https://jsras.rcc.edu.ly/
Vol.3 No.0 (2026), 213-225
Article history:
Received:
Accepted:
Published: 18Nov . 2026

Journal of Sustainable Research in Applied Sciences

An Analytical Study of Climate Change and the Dual Role of the Oil Sector in Sustainable Development in Southern Libya

Fatima H. Al-Hassan,*
Department of Plant Production, Faculty of Agricultural Engineering, Hama University, Syria.
fatimaalhasan097@hotmail.com

Keywords
Climate Change, Water Security, Food Security, Sustainable Development, Southern Libya, Fezzan, Murzuq Basin, Oil, Groundwater, Man-made River, Water, Energy and Food Nexus

Abstract

Southern Libya, particularly the Fezzan region and the Murzuq Basin, faces an intertwined set of environmental, economic, and social challenges that are directly related to climate change, water scarcity, dependence on fossil groundwater, and the expansion of oil activities. These challenges are all the more important in light of Libya's heavy economic dependence on the oil sector, while the south is one of the most important oil-producing regions and one of the most important aquifers on which the national water supply system depends.

This study aims to analyze the relationship between climate change, water security, food security, and sustainable development in southern Libya, with a focus on the dual role of oil installations, on the one hand as a source of income, energy, employment and infrastructure, and on the other hand, as a potential source of environmental stresses associated with associated water, drilling tailings, oil spills, emissions, and soil and groundwater pollution. The study is based on a descriptive-analytical approach, through a review of the scientific literature and relevant international and national reports.

The study shows that the relationship between these sectors is not a separate relationship, but rather represents an interconnected system according to the concept of the Water-Energy-Food and Ecosystem Nexus (WEFE Nexus). Rising temperatures and increasing drought are increasing water demand and putting pressure on groundwater, which affects agriculture, livestock, and food security. At the same time, oil facilities rely on energy, water, and infrastructure, and improper management of waste and associated water may increase risks to water resources and agricultural land.

The study concludes that achieving sustainable development in southern Libya requires a transition from a separate sectoral management to an integrated management of water, energy, food and environment, with oil facilities subject to stricter standards in water and waste management and environmental monitoring, and directing a portion of oil revenues towards protecting water resources, diversifying the local economy, and investing in sustainable agriculture, renewable energy, and scientific research.

دراسة تحليلية للتغير المناخي والدور المزدوج للمنشآت النفطية في التنمية المستدامة في الجنوب الليبي

فاطمة عيد الله حكمت الحسن 1 *
كلية الهندسة الزراعية جامعة حماة، قسم الإنتاج النباتي، حماة، سورية،

الكلمات المفتاحية
تغير المناخ، الأمن المائي، الأمن الغذائي، التنمية المستدامة، الجنوب الليبي، فزان، حوض مرزوق، النفط، المياه الجوفية، النهر الصناعي، ترابط المياه والطاقة والغذاء.

الملخص

يواجه الجنوب الليبي، مجموعة متشابكة من التحديات البيئية والاقتصادية والاجتماعية ترتبط بصورة مباشرة بتغير المناخ وندرة المياه والاعتماد على الموارد الجوفية الأحفورية والتوسع في الأنشطة النفطية، وتزداد أهمية هذه التحديات في ظل اعتماد ليبيا على قطاع النفط، حيث يمثل الجنوب أهم الأقاليم المنتجة للنفط وأحد أهم خزانات المياه الجوفية التي تعتمد عليها منظومة الإمداد المائي الوطنية.

تهدف الدراسة إلى تحليل العلاقة بين تغير المناخ والأمن المائي والأمن الغذائي والتنمية المستدامة في الجنوب مع التركيز على الدور المزدوج للمنشآت النفطية، باعتبارها مصدرا للدخل والطاقة وفرص العمل والبنية التحتية، وفي الوقت ذاته مصدراً محتملاً للضغوط البيئية المرتبطة بالمياه المصاحبة، ومخلفات الحفر والتسربات النفطية والانبعاثات، وتلوث التربة والمياه الجوفية، وتستند الدراسة إلى منهج وصفي تحليلي، من خلال مراجعة الأدبيات العلمية والتقارير الدولية والوطنية ذات الصلة.

وتبين الدراسة أن العلاقة بين هذه القطاعات ليست علاقة منفصلة، بل تمثل منظومة مترابطة وفق مفهوم ترابط المياه والطاقة والغذاء والنظم البيئية فارتفاع درجات الحرارة وتزايد الجفاف يؤيدان إلى زيادة الطلب على المياه والضغط على الموارد الجوفية، وهو ما يؤثر في الزراعة والثروة الحيوانية والأمن الغذائي. في ذات الوقت، تعتمد المنشآت النفطية على الطاقة والمياه والبنية التحتية، وقد تؤدي الإدارة غير السليمة للمخلفات والمياه المصاحبة إلى زيادة المخاطر على الموارد المائية والأراضي الزراعية.

تخلص الدراسة إلى أن تحقيق التنمية المستدامة في الجنوب الليبي يتطلب الانتقال من الإدارة القطاعية المنفصلة إلى إدارة متكاملة للمياه والطاقة والغذاء والبيئة، مع اخضاع المنشآت النفطية لمعايير أكثر صرامة في إدارة المياه والمخلفات والمراقبة البيئية، وتوجيه جزء من العوائد النفطية نحو الموارد المائية وتنويع الاقتصاد المحلي والاستثمار في الزراعة المستدامة والطاقة المتجددة والبحث العلمي.

.

1. المقدمة

تغير المناخ يقلق الكثير في العالم بشأنه. من بين عدة أسباب لتغير المناخ العالمي، يلعب تركيز غازات الدفيئة، وخاصة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الهواء، الدور الأهم حالياً ، ترتفع مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي حوالي 412 ppm, يذكر أن تركيز CO2 في الهواء قد زاد بنسبة 47٪ منذ بداية العصر الصناعي عندما كانت تركيزات CO2 حوالي 280 ppm، وزيادة بنسبة 11٪ منذ عام 2000 عندما كانت التركيزات حوالي 370ppm (Buis, 2019). أفادت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ أنه بموجب معدلات CO2، ستصل مستوياته المقدرة بحلول عام 2025 إلى ما يقارب 470 ppm و550 ppm بحلول عام 2050، و700 ppm بحلول عام 2075، و950 ppm بحلول عام 2100(Kiehl, 2019; Hridoy et al.,2022). من المتوقع أن تتراوح مستويات co2 التي تتجاوز 2100 بين 1000 و2000 ppm (Kiehl, 2019). سيؤدي استمرار انبعاثات الغازات الدفيئة إلى ارتفاع متوسط درجة الحرارة العالمية. منذ عام 1975، ارتفع متوسط درجة الحرارة العالمية بمعدل 0.15–0.20 °م كل 12 سنة(Carlowicz (2010، مع زيادات أكبر في المناطق القطبية (Arora et al., 2005). لم تكن الزيادة في درجة الحرارة موحدة عبر الكوكب، وقد لا تكون كذلك في المستقبل. يتوقع العلماء أنه بحلول عام 2100، ستكون حرارة الكوكب قد ارتفعت بمقدارمن2- 3.5 إلى أكثر من 8 °م (Scharping, 2021; Gurdeep S. Malhi,2021) وسيزداد مؤشر خطر الجفاف في الأراضي الزراعية من 52.45 إلى 129. بالإضافة إلى ذلك، سيرتفع متوسط هطول الأمطار بنسبة 1٪–3٪ في بعض المناطق (Held & Soden, 2006; Zhang et al., 2021) وسيزداد بخار المياه الجوي بنسبة 6٪–7٪ لكل وحدة (°م) من ارتفاع درجة الحرارة وفقاً لتقرير التقييم الرابع للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (Bengtsson, 2010; Allan et al., 2022). ، ومن المتوقع أن يرتفع متوسط الهطول العالمي بنسبة 3٪–5٪ بحلول عام 2100 (Allen et al., 2018) ، و يظهر توقع حديث أن هطول الأمطار في القطب الشمالي يزداد أسرع وأسرع مما كان متوقعا سابقاً (McCrystall et al., 2021) . من المتوقع أن يرتفع معدل الذوبان في المستقبل، مما يساهم في ارتفاع مستوى سطح البحر بمقدار 16–21 سم منذ عام 1900 (National Research Council, 2011) يقدر ارتفاع مستوى سطح البحر ب 300–1300 سم بحلول نهاية القرن مقارنة بعام 2000 (Sweet et al., 2017). تشير الدراسات إلى أن زيادة مستوى سطح البحر المتوسط العالمي تتجاوز 2.4 متر بحلول عام 2100 ممكنة فعليا (Sweet et al., 2017) ،يزيد ارتفاع مستوى سطح البحر من ملوحة المياه السطحية والمياه الجوفية من خلال تسرب المياه المالحة. حوالي 1125 مليون هكتار من الأراضي الآن متأثرة بمستويات متفاوتة من ملوحة التربة في العالم .(Hossain, 2019) وفقا للتقديرات، تؤثر الملوحة العالية على خمس الأراضي المزروعة وثلث الأراضي الزراعية المروية حول العالم (Shrivastava and Kumar, 2015) . وعليه، تهدف اتفاقية باريس إلى إبقاء ارتفاع درجة الحرارة العالمية أقل بكثير من 2°م، مع هدف 1.5 درجة مئوية نظراً للمخاطر الكبيرة. في 12 ديسمبر 2015، خلال مؤتمر الأطراف 21 في باريس، اعتمدت الدول اتفاقية باريس لمواجهة تغير المناخ، تحث الأمم المتحدة جميع الأطراف المعنية على اتخاذ إجراءات للتخفيف من آثار تغير المناخ (Rogelj et al., 2016). يعد تغير المناخ أحد أكثر التحديات إلحاحا التي تواجه البشرية سيكون له تأثيرات بعيدة المدى على الأبعاد الأربعة للأمن الغذائي (أي توفر الغذاء، الوصول إلى الغذاء، استخدام الغذاء، الاستقرار). فهناك علاقة مزدوجة بين تغير المناخ والأمن الغذائي؛ من ناحية، يؤثر تغير المناخ على جميع أبعاد الأمن الغذائي، من جهة أخرى، السعي لتحقيق الأمن الغذائي له آثار على تغير المناخ.(El Bılalı et al., 2020) تستهلك أنظمتنا الغذائية الزراعية حاليا 30 % من الطاقة المتاحة في العالم مع أكثر من 70 % تحدث خارج الزراعة، وتنتج حوالي 20 % من انبعاثات غازات الدفيئة في العالم. أكثر من ثلث الغذاء الذي ننتج يفقد أو يهدر، ومعه حوالي 38 % من الطاقة المستهلكة في سلسلة الأغذية الزراعية. يمكننا أن نضيف إلى ذلك أن أكبر فقدان للمياه في ميزان المياه هو خسارة المياه المستخدمة لزراعة الغذاء المهدر (Peter Rogers,2017)، مما يثير القلق بشأن الأمن الغذائي في جميع أنحاء العالم(Hridoy et al., 2022) ، تؤثر عدة عوامل على الأمن الغذائي، ومن المتوقع ظهور تحديات جديدة في السنوات القادمة (Adnan et al., 2018; Hammad et al., 2016, 2019). في كل من محاصيل الحبوب والبقوليات، تكون القيمة الغذائية أقل عندما تزرع المحاصيل تحت درجات حرارة أعلى ومستويات CO2 وهو تأثير آخر لتغير المناخ(Myers et al., 2014; Scheelbeek et al., 2018) ومع تغير البيئة مع مرور الوقت، تتأثر أنواع ومسبب الأمراض وأعدادها وتجمعات الحشرات في النظم البيئية أيضا (Bevitori and Ghini, 2014; Cavicchioli et al., 2019; Skendžić et al., 2021). , توسيع مواقع مسببات الأمراض وأعداد الحشرات استجابة لارتفاع درجات الحرارة ، وتأثير على الأنشطة الفسيولوجية والأيضية والنمو وإنتاجية النباتات (Gurdeep S. Malhi,2021) ، مما يقلل من إنتاجية المحاصيل، مع تأثيرات اقتصادية كبيرة، ويسبب مخاوف بشأن تأمين الغذاء ;Cavicchioli et al., 2019 (Skendžić et al., 2021) وسيكون لتغير المناخ تأثيرات واسعة النطاق على إنتاج المحاصيل والماشية ومصايد الأسماك، وتهديدات خطيرة على الأمن الغذائي (Bruce et al., 2016).

2. .مشكلة البحث

يواجه الجنوب الليبي تحديات متشابكة في مجالات تغير المناخ وندرة المياه والأمن الغذائي والتنمية الاقتصادية، في ظل اعتماد واسع على موارد المياه الجوفية ومحدودية البدائل المائية، وتزايد الضغوط المناخية المتمثلة في ارتفاع درجة الحرارة وتكرار فترات الجفاف والظواهر الحرارية المتطرفة. وتتزامن هذه الضغوط مع اعتماد قطاعات الزراعة والسكان والأنشطة الاقتصادية، بدرجات متفاوتة على الموارد المائية الجوفية، بما يثير مخاوف بشأن استدامة هذه الموارد وقدرة النظم الزراعية والبيئية المحلية على الاستمرار في المستقبل. وتزداد تعقيدات المشكلة مع وجود النشاط النفطي في عدد من مناطق الجنوب، إذ تمثل المنشآت والعمليات النفطية عنصراً إضافياً في منظومة استخدام الموارد الطبيعية. من خلال ما يرتبط بها من استهلاك للمياه وإدارة المياه المصاحبة ومخاطر التلوث البيئي، واستخدام الطاقة والبنية التحتية. وفي الوقت نفسه، يمثل النفط المورد الاقتصادي الرئيسي القادر على توفير التمويل اللازم للاستثمار في البنية التحتية المائية، والطاقة المتجددة والتقنيات الزراعية الحديثة وحماية النظم البيئية وتعزيز القدرة على التكيف مع تغير المناخ. ومن ثم تتمثل المشكلة البحثية الأساسية في وجود فجوة بين حجم الضغوط المتزايدة على الموارد المائية و الغذائية و البيئية في الجنوب الليبي من جهة , و بين إمكانية توظيف العوائد و القدرات المرتبطة بالقطاع النفطي في بناء منظومة تنموية اكثر قدرة على التكيف و الاستدامة من جهة أخرى .وتتمثل الإشكالية بصورة اكثر تحديداً في عدم وضوح الكيفية التي يمكن من خلالها إدارة العلاقات المتبادلة بين تغير المناخ و تغير المياه والزراعة و الأمن الغذائي و النشاط النفطي ضمن إطار حوكمة متكامل يحقق التنمية الاقتصادية دون تقويض الموارد الطبيعية التي تعتمد عليها المجتمعات المحلية . وعليه، يسعى البحث إلى دراسة هذه العلاقات بصورة تحليلية في الجنوب الليبي، وتحديد طبيعة الضغوط المناخية والمائية والزراعية

والبيئية التي تواجهها، ودراسة الدور المزدوج للقطاع النفطي باعتباره مصدراً محتملاً للضغط على الموارد من ناحية ومصدراً لتمويل التكيف والتنمية المستدامة من ناحية أخرى، وصولاً إلى إطار مقترح لإدارة الموارد وفق مقاربة ترابط المياه، الطاقة، الغذاء، النظم البيئية WEFE NEXUS.

3. مشكلة الدراسة

تنبع أهمية هذا البحث في تنامي التحديات البيئية و المناخية التي تواجه المناطق الجنوبية في ليبيا ,في ظل اعتماد الاقتصاد الليبي بدرجة كبيرة على قطاع النفط, و تركز عدد من المنشآت و الأنشطة النفطية في مناطق صحراوية تتسم أصلا بهشاشة نظمها البيئية و محدودية مواردها البيئية , و تزداد أهمية دراسة هذه العلاقة مع تداخل النشاط النفطي مع قضايا تغير المناخ و الأمن المائي و الأمن الغذائي و التنمية المستدامة , بما يجعل الآثار البيئية للمنشآت النفطية قضية تتجاوز حدود القطاع النفطي لتصبح مرتبطة مباشرة بقدرة المجتمعات المحلية على تحقيق الاستقرار و التنمية. وتتمثل الأهمية العلمية للبحث في محاولة تحليل العلاقة بين النشاط النفطي في الجنوب الليبي والتغيرات البيئية والمناخية، مع التركيز على الآثار المحتملة لذلك في الموارد المائية والانتاج الغذائي ومسارات التنمية المستدامة، كما يسعى البحث إلى سد جانب من النقص في الدراسات التي تتناول هذه القضايا بصورة مترابطة، إذ غالبا ما تدرس آثار النشاط النفطي والأمن المائي والأمن الغذائي، وتغير المناخ كل منها بصورة منفصلة، في حين أن طبيعة المشكلة في الجنوب الليبي تقتضي مقاربتها ضمن منظومة واحدة مترابطة. وتبرز الأهمية البيئية للبحث في دراسة الآثار الناجمة عن الأنشطة والمنشآت النفطية، ولا سيما الانبعاثات الناتجة عن عمليات استخراج وانتاج النفط والغاز، وحرق الغاز المصاحب، وإدارة المخلفات واحتمالات تسرب الملوثات ومدى انعكاس ذلك على النظم البيئية الصحراوية والموارد الطبيعة وتكتسب هذه المسالة أهمية خاصة في بيئة صحراوية محدودة الموارد وقليلة القدرة على تحمل الضغوط البيئية المتراكمة. أما الأهمية المائية فتتمثل في دراسة العلاقة بين النشاط النفطي واستدامة الموارد المائية في الجنوب الليبي ولا سيما المياه الجوفية التي تمثل المصدر الأساسي للمياه في معظم مناطق الجنوب ويساعد البحث في تقييم المخاطر المحتملة التي قد تواجه الأمن المائي نتيجة تداخل الاستغلال النفطي مع محدودية الموارد المائية إلى جانب الضغوط الإضافية الناجمة عن ارتفاع درجات الحرارة والجفاف والتغيرات المناخية. وتتضح الأهمية الغذائية للبحث من خلال ارتباط الأمن الغذائي في الجنوب الليبي ارتباطاً وثيقاً بتوافر المياه واستدامتها من أجل استمرار واستدامة الإنتاج الزراعي المتوقع من المساحات الزراعية هناك

4. أهداف البحث

تحليل العلاقات المتبادلة بين تغير المناخ والموارد المائية والإنتاج الزراعي والأمن الغذائي والنشاط النفطي في الجنوب الليبي وتقييم إمكانية توظيف الموارد والعوائد النفطية في تعزيز الأمن المائي والغذائي والقدرة على التكيف مع تغير المناخ بما يدعم تحقيق التنمية المستدامة في إدارة مقاربة ترابط المياه الطاقة الغذاء النظم البيئية WEFE Nexus، وينطلق البحث من الفرضيات الاتية:

الفرضية 1: يؤدي تغير المناخ إلى زيادة الضغوط على الأمن المائي في الجنوب الليبي من خلال ارتفاع درجات الحرارة وزيادة التبخر وتزايد مخاطر الجفاف.

الفرضية 2: يؤدي تدهور الأمن المائي إلى التأثير سلباً في الأمن الغذائي من خلال زيادة تكلفة الري وانخفاض الإنتاج الزراعي والرعوي.

الفرضية 3: يمكن ان تؤدي المنشآت النفطية، في حالة ضعف الإدارة البيئية إلى زيادة المخاطر على المياه والتربة والنظم البيئية.

الفرضية 4: يمكن لقطاع النفط في المقابل ان يكون أحد أهم مصادر تمويل التكيف المناخي والتنمية المستدامة إذا جرى توجيه جزء من عوائده إلى الاستثمار في المياه والطاقة المتجددة والزراعة المستدامة والبنية التحتية البيئية.

5. . منهجية الدراسة

يستند البحث إلى مقاربة ترابط المياه، الطاقة، الغذاء، النظم البيئة، التي تسمح بدراسة الموارد والقطاعات باعتبارها منظومة مترابطة، بدلا من تحليل كل قطاع بصورة مستقلة، كما تستخدم الدراسة التحليل المكاني والمقارن للمناطق المدروسة إلى جانب تحليل السيناريوهات المستقبلية لتقييم البدائل التنموية الممكنة. تعتمد الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي ومنهج تحليل الترابط بين القطاعات، وقدتم الاعتماد على: الدراسات و الادبيات المتعلقة بحوض مرزوق والنهر الصناعي، و الدراسات الليبية المنشورة على المياه والتربة. لا تدعي الدراسة اجراء قياسات ميدانية جديدة، ولذلك النتائج الواردة فيها نتائج تحليلية مستخلصة من الأدلة المنشورة وليست بديلا عنها وعن الدراسات الهيد وجيولوجية والبيئة الميدانية.

6. الإطار النظري والدراسة المرجعية

1.6. الإطار الجغرافي والبيئي للجنوب الليبي: يمتد الجنوب الليبي ضمن بيئة صحراوية شديدة الجفاف وتبرز فيه مناطق فزان وحوض مرزوق والواحات الجنوبية باعتبارها مناطق ذات أهمية مائية ونفطية كبيرة. تبين أن تكوين حوار في حوض مرزوق، الذي ترسب في العصر قبل الكمبري إلى الرباعي، بسماكة تتراوح بين 5000 إلى 6000 متر، و تختلف الكثافة في مناطق مختلفة من الحوض تتميز بيئة الترسيب في حوض مرزوق بتكوينات رسوبية متنوعة، تشمل تكوينات رملية تشكل جزءاً رئيسياً ، حيث توجد كثبان رملية ومناطق جافة من الطين والطمي في بعض المناطق، مما يعكس تاريخ الترسيب في البيئات المائية القديمة وتكوينات الكربونات التي تشمل الحجر الجيري، مما يشير إلى بيئات بحرية قديمة (Mjdi et al., 2025) ، كميات الحجر الجيري والدولوميت متقاربة في التكوين. ينتمي الحجر الجيري والدولوميت إلى فئات مميزة. كانت هناك مصادر متعددة للتكوين (تتراوح نسبة Al2O3/TiO2 بين 6.5 إلى 99). (Osama et al., 2024)، حساب تشبع الماء (تشبع الماء) بحوالي 20٪، بينما كان تشبع الزيت حوالي 80٪، مما يعطي إنتاجية ممتازة لهذا التكوين (Mjdi et al., 2025)، تشير التقييمات البتروفيزيائية من أحد عشر بئراً إلى أن الخزان يهيمن عليه الحجر الرملي الغني بالكوارتز مع حجم الصخر عادة > 25٪، والمسامية الفعالة تتراوح بين ~ 12 إلى 15٪، وتشبع المياه يتراوح بين ~ 20 و55٪ (Adel et al., 2026)، أما عن خصائص الخزان في حقل M، الامتياز NC-115 في حوض مرزوق جنوب غرب ليبيا. يعتبر تكوين أول خزان في الحقل المدرس M-NC115، تم إجراء تقييم بتر وفيزيائي وتبين أنه يتكون من الحجر الرملي مع نسبة صغيرة من الصخر الزيتي. وأن الجزء العلوي من الخزان ذو جودة أعلى من الجزء السفلي سمك الخزان حوالي 960 قدما ومتوسط تشبع المياه هو 40٪، والمسامية 12٪، وسماكة الخزان 560 قدما Adel& Mahmud (2023,). تكمن المفارقة الأساسية في أن الجنوب ،رغم انخفاض كثافته السكانية ، يحتوي على موارد استراتيجية ذات أهمية وطنية ، فمن جهة توجد خزانات المياه الجوفية التي يعتمد عليها جزء كبير من الإمداد المائي الليبي ، ومن جهة أخرى توجد حقول نفطية ضخمة أهمها الشرارة و الفيل ، و أظهرت الدراسات الجيولوجية أهمية حوض مرزوق من الناحية النفطية، بينما تؤكد دراسات المياه أن جنوب ليبيا يحتوي على خزانات جوفية واسعة كانت سبباً في تطوير مشروع النهر الصناعي ، وهذا يجعل الجنوب الليبي منطقة تتقاطع فيها ثلاثة أنواع من رأس المال الطبيعي: المياه الجوفية النفط الأرض النظم البيئية الصحراوية وإن اختلال إدارة أحد الموارد يؤثر في الموارد الأخرى.

2.6. تغير المناخ والأمن المائي: يرتبط تغير المناخ والمياه ارتباطاً وثيقاً، الماء هو الوسيط الأساسي الذي ستشعر من خلاله آثار تغير المناخ. لذلك، فإن تأمين قطاع المياه وتعزيز الأمن المائي أمر ضروري لأي استجابة تكيفية لتغير المناخ (Mukand et al., 2020)، إن تحقيق الأمن المائي هو مفتاح التنمية المستدامة. ويتطور الأمن المائي من ضمان الوصول الموثوق إلى مياه آمنة لكل شخص ليعيش حياة صحية ومنتجة، بما في ذلك حياة الأجيال القادمة. تهدد القيود على توفر المياه وجودة المياه الوصول

الأمن إلى الموارد المائية لاستخدامات مختلفة (Binaya et al., 2021)، واجهت منطقة البحر الأبيض المتوسط تحديات كبيرة بسبب تأثيرات تغير المناخ على العلاقة بين الماء والطاقة والغذاء من خلال مؤشرات تتماشى مع أهداف التنمية المستدامة (SDGs). تشمل هذه المؤشرات الغلائل الزراعية، والقيمة المضافة، وتغيرات الأراضي، وخدمات المياه والصرف الصحي، والدخل وعدم المساواة، واستخدام الطاقة المتجددة، وبصمة الكربون، والاستقرار السياسي (Pablo, 2024)، يعتبر الأمن الغذائي. تحد كبير في مصر مع تزايد عدد السكان بسرعة يزيد عن 100 مليون نسمة، فإن ضمان الوصول إلى الغذاء الآمن والمغذي لجميع المواطنين يمثل مصدر قلق كبير. تؤثر الموارد الزراعية المحدودة، وندرة المياه، وتغير المناخ على قدرة البلاد على إنتاج ما يكفي من الغذاء (Zeina ElZein et al., 2024).

1.2.6. هشاشة الموارد المائية في ليبيا: تعتمد ليبيا بصورة كبيرة على المياه الجوفية الأحفورية التي تكونت خلال فترات مناخية قديمة ولا تتجدد بمعدلات تكفي لتعويض السحب الحالي ، و تؤكد الاستراتيجية الوطنية للأمن المائي 2025-2050 أن الأمن المائي الليبي يرتبط بقضايا توافر المياه و إمكانية الوصول اليها و جودتها و القدرة على مواجهة تغير المناخ و الجفاف ، كما تدعو إلى الإدارة المتكاملة للموارد المائية و ربط المياه بالطاقة و الغذاء و البيئة ، تكمن المشكلة الأساسية أن تغير المناخ يأتي فوق مشكلة قائمة أصلاً وهي محدودية الموارد المائية المتجددة ، تواجه ليبيا، أزمة مياه خطيرة. مع أقل من 7.5 ملم من الأمطار سنويا ومعدلات تبخر تتجاوز 3000 ملم، فإن ندرة المياه تمثل تحدياً دائماً. تعتمد البلاد بشكل كبير على المياه الجوفية الأحفورية غير متجددة مما يؤدي إلى استنزاف المياه الجوفية وجعل المياه نادرة بشكل متزايد. ونتيجة لذلك، يعمل النمو السكاني وتوسع المدن والتطور الصناعي إلى زيادة الضغط على الموارد المائية المحدودة، بينما يزيد الإفراط في الاستخدام والتلوث وتدهور البيئة من سوء الوضع، تحتاج ليبيا إلى استراتيجية شاملة ومستدامة تستند إلى مبادئ الإدارة المتكاملة لموارد المياه (IWRM). (Ammar, 2025)) ، ان "لتقاطع الماء والطاقة" في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. ارتباطاً منحرفاً للغاية مع اعتماد ضعيف نسبياً لأنظمة الطاقة على المياه العذبة، لكن اعتماد قوي لأنظمة استخراج وإنتاج المياه على الطاقة. لذا يجب اتخاذ قرارات أكثر تكاملاً بشأن أنظمة البنية التحتية للمياه والطاقة وإعادة استخدام المياه في القطاع الزراعي بدلاً من توسيع أنظمة التحلية المائية والمكلفة مالياً (Siddigi & Anadon, 2011).

2.2.6. تغير الحرارة والجفاف: إن حوالي 46٪ من مساحة سطح العالم مغطاة بالأراضي الجافة، حيث يعيش 3 مليارات شخص وللأسف يشهدون انعدام الأمن المائي وندرة المياه، وتغير المناخ. من المتوقع أن يكون الجانب الشمالي من البحر الأبيض المتوسط، وجنوب إفريقيا، وأمريكا الشمالية والجنوبية الأكثر توسعاً شبه جافاً. وعلى العكس، من المتوقع أن تتقلص الأراضي الجافة في الهند وشمال الصين وشرق إفريقيا الاستوائية والصحراء الجنوبية. (Shubham et al., 2024)، يتوقع العلماء أنه بحلول عام 2100، ستكون حرارة الكوكب قد ارتفعت بمقدارمن2- 3.5 إلى أكثر من 8 °م (Scharping, 2021) وسيزداد مؤشر خطر الجفاف في الأراضي الزراعية من 52.45 إلى 129. بالإضافة إلى ذلك، سيرتفع متوسط هطول الأمطار بنسبة 1٪–3٪ في بعض المناطق (Zhang et al., 2021) وسيزداد بخار الماء الجوي بنسبة 6٪–7٪ لكل وحدة (°م) من ارتفاع درجة الحرارة وفقا لتقرير التقييم الرابع للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ(Bengtsson, 2010; Allan et al., 2022) تشير الأدلة المناخية الحديثة إلى أن ليبيا تواجه اتجاهاً نحو ارتفاع درجات الحرارة وتزايد مخاطر الجفاف.

3.6. المياه الجوفية والنهر الصناعي: تقع ليبيا ضمن حزام الجفاف و تصنف من أفقر دول العالم من حيث الموارد المائية المتجددة ، حيث تقل نسبة المياه للفرد عن 10%من المتوسط العالمي Salah & Fensham, (2025) ، واعتمدت على المياه الجوفية الأحفورية غير المتجددة (Tarek, 2026) 97٪ من إجمالي استهلاك المياه في البلاد يأتي من المياه الجوفية و الينابيع والآبار والنهر الصناعي العظيم (GMMRP) وهو المصدر الرئيسي لإمداد المياه لأكثر من 70% من المدن الليبية وسيساهم في تأمين 2.3 مليارم3 من المياه سنويا و 10 مليارم3 بحلول عام 2035 (Salah & Fensham, 2025) اعتماداً على خط أنابيب ضخم يستخرج المياه الجوفية من آبار عميقة تحت الأرض في داخل صحراء البلاد إلى سواحلها المتوسطية. ليبيا موطن لأكبر مشروع ري في العالم (Benjamin et al.,2023)، عبر شبكة من الأنابيب المدفونة على عمق 7 أمتار تحت الأرض. يبلغ طول الأنبوب 1.600 كم وقطره الداخلي 4 أمتار. بعد انتهاء جميع شبكته سيصبح طول الأنابيب حوالي 4,000 كم (Ehdadan, 2021)، حقق GMMRP أهدافه في تحسين جودة الحياة للسكان، وتخفيف الضغط على طبقات المياه الجوفية الساحلية، وتعزيز التنمية المستدامة دون أي آثار بيئية سلبية Salah & (Fawzi,2025).

4.6. أثر المنشآت النفطية على الأمن المائي الليبي: يمكن تفسير العلاقة من خلال مسارين متعاكسين:

-المسار الأول: النفط كمصدر ضغط، يمكن للنشاط النفطي أن يزيد الضغط على المياه من خلال (النشاط النفطي، مياه مصاحبة ومخلفات، خطر التلوث، تدهور جودة المياه، انخفاض المياه الصالحة للاستخدام، زيادة تكلفة توفير المياه)، وفي المناطق الصحراوية تكون هذه المشكلة أكثر خطورة لأن البدائل محدودة، كما أن إعادة تأهيل المياه الجوفية الملوثة قد تكون شديدة الصعوبة والتكلفة ، وأدت أنشطة الاستكشاف والإنتاج والتوزيع المختلفة إلى تسربات نفطية ضخمة حول العالم EtkinD & (Welch, 2005) وفقا لإحصائيات تسرب النفط التابع لاتحاد مالكي ناقلات التلوث الدولي المحدود (ITOPF)،تساهم التسربات النفطية الكبيرة العرضية في حجم كبير من التلوث في البيئة العالمية (ITOPF,2021) في نيجيريا قدرت الوكالة الوطنية للكشف والاستجابة لتسربات النفط (NOSDRA) عام 2021 أن أكثر من 92 % من المواقع الملوثة بالنفط الخام بقيت غير معالجة، وعمرها أكثر من 10 سنوات، مما يخلق مصدراً مستمراً للتلوث في التربة وأنظمة المياه الجوفية (Michel &Fingas, 2016)، إن التأثير طويل الأمد للتسرب النفطي المسجل سابقاً لا يزال يؤثر على بعض المناطق المنتجة والهشة في النظام البيئي (Chen et al., 2012).

- المسار الثاني: النفط كمصدر للحل، في المقابل يوفر النفط للدولة الموارد المالية اللازمة للاستثمار في (شبكات المياه، محطات التحلية، معالجة مياه الصرف، الطاقة الشمسية، نظم الري الحديثة، مراقبة المياه الجوفية، البحث العلمي، حماية المناطق الزراعية، إنشاء منظومات الإنذار المبكر للجفاف، وعليه فإن المشكلة ليست في النفط بوصفه نشاطاً اقتصادياً فحسب، بل في كيفية إدارة علاقته بالموارد الطبيعية وتوزيع عوائده. منذ اكتشاف النفط في شمال غرب بنسلفانيا على يد إدوين دريك عام 1859 (Wicks, 2009) ازداد الطلب على استكشاف النفط الخام مع مرور الوقت ومع التقدم والتقنيات الجديدة أصبح النفط الخام المصدر الرئيسي لنمو الإيرادات في معظم الدول الغنية بالنفط (Adipahs,2018)

5.6. أثر المنشآت النفطية على الأمن الغذائي الليبي: يؤثر النفط في الأمن الغذائي بصورة مزدوجة، التأثير الإيجابي (تيح الإيرادات النفطية استيراد الموارد الغذائية وتمويل البنية الأساسية والدعم الزراعي)، التأثير السلبي (الاعتماد المفرط على النفط يمكن ان يؤدي إلى إهمال القطاعات الإنتاجية الأخرى، مثل الزراعة والصناعات الغذائية ويجعل الأمن الغذائي مرتبطاً بالقدرة على تمويل الواردات)، ومن هنا تظهر مشكلة ما يسمى الاعتماد الربعي: (النفط , الإيرادات, تمويل الواردات الغذائية) بدلا من: (المياه + الطاقة+ الزراعة المستدامة + الاستثمار) و بالتالي (انتاج غذائي محلي متكيف مع المناخ) . وأخيرا فإن الأمن الغذائي الحقيقي لا ينبغي أن يعتمد فقط على القدرة المالية على شراء الغذاء، وإنما على بناء نظام غذائي قادر على الصمود أمام صدمات المناخ والأسواق والطاقة. تزداد أهمية دراسة العلاقة بين المناخ والمياه والغذاء والنفط في الجنوب الليبي لأن تغير المناخ لا يعمل منفرداً، وإنما يتفاعل مع الضغوط البشرية والاقتصادية والمؤسسية. والجفاف يضغط على الإنتاج الزراعي والرعوي، بينما يمكن للأنشطة النفطية غير المنضبطة بيئياً أن تضيف ضغوطاً على التربة والمياه الجوفية، ومن هنا تبرز أهمية استخدام مدخل ترابط المياه والطاقة والغذاء والنظم البيئة، وهو المدخل الذي بدأت ليبيا بالفعل في تبنيه من خلال مبادرات تدعمها منظمة الأغذية والزراعة والصندوق الأخضر للمناخ بهدف دمج قضايا المناخ والمياه والطاقة والغذاء في إطار واحد. بما يحقق أهداف التنمية المستدامة (SDGs)، المعروفة أيضا بالأهداف العالمية (Naveen (2019، هي الجزء المركزي من أجندة 2030 للتنمية المستدامة (UN,2020a). تتكون من أجندة عالمية تضم 17 هدفا

للاستدامة و169 هدفا للتنمية المستدامة (Martinuzzi & Schönherr, 2019) تم تطويرها من خلال نهج من الأسفل إلى الأعلى، تم الاتفاق على الأهداف في الجمعية العامة للأمم المتحدة عام 2015 ووقعتها ما يقرب من 200 دولة. تغطي مفاهيم معقدة متداخلة (إنهاء الفقر والجوع، تقليل آثار تغير المناخ، المساعدة في تطوير مدن ومجتمعات مستدامة، وتقليل عدم المساواة بين الجنسين، وعدم المساواة العامة الأوسع) حيث سيؤثر العمل في مجال على نتائج مجالات أخرى (Walker et al., 2019). إنها معاهدة قانونية غير ملزمة، لكنها شراكة عالمية مع إرشادات طوعية تهدف إلى العمل بروح التضامن العالمي (Pekmezovic, 2019). كما أن عامل نجاح حاسم آخر هو مشاركة القطاع الخاص.

6.6. ترابط المياه والغذاء والطاقة والنظم البيئية: لا تقتصر آثار تغير المناخ والأمن المائي على البيئة، بل تمتد إلى المجتمع ، فقد يؤدي تراجع المياه و الإنتاج الزراعي إلى ارتفاع تكاليف المعيشة و تراجع دخل الأسرة الزراعية و الرعوية وزيادة البطالة و الهجرة الداخلية و زيادة التنافس على الموارد ارتفاع تكلفة الخدمات زيادة الاعتماد على الإنفاق العام وتعميق الفوارق بين الجنوب و الشمال، وتشير الادبيات الدولية إلى أن مخاطر المناخ في إفريقيا ترتبط بالمياه و الغذاء و الهجرة و سبل العيش و الاستقرار الاجتماعي و لاسيما في المناطق الجافة ومن هنا يمكن اعتبار الأمن المائي في الجنوب الليبي جزءا من الأمن الاقتصادي و الاجتماعي و الوطني و ليس مجرد قضية بيئية ، يؤثر تسرب النفط الخام على أقسام مختلفة من البيئة، كالهواء والمياه السطحية والنباتات والتربة وأنظمة المياه الجوفية (Theodorakis & Walker, 2014)، وإن ديناميكيات تدفق السوائل تحت السطحية متجانسة إلى حد كبير بسبب التفاوت في الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للتربة. (Parker ,1989; Parker, 1989; Pepper et al., 2015)، ووجود ملوثات النفط الخام في التربة والمياه الجوفية يولد مرحلة سائلة إضافية بسبب خصائصها الفيزيائية، مما ينتج عنه نظام تدفق سائل متعدد الأطوار. يؤثر تقسيم الملوثات بين المراحل المختلفة على العمليات التي تحكم مصير ونقل ملوثات النفط الخام في السطح السفلي Kim & Swanson, 2001; (Brusseau, 2019) يتطلب التحقيق في هذه العمليات تصوراً تفصيلياً للموقع يتضمن نهجا متعدد التخصصات (Williams et al., 2006)،في مدينة المرج بليبيا أشارت النتائج إلى أن معظم آبار المياه الجوفية في منطقة الدراسة تظهر تركيزاً أعلى من عدة معايير مقارنة بالحدود المسموح بها لمياه الشرب؛ وبالتالي، فإن المياه في هذه الآبار غير آمنة كيميائيا وبيولوجيا لأغراض الشرب، يجب إجراء مراقبة دورية لجودة المياه وتركيب محطات ترشيح مياه إضافية من قبل الحكومة المحلية للحصول على مياه شرب آمنة (Jauda et al., 2021)

7. مناقشة الحلول التي تقترحها هذه الدراسة التحليلية

في ضوء الدور الاقتصادي الكبير الذي تؤديه المنشآت النفطية في الجنوب الليبي، وما قد يرتبط بأنشطتها من انبعاثات غازات الدفينة وحرق الغاز واستهلاك الموارد الطبيعية والضغط على النظم البيئية، وإن معالجة آثارها لا تستدعي الحد من النشاط النفطي بصورة مباشرة، وإنما يتطلب الانتقال نحو إدارة نفطية أكثر استدامة بحيث تتحول العائدات والإمكانات المرتبطة بالقطاع النفطي إلى أداة لدعم التكيف المناخي وتحقيق الأمن المائي والغذائي والتنمية المستدامة.

مناقشة المحور الأهم في الحلول: كيف يمكن إدارة النشاط النفطي بحيث تخفض هذه الضغوط وتستخدم العوائد النفطية في حماية الأمن المائي والغذائي؟

الحل الأفضل هو الانتقال من إدارة المنشآت النفطية بمعيار الإنتاج فقط إلى إدارة المنشأة وفق معيار (الإنتاج + المياه+ الانبعاثات + الزراعة + التنمية المحلية) وإنشاء نموذج الإدارة النفطية الحساسة للمياه والمناخ، ويمكن تصور السياسة المقترحة كالتالي: (إدارة الانبعاثات والغاز المحروق، إدارة المياه المصاحبة، حماية المياه الجوفية والتربة، رفع طاقة التربة والمياه، تقليل الضغط البيئي والمائي، حماية الإنتاج الزراعي، تعزيز الأمن المائي والغذائي، تنمية مستدامة في الجنوب)،هذا ليس تصوراً نظرياً لأن ليبيا تتحرك حالياً باتجاه تحسين قياس انبعاثات الميثان و إدارتها، وقد أعلنت المؤسسة الوطنية للنفط في 2026عن التزامها بحفض حرق الغاز، تحديث البنية التحتية، استخدام تقنيات متقدمة للرصد و القياس، كما أن ليبيا انضمت إلى إطار OGMP2.0 الخاص بإدارة انبعاثات الميثان UNEP-UN Environment

1.7. الحد من الانبعاثات الناتجة عن المنشآت النفطية وتقليل حرق الغاز والميثان: ينبغي إلزام المنشآت في الجنوب بتطبيق برامج تدريجية لخفض انبعاثات غازات الدفينة مع إعطاء الأولوية للحد من حرق الغاز المصاحب و استرداده و استخدامه في توليد الكهرباء أو العمليات الصناعية ،ويشمل ذلك (إنشاء وحدات لاسترجاع الغاز المصاحب و إصلاح التسريبات في الصمامات و الأنابيب و الخزانات و استخدام أنظمة كشف الميثان بالأقمار الصناعية و الطائرات و المستشعرات الأرضية ، وضع حد أقصى تدريجي لحرق الغاز الروتيني ، ربط استمرار تشغيل بعض المنشآت بمؤشرات أداء بيئية ،و اعتماد أنظمة مستمرة لقياس الانبعاثات وتسربات الميثان وإعداد تقارير بيئية دورية للمنشآت النفطية و ربط التوسع في الإنتاج بمؤشرات واضحة للأداء البيئي) ، وتكتسب هذه الخطوة أهمية خاصة في ظل ارتفاع معدلات حرق الغاز في ليبيا ، إذ تشير بيانات إدارة المعلومات الأمريكية أن ليبيا من أعلى الدول عالمياً في حرق الغاز خلال 2023 ، والميزة الاقتصادية أن تقليل الحرق ليس سياسة مناخية فقط ، فالغاز الذي لا يحرق يمكن أن يتحول إلى طاقة أو منتج ذي قيمة اقتصادية ،وهذا يتوافق مع مبادرة البنك الدولي Zero Routine Flaring by (2030) و التي تهدف إلى انهاء الحرق الروتيني للغاز بحلول 2030

2.7. التعامل مع المياه المصاحبة باعتبارها موردا عالية الخطورة وإدارة دورة المياه المصاحبة دون الاضرار بالمياه الجوفية والتربة والنظم الزراعية؟

المياه المنتجة من أكبر تيارات النفايات الناتجة أثناء استخراج النفط، وقد تحتوي على تركيزات عالية من الأملاح و النفط و الشحوم و المعادن الذائبة و الجزيئية و الإضافات المرتبطة بالإنتاج في المناطق الجافة المنتجة للنفط حيث تكون المياه الجوفية المورد الرئيسي للمياه العذبة في الواحات شرق ليبيا، وبالقرب من مسارات الصرف السطحي أو المستقبلات الزراعية، تبين وجود مخاطر محتملة للمياه المنتجة في حقول النفط على تلوث المياه الجوفية (Taher et al.,2025) ، (haled &Salah, 2025) ويقترح إنشاء نظام إدارة متكامل للمياه المصاحبة لكل حقل يبدا بـ (مراقبة - إعادة استخدام \ حقن آمن - معالجة تصنيف - تحليل قياس)، وقبل أي إعادة استخدام يجب تحليل (الملوحة، العناصر الثقيلة، الهيدروكربونات، المواد الكيميائية، درجة الحموضة، المكونات التي قد تؤثر في التربة والمحاصيل)، ثم تصنيف المياه إلى (مياه قابلة للمعالجة وإعادة الاستخدام في أغراض محددة- مياه مناسبة للحقن وفق ضوابط هندسية - مياه تحتاج إلى معالجة متقدمة، - مياه لا ينبغي استخدامها زراعياً)، وهنا يجب أن تكون هناك قاعدة مهمة جداً بحيث لا ينبغي افتراض أن المياه المصاحبة مصدر مياه زراعية لمجرد توافرها. فالملوحة والتراكيب الكيميائية يختلفان بين الآبار والحقول، وأي إعادة استخدام زراعي يجب أن تستند إلى تحليل مخبري وتقييم للمخاطر. ولدى ليبيا أصلاً امثلة على الحاجة إلى إدارة أفضل للمياه المصاحبة، إذ اشارت دراسة بيئية للمناطق النفطية في الواحات إلى مخاطر مرتبطة بالتخلص السابق من المياه المصاحبة، وأوصت بتحسين إدارة التخلص منها والاعتماد على الحقن كطريقة رئيسية حيث يكون ذلك مناسبا.

3.7. حماية المياه الجوفية من مخاطر النشاط النفطي

نظراً إلى اعتماد الجنوب الليبي بدرجة كبيرة على المياه الجوفية، يجب إنشاء منظومة صارمة لمراقبة نوعية المياه وكمياتها حول الحقول النفطية ،لأن أي تلوث أو استنزاف طويل الأجل قد تكون تكلفته أكبر بكثير من العائد الاقتصادي القصير الأجل للنشاط النفطي ، ويقترح إنشاء (مناطق حماية مائية) حول المنشآت النفطية بحيث يتم تحديد (الآبار الجوفية ، اتجاه المياه الجوفية ،مناطق التغذية ، الآبار الزراعية ، المناطق الزراعية ، مواقع الحقن ، مواقع تخزين المواد النفطية و الكيميائية ، ثم إنشاء شبكة آبار مراقبة حول المنشآت النفطية)، ويتم قياس المياه دورياً من حيث (المنسوب ، الملوحة، الهيدروكربونات ، العناصر الكيميائية ، الخصائص الأساسية للمياه) ، وإنشاء محطات مراقبة دورية للمياه الجوفية، و الكشف المبكر عن أي تسريبات للمواد الهيدروكربونية والزام الشركات بمعالجة

المخلفات و السوائل الناتجة عن عمليات الإنتاج قبل التخلص منها، إضافة إلى تحديد مناطق حماية حول مصادر المياه الجوفية. وتتوافق هذه الإجراءات مع الاتجاه الوطني الحديث نحو الإدارة المستدامة للمياه، فقد اعتمدت ليبيا استراتيجية وطنية للأمن المائي تمتد إلى عام 2050، ترتكز على الإدارة المتكاملة للمياه وربطها بالأمن الغذائي والطاقة والتكيف مع تغير المناخ. ففي مصراتة تواجه موارد المياه مشاكل بسبب الضخ المفرط للمياه الجوفية، مما يؤدي إلى دخول مياه البحر المالحة إلى مياه الشرب. كما أن دخول النفايات الزراعية ومياه الصرف الصحي إلى الأرض تسبب في ارتفاع تلوث النترات والفوسفات في المياه الجوفية في جميع أنحاء مصراتة، أظهرت الأقسام الصناعية في المدينة تركيزات عالية من الكادميوم والرصاص، مما عرض استقرار البيئة وصحة الإنسان للخطر. ينتج تلوث المياه الجوفية في مصراتة عن العمليات الصناعية واستخراج المياه الجوفية المفرط مع ممارسات معالجة مياه الصرف الصحي غير الكافية (Hassan et al.,2026).

4.7. إعادة تأهيل المناطق المتضررة من النشاط النفطي: ينبغي إلزام الشركات النفطية بتنفيذ برامج لإعادة تأهيل المواقع التي تعرضت للتلوث أو التدهور نتيجة عمليات الحفر والإنتاج والنقل والتخزين، ويشمل ذلك معالجة التربة الملوثة، وإعادة تأهيل المناطق المتضررة، ومراقبة الآثار البيئية طويلة المدى، مع تطبيق مبدأ (الملوث يدفع) بحيث تتحمل الجهة المتسببة في الضرر جزء أ واضحا من تكاليف المعالجة والإصلاح. تم تسجيل تركيزات مرتفعة للمعادن الثقيلة في زليتن واللهيب والجبل في حوض سرت، بما في ذلك الزئبق (100 ملغ/لتر)، والحديد (105 ملغ/لتر)، والرصاص (65 ملغ/لتر) وهي تفوق بكثير الحدود البيئية الأمنة. تسهم الأيونات غير العضوية، مثل الكلوريد (26,658 ملغ/لتر)، والنترات (10,034 ملغ/لتر)، والبيكربونات (12,806 ملغ/لتر)، في زيادة ملوحة التربة ومخاطر تلوث المياه الجوفية. تُبرز هذه النتائج التأثير البيئي الخطير لانبعاث المياه المصاحبة، بما في ذلك تدهور التربة، واضطراب الأنظمة البيئية، والتهديدات للصحة العامة.

5.7. إنشاء نظام (إنذار مبكر) متكامل للرصد البيئي والمناخي: يمكن أن يكون مشروعاً تطبيقياً مهماً جداً من خلال إنشاء قاعدة بيانات موحدة تربط بين بيانات النفط والمياه والمناخ والزراعة والبيئة في الجنوب الليبي, ويمكن استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لمراقبة (تغير الغطاء النباتي والتصحر ومستويات المياه الجوفية ومناطق التلوث و التغير في استخدامات الأراضي)، وسيتيح ذلك الانتقال من معالجة المشكلات بعد حدوثها إلى الإنذار المبكر وإدارة المخاطر، مثلا(ارتفاع انتاج النفط = احتمال زيادة الضغط البيئي، ارتفاع المياه المصاحبة = ضرورة زيادة المعالجة \الحقن ، ارتفاع الملوحة = انخفاض منسوب المياه الجوفية ، تقييد السحب ،= ارتفاع الحرارة ، زيادة خطر الاجهاد المائي = انخفاض الهطول ، زيادة هشاشة الزراعة = انخفاض الإنتاج الزراعي = خطر على الأمن الغذائي ، ارتفاع الميثان \الحرق = تدخل فوري)، وهنا يصبح لدينا إدارة استباقية بدل انتظار ظهور الضرر. وعليه لتحقيق حماية فعالة للمياه الجوفية، هناك حاجة إلى برامج مراقبة متكاملة، وإدارة مستدامة للمياه، والوقاية من التلوث، واستخدام تقنيات معالجة مناسبة وخطة حماية طويلة الأمد في ليبيا (Nuri S. Alnaass.et al.,2026)

6.7. ربط القطاع النفطي بالأمن الغذائي: ينبغي وضع ميزانية مائية للحقل النفطي ثم مقارنة استهلاك المنشأة بالقدرة المتاحة للنظام المائي المحلي أي لا ينبغي أن يؤدي توسع الإنتاج النفطي تلقائيا إلى زيادة غير محدودة في استخدام المياه الجوفية، ويمكن وضع حدود للسحب المائي مرتبطة بحالة الخزان الجوفي، فإذا انخفض مستوى المياه الجوفية وارتفعت الملوحة يجب أن تدخل المنشأة في نظام إنذار وتراجع عمليات السحب، كما ينبغي توجيه جزء من الاستثمارات النفطية نحو دعم الإنتاج الزراعي المستدام في الجنوب، خاصة في المناطق القابلة للزراعة مع عدم التوسع الزراعي بصورة تؤدي إلى استنزاف المياه الجوفية. ويشمل ذلك استخدام تقنيات الري بالتنقيط والري الذكي، وتحسين كفاءة استخدام المياه، وتشجيع المحاصيل الأقل استهلاكاً للمياه، وإنشاء مشروعات للطاقة الشمسية لتشغيل الآبار ومرافق الري. ويجب التعامل مع المياه والطاقة والغذاء كمنظومة واحدة وهو الاتجاه الذي تتبناه حاليا المبادرات الوطنية والدولية في ليبيا من خلال مفهوم ترابط المياه والطاقة والغذاء والنظم البيئية WEFE (Nexus).

7.7. الزراعة الذكية مناخياً: لا ينبغي أن يكون الهدف التوسع الزراعي التقليدي الذي يزيد استهلاك المياه الجوفية ، بل يجب الانتقال إلى الزراعة الذكية مناخياً من خلال :الري بالتنقيط الري المحسوب ، اختيار المحاصيل قليلة الاستهلاك للمياه البيوت المحمية استخدام الطاقة الشمسية إعادة استخدام المياه المعالجة تحسين خصوبة التربة استخدام أصناف مقاومة للحرارة و الجفاف تطوير الإنتاج الحيواني المتكيف مع الظروف الصحراوية ،و تعمل منظومة الأغذية و الزراعة حالياً في ليبيا على مبادرات لتحسين كفاءة مياه الري وبناء قدرة المزارعين والرعاة على مواجهة المخاطر المناخية

8.7. ربط الترخيص النفطي بالأداء البيئي: وهذه نقطة مؤسسية مهمة جدا وينبغي ألا يكون الترخيص النفطي قائماً فقط على (كم برميلاً تنتج؟ بل أيضاً، كم من الماء تستخدم؟ كم غازاً تحرق؟ كم ميثاناً تطلق؟ كيف تدير المياه المصاحبة؟ هل توجد مراقبة للمياه الجوفية؟ ما مستوى المخاطر على الزراعة؟) وبالتالي يمكن إنشاء مؤشر أداء بيئي للمنشأة النفطية ويصبح جزءاً من تقديم أداء الشركات والمنشآت وهذا الاتجاه يتوافق مع التطور الحالي في ليبيا نحو زيادة الشفافية والقياس والإبلاغ والتحقق من انبعاثات قطاع النفط والغاز (UNEP-UN Environment Program)، في زليتن وفي أوائل 2024، شكل تلوث المياه الجوفية مخاطر صحية كثيرة نتيجة التفاعلات بين المحركات البشرية و البيئة الطبيعية لحوض وادي ماجر، تظهر النتائج أن امدادات المياه غير المنضبطة إلى جانب من مياه الصرف الصحي يساهم بشكل كبير في ارتفاع مستويات المياه الجوفية ، لذا لابد من الإدارة المتكاملة لموارد المياه و الاستثمار في مرافق معالجة مياه الصرف و تعزيز الوعي العام (Khaldoon et al., 2025).

9.7. استخدام الطاقة الشمسية في المنشآت النفطية: يمتلك الجنوب الليبي إمكانات كبيرة للطاقة الشمسية ، ولذلك يمكن تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري في تشغيل بعض المرافق و الخدمات النفطية من خلال إنشاء محطات شمسية هجينة لتوفير الكهرباء، يمكن ادخال الطاقة الشمسية للمرافق المساندة ، أنظمة تخزين الطاقة ، المضخات الشمسية حيث تكون مناسبة ، أنظمة هجينة ، تحسين كفاءة المحركات و المضخات) ، الفكرة ليست تحويل الحقول النفطية إلى حقول طاقة شمسية بل تقليل استهلاك الوقود و الانبعاثات المرتبطة بالطاقة المستخدمة داخل المنشأة ، و الأهم أن هذا يخلق علاقة إيجابية بين النفط و التنمية ليتحقق هدفين متزامنين: تقليل الوقود ، وتوفير كميات من النفط والغاز للاستثمارات الاقتصادية ،كما يمكن أن تمتد مشروعات الطاقة الشمسية إلى المجتمعات المحيطة بالحقول النفطية ، بحيث تصبح المنشآت النفطية جزءاً من منظومة تنمية محلية مستدامة.

10.7. تعزيز مشاركة المجتمعات المحلية: يجب أن يكون هناك حوكمة محلية للموارد وينبغي اشراك سكان مناطق الجنوب والبلديات والجامعات ومؤسسات المجتمع المدني في التخطيط للأنشطة النفطية والمشروعات البيئية والتنموية، ويعد ذلك مهما لتحقيق العدالة البيئية والاجتماعية، خصوصا عندما تكون المجتمعات المحلية معرضة في الوقت نفسه لمخاطر شح المياه وتراجع الإنتاج الزراعي والآثار المحتملة للتغير المناخي، لأن الاستدامة لا تتحقق بتقنية جيدة داخل المنشأة إذا كان المجتمع المحيط لا يحصل على خدمات المياه والزراعة والتنمية. وفي تاجورا، ليبيا، تجاوز تلوث المياه الجوفية بالهيدروكربونات البترولية الناتجة تسرب خزانات التخزين تحت الأرض في محطات الوقود الحدود المسموح بها وفق معايير مياه الشرب في ليبيا والاتحاد الأوربي (0.3 ملغ |ليتر) ويشكل مخاطر صحية طويلة الأمد (Brika et al.,2026).

11.7. إنشاء صندوق بيئي وتنموي خاص بالجنوب: يمكن تخصيص نسبة محددة من العوائد النفطية المتحققة من الحقول و المنشآت في الجنوب

لإنشاء صندوق للتنمية البيئية و المناخية للجنوب الليبي ، وبدلاً من العلاقة (نفط -إيرادات – انفاق عام) تقترح هذه الدراسة التحليلية (نفط – إيرادات – صندوق تنمية مائي وزراعي -استثمارات في الجنوب)، يمول الصندوق مشروعات مثل(مراقبة المياه الجوفية ، صيانة الآبار، تطوير مصادر المياه و صيانة شبكاتها ، الطاقة الشمسية للمناطق والقرى النائية ، مشروعات الزراعة المستدامة ، مكافحة التصحر و استعادة الغطاء النباتي ، معالجة التلوث الناتج عن الأنشطة النفطية ، دعم المجتمعات المحلية المتأثرة بالتغيرات المناخية ، تمويل الدراسات و البحوث المتعلقة بالمياه و المناخ و الزراعة وبذلك لا تقتصر الاستفادة من النشاط النفطي على العائد الاقتصادي المباشر وإنما يتحول جزءاً منه إلى استثمار طويل الأجل في رأس المال الطبيعي و البشري ، وهكذا نستخدم القناة الاقتصادية الإيجابية للنفط لتعويض وتقليل جزء من آثاره البيئية ، وهذا يتناسب مع واقع الاقتصاد الليبي ، إذ لا يزال النفط و الغاز يمثلان الجزء الأكبر من الاقتصاد و الإيرادات ومع التقدم والتقنيات الجديدة أصبح النفط الخام المصدر الرئيسي لنمو الإيرادات في معظم الدول الغنية بالنفط (Adipahs,2018) ، بينما توجد فجوات واضحة في الخدمات ، بما فيها المياه و الكهرباء ، و توجد تفاوتات إقليمية كبيرة.

12.7. الحوكمة والمؤسسات: من أهم أسباب ضعف الاستجابة للمخاطر المناخية وجود تداخل بين القطاعات والمؤسسات فالمياه تدار من مؤسسات والزراعة من مؤسسات أخرى والطاقة والنفط من مؤسسات مختلفة بينما تقع البيئة في نطاق مؤسسي اخر وهذا يؤدي إلى اتخاذ قرارات قد تكون مفيدة لقطاع لكنها مضرة لقطاع اخر ،مثلاً زيادة انتاج النفط قد تكون مفيد اقتصادياً ولكن إذا لم تراع إدارة المياه المصاحبة فقد تزيد المخاطر البيئية، وكذلك التوسيع الزراعي قد يزيد الأمن الغذائي قصير الاجل ولكنه قد يهدد المخزون الجوفي إذا لم يكن مستداماً لذلك تحتاج ليبيا إلى آلية مؤسسية تنسق بين:(المياه+ النفط+ الزراعة + البيئة+ الطاقة+ الحكم المحلي+ الجامعات)، وتتوافق هذه الرؤية مع المبادرات الحالية الخاصة بإطار WEFEفي ليبيا والتي تدعوا إلى تحسين التنسيق بين المؤسسات والقطاع الخاص والمجتمع المدني والجامعات. وأخيراً إن العلاقة بين المنشآت النفطية و التغير المناخي و الأمن المائي و الغذائي و التنمية المستدامة هي علاقة متشابكة و ليست قضايا منفصلة .و تزداد أهمية الموضوع في الجنوب الليبي ، فالتقييم الاممي للجنوب يشير إلى ترابط مخاطر شح المياه و الأمن الغذائي و الهشاشة المؤسسية ، بينما تواجه ليبيا عموماً اجهاداً مائياً شديداً و اعتماداً كبيراً على المياه الجوفية الأحفورية كما أن ليبيا اعتمدت في 2026إطاراً مناخياً وطنياً يتضمن المساهمات المحددة وطنياً و خطة التكيف الوطنية ,مع إعطاء اولوية للمياه و الزراعة و إدارة الأراضي .وعليه يجب اتخاذ الحلول و التدابير المقترحة للحد من الآثار البيئية و المناخية للمنشآت النفطية في الجنوب الليبي و تعزيز الأمن المائي و الغذائي و التنمية المستدامة.

13.7. التنمية المستدامة في الجنوب الليبي (نموذج ترابط المياه والطاقة والغذاء والنظم البيئية)

يتلخص الوضع في الجنوب الليبي في النموذج الاتي: تغير المناخ (ارتفاع الحرارة +زيادة الجفاف +تغير الهطول)، يعمل على زيادة الطلب على المياه والضغط على المياه الجوفية وارتفاع تكلفة الزراعة وبالتالي زيادة الاعتماد على واردات الغذاء وفي الوقت نفسه يؤمن النفط والغاز (الإيرادات + الطاقة + فرص العمل) ، ولكن من جهة أخرى (مياه مصاحبة+ مخلفات+ تسربات +انبعاثات مما يؤدي إلى مخاطر على التربة والمياه وتراجع جودة الموارد الطبيعية)، أخيرا فان الحلقة النهائية هي: المناخ، المياه، الغذاء، الاقتصاد، الاستقرار الاجتماعي، مع وجود النفط كعامل يمكن أن يزيد الضغط أو يوفر الموارد المالية للحل. ترتبط الحالة الجنوبية بعدد كبير من أهداف التنمية المستدامة، وخاصة، الهدف 2: القضاء على الجوع وتحقيق الأمن الغذائي، الهدف 6: المياه النظيفة والنظافة الصحية، الهدف 7: الطاقة النظيفة وبأسعار معقولة، الهدف 8: العمل اللائق والنمو الاقتصادي، الهدف 12: الاستهلاك والإنتاج المسؤولان، الهدف 13: العمل المناخي، الهدف 15: الحياة في البر، الهدف 16: المؤسسات القوية، الهدف 17: الشراكات. ولا يمكن تحقيق هذه الأهداف بصورة منفصلة، على سبيل المثال، لا يمكن توسيع الزراعة من دون مراعات استدامة المياه، ولا يمكن توسيع انتاج النفط من دون حماية البيئة، ولا يمكن معالجة تغير المناخ دون تغيير نمط الطاقة، ولا يمكن تحقيق التنمية المحلية من دون مؤسسات فعالة.

14.7. السياسات والمؤشرات:

يمكن تحويل كل ذلك إلى نموذج سياسات واضح لإدارة المنشآت النفطية المستدامة في الجنوب الليبي كالتالي:

1- تقليل الأثر المناخي (انطلاقاً من حرق الغاز – تسرب الميثان – استهلاك الطاقة – الانبعاثات)
2- حماية الموارد المائية (انطلاقاً من إدارة المياه المصاحبة – مراقبة المياه الجوفية – ضبط السحب – منع التلوث)
3- حماية الزراعة (مياه أكثر أماناً – ري أكثر كفاءة، حماية التربة، دعم الإنتاج الزراعي)
4- استخدام العوائد النفطية (إيرادات النفط، استثمار في المياه والطاقة والزراعة والبنية التحتية)
5- النتيجة النهائية (أمن مائي أقوى، أداء زراعي أفضل، أمن غذائي أعلى، انبعاثات أقل، تنمية مستدامة للجنوب الليبي)

إن زيادة النشاط تؤثر في الأمن الغذائي عبر تدهور جودة المياه ، وإن السياسة المناسبة ليست خفض الإنتاج النفطي ، وإنما(تشديد إدارة المياه المصاحبة ومراقبة المياه الجوفية وربط التوسع النفطي بالاستثمار في البنية التحتية المائية و تعظيم العائد التنموي من الإيرادات النفطية)،وعليه، يمكن اقتراح حدود بيئية و مائية للنشاط النفطي ، وتحديد الشروط المؤسسية و التقنية و الاقتصادية التي تجعل النشاط النفطي أقل ضغطاً على المناخ و المياه و الزراعة و أكثر قدرة على تمويل التنمية المستدامة و الأمن الغذائي ، لذا نجد أن المؤسسة الوطنية للنفط أعلنت في يوليو 2026 عن إجراءات لتقليل الحرق و الانبعاثات و تحديث البنية التحتية ، بينما تشير UNEP إلى وجود حالات فعلية لاكتشاف انبعاثات الميتان في مواقع ليبية و الاستجابة لها عبر نظام (MARS) UNEP-UN Environmental Program

1.14.7. جدول السياسات والمؤشرات: تقترح هذه الدراسة التحليلية (جدول السياسات والمؤشرات) أدناه والذي يوضح مصفوفة الحلول والتدابير المقترحة في إطار متكامل، تكشف نتائج الدراسة أن الضغوط المرتبطة بالمنشآت النفطية في الجنوب الليبي لا تعمل بصورة منفصلة، وإنما تتفاعل ضمن منظومة بيئية واقتصادية واجتماعية مترابطة. ولذلك إن معالجة هذه الضغوط تتطلب الانتقال من التدخلات الجزئية إلى حزمة من السياسات والتدابير المتكاملة، التي تربط بين خفض الآثار البيئية للنشاط النفطي وتعزيز الأمن المائي والغذائي والقدرة على التكيف مع تغير المناخ، وتوضح المصفوفة العلاقة بين طبيعة الضغط أو المشكلة والآثار المترتبة عليها والتدخلات المقترحة والجهات المعنية بالتنفيذ ومصادر التمويل الممكنة فضلا عن مؤشرات كمية أو نوعية يمكن استخدامها لمتابعة مستوى الإنجاز وقياس فعالية السياسات والجدول التالي يوضح ذلك

الجدول 1: يوضح السياسات والمؤشرات لمصفوفة المشاكل والحلول المقترحة لمشكلة الجنوب الليبي

المشكلة أو الضغط	الأثر المحتمل	التدبير المقترح	الجهات المسؤولة	مصادر التمويل	مؤشرات القياس
ارتفاع انبعاثات المنشآت النفطية	زيادة البصمة الكربونية والمساهمة في تغير المناخ وتدهور جودة الهواء	تطوير برامج لخفض الانبعاثات وتحسين كفاءة الطاقة وإنشاء منظومة منتظمة لقياس الانبعاثات ولاسيما غاز الميثان	المؤسسة الوطنية للنفط وزارة البيئة الشركات النفطية	عوائد القطاع النفطي والاستثمارات البيئية	انخفاض كثافة الانبعاثات لكل طن من الإنتاج وانتظام عمليات القياس والإبلاغ
حرق الغاز المصاحب	فقدان مورد اقتصادي قابل للاستغلال وزيادة انبعاثات الغازات الدفيئة	استرداد الغاز المصاحب وتوجيهه إلى توليد الكهرباء او الاستخدامات الصناعية مع	المؤسسة الوطنية للنفط والشركات المشغلة	استثمارات الشركات وعوائد القطاع النفطي	انخفاض كميات الغاز المحروق سنويا وارتفاع نسبة الغاز المستورد

			تطوير البنية التحتية اللازمة		
مخاطر تلوث المياه الجوفية	تهديد أحد أهم مصادر المياه للسكان والأنشطة الزراعية وزيادة تكلفة المعالجة	إنشاء شبكة لرصد نوعية المياه الجوفية وتشديد الرقابة على التسريبات والمخلفات النفطية ووضع خطط للاستجابة للحوادث	وزارة الموارد المائية وزارة البيئة المؤسسة الوطنية للنفط	الميزانية العامة والصندوق البيئي ومصادر التمويل الدولية	عدد محطات الرصد وتغير مؤشرات جودة المياه وعدد حوادث التلوث المسجلة والمعالجة
استنزاف المياه الجوفية	انخفاض المخزون المائي وتراجع الأمن المائي والزراعي وارتفاع مخاطر العجز المستقبلي	تطبيق إدارة متكاملة للموارد المائية وربط التوسيع الزراعي بمعدلات السحب المستدامة وقدرة الخزانات الجوفية	الجهات المختصة بالمياه والزراعة والبلديات	التمويل العام والتمويل الدولي	معدل السحب مقارنة بمعدل التغذية واتجاهات مناسيب المياه الجوفية
الاعتماد المرتفع على الوقود لتشغيل المنشآت	ارتفاع استهلاك الوقود وتكاليف التشغيل والانبعاثات	التوسع التدريجي في استخدام الطاقة الشمسية والأنظمة الهجينة في المنشآت النفطية والمرافق المرتبطة بها	المؤسسة الوطنية للنفط والجهات المختصة بالطاقة	استثمارات القطاع النفطي والتمويل المناخي	نسبة الطاقة الكهربائية المنتجة من مصادر متجددة وانخفاض استهلاك الوقود
تراجع الإنتاج الزراعي	زيادة هشاشة الأمن الغذائي وارتفاع الاعتماد على الامدادات الخارجية	دعم الزراعة الذكية مناخيا وتطوير تقنيات الري الحديث وتشجيع المحاصيل الأقل استهلاكا للمياه	الجهات المختصة بالزراعة والبلديات	برامج التنمية والتمويل الدولي	إنتاجية وحدة المياه ومساحة الزراعة المستدامة وانخفاض استهلاك المياه الزراعية
التصحر وتدهور الأراضي	فقدان الإنتاجية الزراعية وتدهور النظم البيئية وزيادة هشاشة المجتمعات المحلية	تنفيذ برامج لإعادة تأهيل الأراضي ومكافحة التصحر واستعادة الغطاء النباتي	الجهات المختصة بالبيئة والزراعة والبلديات	الصندوق البيئي وتمويل المناخ	مساحة الأراضي التي تمت إعادة تأهيلها ونسبة استعادة الغطاء النباتي
التلوث الناتج عن المنشآت النفطية	تدهور التربة والنظم البيئية وارتفاع تكاليف استعادة الأراضي	إلزام الشركات ببرامج للوقاية والمعالجة وإعادة التأهيل وتطبيق مبدا الملوث يدفع وفق إطار قانوني ورقابي واضح	المؤسسة الوطنية للنفط والجهات الرقابية والبيئية	الشركات المتسببة بالضرر	عدد المواقع الملوثة التي تمت معالجتها ونسبة استعادة وظائف الأراضي
ضعف تكامل البيانات البيئية	صعوبة تقييم المخاطر والتنبؤ بها	إنشاء قاعدة بيانات وطنية موحدة	الجهات الحكومية والجامعات ومراكز	الميزانية العامة والتمويل الدولي	اكتمال قاعدة البيانات وانتظام
والمناخية	وضعف كفاءة اتخاذ القرار	ومتكاملة تشمل بيانات النفط والمياه والمناخ والزراعة والبيئة	البحوث		تحديثها وعد الجهات المستفيدة منها
ضعف مشاركة السكان المحليين	انخفاض القبول الاجتماعي للمشروعات وارتفاع احتمالات النزاع حول الموارد	ادماج البلديات والمجتمعات المحلية والجامعات في عمليات الخطيط والرقابة وتقييم الآثار	البلديات والمؤسسة الوطنية للنفط والجهات الحكومية	عوائد النفط وبرامج المسؤولية الاجتماعية	عدد اليات المشاركة ونسبة المشروعات التي تتضمن مشاركة محلية ومستوى رضى المجتمعات

2.14.7.. القراءة التحليلية للمصفوفة

- تظهر المصفوفة أن خفض الآثار البيئية للنشاط النفطي ينبغي ألا يعامل باعتباره هدفاً منفصلاً عن أهداف التنمية المحلية، فمعالجة الانبعاثات لا يقتصر على البعد المناخي وإنما يمكن أن تتقاطع مع تحسين كفاءة استخدام الطاقة وخفض تكاليف التشغيل، وبالمثل فان الحد من حرق الغاز المصاحب يمثل في الوقت نفسه اجراء لخفض الانبعاثات واستراتيجية لاستعادة مورد اقتصادي يمكن توظيفه في توليد الكهرباء أو دعم أنشطة إنتاجية أخرى.

- في مجال المياه، تبرز الحاجة إلى الانتقال من مفهوم الحماية اللاحقة للمياه الجوفية إلى الإدارة والوقاية للمخاطر، ويعني ذلك إنشاء نظم مستمرة للرصد والإنذار المبكر، وربط عمليات استخراج المياه بمؤشرات الاستدامة الهيدرولوجية، وتعزيز الرقابة على المنشآت النفطية ومصادر التلوث المحتملة وتكتسب هذه المقارنة أهمية خاصة لأن تدهور نوعية المياه أو انخفاض مخزونها يمكن أن ينتقل أثره من المجال البيئي إلى المجال الزراعي والاجتماعي والغذائي.

- في القطاع الزراعي، إن الاستجابة لا ينبغي أن تركز فقط على زيادة الإنتاج، بل على رفع كفاءة إنتاج الغذاء لكل وحدة من المياه والطاقة والأرض ومن هنا تبرز أهمية الزراعة الذكية مناخياً، وتقنيات الري الحديثة، واختيار المحاصيل الملائمة للظروف المناخية والمائية المحلية (كالقطن مثلا) ويعمل هذا التوجه إلى تقليل الضغط على الموارد المائية مع الحفاظ على الوظيفة الاقتصادية والاجتماعية للزراعة في المجتمعات المحلية.

- تشير المصفوفة أن الطاقة المتجددة يمكن أن تمثل حلقة وصل بين القطاع النفطي وسياسات التكيف المناخي، فالتوسع في الطاقة الشمسية والهجينة في المناطق والمنشآت المناسبة يمكن أن يقلل استهلاك الوقود والانبعاثات، كما يمكن أن يحرر جزءاً من الموارد الهيدروكربونية لاستخدامات اقتصادية أكثر كفاءة، ومن ثم لا ينبغي النظر إلى الطاقة المتجددة بوصفها بديلا فوريا للنشاط النفطي بل باعتبارها أداة لإعادة هيكلة مزيج الطاقة تدريجياً وتحسين كفاءة استخدام الموارد.

8. . الاستنتاج المركزي للدراسة التحليلية:

إن العلاقة بين المنشآت النفطية و التغير المناخي و الأمن المائي و الأمن الغذائي في الجنوب الليبي ينبغي أن تفهم باعتبارها منظومة مترابطة ضمن إطار التنمية المستدامة وليس باعتبارها مجموعة من المشكلات القطاعية المستقلة ، فالنشاط النفطي قد يسهم في ظل ضعف الإدارة البيئية و غياب بعض آليات الرقابة و الرصد في زيادة الضغوط المناخية و البيئية من خلال (انبعاثات غازات الدفينة وحرق الغاز المصاحب و استهلاك الموارد ومخاطر تلوث التربة و المياه) ، في المقابل ، يوفر القطاع النفطي موارد مالية و تقنية يمكن توجيه جزء منها نحو (بناء القدرة على التكيف مع تغير المناخ وحماية الموارد المائية وتحسين كفاءة الإنتاج الزراعي و التوسع في مصادر الطاقة المتجددة و إعادة تأهيل الأراضي المتدهورة) ، و عليه ، فإن الاستجابة الأكثر ملاءمة لواقع الجنوب الليبي لا تمثل بالضرورة في إيقاف النشاط النفطي و إنما في إعادة تنظيم العلاقة بين النشاط النفطي و رأس المال الطبيعي و التنمية المحلية بما يضمن تقليل الآثار البيئية للنشاط من جهة و توجيه جزء من العوائد المتأتية من استغلال الموارد الناضبة

نحو الاستثمار في الموارد و القطاعات الأكثر استدامة من جهة أخرى ، و يشمل ذلك بصورة خاصة (المياه و الأراضي الزراعية و الطاقة المتجددة والبنية التحتية البيئية والبحث العلمي ورأس المال البشري) وبذلك ، يصبح التحدي الرئيسي ليس في المفاضلة بين التنمية النفطية و حماية البيئة وإنما في بناء نموذج حوكمة قادر على توظيف العائدات النفطية في حماية قاعدة الموارد الطبيعية التي تعتمد عليها الأجيال الحالية و المقبلة مع ضمان توزيع أكثر كفاءة و عدالة للمنافع الاقتصادية و الاجتماعية للنشاط النفطي ،وعليه يمكن إدراج استنتاجات هذه الدراسة التحليلية أدناه :

- يمثل تغير المناخ تضاعفا للمخاطر الموجودة أصلاً في الجنوب الليبي وليس السبب الوحيد لأزمة المياه.
- يعتمد الأمن المائي الليبي بدرجة كبيرة على موارد جوفية احفورية، الامر الذي يجعل التنمية المستدامة لهذه الموارد ضرورة وطنية.
- يرتبط الأمن الغذائي ارتباطاً وثيقاً بالأمن المائي، ولا يمكن تحقيق إنتاج زراعي مستدام في الجنوب الليبي من دون إدارة دقيقة للمياه.
- تحتوي مناطق الجنوب على تداخل استراتيجي بين موارد المياه الجوفية وحقول النفط، الأمر الذي يرفع أهمية الحماية البيئية.
- يمكن للمنشآت النفطية أن تمثل مصدراً لمخاطر التلوث من خلال المياه المصاحبة والمخلفات والتسريبات، وقد وثقت دراسات محلية مخاطر بيئية مرتبطة بهذه الأنشطة.
- في المقابل، يمثل قطاع النفط المصدر المالي الأكبر القادر على تمويل التكيف المناخي والاستثمار في المياه والطاقة المتجددة والزراعة المستدامة.

9. . التوصية الاستراتيجية الجامعة للدراسة التحليلية:

توصي الدراسة بتبني إطار وطني متكامل (النفط ، المناخ ، المياه ، الغذاء) في الجنوب الليبي ، بحيث ترتبط خطط تطوير المنشآت و الأنشطة النفطية بصورة مباشرة بسياسات (خفض الانبعاثات و التكيف مع تغير المناخ و الإدارة المستدامة للموارد المائية وتعزيز الأمن الغذائي)، و ينبغي أن يحدد هذا الإطار بصورة واضحة أدوار ومسؤوليات المؤسسة الوطنية للنفط و الجهات الحكومية المختصة و البلديات و الشركات النفطية و الجامعات ومراكز البحوث و المجتمعات المحلية ، و أن يتضمن آليات مستقرة للتمويل و برامج تنفيذية ذات آجال زمنية محددة و مؤشرات بيئية و اقتصادية قابلة للقياس و المراجعة الدورية ، وإن نجاح السياسة المقترحة لا يقاس باستمرار الإنتاج النفطي فقط ، و إنما بقدرتها على تحقيق توازن مستدام بين الكفاءة الاقتصادية و الحماية البيئية و والأمن المائي و الغذائي و التنمية المحلية ، وعليه توصي هذه الدراسة التحليلية بالتالي:

إدماج البعد المناخي والبيئي في جميع خطط تطوير المنشآت النفطية في الجنوب الليبي.

وضع معايير بيئية إلزامية للمنشآت النفطية تتعلق بالانبعاثات وحرق الغاز، وإدارة المخلفات، وحماية المياه الجوفية.

تخصيص جزء من الإيرادات النفطية لتمويل مشروعات الأمن المائي والغذائي والتكيف مع تغير المناخ في المناطق المنتجة.

إعطاء الأولوية للحد من حرق الغاز المصاحب والاستثمار في جمع الغاز واستخدامه بدلاً من حرقه.

تطوير منظومة وطنية لمراقبة المياه الجوفية في الجنوب وربط نتائجها بعمليات منع التراخيص والتوسع في الأنشطة النفطية والزراعية.

التوسع في استخدام الطاقة المتجددة وخاصة الطاقة الشمسية، في المنشآت النفطية والمناطق المحيطة بها.

تشجيع الزراعة الذكية مناخياً التي تحقق انتاجاً غذائياً أكبر باستخدام كميات أقل من المياه والطاقة.

اجراء تقييمات دورية للأثر البيئي والمناخي للمنشآت النفطية وعدم الاكتفاء بالتقييم عند إنشاء المشروع.

تطبيق مبدأ التنمية المستدامة في توزيع عوائد النشاط النفطي بحيث تتحول الثروة النفطية إلى استثمارات مستدامة في المياه والغذاء والطاقة المتجددة والتعليم والصحة والبنية التحتية.

إنشاء الية تنسيق دائمة بين المؤسسة الوطنية للنفط ووزارات البيئة والموارد المائية والزراعة والتخطيط والبلديات والجامعات لضمان التعامل بين النفط والمياه والغذاء والمناخ بصورة متكاملة.

إنشاء مؤشرات وطنية لقياس الأداء البيئي للقطاع النفطي تشمل كافة الانبعاثات وحجم الغاز المحروق واستهلاك المياه وحالات تلوث التربة والمياه وحجم الانفاق على إعادة التأهيل البيئي.

دعم البحث العلمي المحلي لدراسة الآثار طويلة الأجل للنفط في الجنوب الليبي على المياه الجوفية والتربة والزراعة والصحة العامة والتنوع البيولوجي.

توجيه جزء من التمويل المناخي الدولي نحو الجنوب الليبي باعتباره من المناطق التي تتقاطع فيها مخاطر التغيير المناخي مع شح المياه والأمن الغذائي والهشاشة الاقتصادية والاجتماعية.

تبني نهج الترابط بين المياه والطاقة والغذاء والبيئة والمناخ بدلاً من معالجة كل قطاع بصورة مستقلة بما يضمن تحقيق أكبر قدر من الكفاءة وتقليل التعارض بين احتياجات القطاعات المختلفة.

10. الخاتمة

يتضح في الدراسة التحليلية أن قضية تغير المناخ في الجنوب الليبي لا يمكن التعامل معها باعتبارها قضية بيئية منفصلة بل هي قضية ترتبط بصورة مباشرة بالأمن المائي والغذائي والطاقة والتنمية والاستقرار الاجتماعي ، فالجنوب يقع في قلب مفارقة استراتيجية فهو يحتوي على جزء مهم من الموارد المائية الجوفية التي يعتمد عليها الاقتصاد والمجتمع الليبي وفي الوقت ذاته يضم حقولاً نفطية ذات أهمية كبيرة للاقتصاد الوطني، ولذلك فإن مستقبل المنطقة يتوقف إلى حد كبير على قدرة الدولة و المؤسسات و الشركات النفطية و المجتمعات المحلية على إدارة العلاقة بين هذه الموارد بصورة متوازنة ، و يزيد تغير المناخ من تعقيد هذه العلاقة من خلال ارتفاع الحرارة وزيادة الجفاف وتغير أنماط الهطول ، وفي الوقت نفسه يمكن للأنشطة النفطية أن تزيد الضغوط على البيئة إذا لم تطبق معايير صارمة لإدارة المياه و المخلفات والتسربات ، لكنها تستطيع أيضا أن تمثل مصدر التمويل الرئيسي لمواجهة هذه التحديات ، ومن ثم فإن الخيار الأكثر استدامة ليس إيقاف النشاط النفطي بصورة مفاجئة , وإنما إعادة توجيه جزء من القيمة الاقتصادية الناتجة عنه نحو حماية رأس المال الطبيعي و بناء اقتصاد جنوبي متنوع و تحسين كفاءة استخدام المياه و تطوير الزراعة الذكية مناخياً و الاستثمار في الطاقة المتجددة و البحث العلمي، وعليه فإن تحقيق التنمية المستدامة في الجنوب الليبي يتطلب تبني سياسة تقوم على قاعدة(حماية الماء واستدامة الغذاء وإدارة النفط و التكيف مع المناخ وتنوع الاقتصاد ضمن منظومة واحدة)، وتمثل هذه الرؤية جوهر مفهوم ترابط المياه و الطاقة و الغذاء و النظم البيئية WEFE Nexusوهو إطار ملائم بصورة خاصة للحالة الليبية حيث أن القرارات المتعلقة بالمياه و الطاقة و الغذاء و الموارد البيئية تؤثر في بعضها بعضاً و لا يمكن فصلها في التخطيط طويل المدى .

11. References

Adel Mahmoud Negm, Dhyaa H. Haddad, Mohamed I. Abdel-Fattah, Hamzah S. Amir, Mohammed A. Amir, Moataz Kh. Barakat & Mohamed Reda (2026): Seismic attributes analysis and petrophysical modeling for reservoir characterization and prospect identification in the I/R oil fields, Murzuq Basin, Libya, Scientific Reports volume 16, Article number: 19642 (2026). https://doi.org/10.26629/uzjest.2023.07(2023),,

Adnan, M., Shah, Z., Fahad, S., Arif, M., Alam, M., Khan, I. A., Mian, I. A., Basir, A., Ullah, H., Arshad, M., Rahman, I. U., Saud, S., Ihsan, M. Z., Jamal, Y., Amanullah Hammad, H. M., & Nasim, W. (2018). Phosphate-solubilizing bacteria nullify the antagonistic effect of soil calcification on bioavailability of phosphorus in alkaline soils. Scientific Reports, 8, 4339. PubMedWeb of Science®Google Scholar

disease-in-climate-change-times-2375-4338.1000e111.php?aid=38022 Accessed September 9, 2021. Google Scholar

Binaya Kumar Mishra,Pankaj Kumar, Chitresh Saraswat , Shamik Chakraborty and Arjun Gautam (2021): Water Security in a Changing Environment: Concept, Challenges and Solutions, Water 2021, 13(4), 490; https://doi.org/10.3390/w13040490

Adel Kushlaf, Mahmud Beneesa(2023): Reservoir Characteristics from Well Logging Records of Mamuniyat Formation, M Oil Field, NC115 Concession, NW Murzuq Basin, SW Libya, University of Zawia journal engineering science and technology Vol1 , No1, ISSN: 3006-2764. DOI

Bruce M. Campbell, Sonja J. Vermeulen, Pramod K. Aggarwal, Caitlin Corner-Dolloff, Evan Girvetz, Ana Maria Loboguerrero, Julian Ramirez-Villegas, Todd Rosenstock, Leocadio Sebastian, Philip K. Thornton, Eva Wollenberg (2016): Reducing risks to food security from climate change, Global food security, Vol 11, December 2016, page 34-43

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211912415300262?via%3Dihub

BrusseauM. L.WalkerD. B.FitzsimmonsK., (2019). "Physical-chemical characteristics of water," in Environmental and pollution science. 3rd ed. (Amsterdam, The Netherland: Elsevier Inc). 10.1016/B978-0-12-814719-1.00003-3

CrossRef Google Scholar View reference in article

Buis, A. (2019). The Atmosphere: Getting a Handle on Carbon Dioxide. Climate Change: Vital Signs of the Planet. https://climate.nasa.gov/news/2915/the-atmosphere-getting-a-handle-on-carbon-dioxide Accessed September 6, 2021. Google Scholar

Carlowicz M. (2010) World of change: global temperatures: feature articles.Google Scholar

Cavicchioli, R., Ripple, W. J., Timmis, K. N., Azam, F., Bakken, L. R., Baylis, M., Behrenfeld, M. J., Boetius, A., Boyd, P. W., Classen, A. T., Crowther, T. W., Danovaro, R., Foreman, C. M., Huisman, J., Hutchins, D. A., Jansson, J. K., Karl, D. M., Koskella, B., Mark Welch, D. B., … Webster, N. S. (2019). Scientists' warning to humanity: microorganisms and climate change. Nature Reviews Microbiology, 17, 569–586.CASPubMedWeb of Science®Google Scholar

ChenP.LiY. LanG.LiuB.ZhouH. (2012a). "Oil spills detection and monitoring using airborn thermal infrared remote sensing in dalian Xingang oil pipeline explosion," in Proceedings of the 2012 2nd International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering, Nanjing, China, 01-03 June 2012. 10.1109/RSETE.2012.6260647 CrossRef Google Scholar View reference in article

EtkinD. S.WelchJ. (2005). Oil spill intelligence report international oil spill database: Trends in oil spill

AdipahS. (2018). Introduction of petroleum hydrocarbons contaminants and its human effects. J. Environ. Sci. Public Health3 (1). 10.26502/jesph.96120043

Allan, R. P., Willett, K. M., John, V. O., & Trent, T. (2022). Global changes in water vapor 1979-2020. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 127, e2022JD036728. Web of Science®Google Scholar

Allen, M. R., Babiker, M., Chen, Y., de Coninck, H., Connors, S., van Diemen, R., Dube, O. P., Ebi, K. L., Engelbrecht, F., Ferrat, M., & Ford, J. (2018). Summary for policymakers. In Global Warming of 1.5: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. IPCC. Google Scholar

Ammar Ammar (2025):Assessment and preliminary study of water scarcity and water security in Libya, Published online by Cambridge University Press, VOL 56, 12 November 2025, cambridge.org , Libyan Studies, 2025.https://www.cambridge.org/core/journals/libyan-studies/article/abs/assessment-and-preliminary-study-of-water-scarcity-and-water-security-in-libya/DC0ACC7DEFF331A5B2F23E5B701E3514

Anna-Lena Krannich & Dirk Reiser(2023): United Nations Sustainable Development Goals 2030, The Encyclopedia of Sustainable Management , pp 3862–3867.

Arora, M., Goel, N. K., & Singh, P. (2005). Evaluation of temperature trends over India/Evaluation de tendances de température en Inde. Hydrological Sciences Journal, 50, 93. Web of Science®Google Scholar

A. Siddigi, L.D.Anadon (2011): The water–energy nexus in Middle East and North Africa, Elsevier* Energy policy, Vol. 39, Issue 8,2 011, page 4529-4540. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.04.023Get rights and content

B. Brika, A. Aboudhier, M. Kubbat & H. Mosbah(2026): Groundwater contamination by petroleum hydrocarbons from a fuel station in the city of Tajoura, Libya, International Journal of Energy and Water Resources, VOI. 10, NO.58 (2026)

Benjamin P. Nickels, Johns Hopkins (2023): Libya's Other Strategic Resource: Water Politics, Water Security, and the Great Man-Made River, SAIS Review of International Affairs, Volume 43, Number 2, 2023, pp. 39-49,10.1353 Article./sais.2023.a918644

Bengtsson, L. (2010). The global atmospheric water cycle. Environmental Research Letters, 5, 025202. Web of Science®Google Scholar

Bevitori R., Ghini R. (2014) Rice Blast Disease in Climate Change Times. Rice Research: Open Access, 03 Available at: http://esciencecentral.org/journals/rice-blast-

View reference in article

Jauda R. Jauda Hamad, Wan Zuhairi Yaacob, Abdelnaser Omran(2021): Quality Assessment of Groundwater Resources in the City of Al-Marj, Libya, Processes 2021, 9(1), 154; https://doi.org/10.3390/pr9010154,https://www.mdpi.com/2227-9717/9/1/154

Khaled Aghow, Salah Idris(2025): Characterization and Environmental Impact of Produced Water from Oil Fields in the Sirte Basin, Libya, AL Qalam Journal of Medical and Applied Science, vol 8, ISSUE 1, 2025
https://journal.utripoli.edu.ly/index.php/Alqalam/article/view/746

Khaldoon A. Mourad,Abd Rahman Issa Al-Ghafoud, Mohammed Ali Husayn (2025): The Zliten Groundwater Crisis: A Threat to Community Wellbeing and Sustainable Solutions ,Assessing Natural and Socioeconomic Factors Driving the Groundwater Crisis in Zliten, Libya, Journal of SUSTAINABILITY VOL.1. NO.1 . DOI: https://doi.org/10.55845/jos-2025-1110(2025)
https://journalofsustainability.net/ojs/JoS/article/view/10

Kiehl, J. (2019). Data from Earth's past holds a warning for our future under climate change Yale Climate Connections. Yale Climate Connections. http://yaleclimateconnections.org/2019/06/data-from-earths-past-holds-a-warning-for-our-future-under-climate-change/ Accessed September 6, 2021. Google Scholar

KimH. S.SwansonJ. C. (2001). "Fate and transport modeling of contaminants," in Salem sound. Report to the marine monitoring and research technical series. MMRTS-01-01. Google Scholar , View reference in article

Margaret A. Adeniran , Micheal A.Oladunjoye , Kenndey O.Doro (2023): Soil and groundwater contamination by crude oil spillage: A review and implications for remediation projects in Nigeria, REVIEW article, Frontiers Environmental Science (Front. Environ. Sci., 08 May 2023), Volume 11 - 2023 | https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1137496
https://www.frontiersin.org/journals/environmental-science/articles/10.3389/fenvs.2023.1137496/full

Martinuzzi, A., & Schönherr, N. (2019). Introduction: The sustainable development goals and the future of corporate sustainability. In N. Schönherr & A. Martinuzzi (Eds.), Business and the sustainable development goals. Measuring and managing corporate impacts (pp. 1–14). Cham: Springer Google Scholar

McCrystall, M. R., Stroeve, J., Serreze, M., Forbes, B. C., & Screen, J. A. (2021). New climate models reveal faster and larger increases in Arctic precipitation than previously projected. Nature Communications, 12, 1–12.
PubMedWeb of Science®Google Scholar

Mjdi A. Mountaser, Abdalbaset M. Algish, Adel E. El-allam (2025): Petrophysical Investigation of the volumes and frequency, Int. Oil Spill Conf., 2005. 10.7901/2169-3358-1997-1-949 CrossRef Google Scholar View reference in article

El Bılalı, H., Bassole, I. H. N., Dambo, L., Berjan, S. (2020): Climate change and food security. Agriculture and Forestry, 66 (3): 197-210. DOI: 10.17707/AgricultForest.66.3.16

Ehdadan Jamal Ali MOHAMED (2021): SUGGESTED SOLUTIONS FOR WATER PROBLEM IN LIBYA, Proceedings of the XII International Scientific Agricultural Symposium "Agrosym 2021.

Gurdeep Singh Malhi, Manpreet Kaur and Prashant Kaushik (2021): Impact of Climate Change on Agriculture and Its Mitigation Strategies, A Review SciProfilesScilitPreprints.org Google Scholar, Sustainability 2021, 13(3), 1318; https://doi.org/10.3390/su13031318. https://www.mdpi.com/2071-1050/13/3/1318

Hammad, H. M., Ashraf, M., Abbas, F., Bakhat, H. F., Qaisrani, S. A., Mubeen, M., Fahad, S., & Awais, M. (2019). Environmental factors affecting the frequency of road traffic accidents: a case study of sub-urban area of Pakistan. Environmental Science and Pollution Research, 26, 11674–11685. PubMedWeb of Science®Google Scholar

Hammad, H. M., Farhad, W., Abbas, F., Fahad, S., Saeed, S., Nasim, W., & Bakhat, H. F. (2016). Maize plant nitrogen uptake dynamics at limited irrigation water and nitrogen. Environmental Science and Pollution Research, 24, 2549–2557. PubMedWeb of Science®Google Scholar

Hassan Hassan S, Abdelkarim Bin Issa, Hosam Elbita, Mohamed Alshhaih (2026): Evaluation of Groundwater Contamination in Misurata City, Libya, Journal of Basic and Applied Sciences Issue 21. DOI: https://doi.org/10.36602/jsba.2026.21.0 (2026)

Held, I. M., & Soden, B. J. (2006). Robust Responses of the Hydrological Cycle to Global Warming. Journal of Climate, 19, 5686–5699. Web of Science®Google Scholar

Hossain, M. (2019). Present Scenario of Global Salt Affected Soils, its Management and Importance of Salinity. Research, 1, 1–3. Google Scholar

Hridoy Ul Awall Rezvi, Md. Tahjib-Ul-Arif, Md. Abdul Azim, Toufica Ahmed Tumpa, Mohammad Monirul Hasan Tipu, Farhana Najnine, Mona F. A. Dawood, Milan Skalicky, Marián Brestič (2022) : Rice and food security: Climate change implications and the future prospects for nutritional security, online library. Wiley.
https://doi.org/10.1002/fes3.430Digital Object Identifier (DOI)
https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/fes3.430

ITOPF (2021). Oil tanker spill statistics. Available at: https://www.itopf.org/knowledge-resources/data-statistics/statistics/. Google Scholar

analysis approach, Vol. 50 No. 1 (2024). DOI: https://doi.org/10.18172/cig.5724https://publicaciones.unirioja.es/ojs/index.php/cig/article/view/5724. ParkerJ. C. (1989). Multiphase flow and transport in porous media. Rev. Geophys.27 (3), 311–328. 10.1029/rg027i003p00311. CrossRef Google Scholar View reference in article

Pekmezovic, A. (2019). The UN and goal setting. In J. Walker, A. Pekmezovic, & G. Walker (Eds.), Sustainable development goals: Harnessing business to achieve the SDGs through finance (pp. 19–35). Chichester: Wiley . Google Scholar

PepperI. L.GerbaC. P.GentryT. J. (2015). Environmental microbiology. San Diego, CA: Academic Press. Google Scholar View reference in article

Peter Rogers (2017): The Triangle: Energy, Water & Food Nexus for Sustainable Security in the Arab Middle East, SPRINGER NATURE LINK Chapter, pp 21–43. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-48920-9_2

Rogelj, J., den Elzen, M., Höhne, N., Fransen, T., Fekete, H., Winkler, H., Schaeffer, R., Sha, F., Riahi, K., & Meinshausen, M. (2016). Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2°C. Nature, 534, 631–639. CASPubMedWeb of Science®Google Scholar

Salah Hamad & Rod Fensham (2025): Groundwater: An Important Resource of Urban Water Supply in Libya, Part of the book series: Springer Water ((SPWA)) Chapter, pp 41–66. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-80920-0_3

Salah Hamad & Fawzi Saeid(2025): The Great Man-Made River Project in Libya: An Overview of the Current Status and Future Prospects, Part of the book(chapter) series: Springer Water ((SPWA)), pp 17–40,First Online: 25 February 2025. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-80920-0_2

Scharping, N. (2021). How Hot Will Climate Change Make the Earth By the Year 2100? Discover Magazine. https://www.discovermagazine.com/environment/how-hot-will-climate-change-make-the-eart h-by-the-year-2100 Accessed September 6, 2021. Google Scholar

Scheelbeek, P. F. D., Bird, F. A., Tuomisto, H. L., Green, R., Harris, F. B., Joy, E. J. M., Chalabi, Z., Allen, E., Haines, A., & Dangour, A. D. (2018). Effect of environmental changes on vegetable and legume yields and nutritional quality. Proceedings of the National Academy of Sciences, 115, 6804–6809. CASPubMedWeb of Science®Google Scholar

Shrivastava, P., & Kumar, R. (2015). Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. Saudi Journal of Biological Sciences, 22, 123–131. CASPubMedWeb of Science®Google Scholar

Hawas Formation within the Concession Area (J-field-NC-186) in the Northwestern Region of the Murzuq Sedimentary Basin, Libya, Arraid Journal of Science and Technology (AJST), Vol. 2 No. 1 (2025): Applied Science and Technology (June, 2025) DOI: https://doi.org/10.67878/ajst.v2i1.93

MichelJ.FingasM. (2016). "Oil Spills: Causes, consequences, prevention, and countermeasures," in Fossil fuels: Current status and future directions (USA: University of South Carolina), 159–201. Google Scholar View reference in article

Mukand S. Babel a, Victor R. Shinde a, Devesh Sharma b, Nguyen Mai Dang(2020): Measuring water security: A vital step for climate change adaptation, science direct ,VOL 185, June 2020 ,109400. https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109400Get rights and contenthttps://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935120302930

44-Myers, S. S., Zanobetti, A., Kloog, I., Huybers, P., Leakey, A. D. B., Bloom, A. J., Carlisle, E., Dietterich, L. H., Fitzgerald, G., Hasegawa, T., Holbrook, N. M., Nelson, R. L., Ottman, M. J., Raboy, V., Sakai, H., Sartor, K. A., Schwartz, J., Seneweera, S., Tausz, M., & Usui, Y. (2014). Increasing CO2 threatens human nutrition. Nature, 510, 139–142.

National Research Council. (2011). Climate Stabilization Targets: Emissions, Concentrations, and Impacts over Decades to Millennia. The National Academies Press. https://www.nap.edu/catalog/12877/climate-stabilization-targets-emissions-concentrations-and-impacts-over-decades-to Accessed September 7, 2021.Google Scholar

Naveen Kumar Arora (2019): Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions, Cite this article: SPRINGER, Volume 2, pages 95–96 https://link.springer.com/article/10.1007/s42398-019-00078-w

Nuri Salem Alnaass , Osama Asanousi Lamma, Amna Ali Alhadad(2026): Groundwater Pollution in Libya: Sources, Environmental and Health Impacts, Prevention and Remediation Strategies, Libyan Open University Journal of Applied Sciences (LOUJAS) , Volume 2, Issue 2,2026. https://oujournals.ly/index.php/LOUJAS/article/view/383

Osama R. Shaltami , Abobakar E. Algomati, Omar A. Geniber (2024): Geochemistry of Al Mahruqah Formation: A Case Study of Four Areas in the Northern Murzuq Basin, SW Libya, Libyan Journal of Engineering science and Technology (LJEST) VOL.4 ,NO.1,2024

Pablo García-García(2024): Assessing the security status and future scenarios of the Mediterranean region through the water-energy-food nexus ,A cluster

Investigations Report 2005-5104. Google Scholar View reference in article

Zhang, W., Furtado, K., Wu, P., Zhou, T., Chadwick, R., Marzin, C., Rostron, J., & Sexton, D. (2021). Increasing precipitation variability on daily-to-multiyear time scales in a warmer world. Science Advances, 7, eabf8021. PubMedWeb of Science®Google Scholar.

السيرة الذاتية

فاطمة الحسن حاصلة على درجة البكالوريوس في الهندسة الزراعية اختصاص محاصيل حقلية من جامعة حلب، حلب، سورية. ونالت درجة الماجستير في الهندسة الزراعية اختصاص انتاج محاصيل حقلية من جامعة حلب. ثم نالت الدكتوراه بنفس الاختصاص ونفس الجامعة. وهي حالياً محاضر في كلية الهندسة الزراعية، جامعة حماة، سورية. تشمل اهتماماتها البحثية تحسين أصناف قادرة على مواجهة التغيرات المناخية و رفع انتاجها بما يحقق التنمية المستدامة

Shubham Jain, Aman Srivastava, Leena Khadke, Uday Chatterjee & Ahmed Elbeltagi (2024): Global-scale water security and desertification management amidst climate change, Review Article, Environmental Science and Pollution Research, Volume 31, pages 58720–58744. https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-024-34916- 0

Skendžić, S., Zovko, M., Živković, I. P., Lešić, V., & Lemić, D. (2021). The impact of climate change on agricultural insect pests. Insects, 12, 440.

PubMedWeb of Science®Google Scholar

Tarek Al-Hadi Saad Ali(2026): Water Scarcity Management and its Impact on Food Security in Libya: An Analysis of Agricultural Policies and Public Spending, 1. Comprehensive Journal Humanities and Education Studies , Volume 2, Issue 1, 2026. DOI: https://doi.org/10.65420/cjhes.v2i1.9 1

Taher Almizoiqui , Ali Farag Alznad , Kheiry Kheir , Gamal Abdalla Et Toam , Ali Ahmed Eisawi (2025): GIS-Based Screening of Produced-Water Pollution Risk Around Oil Ponds in the Jikharrah–Al Wahat Oasis Region, Eastern Libya, Journal of Egyptian Academic Society for Environmental Development. Environmental Studies, Volume 26, Issue1-Serial, Number 1, Pages 19-39.

TheodorakisC.WalkerT. D. (2014). “Environmental processes,” in Encyclopedia of toxicology. Third Edition3 (Amsterdam, Netherlands: Elsevier). 10.1016/B978-0-12-386454-3.01011-32 CrossRef Google Scholar View reference in article

United Nations. (2015a). Global Sustainable Development Report, 2015 Edition, Advanced unedited version. Report, United Nations, New York City. Google Scholar doi : 10.21608/JADES.2025.39186 6

Walker, J., Pekmezovic, A., & Walker, G. (Eds.). (2019a). Sustainable development goals: Harnessing business to achieve the SDGs through finance. Chichester: Wiley. Google Scholar

WicksF. (2009). The oil age. Mech. Eng.131 (08), 42–45. 10.1115/1.2009-aug-6CrossRef Google Scholar View reference in article

Zeina ElZein, Nouran Ahmed Milad, Aya Sherif Mohamed, Nada M. Kotb, Noura Abdo & Abdelazim M. Negm(2024): Role of Water, Energy and Food Nexus in Sustainable Development of Communities: Case Studies in the MENA Region, Part of the book series: Earth and Environmental Sciences Library ((EESL)),chapter, 15-66, First Online: 19 July 2024. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-60149-1_ 2

WilliamsS. D.LaddD. E.FarmerJ. J. (2006). Fate and transport of petroleum crude oils in soil and ground water at big south fork national river and recreation area. Washington: Tennessee and Kentucky, 2002–2003. U. S. Geological Survey Scientific