دور الموانئ الخضراء في تعزيز الاستدامة البيئية
((دراسة تحليلة للادبيات ذات العلاقة))

الباحث : حسنين شاكر لفتة م.د عباس عبد الحميد عبد العباس

جامعة البصرة / كلية الإدارة والاقتصاد – قسم إدارة الاعمال

EMAIL: abbas.abdulhameed@uobasrah.edu.iq
ORCID : https://orcid.org/0009-0007-3087-0460
EMAIL: Pgs.Hasanain.shakir24@uobasrah.edu.iq

الملخص:

تؤكد الدراسة على أهمية الموانئ الخضراء في تحقيق الاستدامة البيئية، خاصة في ظل قضية التغير المناخي الملحة. ورغم أن القطاع البحري ضروري للتجارة الدولية، إلا أنه يساهم أيضاً بشكل كبير في التلوث المحلي وانبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري. حيث اتبعت الدراسة في منهجيتها وتصميمها إجراء مسح وتحليل للأدبيات المتعلقة بالموانئ الخضراء والاستدامة البيئية، وركزت الدراسة على استخراج سبعة أبعاد رئيسية (إدارة تلوث الهواء، الأمن السيبراني فيما يتعلق بأمن الموانئ، إدارة التلوث الضوضائي والنفطي، إدارة تلوث المياه بالكائنات الخطرة، التكيف مع تغير المناخ، استخدام الطاقة المتجددة، إدارة النفايات) كأبعاد مهمة لتطبيق الموانئ الخضراء وبالاعتماد على مؤشرات الموانئ الخضراء(G.P. Indicators). ويتم تشكيل خارطة طريق لتحقيق التحسين والاستدامة البيئية في عمليات الموانئ. وتوصلت الدراسة إلى عدد من الاستنتاجات، أهمها أن عملية التحول إلى الموانئ الخضراء لا تخلو من التحديات، فهي تتطلب استثمارات أولية كبيرة وتخطيطاً شاملاً وتكيفاً مع التقنيات واللوائح الجديدة. وكذلك وضحت وجود ضعف في مشاركة المؤسسات الحكومية بشكل عام والمؤسسات المعنية بعمليات الموانئ بشكل خاص لاتخاذ خطوات فعالة وكفؤة نحو تبني الممارسات الخضراء التي تساهم في تحقيق الاستدامة البيئية في عمليات الموانئ التي يمكن تطبيقها في ميناء الفاو الكبير.

الكلمات الرئيسية: الميناء الأخضر، الاستدامة، الاداء الاخضر، الصناعة البحرية، الطاقة المتجددة.

The Role of Green Ports in Enhancing Environmental Sustainability:

((An Analytical study of the related Literature))

Researcher: Hasanain Shakir Lafta
Dr :Abbas Abdulhameed Abdulabbas
University of Basra / College of Administration and Economics - Department of Business Administration

Abstract:

The study emphasizes the importance of green ports in achieving environmental sustainability, especially in light of the urgent issue of climate change. Although the maritime sector is essential for international trade, it also contributes significantly to local pollution and greenhouse gas emissions. The study followed in its methodology and design to conduct a survey and analysis of the literature related to green ports and environmental sustainability, as the study focused on extracting seven main dimensions (air pollution management, cybersecurity in relation to port security, noise and oil pollution management, water pollution management by hazardous organisms, adaptation to climate change, use of renewable energy, waste management) as important dimensions for implementing green ports Based on green port indicators. A roadmap is formed to achieve improvement and environmental sustainability in port operations. The study reached a number of conclusions, the most important of which is that the process of transforming to green ports is not without challenges. It requires large initial investments, comprehensive planning, and adaptation to new technologies and regulations. Weak participation of government institutions in general and institutions concerned with port operations in particular to take effective and efficient steps towards adopting green practices that contribute to achieving environmental sustainability in port operations which can be applied in the Grand Faw Port.

Keywords: Green port, sustainability, green performance, maritime industry, energy power.

مقدمة:

يمثل الميناء الاخضر نهجًا تحويليًا في الصناعة البحرية، مع التركيز على الاستدامة من خلال الممارسات والتقنيات المبتكرة. وتساهم هذه الموانئ بشكل كبير في الحفاظ على البيئة من خلال الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة (GHG–) Greenhouse Gases وهي الغازات المسببة للاحتباس الحراري، والتخفيف من تلوث المياه والهواء، وتعزيز كفاءة استخدام الطاقة. حيث إن تنفيذ البنية التحتية الخضراء، مثل أنظمة الطاقة المتجددة و ادارة معالجة النفايات، لا يعزز الصحة البيئية فحسب، بل يعزز أيضًا الكفاءة التشغيلية والاقتصادية، اذ توفر الموانئ الخضراء فوائد كبيرة بما في ذلك انخفاض تكاليف الطاقة، والامتثال للوائح البيئية، وجذب الشركات والاستثمارات الصديقة للبيئة. (Bergqvist & Monios, 2019a:1)

أصبحت الاستدامة مطلباً حاسماً في جميع المجالات. منذ بداية القرن الحادي والعشرين، حيث أثرت الاستدامة على كل جانب من جوانب الحياة. ويتم تعريف مفهوم الاستدامة من خلال القاعدة الثلاثية التي تتضمن ثلاثة مكونات: الالتزام الاجتماعي، والإدارة البيئية، والرفاهية الاقتصادية، (Correia, 2018:30–32) . وبقدر تعلق الامر بالصناعة البحرية بشكل عام وفي الموانئ بشكل خاص استخدمت الإدارة البيئية مفهوم الاستدامة نهج الميناء الأخضر، حيث يشمل نهج الميناء الأخضر استخدام المعدات والاجهزة والمركبات التي تعمل بالطاقة الكهربائية ، والاستفادة من مصادر الطاقة البديلة والمتجددة ، والتبخير البطيء ، مما يقلل من سرعة السفينة ، والاستفادة من النفايات والمخلفات الزيتية ، وحماية الحياة البحرية باتجاه البحر والأرض في منطقة الميناء. هذه تفيد الموانئ اقتصاديا وتنشئ مجالا اقتصاديا جديدا مرتبطا بالسوق.(Bergqvist & Monios, 2019:14-16)

في الواقع على الرغم من ان مفهوم الميناء الاخضر يبدو من اليسر تبنيه وتطبيقه الا ان الامر ليس بهذه السهولة اذ يجب أن تستوفي الموانئ وتطبق العديد من معايير

الأداء الخضراء حتى يتم تصنيفها كموانئ خضراء.(Alamoush et al., 2021:14-16) . طبقاً للادبيات التي تناولتها هذه الدراسة تم حصر سبعة من اهم المعايير تطبيقاً للأداء الأخضر، حيث تم استخدام الفئات السبعة التالية لتصنيفها وهي كالأتي:(ادارة تلوث الهواء، إدارة الأمن السيبراني فيما يتعلق بأمن الموانئ، إدارة الضوضاء والتلوث النفطي، إدارة تلوث المياه

بالكائنات الخطرة، التكيف مع تغير المناخ، استخدام الطاقة المتجددة، إدارة النفايات) (Lirn et al., 2013:430)

مراجعة الدراسات المتعلقة بالميناء الأخضر والاستدامة البيئية :

قام الباحثان بمراجعة شاملة للأدبيات المتعلقة بالميناء الأخضر من خلال النظر في الادبيات العلمية المنشورة التي يمكن الوصول إليها من خلال " قواعد بيانات الانترنت". حيث شملت المراجعة 45 بحثاً ودراسة تصب في هذا الموضوع. وبعد التحليل والتقصي تم خفض الدراسات إلى 18 دراسة، حيث تباينت هذه الدراسات في ما بينها من حيث مجال التطبيق والابعاد الرئيسية والغرض الرئيسي فضلاً عن المنهجية المعتمدة . والجدول رقم (1) يبين بشكل ملخص المحاور الرئيسية لهذه الدراسات ونتيجة الاستطلاع والبحث المعمق اكتشف الباحثان وجود العيد من الدراسات المتعلقة بالموانئ الخضراء، اذ سيتم عرض هذه الدراسات لتوضيح الفجوة المعرفية وإبراز اهميتها ومدى الحاجة للاستفادة منها للوصول الى النتائج المتوخاه لهذه الدراسة وكما موضح في الجدول ادناه :-

جداول (1) الدراسات السابقة الأجنبية والعربية ذات الصلة بالمتغير المستقل

ت	السنة / المؤلف	عنوان الدراسة	الابعاد الرئيسية للدراسة	الهدف الرئيسي للدراسة
.1	(Psaraftis, 2016)	Green Maritime Logistics: The Quest for Win-win Solutions الخدمات اللوجستية البحرية الخضراء: السعي إلى حلول مربحة للجميع	الخدمات اللوجستية البحرية الخضراء، لوجستيات النقل الخضراء، والخدمات اللوجستية البحرية المستدامة، الشحن الأخضر.	تسعى الدراسة الى تناول الاهتمامات الرئيسية في مجال الخدمات اللوجستية البحرية الخضراء للحد من انبعاثات غازات الدفيئة وتعزيز الأداء البيئي من خلال التركيزعلى سلسلة توريد النقل.
.2	(Oniszczuk-Jastrząbek et al., 2018)	Polish sea ports and the Green Port concept الموانئ البحرية البولندية ومفهوم الميناء الأخضر	مفهوم الميناء الأخضر، الاستدامة البيئية البحرية ، الموانئ البحرية	الهدف الرئيسي من الدراسة هوتطبيق الموانئ البولندية للمفاهيم الأساسية للموانئ الخضراء من خلال الانضمام للمبادرة البيئية الرئيسية للأوروبيين في قطاع الموانئ Eco Ports .
.3	(Tseng & Pilcher, 2019)	Evaluating the key factors of green port policies in Taiwan through quantitative and qualitative approaches تقييم العوامل الرئيسية لسياسات الموانئ الخضراء في تايوان من خلال الأساليب الكمية والنوعية	ميناء أخضر، مفاهيم الموانئ الخضراء، الاستدامة البيئية	تهدف الدراسة إلى تقديم صورة شاملة للعوامل المؤثرة على سياسات الموانئ الخضراء، مما يساعد في تطوير استراتيجيات وسياسات فعالة لتحسين الاستدامة البيئية للموانئ.
.4	(Sayed Abdel Aziz et al., 2019)	(الاليات البيئية لتطبيق مفهوم الموانئ الخضراء)	الخدمات اللوجستيات الخضراء، الاليات واللوائح البيئية، تطبيق الاليات البيئية الخضراء.	تسعى الدراسة لتحسين الأداء الأخضر وتقييم آثار الآليات البيئية الخضراء على المشاريع اللوجستية.
.5	(Bergqvist & Monios, 2019a)	Green ports in theory Chapter 1 and practice Of Green Port Book الموانئ الخضراء بين النظرية والتطبيق الفصل الأول من كتاب الموانئ الخضراء	الميناء الأخضر، البيئة، الاستدامة، الشحن، الانبعاثات، المناطق النائية، السفن	تسعى الدراسة الى بيان أهمية وفوائد تحول السفن إلى زيت الغاز البحري (MGO) بديلاً عن زيت الوقود الثقيل .

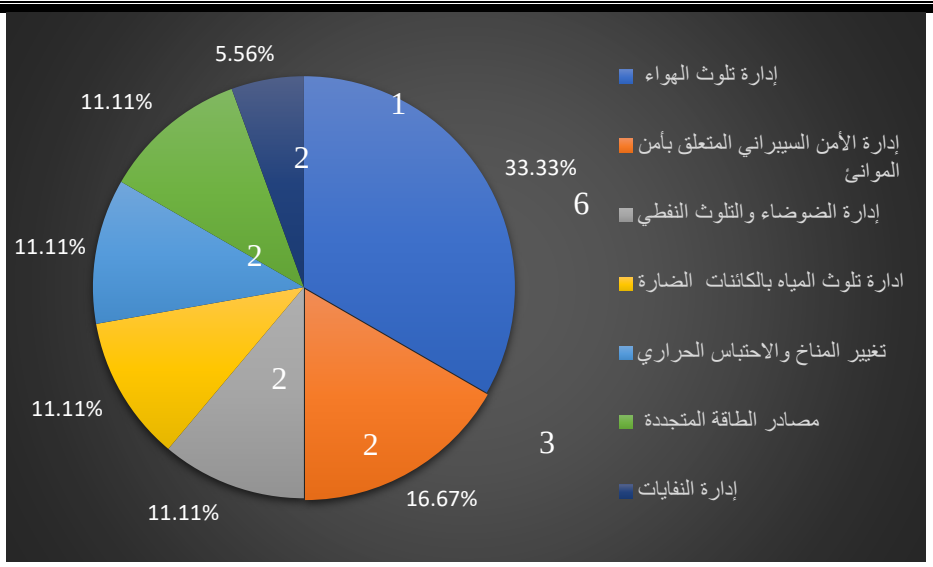
.6	(Kazimierz & Dariusz, 2019)	Functional safety and cyber security analysis for life cycle management of industrial control systems in hazardous plants and oil port critical infrastructure including insurance تحليل السلامة الوظيفية والأمن السيبراني لإدارة دورة حياة أنظمة التحكم الصناعية في المصانع الخطرة والبنية التحتية الحيوية لموانئ النفط بما في ذلك التأمين	الأمن السيبراني، المحطات الخطرة، البنية التحتية لموانئ النفطية أنظمة الأتمتة ، إدارة السلامة والأمن المتكاملة	تهدف الدراسة إلى تحسين الموثوقية والسلامة المهنية وإدارة الأمن السيبراني لأنظمة الأتمتة والتحكم الصناعية (IACS) في الموانئ النفطية من خلال تحليل وتقييم المخاطر والتهديدات .
.7	(Munim et al., 2020)	Identifying the appropriate governance model for green port management: Applying Analytic Network Process and Best-Worst methods to ports in the Indian Ocean Rim تحديد نموذج الحوكمة المناسب لإدارة الموانئ الخضراء: تطبيق عملية الشبكة التحليلية وأفضل وأسوأ الأساليب على الموانئ في منطقة حافة المحيط الهندي	الأداء البيئي إدارة الميناء اتخاذ القرار متعدد المعايير	تهدف الدراسة إلى تقييم وتحديد نموذج فعال لإدارة الموانئ الخضراء باستخدام نموذج اتخاذ القرار متعدد المعايير.
.8	(Mostafa Mohamed & Salah Eldine, 2020)	Evaluating the Sustainable Green Seaports (SGP) in Egypt: Case Study of Alexandria and Eldekhila Seaports تقييم الموانئ البحرية الخضراء المستدامة في مصر: دراسة حالة ميناءي الإسكندرية والدخيلة	الأثر الاقتصادي للموانئ البحرية، الموانئ البحرية خضراء المستدامة. الموانئ المصرية.	تهدف هذه الدراسة الى تقيّيم الصعوبات التي تواجه تنفيذ الموانئ الخضراء المستدامة في موانئ الإسكندرية والدخيلة في مصر.

.9	(Hua et al., 2020)	Evaluation and governance of green development practice of port: A sea port case of China تقييم وحوكمة ممارسات التنمية الخضراء للموانئ: حالة الموانئ البحرية في الصين	التلوث البيئي الميناء الأخضر تقييم وحوكمة الأداء للموانئ الخضراء	تسعى هذه الدراسة تقييم مؤشرات تنفيذ الموانئ الخضراء من خلال اقتراح استراتيجية للحوكمة.
.10	(Simanjuntak et al., 2021a)	An Analysis of Maritime Security Concept Based on International Safety Management (ISM) Code at The II Class Harbormaster and Port Authority (KSOP) Tanjungpinang تحليل مفهوم الأمن البحري على أساس قانون إدارة السلامة الدولية (ISM) في هيئة الميناء والموانئ من الدرجة الثانية (KSOP) في تانجونج بينانج	مدونة إدارة السلامة الدولية ISM Code امن الموانئ النفطية المدونة الدولية لأمن السفن والموانئ ISPS إدارة الموانئ	تهدف هذه الدراسة إلى تحليل وتنفيذ قانون إدارة السلامة الدولية (ISM) من خلال مفهوم الأمن البحري. ISPS
.11	(Adams et al., 2021)	Guidance for ports: security and safety against physical, cyber and hybrid threats إرشادات للموانئ: الأمن والسلامة ضد التهديدات المادية والسيبرانية والهجينة	أمن الموانئ ، الأمن السيبراني، الأمن المادي، التهديدات الأمن السيبراني المادي. المدونة الدولية لأمن السفن والموانئ ISPS	تهدف هذه الدراسة الى بيان أفضل الممارسات والسيناريوهات المتعلقة بتهديدات الأمن السيبراني والمادي كجزء من تقييم المدونة الدولية لأمن السفن والموانئISPS .
.12	(Atmayudha et al., 2021)	Green logistics of crude oil transportation: A multi-objective approach optimization اللوجستيات الخضراء لنقل النفط الخام: نهج تحسين متعدد الأهداف	الخدمات اللوجستية الخضراء نقل النفط الخام تحسين جودة الاداء.	تعمل الدراسة الى تقليل تكاليف الخدمات اللوجستية وانبعاثات الكربون في عمليات نقل النفط الخام في إندونيسيا من خلال الاستفادة من اساليب MCDM وMOO
.13	(Okada et al., 2021)	Green port structures and their ecosystem services in highly urbanized Japanese bays هياكل الموانئ الخضراء وخدماتها البيئية في الخلجان اليابانية ذات الكثافة السكانية العالية	البنية التحتية الخضراء للموانئ هيكل الميناء الاخضر خدمات النظام البيئي	تسعى الدراسة الى بيان أهمية انشاء الموانئ الخضراء في اليابان لحماية الموائل البحرية، وتقليل التأثيرات البيئية السلبية.

.14	(Elfarsi et al., 2022)	The Relationship between the Green Port Concept and Competitiveness (A Comparative Applied Study for the Port of Tripoli) العلاقة بين مفهوم الميناء الأخضر والقدرة التنافسية (دراسة تطبيقية مقارنة لميناء طرابلس)	التنافسية، المتطلبات البيئية، الكفاءة، الموانئ الخضراء.	يسعى هذا البحث الى قياس خصائص التنافسية للميناء ومعايير تنفيذ الميناء الأخضر، وتحديد الآثار البيئية والاقتصادية لتطبيق مفاهيم الميناء الأخضر في ميناء طرابلس ليبيا.
.15	(Esteves et al., 2022)	Green Ports - Building a Shore Power Load Model for Simulation الموانئ الخضراء - بناء نموذج تحميل الطاقة على الشاطئ للمحاكاة	الموانئ الخضراء، الطاقة الكهربائية للموانئ الساحلية نموذج محاكاة النقل الكهربائي	تهدف الدراسة إلى تصميم نظام إدارة الطاقة للموانئ الخضراء باستخدام نموذج محاكاة نقل الطاقة الكهربائية في الميناء.
.16	(Qardash, 2023)	دور الموانئ الخضراء في تحقيق الاستدامة البيئية	الموانئ الخضراء، التنمية المستدامة	تهدف هذه الدراسة على تحسين أداء الموانئ البحرية للمساهمة في تطبيق الموانئ الخضراء، بهدف تحقيق مبادئ التنمية المستدامة وحماية البيئة البحرية.
.17	(Jalil & Salleh, 2023)	A Conceptual Model for Sustainable Green Port Practices: A Case Study of Northport (Malaysia) Berhad نموذج مفاهيمي لممارسات الموانئ الخضراء المستدامة: دراسة حالة ميناء نورثبورت (ماليزيا) بيرهاد	مؤشراتGPI ، الاستدامة، الوعي بممارسات الموانئ الخضراء نموذج مفاهيمي الموانئ الخضراء	الهدف من هذه الدراسة تحديد أفضل نموذج مفاهيمي لتطبيق الموانئ الخضراء في ميناء نورث بورت (ماليزيا) .
.18	(Zhang et al., 2024)	Digitalization and innovation in green ports: A review of current issues, contributions and the way forward in promoting sustainable ports and maritime logistics التحول الرقمي والابتكار في الموانئ الخضراء: مراجعة للقضايا الحالية والمساهمات والطريق إلى الأمام في تعزيز الموانئ المستدامة والخدمات اللوجستية البحرية	الموانئ الخضراء الخدمات اللوجستية البحرية الرقمنة والابتكارفي الموانئ الخضراء الموانئ المستدامة	تهدف هذه الدراسة الى بيان أهمية إدخال التقنيات الرقمية و الابتكارفي الموانئ الخضراء من أجل تحسين الكفاءة والحد من التأثيرات البيئية.

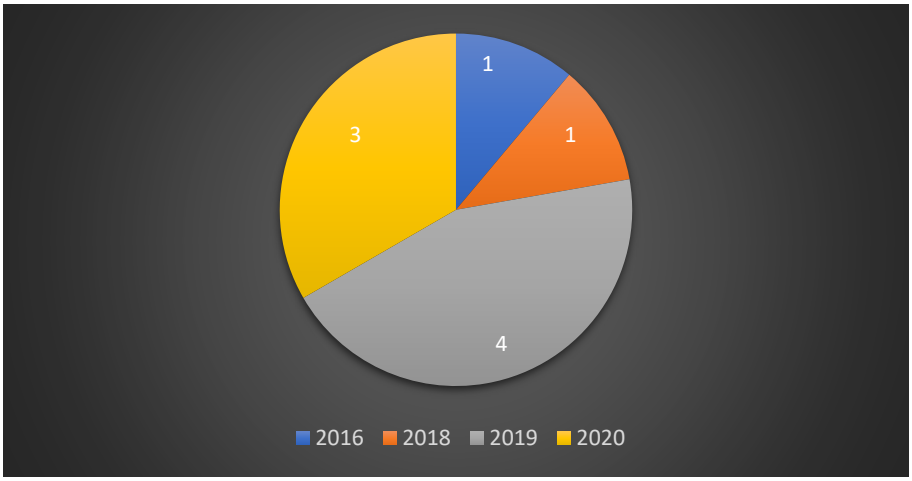
تحليل الدراسات المتعلقة بالموانئ الخضراء والاستدامة البيئية:

بناءً على استعراض الادبيات المشار اليها بالجدول رقم (1) التي ركزت عليها الدراسة تم استخلاص سبعة مؤشرات التي يجب على الميناء الاخضر اعتمادها لتحقيق الاستدامة البيئية طبقاً لمؤشرات الموانئ الخضراء (GPI). وهذه المؤشرات هي على النحو التالي : (ادارة تلوث الهواء، إدارة الأمن السيبراني فيما يتعلق بأمن الموانئ، إدارة الضوضاء والتلوث النفطي، إدارة تلوث المياه بالكائنات الخطرة، التكيف مع تغير المناخ، استخدام الطاقة المتجددة، إدارة النفايات) يوضح **الشكل (1)** عدد الدراسات التي تم تضمينها لكل موضوع فرعي. وفقا لذلك ، تمت دراسة مقالات عدد (6) حول إدارة تلوث الهواء GHG، و عدد (3) تناولت إدارة الأمن السيبراني المتعلق بأمن الموانئ، وهذا يشكل نصف جميع المقالات بنسبة 50% ، وعدد (2) مقالات تمت دراستها بالنسبة للموضوعات الفرعية الأخرى وهي (إدارة الضوضاء والتلوث النفطي، ادارة تلوث المياة بالكائنات الضارة البحرية ، التكيف مع تغير المناخ والاحتباس الحراري ، استخدام الطاقة المتجددة) وهذا يشكل 44٪ من جميع المقالات ، اما بالنسبة لأدارة النفايات تضمنت مقالة واحدة حيث تشكل نسبة 6% من جميع المقالات.



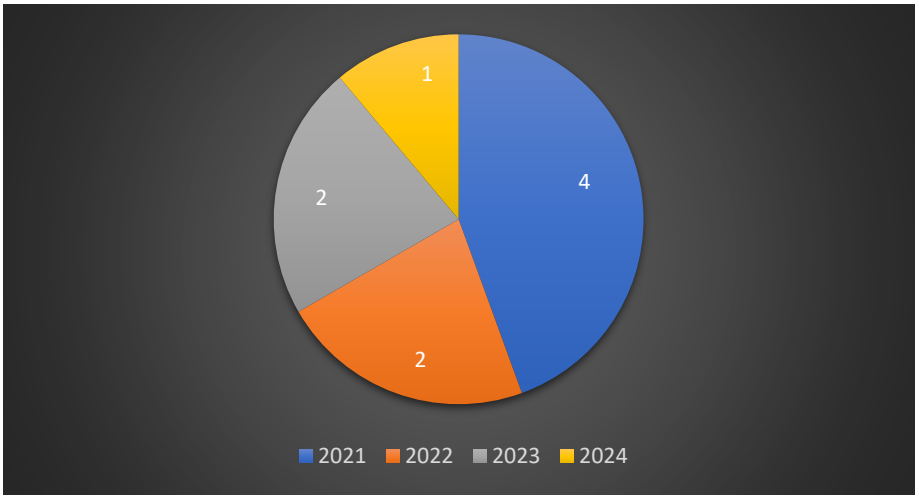
الشكل (1) عدد المقالات حسب الابعاد، المصدر ماتوصل الية الباحثان

إلى جانب ذلك ، تم تحديد توزيع الدراسات حسب السنوات ويظهر في **الشكل 2** والشكل **3**. وبناء على ذلك، في الشكل 2، تم عرض عدد الدراسات بين السنوات 2016–2020 سنويا حسب تاريخ النشر؛ في الشكل 3 ، بين عامي 2021–2024 تم عرضه.



الشكل (2) عدد المقالات حسب تاريخ النشر (بين السنوات 2016–2020) ، المصدر ماتوصل الية الباحثان

حتى عام 2021 ، تم تحديد 9 درسات متعلقة بالميناء الأخضر، وكما تمت مناقشة معظم الدرسات بين عامي 2019 – 2020 والتي تضمنت 7 درسات، وهذا يشكل ما يقارب من 39٪ من جميع السنوات التي تمت دراستها، اما بخصوص الجزء الثاني من الدراسات الممتد لغاية 2024 ، تمت مناقشة معظم درسات بين عامي 2021 – 2024 والتي تضمنت 9 درسات، وهذا يشكل ما يقارب من 44٪ من جميع السنوات التي تمت دراستها، تم البحث والاستكشاف من خلال المجلات الأكاديمية هي "أبحاث النقل البحري" و "البحث في أعمال النقل والإدارة البحرية" وبذلك تم استخلاص 7 متغيرات فرعية من جميع الدراسات، في الأجزاء التالية من هذه الدراسة ، تم تقييم المقالات تحت موضوعها الفرعي. وكما تم تقييم أهداف المقالات ومنهجياتها ونتائجها حسب موضوعاتها التالية وكما مبين ادناه .(إدارة تلوث الهواء GHG،إدارة الأمن السيبراني المتعلق بأمن الموانئ، إدارة الضوضاء والتلوث النفطي، ادارة تلوث المياة بالكائنات الضارة ، التكيف مع تغيير المناخ، استخدام الطاقة المتجددة، ادارة النفايات).



الشكل (3) عدد المقالات حسب تاريخ النشر (بين السنوات 2021–2024) ، المصدر ماتوصل الية الباحثان

الابعاد الرئيسية لتبني الاداء الاخضر في الموانئ :

من اجل الوصول الى ميناء اخضر بيئي ومستدام يتوجب على ادارة الموانئ ان تعمل جاهدة الى تبني افضل التجارب والطرق والاساليب التي تم تطبيقها في مختلف البيئات لأجل مساعدتها في بلوغ هذه الغاية. بالتالي وبناءً على استعراض وتحليل الدراسات التي ركزت عليها الدراسة الحالية، تم حصر اهم الابعاد التي من شأنها المساهمة بأنشاء موانئ خضراء تساهم بشكل فاعل في تحقيق الاستدامة البيئية. (Munim et al., 2020:5) (Sultan, W;Edan,A, 2024:171-172)وهذه الابعاد تتمثل بالأتي:

1. إدارة تلوث الهواء GHG- Greenhouse Gases

تؤدي الموانئ دوراً محورياً في التنمية الاقتصادية والاجتماعية للبلدان اذ تم نقل أكثر من 50% من السلع العالمية (من حيث الحجوم) للتجارة عبر الطرق البحرية. بالتالي، فهي تسهم بصورة فعالة في دعم اقتصاديات العديد من الدول لا سيما الدول النامية (Verschuur et al., 2020:6) واذ تشمل انبعاثات اللوجستية للنفط الخام، وكما تنبأت بها المنظمة الدولية البحرية (IMO) الناتجة عن النقل البحري، بما في ذلك الأنشطة اللوجستية، (GHG) وهي الغازات الدفيئة بمايقدرحوالي 796 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون، وازدادت الانبعاثات في عام 2020 ويمكن أن تزيد بنسبة 250% بحلول عام 2050 (Third IMO GHG Study 2014 Executive Summary and Final Report, 2015:35) وبالاضافة لذلك يكون للموانئ اليوم دوراً أكبر من مجرد التعامل مع البضائع على رصيف الميناء، وتمتد مصادر منافستهم ومدى نفوذهم عبر البحر، أيضا إلى عمق المناطق النائية، وتتشابك استراتيجياتها التشغيلية والإدارية مع أصحاب العلاقة على عدة مستويات وفي العديد من المجالات، من المحلي إلى العالمي ومن قطاع الأعمال إلى الحكومة. حيث إن، دور الميناء في سلسلة النقل لديه القدرة على تشكيل الأداء الاجتماعي والبيئي لأنظمة النقل الممتدة في جميع أنحاء العالم. في حين أن العديد من الموانئ تختارعدم التصرف بما يتجاوز الامتثال للوائح البيئية الحالية في مدينتها أو منطقتها

أو بلدها، فإنها في كثيرمن الحالات مارست إمكاناتها لمعالجة العوامل الخارجية الاجتماعية والبيئية. وفي حين، قدم بروتوكول كيوتو (الذي تم اعتماده في عام 1997 ودخل حيز التنفيذ في عام 2005) أهدافًا ملزمة قانونًا للانبعاثات، اذ لم يتم تضمين الطيران والشحن (Cullinane & Cullinane, 2013:377) ومع ذلك، قام الباحثون في السنوات الأخيرة بتحليل وقياس الانبعاثات الصادرة عن القطاع البحري، والتي قد تشكل خط أساس محتمل للأهداف المستقبلية، في حين، أن التركيز الأساسي لهذه الدراسة هو على منظور الموانئ، فإن الاهتمام بالانبعاثات في القطاع البحري ركز في معظمه على ما تنتجة السفن أثناء وجودها في البحر او الميناء. وكذلك، يمكن تقسيم هذه الانبعاثات على نطاق واسع إلى انبعاثات غازات الدفيئة (GHG) التي تؤثر على تغير المناخ وتلوث الهواء المحلي، ولما تطلقة من ملوثان في المقام الأول أكاسيد الكبريت (SOx) وأكاسيد النيتروجين (NOx) والمواد الجسيمية (PM). تعد الملوثات المحلية قضية أكثر إلحاحًا في المناطق الساحلية بسبب تأثيرها على صحة الإنسان.

وتعتبر منظمة الصحة العالمية أن تلوث الهواء يمثل خطرا بيئيا كبيرا على الصحة، حيث تقدر أنه يؤدي إلى وفاة ثلاثة ملايين شخص سنويا (Imo, 2018:1). ويساهم الشحن بقدر كبير في هذه المخاطر، خاصة في المناطق الساحلية. (Bergqvist & Monios, 2019:3)

وتكون التأثيرات البيئية للموانئ مباشرة، أي أنها تحدث في منطقة الميناء، أو غير مباشرة نتيجة لتحركات السفن أو استخدام أنواع أخرى من المركبات في سلسلة النقل متعدد الوسائط، وبالتالي يمكن تقسيم التأثير البيئي للموانئ إلى ثلاث فئات فرعية :

أ. المشاكل الناجمة عن نشاط الميناء نفسه.

ب. المشاكل الناتجة من السفن اثناء رسوها في الميناء او البحر.

ج. الانبعاثات الصادرة عن سلاسل النقل متعدد الوسائط التي تخدم المناطق النائية بالميناء.

(Oniszczuk-Jastrząbek et al., 2018:3-4)

واكدت الكثير من الدراسات ومنها دراسة (Sayed Abdel Aziz et al., 2019:4) بأن الموانئ الخضراء تلعب دورا رئيسيا في تحقيق أهداف تقليل الانبعاثات الملوثة للبيئة، كما يمكن أن تساهم في رفع الأداء التشغيلي والاقتصادي، وتحسين القدرة التنافسية للموانئ، ويختلف مستوى تحويل الموانئ إلى موانئ خضراء من دولة إلى أخرى. من بلد إلى آخر، ومن ميناء إلى ميناء، إذ أن هناك أسبابا كثيرة لذلك. التفاوتات مثل وظائف الميناء وجغرافيته، والأنظمة الاقتصادية والسياسية للبلاد، و وظائف الميناء التي تشمل البنية التحتية للميناء وإدارته، والمباني والمعدات والمستودعات والعمالة وغيرها من الأنشطة الإضافية، والميناء الأخضر، (Tseng & Pilcher, 2019:2)

المعروف أيضاً باسم الميناء البيئي يمثل نموذجا للتنمية المستدامة للموانئ التي لا تلبي متطلبات البيئة. ولا يقتصر الأمر على تلبية وزيادة الكفاءة الاقتصادية للميناء وهناك مجموعة من المحددات التي تناولها البحث حول تقييم الأثر البيئي، ومعدل الانبعاثات الضارة، ومدى الالتزام بالمتطلبات البيئية، ويتم ذلك عند تقييم عملية التحول إلى ميناء أخضر . يبين البحث العديد من الدلالات على إدارة الموانئ، حيث يتم أخذ جميع الأولويات بعين الاعتبار، والممارسات التي تركز عليها سلطات الموانئ في عمليات الموانئ مثل حركة البضائع، وتحسين استخدام المعدات، وتسريع وقت تحميل وتفريغ السفن، وإدارة الأنظمة، ومراعاتها عند التحول إلى نظام الموانئ

الخضراء، بالإضافة إلى أن البحث يحتوي على الإجراءات والأساليب المستخدمة في عملية تحويل الموانئ الرمادية إلى موانئ خضراء. (Elfarsi et al., 2022:2).

كما تبنت دراسة اخرى تحديد تصميم لوجستيات النفط الخام للناقلات النفط عبر الموانئ النفطية من خلال تطبيق مفهوم اللوجستيات الخضراء وتنفيذ النهج اللوجستي الأخضر لآختيار وقود الأسطول بطرق لوجستية أفضل استدامة للبيئة. (Atmayudha, et al. , 2021:2).

2. إدارة الأمن السيبراني المتعلق بأمن الموانئ

تواجه الموانئ تهديدات متزايدة التعقيد، التي تمثل مصدر قلق كبير لآدارة أمن الموانئ، بالتالي من الامور البالغة الاهمية التي يجب أخذها في الاعتبار هي عمليات أمن الموانئ والتدريب، والسفن والموانئ المعرضة للتهديدات السيبرانية والمادية الهجينة في شكل أعمال تخريبية وانتحال ملاحي مثل اختراق نظام عرض الخرائط الإلكترونية والمعلومات والبيانات لإرسال السفن في الاتجاه الخاطئ او ضرب العمليات داخل الميناء ممايؤدي الى عرقلة سير العمليات وبالتالي التأثير على الانشطة المتعلقة بالشحن والتفريغ.(Adams et al, 2021:206) لذا يتطلب العمل على وضع خطط وتدابير شاملة التي يتعين على الموانئ تبنيها للحماية من التهديدات المتنوعة. ويشمل ذلك استراتيجيات الأمن المادي والمرونة السيبرانية ودمج كليهما لمكافحة التهديدات

الهجينة. اي بمعنى ان (التهديدات الهجينة هي تلك التي تجمع بين الأساليب التقليدية والإلكترونية لاستهداف الأنظمة والبنى التحتية لتحقيق أهداف تخريبية أو تجسسية) والهدف، هو ضمان سلامة وتشغيل مرافق الموانئ دون انقطاع من خلال تنفيذ بروتوكولات أمنية متقدمة وحلول تكنولوجية وجهود تعاونية مشتركة. (Kazimierz & Dariusz, 2019:2) ، وتؤكد التوجيهات على إدارة المخاطر الاستباقية والتكيف المستمر مع التهديدات الناشئة. وأفادت الدراسة ايضاً بالتأكيد على إضافة الأصول

الرقمية إلى قوائم المراجعة الأمنية لمرافق الميناء واعتبارها جزءاً من عملية تقييم ISPS، ولا سيما أنظمة تكنولوجيا المعلومات (الأجهزة، تطبيقات البرامج)، والأجهزة المتخصصة لتكنولوجيا المعلومات، والمعلومات والبيانات. (Adams et al., 2021:197)

وبذلك يمكنها تطبيق أفضل ممارسات DTTAS وسيناريوهات التهديد التي نظرت فيهاENISA في مشروع SAURON ، التي تضيف الحوادث الأمنية المتوقعة بشكل مفيد إلى قوائم التحقق من تهديدات مرافق الميناء واعتبارها جزءاً من عملية تقييم ISPS، والتي تمكنها من إجراء التدريب الحالي للمشغلين في مجال الأمن المادي والأمن السيبراني وبشكل منفصل لضمان تدريب متعدد التخصصات على "التهديدات الهجينة". (Imo, 2018:1) وبذلك، تكون خطط الأمن السيبراني للموانئ ليست موحدة وهناك خطر من احتمال وجود تناقضات أوثغرات قد تسبب تحديات كبيرة، إذا تم شن هجمات أمنية إلكترونية ومادية مشتركة ضد الموانئ، لذا يتطلب الامر مراجعة خطط أمن الموانئ للتأكد من أنها تأخذ في الاعتبار إمكانية وقوع هجمات إلكترونية ومادية هجينة، ولمكافحة التهديد الأمني السيبراني المادي الهجين، تحتاج الموانئ والبنى التحتية الحيوية الأخرى إلى تطوير أنظمة أمنية تربط بين المجالين ويمكنها تقييم الآثار المترتبة على هذه التأثيرات المتتالية المترابطة، وايضاً يتطلب مكافحة هجوم سيبراني مادي هجين معقد وضع خطط وإجراءات واضحة يمكن ممارستها ويسهل استخدامها في موقف سريع التغير، لذا تنطبق منهجية SAURON على موانئ الاتحاد الأوروبي ويمكن اعتمادها لتعزيزاستعدادها للاستجابة للتهديد المادي السيبراني الهجين المتقدم(Adams et al., 2021:202)

وكما ينص ISPS الجزء(15,11 B) على ان PFSA يجب أن تأخذ في الاعتبار جميع التهديدات الامنية محتملة الوقوع ، والتي قد تشمل الأنواع التالية من الحوادث الأمنية :

أ. الإضرار أو تدمير مرافق الميناء أو السفينة، مثال على ذلك عن طريق الأجهزة القابلة للانفجار أوالحرق المتعمد أو التخريب.

ب. اختطاف أو الاستيلاء على السفينة أو الأشخاص الموجودين عليها.

ج. العبث بالبضائع أو المعدات أو الأنظمة الأساسية للسفينة أو مخازن السفينة.

د. الوصول أو الاستخدام غير المصرح به بما في ذلك وجود مسافرين خلسة.

هـ. تهريب الأسلحة أو المعدات، بما في ذلك أسلحة الدمار الشامل

و. استخدام السفينة لنقل الأشخاص الذين يعتزمون التسبب في حادث أمني ومعداتهم.

ز. استخدام السفينة نفسها كسلاح أو كوسيلة لإحداث الضرر أو التدمير.

ح. الانسداد. مداخل الموانئ والأقفال والمداخل وما إلى ذلك.

ط. الهجوم النووي والبيولوجي والكيميائي. .

فيما إشارت دراسة أخرى الى إن تطبيق مدونة إدارة السلامة الدولية (ISM) في مدونة أمن السفن والموانئ الدولية (ISPS) يعزز الأمن البحري بشكل عام من خلال تعزيز ثقافة السلامة داخل شركات الشحن. تتطلب مدونة إدارة السلامة الدولية من الشركات إنشاء أنظمة إدارة السلامة (SMS)، والتي تتضمن بروتوكولات للعمليات الآمنة وخطط الطوارئ. يضمن دمج بروتوكولات السلامة هذه في إطار مدونة أمن السفن والمرافق المينائية الدولية إدارة تدابير الأمن بشكل منهجي وتوثيقها ومراجعتها بانتظام، مما يؤدي إلى تحسين الامتثال والاستعداد والاستجابة للتهديدات الأمنية. يعزز هذا التكامل نهجًا شاملاً للسلامة والأمن في العمليات البحرية (Simanjuntak et al., 2021:8).

3. إدارة الضوضاء والتلوث النفطي

تسعى الموانئ وبشكل حثيث للحد من ومعالجة التلوث النفطي والضوضائي ، الذي ينتج غالبًا عن الانسكابات والحوادث، ويأثر بشكل كبير على الحياة البحرية والنظم البيئية وصحة الإنسان، ويؤدي كذلك إلى تدهور بيئي طويل الأمد وخسائر

اقتصادية، وخاصة في المجتمعات الساحلية.(W. Hua et al., 2023:149)وكما يؤثر التلوث الضوضائي، الناتج في المقام الأول عن المنشأت الصناعية البحرية والنقل، على صحة الإنسان والحياة، ويمكن أن يسبب فقدان السمع والتوتر وتعطيل التواصل بين الأطراف المشتركة في العمل (Chahouri et al., 2022:2) .

حيث تبنت المنظمة البحرية الدولية IMO من خلال اتفاقية ماربول تقديم لوائح لمنع التلوث الناجم عن المواد الكيميائية النفطية وغيرها من المواد الخطرة، ومعالجتها، والحد منها، وفيما يتعلق بمايلي (استخدام الدهانات الضارة، والحد من الانبعاثات من السفن وعمليات الموانئ وفقاً ل (Roh et al., 2016:107). وكما تعد الحوادث البحرية وتسربات النفط والتلوث الضوضائي من بين المخاوف البيئية الرئيسية البالغة الأهمية في البحر. (Bergqvist & Monios, 2019b:2) ، وفقًا لوكالة الشحن البحري الأوروبية فأن هناك (3296) حادثًا من اصل (3669) حادث للسفن في عام واحد فقط، مع فقدان 36 سفينة ومقتل 115 شخصًا، وايضاً هناك اكثر من (278) من هذه الحوادث أدت إلى تلوث المياه بسبب تسرب وقود السفن والزيوت ومواد التشحيم المتبقية، والذي يعزى إلى خطأ بشري في 62٪ من الحالات. لذا، فإن إدخال سياسة الموانئ الخضراء سيساعد على ضمان تشغيل الموانئ على المدى الطويل مع تقليل التأثير البيئي أيضاً. ويعتبر الميناء الأخضر ميناء مستدام وصديق للبيئة ويلبي كافة الشروط والمتطلبات البيئية المستدامة (Satir & Dogan- Saglamtimur, 2018:121)، اذ يتم تنفيذ سياسة الميناء الأخضر لحماية الحياة البحرية وتقليل التلوث والحفاظ على الميناء نظيفاً وآمناً لمستخدمي الميناء. على سبيل المثال، قام ميناء (لونج بيتش) بتنفيذ سياسة الميناء الأخضر منذ عام 2005 ، والتي تراقب جميع جوانب البيئة. حيث تعتبر إحدى القضايا البيئية الرئيسية التي يعالجها الميناء هي الحد من التلوث في مبانيه، وقد قام الميناء بتمويل التقنيات التي تمكن سفن الشحن الكبيرة من إيقاف تشغيل محركات الديزل الخاصة

بها أثناء الرسو، كما أدخل زوارق قطر هجينة تعمل بالديزل والكهرباء في الميناء لتقليل الانبعاثات والاسنكابات النفطية. (Qardash, 2023:3)

وتعد هذه المبادرات بمثابة مثال للموانئ الأخرى في جميع أنحاء العالم وتساهم في توفير مياه أنظف في منطقة لونج بيتش. بالإضافة إلى ذلك، وكما يركز الميناء الآن على تقليل انبعاثات الغازات الضارة والحد من التلوث على مدار الستين عاماً القادمة كجزء من جهوده للتخفيف من تأثيرات تغير المناخ العالمي. ونتيجة لذلك، في حفل توزيع جوائز الشحن وسلسلة التوريد الآسيوية الثاني والثلاثين الذي أقيم فيشنغهاي في عام 2018 ، تم الاعتراف بميناء لونج بيتش باعتباره "أفضل ميناء بحري أخضر" في العالم لمؤشرات GPI الخاصة به. وكانت هذه الجائزة المرموقة نتيجة لاستطلاع سنوي شمل آلاف المهنيين في صناعة نقل البضائع الذين أقروا بسياسة الميناء(Jalil & Salleh, 2023:268)

4. تلوث المياة بالكائنات الضارة البحرية

هناك قضية حاسمة أخرى استغرق حلها عقودًا وهي مياه الموازنة في السفن وتسمى مياه (الصابورة)، اذ يمكن أن تنتقل الكائنات الحية الدقيقة حول العالم في مياه الصابورة، مما يؤدي إلى وقوع أضرار جسيمة للأنواع المحلية واندثار البيئة البحرية (Matej,D, 2015: 65)، وكما بينت اتفاقية إدارة مياه الصابورة للمنظمة البحرية الدوليةBWM Convention ، والتي دخلت حيز التنفيذ بعد 13عامًا من التصديق عليها، حيث تعتبر انعكاس لتحديات الإدارة البيئية العالمية، اذ استغرقت عقودًا من العمل من قبل العديد من المنظمات. أخيرًا، يؤكد المفهوم على السيطرة على الجشع في استخراج الموارد البيئية النادرة وكذلك وضع لوائح لمنع اطلاق مياة الموازنة للسفن (الصابورة) داخل المياة الإقليمية للبلدان الأخرى، وانما يجب معالجة المياة واطلاقة قبل مايعادل (12) ميل بحري لآي ميناء ساحلي.

(Mohamed & Salah Eldine, 2020:2) وهنا تكمن المشاكل الصعبة بالإشارة للموانئ البحرية في تطبيق خطط عمل لا تلبي احتياجات الموانئ الحالية فحسب، بل

أيضًا احتياجات المستقبل. ويجب أن تحافظ الموانئ البحرية أيضًا على توازن توسع الشركات مع تقليل التأثيرات البيئية. اذ يجب إنشاء خطة استراتيجية بطريقة تقلل من التأثير البيئي. لذا سوف تندلع معركة جديدة بين الموانئ البحرية وأصحاب المصلحة وأصحاب السفن. إنهم بحاجة إلى التوصل إلى نهج جديد لتطوير أعمال الموانئ على المدى الطويل. وكذلك، هناك العديد من هذه الحوادث أدت إلى تلوث المياه من خلال إطلاق وقود السفن والزيوت ومواد التشحيم المتبقية الأخرى. وكذلك مياه الموازنة (Balanc water of ship) التي يمكن من خلالها نقل كائنات حية دقيقة من جميع أنحاء العالم في مياه الموازنة الى مياه الساحلية للبلدان الاخرى والنتيجة هي دمار شديد للثروة السمكية نتيجة لمياه الموازنة (Lymperopoulou & Dobbs, 2017:1).ويتعين ايضاً على السفن إدارة ومعالجة مياه الصابورة لمنع انتشار الاحياء المائية الضارة، ويلزم حصول المنظمات التي تستخدم المواد الفعالة على موافقة المنظمة الدولية البحرية (IMO) وفقًا للمبادئ التوجيهية التي تضمن السلامة وحماية البيئة. (BWM Convention, 2017 :30) . فيما، اشارت دراسة اخرى للترويج لهياكل الموانئ الخضراء (أي البنية التحتية الخضراء في الموانئ والمرافئ) التي تضم موائل للكائنات البحرية في اليابان كجزء من سياسة شاملة للحد من التأثير البيئي للموانئ وتنفيذها للحفاظ على الموائل وترميمها وإنشائها، من خلال تقييم خدمات النظام البيئي التي توفرها هياكل الموانئ الخضراء في خليجين شديدي التحضر (خليج طوكيو وخليج أوساكا) في اليابان. حيث اظهرت النتائج أن توفير بعض خدمات النظام البيئي يمكن أن يكون محدوداً بسبب الظروف الخاصة بالموانئ والمناطق الأخرى ذات الوصول المحدود. غالباً ما تكون هياكل الموانئ الخضراء في الخلجان شديدة التحضر خاضعة لقيود الاستخدام، ولكن قربها من أعداد كبيرة من السكان يعني أنها تستطيع ذلك من المحتمل أن توفر العديد من خدمات النظام البيئي. ومع ذلك، تظهر الدراسة بشدة أن أهداف الإدارة المناسبة، مثل حماية الأنواع والموائل

الصحية، ضرورية للحفاظ على قيمة هذه الخدمات في الخلجان والثروة السمكية للدول. (Okada et al., 2021:1-4)

5. التكيف مع تغير المناخ

برز تغير المناخ والاحتباس الحراري كتحديات ملحة في عصرنا هذا، مع عواقب بعيدة المدى على البيئة والمجتمعات والاقتصادات في جميع أنحاء العالم. اذ تناولت العديد من الدراسات البحثية الأبعاد المتعددة الأوجه لهذه القضايا والمتعلقة بتطبيق مؤشرات الموانئ الخضراء، وتدرس آثارها، وأسبابها وسلطت الكثير من الدراسات الضوء على الحاجة الملحة لجهود شاملة وتعاونية على نطاق عالمي لمواجهة هذه التحديات بشكل فعال من خلال تحليل متعمق للتأثيرات البيئية والإيكولوجية والمجتمعية (Kinzler et al, 2023:1)

وفي هذا السياق اطلقت (الأمم المتحدة) عن 17 هدف تتبنى من خلالها التنمية المستدامة(SDGs) المقرر تحقيقها بحلول عام 2030، مع تحديد 169 هدفًا للحد من الاضطراب الناجمة عن مشاكل الاستدامة هذه.(The Sustainable Development Goals Report, 2024:8-42) . فيما تؤكد، بعض الدراسات على أهمية فهم ومعالجة تغير المناخ. علاوة على ذلك، فإنها تستكشف أسباب تغير المناخ، مع التركيز في المقام الأول على انبعاثات غازات الدفيئة، وإزالة الغابات، والأنشطة الصناعية وكذلك بينت مجموعة من استراتيجيات التخفيف، بما في ذلك الانتقال إلى استخدام الطاقة المتجددة، وتحسين كفاءة الطاقة، وتقنيات احتجاز الكربون، ومبادرات إعادة التشجير، والتخطيط الحضري المستدام.

بالإضافة إلى ذلك، تتم مناقشة تدابير وقائية للتكيف مثل البنية التحتية لمقاومة المناخ، والممارسات المحسنة الزراعية ، والسياسات المستنيرة، وإشراك المجتمع المحلي بالتفصيل. واكدت الدراسات على التأكيد على الدور الحاسم للتعاون العالمي والعمل الفوري في التخفيف من آثار تغير المناخ والتكيف معها.جذرية، والاستراتيجيات المستخدمة للتخفيف من آثارها والتكيف معها.وكما، يشكل التلوث في

(البحر والهواء)، من انبعاثات غازات دفيئة، وتدهور البنية التحتية، واستنزاف الموارد، وفقدان التنوع البيولوجي، والحوادث البحرية، والانسكبات النفطية، ومياه الصابورة، وكما بينت الدراسة إن البلدان النامية، نظرا لرغبتها في النمو، تهتم عموما بالأبعاد الاقتصادية للتنمية المستدامة بدلا من أبعادها الاجتماعية والبيئية، وتعني هذه الأهمية أنه في مجال النقل البحري، يتم إعطاء أولوية أعلى لربط الشحن والوصول إلى الأسواق والمشاركة في سلاسل القيمة وتطوير البنية التحتية بدلا من التحكم في التلوث(Mollaoglu et al., 2024:8312) ، وكما تبنت الكثير من الدراسات السابقة العمل على تحسين الأداء الأخضر وتقييم آثار الآليات البيئية الخضراء على المشاريع اللوجستية في الموانئ عبر تنفيذ المحاور المتعلقة بالميناء الأخضر (Sayed Abdel Aziz et al., 2019:1)

6. استخدام الطاقة المتجددة

يعتبر تصميم نظام إدارة الطاقة للموانئ الخضراء امر بالغ الأهمية لما له من دور فعال وكفوء من خلال العمل على الانتقال الى استخدام مصادر الطاقة المتجددة في الموانئ مثل استخدام وحدات بحرية تعمل بالكهرباء و توفير محطات بحرية لنقل وتوفيرالطاقة الكهربائية في الميناء،الخ ، وكما سيتم توضيحها بصورة تفصيلية ادناه (Esteves et al, 2022:2)

أ-أنظمة الطاقة الذكية والنظيفة في الموانئ يتكون مما يلي:-

1. نظام الطاقة

ويتكون نظام الطاقة مما يلي : -

أ. الكهرباء: غالبا ما تعمل معدات مناولة البضائع الرئيسية (CHE) مثل الرافعات بالكهرباء ، لكنها لا تزال مصدرا رئيسيا للانبعاثات. تتجه المنافذ نحو المعدات التي تعمل بالبطاريات لتحسين كفاءة الطاقة وتقليل الانبعاثات.

ب. التهجين: تعمل الأنظمة الهجينة التي دمجت بين الطاقة الكهربائية والتقليدية (مثال على ذلك ، الأنظمة الهجينة التي تعمل بالديزل والكهرباء) على توفير

الطاقة وتقليل انبعاثات غازات دفيئة عن طريق التقاط طاقة الكبح المتجددة. (Alamoush et al., 2021:5)

2. أنظمة تخزين الطاقة(ESSs)

لقد حظي تطبيق أنظمة تخزين الطاقة (ESSs) باعتبارها طريقة التحسين الرئيسية لإنتاج واستهلاك الكهرباء باهتمام كبير بسبب دورها في خفض انبعاثات غازات الدفيئة إلى جانب تكاليف الطاقة. علاوة على ذلك، تقوم أنظمة تخزين الطاقة (ESSs) بواسطة ESS مثل البطاريات والحذافات flywheels بمعنى (الدولاب الدوار) بتخزين الطاقة من إجراءات الرفع والكبح ، مما يقلل من استهلاك الوقود بنسبة تصل إلى 50٪. (Song et al., 2024:1-2)

3. الطاقة المتجددة في الموانئ

تستخدم الموانئ بشكل متزايد الطاقة المتجددة (الرياح والطاقة الشمسية) لتشغيل العمليات ، مما يؤدي إلى توفير كبير في الطاقة وتقليل انبعاثاتCO_2 ، (Zhang et al., 2024:4) وكما يعد الكهرباء والتهجين وتكامل الطاقة المتجددة استراتيجيات رئيسية لجعل عمليات الموانئ أكثر كفاءة في استخدام الطاقة وصديقة للبيئة (Buonomano et al., 2024:2)

4. الاستراتيجيات الفعالة لاستخدام الطاقة / الوقود تتكون مما يلي :-

- أنظمة الإرساء الآلي: تقليل استهلاك الطاقة عن طريق استخدام تقنية التفريغ لإرساء السفن، وتقليل الطلب على الطاقة من السفن أثناء الرسو(Kim et al., 2014:360).
- محركات التشغيل والإيقاف: يمكن أن يؤدي تطبيق تقنية التشغيل والإيقاف في المعدات التي تعمل بالديزل إلى تقليل استهلاك الوقود بنسبة 15-10% .
- إدارة الطاقة التفاعلية: يمكن أن يؤدي استخدام الطاقة التفاعلية من المعدات الكهربائية إلى تعزيز كفاءة الطاقة في عمليات الموانئ (Green Efforts Green, 2014:2)

- احتجاز الكربون وتخزينه: التنفيذ المستقبلي لاحتجاز الكربون وتخزينه (CCS) يمكن أن يقلل بشكل كبير من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في عمليات الموانئ (Ma, J.et al., 2022) .

ميناء روتردام: يستخدم المبادلات الحرارية ومعالجة المياه ومنشآت تفريغ الغاز لتوفير الطاقة والحرارة (van Nieuwkerk et al, 2020)

- كفاءة الإضاءة: تمثل الإضاءة 5-3% من استهلاك طاقة الميناء. يمكن أن يؤدي التحول إلى مصابيح LED وتحسين تصميمات الإضاءة إلى توفير طاقة وتكاليف كبيرة. على سبيل المثل، وفرت محطة ECT Delta في (هولندا) أكثر من 300,000 يورو من خلال هذه التحسينات(Iris & Lam, 2019)
- أنظمة الطاقة الذكية: تُظهر الموانئ في منطقة البحر الأبيض المتوسط تكامل أنظمة الطاقة الذكية لتعزيز الطاقة, وكفائتها من خلال إدارة الأنشطة ولتقليل انبعاثات الكربون(Buiza et al., 2016)
- مشروع SEA TERMINALS: يركز على دمج الوقود البديل والطاقة المتجددة مع الإدارة الذكية للطاقة لتقليل انبعاثات الغازات الدفيئة واستهلاك الطاقة. وقد تم اختبار هذا النهج بنجاح في موانئ مثل فالنسيا وليفورنو، مما أظهر فوائد بيئية كبيرة .(Hoang et al., 2022)

ب . أنظمة دفع السفن الحالية يتكون مما يلي:-

تستخدم محطات توليد الطاقة بالديزل على نطاق واسع في تطبيقات الطاقة الثابتة والمتنقلة بدءًا من حالات الطوارئ محطات توليد الطاقة، والمحطات الاحتياطية، ومحطات توليد الطاقة القصوى، وتتكون العناصر الرئيسية الداخلية من محرك احتراق ومولد كهربائي لتوليد الطاقة. وتعتبرالتحديات الرئيسية التي تواجه طاقة الديزل توليد انبعاثات غازات الدفيئة العالية، وارتفاع تكلفة الطاقة وارتفاع تكلفة الوقود.(Barasa Kabeyi & Olanrewaju, 2023:2) وبذلك تم تحديد الهدف الرئيسي هنا وهو إزالة الكربون: والتحول نحو أنواع وقود بديلة أنظف لتقليل الاعتماد

على الوقود الأحفوري وخفض انبعاثات الكربون وايضاً تشمل تحسين الأداء المطبق من خلال استخدام الشحن الفائق، والشحن التوربيني، وتحويل الوقود المزدوج، واستخدام مصادر الوقود المتجددة بدلاً من الوقود الأحفوري مثل الغاز الحيوي والميثان الحيوي والوقود الحيوي والغاز الطبيعي (Ampah et al., 2021:22) . والتي سيتم توضيحها كمايلي ادناه:

1. أنواع الوقود البديل المستخدم في السفن :-

أ. زيت الوقود الثقيل (HFO): يستخدم على نطاق واسع ولكنه يحتوي على نسب مرتفعة من الكبريت بما يقارب (2.5٪) ، التحول إلى الوقود الذي يشمل نسب اقل انخفاض من الكبريت (مثل الديزل البحري) وبدورة يقلل من الانبعاثات الغازات الدفيئة ((Pei et al.,2021:3-4)

ب. الغاز الطبيعي المسال (LNG): أنظف من زيت الوقود الثقيل ، ينبعث منه 20-30% أقل من ثاني أكسيد الكربون وتشمل التحديات انزلاق الميثان وقيود البنية التحتية ((Balcombe et al., 2021)

ج.الوقود الحيوي: يصدر انبعاثات CO_2 أقل من الوقود الأحفوري، الإيثانول الحيوي والديزل الحيوي تعتبر من الوقود الواعدة بسبب توافرهما وسهولة التعامل معهما وانخفاض الانبعاثات (Sagin et al., 2024)

د. الميثانول: ينبعث منه ثاني أكسيد الكربون أقل مقارنة بزيت الوقود الثقيل وزيت الغاز البحري ، مع 13 سفينة تعمل بالميثانول تعمل في جميع أنحاء العالم ((Oloruntobi et al., 2023:7)

هـ.الهيدروجين: صفر انبعاثات CO2 أثناء الاحتراق ؛ مناسبة للمحركات ذات الوقود المزدوج ولكنها تواجه تحديات مثل التخزين والبنية التحتية (Hosseini et al., 2023:1)

و. الأمونيا: وقود غير كربوني ذو إمكانات عالية كحامل للهيدروجين، يوفر كثافة طاقة أعلى ومعالجة مبسطة مقارنة بالهيدروجين ، وفي ضوء الأهداف المتغيرة

التي حددتها المنظمة البحرية الدولية (IMO) ينظر القطاع البحري ،بدراسة مصادر الطاقة المتجددة وتبحث جدوى إنتاج الهيدروجين الأخضر واستخدامه الأمونيا كوقود بحري ، من وجهة نظر الأنظمة الاقتصادية والقانونية، فأن تأثير لوائح الانبعاثات على القطاع البحري وقد تم أخذ تحديات جلب الأمونيا على متن السفن في الاعتبار. وأخيرًا، تم تقديم مبررًا تقنيًا لاستخدام خلايا وقود الأكسيد الصلب لتعزيز كفاءة تحويل الطاقة. (Ma et al., 2022)

ز. غاز البترول المسال (LPG): يقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنسبة 10-20٪ ، جذب الانتباه منذ ولاية المنظمة البحرية الدولية لعام 2020 (Hosseini et al., 2023:2)

2.احتجاز الكربون وتخزينه (CCS)

تعمل التكنولوجيا حاليا على التقاط CO2 من انبعاثات السفن باستخدام الامتصاص أو الامتزاز أو فصل الغشاء ؛ يمكن نقل CO2 المخزن إلى مواقع معينة يمكن الترويج لتطبيق تكنولوجيا احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه بشكل نشط على متن السفن، اذ ستكون ذات أهمية كبيرة للحفاظ على الطاقة في صناعة النقل البحري وخفض الانبعاثات. (W. Hua et al., 2023b)

مصادر الطاقة البديلة وتتكون مما يلي : -

أ. الرياح: تشمل دوارات Flettner

بالإمكان تسخير تطبيق طاقة الرياح للسفن، اذ تعتبر دوارات فليتنر بمثابة تقنية دفع نظيفة للسفن التجارية نقدمها كدراسة حالة مثال إحدى سفن نقل البضائع السائبة العاملة بين ميناء دمياط في مصر وميناء دونكيرك في فرنسا يمكن أن تقلل من استهلاك الوقود بنسبة 10-60 ٪ ، وبذلك سيكون متوسط الطاقة الناتجة الصافية لكل دوار 384 كيلووات/ساعة. اقتصاديا، بينما كشفت النتائج أن استخدام دوارات فليتنر سيساهم في توفير كبير يصل إلى 22,28% من وقود السفينة السنوي واكثر .

(Seddiek & Ammar, 2021:1)

ب. الطاقة الشمسية: يمكن لأنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية العمل بنظام توليد الطاقة الكهروضوئية المثبت على متن السفن هو نظام هجين مستقل ، مثال على ذلك (حاملة السيارات) التي تعمل بالطاقة الشمسية "Tengfei" عابرة للمحيطات وهي أول سفينة في الصين تستخدم الطاقة الكهروضوئية (car carrier – "Tengfei" (COSCO) الكبيرة العابرة للمحيطات تؤخذ كمثال للوصف عمل السفن بنظام الطاقة الشمسية/مولد الديزل/البطارية الهجين. (Pan et al., 2021:6-8)

ج.خلايا الوقود: تحويل الطاقة الكيميائية مباشرة إلى طاقة كهربائية، وبالتالي حذف الطريق غير المباشر عبر الطاقة الحرارية في محركات الاحتراق مما يقلل غياب الاحتراق الموسع وارتفاع درجة الحرارة وتشكيل أكاسيد النيتروجين والضوضاء والاهتزازات، في حين لا يزال من الممكن تحقيق كفاءات عالية، وبذلك يتحقق تمامًا مثل البطاريات، تعتبر خلايا الوقود ذات طبيعة معيارية الأداء الجوهري للخلية الواحدة لا يختلف عن الخلية الكبيرة ، تقدم كفاءة عالية وانبعاثات منخفضة ولكنها محدودة في إنتاج الطاقة للسفن الكبيرة (van Biert et al., 2016:346)

الدفع الكهربائي: تستخدم بطاريات قابلة لإعادة الشحن في السفن التي تعمل بالطاقة الكهربائية فقط، وتعتبر واعدة للعبارات والسفن الصغيرة وقاطرات السفن وكما معمول بها في ميناء روتردام هولندا الساحبة Hybrid TUG RT Adrian . (Jeong et al., 2022:3-5)

7. ادارة النفايات

تشتمل ادارة النفايات في الموانئ والسفن على عده أساليب استراتيجية لتقليل الاثر البيئية ويعزز الكفاءة التشغيلية. ويشمل ذلك أنظمة فعالة لإدارة المخلفات، وتدابير مكافحة التلوث، والممارسات المستدامة التي يمكن تحقيقها والوصول اليها من خلال العمل على مايلي :

أ.الحد من المخلفات في الموانئ

1. التعامل مع المخلفات الصلبة: تنفذ الموانئ برامج الفصل وإعادة التدوير للمواد مثل البلاستيك والمعادن والورق، مع مرافق للتخلص الآمن من المخلفات الخطرة (مثل المواد الكيميائية والزيوت)(Argüello, 2020:2-3)
2. معالجة مياه الصرف: تقوم محطات المعالجة المتقدمة بإدارة المياه العادمة والجارية، مما يمنع تلوث المياه ويضمن الامتثال التنظيمي. (Argüello, 2020)

ب. مكافحة التلوث

1. تقليل الانبعاثات: إن كهربة معدات الموانئ واستخدام الوقود منخفض الكبريت يقلل من تلوث الهواء. تسمح طاقة الشاطئ للسفن بإيقاف تشغيل المحركات أثناء الرسو، مما يقلل الانبعاثات بشكل كبير. (Barberi et al., 2021)
2. إدارة مياه الصابورة: تعالج التقنيات مياه الصابورة لمنع انتشار الأنواع الخطيرة من الاحياء البحرية، وحماية البيئية البحرية من التلوث.(Gjonaj & Ndoj, 2023:1)

ج. الممارسات المستدامة في السفن

1. تصميم السفينة الخضراء: تتضمن التعاقد على بناء السفن الحديثة ذات ميزات ادارة المخلفات، مثل المكائن الفعالة، وأنظمة استعادة الحرارة المفقودة، وتصميمات الهيكل الموفرة للوقود (Huang et al., 2022)
2. إدارة المخلفات على متن السفينة : تشمل نظم معالجة المخلفات وتقليلها إلى أدنى حد أجهزة هضم نفايات الطعام، وضواغط النفايات الصلبة، وأنظمة معالجة مياه الصرف الصحي(Shrivastava et al., 2022)

د. إعادة التدوير وإعادة الاستخدام

1. إعادة تدوير المواد: تعمل برامج إعادة تدوير المعادن والبلاستيك والإلكترونيات على تقليل نفايات مدافن النفايات والحفاظ على الموارد (Issifu & Sumaila, 2020:2)
2. مبادرات إعادة الاستخدام: إعادة استخدام المواد، مثل إعادة استخدام الحاويات واستخدام النفايات في مشاريع البناء، يؤدي إلى تقليل النفايات (Issifu & Sumaila, 2020)

هـ. اللوائح الدولية والامتثال

1. اتفاقية ماربول: تمتثل الموانئ والسفن لاتفاقية ماربول، التي تنص على ممارسات منع التلوث وإدارة النفايات.
(MARPOL 73/78, PRACTICAL GUIDE (2015) (MARPOL 73/78 Practical Guide, 2015)
2. بروتوكول كيوتو: هو معاهدة دولية اعتمدت في 11 ديسمبر 1997 ودخلت حيز التنفيذ في 16 فبراير 2005. يهدف البروتوكول إلى تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة من الدول الصناعية بنسبة 5% مقارنة بمستويات 1990 خلال الفترة من 2008 إلى 2012، ويشمل آليات مرنة مثل آلية التنمية النظيفة (CDM) لتمويل مشاريع تقليل الانبعاثات في الدول النامية12. وكما يعتبر العراق عضواً فيها بعد المصادقة عليها سنة 2009.
3. شهادات الأيزو: الحصول على شهادات الأيزو مثل ISO 14001 (الإدارة البيئية) يضمن الالتزام بالمعايير البيئية العالمية. (ISO 14001:2015)

الاستنتاجات:-

توصلت الدراسة الى عدد من الاستنتاجات بعد التحليل المعمق للدراسات السابقة :-

1. عدم وجود خطط واضحة او توجهات مستقبلية توضح كيفية تعزيز ممارسات الاستثمار الأخضر، وتحديد أهداف كفاءة الطاقة، وإدارة المسؤوليات، والامتثال لمتطلبات الاستدامة البيئية.
2. ان عملية التحول إلى الموانئ الخضراء لا يخلو من التحديات فهو يتطلب استثمارا أوليا كبيرا، وتخطيطا شاملا، والتكيف مع التكنولوجيات واللوائح الجديدة.
3. ضعف مشاركة الموسسات الحكومية بشكل عام والمؤسسات المعنية بعمل الموانئ بشكل خاص لآتخاذ خطوات فاعلة وكفوءة نحو تبني ممارسات خضراء تسهم في تحقيق الاستدامة البيئية في عمل الموانئ .
4. مخاطر عدم الحد من استخدام الوقود الأحفوري وتحسين الاستدامة من خلال دمج أنظمة الطاقة المتجددة في مشاريع الاستثمار، مثل طواحين الرياح البحرية وتمويل الطاقة الشمسية.
5. قلة الوعي بالمزايا والفوائد المتحققة من تطبيق الموانئ الخضراء وانعكاسها بشكل مباشر على الاستدامة البيئية.

التوصيات:-

في ضوء الاستنتاجات أعلاه تقدمت الدراسة بعدد من التوصيات التي يمكن تطبيقها في ميناء الفاو الكبير هي كالاتي :-

1. وضع خطط واستراتيجيات كافية لتعزيز ممارسات الاستثمار الأخضر، وتحديد أهداف كفاءة الطاقة، وإدارة المسؤولية، واتباع قوانين الاستدامة البيئية.
2. ينصح الباحثان بشدة للتحول إلى الموانئ الخضراء نظرًا لعدم تعقيد العملية وانخفاض التكاليف الأولية المطلوبة، بالإضافة إلى سهولة التخطيط والتكيف مع القواعد والتقنيات الجديدة.
3. يوصي الباحاثان بتبني الممارسات الخضراء التي تساعد على تحقيق الاستدامة البيئية في عمليات الموانئ بفعالية وكفاءة.
4. نوصي بخفض استخدام الوقود الأحفوري وتعزيز الاستدامة من خلال دمج أنظمة الطاقة المتجددة في المبادرات المالية مثل استخدام مصادر الرياح البحرية وانظمة الطاقة الشمسية.
5. يوصي الباحاثان على زيادة الوعي بشكل واسع النطاق لما له من فوائد ومزايا في إنشاء الموانئ الخضراء بالإضافة إلى تأثيرها المباشر على الاستدامة البيئية.

قائمة المصطلحات والمختصرات List Of Terms And Acronyms

الرمز	المصطلحات	المفهوم بالعربي
IMO	International Maritime Organization	المنظمة البحرية الدولية
GHG	Greenhouse gas	غازات الدفيئة
MGO	Marine Gas Oil	زيت الغاز البحري
MCDM	Multi-Criteria Decision Making	تحليل القرارمتعدد المعايير
CDM	Clean Development Mechanism	آلية التنمية النظيفة
MOO	Multi-Objective Optimization	تحسين متعدد الأهداف
IACS	Industrial Automation and Control Systems	أنظمة الأتمتة والتحكم الصناعية
GP	Green Ports	الموانئ الخضراء
GPI	Green Port Indicator	مؤشر الموانئ الخضراء
Sox	Sulfur Oxides	أكاسيد الكبريت
NOx	Nitrogen Oxides	أكاسيد النيتروجين
PM	Particulate Matter	المواد الجسيمية
DTTAS	Department of Transport, Tourism and Sport	قسم النقل والسياحة والرياضة
ENISA	European Union Agency for Cybersecurity	وكالة الاتحاد الأوروبي للأمن السيبراني
SAURON	SAURON project	مشروع سوران

ISO	International Organization for Standardization	المنظمة الدولية للتوحيد القياسي
ISM	The International Safety Management	إدارة السلامة الدولية
ISPS	International Ship and Port Facility Security Code	المدونة الدولية لأمن السفن ومرافق الموانئ
MARPOL	International Convention for the Prevention of Pollution from Ships	الاتفاقية الدولية لمنع التلوث الناجم عن السفن
SMS	Safety Management Systems	أنظمة إدارة السلامة
SDGs	Sustainable Development Goals	أهداف التنمية المستدامة
ESDs	Energy Saving Devices	جهاز شحن وتخزين الطاقة
CHE	Cargo Handling Equipment	معدات مناولة البضائع
ESSs	Energy Storage Systems	أنظمة تخزين الطاقة
CO2	Carbon Dioxide	ثاني أكسيد الكربون
LPG	Liquefied Petroleum Gas	الغاز البترول الطبيعي المسال

References

1. Adams, N., Chisnall, R., Pickering, C., Schauer, S., Peris, R. C., & Papagiannopoulos, I. (2021a). Guidance for ports: security and safety against physical, cyber and hybrid threats. *Journal of Transportation Security*, *14*(3–4), 197–225. https://doi.org/10.1007/s12198-021-00234-
2. Adams, N., Chisnall, R., Pickering, C., Schauer, S., Peris, R. C., & Papagiannopoulos, I. (2021b). Guidance for ports: security and safety against physical, cyber and hybrid threats. *Journal of Transportation Security*, *14*(3–4), 197–225. https://doi.org/10.1007/s12198-021-00234-6
3. Alamoush, A. S., Ballini, F., & Ölçer, A. I. (2021). Revisiting port sustainability as a foundation for the implementation of the United Nations Sustainable Development Goals (UN SDGs). *Journal of Shipping and Trade*, *6*(1). https://doi.org/10.1186/s41072-021-00101-6
4. Ampah, J. D., Yusuf, A. A., Afrane, S., Jin, C., & Liu, H. (2021). Reviewing two decades of cleaner alternative marine fuels: Towards IMO's decarbonization of the maritime transport sector. *Journal of Cleaner Production*, *320*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128871
5. Argüello, G. (2020). Environmentally sound Management of Ship Wastes: challenges and opportunities for European ports. *Journal of Shipping and Trade*, *5*(1). https://doi.org/10.1186/s41072-020-00068-w
6. Atmayudha, A., Syauqi, A., & Purwanto, W. W. (2021). Green logistics of crude oil transportation: A multi-objective optimization approach. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, *1*. https://doi.org/10.1016/j.clscn.2021.100002
7. Balcombe, P., Staffell, I., Kerdan, I. G., Speirs, J. F., Brandon, N. P., & Hawkes, A. D. (2021). How can LNG-fuelled ships meet decarbonisation targets? An environmental and economic analysis. *Energy*, *227*. https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120462
8. Barasa Kabeyi, M. J., & Olanrewaju, O. A. (2023). Diesel Power plants: Design and Operation and Performance Enhancement. *Proceedings of the 5th European International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Rome, Italy*, 3164–3164. https://doi.org/10.46254/eu05.20220425
9. Barberi, S., Sambito, M., Neduzha, L., & Severino, A. (2021). Pollutant emissions in ports: A comprehensive review. In *Infrastructures* (Vol. 6, Issue 8). MDPI AG. https://doi.org/10.3390/infrastructures6080114

10. Bergqvist, R., & Monios, J. (2019a). Green Ports in Theory and Practice. In *Green Ports: Inland and Seaside Sustainable Transportation Strategies* (pp. 1–17). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814054-3.00001-3
11. Bergqvist, R., & Monios, J. (2019b). Green Ports in Theory and Practice. In *Green Ports: Inland and Seaside Sustainable Transportation Strategies* (pp. 1–17). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814054-3.00001-3
12. Buiza, G., Cepolina, S., Dobrijevic, A., Del Mar Cerbápn, M., Djordjevic, O., & González, C. (2016). Current situation of the Mediterranean container ports regarding the operational, energy and environment areas. *Proceedings of 2015 International Conference on Industrial Engineering and Systems Management, IEEE IESM 2015*, 530–536. https://doi.org/10.1109/IESM.2015.7380209
13. Buonomano, A., Giuzio, G. F., Palombo, A., Maka, R., & Russo, G. (2024). Empowering sea ports with renewable energy under the enabling framework of the energy communities. *Energy Conversion and Management*, *314*. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2024.118693
14. BWM.2/Circ.13/Rev.4. (2017). *INTERNATIONAL CONVENTION FOR THE CONTROL AND MANAGEMENT OF SHIPS' BALLAST WATER AND SEDIMENTS, 2004 Methodology for information gathering and conduct of work of the GESAMP*.
15. Chahouri, A., Elouahmani, N., & Ouchene, H. (2022). Recent progress in marine noise pollution: A thorough review. In *Chemosphere* (Vol. 291). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132983
16. Correia, M. S. (2018). Sustainability. *International Journal of Strategic Engineering*, *2*(1), 29–38. https://doi.org/10.4018/ijose.2019010103
17. Cullinane, K., & Cullinane, S. (2013). Atmospheric Emissions from Shipping: The Need for Regulation and Approaches to Compliance. In *Transport Reviews* (Vol. 33, Issue 4, pp. 377–401). https://doi.org/10.1080/01441647.2013.806604
18. Elfarsi, E., Ekram, A., Elkwafi, W., & Ismail, A. (2022). E-32 The Relationship between the Green Port Concept and Competitiveness (A Comparative Applied Study for the Port of Tripoli) *JOURNAL OF . .MARINE SCIENCES & ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES*, *8*(1)
19. Esteves, J., Gouveia, A., Da Silva, N. P., Liu, C., Qu, B., & Yang, P. (2022). Green Ports-Building a Shore Power Load Model for Simulation. *2022 IEEE International Power and Renewable Energy Conference, IPRECON 2022*. https://doi.org/10.1109/IPRECON55716.2022.10059514
20. Geerlings, H. (2014). *Green and Effective Operations at Terminals and in Ports Deliverable 4.2 A top-down methodology to calculate the CO 2-footprint for terminal operations; the 6-step approach, Journal of Green EFFORTS*. https://doi.org/10.24406/publica-fhg-377472

21. Gjonaj, A., & Ndoj, G. (2023). *BALLAST WATER MANAGEMENT IN SHIPS*. https://www.researchgate.net/publication/374784929
22. Hoang, A. T., Foley, A. M., Nižetić, S., Huang, Z., Ong, H. C., Ölçer, A. I., Pham, V. V., & Nguyen, X. P. (2022). Energy-related approach for reduction of CO2 emissions: A critical strategy on the port-to-ship pathway. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 355). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131772
23. Hosseini, S. H., Tsolakis, A., Alagumalai, A., Mahian, O., Lam, S. S., Pan, J., Peng, W., Tabatabaei, M., & Aghbashlo, M. (2023). Use of hydrogen in dual-fuel diesel engines. In *Progress in Energy and Combustion Science* (Vol. 98). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.pecs.2023.101100
24. Hua, C., Chen, J., Wan, Z., Xu, L., Bai, Y., Zheng, T., & Fei, Y. (2020). Evaluation and governance of green development practice of port: A sea port case of China. *Journal of Cleaner Production*, *249*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119434
25. Hua, W., Sha, Y., Zhang, X., & Cao, H. (2023a). Research progress of carbon capture and storage (CCS) technology based on the shipping industry. In *Ocean Engineering* (Vol. 281). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.114929
26. Hua, W., Sha, Y., Zhang, X., & Cao, H. (2023b). Research progress of carbon capture and storage (CCS) technology based on the shipping industry. In *Ocean Engineering* (Vol. 281). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.114929
27. Huang, L., Pena, B., Liu, Y., & Anderlini, E. (2022). Machine learning in sustainable ship design and operation: A review. In *Ocean Engineering* (Vol. 266). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.112907
28. imo. (2018). *INITIAL IMO STRATEGY ON REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS*. http://www.imo.org
29. Iris, Ç., & Lam, J. S. L. (2019). A review of energy efficiency in ports: Operational strategies, technologies and energy management systems. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 112, pp. 170–182). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.04.069
30. Iso. (2015). *ISO 14001 - Introduction to ISO 14001:2015*.
31. Issifu, I., & Sumaila, U. R. (2020). A review of the production, recycling and management of marine plastic pollution. *Journal of Marine Science and Engineering*, *8*(11), 1–16. https://doi.org/10.3390/jmse8110945
32. Jalil, S. A., & Salleh, S. S. (2023). A Conceptual Model for Sustainable Green Port Practices: A Case Study of Northport (Malaysia) Berhad Iznoorhakmal bin Ibrahim. In *Information Management and Business Review* (Vol. 15, Issue 3).

33. Jeong, B., Jang, H., Lee, W., Park, C., Ha, S., Kim, D. K., & Cho, N. K. (2022). Is electric battery propulsion for ships truly the lifecycle energy solution for marine environmental protection as a whole? *Journal of Cleaner Production*, *355*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131756
34. Kazimierz, K., & Dariusz, G. (2019). Functional safety and cyber security analysis for life cycle management of industrial control systems in hazardous plants and oil port critical infrastructure including insurance. In *Journal of Polish Safety and Reliability Association Summer Safety and Reliability Seminars* (Vol. 10, Issue 1).
35. Kim, Y. Y., Choi, K. J., Chung, H., Han, S., & Lee, P. S. (2014). A ship-to-ship automatic docking system for ocean cargo transfer. *Journal of Marine Science and Technology (Japan)*, *19*(4), 360–375. https://doi.org/10.1007/s00773-014-0256-3
36. Kinzler, R., Rayhan, A., & Rayhan, R. (2023). CLIMATE CHANGE AND GLOBAL WARMING: STUDYING IMPACTS, CAUSES, MITIGATION, AND ADAPTATION. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *16*(1). https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23746.76489
37. Lirn, T. C., Wu, Y. C. J., & Chen, Y. J. (2013). Green performance criteria for sustainable ports in Asia. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, *43*(5), 427–451. https://doi.org/10.1108/IJPDLM-04-2012-0134
38. Lymperopoulou, D. S., & Dobbs, F. C. (2017). Bacterial Diversity in Ships' Ballast Water, Ballast-Water Exchange, and Implications for Ship-Mediated Dispersal of Microorganisms. *Environmental Science and Technology*, *51*(4), 1962–1972. https://doi.org/10.1021/acs.est.6b03108
39. Ma, J., Li, L., Wang, H., Du, Y., Ma, J., Zhang, X., & Wang, Z. (2022). Carbon Capture and Storage: History and the Road Ahead. In *Engineering* (Vol. 14, pp. 33–43). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.eng.2021.11.024
40. *MARPOL 73/78, PRACTICAL GUIDE (2015) MARPOL 73/78 Practical Guide*. (2015).
41. Matej, D., & Stephan, G. (2015). *Global Maritime Transport and Ballast Water Management Issues and Solutions*. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9367-4
42. Mollaoglu, M., Yazar Okur, I. G., Gurturk, M., & Doganer Duman, B. (2024). Review on Sustainable Development Goals in maritime transportation: current research trends, applications, and future research opportunities. In *Environmental Science and Pollution Research* (Vol. 31, Issue 6, pp. 8312–8329). Springer. https://doi.org/10.1007/s11356-023-31622-1

43. Mostafa Mohamed, S., & Salah Eldine, M. (2020). Evaluating the Sustainable Green Seaports (SGP) in Egypt: Case Study of Alexandria and Eldekhila Seaports 1. In *Journal of Alexandria University for Administrative Sciences©* (Vol. 57, Issue 1).
44. Munim, Z. H., Sornn-Friese, H., & Dushenko, M. (2020). Identifying the appropriate governance model for green port management: Applying Analytic Network Process and Best-Worst methods to ports in the Indian Ocean Rim. *Journal of Cleaner Production*, *268*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122156
45. Okada, T., Mito, Y., Akiyama, Y. B., Tokunaga, K., Sugino, H., Kubo, T., Endo, T., Otani, S., Yamochi, S., Kozuki, Y., Kusakabe, T., Otsuka, K., Yamanaka, R., Shigematsu, T., & Kuwae, T. (2021). Green port structures and their ecosystem services in highly urbanized Japanese bays. *Coastal Engineering Journal*, *63*(3), 310–322. https://doi.org/10.1080/21664250.2021.1911194
46. Oloruntobi, O., Chuah, L. F., Mokhtar, K., Gohari, A., Onigbara, V., Chung, J. X., Mubashir, M., Asif, S., Show, P. L., & Han, N. (2023). Assessing methanol potential as a cleaner marine fuel: An analysis of its implications on emissions and regulation compliance. In *Cleaner Engineering and Technology* (Vol. 14). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.clet.2023.100639
47. Oniszczuk-Jastrząbek, A., Pawłowska, B., & Czermański, E. (2018). Polish sea ports and the Green Port concept. *SHS Web of Conferences*, *57*, 01023. https://doi.org/10.1051/shsconf/20185701023
48. Pan, P., Sun, Y., Yuan, C., Yan, X., & Tang, X. (2021). Research progress on ship power systems integrated with new energy sources: A review. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 144). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111048
49. Pei, X., Gani, A., Jameel, A., Chen, C., Alghamdi, I. A., Alahmadi, K., Saxena, S., & Roberts, W. L. (2021). *Swirling flame combustion of heavy fuel oil: Effect of fuel sulfur content*. Journal of Energy Resources Technology
50. Psaraftis, H. N. (2016). Green Maritime Logistics: The Quest for Win-win Solutions. *Transportation Research Procedia*, *14*, 133–142. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.049
51. Qardash, A., & Ismail, A. (2023). *The Role of Green Ports in Achieving Sustainable Development: A Case Study of Aden Container Terminal*. Journal of Cleaner Production.
52. Roh, S., Thai, V. V., & Wong, Y. D. (2016). Towards Sustainable ASEAN Port Development: Challenges and Opportunities for Vietnamese Ports. *Asian Journal of Shipping and Logistics*, *32*(2), 107–118. https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2016.05.004

53. Sagin, S. V., Sagin, S. S., Fomin, O., Gaichenia, O., Zablotskyi, Y., Píštěk, V., & Kučera, P. (2024). Use of biofuels in marine diesel engines for sustainable and safe maritime transport. *Renewable Energy*, *224*. https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.120221
54. Satir, T., & Doğan-Sağlamtimur, N. (2018). The protection of marine aquatic life: Green Port (EcoPort) model inspired by Green Port concept in selected ports from Turkey, Europe and the USA. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, *6*(1), 120–129. https://doi.org/10.21533/pen.v6i1.149
55. Sayed Abdel Aziz, D. S., Hesham, B., & Reda, M. (2019). Environmental mechanisms for implementing the concept of green logistics services. *Journal of the Egyptian Society of Engineers*, *58*(2), 5–16.
56. Seddiek, I. S., & Ammar, N. R. (2021). Harnessing wind energy on merchant ships: case study Flettner rotors onboard bulk carriers. *Https://Link.Springer.Com/Journal/11356*, *28*, 32695–32707. https://doi.org/10.1007/s11356-021-12791-3/Published
57. Shrivastava, V., Ali, I., Marjub, M. M., Rene, E. R., & Soto, A. M. F. (2022). Wastewater in the food industry: Treatment technologies and reuse potential. *Chemosphere*, *293*. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133553
58. Simanjuntak, C. A., Putra, R. D., Yahya, G. Y., Akbar, D., & Riyadi, S. F. (2021a). An Analysis of Maritime Security Concept Based on International Safety Management (ISM) Code at The II Class Harbormaster and Port Authority (KSOP) Tanjungpinang. *E3S Web of Conferences*, *324*. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202132406001
59. Simanjuntak, C. A., Putra, R. D., Yahya, G. Y., Akbar, D., & Riyadi, S. F. (2021b). An Analysis of Maritime Security Concept Based on International Safety Management (ISM) Code at The II Class Harbormaster and Port Authority (KSOP) Tanjungpinang. *E3S Web of Conferences*, *324*. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202132406001
60. Song, H., Liu, C., Amani, A. M., Gu, M., Jalili, M., Meegahapola, L., Yu, X., & Dickeson, G. (2024). Smart optimization in battery energy storage systems: An overview. *Energy and AI*, *17*. https://doi.org/10.1016/j.egyai.2024.100378
61. Sultan, W. (2024). *The environmental sustainability as a mediated variable in the risk management effect on the maritime pollution: case study of Iraqi seaport company*. Journal of Cleaner Production
62. *The Sustainable Development Goals Report*. (2024). UN,Department of Economic and Social Affairs Publications

63. Tristan Smith;J. P. Jalkanen;B. A. Anderson;A. Pandey. (2015). *Third IMO GHG Study 2014 Executive Summary and Final Report*. www.imo.org

64. Tseng, P. H., & Pilcher, N. (2019). Evaluating the key factors of green port policies in Taiwan through quantitative and qualitative approaches. *Transport Policy*, *82*, 127–137. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.12.014
65. van Biert, L., Godjevac, M., Visser, K., & Aravind, P. V. (2016). A review of fuel cell systems for maritime applications. In *Journal of Power Sources* (Vol. 327, pp. 345–364). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2016.07.007
66. van Nieuwkerk, E., Rijnaarts, H., van Ras, N., Drijver, B., & van Hattem, W. (2020, April 29). Green remediation by facilitating industrial water use and heat surplus in the Port of Rotterdam. *First International Conference on Frontiers in Shallow Subsurface Technology*. https://doi.org/10.3997/2214-4609-pdb.150.f02
67. Verschuur, J., Koks, E. E., & Hall, J. W. (2022). *Ports' criticality in international trade and global supply-chains*. Nature Communications
68. Zhang, Z., Song, C., Zhang, J., Chen, Z., Liu, M., Aziz, F., Kurniawan, T. A., & Yap, P. S. (2024). Digitalization and innovation in green ports: A review of current issues, contributions and the way forward in promoting sustainable ports and maritime logistics. In *Science of the Total Environment* (Vol. 912). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169075