مجلة الجبل للعلوم الإنسانية والتطبيقية
Aljabel Journal of Humanities and Applied Sciences
المجلد السادس – العدد الأول – 2025 – الصفحات: 21-38

الأثر البيئي للسيول الطينية على النظم البيئية الساحلية في درنة بعد إعصار دانيال 2023

اسم الباحث: فرج عبد الرحيم فرج المسماري*
قسم علوم سياسية، الاقتصاد الإسلامي والإدارة، جامعة السيد محمد بن علي السنوسي الإسلامية، البيضاء، ليبيا
* البريد الإلكتروني : farag.a.farag@ius.edu.ly

The environmental impact of mudslides on coastal ecosystems in Derna after Hurricane Daniel 2023

Name: Farag A. Almesmari*
Political Science, Islamic Economics and Administration, Al-Sayyid Muhammad bin Ali Al-Senussi Islamic University, Al Bayda, Libya
* Email: farag.a.farag@ius.edu.ly
تاريخ الاستلام: 02-04-2025، تاريخ القبول: 21-05-2025، تاريخ النشر: 25-09-2025

الملخص

تتناول هذه الدراسة الأثر البيئي للسيول الطينية التي اجتاحت مدينة درنة الليبية في سبتمبر 2023، عقب إعصار دانيال وانهيار السدود. تهدف الدراسة إلى تحليل التداعيات البيئية لهذه الكارثة على النظم البيئية الساحلية، بما في ذلك تلوث التربة والمياه، وتدهور التنوع البيولوجي، وتدمير البنية التحتية البيئية. كشفت النتائج عن تلوث واسع النطاق للتربة بالمواد الكيميائية والمخلفات، وتدهور جودة المياه السطحية والجوفية والبحرية بالرواسب والبكتيريا. كما أثرت السيول سلباً على التنوع البيولوجي البري والبحري من خلال تدمير الموائل وخنق الكائنات الحية. تُقدم الدراسة توصيات للحد من الآثار البيئية المستقبلية، مثل تعزيز البنية التحتية المائية، والإدارة المستدامة للتربة، وحماية الموارد المائية، وصون التنوع البيولوجي، والتخطيط العمراني البيئي. كما تقترح سبل إعادة تأهيل النظم البيئية المتضررة، وتدعو إلى مزيد من البحث في مجالات النمذجة والتنبؤ، والتناول الاقتصادي، والآثار الاجتماعية والنفسية، ودور التكنولوجيا الحديثة.

الكلمات المفتاحية: الجغرافيا البيئية، السيول الطينية، إعصار دانيال، التلوث البيئي، التنوع البيولوجي

Abstract

This study assesses the environmental impact of the devastating mudslides that swept through the Libyan city of Derna in September 2023 following Hurricane Daniel and the collapse of its dams. The research aims to analyze the environmental repercussions of this catastrophe on coastal ecosystems encompassing soil and water pollution biodiversity degradation and the destruction of environmental infrastructure. Findings reveal widespread soil contamination with chemicals and debris alongside a severe deterioration in the quality of surface groundwater and marine waters due to sediment and bacterial presence. The floods also adversely affected terrestrial and marine biodiversity by destroying habitats and suffocating organisms. The study proposes recommendations for mitigating future environmental impacts including strengthening water infrastructure sustainable soil management protecting water resources conserving biodiversity and implementing environmentally sound urban planning. Furthermore, it suggests pathways for rehabilitating damaged ecosystems and calls for further research into modeling and forecasting economic valuation socio-psychological impacts and the role of modern technology.

Keywords: Environmental Geography Mudslides Hurricane Daniel Environmental Pollution Biodiversity.

مقدمة

شهدت مدينة درنة الليبية في سبتمبر 2023 كارثة طبيعية غير مسبوقة تمثلت في سيول جارفة ناجمة عن إعصار دانيال، الذي ضرب السواحل الشرقية لليبيا مخلفاً دماراً هائلاً وخسائر بشرية ومادية فادحة. لم تقتصر تداعيات هذه الكارثة على الجوانب الإنسانية والاقتصادية فحسب، بل امتدت لتشمل آثاراً بيئية عميقة، لا سيما ما يتعلق بالسيول التي اجتاحت المدينة وتسببت في تلوث واسع النطاق للنظم البيئية الساحلية هذه السيول التي تشكلت نتيجة اختلاط مياه الأمطار الغزيرة بالتربة الجافة والرواسب، أكثر تدميراً من السيول المائية العادية، نظراً لقدرتها على حمل كميات هائلة من الملوثات والمواد العضوية وغير العضوية.

تكتسب دراسة الأثر البيئي لهذه السيول أهمية بالغة في سياق الجغرافيا البيئية، التي تسعى إلى فهم التفاعلات المعقدة بين الإنسان وبيئته الطبيعية، وكيفية تأثير الكوارث الطبيعية على هذه التفاعلات .إن الأضرار البيئية الناجمة عن هذه السيول الطينية على النظم البيئية الساحلية في درنة، مثل تلوث المياه والتربة، وتدهور التنوع البيولوجي، وتدمير الموائل الطبيعية، يُعد خطوة أساسية نحو وضع استراتيجيات فعالة لإعادة التأهيل البيئي والحد من المخاطر المستقبلية. كما أن هذه الدراسة تسهم في فهم أعمق للعلاقة بين التغيرات المناخية المتسارعة وتفاقم الظواهر الجوية المتطرفة، مما يعزز الوعي بضرورة التكيف مع هذه التغيرات والتخفيف من آثارها.

إشكالية البحث وفرضياته

تتمثل مشكلة البحث الرئيسية في تناول الأثر البيئي الشامل للسيول الطينية الناتجة عن إعصار دانيال على النظم البيئية الساحلية لمدينة درنة الليبية. على الرغم من التغطية الإعلامية الواسعة للكارثة، إلا أن هناك حاجة ماسة لدراسات علمية متعمقة تركز على التداعيات البيئية طويلة الأمد، تبرز هذه المشكلة في ظل التحديات التي تواجهها المنطقة في إعادة بناء وتأهيل البنية التحتية المتضررة، والتي يجب أن تشمل الجوانب البيئية لضمان استدامة التعافي.

بناءً على ذلك، يسعى هذا البحث للإجابة على الأسئلة التالية:

ما هي الخصائص الفيزيائية والكيميائية للسيول الطينية التي اجتاحت درنة بعد إعصار دانيال؟

ما هو حجم ونوع التلوث الذي خلفته هذه السيول على التربة والمياه السطحية والجوفية ومياه البحر في المنطقة الساحلية لدرنة؟

كيف أثرت السيول الطينية على التنوع البيولوجي البحري والبري في النظم البيئية الساحلية لدرنة؟

ما هي الآثار طويلة المدى للسيول الطينية على جودة البيئة وصحة الإنسان في درنة؟

ما هي التوصيات والإجراءات المقترحة للحد من الآثار البيئية المستقبلية وإعادة تأهيل النظم البيئية المتضررة في درنة؟

منهجية البحث

تم استخدام المنهج الوصفي والمنهج التحليلي حيث يهدف البحث إلى وصف وتحليل الأثر البيئي الشامل للسيول على النظم البيئية الساحلية لمدينة درنة.

أهمية البحث

تكمن أهمية هذا البحث في عدة جوانب:

الأهمية العلمية:

يساهم البحث في إثراء الأدبيات العلمية المتعلقة بالجغرافيا البيئية وتأثير الكوارث الطبيعية على النظم البيئية الساحلية، خاصة في مناطق الشرق الأوسط وشمال أفريقيا التي تعاني من هشاشة بيئية وتحديات مناخية متزايدة. كما يقدم نموذجاً لدراسة الأثر البيئي للسيول الطينية، وهو مجال لا يزال بحاجة إلى المزيد من البحث.

الأهمية التطبيقية:

يوفر البحث بيانات وتحليلات دقيقة يمكن أن تستفيد منها الجهات الحكومية والمنظمات الدولية والمحلية في وضع خطط استجابة سريعة وفعالة للكوارث، وتصميم برامج إعادة تأهيل بيئي مستدامة. كما يمكن أن يوجه جهود التخطيط العمراني وإدارة الموارد المائية في المناطق المعرضة لمخاطر السيول.

الأهمية الاجتماعية:

يسلط البحث الضوء على المخاطر الصحية والبيئية التي يواجهها سكان درنة نتيجة للتلوث، مما يعزز الوعي المجتمعي بضرورة حماية البيئة والمشاركة في جهود التعافي. كما يمكن أن يدعم الدعوات لتقديم المساعدات الإنسانية والبيئية للمتضررين.

الأهمية المستقبلية:

يقدم البحث رؤى حول كيفية التكيف مع التغيرات المناخية وتأثيراتها المتزايدة، ويؤكد على أهمية الاستثمار في البنية التحتية المقاومة للكوارث، وتعزيز أنظمة الإنذار المبكر، وتطوير استراتيجيات إدارة المخاطر البيئية على المدى الطويل.

المبحث الأول: الإطار النظري والمفاهيم الأساسية

المطلب الأول: مفهوم الجغرافيا البيئية ودورها في دراسة الكوارث الطبيعية

تُعد الجغرافيا البيئية مجالاً بحثياً متطوراً يربط بين الجغرافيا الطبيعية والبشرية، ويهدف إلى فهم التفاعلات المعقدة بين الأنظمة البيئية الطبيعية والأنشطة البشرية.[1] لا يقتصر دور هذا الفرع من الجغرافيا على وصف الظواهر البيئية فحسب، بل يتعداه إلى تحليل الأسباب والنتائج المترتبة على هذه التفاعلات، مع التركيز على التحديات البيئية المعاصرة مثل التلوث، وتدهور الموارد، والتغيرات المناخية[1] تسعى الجغرافيا البيئية إلى تقديم رؤى شاملة حول كيفية تأثير الإنسان على بيئته، وكيف تستجيب البيئة لهذه التأثيرات، بالإضافة إلى تناول مدى هشاشة المجتمعات البشرية والأنظمة البيئية أمام المخاطر المختلفة.[2]
في سياق الكوارث الطبيعية، تضطلع الجغرافيا البيئية بدور محوري في عدة جوانب.

أولاً، تسهم في تحديد المناطق المعرضة للمخاطر وتناول مدى تعرضها، من خلال تحليل العوامل الجغرافية والطبيعية التي تزيد من احتمالية وقوع الكارثة، مثل التضاريس، وأنماط هطول الأمطار، وخصائص التربة.[3]

ثانياً، تساعد في فهم الأسباب الجذرية للكوارث، والتي غالباً ما تكون نتاجاً لتفاعل معقد بين الظواهر الطبيعية والتأثيرات البشرية، مثل سوء التخطيط العمراني، وتدهور البنية التحتية، وتغير استخدامات الأراضي.[4]

ثالثاً، توفر الجغرافيا البيئية أدوات تحليلية لتناول الأثر البيئي للكوارث، بما في ذلك التلوث، وتدهور الموارد الطبيعية، وفقدان التنوع البيولوجي، مما يمكن من وضع استراتيجيات فعالة لإدارة المخاطر وإعادة التأهيل.[5]
أخيراً، تسهم في تطوير حلول مستدامة للتكيف مع التغيرات البيئية والحد من تداعيات الكوارث المستقبلية، من خلال دمج المعرفة الجغرافية مع السياسات البيئية والإنمائية.[6]

المطلب الثاني: السيول الطينية: التكوين، الأنواع، والآثار البيئية

تُعرف السيول الطينية بأنها تدفقات سريعة للمياه المحملة بكميات كبيرة من الرواسب الدقيقة، مثل الطين والغرين والرمل، بالإضافة إلى الحصى والصخور الكبيرة، والتي تتحرك بفعل الجاذبية على المنحدرات أو في الوديان تختلف السيول الطينية عن السيول المائية العادية في كثافتها العالية وقدرتها التدميرية الفائقة، حيث تعمل ككتلة لزجة تجرف كل ما في طريقها.[7]
يتطلب تكون السيول الطينية توافر عدة عوامل، منها هطول أمطار غزيرة ومكثفة على مناطق ذات تربة مفككة أو متدهورة، ومنحدرات شديدة، ونقص في الغطاء النباتي الذي يعمل على تثبيت التربة.[8]
يمكن تصنيف السيول الطينية بناءً على تركيبها ومصدرها إلى عدة أنواع، منها السيول الطينية البركانية (اللاهارات) التي تتكون من الرماد البركاني والمياه، والسيول الطينية الناتجة عن انهيارات التربة في المناطق الجبلية، والسيول الطينية التي تتشكل في الوديان الجافة أو شبه الجافة بعد هطول أمطار مفاجئة.

تتعدد الآثار البيئية للسيول الطينية وتتسم بالخطورة

أولاً، تسبب تدهوراً واسع النطاق للتربة، حيث تجرف الطبقة السطحية الخصبة وتترك وراءها رواسب غير صالحة للزراعة، مما يؤثر على الإنتاجية الزراعية والنظم البيئية البرية.[9]
ثانياً، تؤدي إلى تلوث المسطحات المائية، بما في ذلك الأنهار والبحيرات والمياه الجوفية والمناطق الساحلية، بالرواسب والمواد الكيميائية والمخلفات التي تحملها، مما يهدد جودة المياه وصحة الكائنات الحية التي تعتمد عليها.

المطلب الثالث: النظم البيئية الساحلية: الأهمية والهشاشة

ثالثاً، تدمر السيول الطينية الموائل الطبيعية وتؤثر سلباً على التنوع البيولوجي، حيث تجرف النباتات وتدفن الحيوانات وتغير من خصائص البيئات التي تعيش فيها الكائنات الحية.[10]
رابعاً، يمكن أن تؤدي إلى تغييرات في التضاريس وتشكيل مجاري مائية جديدة، مما يؤثر على استقرار الأراضي والبنية التحتية.[11]

تُعرف النظم البيئية الساحلية بأنها المناطق الانتقالية بين اليابسة والمحيط، وتتميز بتنوع بيولوجي فريد ووظائف بيئية حيوية.[12]
تشمل هذه النظم البيئية الشواطئ الرملية، والمستنقعات الملحية، وغابات المانجروف، والشعاب المرجانية، ومصبات الأنهار، والأراضي الرطبة الساحلية.[13]تُعد هذه النظم ذات أهمية قصوى على الصعيدين البيئي والاقتصادي.[14]
بيئياً، تعمل كموائل طبيعية لمجموعة واسعة من الكائنات الحية، وتوفر مناطق حضانة وتغذية للعديد من الأنواع البحرية. كما تلعب دوراً حاسماً في تنظيم المناخ، وتخزين الكربون، وتنقية المياه، وحماية السواحل من التآكل والعواصف.
اقتصادياً، تدعم النظم البيئية الساحلية العديد من الأنشطة البشرية مثل صيد الأسماك، والسياحة، والنقل البحري، وتوفر مصادر رزق للمجتمعات الساحلية.[15]
على الرغم من أهميتها، تُعد النظم البيئية الساحلية من أكثر النظم البيئية هشاشة وعرضة للتأثر بالأنشطة البشرية والتغيرات المناخية والكوارث الطبيعية.[16]تتعرض هذه النظم لضغوط متزايدة نتيجة للتوسع العمراني، والتلوث الصناعي والزراعي، والصيد الجائر، وتدمير الموائل.. في سياق الكوارث الطبيعية مثل السيول الجارفة، تتفاقم هشاشة هذه النظم بشكل كبير. فالسيول الطينية، على سبيل المثال، يمكن أن تدفن الشعاب المرجانية، وتدمر غابات المانجروف، وتغير من تركيب التربة في المستنقعات الملحية، مما يؤدي إلى فقدان التنوع البيولوجي وتدهور الوظائف البيئية لهذه النظم. [17] كما أن ارتفاع منسوب سطح البحر وتزايد شدة العواصف، المرتبطان بالتغيرات المناخية، يزيدان من تعرض النظم البيئية الساحلية للتآكل والفيضانات، مما يهدد استدامتها على المدى الطويل.

المطلب الرابع: التلوث البيئي الناتج عن الكوارث الطبيعية
يُعرف التلوث البيئي بأنه إدخال مواد أو طاقة إلى البيئة تسبب ضرراً للكائنات الحية أو للنظم البيئية، أو تؤثر سلباً على صحة الإنسان. في سياق الكوارث الطبيعية، يتخذ التلوث أشكالاً متعددة ويُعد أحد أخطر التداعيات التي قد تستمر لفترات طويلة بعد انتهاء الحدث الكارثي. تختلف طبيعة التلوث باختلاف نوع الكارثة، فمثلاً، الزلازل قد تؤدي إلى تسرب المواد الكيميائية من المصانع المتضررة، والبراكين تطلق غازات سامة ورماداً، بينما الفيضانات والسيول غالباً ما تسبب تلوثاً بالمياه والتربة.[18]
في حالة السيول الجارفة، وخاصة السيول الطينية، ينشأ التلوث البيئي من عدة مصادر.
أولاً، تحمل السيول كميات هائلة من الرواسب والمواد العضوية وغير العضوية من المناطق المتضررة، والتي يمكن أن تحتوي على ملوثات كيميائية من المصانع، أو مبيدات حشرية وأسمدة من الأراضي الزراعية، أو مخلفات الصرف الصحي

من المناطق السكنية.[19]يؤدي هذا الحمل الكبير من الملوثات إلى تدهور جودة المياه في الأنهار والبحيرات والمياه الجوفية، مما يجعلها غير صالحة للشرب أو الاستخدامات الأخرى، ويهدد الحياة المائية.[20]
ثانياً، يمكن أن تسبب السيول تلوثاً بكتيرياً وفيروسياً نتيجة اختلاط مياه الفيضان بمياه الصرف الصحي والجثث المتحللة، مما يزيد من مخاطر انتشار الأمراض والأوبئة بين السكان.[21]
ثالثاً، تؤدي السيول إلى تلوث التربة بالمواد الغريبة والرواسب الطينية التي تغير من خصائصها الفيزيائية والكيميائية، مما يؤثر على خصوبتها وقدرتها على دعم الحياة النباتية.[22]
رابعاً، يمكن أن تتسبب السيول في تلوث الهواء بالغبار والجسيمات الدقيقة الناتجة عن تدمير المباني والبنية التحتية، مما يؤثر على جودة الهواء وصحة الجهاز التنفسي.[23]
تُعد المناطق الساحلية أكثر عرضة للتلوث الناتج عن السيول، حيث تعمل كمستقبل نهائي للمياه المحملة بالملوثات من المناطق الداخلية. يؤثر هذا التلوث بشكل مباشر على النظم البيئية البحرية، مثل الشعاب المرجانية وأسرة الأعشاب البحرية، ويؤدي إلى تدهور جودة مياه الشواطئ، مما يهدد صحة الإنسان والأنشطة الاقتصادية المرتبطة بالبحر.

المطلب الخامس: التغيرات المناخية ودورها في تفاقم الظواهر الجوية المتطرفة

تُعرف التغيرات المناخية بأنها تحولات طويلة الأجل في درجات الحرارة وأنماط الطقس، والتي تُعزى بشكل كبير إلى الأنشطة البشرية، وخاصة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. تشمل هذه التغيرات ارتفاع متوسط درجة حرارة الأرض، وتغير أنماط هطول الأمطار، وارتفاع منسوب سطح البحر، وزيادة تواتر وشدة الظواهر الجوية المتطرفة مثل الأعاصير، والفيضانات، والجفاف، وموجات الحر.
تلعب التغيرات المناخية دوراً حاسماً في تفاقم الظواهر الجوية المتطرفة، بما في ذلك السيول الجارفة مثل تلك التي ضربت درنة:
أولاً، يؤدي ارتفاع درجة حرارة المحيطات إلى زيادة تبخر المياه، مما يوفر المزيد من الرطوبة للأعاصير المدارية، ويزيد من شدتها وقدرتها على حمل كميات أكبر من الأمطار.[24]
ثانياً، يؤثر ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي على أنماط الدورة الهيدرولوجية، مما يؤدي إلى هطول أمطار أكثر غزارة في فترات زمنية أقصر، وهو ما يزيد من احتمالية حدوث الفيضانات والسيول.
ثالثاً، يمكن أن تؤدي التغيرات في أنماط الرياح والتيارات الجوية إلى توجيه هذه الظواهر المتطرفة نحو مناطق لم تكن معتادة عليها، أو زيادة تأثيرها في المناطق المعرضة أصلاً.
تُعد هذه الحوادث مثالاً واضحاً على كيفية تحول الظواهر الجوية الطبيعية إلى كوارث مدمرة بفعل التغيرات المناخية، مما يؤكد على الحاجة الملحة لاتخاذ إجراءات عالمية للتخفيف من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وتطوير استراتيجيات فعالة للتكيف مع الآثار التي لا يمكن تجنبها.

المبحث الثاني: وصف حالة درنة وإعصار دانيال 2023
المطلب الأول: الموقع الجغرافي والخصائص البيئية لمدينة درنة

تعد مدينة درنة مدينة ساحلية تقع في شمال شرق ليبيا، وتحديداً على ساحل البحر الأبيض المتوسط عند سفوح التلال الشرقية لسلسلة جبال الجبل الأخضر. تقسم المدينة إلى نصفين بواسطة وادٍ كبير يسمى وادي درنة. يتميز موقع المدينة بخصوصية جغرافية فريدة، حيث يمزج بين البيئة الجبلية الشاهقة والبيئة الساحلية الممتدة، مما يضفي عليها تنوعاً بيئياً لافتاً، حيث يشطرها وادٍ خصب يوفر لها المياه العذبة التي تغذي بساتينها ومزارعها، بينما تحيط بها سفوح الجبل الأخضر الذي يشتهر بغاباته الكثيفة ونباتاته المستوطنة. أما من جهة الشمال، فتطل على ساحل البحر الأبيض المتوسط، مما يجعلها موطنًا لأنظمة بيئية متكاملة تجمع بين اليابسة والبحر. تشمل هذه الخصائص البيئية وجود نظم إيكولوجية ساحلية حساسة، كالشعاب المرجانية التي تزخر بالحياة البحرية، وأسرة الأعشاب البحرية التي توفر موائل للكائنات الدقيقة، فضلاً عن الغطاء النباتي المتنوع الذي يكسو الوديان والمناطق الجبلية.
تندرج درنة مناخياً ضمن إقليم البحر الأبيض المتوسط، الذي يتسم بصيف حار وجاف وشتاء معتدل تتخلله أمطار غزيرة. ومع ذلك، فإن المنطقة ليست بمنأى عن الظواهر الجوية المتطرفة، خاصة خلال فصلي الخريف والشتاء، حيث يمكن أن تشهد هطول أمطار مفاجئة وعنيفة. يُشكل وادي درنة شرياناً حيوياً للمدينة، فهو لا يقتصر على كونه ممراً مائياً يقطع المدينة،

بل يمثل أيضاً مصدراً مهماً للمياه الجوفية. بيد أن طبيعته المنحدرة وقدرته على تجميع كميات هائلة من المياه والرواسب تجعله في الوقت ذاته مصدراً محتملاً للخطر في حال وقوع سيول جارفة.
تاريخياً، شهدت درنة على مر العصور حوادث فيضانات وسيول متكررة، الأمر الذي دفع السلطات إلى تشييد سدين على وادي درنة في ستينيات القرن الماضي بهدف توفير الحماية اللازمة للمدينة من مخاطر الفيضانات وتأمين مصادر المياه. إلا أن الإهمال المتراكم في صيانة هذه السدود، إلى جانب التغيرات المناخية المتسارعة التي أدت إلى تزايد شدة الظواهر الجوية المتطرفة، قد جعل المدينة عرضة لكارثة كبرى، وهو ما تجلى بوضوح في إعصار دانيال الذي ضرب المنطقة مؤخراً.

المطلب الثاني: تفاصيل إعصار دانيال وتأثيره على المنطقة

في العاشر من سبتمبر 2023، اجتاح إعصار دانيال، الذي صُنف كعاصفة شبيهة بالإعصار المداري، السواحل الشرقية لليبيا، مسبباً هطول أمطار غزيرة لم تشهدها المنطقة من قبل على مساحات واسعة، بما في ذلك مدينة درنة. نشأ هذا الإعصار في حوض البحر الأبيض المتوسط، وتطور بشكل لافت ليتحول إلى عاصفة قوية اكتسبت خصائص الأعاصير المدارية، وهو ما يُعد حدثاً مناخياً نادراً نسبياً في هذه المنطقة الجغرافية.
فاقت كميات الأمطار التي تساقطت على درنة خلال ساعات معدودة المعدلات السنوية المعتادة، حيث بلغت في بعض المناطق حوالي 414 ملم، وهو ما تجاوز بكثير قدرة البنية التحتية للمدينة على استيعابها وتصريفها. أدت هذه الأمطار الغزيرة إلى ارتفاع منسوب المياه في وادي درنة بشكل كارثي، مما شكل ضغطاً هائلاً وغير مسبوق على السدين اللذين كانا يحميان المدينة. لم تتمكن السدود من الصمود أمام هذه القوة الهائلة للسيول، فانهارت تباعاً، مطلقةً العنان لموجة مدمرة من المياه والسيول الطينية التي اجتاحت المدينة بقوة تدميرية هائلة، كان تأثير إعصار دانيال على درنة مدمراً بشكل لم يسبق له مثيل. فقد جرفت السيول أحياء بأكملها، ودمرت آلاف المنازل، بالإضافة إلى البنية التحتية الحيوية مثل الجسور والطرق وشبكات الكهرباء والمياه والصرف الصحي، تشير التقديرات الأولية إلى أن ما يقارب 25% من مساحة مدينة درنة قد دمرت بالكامل نتيجة لهذه الكارثة، لم تقتصر الأضرار على الجانب المادي فحسب، بل امتدت لتشمل خسائر بشرية فادحة، حيث فقد الآلاف من السكان حياتهم أو اعتبروا في عداد المفقودين، مما جعلها واحدة من أشد الكوارث الطبيعية فتكاً في تاريخ ليبيا الحديث.[25]

المطلب الثالث: آلية انهيار السدود وتكون السيول الطينية

تُعد آلية انهيار السدود في درنة وتكون السيول الطينية نتيجة لتفاعل معقد بين عدة عوامل طبيعية وبشرية متداخلة. السدان الرئيسيان، وهما سد أبو منصور وسد البلاد، اللذان شُيدا في ستينيات القرن الماضي، كان الهدف الأساسي من بنائهما هو توفير الحماية اللازمة للمدينة من مخاطر الفيضانات، ومع ذلك، فقد عانت هذه السدود من إهمال طويل الأمد في عمليات الصيانة الدورية والترميم، مما أدى إلى تدهور بنيتها التحتية وقدرتها على تحمل الضغوط ، عندما ضرب إعصار دانيال مدينة درنة، هطلت أمطار غزيرة جداً فاقت القدرة الاستيعابية للسدود بشكل كبير. ارتفع منسوب المياه خلف السدود إلى مستويات غير مسبوقة، مما أدى إلى زيادة هائلة في الضغط الهيدروستاتيكي على جدران السدود. في ظل ضعف البنية الإنشائية للسدود وعدم قدرتها على تحمل هذا الضغط الهائل، انهار سد أبو منصور أولاً، مما أطلق كمية ضخمة من المياه المتدفقة بقوة باتجاه سد البلاد الذي يقع أسفله، أدى الانهيار المفاجئ للسد الأول إلى زيادة الضغط على السد الثاني بشكل كبير، والذي انهار بدوره بعد فترة وجيزة، مطلِقاً موجة مائية مدمرة اجتاحت المدينة بقوة عارمة.

تزامنت هذه الموجة المائية الهائلة مع طبيعة وادي درنة الذي يتميز بتربة جافة ومفككة، خاصة بعد فترات الجفاف الطويلة التي سبقت الكارثة. عندما اختلطت مياه السيول الغزيرة بهذه التربة، تحولت بسرعة فائقة إلى سيول طينية كثيفة ولزجة. هذه السيول الطينية، التي كانت محملة بكميات هائلة من الرواسب والطين والحصى، كانت أكثر تدميراً بكثير من السيول المائية العادية، حيث جرفت معها كل ما في طريقها من مبانٍ ومنشآت وأشجار ومخلفات، مما فاقم من حجم الدمار والتلوث في المدينة بشكل غير مسبوق.

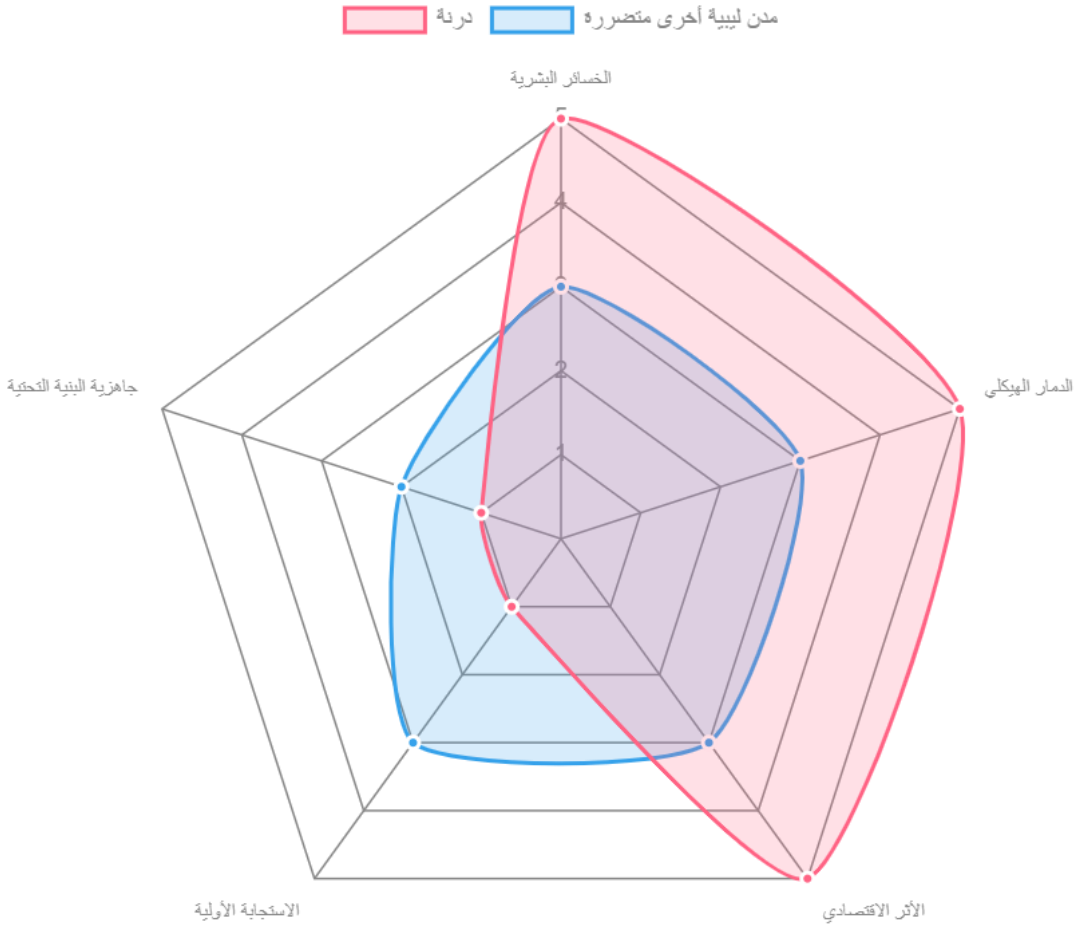
المطلب الرابع: الخسائر البشرية والمادية

تسببت كارثة درنة في خسائر بشرية ومادية جسيمة، جعلتها واحدة من أشد الكوارث الطبيعية التي شهدتها المنطقة في العقود الأخيرة. تختلف التقديرات بشأن أعداد الضحايا والمفقودين في درنة بشكل كبير نظراً لحجم الدمار وصعوبة الوصول إلى جميع المناطق المتضررة. ومع ذلك، تشير جميع المصادر إلى حصيلة بشرية كارثية:
أعلنت وزارة الصحة الليبية في الحكومة المكلفة من البرلمان عن وفاة نحو 2800 شخص في البداية.

قدر عمدة درنة في 13 سبتمبر أن عدد الوفيات قد يصل إلى ما بين 18000 إلى 20000 شخص، بناءً على عدد الأحياء المدمرة.
أفادت المنظمة الدولية للهجرة بنزوح ما لا يقل عن 30 ألف شخص في درنة بسبب العاصفة.
أكد الهلال الأحمر الليبي أن عدد المفقودين وصل إلى 10 آلاف شخص.
في أغسطس الماضي، أعلن رئيس هيئة البحث والتعرف على المفقودين، كمال السيوي، أن عدد الوفيات بلغ 4540 شخصاً في درنة، وتم التعرف على هوية 3297 ضحية.
تضرر حوالي 300 ألف طفل في شرق ليبيا جراء العاصفة، مما يسلط الضوء على الأبعاد الإنسانية الواسعة للكارثة.
هذه الأرقام المتباينة تعكس حجم المأساة وصعوبة حصر الخسائر بدقة في ظل الظروف الكارثية.
أما على صعيد البنية التحتية فالفياضات إلى دمار هائل في درنة، حيث جرفت أحياء بأكملها. أظهرت صور الأقمار الصناعية الملتقطة قبل وبعد إعصار دانيال حجم الدمار، حيث تشير بعض التقديرات إلى أن ربع مدينة درنة قد اختفى.
انهارت أربعة جسور رئيسية بالإضافة إلى السدود، مما عزل المدينة وأعاق جهود الإنقاذ، كما هو موضح بالصورة أدناه

اللون الأحمر يظهر حجم وعدد وأماكن توزيع المباني التي تضررت بشكل كلي جراء الفيضانات (المصدر موقع قناة الجزيرة)

لحقت أضرار جسيمة بشبكة الكهرباء والمياه والاتصالات، مما زاد من معاناة السكان. توقفت مظاهر النشاط الاقتصادي اليومي، وأعلنت السلطات حالة الطوارئ القصوى، مع إغلاق المدارس والمتاجر وفرض حظر تجوال.
أما فيما يتعلّق بالتداعيات الاقتصادية بالرغم من عدم الإعلان عن حجم الخسائر الاقتصادية بشكل رسمي، إلا أن الإعصار تسبب في أضرار بمليارات الدولارات. تدهورت البنية التحتية بشكل كبير، وتوقفت العديد من المرافق الاقتصادية. ستتطلب عملية إعادة الإعمار جهوداً وموارد هائلة، خاصة في ظل الوضع الاقتصادي الهش الذي تعاني منه ليبيا، والذي يعتمد بشكل كبير على قطاع النفط والغاز.



يوضح الرسم البياني أعلاه تقييماً للأثر العام لإعصار دانيال على درنة مقارنة بمدن ليبية أخرى متضررة. تُظهر درنة مستويات عالية جداً في الخسائر البشرية والدمار الهيكلي والأثر الاقتصادي، بينما كانت الاستجابة الأولية وجاهزية البنية التحتية ضعيفة نسبياً. هذا التقييم بناءً على المعلومات المتاحة يبرز الفارق الكبير في حجم الكارثة بين درنة وباقي المناطق

المبحث الثالث: الأثر البيئي للسيول على المدن الساحلية

المطلب الأول: تلوث التربة وتدهور خصائصها

تُعد التربة من المكونات الأساسية للنظم البيئية، وتلعب دوراً حيوياً في دعم الحياة النباتية والحيوانية، وتنظيم الدورة الهيدرولوجية، وتخزين الكربون. عندما تجتاح السيول الطينية منطقة ما، فإنها تترك وراءها آثاراً بيئية مدمرة على التربة، تتجاوز مجرد التعرية السطحية. ففي حالة درنة بعد إعصار دانيال 2023، أدت السيول الطينية إلى تلوث واسع النطاق للتربة وتدهور خصائصها الفيزيائية والكيميائية بشكل كبير.

أولاً، تسببت السيول في تغطية طبقات سميكة من الطين والرواسب الدقيقة الأراضي الزراعية والمناطق السكنية، مما أدى إلى دفن التربة الأصلية وتغيير قوامها وبنيتها. هذا التغيير يؤثر سلباً على تهوية التربة وقدرتها على الاحتفاظ بالمياه، مما يعيق نمو النباتات ويقلل من خصوبتها[26]. كما أن تراكم الرواسب الطينية يمكن أن يؤدي إلى تكوين طبقات صلبة تمنع تسرب المياه إلى باطن الأرض، مما يزيد من احتمالية حدوث فيضانات مستقبلية ويؤثر على تغذية المياه الجوفية.

ثانياً، أدت السيول إلى تلوث كيميائي للتربة .فقد حملت السيول الطينية معها ملوثات متنوعة من المناطق التي مرت بها، بما في ذلك المخلفات الصناعية، ومياه الصرف الصحي غير المعالجة، والمواد الكيميائية الزراعية (مثل المبيدات والأسمدة) من الأراضي الزراعية المتضررة، بالإضافة إلى الوقود والزيوت من المركبات والمعدات المدمرة. هذه الملوثات تتراكم في التربة وتتفاعل مع مكوناتها، مما يؤدي إلى زيادة تركيز المعادن الثقيلة والمواد العضوية السامة، ويجعل التربة غير

صالحة للاستخدام الزراعي أو البشري على المدى الطويل. يمكن أن تنتقل هذه الملوثات أيضاً إلى السلسلة الغذائية عبر النباتات التي تنمو في هذه التربة، مما يشكل خطراً على صحة الإنسان والحيوان.
ثالثاً، أثرت السيول على الخصائص البيولوجية للتربة .فالكائنات الحية الدقيقة التي تعيش في التربة وتلعب دوراً حيوياً في خصوبتها وتدوير المغذيات، تتأثر سلباً بالتغيرات في التركيب الفيزيائي والكيميائي للتربة. يمكن أن يؤدي دفن التربة وتلوثها إلى موت هذه الكائنات أو تغيير تركيب مجتمعاتها، مما يقلل من قدرة التربة على أداء وظائفها البيئية الحيوية[27]

المطلب الثاني: تلوث المياه السطحية والجوفية ومياه البحر
تُعد المياه من أكثر الموارد الطبيعية تأثراً بالكوارث الطبيعية، وخاصة السيول الجارفة. ففي درنة، تسببت السيول الطينية الناتجة عن إعصار دانيال في تلوث واسع النطاق للمياه السطحية (الأنهار، الوديان)، والمياه الجوفية، ومياه البحر، مما يشكل تهديداً خطيراً على صحة الإنسان والنظم البيئية المائية.
أولاً، تلوث المياه السطحية :حملت السيول كميات هائلة من الطين والرواسب والمخلفات الصلبة (مثل الأنقاض، النفايات المنزلية، جثث الحيوانات والبشر) إلى مجاري الأودية، مما أدى إلى تغيير لون المياه وعكارتها بشكل كبير. بالإضافة إلى ذلك، اختلطت مياه السيول بمياه الصرف الصحي غير المعالجة من شبكات الصرف المتضررة، مما أدى إلى تلوث المياه السطحية بالبكتيريا والفيروسات والكائنات الدقيقة المسببة للأمراض. هذا التلوث يجعل المياه غير صالحة للشرب أو الاستخدامات الزراعية، ويهدد الحياة المائية في هذه المسطحات.
ثانياً، تلوث المياه الجوفية :تُعد المياه الجوفية مصدراً رئيسياً لمياه الشرب في العديد من المناطق. يمكن أن تتسرب الملوثات من السيول الطينية والمياه السطحية الملوثة إلى طبقات المياه الجوفية، خاصة في المناطق ذات التربة النفاذة أو التي تحتوي على شقوق وتصدعات . يؤدي هذا التسرب إلى تلوث الآبار والينابيع، مما يجعلها غير آمنة للاستهلاك البشري ويزيد من مخاطر انتشار الأمراض المنقولة بالمياه . قد يستغرق تنقية المياه الجوفية سنوات طويلة، مما يمثل تحدياً كبيراً لإعادة توفير مياه شرب آمنة للمجتمعات المتضررة.
ثالثاً، تلوث مياه البحر :نظراً لموقع درنة الساحلي، فإن كميات هائلة من السيول الطينية والمياه الملوثة تدفقت مباشرة إلى البحر الأبيض المتوسط. أدى هذا التدفق إلى زيادة عكارة مياه البحر بالقرب من الشواطئ، وتراكم الرواسب الطينية على قاع البحر، مما يؤثر سلباً على النظم البيئية البحرية الساحلية.

المطلب الثالث: تأثير السيول على التنوع البيولوجي البحري والبري
يُعد التنوع البيولوجي أساساً لاستقرار النظم البيئية وقدرتها على تقديم الخدمات البيئية الحيوية، تسببت السيول الطينية التي اجتاحت درنة في سبتمبر 2023 في تأثيرات مدمرة على التنوع البيولوجي، سواء في البيئات البرية أو البحرية، مما يهدد بفقدان أنواع من الكائنات الحية وتدهور الموائل الطبيعية.
أولاً، التأثير على التنوع البيولوجي البري :
جرفت السيول الطينية الغطاء النباتي في وادي درنة والمناطق المحيطة به، بما في ذلك الأشجار والشجيرات والنباتات العشبية. هذا التدمير المباشر للنباتات يؤثر على الأنواع الحيوانية التي تعتمد عليها كمصدر للغذاء والمأوى.[28]كما أن تراكم الرواسب الطينية على الأراضي الزراعية والغابات يمكن أن يؤدي إلى خنق النباتات ومنعها من الحصول على الضوء والهواء، مما يؤدي إلى موتها. بالإضافة إلى ذلك، فإن تلوث التربة بالمخلفات والمواد الكيميائية يؤثر على الكائنات الحية الدقيقة في التربة، والتي تلعب دوراً حيوياً في خصوبة التربة وتدوير المغذيات. يمكن أن يؤدي فقدان الموائل وتدهور جودتها إلى نزوح الحيوانات أو موتها، مما يقلل من أعدادها ويؤثر على التوازن البيئي.

ثانياً، التأثير على التنوع البيولوجي البحري

:تدفقت كميات هائلة من الطين والرواسب والمياه الملوثة إلى البحر، مما أثر بشكل مباشر على النظم البيئية البحرية الساحلية، كما أن الملوثات الكيميائية والبكتيرية في مياه البحر يمكن أن تكون سامة للكائنات البحرية، مما يؤدي إلى نفوق الأسماك واللافقاريات، ويؤثر على السلسلة الغذائية البحرية بأكملها. يمكن أن يؤدي هذا التدهور في التنوع البيولوجي البحري إلى تأثيرات اقتصادية واجتماعية سلبية على المجتمعات الساحلية التي تعتمد على صيد الأسماك.

المطلب الرابع: تدمير البنية التحتية البيئية (الشواطئ، الأراضي الرطبة، الغابات الساحلية)
تُعد البنية التحتية البيئية، مثل الشواطئ، والأراضي الرطبة، والغابات الساحلية، مكونات حيوية للنظم البيئية الساحلية، وتوفر مجموعة واسعة من الخدمات البيئية، بما في ذلك الحماية من العواصف، وتنقية المياه، وتوفير موائل للكائنات في درنة، تسببت السيول الطينية في تدمير واسع النطاق لهذه البنية التحتية البيئية، مما فاقم من الأثر البيئي للكارثة[29]

أولاً، تدمير الشواطئ :جرفت السيول الطينية الرمال والرواسب إلى الشواطئ، مما أدى إلى تغيير شكلها وتكوينها كما هو موضح بالصورة أدناه.

يمكن أن يؤدي تراكم الطين والرواسب إلى دفن الشواطئ الرملية وتغيير خصائصها، مما يجعلها غير صالحة للاستخدام الترفيهي ويؤثر على الكائنات الحية التي تعيش فيها. كما أن تآكل الشواطئ نتيجة قوة السيول يمكن أن يزيد من تعرض المناطق الساحلية للعواصف المستقبلية وارتفاع منسوب سطح البحر.

ثانياً، تدمير الأراضي الرطبة الساحلية :تُعد الأراضي الرطبة الساحلية، مثل المستنقعات الملحية ومصبات الأنهار، مناطق ذات أهمية بيئية عالية، حيث تعمل كمرشحات طبيعية للمياه. تسببت السيول الطينية في دفن هذه الأراضي الرطبة بالرواسب، مما أدى إلى تدمير الغطاء النباتي وتغيير التركيب الهيدرولوجي لها. هذا التدمير يقلل من قدرة الأراضي الرطبة على أداء وظائفها البيئية، ويهدد التنوع البيولوجي المرتبط بها.

ثالثاً، تدمير الغابات الساحلية :على الرغم من أن درنة لا تحتوي على غابات مانجروف واسعة، إلا أن وجود أي غطاء نباتي ساحلي، مثل الأشجار والشجيرات، يلعب دوراً في تثبيت التربة وحماية السواحل. تسببت السيول في اقتلاع وتدمير هذا الغطاء النباتي، مما يزيد من تآكل التربة ويقلل من الحماية الطبيعية للمناطق الساحلية. يمكن أن يؤدي فقدان الغطاء النباتي الساحلي إلى تفاقم آثار السيول المستقبلية وزيادة تعرض المناطق السكنية للخطر.

المطلب الخامس: الآثار طويلة المدى على جودة البيئة وصحة الإنسان

لا تقتصر الآثار البيئية للسيول الطينية على الأضرار المباشرة التي تحدث أثناء الكارثة، بل تمتد لتشمل تداعيات طويلة المدى على جودة البيئة وصحة الإنسان، والتي قد تستمر لسنوات أو حتى عقود. في درنة، من المتوقع أن تكون هذه الآثار عميقة ومعقدة، نظراً لحجم الدمار والتلوث الذي خلفته السيول.

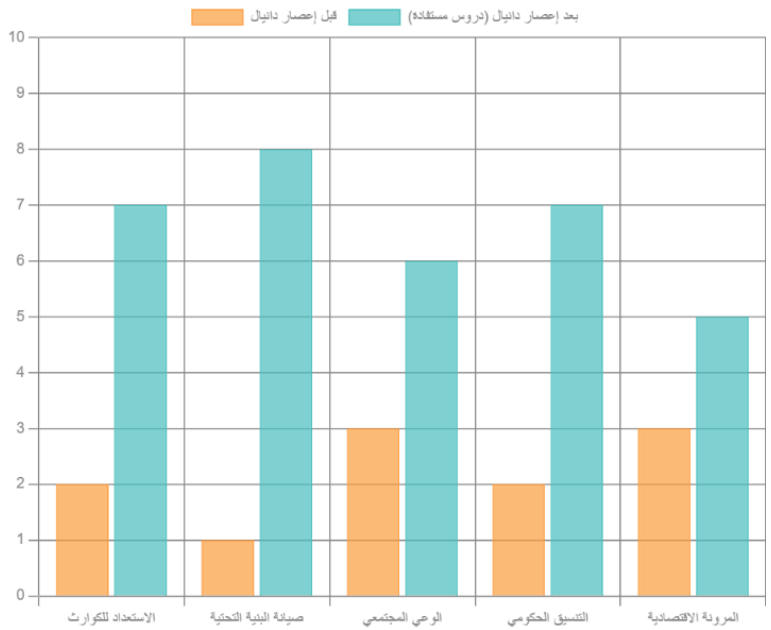
أولاً، الآثار طويلة المدى على جودة البيئة

يمكن أن يؤدي تلوث التربة والمياه بالمعادن الثقيلة والمواد الكيميائية السامة إلى تدهور دائم في جودة البيئة. فالمعادن الثقيلة، على سبيل المثال، لا تتحلل بسهولة في البيئة ويمكن أن تتراكم في التربة والمياه، ومن ثم تنتقل إلى السلسلة الغذائية، مما يؤثر على صحة الكائنات الحية على المدى الطويل. كما أن تدمير النظم البيئية الساحلية، مثل الشعاب المرجانية والأراضي الرطبة، يقلل من قدرة البيئة على التعافي الطبيعي وتقديم الخدمات البيئية الحيوية، مما يؤثر على التوازن البيئي العام للمنطقة. يمكن أن يؤدي هذا التدهور البيئي إلى تغييرات في المناخ المحلي، وزيادة تواتر الظواهر الجوية المتطرفة، وتفاقم مشكلة التصحر وتآكل التربة.

ثانياً، الآثار طويلة المدى على صحة الإنسان

يشكّل التلوث البيئي الناجم عن السيول الطينية تهديدًا خطيرًا للصحة العامة، إذ تتعرض المجتمعات المتضررة لمياه موبوءة محمّلة بالبكتيريا والفيروسات، ما يفتح الباب أمام تفشي أوبئة وأمراض معدية قد تستمر آثارها لسنوات طويلة. كما أن الغبار والجسيمات الدقيقة المتصاعدة من الأنقاض والمخلفات تمثل خطراً مباشراً على الجهاز التنفسي، فتتسبب في أزمات الربو والتهابات مزمنة للرئتين والشعب الهوائية. ولا يقتصر الأمر على ذلك، بل يمتد إلى التعرض للمواد الكيميائية السامة التي تتسرب إلى التربة والمياه، فتترك آثاراً بالغة على الصحة، تصل إلى الإصابة بالسرطان، وتلف الأعضاء الحيوية، وظهور اضطرابات خطيرة في النمو لدى الأطفال.

ولا تقل الآثار النفسية والاجتماعية جسامة عن الأضرار الجسدية، إذ يعاني السكان من صدمات نفسية عميقة، ومشاعر قلق واكتئاب، وفقدان لسبل العيش، وهي معاناة قد تلازمهم زمناً طويلاً وتؤثر على تماسك المجتمع واستقراره. إن مواجهة هذه التداعيات المعقدة تتطلب رؤية شاملة وجهوداً متكاملة تجمع بين إعادة التأهيل البيئي، وتقديم الرعاية الصحية والنفسية، ودعم مصادر العيش المستدامة لضمان تعافي المجتمعات وعودتها إلى الحياة بأمان واستقرار.



يوضح الرسم البياني بالأعمدة أعلاه تقييماً لتطور بعض الجوانب المتعلقة بإدارة الكوارث في ليبيا، قبل وبعد إعصار دانيال. تعكس البيانات الرغبة في تحسين الاستعداد للكوارث، وصيانة البنية التحتية، والوعي المجتمعي، والتنسيق الحكومي، والمرونة الاقتصادية كدروس مستفادة من الكارثة.

خاتمة:

بناءً على ما تقدم، يمكن استخلاص عدة استنتاجات رئيسية من هذه الدراسة. لقد كشفت الدراسة عن أن السيول الطينية التي اجتاحت مدينة درنة بعد إعصار دانيال في سبتمبر 2023 كانت لها آثار بيئية كارثية وشاملة، لم تقتصر على الأضرار

المادية الفورية بل امتدت لتشمل تلوثًا واسع النطاق للموارد البيئية الأساسية. أظهرت نتائج التحليل أن السيول الطينية حملت كميات هائلة من الملوثات، مما أدى إلى تدهور حاد في جودة المياه (السطحية والجوفية والبحرية) والتربة في المناطق الساحلية. كما أكدت الدراسة أن هذا التلوث كان له تأثير مباشر وسلبي على التنوع البيولوجي، مسببًا تدميرًا للموائل الطبيعية وتراجعًا في أعداد الكائنات البحرية والبرية على حد سواء.
تؤكد هذه الدراسة أن كارثة درنة ليست مجرد حادثة عابرة، بل هي دعوة عاجلة للاستعداد للتغيرات المناخية المتسارعة. إن فهمنا للآثار البيئية لهذه الكارثة يمثل خطوة أساسية نحو بناء مجتمعات أكثر مرونة وقدرة على التكيف. كما يسلط البحث الضوء على أهمية التعاون الدولي والبحث العلمي المستمر في مجالات الجغرافيا البيئية لمواجهة التحديات البيئية الكبرى التي يواجهها العالم. نتمنى أن تكون نتائج هذه الدراسة بمثابة حافز لصانعي القرار والباحثين والمجتمعات المحلية للعمل معًا من أجل مستقبل بيئي أكثر أمانًا واستدامة.

النتائج

1- تلوث التربة: أسهمت السيول في إحداث تغييرات جوهرية في الخصائص الفيزيائية للتربة، إذ غطتها بطبقات من الرواسب الدقيقة، وأدت إلى تلوثها بالمواد الكيميائية والمخلفات الصلبة، الأمر الذي انعكس سلباً على خصوبتها وقدرتها على دعم الحياة النباتية.

2- تلوث المياه: كشفت النتائج عن تدهور نوعي خطير في الموارد المائية، حيث تلوثت المياه السطحية والجوفية ومياه البحر بمزيج من الرواسب، والملوثات الكيميائية، والمخلفات الصلبة، فضلاً عن الكائنات الدقيقة المسببة للأمراض، مما جعلها غير صالحة للاستخدام البشري وهدد النظم البيئية المائية.

3- تدهور التنوع البيولوجي: أظهرت الكارثة أثراً مدمراً على التنوع الحيوي، حيث أُتلف الغطاء النباتي البري، وتعرضت الشعاب المرجانية وأسرة الأعشاب البحرية للاختناق، كما تأثرت الكائنات الحية بالتسمم الناجم عن الملوثات، وهو ما أدى إلى فقدان موائل طبيعية وانخفاض أعداد العديد من الأنواع.

4- تدمير البنية التحتية البيئية: بينت النتائج أن الشواطئ والأراضي الرطبة والغطاء النباتي الساحلي تعرضت لتدمير واسع النطاق، مما أضعف الخدمات البيئية التي توفرها هذه النظم وزاد من هشاشة المنطقة في مواجهة الكوارث المستقبلية.

5- الآثار الصحية طويلة المدى: أظهرت التحليلات أن الكارثة ترتب عليها مخاطر صحية مستمرة للسكان، من أبرزها انتشار الأمراض المعدية، وازدياد مشكلات الجهاز التنفسي، فضلاً عن التعرض المزمن للمواد الكيميائية السامة ذات التداعيات الخطيرة على الصحة العامة.

6- دور التغيرات المناخية: أكدت النتائج أن التغيرات المناخية المتسارعة وتزايد شدة الظواهر الجوية المتطرفة، مثل إعصار دانيال، كانت عاملاً محورياً في تضخيم حجم الكارثة وتعميق آثارها البيئية.

التوصيات

1- اعتماد برامج شاملة لإعادة تأهيل التربة من خلال إزالة الرواسب الملوثة، واستخدام تقنيات المعالجة البيولوجية والمعالجة بالنباتات، بما يضمن استعادة خصوبتها والحفاظ على الإنتاج الزراعي.

2- إنشاء أنظمة متطورة لمراقبة جودة المياه والإنذار المبكر، مع تطبيق تقنيات المعالجة المستدامة، وتفعيل التشريعات التي تضمن حماية الموارد المائية من التلوث المستقبلي.

3- تنفيذ برامج لإعادة تأهيل الموائل الطبيعية المتضررة، واستزراع النباتات المحلية والشعاب المرجانية، وتوسيع نطاق المحميات الطبيعية لحماية الأنواع المهددة بالانقراض.

4- تبني خطط متكاملة لإعادة إعمار البنية البيئية الساحلية، وتعزيز الحماية الطبيعية للشواطئ والأراضي الرطبة، بما في ذلك زراعة الغطاء النباتي الساحلي وتطوير بنية تحتية خضراء مقاومة للكوارث.

5- توفير برامج طبية وصحية عاجلة للرصد والفحص الدوري للسكان، وتعزيز قدرات النظام الصحي المحلي في مواجهة الأوبئة، إلى جانب إطلاق حملات توعية مجتمعية حول سبل الوقاية من المخاطر الصحية البيئية.

6- تعزيز السياسات الوطنية للتكيف مع التغيرات المناخية، من خلال تطوير البنية التحتية المقاومة للكوارث، وتطبيق نظم لإدارة المخاطر المناخية، والانخراط الفاعل في المبادرات الدولية لخفض الانبعاثات وتعزيز الاستدامة البيئية.

قائمة المراجع

[1] علي مراد، مقدمة في الجغرافيا البيئية. عمّان، الأردن: دار الشروق، 2010.
[2] محمد الشامي، مقدمة في الجغرافيا البيئية. بيروت، لبنان: دار النهضة العربية، 2015.
[3] خالد عبد الرحمن، الجغرافيا البيئية: دراسات تطبيقية. عمّان، الأردن: دار المسيرة، 2018.
[4] حسن سيد أبو العينين، الجغرافيا الطبيعية: أسس ومفاهيم. القاهرة، مصر: دار الفكر العربي، 2012.
[5] إبراهيم القطب، الجغرافيا الطبيعية: أسس وتطبيقات. عمّان، الأردن: دار المسيرة، 2017.
[6] إبراهيم محمد، *تناول الأثر البيئي للكوارث* .عمّان، الأردن: دار المسيرة، 2019.
[7] عبد الله الزهراني، *إدارة الكوارث الطبيعية: منظور جغرافي* .عمّان، الأردن: دار المسيرة، 2020.
[8] حسن علي، *السيول الجارفة: تحليل جغرافي* .الإسكندرية، مصر: دار المعرفة الجامعية، 2016.
{9] محمد السيد، *السيول والفيضانات: الأسباب والآثار* .الإسكندرية، مصر: دار المعرفة الجامعية، 2018.
[10] محمد حسين، تدهور التربة: الأسباب والحلول. الإسكندرية، مصر: دار المعرفة الجامعية، 2017.
[11] محمود عباس، *التنوع البيولوجي: أهميته وحمايته* .عمّان، الأردن: دار الشروق، 2020.
[12] سعيد محمود، السيول الطينية: تكوينها وآثارها. القاهرة، مصر: دار الفكر العربي، 2021.
[13] إبراهيم عثمان، الجغرافيا البيئية: أسس وتطبيقات. القاهرة، مصر: دار الفكر العربي، 2013.
[14] سعيد الغامدي، *الجغرافيا الساحلية: مفاهيم وتطبيقات* .المدينة المنورة، السعودية: دار الزمان، 2016.
[15] عبد العزيز القرني، التنوع البيولوجي البحري: أهميته وحمايته. الرياض، السعودية: مكتبة الرشد، 2018.
[16] فهد العمري، الاقتصاد البيئي للمناطق الساحلية. الرياض، السعودية: مكتبة العبيكان، 2020.
[17] سعيد المالكي، *إدارة الكوارث البيئية: دراسات حالة* .الرياض، السعودية: مكتبة العبيكان، 2024.
[18] علي الشهري، *النظم البيئية الساحلية: أهميتها وتحدياتها* .الرياض، السعودية: مكتبة العبيكان، 2021.
[19] فهد العتيبي، *تأثير التغيرات المناخية على المناطق الساحلية* .الرياض، السعودية: دار المريخ، 2022.
[20] أحمد النجار، *مبادئ علم البيئة والتلوث* .القاهرة، مصر: دار الفكر العربي، 2014 .
[21] علي الهاشمي، *تلوث البيئة بالمخلفات الصناعية* .عمّان، الأردن: دار الحامد للنشر والتوزيع، 2019.
[22] ناصر القحطاني، *تلوث المياه: مصادره وآثاره* .الإمارات العربية المتحدة: دار الكتاب الجامعي، 2020.
[23] فهد المطيري، *الأمراض المنقولة بالمياه بعد الفيضانات* .الإمارات العربية المتحدة: دار الكتاب الجامعي، 2021.
[24] عبد الله الرشيدي، *تأثير الكوارث الطبيعية على خصوبة التربة* .عمّان، الأردن: دار المناهج، 2022.
[25] فهد العتيبي، *تأثير التغيرات المناخية على المناطق الساحلية* .الرياض، السعودية: دار المريخ، 2022.
[26] عبد الله الزهراني، *تلوث البيئة البحرية: التحديات والحلول* .القاهرة، مصر: دار الفكر العربي، 2024.
[27] فهد العتيبي، *المناخ والتغيرات المناخية: دراسة في الجغرافيا المناخية* .الرياض، السعودية: دار المريخ، 2019.
[28] عبد الله الزهراني، *إدارة الكوارث الطبيعية: منظور جغرافي* .عمّان، الأردن: دار المسيرة، 2020.
[29] سعيد الغامدي، *الآثار البيئية للسيول الطينية* .المدينة المنورة، السعودية: دار الزمان، 2024.
[30] عبد الله الرشيدي، تأثير الكوارث الطبيعية على خصوبة التربة. عمّان، الأردن: دار المناهج، 2022.