https://doi.org/10.5281/zenodo.21983781

تحليل مؤشرات الجفاف في مدينة غدامس ليبيا

أ. إيناس محمد عمار
قسم الجغرافيا/ كلية التربية– ناصر/ جامعة الزاوية – ليبيا
e.ammar@zu.edu.ly

الملخص:

تعاني مدينة غدامس الواقعة في الصحراء الليبية من تفاقم مشكلة الجفاف نتيجة قلة تساقط الأمطار، وارتفاع درجات الحرارة، والتغيرات المناخية المتسارعة. حيث يؤثر ذلك بشكل كبير على الموارد المائية، والزراعة، والأنشطة الاقتصادية، مما يشكّل تحديًا كبيرًا أمام التنمية المستدامة في المنطقة. ويهدف البحث إلى دراسة مؤشرات الجفاف في مدينة غدامس، وتحليل أسبابه، إضافةً إلى اقتراح حلول فعّالة للتخفيف من تداعياته وتعزيز التنمية الصحراوية المستدامة. حيث يتناول تحليل المؤشرات المناخية مثل معدلات الأمطار، درجات الحرارة، ومستويات الرطوبة، إلى جانب تقييم التأثير البيئي للجفاف على واحات غدامس، والمياه الجوفية، والغطاء النباتي.

كما يستعرض البحث الحلول الممكنة لمواجهة الجفاف، مثل تقنيات حصاد المياه، تطوير أنظمة الري الحديثة، واستخدام الزراعة المقاومة للجفاف، إضافةً إلى اقتراح سياسات تنموية لتعزيز قدرة السكان المحليين على التكيف مع الجفاف وضمان استدامة الموارد الطبيعية.

ومن المتوقع أنْ يسهم البحث في تقديم رؤية واضحة حول واقع الجفاف في مدينة غدامس وتقديم توصيات عملية لمساعدة السكان المحليين وصناع القرار على تبني استراتيجيات فعالة لمواجهة الجفاف وتعزيز التنمية المستدامة في المنطقة.

الكلمات المفتاحية: الجفاف، التنمية الصحراوية، الموارد المائية، التغيرات المناخية.

–الجزء الأول من بحوث المؤتمر الجغرافي الثامن عشر والذي عقد بجامعة الجفرة بتاريخ 17–18– ديسمبر 2025 ، بعنوان (**البيئات الجغرافية الليبية الجافة وشبه الجافة: الواقع – الآفاق – التحديات** ، (**2026.08.15 م**) **https://jlgs.ly/ojs**.

Analysis of Drought Indicators in Ghadames City, Libya

Eenas Mohammed Almukhtar Ammar
Department of geography, Nasser College of Education
Zawiya University- Libya.
e.ammar@zu.edu.ly

Abstract

Ghadames, located in the Libyan Desert, is experiencing an increasing drought problem due to low rainfall, rising temperatures, and accelerating climate change. This situation significantly impacts water resources, agriculture, and economic activities, posing a major challenge to sustainable development in the region.

This research aims to study drought indicators in Ghadames, analyze its causes and environmental and economic effects, and propose effective solutions to mitigate its impacts and promote sustainable desert development. The study examines climatic indicators such as rainfall rates, temperature variations, and humidity levels, along with assessing the environmental impact of drought on Ghadames' oases, groundwater, and vegetation cover.

The research also explores potential solutions, including water harvesting techniques, the development of modern irrigation systems, and the adoption of drought-resistant agriculture. Additionally, it proposes developmental policies to enhance the resilience of local communities and ensure the sustainability of natural resources.

The expected outcome of this study is to provide a clear understanding of the drought situation in Ghadames and offer practical recommendations to help local populations and policymakers adopt effective strategies for combating drought and promoting sustainable development in the region.

Keywords: Drought, Desert Development, Water Resources, Climate Change.

https://doi.org/10.5281/zenodo.21983781

مقدمة:

ظاهرة الجفاف من المؤشرات التي اهتم بها الجغرافيون اهتمامًا واسعًا؛ لكونه يشكّل ظاهرة مناخية بيولوجية تتعلق بالإنسان ونشاطه الاقتصادي، وزاد الاهتمام بدراسة الجفاف من قِبل المختصين بالزراعة والري لغرض تقصي أسباب الجفاف؛ لأنّ الظاهرة لها مخاطر كبيرة على البيئة (أحمد، 2014، 25)، فالجفاف هو نقص في هطول الأمطار على مدى فترة طويلة مما يؤدي إلى نقص المياه (البديري، 2014، 30).

فظاهرة الجفاف تمثّل تهديدًا بيئيًا لِمَا لها من تأثيرات سلبية على المنطقة التي تتعرض لها؛ بسبب تراجع في كمية الأمطار عن معدلها العام، مما يؤدي إلى انخفاض في مستوى المياه الجوفية، وقلة رطوبة التربة، وانحسار الغطاء النباتي والمراعي الطبيعية (الحتبي، 2017، 2). وهذه الظاهرة تتكرر من وقت لآخر، وتختلف من مكان لآخر من حيث شدة التأثير، فتستمر لسنوات وتسبب خسائر اقتصادية وطبيعية وتأثيرات سلبية على البيئة والإنسان.

والجفاف سمة مناخية متكررة في معظم أنحاء العالم، وأصبح مؤشرًا خطيرًا بسبب تغير المناخ وآثاره.

وللجفاف ثلاثة آثار هي: الآثار البيئة مثل جفاف الأراضي الزراعية الرطبة، وحدائق الغابات على نطاق واسع، ونقصان التنوع البيولوجي، والآثار الاقتصادية التي ينتج عنها اضطرابات سلبية في الزراعة وتربية الحيوانات، وآثار اجتماعية حيث لها تأثير سلبي على صحة الإنسان. ويمكن أنْ يؤدي الجفاف إلى زيادة تلوث الهواء بسبب الغبار وحرائق والغابات، كما تسبب فترات الجفاف هجرات جماعية وأزمات إنسانية.

ويهتم البحث بدراسة الجفاف في مدينة غدامس لغرض معرفة أسبابه بواسطة مُعَادَلات رياضية كمعادلة لينتج وديمارثون ونورتشويت؛ لغرض إيجاد حلول ومقترحات لهذه المشكلة ولضمان سلامة البيئة في المنطقة الدراسة.

مشكلة البحث: تقع مدينة غدامس في الجنوب الغربي من ليبيا، وتُعرف بأنّها واحدة من أقدم الواحات، ولها طابع معماري فريد معتمد بشكل رئيسي على المياه الجوفية؛ لري بساتين النخيل، ومع التغيرات المناخية والانخفاض المستمر في المطار أصبحت المدينة تواجه تحديات كبيرة تتعلق بندرة المياه، وزيادة فترات الجفاف، وزحف التصحر، وتكمن مشكلة البحث في التساؤلات الآتية:

1. هل يمكن تحديد مؤشرات واتجاهات الجفاف في مدينة غدامس ؟
2. إلى أي مدى يمكن أنْ تساعد مؤشرات واتجاهات الجفاف في الحد من آثاره على البيئة ؟
3. هل يوجد تباين مكاني وزماني للجفاف في منطقة الدراسة ؟

أهمية البحث:

تكمن في تحديد حالة الجفاف في مدينة غدامس، وأثره على البيئة، خاصة أنّ خطر الجفاف يزداد حدة أكثر مما كان عليه في السابق، فقد زادت شدته في الآونة الأخيرة بفعل تغير المناخ، الأمر الذي دفع إلى دراسة قرائن الجفاف وتطبيقاتها وتحديد اتجاهاته في منطقة الدراسة.

أهداف البحث:

1. التعرّف على أهم المؤشرات المحددة للجفاف ودرجاته.
2. تحديد اتجاهات الجفاف في منطقة الدراسة باستخدام قرائن الجفاف.
3. إيجاد حلول ومقترحات للحد من ظاهرة الجفاف في المنطقة المدروسة.

فرضيات البحث:

تُعدّ الفرضية حلًا مبدئيًا لمشكلة البحث وهي تمثّل الإجابة على المشكلة الرئيسة للبحث وتكمن الفرضيات في الآتي:

1. يمكن تحديد حالة ودرجة الجفاف في مدينة غدامس.
2. يوجد تغير في اتجاهات الجفاف في مدينة غدامس.
3. أسهم تغير المناخ والنشاط البشري في زيادة ظاهرة الجفاف.
4. هناك تباين مكاني وزماني للجفاف في منطقة الدراسة.

منهجية البحث: اعتمدت الدراسة على المناهج الآتية:

1. **المنهج الوصفي:** يهدف إلى وصف الظاهرة والوصول للأسباب التي تتأثر بها.
2. **المنهج التحليلي:** يعتمد على جمع البيانات المناخية وتحليلها بواسطة برنامج Excel وكذلك المعادلات الرياضية لقرائن الجفاف وهي قرينة لانج وديمارتون ونورتشويت لغرض معرفة الجفاف في المنطقة.

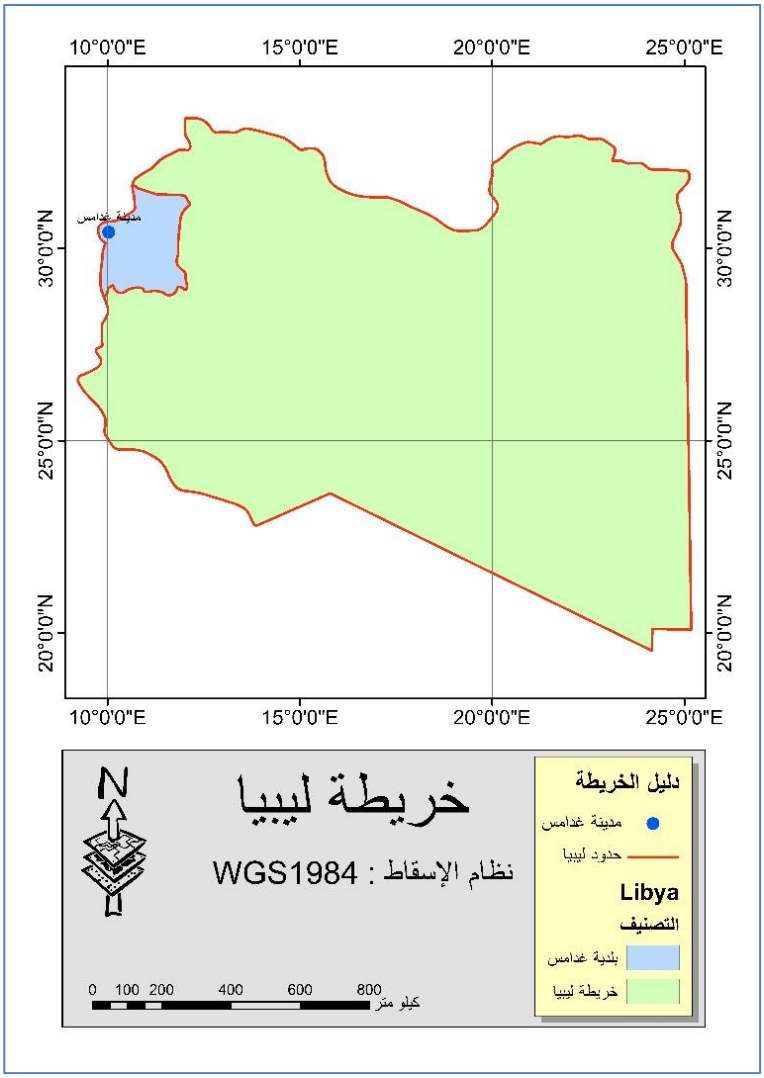
حدود منطقة البحث:

تقع مدينة غدامس قرب مثلث حدود ليبيا مع كل من تونس والجزائر في الجزء الغربي من البلاد على دائرة عرض 30.08ْ شمالًا وخط طول 9:30ْ شرقًا، وترتفع عن مستوى سطح البحر

https://doi.org/10.5281/zenodo.21983781

357 مترًا، وتبتعد بحوالي 543 كيلومترًا جنوب غرب العاصمة طرابلس، وغدامس هي واحة نخيل تعداد سكانها حوالي 25 ألف نسمة، ويقال لها مدينة القوافل، فهي تُعدّ أشهر المدن على خط التجارة بين شمال وجنوب الصحراء الكبرى، لها علاقة تاريخية مزدهرة في التجارة مع تمبكتو في مالي، ترتبط مدينة غدامس بالعاصمة طرابلس بطريق بري يمتد لمسافة 600 كلم، ويمر تحت الجبل الغربي، ويوجد بالقرب من المدينة مهبط للطائرات (مطار محلي) يسير رحلات دورية بين مدينة طرابلس وسبها.

الخريطة (1) موقع منطقة الدراسة.



المصدر: عمل الباحثة استنادًا إلى: 1- أمانة المرافق بلدية الزاوية، المخطط الشامل، 1990، 2000.

2- الأطلس الوطني، ص34 بالاعتماد على برنامج ARC MAP 10.3.

المصطلحات والمفاهيم:

الجفاف البيئي (environmental drought): حالة من التراجع أو النقص في الموارد المائية نتيجة انخفاض معدل الأمطار عن المعدلات الطبيعية مما يؤثر سلبًا على البيئة والأنشطة الزراعية والاقتصادية والمعيشية في المنطقة (خلف، 2012، 33).

2. التنمية الصحراوية (desert development): عملية متكاملة تهدف إلى استثمار الإمكانيات والموارد المتاحة في البيئات الصحراوية، سواءً أكانت طبيعية أم بشرية من أجل تحسين المستوى الاقتصادي والاجتماعي والبيئي للسكان (عبد المجيد، 2006، 45).

3. الموارد المائية (water resources): كافة المصادر الطبيعية للمياه التي يمكن استخدامها لتلبية احتياجات الإنسان والكائنات الحية الأخرى، سواءً أكانت مياه سطحية مثل: الأنهار والبحيرات أم مياه جوفية أم مياه الأمطار، وتشكّل هذه الموارد عنصرًا أساسيًا في التنمية الزراعية والصناعية والحضرية (القصاص، 2000، 88).

التغييرات المناخية (climate changes): التحولات طويلة الأمد في معدلات درجات الحرارة وأنماط الطقس والتي تحدث بفعل عوامل طبيعية وبشرية، مما يؤدي إلى اختلال التوازن البيئي وظهور ظواهر مناخية متطرفة مثل الجفاف والفيضانات (عبد العزيز، 2015، 52).

الدراسات السابقة:

– دراسة بدوي (2023) بعنوان: التغيرات طويلة المدى للجفاف في الفترة (1901-2020) في شمال مصر باستخدام المؤشر المعياري للتساقط المطري والتبخر- نتح (SPEI). تناول البحث تتبع خصائص الجفاف في شمالي مصر في الفترة الزمنية المذكورة اعتمادًا على تطبيق مؤشر الجفاف، وتتبع البحث آثار الجفاف على الزراعة والموارد المائية، وإنتاج الغذاء، والرعي، والبيئة فقد لوحظ وجود تركز واضح لتكرار الجفاف المتطرف والشديد في النطاقات الزمنية المختارة في كل من الأجزاء الجنوبية والشرقية من منطقة الدراسة.

– دراسة، ضيف الله (2022) بعنوان: التحليل الجغرافي لظاهرة الجفاف في إقليم المرتفعات الوسطى من اليمن خلال الفترة (1950-2020) كشفت نتائج الدراسة عن وجود تباين نسبي في النطاقات الزمنية للجفاف بلغت نسبته (50، 49%، 56، 48%) لأحداث الظروف المعتدلة، ونسبة (50، 50%، 44، 51%) لأحداث تكرار فئات الجفاف، أمّا على المستوى المكاني فتوزعت فئات الجفاف على منطقة الدراسة مع عدم وجود فروقات كبيرة وهو ما ينعكس

https://doi.org/10.5281/zenodo.21983781

سلبًا على الموارد الطبيعية من حيث تناقص المياه.

– **دراسة الحصاني، السعيدي (2021)** بعنوان: تقييم مستويات الجفاف في محافظة النجف الأشرف باستخدام مؤشر الحالة النباتية VCI، هدفت الدراسة إلى تقييم حالة الجفاف باستخدام مؤشر صحة الحالة النباتية؛ وذلك لأنّ مستوى الغطاء النباتي له علاقة عكسية على مستويات الجفاف، فالزيادة في الغطاء النباتي تقابلها نقصان في مساحات الجفاف وتم تقسيم المدة إلى ثلاث دورات مناخية صغرى وتوصّل البحث إلى أنّ هناك زيادة نسبية في مساحات الجفاف في المنطقة.

– **دراسة، المرسى، الشب، سلوم (2010)** بعنوان: تطبيقات قرائن الجفاف في سورية، استخدمت الدراسة قرائن الجفاف في التصنيف المناخي لتحديد الأقاليم الجافة عن غيرها من الأقاليم، واستخدمت معادلات رياضية مناخية باستخدام كميات الأمطار ودرجات الحرارة والرطوبة النسبية والتبخر، وتمّ تطبيق عدد من القرائن المعروفة عالمية مثل: قرينة لانج ديمارتون وتورنثوين، كدراسة تطبيقية لسوريا، وخلُصت الدراسة إلى أنّ المنطقة تكون إقليمًا جافًا في فصل الصيف؛ بسبب انحباس المطر صيفًا وارتفاع درجات الحرارة، وحثت الدراسة على ترشيد استهلاك المياه في فترات الجفاف.

النتائج والمناقشة:

الخصائص المناخية لمنطقة الدراسة

1– الحرارة: تُعدّ درجة الحرارة إحدى أهم عناصر المناخ وأكثرها تأثيرًا في الأنظمة البيئة والأنشطة البشرية، فهي تمثّل مقياسًا لكمية الطاقة الحرارية الموجودة في الجو نتيجة تفاعل الإشعاع الشمسي مع سطح الأرض والغلاف الجوي، وتؤثر درجة الحرارة على توزيع الأقاليم النباتية والحيوانية، كما تتحكم في أنماط الزراعة ومواعيدها، وتؤثر أيضًا في التوزيع السكاني والتخطيط العمراني. (الخوري، 2018، ص52). وتتباين درجات الحرارة من منطقة إلى أخرى تبعًا لعدة عوامل من أبرزها: الموقع الفلكي، والارتفاع عن سطح البحر، والقرب والبعد عن المسطحات المائية، والتيارات البحرية واتجاه الرياح (سالم، 2020، ص107).كما أنّ التغيرات الأخيرة في متوسطات درجات الحرارة العالمية تُعدّ مؤشرًا واضحًا على التحولات المناخية التي يشهدها كوكب الأرض، مما دفع العلماء إلى درجة الحرارة باعتبارها مفتاحًا لفهم ظاهرة الاحتباس الحراري وتغير المناخ وظاهرة الجفاف. (الخوري، 2018، ص54). ومدينة غدامس تقع تحت سيطرة المؤثرات الصحراوية والجدول (1) يوضح الخصائص الحرارية لمدينة غدامس في الفترة (2000–2022).

ويظهر من الجدول المعدلات الشهرية والفصلية والسنوية لمتوسط درجات الحرارة، ومنها بلغ المتوسط السنوي لدرجات الحرارة (22.36مْ)، ويُعدّ شهر يناير أقل شهور السنة حرارةً، حيث بلغت (9.59)، وشهر يوليو هو أعلاها بحوالي (33.54مْ) بمدى حراري يصل إلى (23.97مْ)، ويرجع ارتفاع المدى الحراري إلى البعد عن البحر المتوسط، وبحسب المعدلات الفصلية سجل فصل الشتاء أدنى درجة حرارة بلغت (10.94مْ) أمّا فصل الصيف فسجل أعلى درجة حرارة بلغت (32.66) ووصل المدى الحراري الفصلي (21.72)، أمَّا معدل درجات الحرارة لفصلي الربيع والخريف فوصلت إلى (22.10) و(23.47) على التوالي، وتنخفض المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة بوجه عام في فصل الشتاء؛ وذلك بسبب وقوع غدامس في أقصى الغرب الليبي داخل عمق الصحراء الكبرى بعيدًا عن المسطحات المائية، مما جعلها تخضع للمناخ الصحراوي القاري الذي يتميز بفروق حرارية كبيرة بين الليل والنهار، وبين الصيف والشتاء، حيث تصل في شهر ديسمبر إلى (11.36)، بينما يظهر ارتفاع طفيف في متوسط شهر فبراير.

وفي فصل الصيف تسجل درجات الحرارة أعلى ارتفاع لها، وهذا الارتفاع في درجة الحرارة يتفق مع القاعدة العامة للأقاليم القارية الذي يكون فيها شهر يوليو هو الأعلى في درجة الحرارة بنحو (33.56) فالأشهر التي تمتاز بارتفاع الحرارة تزداد فيها كميات فقد المياه عن طريق التبخر من المياه السطحية أو مياه الري أو من التربة أو عن طريق النتح من النبات وبذلك كمية المياه المتسربة للخزان الجوفي بسيطة جدًا في المناطق الجافة وشبه الجافة.

الجدول (1) المتوسطات الشهرية والفصلية والسنوية للحرارة المتوسطة (مْ)
لمحطة غدامس في الفترة (2000–2022)

الأشهر	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	المعدل السنوي
القيم	30.01	23.94	16.46	11.36	9.59	11.86	16.79	22.25	27.26	31.53	33.56	32.89	22.29
الفصول	الخريف			الشتاء			الربيع			الصيف			
المعدل الفصلي	23.47			10.94			22.10			32.66			

المصدر: عمل الباحثة استنادًا إلى البيانات المتحصل عليها من وكالة الفضاء الأمريكية ناسا
https://powerlare.nasa.gov/data-access-viewerbclid=IwAR2SJVMhB4264911. DistBFkifsx BFQBQHtvibIHZ0qZzUZSZAHEuSdU.

2– الضغط الجوي: يُعدّ من أبرز عناصر المناخ وأكثرها تأثيرًا في الظواهر الجوية المختلفة وهو يمثّل وزن عمود الهواء الواقع على وحدة المساحة من سطح الأرض، ويقاس بوحدة المليمتر (الخطيب، 2012، ص48).

https://doi.org/10.5281/zenodo.21983781

وتظهر أهمية الضغط الجوي في تحديد الأحوال الجوية وفهم الظواهر المناخية، وتوجيه الطيران، والتخطيط الزراعي، كما أنّ التغيرات المفاجئة في الضغط الجوي تكون مؤثرات على تغيرات جوية كبرى مثل العواصف، أو الأمطار الغزيرة (صادق، 2010، ص74). ونظراً لموقع مدينة غدامس ضمن نطاق المرتفعات الجوية شبه المدارية فإنّها تتأثر معظم أيام السنة بوجود ضغط جوي مرتفع ناتج عن التيارات الهوائية الهابطة في الطبقات العليا من الجو، ويؤدي هذا إلى استقرار جوي دائم نسبيًا ويمنع تشكّل السحب وهطول الأمطار. (أبو العلا، 2005، ص114).

والجدول (2) يوضح خصائص الضغط الجوي لمنطقة الدراسة ومن خلاله نلاحظ الآتي:

يبلغ المعدل السنوي للضغط الجوي حوالى (97.44) مليبار، ونجد أعلى معدل فعلي للضغط الجوي في فصل الشتاء نحو (97.87) مليبار، وأقل معدل في فصل الصيف بحوالي (97.14) مليبار ويرتفع المعدل في فصل الخريف بحوالي (97.44) ويتخفض في فصل الربيع بنحو (97.22) مليبار، ونلاحظ أيضًا اختلاف واضح في معدلات الضغط الجوي في فصل الشتاء، حيث إنّ أعلى معدل في شهر يناير بحوالي (97.89) مليبار.

ويرجع الاختلاف في الضغط الجوي الفصلي إلى التفاوت الكبير في الضغط بين غدامس والمناطق الساحلية، الأمر الذي يؤدي إلى نشوء فروقات في الضغط الجوي تولد تيارات هوائية تدفع بالرياح القارية نحو الشمال ما يزيد من الجفاف ويكرس الطابع الصحراوي القاسي للمنطقة.

وباختصار يمكن القول إنّ الضغط الجوي المرتفع الذي يهيمن على مدينة غدامس بشكل شبه دائم هو العامل المناخي الأبرز في تشكيل بيئة هذه الواحة الصحراوية، فهو المسؤول عن صفاء السماء وارتفاع الحرارة، وانعدام الأمطار عليها، والخصائص التي تميز المناخ الصحراوي الجاف الذي تعرف به مدينة غدامس (شوقي، 2008، ص122).

الجدول (2) المتوسطات الشهرية والفصلية والسنوية للضغط الجوي (مليبار)

لمحطة غدامس في الفترة 2000–2022

الأشهر	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	المعدل السنوي
القيم	97.28	97.47	97.58	97.88	97.89	97.69	97.42	97.11	97.12	97.13	97.15	97.14	97.41
الفصول	الخريف			الشتاء			الربيع			الصيف			
المعدل الفصلي	97.44			97.82			97.22			97.14			

المصدر: عمل الباحثة استناداً إلى البيانات المتحصل عليها من وكالة الفضاء الأمريكية ناسا.

https://powerlare.nasa.gov/data-access-viewerbclid=IwAR2SJVMhB4264911. DistBFkifsx BFQBQHtvibIHZ0qZzUZSZAHEuSdU.

3- الرياح: لها دور كبير في زيادة كميات الأمطار المتساقطة وارتفاع نسبة الرطوبة والتقليل من كمية التبخر، فإذا كانت الرياح قادمة من المناطق البادرة كانت محملة ببخار الماء، أمّا إذا كانت مصدرها قاري فهي جافة حارة فتعمل على تقليل المطر خاصة في فصلي الربيع والخريف، إضافة إلى أنّها تعمل على رفع كمية فاقد المياه عن طريق البحر–النتح، فالرياح الشمالية الغربية التي تهب في فصل الشتاء تسهم في سقوط الأمطار وكذلك الرياح الشمالية والشمالية الشرقية تقوم بتلطيف درجات الحرارة وزيادة نسبة الرطوبة الذي من شأنها التقليل من عملية التبخر –نتح أمّا الرياح الجنوبية (القبلي) فينتج عنها زيادة استهلاك المياه بسبب ما تتميز به من جفاف وحرارة مما يؤثر سلباً على الميزان المائي بشكل عام (سفاف، 1981، ص166). وتُعدّ مدينة غدامس من المناطق التي تشهد تنوعًا نسبيًا في مراعاة الرياح طيلة العام، إذ تتأثر بمجموعة من التيارات الهوائية بعضها ناتج عن الفروق في الضغط الجوي بين الساحل والداخل، وبعضها الآخر مرتبط بالمنخفضات الجوية العابرة في فصلي الربيع والخريف. (أبو العلا، 2005، 130). وتُعدّ رياح القبلي رياحًا جنوبية شرقية جافة وحارة ومن أبرز الرياح التي تهب على المنطقة وتكون سرعتها أحيانًا عالية في فصل الربيع.

ويتضح من الجدول (3) سرعة الرياح في منطقة الدراسة حيث بلغ متوسط سرعة الرياح السنوي (4.24) عقدة ونلاحظ أعلى سرعة فصلية لمتوسطات الرياح في فصل الربيع بنحو (4.60) عقدة، ثم فصل الصيف بحوالي (4.60) عقدة، أمّا عن أقل معدل سرعة فكان في فصل الشتاء بحوالي (3.86) عقدة، يليه فصل الخريف بحوالي (3.95) عقدة ونلاحظ أنّ سرعة الرياح تزداد في فصلي الربيع والصيف؛ وذلك يرجع إلى زيادة نشاط المنخفضات الحرارية أو الصحراوية التي تؤدي إلى هبوب رياح قوية محملة بالأتربة والرمال. (شوقي، 2008، ص97).

وتؤثر سرعة الرياح بشكل مباشر على الأنشطة الاقتصادية والسكانية في مدينة غدامس إذ تسهم الرياح في زيادة معدلات التبخر وتؤثر على الزراعة التقليدية المحدودة في الواحات، كما قد تؤثر الرياح الشديدة على العمران التقليدي المبني من الطين والنخيل (صادق، 210، ص115). ومع ازدياد نشاط الرياح تتضاعف الأخطار البيئية لاسيما ما يتعلق بزحف الرمال والعواصف الترابية وهو ما يستدعي تدابير بيئية للحفاظ على التوازن البيئي في المنطقة.

الجدول (3): المتوسطات الشهرية والفصلي والسنوية لسرعة الرياح بالعقدة لمحطة غدامس في الفترة (2000–2022)

الأشهر	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	المعدل السنوي
القيم	4.18	3.90	3.77	3.73	3.79	4.07	4.42	4.60	4.78	4.69	4.53	4.37	4.24
الفصول	الخريف			الشتاء			الربيع			الصيف			
المعدل الفصلي	3.95			3.86			4.60			4.53			

المصدر: عمل الباحثة استنادًا إلى البيانات المتحصل عليها من وكالة الفضاء الأمريكية ناسا https://powerlare.nasa.gov/data-access-viewerbclid=IwAR2SJVMhB4264911. DistBFkifsx BFQBQHtvibIHZ0qZzUZSZAHEuSdU.

4– الرطوبة النسبية: تُعدّ من أهم عناصر المناخ التي تؤثر على الإنسان والبيئة إذ تلعب دورًا في تحديد مدى التبخر، وظهور الندى، وتكوّن السحب، كما تؤثر على أداء الأنشطة الزراعية والصحية (الجنزوري، 2016، ص97).

وتُعرّف الرطوبة النسبية على أنّها النسبة المئوية بين كمية بخار الماء العالق في حجم معين من الهواء، والكمية الأخرى التي يحتاج إليها حتى يصل إلى مرحلة التشبع في درجة الحرارة نفسها (الجديدي، 1998، ص98).

فمن المعروف أنّه كلّما زادت درجة الحرارة زادت قدرة الهواء على حمل بخار الماء وبالتالي انخفضت الرطوبة النسبية، وعلى العكس عند انخفاض درجة الحرارة تقل قدرة الهواء على حمل الرطوبة، فترتفع الرطوبة النسبية إلى حد التشبع، وهذا يفسر ارتفاع الرطوبة في الليل عندما تنخفض الحرارة مقارنة بالنهار (الرفاعي، 2019، ص58).

ويُعدّ الهواء جافًا إذا كانت الرطوبة فيه أقل من 50% وعاديًا إذا كانت نسبة الرطوبة بين 60% إلى 70%، وتكون الرطوبة عالية إذا زادت نسبتها عن 70% (الجديدي، 1998، ص72).

وتُعدّ مدينة غدامس الواقعة في الجنوب الغربي من ليبيا أنموذجًا واضحًا للبيئة الصحراوية الجافة، حيث يسودها مناخ قاري حار صيفًا وبارد شتاءً مع انخفاض عام في معدلات الرطوبة النسبية طوال العام، وتُعدّ الرطوبة النسبية مؤشرًا مهمًا لفهم خصائص المناخ المحلي، إذ تعبر عن كمية بخار الماء الموجودة في الهواء وبين الكمية القصوى التي حملها الهواء عند درجة حرارة معينة (الزغبي، 2018، ص34).

ويُلاحظ من الجدول (4) أنّ المتوسط السنوي للرطوبة النسبية في منطقة الدراسة حوالي (33.08%) وتبلغ حدها الأقصى في فصل الشتاء بحوالي (49.19%)، ويُعدّ فصل الصيف أقل الفصول في المعدل الفصلي للرطوبة النسبية، حيث بلغت نسبة الرطوبة نحو (19.68%) وبالتالي يُعدّ هذا الفصل جافًا، يليه فصل الربيع بـ(28.77%)، ثم فصل الخريف ليصل معدل الرطوبة إلى (34.70%).

ويعود هذا التفاوت في معدلات الرطوبة النسبية إلى بعد مدينة غدامس عن المسطحات المائية وارتفاع درجات الحرارة معظم شهور السنة، مما يزيد من قدرة الهواء على الاحتفاظ ببخار الماء وبالتالي انخفاض الرطوبة النسبية حتى في وجود الرطوبة المطلقة (الرفاعي، 2019: 58) وكما لُوحظ انخفاض الرطوبة النسبية في فصل الصيف وهو ما يزيد الإحساس بالجفاف ويؤثر على صحة الإنسان والجهاز التنفسي خاصة لدى الفئات الحساسة مثل الأطفال وكبار السن (الجنزوري، 2016، ص99).

وتلعب الرطوبة النسبية دورًا مهمًا في تشكيل الغطاء النباتي المحلى، ففي مدينة غدامس يعتمد السكان على الزراعة التقليدية، فالرطوبة المنخفضة تؤثر على معدلات تبخر المياه من التربة والنبات، مما يضطر المزارعين إلى استخدام أساليب ري تقليدية دقيقة للحفاظ على رطوبة التربة.

كما تسهم الرياح الحارة والجافة، خصوصًا رياح (القبلي) في خفض الرطوبة النسبية بشكل مفاجئ، ما يزيد من احتمالية حدوث العواصف الترابية التي تؤثر على نوعية الهواء والرؤية الأفقية في المنطقة، وهذا ما يجعل الرطوبة النسبية عنصراً حيوياً في التنبؤ بالظروف المناخية والتخطيط البيئي في غدامس. (الزغبي، 2018، ص55).

الجدول (4) المتوسطات الشهرية والفصلية والسنوية لمعدل الرطوبة النسبية %
محطة غدامس خلال الفترة (2000–2022)

الأشهر	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	المعدل السنوي
القيم	26.28	34.74	43.07	52.28	52.16	43.11	34.23	28.37	23.70	19.91	18.16	20.97	
الفصول	الخريف			الشتاء			الربيع			الصيف			
المعدل الفصلي	34.70			49.19			28.77			19.68			

المصدر: عمل الباحثة استناداً على البيانات المتحصل عليها من وكالة الفضاء الأمريكية ناسا.

https://powerlare.nasa.gov/data-access-viewerbclid=IwAR2SJVMhB4264911. DistBFkifsx BFQBQHtvibIHZ0qZzUZSZAHEuSdU.

https://doi.org/10.5281/zenodo.21983781

5– الأمطار: تُعدّ من أبرز الظواهر المناخية التي تلعب دورًا جوهريًا في توازن النظام البيئي على سطح الأرض، فهي تمثّل المصدر الرئيس للمياه العذبة التي تغذي الأنهار والبحيرات وتسهم في تغذية المياه الجوفية، كما تؤثر بشكل مباشر على الزراعة والنشاط البشري. وتختلف كمية الأمطار وتوزيعها من منطقة إلى أخرى تبعًا لعوامل عدة من أبرزها الموقع الجغرافي، والارتفاع عن مستوى سطح البحر، والتيارات الهوائية، والظواهر المناخية الكبرى كظاهرة التنبؤ، ونتيجة لهذا التفاوت تنشأ أنماط مناخية متنوعة تتراوح بين المناطق الرطبة والمناطق الجافة أو الصحراوية.

وتمثّل دراسة الأمطار جانبًا حيويًا في علم المناخ والهيدرولوجيا لِمَا لها من تأثيرات مباشرة على الزراعة، وإدارة الموارد المائية والتخطيط العمراني ومواجهة الكوارث الطبيعية مثل الفيضانات والجفاف، ومع التغيرات المناخية المتسارعة تزداد الحاجة إلى فهم أعمق لأنماط هطول الأمطار والتغيرات التي تطرأ عليها في المستقبل.

وبما أنّ مدينة غدامس تقع في الجزء الغربي من ليبيا بالقرب من الحدود الجزائرية والتونسية فهي تتميز بمناخ صحراوي حار وجاف، وتُعدّ من المناطق التي تعاني من قلة الهطول المطري على مدار العام، وتتراوح كمية الأمطار السنوية في غدامس بين 10 إلى 30ملم، وغالبًا ما تهطل في فصل الشتاء على شكل زخات متقطعة ونادرة. وتعتمد المنطقة بشكل كبير على المياه الجوفية التي تتغذى من الأحواض الجوفية المجاورة، ويُعدّ فهم نمط الأمطار في غدامس أمرًا مهمًا للتخطيط المستدام للمياه خصوصًا في ظل التغيرات المناخية التي تؤثر على كميات الأمطار بشكل عام في المناطق الصحراوية. كما أنّ الموقع الجغرافي لمدينة غدامس، الذي تحيط به الكثبان الرملية والجبال يؤثر على الأنماط الجوية المحلية ويحد من تكون السحب الممطرة، وبالرغم من قلة الأمطار تلعب هذه الكميات الضئيلة دورًا بيئيًا في تغذية بعض النباتات الصحراوية وتوفير الرطوبة اللازمة للكائنات البرية المحلية.

الجدول (5) المتوسطات الشهرية والفصلية والسنوية للمطر (ملم)

لمحطة غدامس في الفترة 2000–2022.

الأشهر	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	المعدل السنوي
القيم	1.69	6.62	3.23	9.25	3.54	1.32	3.34	3.19	2.79	0.33	0.00	0.35	2.97
الفصول	الخريف			الشتاء			الربيع			الصيف			
المعدل الفصلي	3.85			4.71			3.11			0.23			

المصدر: عمل الباحثة استنادًا إلى البيانات المتحصل عليها من وكالة الفضاء الأمريكية ناسا.

https://powerlare.nasa.gov/data-access-viewerbclid=IwAR2SJVMhB4264911. DistBFkifsx BFQBQHtvibIHZ0qZzUZSZAHEuSdU.

وبالنظر إلى الجدول (5) يمكن الإشارة إلى النقاط الآتية:

1. معظم أمطار المنطقة شتوية السقوط وأقصى حد لها حوالي (9.25) ملم في شهر ديسمبر.
2. يُعدّ فصل الخريف ثاني فصول السنة من حيث كمية الأمطار بمعدل مجموع تراكمي (3.85) ملم وهو بداية موسم الأمطار في مدينة غدامس.
3. تنخفض معدلات الأمطار تدريجيًا في فصل الربيع لتصل إلى (3.11) ملم، وتتوقف شبه نهائي في فصل الصيف، وفي حالة سقوط الأمطار تكون قليلة جدًا وليس لها قيمة، وبالتالي يكون المعدل الفصلي للصيف حوالي (0.23)ملم.

ولدراسة الجفاف في منطقة الدراسة لابد من دراسة التبخر وتأثيراته في المنطقة وحساب معدلاته لغرض معرفة درجة الجفاف في المنطقة.

6- التبخر: عملية فيزيائية يتحول فيها الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية (بخار الماء) نتيجة لارتفاع درجة الحرارة أو انخفاض الضغط الجوي، وتحدث هذه العملية عادة على سطح الماء المكشوف أو من التربة الرطبة أو من سطح النباتات (عبر كمية النتح).

ويُعدّ التبخر جزءًا أساسيًا من دورة الماء في الطبيعة، وله تأثير مباشر على المناخ، والموارد المائية والأنشطة الزراعية. (سلامة، 2010، ص45).

ويُعرّف التبخر أيضًا بأنّه: "فقدان الماء من سطح الأرض أو من النباتات بفعل الحرارة وتحوله إلى بخار يصعد إلى الغلاف الجوي" (عيسى، 2012، ص102).

وتتميز مدينة غدامس بارتفاع درجات الحرارة وانخفاض الرطوبة النسبية على مدار السنة، وهي عوامل تؤدي إلى معدلات تبخر عالية، وتشير الدراسات المناخية إلى أنّ معدل التبخر السنوي في غدامس يفوق معدل التساقطات المطرية بعدة أضعاف، مما يجعل التوازن المائي سلبيًا في معظم الأوقات، وتصنف المنطقة ضمن البيئات الجافة شديدة التبخر، ولحساب معدل التبخر بمنطقة الدراسة تمّ الاعتماد على بيانات العناصر المناخية درجة الحرارة والرطوبة النسبية، بالاعتماد على معادلة إيفانوف للبخر الحقيقي أو المحتمل بتطبيق المعادلة الآتية:

$$E = 0.0018\,(T + 25)^2(100 - RH)$$

حيث إنّ: E = التبخر المحتمل.

T = المتوسط الشهري لدرجة الحرارة (مْ).

RH = الرطوبة النسبية. (شرف، 2000م، ص50).

https://doi.org/10.5281/zenodo.21983781

الجدول (6) معدلات التبخر والعجز المائي

الشهر	متوسط الحرارة مْ	متوسط الرطوبة النسبية %	متوسط المجموع الشهري المطر ملم	قيمة التبخر PE	العجز المائي
سبتمبر	30.01	26.28	1.69	401.55	399.86
أكتوبر	23.94	34.74	6.62	281.34	274.72
نوفمبر	16.46	43.07	3.23	176.23	173
ديسمبر	11.36	52.28	9.25	113.55	110.3
يناير	9.59	52.16	3.54	103.02	99.48
فبراير	1186	43.11	2.79	13.89	11.1
مارس	16.79	34.23	3.34	206.74	203.4
أبريل	22.25	28.37	3.19	287.85	284.66
مايو	27.26	23.70	1.32	375.08	373.76
يونيو	31.53	19.91	0.33	460.68	460.35
يوليو	33.56	18.16	0.00	505.17	505.17
أغسطس	32.89	20.97	0.35	476.72	476.37
المجموع	-	-	-	**3401.82**	**3372.17**

ومن تطبيق المعادلة على البيانات السابقة الموضحة بالجدول (6) يتبيّن أنّ أعلى معدلات التبخر سجلت في شهر أغسطس بمعدل (602.78) وشهر يوليو بمعدل (501.37).

وبحسب معادلة إيفانوف وضع المعيار التالي لمعرفة مناخ أي منظمة ويطلق عليه معامل الجفاف.

$$K = \frac{P}{E_0} \times 100$$

حيث إنّ:

K: معامل الجفاف.

P: المعدل السنوي للمطر.

E_0: المعدل السنوي للبخر الممكن.

100: قيمة ثابتة.

وصنف إيفانوف مناطق العالم إلى أربع مناطق على أساس هذا المعامل وهي كالآتي:

1. المنطقة الرطبة وفيها $K \leq 100\%$.
2. المنطقة شبه الرطبة وفيها K يتراوح من 60-100%.
3. المنطقة شبه الجافة وفيها K يتراوح من 25-60%.
4. المنطقة الجافة وفيها $K \geq 25\%$.

ومن الجدول (6) يتبيّن أنّ المعدل السنوي للأمطار 2.96 ملمًا، والمعدل السنوي للتبخر يساوي 3401.82 ملمًا، وبالتعويض في المعادلة يتضح أنّ معامل الجفاف بالمنطقة يساوي 0.07% وبذلك تصنف مدينة غدامس من المناطق الجافة والذي عرّفه إيفانوف بأنّه المناخ الذي يقل فيه المعدل السنوي للأمطار المتساقطة كثيراً عن معدل السنوي للبخر الممكن.

أمّا ديمارنون فقسّم العالم إلى قسم مناطق مناخية، وذلك على أساس معدلات الأمطار والحرارة بأي منطقة في المعادلة الآتية: (شرف، 2000، ص54).

$$y = \frac{P}{T + 10}$$

حيث إنّ:

y: معامل الجفاف.

P: معدل المجموع السنوي.

T: المعدل السنوي للحرارة.

وجاء تصنيف ديمارنون حسب الجدول الآتي:

الجدول (7) أنواع المناخ حسب تصنيف ديمارتون

معامل الجفاف	نوع المناخ
أقل من 5	جاف
10-5	شبه جاف
20-10	رطب نسبياً
30-20	رطب
30 <	شديد الرطوبة

وبتطبيق المعادلة السابقة نتحصل على الجدول الآتي:

الجدول (8) القيمة الفعلية للمطر

المحطة	متوسط الحرارة السنوي (م)	معدل المطر السنوي (ملم)	القيمة الفعلية للمطر (ملم)
الزاوية	22.29	2.96	0.09

المصدر: عمل الباحثة استنادًا إلى بيانات الجدول (5).

https://doi.org/10.5281/zenodo.21983781

ومن تحليل بيانات متوسطات الحرارة الشهرية ومعدل المطر السنوي لمحطة غدامس باستخدام المعادلة السابقة تمكن الحصول على دراسة عنصري الحرارة والأمطار بالمنطقة، حيث أمكن الحصول على القيمة الفعلية للمطر والتي توضح معامل الجفاف وكانت القيمة الفصلية للمطر (0.09) ملمًا بحسب معادلة ديمارتون تقع ضمن المناخ الجاف، وبالنظر للجدول (6) نجد قيمة العجز المائي تساوي (3372.17) ملمًا، أمّا معادلة لانج فتعتمد على العلاقة بين كمية الأمطار السنوية ودرجة الحرارة المتوسطة السنوية لتحديد مدى جفاف أو رطوبة المناخ في منطقة معينة. (عبد العزيز، 2011، ص201).

وتحسب كما يأتي:

$$\text{معادلة لانج} = \frac{M}{T} = F$$

حيث إنّ:

F = معامل الجفاف.

M = معدل مجموع التساقط السنوي (ملم) سنوياً.

T = المعدل السنوي للحرارة (مْ).

وقسّم لانج مناخ العالم إلى أربع مناطق حسب الآتي:

معامل الجفاف	نوع المناخ
$20 >$	مناخ جاف
$4 - 20$	مناخ شبه جاف
$40 - 60$	مناخ شبه رطب
$60 <$	مناخ رطب

المصدر:(السامرائي، 2000، ص54).

ومن تطبيق المعادلة تمكّن الحصول على قيمة الجفاف بمعدل (0.13)، وبالتالي فإنّ المنطقة تقع ضمن المناخ الجاف حسب مؤشر لانج للجفاف، وبعد تطبيق المؤشرات الثلاثة نجدها تتفق على أنّ مناخ مدينة غدامس شديد الجفاف، ويظهر مؤشر إيفانوف تحديدًا على حساسية للجفاف؛ لأنّه يأخذ التبخر في الحسبان، وهو مرتفع جدًا في المناطق الصحراوية، أمّا مؤشر (لانج وديمارتون) فيعتمدان فقط على العلاقة بين المطر والحرارة ومع ذلك يظلان دقيقين لتقدير شدة الجفاف.

الخاتمة:

يتضح من تحليل مؤشرات الجفاف الثلاثة (إيفانوف، ديمارتون، لانج) أنّ مدينة غدامس تقع ضمن نطاق المناخ الصحراوي شديد الجفاف، وهو ما تؤكده جميع المعادلات رغم اختلاف أسسها الحسابية، ويتبع أهمية هذه المؤشرات من قدرتها على تبسيط فهم العلاقة بين عناصر المناخ (الحرارة، الأمطار، التبخر) وتمكين الباحثين والمخططين من اتخاذ قرارات دقيقة في مجالات الزراعة، وإدارة المياه والتخطيط العمراني في البيئات الجافة ويوصى باستخدام مجموعة من المؤشرات المتكاملة بدلاً من الاعتماد على مؤشر واحد لضمان تقييم شامل وموضوعي للجفاف خاصة في المناطق الهامشية أو المعرضة للتغيرات المناخية.

النتائج:

1. أوضحت معادلة إيفانوف أنّ قيمة التبخر السنوي في غدامس تساوي (1573.94 ملمًا) وهي قيمة مرتفعة للغاية تدل على أنّ معدلات التبخر تفوق كميات الأمطار بعدة أضعاف مما يظهر شدة الجفاف في المنطقة.
2. أظهرت نتائج تطبيق مؤشر ديمارتون أنّ قيمة الجفاف في مدينة غدامس تبلغ نحو (0.079 ملمًا) مما يصنف المنطقة فهي المناخ الصحراوي شديد الجفاف.
3. حسب معادلة لانج فإنّ نسبة الأمطار إلى درجة الحرارة السنوية تبلغ (0.11 ملم) ما يؤكد أنّ مناخ غدامس جاف ويعاني من نقص حاد في الرطوبة المناخية.
4. تشير المؤشرات الثلاثة إلى اتفاق واضح في تصنيف مناخ مدينة غدامس مناخًا صحراويًا جافًا جدًا، ويُعدّ من العوامل المؤثرة في ضعف الغطاء النباتي، ومحدودية الزراعة، والاعتماد الكبير على المياه الجوفية.
5. يظهر مؤشر إيفانوف دقة أعلى في تمثيل الجفاف في البيئات الصحراوية نظرًا لاستخدامه لعنصر التبخر الذي يتأثر مباشرة بدرجات الحرارة العالية والرياح الجافة.

التوصيات:

1. ضرورة الاعتماد على أكثر من مؤشر جفاف عند دراسة المناطق الجافة مثل مدينة غدامس حيث يوفر الدمج بين مؤشرات الجفاف تقييمًا أكثر شمولية ودقة للواقع.
2. إدخال مؤشر إيفانوف بشكل أساسي في التحليلات البيئة في المناطق الصحراوية؛ نظرًا لاعتماده على عنصر التبخر مما يعكس بدقة تأثير الحرارة العالية، والظروف المناخية القاسية.

https://doi.org/10.5281/zenodo.21983781

3. تطوير استراتيجيات لإدارة الموارد المائية في المناطق شديدة الجفاف عبر استخدام تقنيات حفظ مياه الأمطار، وتحسين كفاءة استخدام المياه في الزراعة.

4. ضرورة دمج مؤشرات الجفاف في خطط التنمية العمرانية والاقتصادية لضمان توافق المشاريع المستقبلية مع الخصائص المناخية البيئية، وتقليل المخاطر الناتجة عن التصحر أو الاجهاد المائي.

5. الاستفادة من النماذج المناخية المستقبلية لتوقع تغييرات الجفاف في ظل التغيير المناخي العالمي والتخطيط الاستباقي لمواجهتها على المستويات المحلية والوطنية.

6. الاعتماد على الطاقة الشمسية في تشغيل أنظمة سحب المياه الجوفية.

7. تشجيع البناء المستدام باستخدام مواد محلية وأساليب تقليدية مقاومة للجفاف.

المصادر والمراجع:

- أبو العلا، عبد العزيز، (2005)، مبادئ علم المناخ ، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.
- أحمد، هدى برهان، (2014)، التحليل المناخي لأسباب الجفاف في العراق، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة تكريت، العراق.
- البديري، أحمد لفتة حمد، (2014)، مؤشرات التغير المناخي وأثرها في زيادة مظاهر الجفاف في محافظة بابل، رسالة ماجستير (غير منشورة)، جامعة بغداد، كلية التربية ابن رشد للعلوم الإنسانية، قسم الجغرافيا.
- الجديدي، حسن، (1998)، أسس الهيدرولوجية العامة، منشورات جامعة الفاتح (سابقًا)، طرابلس.
- الجنزوري، حسن، (2016)، الجغرافية ا لمناخية والنباتية، القاهرة، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة.
- الحتبي، أبو بكر عبد الله، (2017)، تحليل الجفاف في شمال ليبيا باستخدام مؤشر الجفاف الاستطلاعي Reconnaizzace. Drought IhdexRDI ، المؤتمر الدولي لتقنيات الجيومكانية، طرابلس–ليبيا.
- الخطيب، محمد عبد الرحمن، (2012)، الأرصاد الجوية والمناخ، عمان، دار الصفاء.
- خلف، عبد الله سعيد، (2012)، الجفاف والتصحر: أبعادهما البيئية والاقتصادية، دار الشروق.
- الخوري، عادل، (2018)، مدخل إلى علم المناخ، القاهرة، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.
- الرفاعي، محمد، (2019)، المناخ التطبيقي في الوطن العربي، مطابع جامعة بغداد.
- الزغبي، ناصر، (2018)، أساسيات المناخ وعناصره، دار الحامد للنشر.
- سالم، نجيب، (2020)، الجغرافيا المناخية والنباتية، عمان، دار الصفاء للنشر والتوزيع.
- سلامة، حسين، (2010)، الجغرافية المناخية والنباتية، ط2، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.
- شوقي، محمود، (2008)، علم الطقس والمناخ، المؤسسة الجامعية للدراسات.
- صادق، أحمد حسن، (2010)، جغرافية المناخ والنبات دار الشروق.
- عبد العزيز، سليم، (2015)، البيئة وتغير المناخ، التحديات والفرص، دار الميسرة، عمان، الأردن.
- عبد المجيد، مصطفى، (2006)، التنمية في البيئات الهامشية: دراسة في التنمية الصحراوية، القاهرة، دار المعرفة الجامعية.
- عيسى، محمد محمود، (2012)، الجغرافية ا لمناخية الأسس والتطبيقات، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.
- القصاص، محمد أحمد، (2000)، الموارد الطبيعية في الوطن العربي، دار الفكر.