواج ،

2- تصميم النماذج الثلاثة المعيارية باستخدام برنامج (Catia V5+ Ansys) أو يمكن الحصول على التصميم بسهولة من مواقع الشركات العالمية وتصديرها لبيئة الأنسيس لأجراء النمذجة

3- النمذجة والتحليل (simulation and modeling).

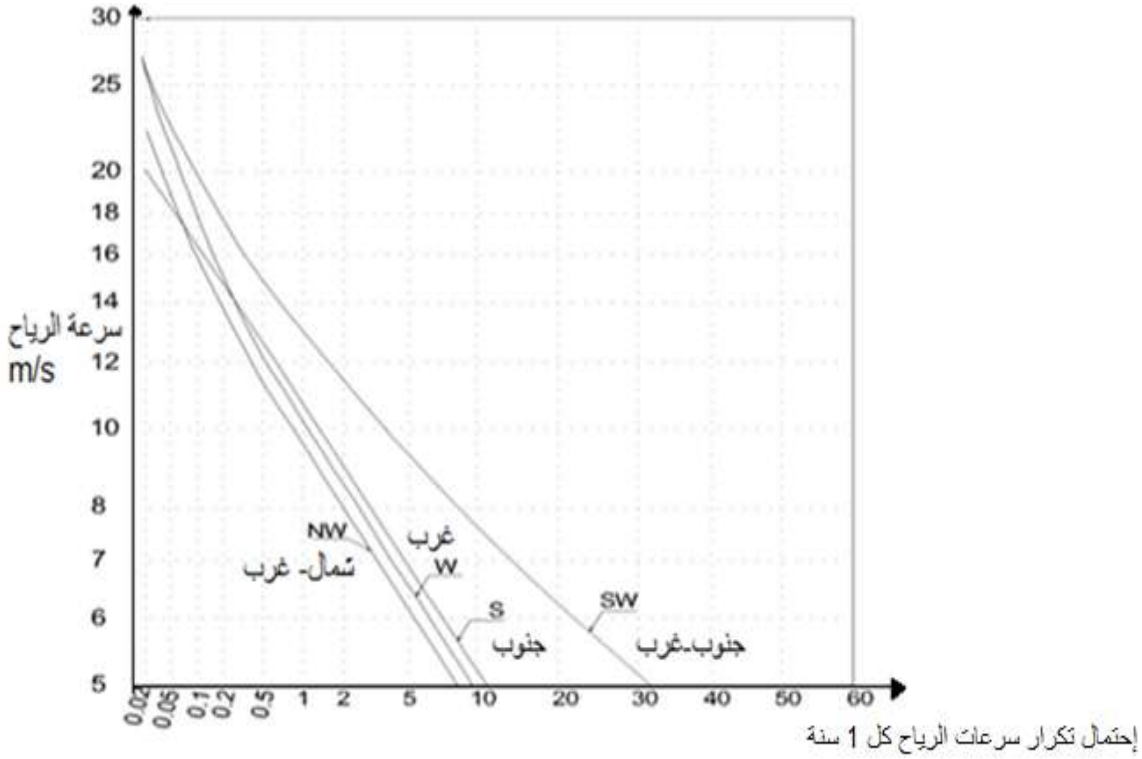
4- إظهار وتحليل النتائج.

5- الإستنتاجات والتوصيات

1- نظام الأمواج

استناداً إلى الدراسة التي أجراها معهد **Kaspmornii proekt**، الاتحاد السوفييتي سابقاً لتنفيذ المشروع الفني لتوسيع مرفأ اللاذقية تم تحديد نظام الأمواج في منطقة الدراسة بالاعتماد على معالجة بيانات الرياح المأخوذة من خرائط الطقس العالمية الخاصة بشرق البحر المتوسط في الفترة مابين 1951 – 1975 (25 سنة) .

تم وفق اتجاهات الأمواج الأخطر رسم منحنيات احتمال تكرار سرعات الرياح على ارتفاع 10 متر، الشكل (5)، وبحسب هذه المنحنيات تم تحديد سرعات الرياح التي يمكن أن تتكرر مرة واحدة كل 1 سنة وكل 100 سنة، مع اعتبار أن استمرارية تأثير العاصفة ذات السرعة الحسابية تساوي 12 ساعة كما في الجدول(4).



الشكل (5): مخطط سرعة الرياح وفق الاتجاهات السائدة في منطقة مرفأ اللاذقية

الجدول (4): سرعات الرياح باحتمالات تكرار مختلفة بحسب الاتجاهات المختلفة المحسوبة من خرائط الطقس الخاصة بشرق البحر المتوسط خلال الفترة مابين 1951- 1975م.

الاتجاه	سرعة الرياح (m/s) بتكرار مرة واحدة كل	
	1 سنة	100 سنة
الجنوب	11,0	22
الجنوب الغربي	14,0	26
الغرب	11,0	24
الشمال الغربي	10,0	21

تبلغ مسافة انسياق الأمواج وفق هذه الاتجاهات القيم التالية:

الأمواج القادمة من الجنوب يصل مداها إلى 125km، الأمواج القادمة من الجنوب الغربي يصل مداها إلى 600km، أما من الغرب فإن توضع جزيرة قبرص على بعد 150km عن مرفأ اللاذقية يحول جزئياً دون وصول الأمواج

الضخمة القادمة من الغرب، الأمواج القادمة من الشمال الغربي لايتجاوز مداها 200km، من أجل الحسابات الأولية يمكن تحديد مسافة الانسياق الوسطية بالاعتماد على سرعة الرياح الحسابية $V_w(m/s)$ بالعلاقة

$$L = 5.10^{11}\frac{\nu}{V_w} \qquad (1)$$

حيث ν معامل اللزوجة الحركية للهواء ويؤخذ مساوياً ل $10^{-5}m^2/\sec$

يبين الجدول (5)، مسافات الانسياق الوسطية ومسافات الانسياق الحسابية من أجل الاتجاهات (الجنوب، الجنوب الغربي، الغرب، الشمال الغربي)، حيث أن مسافة الانسياق الحسابية هي القيمة الأصغر بين مسافة الانسياق الحقيقة والوسطية.

الجدول(5): سرعات الرياح ومسافات الانسياق الحسابية المقابلة.

	تكرار 1 سنة				تكرار 100 سنة			
سرعة الرياح m/s	11	14	11	10	22	26	24	21
الاتجاه	الجنوب	الجنوب الغربي	الغرب	الشمال الغربي	الجنوب	الجنوب الغربي	الغرب	الشمال الغربي
مسافة الانسياق الوسطية km	455	357	455	500	227	192	208	238
مسافة الانسياق الحسابية km	125	357	150	200	125	192	150	200

تم حساب قيم ارتفاعات الأمواج الهامة وأدوارها في منطقة الدراسة بالاعتماد على علاقة CEM للتنبؤ بالأمواج. وهذه الطريقة صالحة من أجل الأمواج محدودة الانسياق والديمومة على حد سواء.

في حال الأمواج محدودة مسافة الانسياق يحسب الزمن اللازم للأمواج المتحركة على امتداد مسافة إنسياق محدودة F وعند سرعة رياح W بالعلاقة:

$$t_{x,w} = 77.23\frac{F^{0.67}}{W_{10}^{0.34}g^{0.33}} \qquad (2)$$

إذا كانت الديمومة الحقيقة أكبر أو تساوي الديمومة المحسوبة من العلاقة (2) تكون عمليات توليد الرياح محدودة الانسياق. بمعرفة سرعة الرياح على ارتفاع 10 أمتار فوق منسوب البحر يمكن حساب ارتفاع الموجة الهام ودور الذروة في المياه العميقة من العلاقات التالية:

$$H_s = \frac{u^2}{g}\left(0.0413\left(\frac{gF}{u^2}\right)^{\frac{1}{2}}\right) \qquad (3)$$

$$T_P = \frac{u}{g}\left(0.751\left(\frac{gF}{u^2}\right)^{\frac{1}{3}}\right) \qquad (4)$$

$$u^2 = C_D W_{10}^2 \qquad (5)$$

$$C_D = 0.001(1.1 + 0.035\,W_{10}) \qquad (6)$$

حيث u سرعة القص و D معامل الجر، (gF/u^2) الانسياق الفعال F_{eff} ، g تسارع الجاذبية الأرضية H_sأرتفاع الموجة الهام ، T_P دور الذروة .

في حال الأمواج محدودة الديمومة. إذا كانت الديمومة الحقيقية أقل من المحسوبة بالعلاقة (2) فالعملية هي محدودة الديمومة. في هذه الحالة نحسب الانسياق الفعال F_{eff} بدلالة الديمومة الحقيقية t_d من العلاقة

$$F_{eff} = \frac{u^2}{g}\left(0.00523\left(\frac{gt_d}{u}\right)^{\frac{3}{2}}\right) \qquad (7)$$

يتم إشتقاق العلاقة (7) من العلاقة (4) حيث يتم حساب قيمة جديدة الإنسياق الفعال ومن ثم باستخدام القيمة الجديدة للانسياق الفعال يتم حساب ارتفاع الموجة الفعال ودور الذروة.

ومنه يمكن الحساب في الإتجاه الجنوبي الغربي حيث يبين الجدول (6) حالة ونظام الأمواج وفق الإتجاه الجنوبي الغربي (إتجاه التحميل الأقصى المقابل لأعلى إرتفاع للأمواج في المنطقة المدروسة) بعد إجراء الحسابات اللازمة وترتيبها

الجدول (6) نظام الأمواج وفق الاتجاه الجنوب الغربي باحتمال تكرار مرة واحدة كل (سنة-100سنة)

إحتمال التكرار	1سنة	100 سنة
سرعة الرياح عل أرتفاع 10 م (m/s) W_{10}	14	26
مسافة الانسياق الحسابية F (km)	357	192
حالة الأمواج	محدودة الديمومة	محدودة مسافة الانسياق
ارتفاع الموجة الهام (m) s	2.4	6.74
دور الموجة T (sec)	6.4	9.94
ارتفاع الموجة الأعظمي (m) H_{max}	5	13.8

2- النمذجة الرقمية

من الممكن رسم ثلاثة نماذج رياضية للمنصات العائمة الثلاثة باستخدام برنامج كاتيا Catia، حيث أن التصاميم هي ستاندرات عالمية تستخدم كأساس مسبق للدراسة من قبل الشركات العاملة في هذا المجال وتكون معروفة الابعاد مسبقاً ومحددة البارمترات للمادة المستخدمة في التصنيع ، إلا أنه أيضاً من الممكن أستيراد النموذج المطلوب لبيئة العمل ضمن برنامج Ansys لإجراء نمذجة بسيطة بعد تشكيل الموجة المستخدمة ضمن بيئة البرنامج. ويتم تشغيل المحاكاة العددية بإستخدام موجة واحدة لكل نموذج بزمن محدد ، كما سيتم الاخذ بالإعتبار تأثير اللزوجة لمياه البحر ، وسيتم أنشاء الموجة ضمن بيئة عمل VOF ضمن برنامج Ansys .

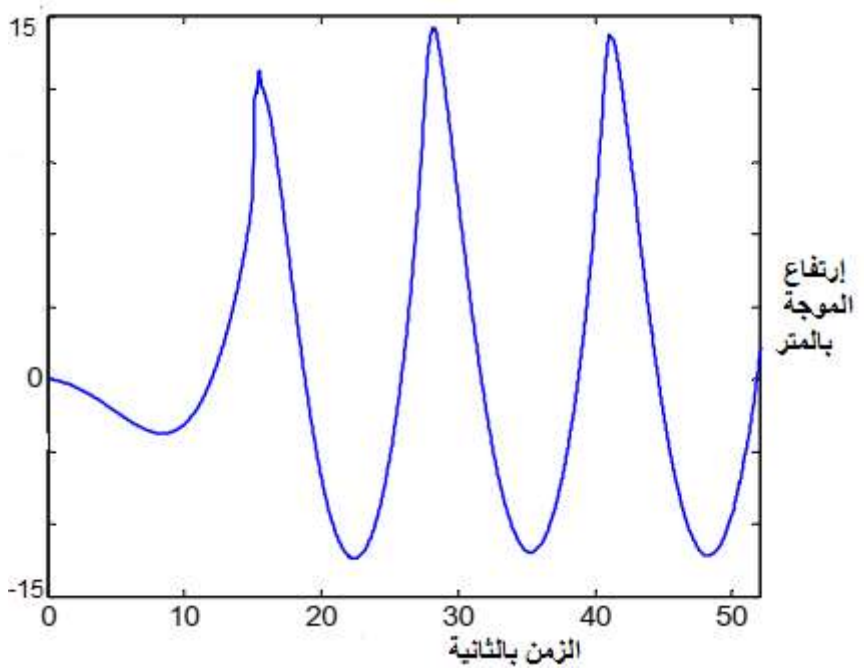
الشروط البيئية

تم أعتمادها بشكل عام في حالة البحر قبالة الساحل السوري شرق المتوسط وذلك بشكل متكامل كما هو موضح بالجدول (7) سرعة الرياح الأعظمية خلال 100 سنة مع طيف موجة JONSWAP ،ونحتاج بهذه الحالة إلى معرفة إرتفاع الموجة المميز أو الأعظمي ودور ذروة الموجة ، بالنسبة لسرعة التيار بالعموم يعادل 10% من سرعة الرياح الأعظمية (سيتم إهمال سرعة التيار في الدراسة الحالية) ويفرض أن الرياح والموجة متداخلة وسيتم إعتبار المحور X كمحور بيئي للدراسة متوافق مع إتجاه التحميل المدروس.

كما ويوضح الشكل(6) طيف موجة عادية غير خطية حسب البارمترات الخاصة المتوافقة مع نظام الأمواج المدروس وكما ينبغي الإشارة إلى أنه ستتم الدراسة للمنصات الثلاثة عند عمق واحد للمياه قبالة الساحل السوري ويقدر 1800 متر أي ما يعادل 6000 قدم وعلى اتجاه تحميل واحد وهو إتجاه التحميل الأقصى (الجنوبي –الغربي) مع أقصى أرتفاع للأمواج محتمل حدوثه. يقدر أقصى عمق تم اكتشاف النفط قبالة الساحل السوري حسب بيانات شركة سيوز نفتا الروسية التي تم توقيع عقد استخراج الغاز والنفط معها غاز ب2800 متر أي مايعادل 9000 قدم

الجدول (7) حالة البحر قبال الساحل الشرقي للبحر المتوسط

سرعة الرياح (m/s)		26
الموجة	إرتفاع الموجة المميز (m)	6.74
	إرتفاع الموجة الأعظمي(m)	13.8
	دور ذروة الموجة(s)	12
سرعة التيار (m/s)		2.6 (مهمل)
الكثافة لمياه البحر		1.025



الشكل (6) موجة عادية غير خطية وفق البارمترات المحددة بالدراسة

3- ضبط الشروط الحدية

يتم تعيين الحدود في المنطقة لمطابقة أنواع مختلفة من الشروط الحدودية، وهي تعيين الإتجاه العام للأمواج والرياح بما يتناسب مع الإتجاه الجنوبي الغربي كأقصى تحميل ، وتم تحديد نظام تثبيت واحد للنماذج الثلاثة (نظام الإرساء المتبع في المنصات العائمة) كحدود تثبيت ، أما السرعة تم أعتمادها وفقاً لتدرج سرعة الرياح المرافقة للأمواج في منطقة الدراسة على إرتفاع 10 م عن سطح البحر.[14] [2] [8] [16]

نوع المعدن واحد للنماذج فولاذ اس 355 كثافة: 7,849 $\frac{t}{m^3}$

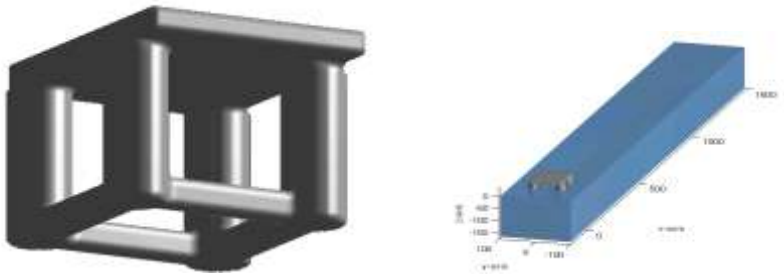
معامل يونغ: 20000 $\frac{KN}{cm^2}$

القص: 7722 $\frac{KN}{cm^2}$

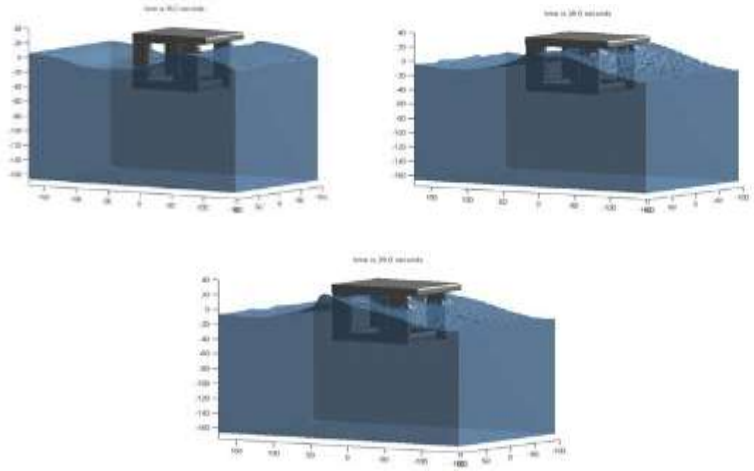
اجهاد الخضوع: 355 Mpa

سعر الطن الواحد: 6500 دولار تقريباً ثم تفعيل المحاكاة المطلوبة تم وفقاً لكود التصميم المتبع إيزو (Iso) .

يبين الشكل (7) ألية العمل والمحاكاة ضمن بيئة برنامج Ansys لمنصة عائمة شبه غاطسة والتي سيتم تكرر خطواتها في المنصتين الأخريتين بنفس الشروط البيئية وشروط الموجة. أما الشكل (8) يبين لقطات (snapshot) خلال المحاكاة ضمن بيئة VOF للموجة في حال المنصة العائمة شبه الغاطسة حيث تعد بيئة (VOF) من بيئات العمل المهمة ضمن برنامج Ansys التي تختص في الجريانات .

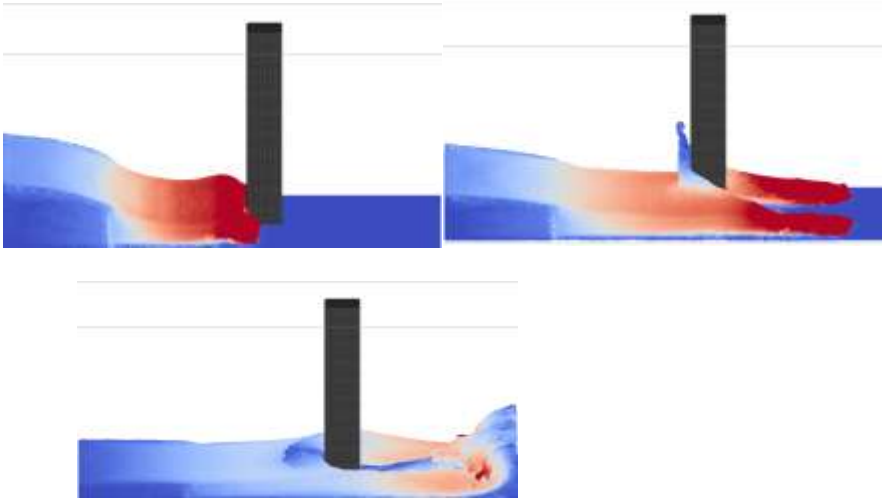


الشكل (7) يوضح ألية العمل ضمن بيئة برنامج Ansys لمنصة شبه غاطسة



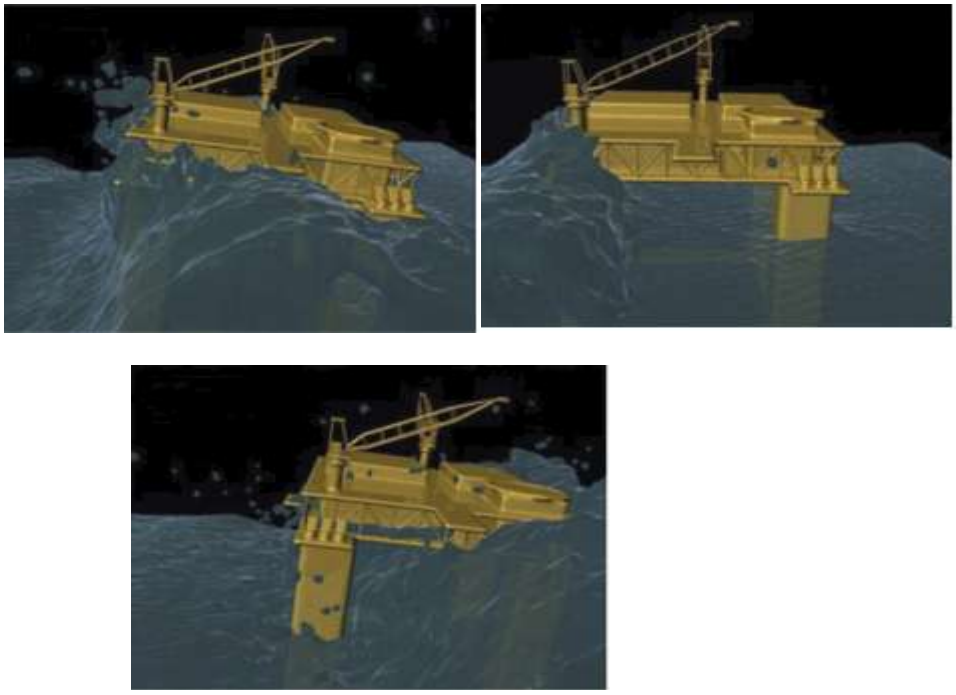
الشكل (8) لقطات خلال المحاكاة ضمن بيئة VOF للموجة في حال المنصة (شبه الغاطسة).

أما الشكل (9) يبين لقطات خلال المحاكاة للموجة في حال المنصة العائمة الوتدية وتتضمن أيضاً ثلاث مراحل



الشكل (9) لقطات خلال المحاكاة للموجة على المنصة (تروس الوتدية).

أما الشكل (10) يبين لقطات خلال المحاكاة للموجة في حال المنصة العائمة الساقية وتتضمن أيضاً ثلاث مراحل



الشكل(10) لقطات خلال المحاكاة للموجة على المنصة (الساقية).

النتائج والمناقشة:

تتمتع المنصة العائمة بنظام استقرار كبير وإستجابة ديناميكية ممتازة الشكل كما في (7) والشكل (8)، حيث تمتلك عامل طفو عالي مما يجعل عملية التثبيت أقل كلفة وبالتالي هذا الموضوع يساعد كثيراً من التخفيف في أعمال الصيانة الدورية ويمنح عمر تصميمي أعلى .

الشكل (9) يبين أن المنصة العائمة الوتدية تتمتع بنظام صلابه أفضل بكثير من مثيلاتها نظراً لأن مساحة سطحها أقل وبالتالي حركة عمودية أقل وتأرجح أقل كما أنها أيضاً تملك عامل طفو عالي لأنها تعتمد على إتزانها الذاتي الحر وهذا أيضاً يزيد من العمر التصميمي للمنصة بشكل كبير جداً.

تسبب الموجة إستجابة ديناميكية للمنصة الساقية كما في الشكل (10)، حيث يتم دفع المنصة إلى الوراء والأمام بسبب عاملها طفوها وإتزانها القليل ويزداد التوتر على الحبال إلا أن تحليل الأحمال الديناميكية على الأحبال معقدة للغاية وبحاجة لدراسة منهجية لن ندخل في تفاصيلها نظراً لانها تحتاج لمعرفة دقيقة لإحتمالات الحركة في الإتجاهات المحتملة (6 احتمالات للحركة) كما أنه من الممكن في حال أرتفاع أمواج عالية أن يتم غمر سطح المنصة بقمة الموجة لبعض الوقت.

يبين الجدول (8) مقارنة عملية للمنصات العائمة الثلاثة المدروسة أعلاه حسب نتائج الدراسة الحالية حيث يلخص أهم النتائج التي أفضت إليها النمذجة الحالية باستخدام Ansys .

الجدول (8) مقارنة عملية للمنصات العائمة حسب نتائج الدراسة الحالية

نوع الهيكل	عمق المياه الأعظمي (قدم)	إمكانية الأستخدام للأبار العمودية	مستوى الصلابة	مستوى الإستقرار على الأرجحة والحركة	استمرارية العمل في البحر الهائج	متوسط الإنتاج الأعظمي اليومي	سهولة التركيب	التكلفة الاقتصادية مليون دولار
الوتدية	10000	ممكن	ممتازة	ممتازة	ممكنة	100	صعبة	315
شبه الغاطسة	7000	ممكن	وسط	جيدة	غير ممكنة	360	وسط	420
الساقية	5000	غير ممكن	ممتازة	ممتازة	ممكنة	250	سهلة	570

ويلاحظ من الجدول مايلي:

- نظراً لأن عمق المياه في موقع النفط والغاز المستكشف قبال الساحل السوري يتجاوز بالمجمل 5000 قدم فإن المنصة الساقية غير مثالية للعمل نظراً لأنها تعتمد على نظام الأوتار للتثبيت وبزيادة العمق تحتاج لزيادة الأقطار لمقاومة الضغوط الكبيرة وبالتالي زيادة المواد والتكلفة.
- تعتمد المنصتين الوتدية والشبه غاطسة بنسبة كبيره على إتزانها الذاتي وبالتالي يخفف الإعتماد على الأوتاد للتثبيت وهذا يمكنهم من العمل في الاعماق الكبيرة مقارنة مع الساقية .
- تمتع المنصة العائمة الوتدية نوع تروس بنظام صلابه أفضل بكثير من الشبه غاطسة نظراً لأن مساحة سطحها أقل وبالتالي حركة عمودية أقل وتأرجح أقل مما يساعد أكثر في عمليات الحفر وإمكانية تحكم أعلى في الحفر
- من الناحية الإقتصادية تعتبر المنصات العائمة الوتدية رائدة جداً نظراً لتكلفتها المنخفضة مقارنة بغيرها من المنصات العائمة. إلا أنه يجب الحذر بشدة عند تركيب المنصات الوتدية نظراً للصعوبات الكبيرة المرافقة لعملية تركيبها

ينبغي الإشارة إلى أنه شملت عملية المقارنة الإقتصادية فقط الهيكل العام للمنصة بمعرفة دقيقة للحجم الكلي لكل منصة هذه دون النظر للتجهيزات العلوية على إعتبار أنها واحدة تقريبياً في كل نوع، كما لم يتم الاخذ بالإعتبار تجهيزات الرسو.

الاستنتاجات والتوصيات:

بناءاً على مجمل الدراسة الحالية والنتائج والمعطيات التي تم الوصول إليها نستنتج مايلي:

1- لاتلبي المنصة العائمة الساقية العائمة طموحات استخراج النفط والغاز قبالة الساحل السوري بالشكل المطلوب نظراً لأرتفاع تكلفتها بالمقارنة مع الشبه الغاطسة والوتدية وللحاجة المستمرة إلى صيانة أوتار التثبيت فيها نظراً للأعماق الكبيرة قبال الساحل السوري إلا أنه من الممكن استخدمها كنقاط لتجميع الغاز والنفط من باقي المنصات في مناطق أقرب للشاطئ.

2- المنصة الوتدية نوع تروس تعد أفضل بالمقارنة مع الشبه غاطسة من حيث عدد السنين الكلي وعمرها التشغيلي نظراً لأمتلاكها أفضل استجابة و أفضل نظام طفو كما أنها أرخص من حيث التكلفة وبالإمكان تركيب مجموعات منها بجوار بعضها لتغطية الحقول الكبيرة (العمودية وغير العمودية) وتعد اقتصادية جداً في حال الحقول الكبيرة.

3- المنصة العائمة شبه الغاطسة تعد حل جيد أيضاً أمام الساحل السوري ويمكن استخدامها لوحدها أو بجوار الوتدية للربط بين الخطوط الناقلة ووصلها للشاطئ نظراً لأمتلاكها سطح تجميعي كبير.

المراجع

1-,BUCHNER.B,Bunnik.T, *Extreme Wave Effects on Deepwater Floating strutures* , Maritime Research Institute Netherlands, MARIN, Netherlands,2007, 10.

2- DONGSHEN,Q. BINBIN, L. JINPING ,O. *Comparative Analysis on Coupling Effects between an Innovative Deep Draft Platform and Different Mooring Models*, Deepwater Engineering Research Center, Dalian University of Technology, China , 2013,11.

3- DONGSHEN,Q JINPING,O. *Global responses analysis of a semi-submersible platform with different mooring models in south china sea*. ship and offshore structures China, vol.8, 2013,441-456. .

4- GURUMURTHY,K. LAKHANE,U.V. JAIN,R. MAJUMDAR,S. *deep water technology development for indian ocean*, Engineers India Limited, New Delhi, India , 2008 , 17.

5- KHAIRYDDIN ,N.M. AZHARI,M.H.H. KOTO,J . *Interactions between Heave Response of Semi-Submersible and Its Mooring Line in Regular Waves-Experimental Analysis*, Journal of Applied Environmental and Biological Science Malaysia, Vol.7, 2017, 128-139.

6- KURIAN, V.J. ABBAS ,Y. INDRA, H. NABILAH, A. B. *Numerical study on the dynamic response of a semi-submersible platform with experimental validation.* Researchgate Malaysia,Vol.10,2010,

7- KYRIAN,V.J. TUHAIJAN, S.N.A. LIEW,M.S. *Dynamic Responses of Spar acted upon by Random Wave and Current*, Engineering & Industrial Applications Colloquium (BEIAC) Malasia ,2012,5.

8- NG,C.Y. KURIAN, V.J. MUHAMMAD, M.A.W. *Experimental and Analytical Investigation for the Responses of Semi-Submersible Platform***,** The Asia-Pacific Offshore Conference-APOC **,** Malaysia, 2010, 6.

9-PAN,K.IJZERMANS, R.H.A.JONES, B.D.THYAGARAJAN, A.B.W.H.VANBEEST, B. W.H. WILLIAMS,J.R. *Application of the SPH Method to Solitary Wave Impact on an Off-shore Platform*. Massachusetts Institute of Technology London England,MSSI 140, Vol 2 ,2016,155-166.

10- RODOLFO, T. GONCALVES ,A. ANDER,E .L.C. FUJARRA, B. GUILHERME, F. *Experimental study of the column shape and the roughness effects on the vortex-induced motions of deep-draft semi-submersible platforms* . Department of Naval Architecture and Ocean Engineering Barazil, Ocean Engineering 149, 2018, 127–141.

11- RUDMA,M. A.N. PAUL ,W. CLEARY ,B. *Rogue wave impact on a tension leg platform: The effect of wave incidence angle and mooring line tension*. SciVerse ScienceDirect Australia, Ocean Engineering 61 ,2013, 123–138.

12- RUDMAN,M. PAUL,w.c. *The influence of mooring system in rogue wave impact on an offshore platform*. SciVerse ScienceDirect Australia, Ocean Engineering 115 , 2016, 168–181.

13- SWITZERLAND. *Semi-Submersible Offshore Platform Simulation Using ANSA & META*, D4 Business Village Luzern,Platz 4,Switzerland,6.

14- SWITZERLAND . *SPAR Offshore Platform Simulation Using ANSA & META,* D4 Business Village Luzern,Platz 4,Switzerland,4.
15- VALENTINE,B. CRAWFORD,B. GOLEMON,D. BRADEN,S. *Feasibility Study and Project Execution Plan of a Truss Spar in the Gulf of Mexico* , VCBG International Engineering Group , Galveston ,2015,83.
16- LIU,Y.C. DE,C.W. XIAO,Q. ATILLA ,I. *Investigation on motion responses of a semi-submersible platform and its mooring system,* ICMT, Harbin , 2012, 8.