

اختيار وتقييم الموقع الملائم لإنشاء ميناء ثان في مدينة المكلا

Choosing and Evaluating the Appropriate Construction Location For A Second Port in Al Mukalla City

م. محمد حمزة الحموي

د. غزوان شيخ السوق

د. سعيد علي بن مزروع

ملخص البحث:

لقد تم تحديد الظروف المؤثرة في عملية اختيار الموقع، مثل الرياح، والأمواج، وطبوغرافيا الشاطئ، والقاع البحري، والمتطلبات التشغيلية، والوظيفية، للميناء، وتحديد السفينة التصميمية، وخواصها التشغيلية الأساسية، كالأبعاد الهندسية، والحركية، والغازات، وغيرها، وتم جمع البيانات المتعلقة بهذه العوامل من أجل تحليلها للوصول إلى الاختيار المناسب للموقع.

تمكنت الدراسة من إثبات فعالية وكفاءة الموقع المقترح؛ لإنشاء الميناء البحري من خلال مناقشة المعطيات، وتحليلها، ومقاطععتها مع المتطلبات والشروط الأساسية الخاصة بتحديد مواقع المنشآت البحرية، والمتطلبات التشغيلية والوظيفية للميناء، كما تم وضع المخطط الأساسي للمنشأة البحرية (الرصيف وكاسر الأمواج).

تعد عملية اختيار وتحديد موقع المنشآت البحرية من أهم مراحل تخطيطها وتصميمها، كونها تؤثر بشكل كبير في نوع المنشأة البحرية وشروط عملها وديمومتها.

ترمي هذه الدراسة إلى توفير بيئة عمل مناسبة لميناء خاص بسفن الغاز المسال LPG بحمولات كلية تصل حتى 20000 طن؛ لذلك تمت دراسة العوامل المؤثرة في اختيار موقع مثالي لإنشاء ميناء بحري خاص بعمليات نقل الغاز المسال وشحنه، وبعض الأغراض العامة الأخرى في مدينة المكلا، وتم اقتراح إجراء الدراسة في منطقة خليج بروم القريب من مدينة المكلا (25 km)؛ بسبب توافر العديد من الميزات الجغرافية والطبيعية في الموقع، إذ إن الخليج محمي جزئياً، ومحدود برأسين بريين، بالإضافة إلى الواجهة البحرية التي تخدم عملية تخطيط وتصميم ميناء بحري، وكذلك الموقع الاستراتيجي الهام على بحر العرب.

ABSTRACT:

The process of selecting and locating marine structures is one of the most important stages of planning and designing as it greatly affects the type of marine facility and its working conditions and sustainability.

The objective of this study is to provide a suitable working environment for a port of LPG vessels with a total load of up to 20,000 tons,

The factors influencing the selection of an ideal location of a seaport in the city of Mukalla were studied.

This port is concerned with the transportation and shipping of liquefied gas and some other public purposes.

The study was proposed in the Gulf of Brom region near the city of Mukalla (25 km) due to the availability of many geographical and natural features in the site,

The Gulf is partially protected by two capes as well as the waterfront that serves the planning and designing of a seaport as well as the important strategic location on the Arabian Sea.

The conditions affecting the site selection process such as wind, waves and topography of the coast and the seabed, have been identified.

The operational and functional requirements of the port were determined and the design vessel and its basic operational characteristics were determined such as the engineering and submersible dimensions, the space required for the ship's movement and other requirements.

Data on these factors were then collected and analyzed to arrive at the appropriate site selection.

The study could prove the effectiveness and efficiency of the proposed location of the seaport. This was done by discussing and analyzing the data and comparing it with the basic requirements and conditions for locating the maritime structures and the operational and functional requirements of the port.

The master plan of the marine structures (pier and breakwater) is designed.

المقدمة:

تعد المنشآت البحرية والموانئ من أهم قطاعات النقل الحيوية التي تسهم في تعزيز الاقتصاد والتنمية في جميع دول العالم؛ إذ تعتمد عليها حركة التجارة العالمية، وتبادل البضائع بشكل كبير؛ نظراً لتمتع هذا القطاع من قطاعات النقل بمزايا كبيرة، كالفعاية، والاقتصاد، والأمان، ولا سيما فيما يتعلق بنقل البضائع ذات الحجم والكميات الكبيرة.

تعد مدينة المكلا من المنافذ البحرية الهامة والحوية في الجمهورية اليمنية؛ بسبب موقعها الجغرافي المهم والمطل على خطوط الملاحة العالمية؛ وقربها من مضيق باب المندب والخليج العربي، وكبر المساحة الجغرافية التي يخدمها هذا المنفذ.

ولقد ازدادت في الآونة الأخيرة الحاجة لدعم ميناء المكلا الحالي بميناء ثان؛ وذلك بسبب تزايد حجم العمل في الميناء الحالي بشكل كبير؛ إذ يمثل ميناء المكلا البوابة الرئيسية

لاستيراد وتصدير جميع أنواع البضائع والمواد لمحافظة حضرموت وللمحافظات المجاورة - أيضاً - كما أن التوسع المطرد لمدينة المكلا، وازدياد عدد سكان المحافظة زاد بشكل كبير حجوم الاستيراد والتصدير، والحركة التجارية الخارجية، وأصبح ميناء المكلا - بطاقته الموجودة - لا يلبي المتطلبات الكبيرة الحالية؛ لذلك كان لا بد من البحث عن موقع آخر؛ لإنشاء ميناء ثان من أجل مساعدة ميناء المكلا في تلبية الاحتياجات المتزايدة.

أهداف البحث:

يرمي هذا البحث بشكل أساسي إلى اختيار موقع مناسب لإنشاء ميناء ثان في مدينة المكلا، وذلك من خلال:

- دراسة الظروف المحيطة، وبيئة الموقع المقترح، وتحليل معطياتها، ويشمل ذلك البيانات الجوية، والبحرية، والجغرافيا، والتربة.
- دراسة المتطلبات الوظيفية والتشغيلية للميناء وتحليلها، والتي تؤثر في عملية اختيار الموقع وصلاحيته.
- دراسة المتطلبات التنفيذية والإنشائية الخاصة وتحليلها، والتي تفرضها طبيعة الموقع المقترح وشروطه.

منهجية البحث:

يبدأ هذا البحث بدراسة وصفية للعوامل والمتغيرات المرتبطة بعملية اختيار الموقع الملائم؛ لإنشاء ميناء بحري تجاري، ومن ثم جمع البيانات المرتبطة بهذه العوامل والمتغيرات من المصادر المختلفة. ثم تحليل البيانات واستخلاص المحددات العامة منها، والتي تخضع لها عملية تقييم الموقع المقترح، ومن ثم مطابقة هذه المحددات مع المتطلبات المختلفة لمواقع الموانئ البحرية، وصياغة التقييم النهائي.

1- الموقع العام وبيئة الدراسة:

تقع مدينة المكلا جنوب محافظة حضرموت، وتطل على بحر العرب الذي يعد ممراً لأهم خطوط الملاحة البحرية العالمية، ويقع الميناء المقترح في قرية بروم (٢٥ كلم عن مدينة المكلا)، عند خط العرض "7' 20' 14o" وخط الطول "6' 59' 48o"، ويقترح إنشاؤه ضمن الخليج الموجود في بروم، شمال رأس بروم مباشرة المبين في الشكل (١)، والذي يعد مكاناً مناسباً لإنشاء رصيف بحري، أو ميناء نظراً لما تتمتع به الخلجان الطبيعية من مميزات الحماية التي تناسب إقامة المنشآت البحرية.



الشكل (1) الموقع المقترح لإنشاء ميناء ثان في مدينة المكلا [5]

2- العوامل المحيطة والبيئة المؤثرة في عملية اختيار الموقع:

٢- ١- حركة المد والجزر:

تتمثل ظاهرة المد والجزر في ارتفاع وانخفاض مستمرين في منسوب سطح البحر، وتتشأ هذه الظاهرة عن اختلاف قوى الجذب الواقعة من القمر والشمس والأرض على الغلاف المائي للكورة الارضية من مكان إلى آخر.

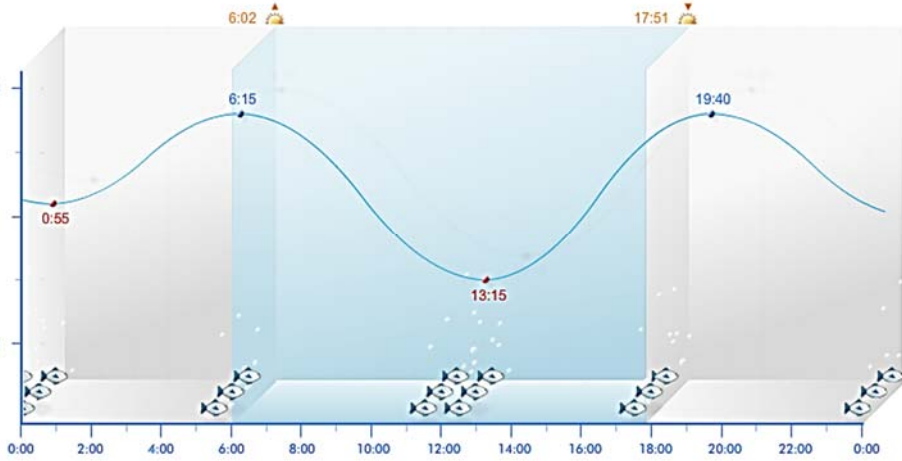
ولهذه الظاهرة أهمية كبيرة في هندسة الأشغال البحرية وتحديد مواقعها الملائمة لأسباب

كثيرة منها:

- تحديد ارتفاعات الأرصفة، وحواجز الأمواج، ومواقعها بدلالة التغير الذي يطرأ على منسوب سطح البحر من أقل منسوب إلى أعلى منسوب.
- ينشأ عن هذه الظاهرة ما يعرف بالتيارات المدية، وهي عامل هام يجب دراسته عند تحديد مداخل الموانئ، وخطوط حركة السفن فيها.
- تؤثر هذه الظاهرة في عملية تخطيط الميناء وهندسته الداخلية [1]

إن المنسوب الوسطي للبحر في المكلا يساوي ٢٢.١ متراً، ويتغير المد والجزر في بروم - كما هو الحال في عدن والمكلا - تحت كل من التأثيرات شبه اليومية واليومية، إذ يتغير المنسوب بين أقل ارتفاع للماء عند الجزر، وأعلى ارتفاع للماء عند المد خلال دورة المد والجزر القياسية.

لا ينخفض متوسط ارتفاع الجزر في معظم أيام السنة إلى أقل من متوسط مستوى سطح البحر في بروم، ويبين الشكل (٢) نموذجاً عن تغيرات المد والجزر لمنطقة بروم من العام ٢٠١٧م.



الشكل (٢) نموذج عن تغيرات المد والجزر في بروم خلال يوم واحد ٢٥/٢/٢٠١٧. [3]

٢-٢ - الرياح والأمواج البحرية:

إن الغرض من دراسة هذه الظاهرة هو معرفة الاتجاهات التي تهب منها الرياح في المنطقة، والمدى الزمني وسرعات الهبوب، وذلك للاعتبارات الآتية:

- من الواجب تحديد السرعات، والاتجاهات، والفترات للرياح التي تهب على الموقع المقترح؛ لأخذها في الاعتبار عند تخطيط مداخل الموانئ، واتجاهات الممرات الملاحية.
- الرياح عامل مهم في تكوين الأمواج، وهي ظاهرة لها أهميتها الخاصة في الأشغال البحرية.

يتم التركيز في هذا الجزء من الدراسة على الرياح السائدة، وهي تلك الرياح التي تهب من اتجاه معين لأطول مدة مسجلة على مدار السنة، وليس المقصود من ذلك أن تكون هذه

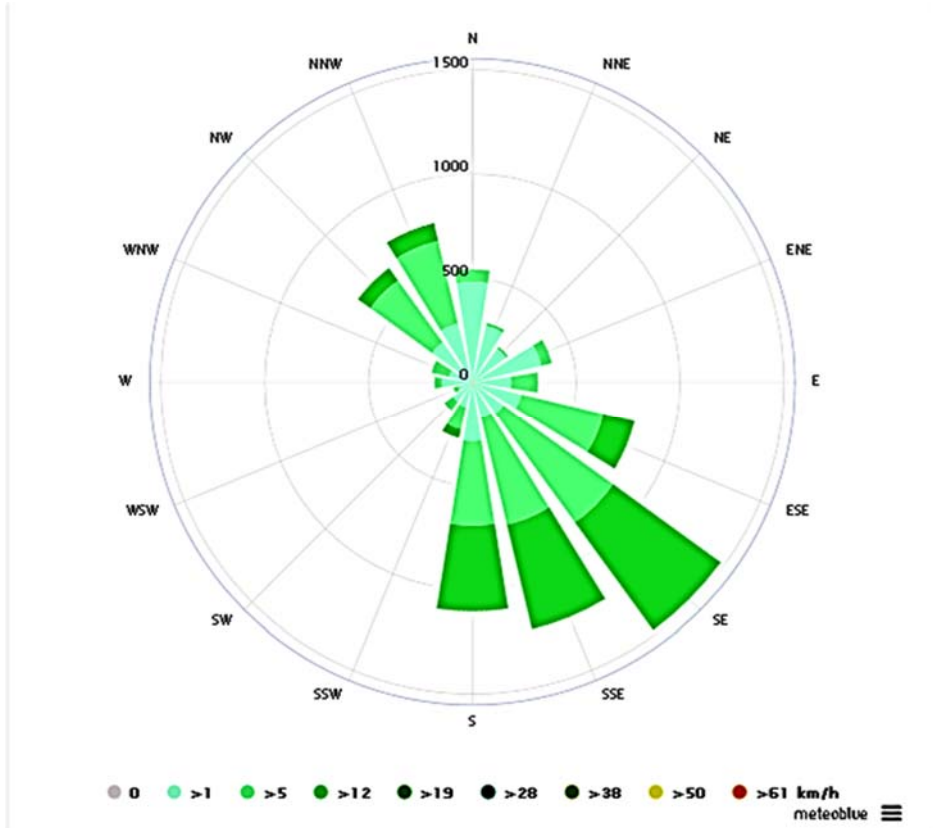
المدة متصلة، ولكنها مجموع المدد التي هبت خلالها الرياح من اتجاه معين وبأي سرعة. وليس من الضروري أن تكون الرياح السائدة هي الرياح ذات السرعات الكبيرة. تعد الأمواج البحرية المتكونة بفعل الرياح الأكثر أهمية في هندسة الأشغال البحرية، وتحديد مواقعها، كما أن دراستها ضرورية للأسباب الآتية:

- ينتج عن هذه الامواج قوى هائلة تؤثر في المنشآت البحرية التي تعترضها، مثل حواجز الامواج، ويجب أخذ هذه القوى في الحسبان عند تصميم مثل هذه المنشآت.
 - إذا تكونت الامواج داخل المساحة المائية نتج عنها متاعب كثيرة في الشحن والتفريغ؛ ويصبح رسو السفن على الأرصفة في هذه الحالة خطراً؛ إذ إنه قد ينتج عنها اصطدام جسم السفينة بحائط الرصيف بدرجة تمثل خطورة على كل منهما؛ ولذلك يجب دراسة الأمواج وانتشارها، وتخطيط حواجز الأمواج، والمداخل بالكيفية التي تمنع دخول الأمواج الى المساحة المائية بارتفاعات تشكل أية خطورة.
 - دراسة الأمواج مهمة عند تخطيط حواجز الأمواج، والمداخل والممرات الملاحية.
 - تحتوي الأمواج على طاقة حركة تعمل بصفة مستمرة على تغيير معالم الشاطئ. [1]
- بالنسبة للموقع المقترح في خليج بروم تكون الرياح الموسمية شمالية غربية NW. إذ تهيمن على الطقس في منطقة المكلا / بروم الرياح الموسمية الشمالية الغربية من نهاية سبتمبر إلى بداية مايو من كل عام (الخريف والشتاء والربيع).
- تهب الرياح - تقريبا - موازية للساحل من القوة ٢ إلى القوة ٤، وأحيانا القوة ٥، ويكون ارتفاع الأمواج المتولدة من الرياح خلال هذه الفترة - عادة - بحد أقصى حوالي متر واحد.

الأمواج الطويلة والمنخفضة القادمة من الجنوب الشرقي قد يصل ارتفاعها $m^{2.1}$ ، وذلك لفترة حوالي ٨٠٪ من الوقت، ولكن الوصول إلى ارتفاع $١,٨ - m^{2,٤}$ تكون لمدة ٥٪ من الوقت حسب.

أما الرياح الموسمية الجنوبية الشرقية SE فإنها تهب من أوائل يونيو حتى أوائل سبتمبر من كل عام (الصيف).

وتكون قوة الرياح - عادة - ما بين القوة ٣ والقوة ٦ وأحيانا تصل إلى ٧ ويظهر ذلك في مخطط وردة الرياح الخاص بمنطقة المكلا في الشكل (٣). مع الإشارة إلى أن الرياح تكون خفيفة في مايو وسبتمبر من كل عام.



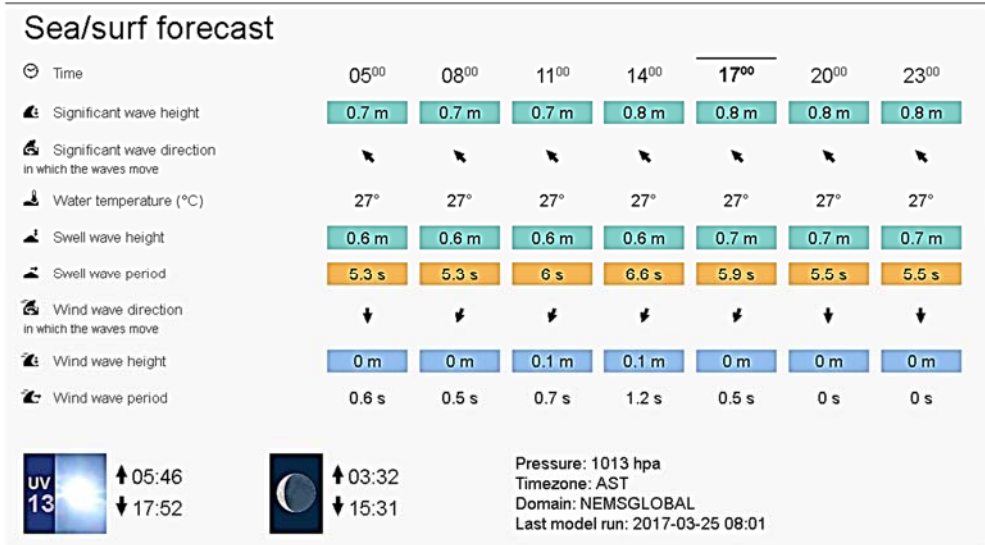
الشكل (٣) مخطط وردة الرياح لمنطقة المكلا [8]

قد تختلف سرعة الرياح اختلافا كبيرا على مدار ٢٤ ساعة، وتتلاشى في بعض الأيام الرياح الموسمية SE بعيدا ويمكن أن تكون الأحوال الجوية هادئة، وتزداد غالبا سرعة الرياح يوميا مع ارتفاع درجة حرارة الأرض، ويمكن أن يترافق نسيم البحر القوي مع الرياح الموسمية SE. وتبقى في بعض الأيام سرعة الرياح منخفضة طوال اليوم، ولا سيما خلال الظروف الضبابية أو الغائمة. [6]

يمكن أن يصل ارتفاع الأمواج من أوائل يونيو حتى أوائل سبتمبر إلى ارتفاع ٢,٥ متر، ويسبب أضرارا للمنشآت الساحلية غير المحمية بما فيه الكفاية. [6] يتراوح ارتفاع الأمواج الطويلة في مدينة الشحر شرق مدينة المكلا بين ٥.٠ و١,٨ مترلدة ٥٠٪ من الوقت خلال الأشهر يونيو، ويوليو، وأغسطس، ولفترة ٥٪ من الوقت قد يصل ارتفاع الموج ٣ وحتى ٤,٦ أمتار.

يزداد في خليج عدن ارتفاع الأمواج خلال الرياح الموسمية SE؛ إذ تزداد من الغرب إلى الشرق، وتكون بارتفاع حوالي ١,٥ متر في عدن، وتزداد لتصل إلى ٥ - ٦ أمتار في ميناء صلالة. [6]

ويبين الشكل (٤) نموذجاً لتسجيلات ارتفاع الأمواج، واتجاهها في منطقة بروم لأحد أيام السنة [4].



الشكل (٤) قيم ارتفاع الأمواج واتجاهها في يوم ٢٥/٣/٢٠١٧ [4]

٢-٣- البيانات المساحية:

تجمع المساحة البحرية بين ما يلزم المهندس البحري في عرض البحر، وما يلزم المهندس الإنشائي في المناطق القريبة من الشاطئ. وسنقتصر فيما يأتي على احتياجات مهندس الأشغال البحرية من أعمال المساحة البحرية، وفي هذه الحالة يمكن تلخيص احتياجات المهندس فيما يأتي:

- ١- أعمال مساحية موضعية على الأرض لتحديد خط الشاطئ.
 - ٢- أعمال مساحية تجري في الماء لتحديد الأعماق عند مواقع الأرصفة، وحواجز الأمواج، وغيرها من المنشآت البحرية، وكذلك لتحديد مواقع الجزر، والصخور المغمورة والظاهرة، ومناسيب قاع البحر في منطقة الممرات الملاحية.
- لقد تم إجراء مسح بحري أولي لجزء من خليج بروم في المكان المقترح لإنشاء الرصيف، وكاسر الأمواج، وامتد المسح وصولاً حتى عمق ٢٠ متراً تحت المنسوب الصفري لسطح

البحر، وذلك بتقنية المسح بالأموح الصوتية (السونار)، والمتوفرة لدى اختصاصيين في الأعمال البحرية في مدينة المكلا، إذ تم المسح بتاريخ ٢٥ فبراير ٢٠١٧، ومن ثم أعد مخطط رقمي (أوتوكاد) للمسح البحري المنجز. ويبين الشكل (٥) مسار عملية المسح البحري والأعماق المرصودة، كما يظهر على الشكل الموقع المقترح لكل من الرصيف، وكاسر الأمواج.



الشكل (٥) مسار المسح البحري ورصد الأعماق في موقع الرصيف وكاسر الأمواج (تقنية مسح ميداني بالسونار بتاريخ ٢٥ فبراير ٢٠١٧ - لصالح الشركة اليمنية للغاز - فرع بروم)

٢- ٤ تربة القاع البحري:

عند اختيار مواقع الموانئ البحرية وتقييمها يلزم عمل الدراسات الفنية الكافية للتربة، لتحديد خواصها الطبيعية والميكانيكية؛ وذلك من أجل تقدير قدرة تحمل التربة ومعرفة التكلفة الكلية للميناء؛ إذ تؤثر في نوع وحجم المنشآت التي تتناسب نوعية تربة الموقع المقترح، وعادة تكون الدراسة في هذه الحالة أولية وغير مكثفة.

قد تسفر الدراسة عن احتمالين، الأول: أن يكون إنشاء الميناء في الموقع المقترح باهظ التكلفة، وفي هذه الحالة يهمل هذا الموقع وتتم دراسة مواقع أخرى بديلة، والثاني: أن تكون التكلفة مقبولة اقتصادياً.

تم تنفيذ ثقب واحد فقط في تربة البحر بعمق ٣ أمتار، وتبين أن سماكة الرمال متران، وتوضع الرمال على طبقة صخرية قدرة تحملها حوالي 40 ton/m².

إن طبيعة القاع غير معروفة، وقد تتكون من صخور متنوعة، وتوجد سبور في المدن الساحلية المجاورة، وتشير إلى وجود طبقة غير سميكة من الرمال تتوضع على طبقة صخرية. [6]

3- المتطلبات الوظيفية والتشغيلية لموقع الميناء المقترح:

٣- ١- متطلبات الغرض العام ووظيفة الميناء المطلوب:

لكل ميناء متطلباته الخاصة تبعاً للغرض الذي ينشأ من أجله؛ فمتطلبات الموانئ التجارية، تختلف عن متطلبات الموانئ العسكرية، وذات الأغراض الخاصة، كما أن الموانئ التجارية قد تختلف فيما بينها من حيث المتطلبات تبعاً لنوع البضائع المراد نقلها عبر الميناء، وتبعاً لنوع وحجم السفن المتوقع استقبالها.

وتقسم هذه المتطلبات أو الشروط على قسمين أساسيين، الأول: المتطلبات الخاصة باستعمالات الميناء وطبيعتها، وهذه تحددها الجهات والهيئات المعنية بعمليات النقل البحري وأنظمتها، والثاني: المتطلبات الهندسية الخاصة بالعناصر والمكونات الإنشائية، والتي تفرضها طبيعة الاستخدام.

يتم في هذه الدراسة تقييم الموقع المقترح في خليج بروم من أجل إنشاء ميناء تجاري محدد الغرض لاستقبال سفن نقل، وتفريغ الغاز المسال LPG، بحيث لا يتجاوز غاطس هذه السفن ١٠ أمتار، وطولها الأعظمي لا يزيد عن ١٥٠ متراً حسب متطلبات عمليات نقل الغاز المسال في منطقة المشروع. ويمكن أن يخدم الميناء في حالات خاصة تفريغ وشحن بضائع جافة عامة. من أجل الموانئ التجارية والتي منها موانئ نقل الغاز المسال توجد حزمة أساسية من متطلبات موقع الميناء المقترح تفرضها طبيعة الاستخدام والتشغيل:

- ١) يجب أن تكون حمايتها من الأمواج والعواصف كاملة طبيعياً وصناعياً، لكيلا تتحرك البواخر أثناء الرسو، والشحن، والتفريغ.
- ٢) يكون المد والجزر بها غير محسوس، ومياهها هادئة، ولو استلزم الأمر إنشاء أحواض داخلية.
- ٣) أن تكون صالحة لإنشاء أرصفة ذات أعماق كافية لرسو البواخر المتوقع استقبالها، ومنشآت الدعم الأخرى.
- ٤) تحتوي على المساحات المائية والبرية اللازمة لاستقبال حركة الشحن المتوقعة أثناء التشغيل الأقصى، وكافية لتلبية المتطلبات الحركية المختلفة. [1]

٣-٢ - متطلبات السفينة التصميمية المتوقع استقبالها:

بناء على المتطلبات التشغيلية للميناء المقترح، وبحسب الغرض المحدد سابقاً تبلغ السعة الاسمية للسفينة التصميمية المتوقع استقبالها ١٠٠٠٠ متر مكعب من مادة الغاز المسال LPG، والتي يمكن تحديد كافة الخواص الهندسية والمتطلبات التشغيلية لها عبر الجدول (١)، الذي نجد فيه القيم التصميمية للأبعاد الهندسية والفاطس وغيرها.

جدول (١) الخواص التشغيلية لسفن الغاز المسال بالاعتماد على السعة الاسمية [7]

الفاطس الأعظمي (متر)	العمق المميز (متر)	العرض (متر)	الطول بين الدعامات (متر)	الطول الإجمالي (متر)	الوزن الإجمالي (طن)	الحمولة (طن)	السعة الاسمية (متر مكعب)
12.1	٢١	٣٦	٢١٨	٢٢٩	٧٥٠٠٠	46900	٧٥٠٠٠
١١,٣	١٨,٦	٣١,٤	١٩٦	٢٠٦	٥٣٢٠٠	٣٨٥٠٠	٥٢٠٠٠
١٢,٥	١٨	٢٧,٨	١٧٦	١٨٠	٣٧٥٠٠	٣٦٢٠٠	٣٥٠٠٠
١٠,١	١٦	٢٥,٣	١٤٩	١٥٧	٣٢٨٠٠	١٨١٠٠	٢٤٠٠٠
٩,٦	١٤,٣	٢٥	١٤٠	١٥١	٢٥٠٠٠	١٦٢٠٠	١٥٠٠٠
٩,٤	١٢,١	٢٠	١١٦	١٢٨	١٥٥٠٠	٩٨٠٠	٨٣٠٠
٧,٤	١٠	١٧	٩٨	١٠٦	٩٠٠٠	٥٤٠٠	٥٠٠٠
٦,٨	٧,٩	١٤	٧٠	٧٥	٥٠٠٠	٢٨٠٠	٢٥٠٠

من خلال الجدول (١) وبالاعتماد على السعة الاسمية المذكورة يمكن تحديد الخواص

التشغيلية للسفينة التصميمية، كما يأتي:

- يتراوح الطول التصميمي الأعظمي بين ١٢٨ و ١٥١ متراً.
- يتراوح العرض التصميمي الأعظمي بين ٢٠ و ٢٥ متراً.
- يبلغ الفاطس المائي الأعظمي ٩,٥ أمتار.
- الوزن الإجمالي (السفينة + الحمولة) ٢٠٠٠٠ طن.

كما يجب تحديد بعض الخواص الميكانيكية التشغيلية للسفينة التصميمية، مثل قوة الجر المطلوبة، والسرعة، وقوى الشد المتولدة في أربطة التثبيت، وغيرها. ويبين الجدول (٢) قيم قوى الشد المتولدة في مدافع أربطة التثبيت للسفن تبعاً لأوزانها الإجمالية.

الجدول (٢) مقدار قوة الشد الناتجة عن مدفع الرباط لكل متر واحد طولي على جدار الرصيف [7]

الحمولة الإجمالية (طن)	قوة الشد في مدفع الرباط (كيلو نيوتن)	التباعد التقريبي بين مدافع الرباط (متر)	حمولة مدفع الرباط المتولدة في رصيف الرسو (كيلو نيوتن لكل متر)	الحمولة الموزعة بانتظام والناتجة عن مدفع الرباط (كيلو نيوتن لكل متر)
٢٠٠٠	١٠٠	١٠	١٥	١٠
٥٠٠٠	٢٠٠	١٥	١٥	١٠
١٠٠٠٠	٣٠٠	٢٠	٢٠	١٥
٢٠٠٠٠	٥٠٠	٢٠	٢٥	٢٠
٣٠٠٠٠	٦٠٠	٢٥	٣٠	٢٠
٥٠٠٠٠	٨٠٠	٢٥	٣٥	٢٠
١٠٠٠٠٠	١٠٠٠	٣٠	٤٠	٢٥
٢٠٠٠٠٠	١٥٠٠	٣٠	٥٠	٣٠
>٢٠٠٠٠٠	٢٠٠٠	٣٥	٦٥	٤٠

نلاحظ من الجدول (٢) أن الحمولة الخطية الناتجة عن مدفع رباط التثبيت للسفينة التصميمية أثناء الرسو تبلغ 2.0 طن لكل متر طولي من رصيف الرسو. كما يمكن تحديد سرعة الحركة للسفينة التصميمية أثناء عملية الرسو، وذلك بالاعتماد على حمولتها الكلية، كما يظهر في الجدول (٣)، إذ يمكن تقدير سرعة الحركة أثناء الرسو لتبلغ 0.15 متراً في الثانية.

الجدول (٣) قيم سرعة الرسو الخاصة بالسفن بمساعدة قوارب القطر [7]

الحمولة الكلية (طن)	السرعة (متر في الثانية)		
	ظروف تحكم وتوجيه متقدمة	ظروف تحكم وتوجيه معتدلة	ظروف تحكم وتوجيه بدائية
Under 10000	0.20-0.16	0.45-0.30	0.60-0.40
10000-50000	0.12-0.08	0.30-0.15	0.40-0.22
50000-100000	٠,٠٨	٠,١٥	٠,٢٠
Over 100000	٠,٠٨	٠,١٥	٠,٢٠

٣-٣ - متطلبات الحماية البحرية الطبيعية في الموقع المقترح لتأمين ظروف التشغيل:

إن الحماية الطبيعية التي يتم تقييمها في الموقع المقترح هي لمقاومة الظروف المحيطة التي تؤثر سلباً على وظيفة المنشأة البحرية وعملها، كالرياح الشديدة، والأمواج العالية. ويعتمد توافر الحماية الطبيعية على وجود الموقع ضمن تكوين جغرافي يعزله - قدر الإمكان - عن الظروف المحيطة الضارة، كوجود خليج، أو رأس بري، أو تكوينات صخرية، وحيدان بحرية ممتدة.

ويمكن تصنيف الموقع حسب مستوى الحماية الطبيعية على:

- مواقع محمية كلياً: وهي الموانئ التي تحمي الطبيعة مساحتها المائبة دون الحاجة إلى أعمال صناعية. ومن هذه الموانئ ما يقع منها على الأنهار بالقرب من المصب، أو بعيداً منه مثل موانئ نيويورك، ولندن وليفربول، أو يكون الميناء واقعا عند خليج مثل ميناء مرسى مطروح، وقد تكون الحماية الطبيعية بواسطة مجموعة من الجزر الرملية، أو الشعب المرجانية كما هو الحال في ميناء جدة بالسعودية، وإستند ببلجيكا.
- مواقع نصف محمية: وفيها تكون الحماية الطبيعية جزئية وتحتاج لاستكمال حمايتها إلى منشآت صناعية.
- مواقع غير محمية: وفيها يكون الموقع مكشوفاً تماماً، ويتطلب أعمال حماية صناعية كبيرة ومعقدة باهظة التكاليف. [2]

- وبالنسبة لموانئ نقل الغاز المسال LPG، يتطلب الموقع المقترح ما يأتي:
- يجب أن تكون حمايتها من الأمواج والعواصف كاملة طبيعياً أو صناعياً؛ لضمان عدم تحرك البواخر أثناء الشحن والتفريغ.
- يجب أن تكون حركة ورسو السفن فيها غير متأثرة بتفاوت الحدود العظمى للمد والجزر، ويفضل ألا يتطلب الموقع إنشاء أحواض داخلية مغلقة.
- يجب أن تكون صالحة طبوغرافياً وجيوتكنيكياً لإنشاء الأرصفة، ومنصات الضخ والتفريغ وبأعماق كافية لرسو البواخر فيها.
- يجب أن تكون المواقع ذات طبيعة شاطئية تسمح بتشييد وتجهيز منشآت تخزين الغاز المسال ونقله. [1]

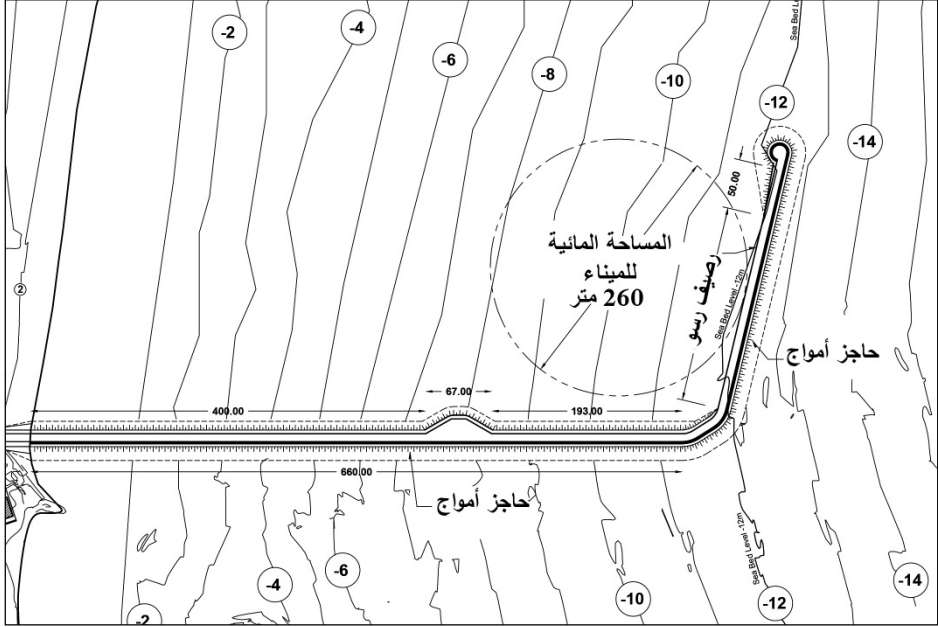
4- المتطلبات التنفيذية والإنشائية لموقع الميناء المقترح:

٤- ١- متطلبات تخطيط حواجز الأمواج وموقعها:

- يتم تخطيط حواجز الأمواج وإنشاؤها من أجل حماية المساحة المائية الداخلية للميناء من الأمواج وتأثيراتها السلبية. وتوجد مجموعة من العوامل المرتبطة بموقع الميناء المقترح ذات تأثير مباشر على عملية تخطيط حواجز الأمواج، وأشكالها وأبعادها. ومن هذه العوامل:
- اتجاه الأمواج في المنطقة ولا سيما الأمواج ذات الارتفاعات الكبيرة.
 - شكل خط الشاطئ في المنطقة والتوسع المنتظر للميناء.
 - المساحة المائية الواجب توافرها في الميناء.
 - طبوغرافية قاع البحر في المنطقة.
- إن المساحة المائية يجب ألا تقل عن احتياجات الميناء، ويجب ألا تكون كبيرة إلى الحد الذي ينشأ عنه تولد أمواج داخلية، وقد تكون المساحة المائية أكبر من القدر المطلوب إذا كانت هناك مناطق ضحلة يمكن أن ينشأ فوقها حاجز الأمواج بحيث يمكن تصغير قطاعه للتقليل من نفقات إنشائه، إلا أن الأمواج عامل مهم في تخطيط الحاجز من حيث الشكل، ومن حيث موقع المدخل. [2]

وبناء على المعطيات التي تم جمعها حول الموقع المقترح، وما يتعلق بالعوامل المذكورة أعلاه تم وضع تخطيط أساسي لحاجز الأمواج المطلوب في الموقع. ويظهر في الشكل (٦) مخطط حاجز الأمواج حتى العمق البحري ١٢ متراً، وعلى مسافة ٧٠٠ متر عن خط الشاطئ، لتأمين الغاطس المطلوب، وبتوجيهه يتناسب مع اتجاه ورود الأمواج التصميمية، والرياح السائدة في

الموقع، مما يعزز الحماية الطبيعية المتوافرة في الخليج، ويجعله موقعاً محمياً بالشكل الكافي لتشغيل الميناء بشكل آمن وفعال.



الشكل (٦) التخطيط المقترح لحاجز الأمواج ورسو الرسو والمساحة المائية الداخلية للميناء في الموقع المقترح

٤-٢- متطلبات المساحة المائية الداخلية للميناء:

تحدد المساحة المائية للميناء تبعاً لعدد السفن المتوقعة وأحجامها، وكذلك لطبيعة موقع الميناء، من حيث أعماق المياه في المنطقة القريبة من الشاطئ، وأعمال الوقاية اللازمة. وفي الموانئ ذات الحماية الصناعية بحواجز الأمواج يجب مراعاة كون المساحة المائية أقل ما يمكن بحيث تكون تكاليف الإنشاء لأعمال الحماية في حدها الأدنى.

وعلى العموم تكون المساحة المطلوبة هي الكافية لإنشاء الأرصفة اللازمة لرسو السفن المتوقعة، بالإضافة إلى مساحة كافية لمناورة السفن حتى تتمكن من الملاحة خارجة من الميناء بواسطة محركاتها أو بالقطر. [2]

ويظهر في الشكل (٦) أعلاه المساحة المائية التشغيلية للميناء في الموقع المقترح، والتي تتمثل بدائرة مناورة يبلغ قطرها ٢٠٠ متر، كافية لمتطلبات الحركة الخاصة بالسفينة التصميمية المحددة سابقاً.

٤-٣- متطلبات تخطيط رصيف الرسو وموقعه:

ترتبط عملية تخطيط أرصفة الرسو في موقع الميناء بشكل أساسي بقيمة العمق المائي المتوافر، وكفايته لتأمين الغاطس المطلوب للسفينة التصميمية، كما يرتبط تخطيط موقع الرصيف بطبقات تربة القاع، من حيث امتلاكها القدرة الكافية لتحمل ما تتعرض له من اجتهادات، فإن كانت الطبقات السطحية من تربة القاع ضعيفة لزم حفر هذه الطبقات وصولاً إلى الطبقة الصالحة للتأسيس، ثم إعادة ردم أماكن الحفر بمواد مناسبة حتى منسوب ارتكاز المنشأة.

يجب تحديد مجموعة من العوامل قبل البدء بعملية تخطيط أرصفة الرسو وهي:

- ١- المنسوب التصميمي لسطح الرصيف.
- ٢- الطول المطلوب للرصيف.
- ٣- الغاطس المطلوب تأمينه أمام الرصيف.
- ٤- معرفة نوع البضائع التي سيتم مناولتها على الرصيف أو خلفه ونوعيات معدات الشحن والتفريغ والأحمال التي تنتج عنها.
- ٥- مدى المد الأعظمي في حوض الميناء.
- ٦- خواص التربة في الموقع. [2]

وبالعودة إلى بيانات السفينة التصميمية المعتمدة، والبيانات المحيطة للموقع، نجد أنه يلزم توفير رصيف رسو بطول لا يقل عن ٢٠٠ متر، وعند عمق بحري كاف لتأمين غاطس بقيمة ١٠ أمتار. يبين الشكل (٦) أعلاه موقع رصيف الرسو المقترح والذي يحقق متطلبات التشغيل والموقع.

5- المناقشة والاستنتاجات:

بالعودة إلى بيانات الأمواج الخاصة بخليج بروم نجد أن اتجاه ورود الأمواج الموسمية العالية هو SW، وبمقارنة هذا الاتجاه مع الطبيعة الجغرافية للخليج نجد أنه يتمتع بحماية طبيعية ضد هذه الأمواج بسبب الرأس البري الجنوبي، مما يعزز اختيار الموقع داخل هذا الخليج، كما لوحظ استخدام الصيادين المحليين لهذا الحاجز الطبيعي من أجل حماية قواربهم خلال فترات الأمواج العالية.

وبالنسبة للرياح نلاحظ أن اتجاه الهبوب السائد هو S-SE، وبمقارنة هذا الاتجاه مع اتجاه الواجهة البحرية للخليج نجد أنه يمكن تحقيق الحماية ضد تأثير الرياح عبر تصميم كاسر أمواج ممتد بشكل شبه متعامد لاتجاه الرياح السائدة، وهو الاتجاه الذي يدعم - أيضاً - الحماية الطبيعية ضد تأثير الأمواج الموسمية العالية.

أما بالنسبة لكفاية العمق البحري فنلاحظ عبر بيانات المسح أنه يمكن تحقيق غاطس بقيمة ١٠ أمتار عند مسافة بحرية تبلغ 700m عن خط الشاطئ، وهي المسافة التي يمكن استثمارها في تصميم كاسر الأمواج المطلوب.

يعد الاتساع العرضي للخليج كافياً لتصميم رصيف الرسو بطول لا يقل عن ٢٠٠ متر عند نهاية كاسر الأمواج، وباتجاه متوافق مع حركة دخول السفن وخروجها بالنسبة لحركة الأمواج والرياح، وبما يضمن وجود مساحة مناورة داخلية بقطر يصل إلى ٢٦٠ متراً، وهي تكفي لعمليات القطر، والرسو، والمناورة.

وعند إعداد التصاميم الهندسية والإنشائية الخاصة بكل من حاجز الأمواج، ورصيف الرسو تبين أن الإجهاد المتوقع تحت هذه العناصر لا يتجاوز ٣٥ طناً لكل متر مربع، وهي أقل من قيمة قدرة التحمل المتوقعة للطبقة الصخرية في الموقع المقترح؛ وهذا يعزز اختيار الموقع إذ لا توجد حاجة إلى إجراءات إنشائية خاصة مرتفعة التكاليف لتأسيس كل من حاجز الأمواج، ورصيف الرسو.

وبذلك يمكن أن يكون الموقع المقترح في منطقة خليج بروم مناسباً لإنشاء ميناء بحري ثان لمدينة المكلا؛ لتحقيقه لمتطلبات عملية اختيار وتقييم مواقع الموانئ البحرية.

المراجع:

- (١) د. عبيدو، إبراهيم علي، ١٩٨٢، هندسة الموانئ والمنشآت البحرية، الجزء الأول، كلية الهندسة جامعة الاسكندرية
- (٢) د. عبيدو، إبراهيم علي، ١٩٨٧، هندسة الموانئ والمنشآت البحرية، الجزء الثاني، كلية الهندسة في جامعتي بيروت العربية والإسكندرية
- (٣) موقع متخصص في بيانات المد والجزر وتسجيلاتها www.almadwaaljazer.com
- (٤) تسجيلات بيانات الطقس لمحطتي إرصاد مطار الريان، وميناء المكلا
- (٥) خدمة الخرائط الرقمية، والصور الجوية من قوقل Google map.com
- (٦) تقرير فني ودراسة تقييمية لمنطقة بروم منجزة لدى إدارة مؤسسة موانئ البحر العربي – فرع المكلا، ٢٠٠٨
- 7) John W. Gaythwaite, Design of Marine Facilities, 3rd Edition, 2014
- 8) <https://www.meteoblue.com/ar/weather>