Comprehensive Journal of Science
Volume (11), Issue (41), (JUNE, 2026)
ISSN: 3014-6266

مجلة العلوم الشاملة
المجلد (11) ملحق العدد 41 يونيو 2026
ردمد: 3014-6266

البعد البيئي لاستغلال الطاقة المتجددة في ليبيا

د. محمد مصطفي مبارك هبال [1، *] ، د. سالم عمار منصور الطويل [2]
[1*].عضو هيئة تدريس، المعهد العالي لتقنيات شؤون المياه – العجيلات، ليبيا
[2].كلية الموارد الطبيعية العجيلات – جامعة الزاوية، ليبيا
[1] *Email (for reference researcher): mhbal8255@gmail.com
s.alatiweel@zu.edu.ly[2]
[2] https://orcid.org/0009-0006-3658-3561

Environmental Dimension of Renewable Energy Exploitation in Libya

Dr. Mohammed Mustafa Habal [1, *], Dr. Mohamed Bashir Ibrahim [2]
Faculty Member, Higher Institute of Water Resources Technology – Al Ajaylat, Libya
Faculty of Natural Resources, Ajilat – University of Zawiya, Libya

تاريخ الاستلام:2026/05/30 –تاريخ المراجعة:2026/06/18– تاريخ القبول: 2026/06/28– تاريخ للنشر : 2026 /07/25

الملخص

يهدف هذا البحث إلى تقييم البعد البيئي لاستغلال الطاقة المتجددة في ليبيا ودوره في تحقيق التنمية المستدامة حتى عام 2040. تعتمد ليبيا حالياً بشكل شبه كامل على الوقود الأحفوري في توليد الكهرباء، مما يسهم في تفاقم مشاكل التلوث البيئي وتغير المناخ وارتفاع تكاليف الإنتاج. في المقابل، تمتلك ليبيا إمكانات هائلة من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح بحكم موقعها ضمن الحزام الشمسي ووجود صحارى شاسعة، مما يؤهلها لتكون رائدة إقليمياً في مجال الطاقة النظيفة. اعتمدت الدراسة على المنهج الاستقرائي والتحليلي والإحصائي من خلال مراجعة الدراسات السابقة، وتوزيع استبيانات، وإجراء زيارات ميدانية ومقابلات مع الخبراء والجهات ذات العلاقة. كما تم استخدام تحليل دورة الحياة LCA ومؤشرات البصمة الكربونية والمائية لتقييم الأثر البيئي لتقنيات توليد الكهرباء المختلفة. أظهرت النتائج أن الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح هما الأقل تأثيراً بيئياً مقارنة بالغاز الطبيعي والديزل. فبينما تبلغ انبعاثات الغاز 490 جم CO2/ك.و.س واستهلاكه المائي 1.5-2.3 م³/ميجاوات ساعة، فإن الطاقة الشمسية تنتج 48 جم CO2/ك.و.س فقط وتستهلك 0.02 م³/ميجاوات ساعة لغسيل الألواح. نتائج النمذجة لسيناريو إضافة 5 جيجاوات من الطاقة الشمسية بمعامل قدرة 18% تشير إلى إمكانية تخفيض الانبعاثات الكربونية بمقدار 6.5 مليون طن CO2/سنة، وتوفير ما يقارب 12 مليون م³ من المياه سنوياً مقارنة بمحطات الغاز ذات التبريد الهوائي. في المقابل، يتمثل التأثير السلبي الرئيسي في الحاجة إلى مساحات أرض كبيرة تقدر بـ 0.8 هكتار/ميجاوات، والتحدي المستقبلي المتمثل في إدارة نفايات الألواح الشمسية بعد انتهاء عمرها التشغيلي البالغ 25 سنة. كشفت الدراسة أن نقاط القوة تتمثل في الموقع الجغرافي المميز وتوفر الإشعاع الشمسي وسرعات الرياح، بالإضافة إلى وفرة الأراضي وارتفاع الطلب على الكهرباء. بينما تتمثل المعوقات الرئيسية في دعم الوقود الأحفوري، وضعف التشريعات، وغياب الإرادة السياسية. أثبت التحليل الإحصائي صحة فرضيات الدراسة عند مستوى ثقة 95%، حيث تبين أن الاستثمار في الطاقة المتجددة يمثل الحل الأنظف والأكثر استدامة لمواجهة استنزاف الوقود الأحفوري ومخاطره البيئية والاقتصادية. توصي الدراسة بضرورة تبني معايير مؤسسة التمويل الدولية IFC البيئية والاجتماعية، وإنشاء منظومة وطنية لاسترجاع وإعادة تدوير الألواح الشمسية، وتحديد المناطق المحمية والمستبعدة من إقامة المشاريع، إلى جانب الإسراع في إصدار تشريعات ملزمة لدعم الطاقة المتجددة وتوفير إرادة سياسية حقيقية لتوسيع منظومات الطاقة النظيفة في ليبيا.

الكلمات المفتاحية:
الطاقة المتجددة، ليبيا، تحليل دورة الحياة، البصمة الكربونية، البصمة المائية، التنمية المستدامة

Abstract:

This study aims to assess the environmental dimension of exploiting renewable energy in Libya and its role in achieving sustainable development by 2040. Currently, Libya relies almost entirely on fossil fuels for electricity generation, which contributes to environmental pollution, climate change, and rising production costs. In contrast, Libya possesses enormous potential for solar and wind energy due to its location within the solar belt and the presence of vast desert areas, qualifying it to become a regional leader in clean energy. The study employed an inductive, analytical, and statistical approach through a review of previous studies, questionnaire distribution, field visits, and interviews with experts and relevant stakeholders. Life Cycle Assessment (LCA) and carbon and water footprint indicators were also used to evaluate the environmental impacts of different electricity generation technologies. The results indicate that photovoltaic solar and wind energy have the lowest environmental impacts compared to natural gas and diesel. While natural gas emits 490 g CO2/kWh and consumes 1.5–2.3 m^3/MWh of water, solar energy produces only 48 g CO2/kWh and consumes 0.02 m^3/MWh primarily for panel washing. Modeling results for a scenario of adding 5 GW of solar capacity with an 18% capacity factor show a potential reduction of 6.5 million tons of CO2 emissions per year and water savings of approximately 12 million m^3 per year compared to air-cooled gas power plants. However, the main negative impact is the requirement for large land areas estimated at 0.8 hectares/MW, and the future challenge of managing solar panel waste after their 25-year operational lifetime. The study identified strengths such as the strategic geographic location, high solar irradiation and wind speeds, availability of land, and growing electricity demand. The main barriers include fossil fuel subsidies, weak legislation, and lack of political will. Statistical analysis confirmed the validity of the study hypotheses at a 95% confidence level, demonstrating that investment in renewable energy represents the cleanest and most sustainable solution to address fossil fuel depletion and its environmental and economic risks. The study recommends adopting IFC Environmental and Social Standards, establishing a national system for solar panel collection and recycling, designating protected areas excluded from project development, and urgently issuing binding legislation to support renewable energy. Real political will is also essential to expand clean energy systems in Libya.

Keywords: Renewable Energy, Libya, Life Cycle Assessment, Carbon Footprint, Water Footprint, Sustainable Development.

المقدمة:

التحول للطاقة المتجددة ليس محايد بيئياً 100%، يحتاج تقييم كامل لدورة الحياة من التصنيع للتخلص، ليبيا تستهدف 25% طاقة متجددة بحلول 2040، وهذا يتطلب فهم التأثيرات البيئية المحتملة، فالطّاقة المتجددة هي الطاقة المُستَمّدة من الموارد الطبيعية التي لا تنفذ وتتجدد باستمرار مثل الشمس والرياح والمياه المتوفرة في معظم دول العالم، كما يمكن إنتاجها من حركة الأمواج والمد والجزر، أو من طاقة حرارية أرضية وابتكارات اخرى، وهي تختلف أساسا عن الوقود الأحفوري من البترول والفحم والغاز الطبيعي، فلا تنشأ عن الطّاقة المتجددة عادةً مخلّفات الوقود الأحفوري الضارّة للبيئة، مثل تلك المؤدية لزيادة الاحتباس الحراري كثاني أكسيد الكربون (CO_2)، باستثناء استخدام الوقود الحيوي لتوليد الطاقة من مواد نباتية، حيث أنه بالرغم من أن مخلفاتها تزيد الاحتباس الحراري إلا أنها يمكن أن تكون مستدامة، فيعتبرها الاتحاد الأوروبي والأمم المتحدة كطاقة متجددة، كما أن الطاقة المتجددة لا تشمل استخدام الوقود النووي، متجنبة المخلفات الذرية الضّارة النّاتجة عن المفاعلات النووية. ترتبط إمكانيات تحقيق الاستخدام الأمثل للطاقة المتجددة في دولة أو مؤسسة بمدى توافر مصادر كافة منتظمة للطاقة تعتمد على الموارد المتاحة بمواقع الاستغلال ما أمكن. يتطلب ذلك خليط متوازن من المصادر التقليدية والمتجددة،

والحد من الآثار البيئية الناتجة عن إنتاج واستهلاك الطاقة على البيئة من آثار التلوث والتغيرات المناخية (البعد البيئي). مع تطور تقنيات ونظم هذه المصادر وبدء دخول عدد منها إلى حيز الاستخدام التجاري على نطاق واسع. إلى جانب الدور الرئيسي لمصادر الطاقة المتجددة من منظور البعد البيئي فإن دورها في تأمين واستدامة الطاقة وصحة الأنسان لا يمكن إغفاله، كما أن جهود البحث والتطوير في المصادر الطبيعية المتاحة ودراسة جدواها، يسهم بشكل كبير في تطوير هذه التقنية لتطبيقاتها. لوجود ارتباط شديد الصلة بين نجاح وتطور التنمية وما يتم توفيره من طاقة باعتبارها المحرك الرئيسي لها، وزاد الأمر أهمية بدء نضوب وتناقص المصادر التقليدية الغير متجددة، وارتفاع سعرها وقضية الاحتباس الحراري والتغير المناخي عام 1992 م(1)، والارتفاع المضطرد لمعدلات التلوث البيئي العالمية خلال السنوات القادمة، وخاصة بمراكز الحضارة والتصنيع. كما هو معلوم فأن الكثير من دول العالم المتقدم قد شرعت في تطوير استخدامات الطاقة المتجددة. لتحقيق انتقال طاقوي نظيف، تسعى دول العالم التحول نحو مصادر منخفضة الانبعاثات. وفي هذا الإطار، التزمت أكثر من 180 دولة باتفاقية باريس للمناخ، التي تهدف للحد من الاحتراز العالمي ليكون أقل من درجتين مئويتين مقارنة بمستويات ما قبل الثورة الصناعية**(2)**. أما في السياق الليبي، فإن إدراج الطاقات المتجددة ضمن مزيج الطاقة الوطني يتطلب سياسات وإجراءات مؤسسية داعمة، لتقليل الاعتماد شبه الكامل على الوقود الأحفوري وتعزيز كفاءة الطاقة. كما أن اتخاذ قرارات التحول التدريجي يستلزم توفر بيانات دقيقة وموثوقة . لذا، يهدف هذه البحث إلى دراسة البعد البيئي لاستغلال الطاقات المتجددة في ليبيا عبر استخدام التحاليل البيانية والإحصائية المتعددة المتغيرات لمعرفة نتيجة الخيارات ومدى صحة الفرضيات، استخدمت الدراسة تحليل دورة الحياة LCA ومؤشرات البصمة الكربونية والمائية، لتحديد تقلل انبعاثات CO_2 بالطن/سنة، وتوفر كمية المياه بالمليون $م^3$ ماء/سنة مقارنة باستخدام الطاقة المتجددة بدل محطات الغاز.

مشكلة البحث:

يواجه قطاع الطاقة تحدياً كبيراً قائماً والمتمثل في ضرورة الوفاء باحتياجات التنمية، من خلال توفير المزيد من الطاقة الامنة ، اذ يتوقع الخبراء زيادة الطلب علي الطاقة الاولية بنحو 53% حتي عام 2030م **(3)**، وقد ادي ذلك لبروز اهمية استخدام مصادر الطاقة المتجددة، كوسيلة للاحتفاظ بمصادر الوقود الاحفوري للأجيال القادمة، فضلاً عن دورها المهم في حماية البيئة. تتمثل مشكلة دراسة البعد الاستراتيجي البيئي لاستغلال الطاقات المتجددة في ليبيا، لتفاقم مشاكل الطاقة التقليدية، لما تنتجه الطاقات الهيدروكربونية من التلوث البيئي، مع وجود البديل من الطاقات المتجددة كالشمسية والرياح وبكثرة، فأرض ليبيا متسعة واغلبها صحراء، وتطل علي البحر بساحل طويل، وتقع ضمن مناطق الحزام الشمسي، الذي يمتاز بارتفاعات، معدل ساعات السطوح الشمسي، وكميات الاشعاع الشمسي، وقوة سرعات الرياح في عدد من مناطق ليبيا، وهي معدلات تكفي لتوليد الطاقة وبمختلف تقنياتها. وفي اطار سعي ليبيا لتحقيق تنمية مستدامة وفقا لاستراتيجيتها المستقبلية فأن البحث يتجه لتحديد البعد والاثر البيئي لاستخدام الطاقة المتجددة بليبيا.

أسئلة البحث:

ما مدى مساهمة الطاقات المتجددة في التنمية المستدامة، وإتاحة الطاقة والأمن الطاقوى، ومعالجة التغير المناخي، وتخفيض الأثار البيئية والصحية؟

أهداف البحث:

الهدف الرئيسي هو تحليل البعد البيئي لاستغلال الطاقة المتجددة في ليبيا، من خلال البحث الميداني وجمع البيانات واستخدام التحاليل البيانية والإحصائية وتحليل دورة الحياة LCA ومؤشرات البصمة الكربونية والمائية.

أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث في أهمية الوصول الي الأهداف الكبرى، حيث تتمتع ليبيا بمصادر هائلة من الطاقات المتجددة، تفيض كثيراً عن حاجتها، وممكن أن تكون مصدراً مهماً لتصدير الطاقة بعد النضوب المتوقع للوقود الاحفوري، بما تتماز به من إمكانيات إذا ما تم توظيفها التوظيف الأمثل، ومن الممكن أن تزود الدول المجاورة وأوروبا بما تحتاجه من الطاقة النظيفة، التي تساهم في خفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الناجمة من الوقود الاحفوري، وتخفف من الآثار المناخية لهذه الانبعاثات التي كانت ولا تزال محل جدل عالمي كبير، ولذلك فإن هذه المصادر من الطاقات المتجددة تضع ليبيا في اوائل الدول المؤثرة والمهمة على الصعيد الدولي. تبين الدراسة الدور المهم للطاقات المتجددة والبديلة في توفير الطاقة والحد من الأضرار البيئية، وأيضا من اجل مواكبة بقية دول العالم في مجال الطاقات المتجددة. كما تأتي أهمية الدارسة أيضاً في معرفة الآثار الإيجابية والسلبية للمصادر التقليدية، وطرح البديل والمتمثل في الطاقة المتجددة (الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، ... وغيرها). واخيرا تكمن أهمية هذه الدراسة في أنها تسلط الضوء على أهم مصدر من مصادر الطاقة الواعدة في الوقت الراهن ألا وهي الطاقات المتجددة ومدي الابعاد الاستراتيجية للاستفادة منها، فتعد هذه الدراسة مساهمة أكاديمية تفيد الباحثين في مجال الطاقة المتجددة كمرجع أو مصدر خاصة أن هذا المجال يتسم بقلة المصادر والمراجع العربية.

فرضية البحث:

ضرورة تنويع مصادر الطاقة لتفاقم مشاكل الطاقة التقليدية ومخاطرها علي البيئية وارتفاع كلفتها وتعرضها للنقص والنضوب، والطاقات المتجددة توفر القدر المناسب وتحل ذلك

المنهجية:

اعتمدت الدراسة على اتباع المنهج الاستقرائي التاريخي من خلال الدراسات السابقة التي أجريت في هذا المجال عامة وفي منطقة الدراسة خاصة، إضافة إلي المنهج التحليلي والإحصائي بوضع استبيانات وإخضاعها للتحليل باستخدام البرنامج الإحصائي SPSS. V16، حيث البيانات لهذه الدراسة انتزعت باستبيان، ومقابلات منظمة أجريت مع أهل الاختصاص والخبرة وأصحاب القرار بالجهات المسئولة، وزيارات ميدانية لاماكن ذات علاقة بموضوع البحث، ومن الورقات والوثائق العاملة والمتعلقة بتطوير الطاقات المتجددة بليبيا، وروجعت على نطاق واسع لتمييز قائمة العوامل التي تعتبر مصفوفة في التحليل، علاوة على ذلك الحصول على منظور متوازن ومتنوع في الشمولية للدراسة. واعتمدت ايضا على تحليل LCA باستخدام SimaPro 9.5 قاعدة بيانات Ecoinvent 3.9 مؤشرات GWP100، استهلاك الماء، استخدام الأراضي الأفقية للفترة الزمنية 2026-2040، سيناريو مرجعي5 جيجاوات شمسية.

أبعاد استغلال الطاقة المتجددة من المنظور الليبي:

ليبيا ذات موقع جغرافي هام، تطل علي البحر الأبيض المتوسط بساحل طويل 1900 كم، وطبيعة ارض ومساحة واسعة ومفتوحة، وقلة في الكثافة السكانية لا تتعدي 4.12 نسمة/كم مربع، ومناخ ملائم ومصدران هامان للطاقة المتجددة، الشمسية والرياح بإمكانيات هائلة، ويوفر الحزام الشمسي الدي تقع به جزء كبير من الصحراء، حيث يبلغ متوسط ساعات السطوع الشمسي 3200 ساعة/سنة، ويبلغ متوسط الاشعاع الشمسي(5500-7000) وات ساعة/متر مربع يوميا كما موضح في اطلس شمس ليبيا، وتصُنف ليبيا كإحدى دول "الحزام الشمسي" الأكثر ملاءمة لتطبيقات الطاقة المتجددة عالمياً. ويوضح الجدول (1) أدناه تطور شدة الإشعاع الشمسي السنوي ومتوسط درجات الحرارة في ليبيا خلال أربعة عقود (مقسمة لفترات خماسية). ويُلاحظ بوضوح التزايد المطرد في كل من شدة الإشعاع ودرجات الحرارة، وهو مؤشر يؤكد ظاهرة تغير المناخ الناتجة عن التلوث البيئي وانبعاثات الغازات الدفينة جراء الاعتماد المفرط على الوقود الأحفوري.

الجدول (1): شدة الإشعاع الشمسي السنوي ومتوسط درجة الحرارة في ليبيا2015م (**4**).

السنة	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015
شدة الإشعاع (ميجاوات)	14	16	17	18	18.5	18.9	19	20	22
متوسط الحرارة (درجة مئوية)	23	24	25.5	26	26.1	26.4	26.7	26.7	26.8

وكانت متوسط سرعات الرياح في عدة مناطق ليبيا تتراوح ما بين 4.5 الي 10م/ث، كما جاء في نتائج اطلس رياح ليبيا الذي تم انجازه بناء علي بيانات محطات القياس وبيانات الاقمار الصناعية ومحطات الارصاد الجوية، وتعتبر الشمس والرياح من المصادر الواعدة مستقبلاً في انتاج الطاقة بإتاحة مشجعة لاستغلالهما، رغم ذلك لا توجد سياسة واستراتيجية جادة وقوية لاستغلال هدة الطاقات المتجددة. إن اتخاذ قرار ادخال الطاقات المتجددة، ضمن منظومات توليد الكهرباء وضخ المياه وتسخينها وتحليتها وغيرها، مما يقلل من الاعتماد علي الموارد الهيدروكربونية، ويوفر ضماناً اضافياً لإنتاج الطاقة في المستقبل، ويوفر ذاته الموارد الهيدروكربونية (الأحفوري) الامر الدي سيؤدي الي اطالة عمرها، وبالتالي ابقاءها مصدرا للدخل فترة اطول، ويعتبر فهماً دقيقاً ورؤية واعية ونظرة شاملة واحاطة بواقع قطاع الطاقة وحاجاته المستقبلية. يقدم هدا البحث المعلومات اللازمة للتعرف علي البعد الاستراتيجي البيئي لاستغلال الطاقات المتجددة في دولة ليبيا، والخروج برؤية مستقبلية لتعزيز استغلال الطاقات المتجددة بليبيا.

أمن البيئة:

ان انتاج واستخدام الطاقة له أثار مختلفة علي البيئة وينشئ ضغوط علي البيئة وعلي المستويات الوطنية والإقليمية والعالمية، ان الآثار البيئية يمكن ان تعتمد بشكل كبير علي كيفية الطاقة المنتجة واستخدام خليط الطاقة والإجراءات التنظيمية ذات الصلة، ان الطاقات التقليدية وما تسببه من اضرار صحية وتلوث بالبيئة نتيجة الأمطار الحمضية وتغير المناخ العالمي وظاهرة الاحتباس الحراري، مما يدعو إلى مزيد الاهتمام بالتوجه نحو التكنولوجيات التي تدعم استخدام مصادر الطاقات المتجددة كمصدر أساسي للطاقة، ويأتي غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من الوقود الاحفوري وخفض نسبة تواجده في الغلاف الجوي في المقام الأول وتظهر أهمية استخدام الطاقات المتجددة في الورقة التي قدمها الاتحاد الأوروبي تحت عنوان الورقة البيضاء للطاقات المتجددة، والتي أوضح فيها أن تضاعف استخدام الطاقات المتجددة يقلل من انبعاث ثاني أكسيد الكربون بمقدار 402 مليون طن كل عام خلال 2010 م وهو ما يعني خفض كمية ثاني أكسيد الكربون في الجو بمقدار ثلث الكمية المطلوب خفضها (**5**). فإن الدافع الرئيسي الأول للاهتمام بالطاقة المتجددة هو الدافع البيئي للحد من الغازات المنبعثة، كما أنه كان الدافع الأول لإقرار اتفاقية

كيوتو، ولكي تكون خدمات الطاقة سليمة بيئيا، ينبغي أن تكون آثارها البيئية منخفضة والانبعاث من الغازات الدفيئة متدنية، وتضطلع مصادر الطاقة المتجددة بدور في إتاحة خدمات الطاقة على نحو مستدام، ولاسيما في التخفيف من آثار تغير المناخ، وتساهم في حل المشاكل الملازمة للطاقة الأحفورية التقليدية خاصة تقليل الانبعاثات الكربونية والتلوث البيئي والاحتباس الحراري والتغير المناخي وغيرها. فالمؤشرات البيئية تضم ثلاثة مواضيع وهي الغلاف الجوي (التغير المناخي) وتدهور الارض والمياه (التحمض الذي يؤثر علي نوعية المياه والإنتاجية الزراعية) فالترابط بين قطاعات الطاقة والمياه والبيئة والغذاء أصبح من الأولويات الواجب إتباعها عند تخطيط وتنفيذ المشاريع المتعلقة بكل قطاع من القطاعات السابقة، خاصة ان الترابط والتأثير بينها أصبح من أكبر التحديات التي تواجهها، وكمثال يعد توفير الكهرباء اكبر تحدي لتنفيذ مشاريع المياه والصرف الصحي (**6**).

مصادر الطاقة التقليدية:

تنقسم الطاقة التقليدية حسب مصدرها إلى ثلاث أنواع، وإن كانت جميعها طبيعية، ومن مصادر هذه الطاقة غير المتجددة الفحم والبترول والغاز الطبيعي (**7**).

أثار استخدام مصادر الطاقة التقليدية:

الآثار الناتجة عن الاستخدام المتزايد لمصادر الطاقة التقليدية وخاصة عن البيئة العالمية الحالية والظواهر والتغيرات المناخية وتأثيرها علي النشاطات البشرية والتنمية الاقتصادية والتي أفضت إلي الأزمات الحالية التي يعانيها العالم من تخريب الطبيعة لتقلص الغابات وسرعة انقراض الكائنات الحية واختفاء المصادر المائية والتصحر وأثره علي أنتاج الحبوب وانتشار المجاعة والزيادة في عدد اللاجئين بسبب التغير المناخي والزيادة في استهلاك الوقود واضمحلالها وانخفاض مخزونها، التحدث عن ذلك سيطول ولكن تجمل في الآثار الاتية

أولا: الآثار البيئية

معظم المشاكل الناتجة عن الاستخدام المتزايد لمصادر الطاقة التقليدية غير المتجددة هي مشاكل البيئة ومنها:

1. ارتفاع حرارة مناخ الكرة الأرضية:

يعتقد معظم العلماء أن درجة الحرارة ترتفع بمعدل 0.3 درجة منوية في كل عقد وذلك نتيجة لزيادة تركيز بعض الغازاتٍ في الجو، ويزعم بعض الباحثين أن أكثر الغازات سببا في ارتفاع درجة الحرارة هو غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) الذي يتحرر نتيجة حرق الوقود التقليدي (**8**)، وزيادة تركيز الغازات المعقدة في الجو تساعد على ارتفاع حرارة المحيط إذ تسمى هذه الظاهرة بظاهرة البيت الزجاجي أو الاحتباس الحراري لأنها تقوم بنفس طريقة عمل البيوت الزجاجية فيحبس الحرارة داخل الحيز، والغازات المتسببة في رفع هذه الحرارة تسمى بغازات البيت الزجاجي أو الغازات المحتبسة، وقد وجد العلماء أنه بارتفاع تركيز ثاني أكسيد الكربون إلى الضعف فإن ذلك يؤدي إلى رفع درجة حرارة الكرة الأرضية درجتين إلى ثلاث درجات والذي يؤدي إلى إذابة الثلوج ومعنى ذلك ارتفاع مستوى الماء في البحار ما بين خمسة إلى ستة أمتار مما يؤدي إلى غرق بعض المدن الساحلية بالإضافة إلى حدوث الكوارث كما سيؤدي ارتفاع درجة حرارة الجو إلى تغير سقوط الأمطار، حيث تتغير درجة رطوبة التربة صيفا وشتاء .وتوجد أنواع مختلفة من الوقود تنتج كميات متباينة من غاز ثاني أكسيد الكربون بالنسبة إلى وحدة الطاقة المتحررة. فالفحم عبارة عن كربون وحرقه ينتج ثاني أكسيد الكربون. أما عند حرق الغاز الطبيعي فإن الناتج هو بخار ماء وثاني أكسيد الكربون، وهو يبث كمية أقل من ثاني أكسيد الكربون بالنسبة إلى وحدة الطاقة. أما النفط فإنه يقع في الوسط بين الفحم والغاز بالنسبة إلى انبعاث ثاني أكسيد الكربون لأن هي تكون من خليط من الهيدروكربونات، ولهذا السبب يتم حاليا التحول إلى استخدام الغاز الطبيعي بدلا من الفحم والنفط في محطات توليد الطاقة الكهربائية بالرغم من وفرة الفحم بكمية كبيرة. مما ورد يتبين أن النشاطات البشرية لها تأثير كبير في زيادة تركيز غازات البيت الزجاجي (الاحتباس الحراري) في المحيط. وقد تمت دراسة التوقعات المستقبلية حول تأثير هذه الغازات على الظروف الجوية في المستقبل، وتوصل بعض العلماء إلى أنه في عام 2050م يمكن أن يصل تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون والغازات الأخرى الموجودة إلى ضعف الكمية الحالية وذلك يسبب زيادة درجة الحرارة ويقلل سقوط الثلوج الموسمية مما سيكون له تأثير على المناطق الزراعية في العالم لأن ذلك سيزيد من مخاطر الجفاف الذي يعتبر أكبر المشاكل التي تواجه الزراعية حاليا (**9**).

2. الأمطار الحمضية:-

من المخاطر الجانبية لحرق الوقود هو تساقط الأمطار الحمضية فبعض الغازات التي تتحرر عند احتراق الوقود، وبالأخص ثاني أكسيد الكبريت وأكسيد النيتروجين، تتحد مع الماء في الجو مكونة حامض الكبريتيك وحامض النتريك، ونتيجة لهذا فأن أي مطر يتساقط على منطقة ما يكون حامض او يسبب ذلك تلفا للنباتات وتعطيلا لنمو الغابات، وتفتيتا لأجزاء الأبنية وصدأ المعادن.

3. تلوث البحار بواسطة النفط:-

محطات توليد الطاقة الكهربائية، ومصافي النفط، والمصانع الكبيرة يمكنها أن تكون أكثر الملوثات المنظورة، وذلك بسبب روائحها المميزة. وليست كل الملوثات الضارة بالبيئة سببها حرق الوقود، ولكن هناك مسببات أخرى مثل نقل الوقود عبر البحار. إن معظم الطاقة المصدرة من الدول المنتجة تنقل عبر البحار والمحيطات إلى الدول المستهلكة، وقد تطور أسلوب النقل وأصبحت الناقلات ذات سعة كبيرة جدا، وبغض النظر عن الحوادث فإن هذه

الناقلات تساهم بدرجة كبيرة في تلوث البحار، إذ أنه عند عودتها إلى مكان التصدير بعد تفريغ شحنتها تملأ بالماء لغرض الموازنة، وعند تفريغ الماء تخرج معه كمية من النفط المتبقي مسببة تلوث المياه، وبالرغم من أن أساليب النقل في الوقت الحاضر أصبحت أكثر أمانا فإنه عند حصول عاصفة سيكون الناشر كبيرا.

4. استنزاف الموارد الطبيعية:-

إستنزاف الموارد الطبيعية أحد العوامل المؤثرة على البيئة، حيث أدى الاستخدام الزائد للتكنولوجيا إلى حدوث ضغوط هائلة على البيئة وأدى إلى تدمير جزء كبير من رأس المال الطبيعي المادي والبيولوجي للإنسان، وأثر على النظام الإيكولوجي تأثيرا سلبي، ومثل التطور التكنولوجي خطرا على البيئة لاستنفاذ الموارد الطبيعية ودمار بعضها،وتمثل هذا الإستنزاف عموما في إزالة الأشجار مما تسبب في التصحر وانجراف التربة وانقراض بعض الحيوانات البرية والبحرية بالإضافة إلى نفاذ بعض موارد الطاقة كالبترول(**10**) .

ثانياً: الآثار السلبية على الصحة

يؤدي استخدام الوقود الأحفوري إلى عدد من الآثار السلبية على الصحة والتي تتعلق في معظمها بالتلوث البيئي الناتج عن ذلك الاستخدام، ونوجزها في ما يلي:

1- يسبب تلوث البيئة الناتج عن استخدام الوقود الاحفوري العديد من الأمراض حيث أن انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون والذي يتصف بسميته الشديدة والذي يعتبر من أخطر الغازات على صحة الإنسان حيث يكون مع الدم مركبا صلبا يقلل من كفاءة الدم في نقل الأكسجين وعندما تزيد كميته قليلا فقد يتسبب في انسداد الأوعية الدموية مؤديا إلى الوفاة، وكذلك يقلل الغاز من كفاءة بعض الإنزيمات للجسم (**11**).

2- يؤدي انبعاث أكاسيد النتروجين بالإضافة إلى ثاني أكسيد الكربون الذي ينتج عنه الضباب الدخاني الذي يبقى معلقا في الهواء احتقان الأغشية المخاطية ويدمع العيون ويثير السعال ويؤدي إلى الاحتقان أحيانا (**12**).

3- يؤدي انبعاث الرصاص الناتج عن احتراق الوقود داخل المحركات إلى حدوث تسمم خطير والذي من أعراضه عدم القدرة على التركيز سرعة الاستجابة والتركيز، وشحوب لون الوجه، والشعور بالإرهاق وعدم القدرة على بذل جهد شاق(**13**).

4- يؤدي وصول الأشعة الناتجة عن ثقب الأوزون إلى انتشار مرض سرطان الجلد وحدوث المياه البيضاء في العيون كما يؤدي إلى حدوث أمراض الجهاز التنفسي والأزمات الصدرية وضعف الجهاز المناعي وأمراض القلب، وأمراض الثروة الحيوانية والنباتية المتمثل في عدم قدرتها على بناء الأنسجة.

الأبعاد الاستراتيجية البيئية للطاقات المتجددة:

إن انتباه العالم كان ينجذب دائما نحو الأثار البيئية السيئة لمصادر الطاقة التقليدية وبالمقارنة كانت مصادر الطاقة الغير تقليدية وخاصة تلك المتجددة تتمتع بصورة جيدة من ناحية الآثار البيئية، وبعد أن تم تقييم الأثار البيئية لمعظم مصادر الطاقة المتجددة، حيث كانت المحصلة النهائية، أن مصادر الطاقة المتجددة ليست العلاج القاطع في الواقع وفي بعض الحالات يكون تأثيرها السلبي أشد من تأثير مصادر الطاقة التقليدية. أصبح العالم بعد إقرار المؤتمر الدولي الأول حول البيئة الذي انعقد بستوكهولم سنة1972م شعار أرض واحدة، مقتنعا تمام الإقتناع بأهمية معالجة المشاكل البيئية (**14**)، حيث تتعرض البيئة إلى مشاكل عديدة أهمها التلوث البيئي واستنزاف المصادر الطبيعية ونستعرض فيما يلي هذه الآثار:-

أولاً : الأثار البيئية لاستخدام الطاقة الشمسية:

علي الرغم من كون الطاقة الشمسية من أفضل مصادر الطاقات المتجددة سواء من ناحية النظافة أو من حيث ديمومتها وإرتباط المصادر الأخرى بها إضافة إلي بساطة تقنية التحكم بها، إلا أنها لا تخلو من العيوب التي كانت عائقا في وجه تطورها، وتعتبر الطاقة الشمسية طاقة نظيفة وتحافظ على البيئة لأنها لا تنتج أي نوع من أنواع التلوث البيئي كما لا توجد بها مخلفات إنتاج ضارة بالبيئة (**15**).

ثانياً : الأثار البيئية لاستخدام طاقة الرياح

تم بحث التأثير البيئي لطاقة الرياح بشمولية في كل من اوربا وامريكا. وقد انتجت الاستقصاءات والبحوث ان طاقة الرياح تعتبر مصدر طاقة نظيف وأمن. لا توجد إنبعاثات جوية مباشرة بسبب تشغيل التوربينات الريحية. أما الانبعاثات الغير مباشرة من الطاقة المستخدمة لإنتاج ونقل وتفكيك التوربينات الريحية يعتمد علي نوع الطاقة الأولية المستخدمة. وتنتج المكاسب أو الفوائد البيئية من جراء استخدام طاقة الرياح غالبا من خفض استخدام الوقود الاحفوري، والذي يؤدي يدوره إلي خفض انبعاث الملوثات الغازات والرماد المتطاير التي تنتجها عمليات الاحتراق (**16**). أهم هذه الآثار والمساوئ البيئية والمشاكل الناتجة عن استخدام منظومات الرياح، إنبعاثات الضوضاء الضجيج، والتداخل الكهرومغناطيسي, التطفل والتأثير البصري كانعكاسات لاشعة الشمس من شفرات التوربينات الريحية أثناء دورانها (**17**)، وسنتناولها بشيء من التفصيل فيما يلي :

1- ضجيج التربين الرياحي وانبعاثات الضوضاء:

الإزعاج المتسبب من ضجيج وضوضاء تربينات الرياح يعتبر عنصرا مثيرا للنقاش، ويمتل أحد أهم القيود في اختيار مواقعها، فما هو مقبول المناطق الصناعية قد لا يكون مقبولا في الاماكن الريفية، ومستوى الضجيج المقبول يختلف خلال النهار عن الليل، والانبعاثات الصوتية من التوربينات الريحية لا تعتبر ذات ضجيج عال عند مقارنتها

مع مكائن أخرى، ولكن هناك بعض المواقع التي يتم فيها ملاحظة بعض الضجيج غير المريح. وينشأ الضجيج من الضجة الميكانيكية والضجة الديناميكية الهوائية للعضو الدوار وكلاهما دالة في سرعة الرياح، فالتحليل يوضح أن لمعظم التوربينات بأقطار دوارات تصل إلي 20 م تسيطر المركبة الميكانيكية بينما الدوارات الأكبر تكون مركبة الديناميكا الهوائية حاسمة. أولهما الضجيج الميكانيكي يصدر من المعدات الكهربائية الميكانيكية المستخدمة في تقنية الرياح كصندوق التروس والمولد وتنتشر عادة كنغمات منفردة غير مترابطة ويمكن تخفيضها إلي مستويات مقبولة عن طريق الحذر في التصميم, أما ثانيهما الضجيج الإيروديناميكي فهو عادة نطاق واسع من الذبذبات تنشأ من أنماط الرياح المتغيرة والغير ثابتة ومن الدوامات المتناثرة أو المنفصلة من نهاية الشكل الانسيابي لمقاطع الريش وأطرافها عند تداخل تيار الهواء مع الشفرات، ويمكن تخفيض الضجيج بجعل نهاية الشكل الانسيابي لمقاطع الريشة دقيقا وتشكيل طرف الريشة وجعله أنسيابي. يعتبر النوع الأول هو المشكلة الرئيسية ولكن من السهل تخفيضه باستخدام مجمع تروس أكثر هدوءاً ووضع الأدوات الميكانيكية في هياكل معزولة لتخفيف الصوت. أما النوع الثاني من الضجيج فيعتمد على شكل الشفرة والتداخل بين الهواء والشفرة والبرج، وحافة الشفرة ورأسها وعلى كون الشفرة تعمل أو ساكنة ونوعية الرياح، ويزداد هذا الضجيج عادة مع سرعة الدوران. فالضوضاء يمكن تقديرها كميا، وهناك مقياسان مختلفان لوصف ضوضاء التوربيات، أحدهما قوة الصوت للمصدر والأخر مستوى ضغط الصوت في المكان وكلاهما يعبر عنهما بالديسبل، ولهذا فإن قسم من هذه التوربينات مصمما للدوران بسرعة قليلة عندما تكون سرعة الرياح قليلة، ومعظم توربينات الرياح التجارية تخضع لقياسات ضجيج وفقا للوائح التي وضعتها وكالة الطاقة العالمية أو القوانين الدنماركية حيث تمنع قوانين الدنمارك نصب توربينات الرياح في المناطق السكنية إذا كان الضجيج الصادر منها يتجاوز حد معين .وتقترح الأنظمة الدنماركية أن أقل مسافة تبتعد بها التوربينة الريحية عن المنازل هي 200 م، وفي حالة مزراع الرياح يجب زيادة المسافة إلي 500 م (**18**).

2- التداخل المغناطيسي:

إن الاضطراب الذي يحدث في وسائل الاتصال من التوربينات الريحية ينشأ عن التداخل الكهرومغناطيسي، يعتمد كثيرا علي الموقع، والتداخل يحدث لأن مستوى قرص الدوار يعمل كمرآة عاكسة، فعند نصب توربينات الرياح بالقرب من مناطق تستخدم الراديو والتلفزيون والمرسلات والمستقبلات فإنه من المحتمل جدا أن تنعكس بعض هذه الموجات بطريقة تجعل الموجات المعكوسة تتداخل مع الموجات الأصلية قبل وصولها إلى الجهاز، وهذا يسبب تشوها في الموجة التي تصل إلى المستخدم. وأكثر المنظومات تأثرا بهذا النوع منن الضجيج التلفزيونات ومنظومات اتصالات المايكروويف لذا وضعت بعض الوكالات معلومات كافية لتجنب هذه التداخلات في المناطق التي توجد فيها هذه المنظومات. وقد خلصت دراسة أجرتها هيءة الإذعة البريطانية BBC أن تداخل مولدات الرياح التربينية مع منظومات الاتصاللا يعتبر مشكلة ملموسة. الوكالة الدولية للطاقة الذرية وفرت معلومات تمهيدية علي هذا الموضوع، محددة معلمات توربينات الرياح ذات الصلة (القطر، عدد ومقطع الريش، السرعة ..الخ) والمعلمات ذات الصلة بخدمات الراديو القابلة للعطب (مكان وضع المرسل والمستقبل، وتردد الموجات الحاملة، والاستقطاب ..الخ). وفي تخطيط مزراع الرياح المساحات التي فيها توربينات الرياح يمكن أن تتداخل مع منظومات الاتصال عادة يجتنب استعمالها (**6**).

3- التأثيرات البصرية:

إن التطفل البصري علي سمات المناظر الطبيعية عادة هو اكثر أسباب معارضة الرأي العام علي استخدام التوربينات الريحية، حيث نجد أن أكثر المواقع رياحا غالبا تتميز بأنها مواقع طبيعية جميلة, وتوجد بها مؤشرات لنشاطات بشرية ضئيلة جدا، وغالبا ما نجد أن رد فعل الرأي العام علي المؤثرات البصرية يرتبط بالانطباع الذي يكونه عامة الناس علي الأنواع المختلفة للطاقة المنتجة, وعلي مميزات وعيوب كل منها عليهم وعلي مجتمعهم. تتحدد هذه التأثيرات بعدة عوامل مثل حجم التوربين وتصميمه وعدد الشفرات ولونها وعدد وترتيب التوربينات في الحقل ويتحدد قبول بعض المواطنين بوجود التوربينات الريحية بعدة عوامل أهمها عامل الثقافة وفهم مختلفة التقنيات ورأيه في أفضل مصدر من مصادر الطاقة، وفي دراسة في المملكة المتحدة تبين أن 35% من المواطنين الذين تكونت منهم العينة اعتبروا بأن منظومات طاقة الرياح تساهم في تشويه المنظر. واعتمادا علي خواص المنظر الطبيعي للأرض، فتوربينات الرياح الحديثة ذات محور ارتفاعه 40 م وريش بطول 20 م لها تأثير بصري علي المنظر الطبيعي للأرض من الصعب نحديده كميا، يمكن أن يكون قيدا تخطيطيا في معظم دول اوربا ، والحالة الأكثر موضوعية للتأثيرات البصرية هي تأثير الظلال المتحركة من ريش الدوار، والتي تمثل مشكلة في الحالات القريبة جدا من أماكن العمل أو المنازل، والتأثير يمكن التنبؤ به بسهولة وبالتالي تجنبه من خلال التخطيط الملائم، لحجم وارتفاع ولون التوربينات الريحية والمواد المصنعة منها والشكل العام لمزرعة الرياح وطبيعة سطح الموقع واختياره للتقليل من خطوط الرؤية كلها عوامل تصميمية، يجب أخدها في الاعتبار للتقليل من المؤثرات البصرية.

4- التأثير علي الطيور:

تأثير التوربينات الريحية علي حياة الطيور في غاية الأهمية، ويمكن أن تتأثر بطريقتين، الاولي عن طريق حوادث تصادم الطيور بريش الدوار أو البرج مما يسبب في جرحها أو وفاتها، الثانية عن طريق الضوضاء والضجيج مما يسبب إزعاج الطيور في أوكارها فيؤدى من تغيير طبيعة ونمط حياتها وعاداتها، وبشكل عام عدد

ضحايا الطيور بسبب التوربينات الريحية أقل من الضحايا الناتجة عن حوادث الاصطدام بخطوط الجهد العالي الكهربائية. ويتضح بأن إزعاج سلالات الطيور ضئيل ولكن ذو خطورة غلي الطيور المهاجرة والمواطنة وخاصة في المواقع الساحلية، وعند اختيار مواقع التوربينات الريحية يجب تفادي الطرق التي تسلكها الطيور المهاجرة والأماكن التي تكون فيها كثافة الطيور المواطنة والمهاجرة عالية، ويمكن أن تقلل التصاميم التفصيلية والحذرة للتوربينات وللأبراج من هذه المخاطر.

5- سلامة الأشخاص :

حوادث توربينات الرياح المرتبطة بالأفراد تعتبر نادرة جدا, فشركات التأمين في امريكا حيث توجد معظم الخبرة بمزارع الرياح الكبيرة توافق علي أن صناعة الرياح لها ملف سلامة جيد مقارنة بصناعات إنتاج الطاقة الأخرى، واللجنة العالمية للكهرباء. IEC أصدرت مواصفات دولية رسمية علي أمان توربينات الرياح (**19**).

ثالثا: الأثار البيئية لاستخدام الطاقة المائية

يمكن تلخيص هذه التأثيرات في الأتي :

1- **التأثيرات الهيدرولوجية**: مثل سريان الماء، تجهيز المياه والري وغيرها.
2- **التأثيرات البيئية**: الأرض والنباتات والحيوانات.
3- **التأثيرات الاجتماعية (9)**.

رابعا: الأثار البيئية لاستخدام طاقة المد والجزر

إن إنشاء حاجز كبير في خليج لابد أن يكون له تأثير على البيئة المحيطة به، وهذه التأثيرات بعضها إيجابي وبعضها سلبي. ومن الآثار الواضحة هو التأثير الكبير على الحياة البرية في المنطقة، وعلى الأسماك والطيور خاصة المهاجرة، بالإضافة إلى تأثير إنشاء السدود والحواجز على مستوى الغرين والمواد المرسبة العالقة في الماء, فعند حجز الماء خلف السدود تترسب المواد العالقة فيه ويصبح الماء بذلك أكثر صفاءاً، وعند تعرضه لأشعة الشمس فإن الإشعاع الشمسي يصل إلى عمق أكبر، وبذلك يزيد من الإنتاجية البيولوجية للماء ومن غذاء الأسماك والطيور في المنطقة. إن إنشاء حدود وحواجز في المضايق أو الخلجان يسبب عادة منع السفن من المرور، وعلى الرغم من وجود مداخل خاصة للسفن في بعض السدود إلا أن المستوى العالي للمياه خلف السد سيساعد على تحسين الملاحة في الموانئ، والتأثير الحقيقي يعتمد على دورة المد والجزر والموقع للميناء، فالسدود يمكن أن تلعب دورا في الحماية من الفيضانات أو العواصف وذلك لكونها تحد من توليد الأمواج (**9**). وتؤثر كذلك السدود على الاقتصاد المحلي خلال فترتي الإنشاء والتوليد وعلى الأنشطة الأخرى المتعلقة بالسياحة التي يمكن مزاولتها في هذه الموقع، وعند التحدث عن السدود والحواجز الصغيرة فإن مسألة البيئة يجب أن تؤخذ بعين الإعتبار، ويجب أن تبذل جهود كبيرة للحد من المشاكل القابلة للحدوث.

خامسا: الأثار البيئية لاستخدام طاقة الأمواج

تعتبر طاقة الأمواج من أكثر مصادر الطاقة الخالية من التأثيرات البيئية وذلك للأسباب التالية:

1- لا تستخدم أي مواد كيميائية ملوثة سوى بعض الزيوت احيانا لأغراض التشحيم والتي تكون محكمة الإغلاق.
2- ليس لها ضجيج عال، ودرجة الضوضاء فيها أقل من ضوضاء تلاطم الأمواج.
3- لا تشكل أية مخاطر للسفن.
4- لا تؤثر على بيئة السواحل لأنها تستخلص القليل من طاقة العواصف الموجية

النتائج والمناقشة

أولاً: نتائج ومناقشة التحاليل الإحصائية الوصفية والقياسية

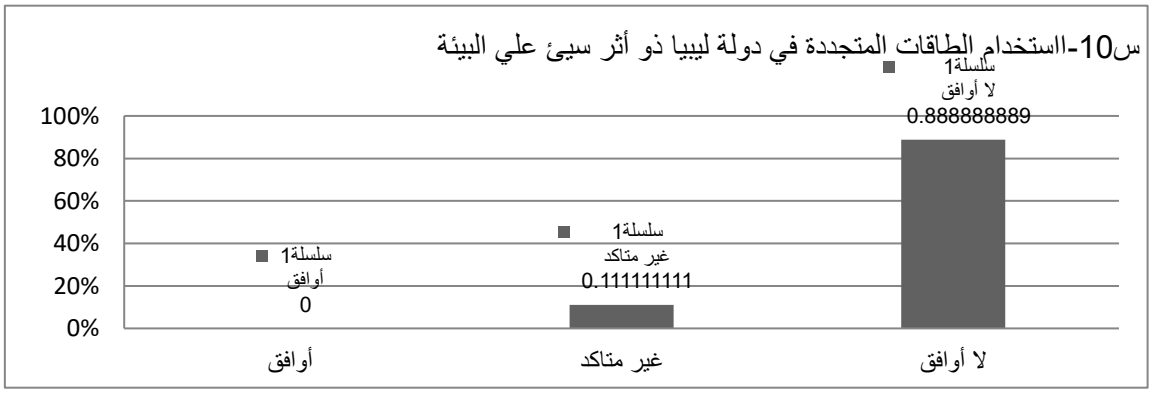
استخدم لتحليل بيانات الاستبيان برنامج الحزمة الإحصائية متعدد المتغيرات للعلوم الاجتماعية SPSS V 16، لاختبار فرضيات الدراسة، والأساليب الإحصائية الوصفية، وقد تضمنت الأساليب التوزيعات التكرارية لإجابات الوحدات المبحوث، ومن الأساليب التكرار النسبي والنسبة المئوية والمتوسطات والمنحرفات المعيارية، ومن ثم وضعها في صورة جداول تكرارية ورسومات بيانية بواسطة برنامجي الاكسل والورد بهدف الوصول إلي دلالات ذات قيمة، ومؤشرات تدعم موضوع البحث.

السؤال الاول: استخدام الطاقات المتجددة في دولة ليبيا ذو أثر سيئ علي البيئة

الجدول (2) توزيع سوء أثر استخدام الطاقة المتجددة علي البيئة حسب إجابة المختصين

البعد الاستراتيجي	السؤال الاول	الاختيار	التكرار	التكرار النسبي	النسبة المئوية %	المتوسط	الانحراف المعياري	النتيجة
البيئي	استخدام الطاقات المتجددة في ليبيا ذو أثر سيئ علي البيئة	أوافق	0	0.0	0	2.89	0.31	لا أوافق
		غير متأكد	5	0.11	11			
		لا أوافق	40	0.89	89			

المصدر: إعداد الباحث من نتائج التحليل ، 2022 م



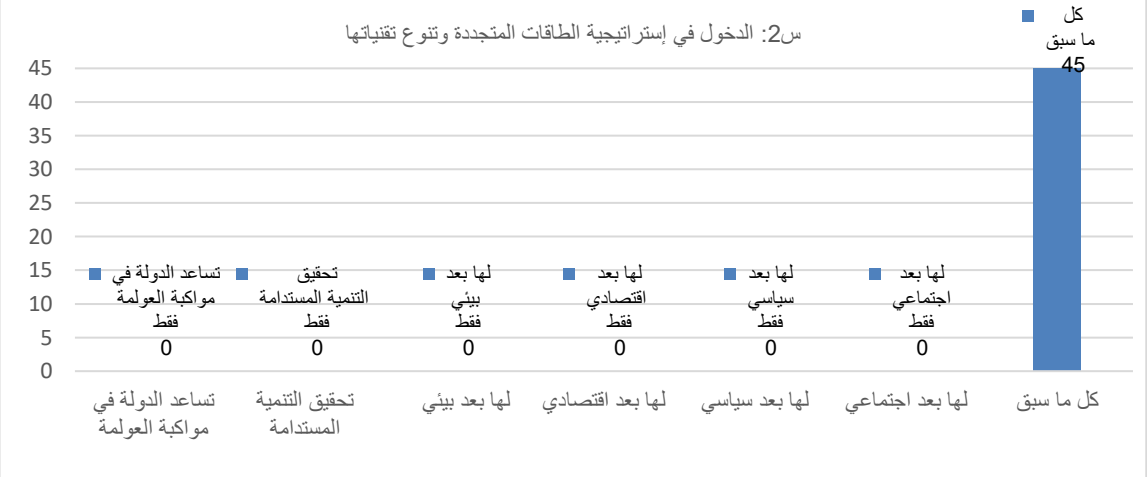
الشكل (1) توزيع سوء أثر استخدام الطاقة المتجددة علي البيئة حسب إجابة المختصين

المصدر: إعداد الباحث من نتائج التحليل، 2022م

يوضح الجدول(2) والشكل(1) أعلاهما تحليل البيانات الخاصة بالإجابة عن سؤال استخدام الطاقات المتجددة في دولة ليبيا ذو أثر سيئ علي البيئة، حيث تم تطبيق مقياس التكرار النسبي والوسط الحسابي ومقياس لكيرت الثلاثي علي هذا السؤال، فكان اتجاه المختصين نحو الإجابة(لا أوافق) بنسبة 89% حسب المتوسط للإجابات2.89 وانحراف معياري0.31، بينما الإجابة (غير متأكد) بقية النسبة 11%، ولا توجد إجابة(أوافق) ومن ذلك يتضح إن استخدام الطاقات المتجددة في دولة ليبيا ليس ذو أثر سيئ علي البيئة، وذلك يوجب استغلال الطاقات المتجددة وخاصة لارتفاع الأثار السيئة علي البيئة بسبب الوقود الأحفوري التقليدي.

السؤال الثاني: الدخول في استراتيجية الطاقات المتجددة وتنوع تقنياتها

يوضح الشكل(2) التالي، تحليل البيانات الخاصة بالإجابة عن سؤال أثار الدخول في إستراتيجية الطاقات المتجددة وتنوع تقنياتها، حيث تم تطبيق مقياس التكرار النسبي والوسط الحسابي، فكان اتجاه المختصين نحو الإجابة(كل ما سبق) بنسبة 100%، ومن ذلك يتضح إن أثار الدخول في إستراتيجية الطاقات المتجددة وتنوع تقنياتها، تساعد الدولة في مواكبة العولمة و تحقيق التنمية المستدامة لها أبعاد بيئية واقتصادية واجتماعية.

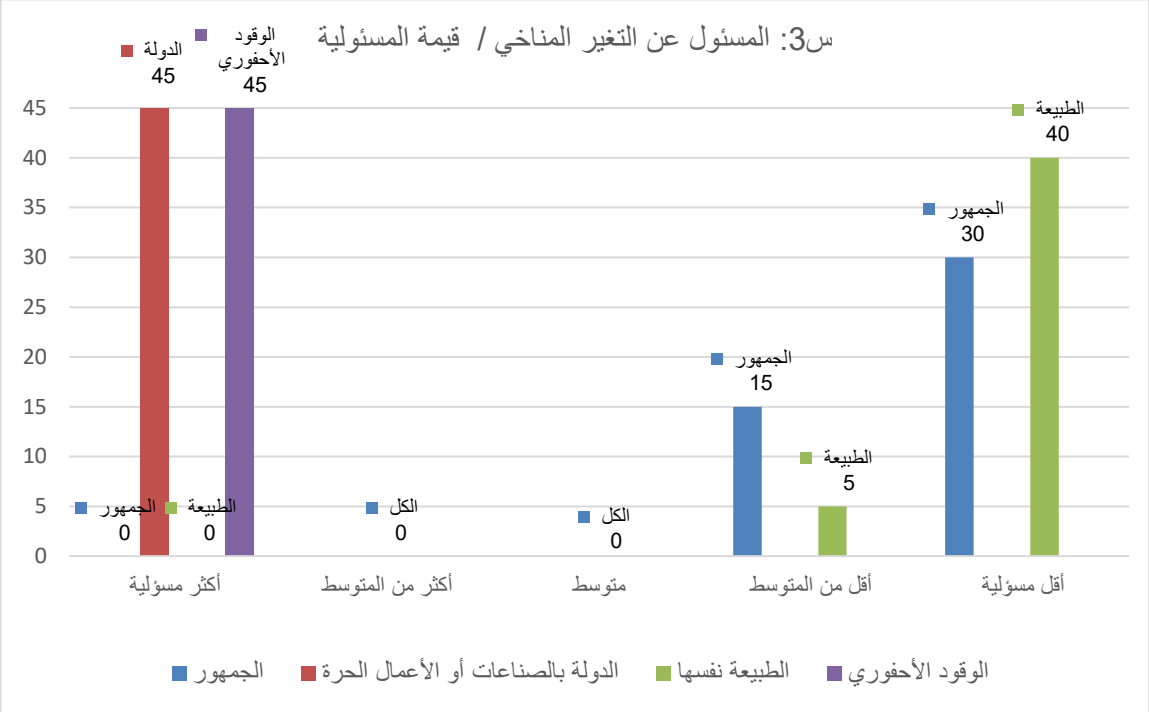


الشكل (2) توزيع أثر الدخول في إستراتيجية الطاقة المتجددة وتقنيتها حسب إجابة المختصين

المصدر: إعداد الباحث من نتائج التحليل، 2020م

السؤال الثالث: قيم أي من الأتي هو المسئول عن التغير المناخي من1 إلي 5 (حيث 1 هو الأكثر مسئولية و 5 هو الأقل).

يوضح الشكل(3) أدناه تحليل البيانات الخاصة بالإجابة عن سؤال قيم أي من الاتي هو المسئول عن التغير المناخي، حيث تم تطبيق مقياس التكرار النسبي والوسط الحسابي والانحراف المعياري، فكان اتجاه المختصين حسب ترتيب الأقل الوسط الحسابي ثم الأقل انحراف وحسب الرسم البياني ، أكثر مسئولية وبدرجة كبيرة ومتساوية كلا من الوقود الأحفوري والدولة بالصناعات أو الأعمال الحرة متوسط حسابي 1.0، وأقل مسئولية وبدرجة كبيرة الطبيعة نفسها متوسط 4.89 ثم الجمهور متوسط 4.67 .



الشكل (3) توزيع المسئول ودرجة المسئولية عن التغير المناخي حسب إجابة المختصين

المصدر: إعداد الباحث من نتائج التحليل، 2022م

السؤال الرابع: الطاقات المتجددة تعتبر نظيفة وصديقة للبيئة واستخداماتها تقلل من المخاطر البيئية الناتجة من المصادر التقليدية المعرضة للنقص والنضوب بصورة؟

الجدول (3) توزيع درجة تقليل المخاطر البيئية باستخدام الطاقة المتجددة حسب الإجابة

البعد الاستراتيجي	السؤال الثاني	الاختيار بصورة	المقياس				النتيجة
			التكرار	التكرار النسبي	النسبة المئوية %	الإنحراف والمتوسط	
البيئي	الطاقات المتجددة تعتبر نظيفة وصديقة للبيئة استخداماتها تقلل من المخاطر البيئية الناتجة من المصادر التقليدية المعرضة للنقص والنضوب	عالية	42	0.93	93	الإنحراف المعياري= 0.25 المتوسط=1.07	عالية
		متوسطة	3	0.07	7		
		ضعيفة	0	0.0	0		
		لا تقلل المخاطر	0	0.0	0		
		تزيد المخاطر	0	0.0	0		

المصدر: إعداد الباحث من نتائج التحليل ، 2022 م

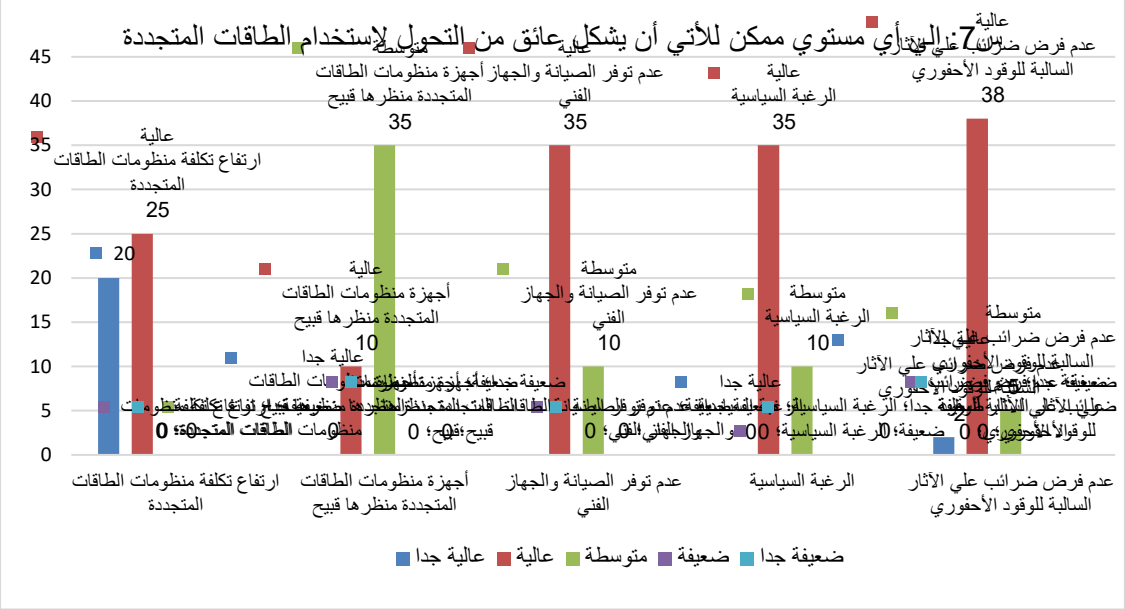
يوضح الجدول(3) أعلاه والشكل(4) التالي، تحليل البيانات الخاصة بالإجابة عن سؤال الطاقات المتجددة تعتبر نظيفة وصديقة للبيئة واستخداماتها تقلل من المخاطر البيئية الناتجة من المصادر التقليدية المعرضة للنقص والنضوب بصورة، حيث تم تطبيق مقياس التكرار النسبي والوسط الحسابي ومقياس لكيرت الثلاثي علي هذا السؤال، فكان اتجاه المختصين نحو الإجابة (بدرجة عالية) بنسبة 93% حسب المتوسط 1.07 وإنحراف معياري0.25، بينما الإجابة (متوسطة) بقية النسبة 7%،

الشكل (4) توزيع درجة تقليل المخاطر البيئية باستخدام الطاقة المتجددة حسب الإجابة

المصدر: إعداد الباحث من نتائج التحليل، 2022م

ومن ذلك يتضح إن استخدام الطاقات المتجددة تعتبر نظيفة وصديقة للبيئة واستخداماتها تقلل ولا تزيد من المخاطر البيئية الناتجة من المصادر التقليدية المعرضة للنقص والنضوب، وليس ذو أثر سيئ علي البيئة كما في سؤال سبق، وذلك يوجب استغلال الطاقات المتجددة لنظافتها وصداقتها للبيئة وغير معرضة للنقص والنضوب وخاصة لارتفاع الأثار السيئة علي البيئة بسبب الوقود الأحفوري التقليدي المعرض للنقص والنضوب .

السؤال الرابع: إلي أي مستوي ممكن للاتي أن يشكل عائق من التحول لاستخدام الطاقات المتجددة

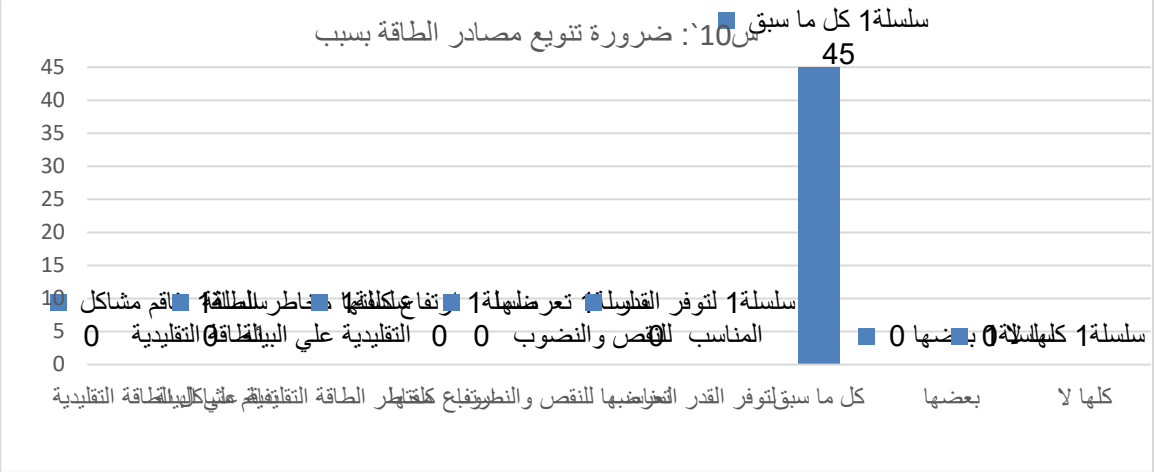


الشكل (5) توزيع عائق التحول لاستخدام الطاقة المتجددة ودرجة الإعاقة حسب الإجابة

المصدر: إعداد الباحث من نتائج التحليل، 2022م

يوضح الشكل(5) أعلاه تحليل البيانات الخاصة بالإجابة عن سؤال إلي أي مستوي ممكن للأتي أن يشكل عائق من التحول لاستخدام الطاقات المتجددة، حيث تم تطبيق مقياس التكرار النسبي والوسط الحسابي والإنحراف المعياري لكيرت الخماسي، فكان اتجاه المختصين حسب الرسم البياني والترتيب التصاعدي الأقل الوسط الحسابي ثم الأقل إنحراف يكون أكبر درجة حسب الترتيب التالي، فكان أقوي عائق لدرجة عالية جدا ارتفاع تكلفة منظومات الطاقات المتجددة بوسط 1.56 وإنحراف 0.497، يليه لدرجة عالية عدم فرض ضرائب علي الآثار السالبة للوقود الأحفوري بوسط 2.07 وإنحراف 0.151، ثم يليهما لدرجة عالية أيضا كلا من الرغبة السياسية وعدم توفر الصيانة والجهاز الفني بوسط 2.22 وإنحراف 0.173، وأخيرا بدرجة متوسطة أجهزة منظومات الطاقات المتجددة منظرها قبيح بوسط 2.78 وإنحراف 0.416

السؤال الخامس: ضرورة تنويع مصادر الطاقة بسبب

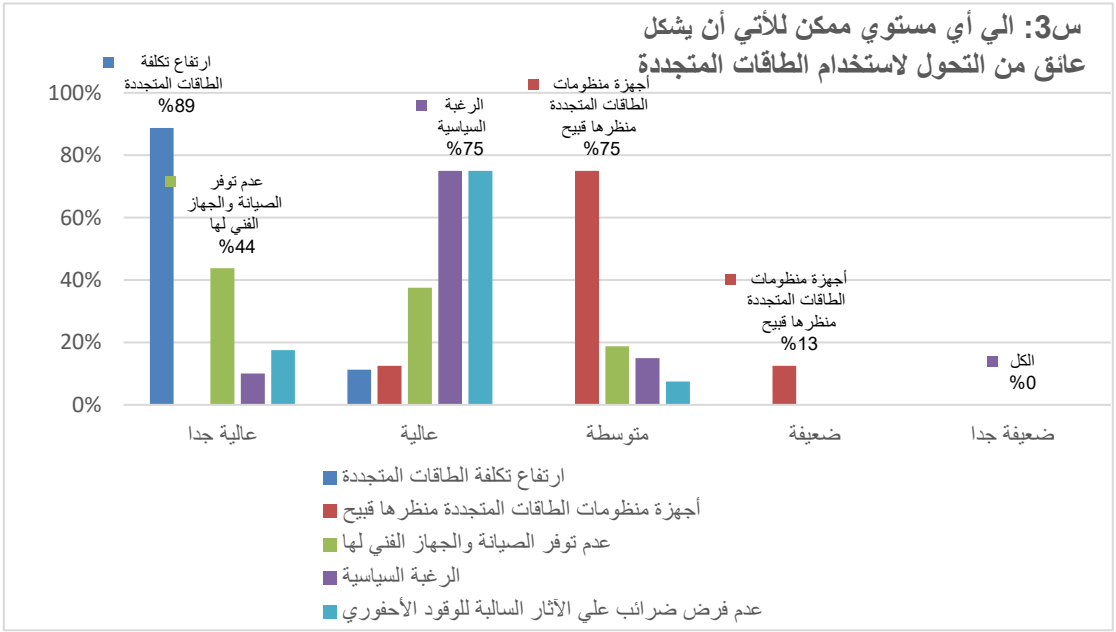


الشكل (6) توزيع أسباب ضرورة تنويع مصادر الطاقة بليبيا حسب إجابة المختصين

المصدر: إعداد الباحث من نتائج التحليل، 2022م

يتضح من الشكل(6) أعلاهما ضرورة تنويع مصادر الطاقة لجميع الأسباب المذكورة التالية، تفاقم مشاكل الطاقة التقليدية، ومخاطر الطاقة التقليدية علي البيئة، وارتفاع كلفتها، وتعرضها للنقص والنضوب، ولتوفر القدر المناسب، حسب إجابة أهل الاختصاص بليبيا بنسبة 100% .

س6: إلي أي مستوي ممكن للاتي أن يشكل عائق التحول لاستخدام الطاقة المتجددة



الشكل (6) توزيع عوائق التحول للطاقة المتجددة ودرجة الإعاقة بليبيا حسب إجابة الجمهور

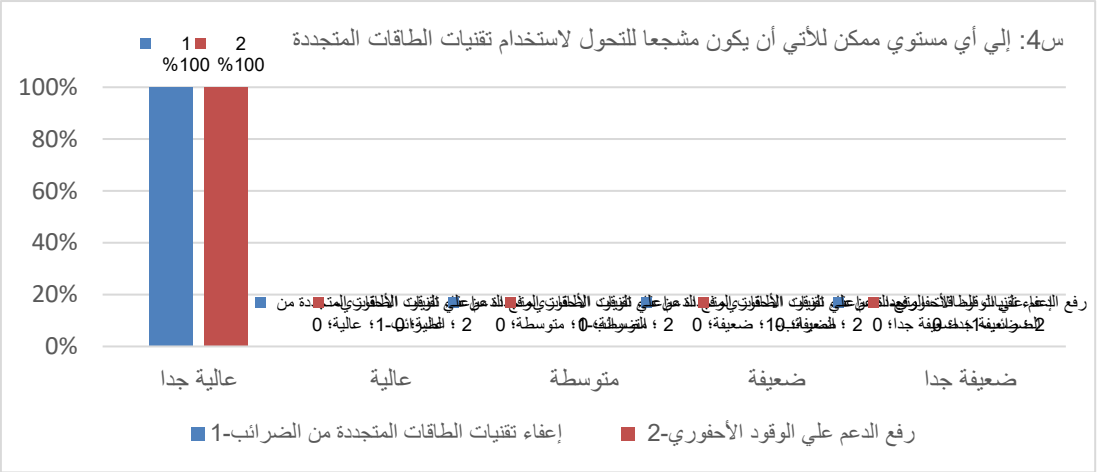
المصدر: إعداد الباحث من نتائج التحليل، 2022م

يوضح الشكل(6) أعلاهما تحليل البيانات الخاصة بالإجابة عن سؤال إلي أي مستوي ممكن للاتي أن يشكل عائق من التحول لاستخدام الطاقات المتجددة، فكان اتجاه المختصين حسب الرسم البياني والترتيب التصاعدي الأقل الوسط الحسابي ثم الأقل انحراف، فيكون العائق أكبر درجة إعاقة حسب الترتيب التالي، فكان أقوي درجة إعاقة لدرجة عالية ارتفاع تكلفة منظومات الطاقات المتجددة بوسط 1.113 وانحراف 0.316، يليه لدرجة عالية عدم توفر الصيانة والجهاز الفني بوسط 1.75 وانحراف 0.75، ثم يليهما لدرجة عالية عدم فرض ضرائب علي الآثار السالبة للوقود الأحفوري بوسط 1.90 وانحراف 0.490، ثم يليهم لدرجة عالية أيضا الرغبة السياسية بوسط 2.05

وانحراف 0.498، وأخيرا بدرجة متوسطة أجهزة منظومات الطاقات المتجددة منظرها قبيح بوسط 3.0 وانحراف 0.50

س4: إلي أي مستوي ممكن للاتي أن يكون مشجعا للتحول لاستخدام تقنيات الطاقات المتجددة

يوضح الشكل(7) التالي، تحليل البيانات الخاصة بالإجابة عن سؤال إلي أي مستوي ممكن للاتي أن يكون مشجعا للتحول لاستخدام تقنيات الطاقات المتجددة، فكان اتجاه الإجابة حسب الرسم البياني والترتيب التصاعدي العاملان إعفاء تقنيات الطاقات المتجددة من الضرائب ورفع الدعم علي الوقود الأحفوري كلا لهما درجة تشجيع عالية جدا، بنسبة 100 % ووسط 1.0 دون انحراف 0.0



الشكل (7) توزيع عوامل ومستوي التشجيع للتحول للطاقة المتجددة حسب إجابة الجمهور

المصدر: إعداد الباحث من نتائج التحليل، 2022م

ثانياً: نتائج ومناقشة اختبار فرضيات الدراسة

تم اختبار الفرضيات بإيجاد القيمة المعنوية من طرفين فرضي العدم والبديل كما يلي:

الجدول (4) نتائج اختبار فرضيات الدراسة

ت	الفرضية		التصنيف	التكرار	الاحتمال المشاهد	قيمة الاختبار	الاحتمال المعنوي
1	ضرورة تنويع مصادر الطاقة لتفاقم مشاكل الطاقة التقليدية ومخاطرها علي البيئة وارتفاع كلفتها وتعرضها للنقص والنضوب و الطاقات المتجددة توفر القدر المناسب وتحل ذألك.	مجموعة 1	<= 2	45	1.00	.50	.000
		مجموعة 2	> 2	0	0		
		المجموع		45	1.00		
2	هل تعتقد ان الطاقة المتجددة نظيفة وصديقة للبيئة ويساهم في الحفاظ علي البيئة بليبيا ؟	مجموعة 1	<= 2	45	1.00	.50	.000
		مجموعة 2	> 2	0	0		
		المجموع		45	1.00		

المصدر: إعداد الباحث من نتائج التحليل، 2022 م

الجدول (4) السابق يوضح نتائج اختبار فرضيات الدراسة كما يلي:-

فرضية ضرورة تنويع مصادر الطاقة لتفاقم مشاكل الطاقة التقليدية ومخاطرها علي البيئة وارتفاع كلفتها وتعرضها للنقص والنضوب والطاقات المتجددة توفر القدر المناسب وتحل ذلك، الاختبار يرفض فرض العدم عدم ضرورة تنويع مصادر الطاقة لتفاقم مشاكل الطاقة التقليدية ومخاطرها علي البيئة وارتفاع كلفتها وتعرضها للنقص والنضوب و الطاقات المتجددة لا توفر القدر المناسب ولا تحل ذلك. ويقبل الفرض البديل القائل عكس ذلك عند مستوي دلالة0.00 ودرجة ثقة 95% مما يحثنا لضرورة تنويع مصادر الطاقة باستثمار الطاقات.

فرضية ان الطاقة المتجددة نظيفة وصديقة للبيئة وتساهم في الحفاظ علي البيئة بليبيا، عند اختبار البيانات يرفض فرض العدم القائل إن الطاقة المتجددة غير نظيفة وغير صديقة للبيئة عند مستوى ثقة 95% ويقبل الفرض البديل القائل عكس ذلك بأن الطاقة المتجددة نظيفة وصديقة للبيئة، مما يساهم في الحفاظ علي البيئة.

ثالثاً: نتائج مقارنة البصمة البيئية (الكربونية والمائية)انبعاثات (CO_2)

جدول (1): مقارنة البصمة البيئية (الكربونية والمائية) لدورة الحياة LCA.لتقنيات توليد الكهرباء في ليبيا

التقنية	الشمسية كهروضوئية	الرياح	غاز طبيعي(تبخيري)	غاز طبيعي(هوائي)	ديزل
البصمة الكربونية انبعاثCO_2جم/كيلووات س	48	11	490	490	820
البصمة المائية م³/ميجاوات ساعة	0.02	0.01	2.30	2.30	0.90
استخدام الأراضي هكتار	825	625	0.0530	0.0530	0.042

المصدر(20): IPCC 2023, IEA 2024, Ecoinvent 3.9, SimaPro 9.53.2

1- البصمة الكربونية: يتضح من الجدول أن الطاقة الشمسية والرياح أقل التقنيات انبعاثاً. حيث تبلغ انبعاثات النظام الكهروضوئي 48 جم CO_2/ك.و.س، أي أقل بـ442 جم 90% من الغاز الطبيعي، وتقلل 772 جم 94% من الديزل. واما طاقة الرياح تقلل الانبعاثات 809 جم CO_2/كيلووات ساعة بنسبة 98% مقارنة بالديزل، وتقلل الانبعاثات 479 جم CO_2/كيلووات ساعة بنسبة 97% مقارنة بالغاز.

بتطبيق ذلك على سيناريو التوسع 5 جيجاوات شمسية ومعامل قدرة 18%

الطاقة السنوية = 5000 ×8760× 0.18 = 7,884,000 ميجاوات ساعة/سنة

التخفيض الكربوني= 7,884,000×(490−48) =3.48 مليون طن CO_2/سنة

الرقم المذكور سابقا في الملخص 6.5 مليون طن/سنة يشمل سيناريو استبدال جزئي لمحطات الديزل في المناطق النائية بالإضافة للغاز.

2- البصمة المائية: الفرق الجوهري بين الطاقة الشمسية والوقود الأحفوري هو استهلاك الماء. تعتمد محطات الغاز على التبريد وتستهلك 1.5 - 2.3 م³/ميجاوات ساعة، بينما استهلاك الطاقة الشمسية منخفضة جداً، ولا تحتاج مياه تبريد، بل يقتصر على غسيل الألواح 4 مرات سنوياً بقيمة 0.02 م³/ميجاوات ساعة فقط. فإجمالي الماء الموفر سنوياً التوفير المائي السنوي=11,668,320 م³/سنة ≈12 مليون م³/سنة وهذا التوفير يعادل استهلاك مائي سنوي لحوالي 80 ألف نسمة بمتوسط 150 لتر/يوم/شخص.

أكبر عائد بيئي هو استبدال مولدات الديزل في الجنوب الليبي بالطاقة الشمسية يحقق أعلى توفير 820 جم CO_2 و 0.9 م³ ماء لكل ك.و.س، ويوفر 16 ضعف من الماء لكنها تحتاج 16 ضعف من الأرض مقارنة بالغاز، وهذه ميزة في ليبيا حيث الأرض متوفرة والماء شحيح، فالبصمة المائية للشمس منخفضة جداً.

3- التأثيرات السلبية وإدارتها:

1. استخدام الأراضي المساحة المطلوبة: 4000 هكتار لـ 5 جيجاوات، الحل استخدام الأراضي الهامشية والمناطق المتدهورة
2. نفايات الألواح الكمية المتوقعة 75 ألف طن حتى 2050، الحل إنشاء مصنع استرجاع في ليبيا استعادة 95% من الزجاج والسيليكون
3. تأثير على التنوع الحيوي، استبعاد المناطق المحمية والمهمة بيئياً تقييم الأثر البيئي لكل مشروع
4. التحليل الاقتصادي البيئي تكلفة تجنب الكربون 15-25 دولار/طن CO_2، قيمة توفير الماء 5 مليون دولار سنوياً، خلق فرص عمل 1.2 شغل دائم لكل ميجاوات.

الخلاصة:

وفقا على الدراسات والبحوث السابقة ، ومن نتائج التحليل، يمكن أن نخلص الاتي:-

1- التوسع في الطاقة المتجددة في ليبيا يحقق مكاسب بيئية كبيرة، ويحتاج إلى إدارة فعالة للتأثيرات السلبية، فالتخطيط الاستباقي يضمن استدامة التحول الطاقوي ويقلل من المخاطر البيئية المرتبطة بالوقود الأحفوري.

2- الطاقة المتجددة تساهم بشكل كبير في تخفيض الانبعاثات وتخفيف التغير المناخي الناتج عن احتراق الوقود الأحفوري. ليبيا، باعتبارها دولة نفطية، يمكنها الاستفادة من مصادر الطاقة الشمسية والرياح لتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري وتحسين جودة الهواء وتقليل التكاليف الاقتصادية المرتبطة بالتلوث.
3- الأبعاد البيئية تتمثل في تخفيض الآثار السلبية، والحد من انبعاثات الغازات الدفيئة، وتخفيف التغير المناخي الناتج من احتراق الوقود الاحفورى الذي هو احد القوة الرئيسية الدافعة وراء الطلب المتزايد على الطاقة المتجددة. لا يوجد على الإطلاق مصدر للطاقة غير ضار بالبيئة، ولكن مصادر الطاقة تتباين في حدة هذه التأثيرات الضارة، ومما لا شك فيه أن المصادر المتجددة في الغالبية الساحقة مفضلة عن المصادر التقليدية.
4- لتقليل المخاطر البيئية والصحية والاقتصادية التي يسببها الوقود الاحفوري، ولنضوبه وكثرة الاستهلاك الحالية للطاقة، فإنه يتوجب البحث عن مصادر جديدة آمنة وغير ناضبة وصديقة للبيئة وتطوير كفاءتها. لذا اتجه العالم للاستفادة من الطاقات المتجددة حسب الموارد المتاحة منها والتي تختلف باختلاف طبيعة الدولة.
5- الطاقة المتجددة نظيفة وصديقة واستخدامها يقلل من المخاطر البيئية، ليس له أثر سيئ على البيئة؛ فهي تقلل ولا تزيد من المخاطر البيئية الناتجة عن المصادر التقليدية، وخاصة لارتفاع الآثار السيئة على البيئة بسبب الوقود الأحفوري التقليدي، وذلك يوجب استغلال الطاقات المتجددة.
6- المعوقات الرئيسية تشمل دعم الوقود الأحفوري، غياب التشريعات الفعالة، وعدم وجود إرادة سياسية حقيقية. هذه العوامل تعيق التطور نحو الطاقة المتجددة وتقلل من جاذبية الاستثمارات في هذا القطاع الحيوي.
7- ليبيا تمتلك إمكانيات هائلة للطاقة الشمسية والرياح لكن الاستغلال الحالي ضعيف جداً. رغم وجود إمكانات كبيرة، تعتمد ليبيا بشكل شبه كامل على الوقود الأحفوري في توليد الكهرباء، مما يزيد من المخاطر البيئية.
8- من أهم دوافع ومبررات الاهتمام بمنظومات الطاقة المتجددة في ليبيا، الدافع البيئي للحد من الغازات المنبعثة وخاصة غاز ثاني أكسيد الكربون، باعتبار الطاقة التقليدية من أهم الأسباب الداعية لتلوث البيئة، يليه كون الطاقة التقليدية تصنف من المواد الناضبة، والسياسات المعيقة للاستهلاك وإنتاج الطاقة التقليدية دولياً، وأخيرا كون ليبيا تملك ما يؤهلها للاستثمار في مجال الطاقة المتجددة .

التوصيات:

ضوء ما توصلت إليه الدراسة من نتائج، ومن خلال الجانب النظري والميداني، يقترح مراعاة الاتي:
1- تطبيق معايير IFC البيئية والاجتماعية على جميع مشاريع الطاقة المتجددة لضمان استدامتها. وإلزام المشاريع بوضع خطط لإدارة النفايات وتخفيف الأثر البيئي، مع توفير تدريب للكادر المحلي على تقييم الأثر البيئي.
2- الاهتمام بالبحث العلمي وتطوير التكنولوجيا المحلية في مجال الطاقة المتجددة. يجب زيادة الإنفاق على الأبحاث والدراسات وتشجيع التعاون الدولي لتبادل الخبرات.
3- خفض دعم الوقود الأحفوري وتوجيه الموارد المالية لدعم مشاريع الطاقة المتجددة. إعادة هيكلة الدعم ستحفز الاستثمار في الطاقات النظيفة وتقلل من الاعتماد على الوقود الأحفوري.
4- وضع استراتيجية وطنية للطاقة المتجددة تحدد الأهداف والمسؤوليات والتمويل اللازم. هذه الاستراتيجية يجب أن تأخذ بعين الاعتبار الفرص المتاحة والتحديات المحتملة.
5- إنشاء نظام وطني متكامل لاسترجاع وإعادة تدوير الألواح الشمسية المستعملة. هذا النظام سيساهم في تقليل الأثر البيئي لمشاريع الطاقة الشمسية ويفتح فرصاً اقتصادية جديدة في مجال إعادة التدوير.
6- اللجوء الي أخذ أساليب ضريبية وتسعيرية لغايات تشجيع ونشر الطاقة المتجددة، ومنها فرض ضرائب وتقديم دعم وإرادات مالية لشركاتها الصناعية لتشجيع استعمال الطاقة البديلة، من الأساليب الضريبية ضرائب التغير المناخي- ضرائب الكربون- ضرائب الطاقة وتسعير المشتقات النفطية.
ختاماً، اصبحت دول العالم في الوقت الحالي تولي اهتماما كبيرا للنمو والتطور الاقتصادي والتكنولوجي، لذا فالتوجه الحديث اصبح في كيفية تحقيق هذا الهدف لكن ليس على حساب الوسط البيئي الذى نعيش فيه، فالطاقات التقليدية ملوثة للبيئة، بالتالي فالحل للحفاظ على وتيرة النمو الاقتصادي والتكنولوجي مع الحفاظ على البيئة، هو اللجوء الى مصادر اخرى للطاقة لا تؤثر سلبا على البيئة مثل الطاقة الشمسية، طاقة الرياح وطاقة المياه وغيرها.

المراجع:

1. مؤتمر قمة الأرض(ريو دى جايزو 1992)
2. Jawerth, N. (2020). What is clean energy transition and how does nuclear power fit in?
3. Environmental and Social Standards. IEA. (2024).
3.
4. خيري آغا واخرون، تحلية المياه باستخدام الطاقة المتجددة، عمان، (2001).
5. محمد قرضاب، الطاقة والبيئة، منشورات كلية الهندسة، جامعة دمشق، الطبعة الأولى، 2015 م.
6. موسى المبروك الذويب، المستقبل للطاقة المتجددة توقعات وتوجهات، ترجمة بأذن EUREC بلجيكا - ليوفن 1996م، المكتب الوطني للبحث والتطوير، دار الكتب الليبية، ليبيا- بنغازي، 2003 م.
7. محمد مصطفى الخياط، الطاقة، حاضر صعب وغد مرتقب، ورشة عمل الطاقة والبيئة، أكاديمية البحث العلمي، القاهرة، ص 6، نوفمبر- 2007م.
8. وداد الاسطي، شروط البقاء نحو مجتمع مبني علي الطاقة الشمسية حياة مليئة بالحيوية، مجلة الطاقة الشمسية والتنمية المستدامة العدد1 ، مركز بحوث ودراسات الطاقة الشمسية طرابلس-ليبيا، 2012م.
9. حقيقة تعليمية تدريبية في مجال الطاقات المتجددة،، سلسة الحقائب التدريبية في مجال الطاقات المتجددة، المنظمة العربية للتدريب والثقافة والعلوم ، تونس،2006 ، ص 57،24،21.
10. ف.دوجلاس موسشيت، مبادئ التنمية المستدامة ، الدار الدولية للاستثمارات الثقافية، القاهرة، 2000م.
11. إحسان محاسنة، البيئة والصحة العامة، قسم العلوم الحياتية، جامعة مؤتة، 1995م، ص 56.
12. خلف الله حسن وسري الجوهري، الصحة والبيئة في التخطيط الطبي القاهرة، 1997م، ص 47.
13. حمدي أبو النجا، التوث بالرصاص، مجلة البترول، المجلد السادس، العدد السابع، يوليو1999م .
14. محمد احمد السيد خليل، مصادر الطاقة والبيئة، دار العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة مصر، 2013.
15. اقتصاديات الطاقة الشمسية في المملكة السعودية، مركز الدراسات والبحوث، غرفة الشرقية، 2008م.
16. المستقبل للطاقة المتجددة توقعات وتوجهات، الوكالة EUREC، بلجيكا - ليوفن 1996 م .
17. وهيب الناصر، مستقبل الطاقة المتجددة العربي، مؤتمر الطاقة السابع، القاهرة، 11 مايو، 2002م.
18. وداد أبوالقاسم الأسطى، ترجمة، تقنية طاقة الرياح، جون ووكر ونيكولاس جنكن, المكتب الوطني للبحث والتطوير، دار الكتب الليبية، ليبيا-بنغازي، 2003 م .
19. أر.فان.أوفرسترتن، ترجمة موسى المبروك الدويب، المستقبل للطاقة المتجددة توقعات وتوجهات، الوكالة الاوربية لمراكز الطاقات المتجددة EUREC بلجيكا – ليوفن، دار الكتب الليبية، بنغازي، 2003م.

20. IPCC 2023, IEA 2024, Ecoinvent 3.9, SimaPro 9.53.