ISSN 3135-4564 تصدر عن الجمعية الليبية للعلوم التربوية والإنسانية
https://alqurtas.alandalus-libya.org.ly/ojs/index.php/qjhar/index مجلة علمية محكمة نصف سنوية

للفترة (1991–2020) وانعكاساتها المناخية والبيئية باستخدام مؤشر الهطول المعياري

عاشور صالح ساسي*
أستاذ مساعد أرصاد جوية وبيئة ورئيس رئيس المركز الوطني للأرصاد الجوية الجغرافيا، قرجي طرابلس.
ashoursassi@gmail.com
0009-0008-4201-5899
أ. د. عبدالحكيم امحمد خماج، أستاذ الاستشعار عن بعد وعلم المعلومات الجغرافية ، مدرسة العلوم الإنسانية الأكاديمية الليبية جنزور
khmag@yahoo.com
0009-0007-4140-713X

تاريخ الارسال 2026/5/6م تاريخ القبول 2026/8/6

Assessment of Drought and Rainfall Extremes at the Stations (Tripoli, Sirte, Shahat) for the Period (1991–2020) and Their Climate and Environmental Implications Using the Standardized Precipitation Index

Ashour Saleh Sassi*
Assistant Professor of Meteorology and Environment and Head of the National Center for Meteorology, Geography, Gurgi, Tripoli.
ashoursassi@gmail.com
Prof. Dr. Abdelhakim Emhamed Khamaj, Professor of Remote Sensing and Geographic Information Science, School of Humanities, Libyan Academy, Janzour

Abstract
This study aimed to evaluate periods of drought and heavy rainfall at three meteorological stations in Libya (Shahat, Tripoli, and Sirte) over a 30-year

حقوق النشر © للمؤلف/للمؤلفين 2026. ينشر هذا البحث بموجب رخصة المشاع الإبداعي Creative Commons (CC BY-NC 4.0)

period, and to track their climatic and environmental impacts using a standardized rainfall index.
The results of the statistical analysis showed that periods of heavy rainfall exceeded periods of drought at all three stations during the study period. The general characteristics were similar at the Shahat and Tripoli stations, each recording 14 rainy years (47%), nine dry years (30%), and seven moderate transitional years (23%). In contrast, the Sirte station recorded 13 rainy years (43%), eight dry years (27%), and nine moderate years (30%).
Regarding extreme weather events, the number of the most severe years varied among the stations. Shahat recorded the highest rainfall in the last year of the study and the most severe drought in 2013. In contrast, Tripoli recorded the highest humidity in 2016 and the most severe drought in 1993. Sirte experienced the most severe drought in 2017 and the highest humidity in 1993. These findings indicate clear climatic fluctuations, tending towards heavy rainfall and high humidity, followed by a significant increase in drought years. This leads to varying environmental problems, including increased risks of surface runoff and soil erosion during years of high humidity, and challenges to vegetation and water resources during drought years. The study recommends developing flexible water resource management strategies capable of adapting to this sharp fluctuation in rainfall patterns.
Keywards: Drought, Rainfall, Weather, Tripoli, Sirit, Shahat

الملخـــــص:

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم فترات الجفاف والأمطار الغزيرة في ثلاث محطات أرصاد جوية في ليبيا - شحات وطرابلس وسرت - على مدى ثلاثين عاماً، وتتبع آثارها المناخية والبيئية باستخدام مؤشر هطول الأمطار المعياري.

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي أن فترات الأمطار الغزيرة تجاوزت فترات الجفاف في المحطات الثلاث خلال فترة الدراسة. كانت الخصائص العامة متشابهة في محطتي شحات وطرابلس، حيث سجلت كل منهما 14 عاماً ممطراً (47%)، وتسع سنوات جافة (30%)، وسبع سنوات انتقالية معتدلة (23%). في المقابل، سجلت محطة سرت 13 عاماً ممطراً (43%)، وثماني سنوات جافة (27%)، وتسع سنوات معتدلة (30%).

أما فيما يتعلق بالظواهر الجوية المتطرفة، فقد تباين عدد السنوات الأشد قسوة بين المحطات. سجلت شحات أعلى معدل هطول أمطار في السنة الأخيرة من الدراسة،

وأشد موجة جفاف في عام 2013. في المقابل، سجلت طرابلس أعلى معدل رطوبة في عام 2016، وأشد موجة جفاف في عام 1993. أما سرت، فقد شهدت أشد موجة جفاف في عام 2017، وأعلى معدل رطوبة في عام 1993.

تشير هذه النتائج إلى تقلبات مناخية واضحة، تميل نحو هطول أمطار غزيرة ورطوبة عالية، يتبعها ازدياد ملحوظ في سنوات الجفاف. ويؤدي هذا إلى مشاكل بيئية متفاوتة، تشمل زيادة مخاطر جريان المياه السطحية وتأكل التربة خلال سنوات الرطوبة العالية، وتحديات تواجه الغطاء النباتي والموارد المائية خلال سنوات الجفاف. وتوصي الدراسة بوضع استراتيجيات مرنة لإدارة الموارد المائية قادرة على التكيف مع هذا التذبذب الحاد في أنماط هطول الأمطار.

الكلمات المفتاحية: الجفاف، الأمطار، الطقس، طرابلس، سرت، شحات

المقدمة:

تُعتبر تغيرات المناخ وتقلبات أنماط هطول الأمطار من أبرز الصعوبات التي تواجه النظم البيئية والموارد المائية في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، لا سيما في حوض البحر الأبيض المتوسط، الذي يُعدّ من أكثر المناطق تضرراً من ظاهرة الاحتباس الحراري. ويكتسب الجفاف، بوصفه كارثة طبيعية معقدة ومتفاقمة، أهمية خاصة نظراً لتأثيره المباشر على استدامة الغطاء النباتي والأمن المائي. تؤكد الدراسات العلمية أن حوض البحر الأبيض المتوسط من أكثر الأقاليم عرضة لزيادة الجفاف والضغط المائي مع الاحترار، لكن مقدار التغير في الهطول نفسه يظل أكثر تبايناً مكانياً وزمانياً من اتجاهات الحرارة والتبخر. كما تتفق الدراسات على أن أثر الجفاف لا يقتصر على نقص المطر، بل ينتقل إلى التربة والغطاء النباتي والجريان المائي وإمدادات المياه عبر سلاسل زمنية ومكانية معقدة (ترامبلي واخرون، 2020). لفهم ديناميكيات هذه الظاهرة المعقدة، برزت الحاجة إلى أدوات إحصائية موحدة قادرة على رصد وتوصيف الظواهر الجوية المتطرفة بدقة. وفي هذا السياق، يُعدّ مؤشر هطول الأمطار المعياري (SPI)، الذي طوره McKee (ماكي وآخرون، 1993)، المعيار العالمي الأكثر موثوقية وانتشاراً لرصد الجفاف الجوي والمائي، وذلك بفضل مرونته في التعامل مع مختلف الفترات الزمنية وقدرته على إجراء مقارنات مكانية بين مناطق مناخية متنوعة (دراكب، 1980). لدراسة سلوك هذه التقلبات ورسم مساراتها للفترة 1991-2020، ضمن دورة المناخ المعترف بها دولياً والتي اعتمدتها المنظمة العالمية للأرصاد الجوية يصبح استخدام مؤشرات مناخية كمية موثوقة أمراً

بالغ الأهمية. يُعدّ مؤشر هطول الأمطار المعياري (SPI) أداةً إحصائيةً أساسيةً نظراً لمرونته العالية وقدرته على رصد وتحديد شدة ومدة وتواتر حالات الجفاف والأمطار الغزيرة عبر النطاق الزمني (SPI-12). وقد أثبتت الدراسات فاعلية استخدام مؤشر SPIفي بعض المناطق شبه الجافة، بما فيها شمال ليبيا (سليمان، 2022). ووجد (علي و هيفا، 2022) أن مؤشر SPI قادر على رصد الدورات الجافة و الرطبة بدقة، وأظهرت نتائج الدراسة أهمية استخدام SPI في تحليل الجفاف على المدى الطويل، وتؤكد ملاءمته لتفسري الانماط المناخية في ليبا.

تكتسب هذه الدراسة أهميةً خاصةً لأنها تُجري مقارنةً إقليميةً شاملةً لثلاث محطات مناخية رئيسية تعكس التنوع البيئي والمورفولوجي لليبيا: محطة طرابلس (التي تُمثل المنطقة الساحلية الغربية شبه القاحلة)، ومحطة سرت (التي تُمثل المنطقة الانتقالية شبه الصحراوية في المنطقة الوسطى)، ومحطة شحات (التي تُمثل المنطقة الجبلية الرطبة ذات الأمطار الغزيرة في الشرق). يُتيح هذا التباين المكاني تتبع كيفية تأثير تغيرات هطول الأمطار على النظم البيئية والموارد المائية والأنشطة البشرية في كل منطقة. من هذا المنطلق، تسعى هذه الدراسة إلى تقديم تقييم علمي دقيق لظاهرتي الجفاف والأمطار الغزيرة على مدى العقود الثلاثة الماضية، وتحليل اتجاهاتهما الزمنية وتداعياتهما البيئية والمناخية، وبالتالي توفير قاعدة بيانات ومخرجات إحصائية تساهم في دعم صناع القرار والجهات التي تضع خطط إدارة موارد المياه وتستجيب لتغير المناخ في ليبيا.

مشكلة الدراسة:

تكمن مشكلة البحث في التقلبات الشديدة والنقص التراكمي في هطول الأمطار السنوي في شمال ليبيا خلال الفترة 1991-2020، مما فاقم فترات الجفاف المطولة وحالات هطول الأمطار الغزيرة السنوية. ويحدث هذا في غياب دراسات وابحاث علمية مقارنة تستخدم مؤشر هطول الأمطار السنوي المعياري. وتتضح خطورة المشكلة في التغيرات المكانية والبيئية الحادة بين المحطات الثلاث. تكشف التقييمات السنوية باستخدام مؤشر *SPI-12* عن استجابات متباينة بين منطقة طرابلس (ساحلية شبه قاحلة)، وسرت (منطقة انتقالية شبه صحراوية)، وشحات (الجبلية الرطبة).

تساؤلات الدراسة:

1-ما هو التباين الزماني والمكاني لفترات الجفاف والأمطار الغزيرة في محطات طرابلس وسرت وشحات خلال الفترة 1991-2020؟

2-كيف ترتبط فترات الجفاف والأمطار الغزيرة بالتغيرات المناخية المحلية الأخرى (مثل درجة الحرارة والتوزيع الموسمي) في مناطق الدراسة؟

3-ما هو حجم تأثير هذا التباين في هطول الأمطار على تدهور الغطاء النباتي، وتغذية المياه الجوفية؟

أهـــداف الدراسة:

1-تقييم وتحديد فترات الجفاف الهيدرولوجي ومستويات هطول الأمطار السنوية في محطات (طرابلس، سرت، شحات) للفترة من 1991 إلى 2020 بالاعتماد على مؤشر الهطول المعياري السنوي (SPI-12) .

2-التصنيف الإحصائي لمخرجات قيم المؤشر السنوية بهدف رصد شدة ومدة وتكرار فترات الجفاف، وتحديد مستويات ذروة هطول الأمطار في مناطق الدراسة.

3-إبراز التباين الإقليمي والمكاني بين المحطات الثلاثة المتمثلة في: المنطقة الساحلية شبه القاحلة (طرابلس)، والمنطقة الانتقالية شبه الصحراوية (سرت)، والمنطقة الجبلية الرطبة (شحات).

3-تتبع الاتجاهات الزمنية العامة للهطول المطري على مدى ثلاثة عقود لتشخيص اثارها المناخية والبيئية المستقبلية.

4-تقييم أثر التغيرات المناخية على الموارد البيئية، وخصوصاً موارد المياه الجوفية، واستدامة الغطاء النباتي، ومخاطر تدهور التربة.

أهمية الدراسة:

تكمن أهمية هذه الدراسة في أنها تتناول أحد أبرز التحديات التي تواجه ليبيا في ظل التغيرات المناخية العالمية، ألا وهو التقلبات الحادة في أنماط هطول الأمطار وتزايد فترات الجفاف. تقدم الدراسة تشخيص إحصائي دقيق للظروف المناخية في ثلاث مناطق متنوعة جغرافياً وبيئياً. حيث يسهم ذلك في سد الفجوة المعرفية المتعلقة بسلوك المناخ وآثاره. علاوة على ذلك، تبرز أهميتها في توضيح الرؤية لأصحاب المصلحة وصناع القرار في قطاعات الدولة المختلفة خصوصاً التخطيط وإدارة موارد المياه، إذ توفرت قاعدة بيانات تحليلية تساعد في وضع استراتيجيات استباقية للحماية وتحسين أنظمة الإنذار المبكر بالفيضانات والجفاف. حيث تدمج المراقبة والتقييم والمعلومات الداعمة للقرار في حزمة اتصال متكاملة (فان جينكل، م.، وبيرادار، 2021). تسلط الدراسة الضوء على المخاطر البيئية المباشرة الناجمة عن هذه التقلبات، مثل تدهور الغطاء النباتي، مما يدعم الجهود الوطنية لمكافحة التصحر

وتحقيق الاستدامة الزراعية والبيئية.

حدود الدراسة:

تقـــع محطة مطار طرابلس الدولي في منطقة قصر بن غشير، علـى بُعد حـوالي 24 كيلومتراً جنوب شرق مركز مدينة طـرابلس. إحـداثياتها هـي 32°39'49" شـمالاً (32.6636 درجة) و13°33'09" شرقاً (13.1592 درجة)، على ارتفاع حـوالي 81 متراً فوق مستوى سطح البحر. إدارياً، يتبع المطار بلدية طرابلس الكبرى. الشكل (1) يوضح مواقع مناطق الدراسة على خريطة ليبيا.

تم اختيار محطة مطار طرابلس نظراً لانتظام بياناتها المناخية وأهميتها البالغة كمرفق حيوي يعتمد على تسجيلات دقيقة ومستمرة للعناصر الجوية كدرجة الحرارة والريـاح والرطوبة والضغط الجوي. وتخضع هذه المحطة عادةً لمراقبة خاصة، ما يضمن دقـة البيانات وموثوقيتها، ويجعلها مرجعاً أساسياً لدراسات المناخ والتحليلات المناخية.

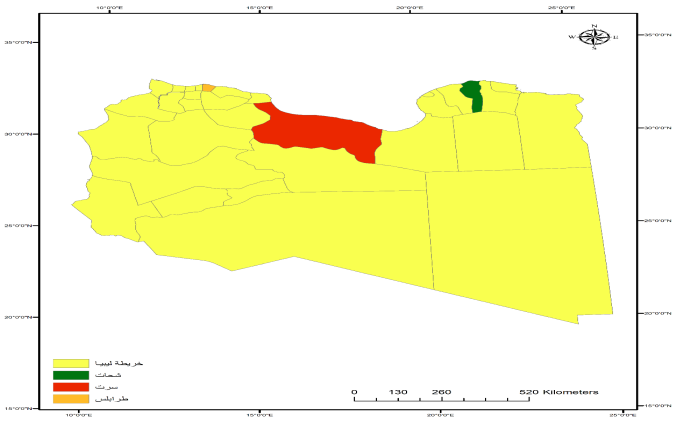
الموقع الجغرافي لمدينة شحات في شمال شرق ليبيا، على بُعد حوالي 20 كيلومتراً من سـاحل البحـر الابـيض المتوسـط. تقـع المدينـة علـى بُعـد 24 كيلـومتراً شـرق مدينـة البيضاء، على هضبة الجبل الأخضر.

الإحداثيات الجغرافية هي خط عرض 32°49'40" شمالاً (32.8278 درجة) وخط طول 21°51'44" شرقاً (21.8622 درجة)، وعلى ارتفـاع حـوالي 627 متـراً فـوق مستوى سطح البحر، اداريا تتبع شحات بلدية الجبل الاخضر.

الموقع الجغرافي لمدينة سرت في المنطقة الوسطى حيث تقع على السـاحل الجنـوبي لخليج سرت، في موقع استراتيجي في منتصف المسـافة تقريبـاً بـين مـدينتي طـرابلس وبنغازي. تبعد حوالي 450 كيلومتراً شرق طرابلس و500 كيلومتر غرب بنغازي.

الإحـداثيات الجغرافيـة للمدينـة هـي خـط عـرض 31°12'18" شـمالاً (31.2089 درجة)، وخط طول 16°35'19" شرقاً (16.5887 درجة)، وعلى ارتفاع حـوالي 22 متراً فوق مستوى سطح البحر.

الشكل (1) خريطة ليبيا موضح عليها موقع مناطق الدراسة



المصدر: عمل الباحث، بإستخدام برنامج ArcMap (10.8.2)

منهجية الدراسة:

يعتبر تغير المناخ وتقلبات أنماط هطول الأمطار من أبرز التحديات التي تواجه النظم البيئية والموارد المائية في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، خصوصاً في حوض البحر الأبيض المتوسط، الذي يُعدّ من أكثر المناطق تضرراً من ظاهرة الاحتباس الحراري. ويكتسب الجفاف، بوصفه كارثة طبيعية معقدة ومتفاقمة، أهمية خاصة نظراً لتأثيره المباشر على استدامة الغطاء النباتي والأمن المائي.

لفهم ديناميكيات هذه الظاهرة المعقدة، برزت الحاجة إلى أدوات إحصائية قادرة على رصد وتصنيف الظواهر الجوية المتطرفة بدقة. وفي هذا السياق، يُعدّ مؤشر هطول الأمطار المعياري (SPI)، الذي طوره McKee وآخرون (1993)، المعيار العالمي الأكثر موثوقية وانتشاراً لرصد الجفاف الجوي والمائي، وذلك بفضل مرونته في التعامل مع مختلف الفترات الزمنية وقدرته على إجراء مقارنات مكانية بين مناطق مناخية مختلفة.

تكتسب هذه المنهجية أهمية عملية استثنائية عند تطبيقها على مناطق الدراسة الثلاث، المختلفة في خصائصها المناخية والجغرافية. مما يوفر فهماً شاملاً لاستجابة البيئة الليبية للتغيرات المناخية العالمية.

تقع منطقة الدراسة طرابلس، وتحديداً في السهل الساحلي الغربي (سهل الجفرة)، وتكمن أهميتها في رصد آثار النشاط البشري المكثف والتوسع العمراني على النظم المناخية المحلية. تُجسّد محطة سرت الطبيعة الانتقالية للمناخ بين المناطق الساحلية

والصحراوية، إذ تُعرف المنطقة بحساسيتها الشديدة للتقلبات الحادة في هطول الأمطار وخطر التصحر. في المقابل، تُعدّ محطة شحات، الواقعة ضمن منطقة الجبل الأخضر، مصدراً رئيسياً للرطوبة وموطناً لأغنى تنوع نباتي في البلاد، مما يجعلها نقطة مرجعية لفهم تأثير الارتفاع الطبوغرافي على اعتدال المناخ وحماية الغطاء النباتي.

تحليل البيانات ومناقشة النتائج :

جُمعت بيانات هطول الأمطار الشهرية، من محطات الأرصاد الجوية الرئيسية في مناطق الدراسة الثلاث، استناداً إلى سجلات المركز الوطني للأرصاد الجوية. تتضمن هذه البيانات كميات هطول الأمطار الشهرية المقاسة بالملليمترات.

قبل المعالجة الإحصائية، خضعت البيانات لعملية ضبط الجودة لضمان دقتها واتساقها. وشمل ذلك تحديد وتصحيح التطرفات ومعالجة الفجوات الزمنية الطفيفة باستخدام الاستيفاء الخطي أو المتوسطات الموسمية، مما عزز موثوقية السلاسل المناخية المستخدمة في التحليل.

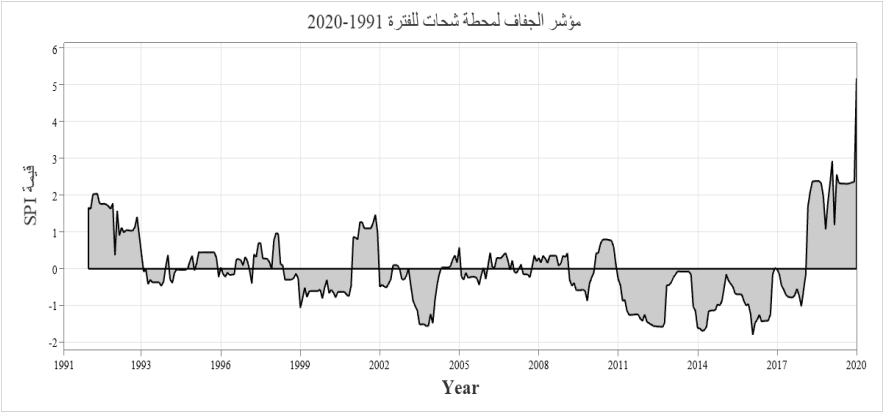
يهدف هذا الجزء من الدراسة إلى تحليل السلاسل الزمنية لمؤشر هطول الأمطار في هذه المحطات الثلاث، لتحديد فترات التطرف (بين سنوات الجفاف الشديد وسنوات الرطوبة العالية) وتصنيف شدتها وتكرارها، ثم فهم التباين المكاني في استجابة كل منطقة لهذه الضغوط، تمهيداً لربط هذه المتغيرات المناخية بسلوك الغطاء النباتي، وبالتالي تقديم نظرة شاملة على هشاشة أو مرونة هذه النظم البيئية المحلية في مواجهة التغيرات المناخية طويلة الأجل. يوفر ربط هذه البيئات المتنوعة للدراسة رؤية شاملة لكيفية استجابة النمط الجغرافي لليبيا للاحتباس الحراري، ويُتيح لصناع القرار قاعدة بيانات دقيقة لتصميم استراتيجيات تكيف محلية تراعي الخصائص المحددة لكل منطقة. حللت هذه الدراسة التباين الزمني لهطول الأمطار وقيمت أنماط الجفاف والرطوبة في منطقة شحات (الجبل الأخضر)، باستخدام بيانات سلسلة زمنية مدتها 30 عاماً (1991-2020). واستُخدم مؤشر هطول الأمطار المعياري (SPI) على مدى 12 شهراً (SPI-12) لتقييم الجفاف الهيدرولوجي طويل الأجل وآثاره المحتملة على الغطاء النباتي والموارد المائية.

أظهرت نتائج تحليل البيانات تبايناً ملحوظاً في معدل هطول الأمطار السنوي التراكمي، بمتوسط إجمالي قدره 333.9 ملم (متوسط متحرك لمدة 12 شهراً)، مما يعكس تقلبات مناخية كبيرة. وتفاوتت كميات الأمطار بشكل كبير، من حد أدنى قدره

128.2 ملم إلى حد أقصى قدره 925.4 ملم، مما يشير إلى أن المنطقة تشهد تقلبات مناخية حادة بين سنوات الجفاف والفيضانات.

يوضح الشكل (2) أدناه، تحليل مؤشر الجفاف لمنطقة الدراسة شحات، حيث يُظهر أنماط هطول الأمطار المتقلبة التي لا تتبع نمطاً خطياً بسيطاً، بل تتميز بتقلبات مناخية حادة، مما يعكس الخصائص المميزة لمنطقة الجبل الأخضر.

تُظهر السلسلة الزمنية (1991-2020) أن المنطقة شهدت فترات جفاف طويلة نسبياً، لا سيما خلال العقد الممتد بين عامي 2011 و2017، حيث سجلت المحطة أشد حالات الجفاف في عام 2013 عند -1.26. ومع ذلك، فإن أبرز ما يلفت الانتباه في نهاية السلسلة هو التحول المفاجئ والحاد نحو مستويات رطوبة مرتفعة للغاية خلال عامي 2019 و2020، حيث سجل عام 2020 أعلى قيمة تاريخية لمؤشر الرطوبة عند 2.45. ويؤكد هذا الانتقال السريع من سنوات متتالية من الجفاف إلى مستويات رطوبة عالية بشكل استثنائي على تزايد حدة الظواهر الجوية المتطرفة. وهذا يستلزم تبني استراتيجيات مرنة لإدارة موارد المياه قادرة على التكيف مع هذه الظروف المناخية القاسية والمتناقضة، وضمان حماية النظم البيئية الغنية والغطاء النباتي الذي يميز هذه المنطقة باعتبارها أهم مصدر للرطوبة في البلاد.

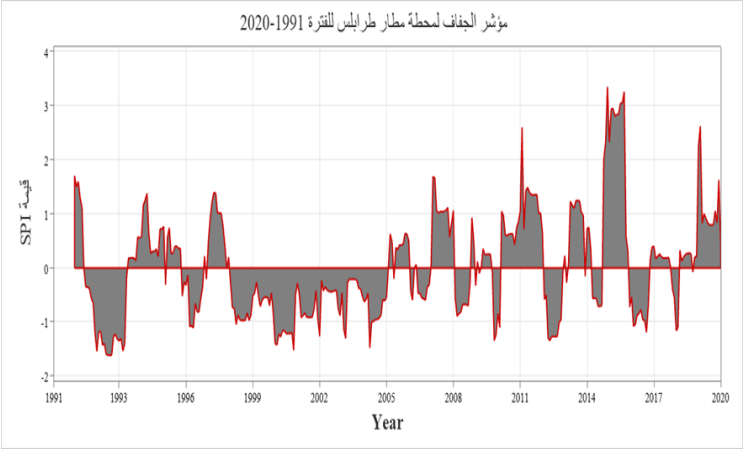


الشكل (2) أنماط هطول الامطار في منطقة الدراسة شحات 1991-2020

على العكس من ذلك، يكشف تحليل تغير المناخ في منطقة طرابلس عن نمط مناخي يتميز بتقلبات حادة، مع تعاقب واضح بين فترات الجفاف الشديد والرطوبة العالية، وانخفاض ملحوظ في السنوات ذات معدلات هطول الأمطار الطبيعية.

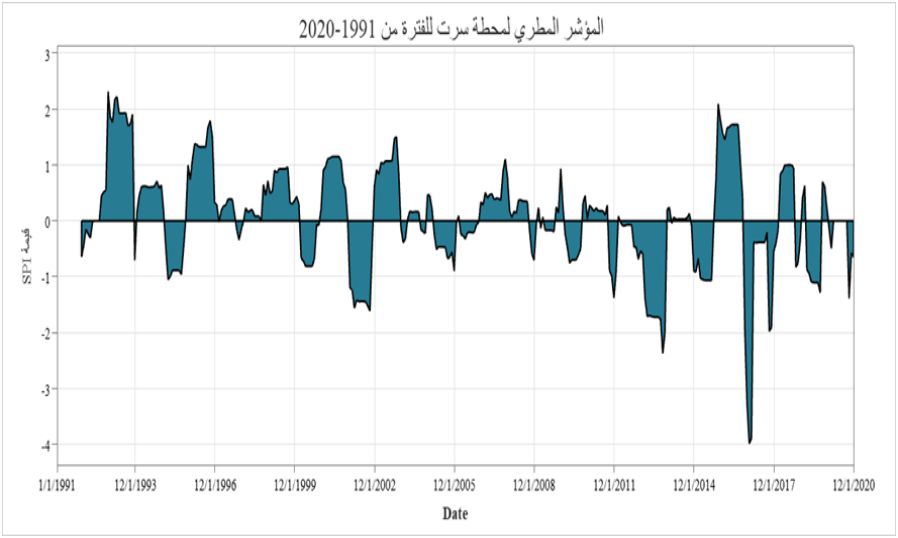
يُظهر الشكل (3) لمنطقة طرابلس تبايناً حاداً في أنماط هطول الأمطار خلال الفترة (1991-2020). ويُبين بوضوح أن الفترة من 1992 إلى 2004 شهدت "عقداً من الجفاف" في المنطقة، حيث كانت قيم مؤشر الجفاف القياسي (SPI) سالبة بشكل شبه مستمر. وسجلت المحطة أشد موجة جفاف في عام 1993 بقيمة -1.4. وبدءاً من النصف الثاني من الفترة، وتحديداً بعد عام 2005، تحول المناخ المحلي إلى مرحلة من التقلبات الحادة وتحسن ملحوظ في هطول الأمطار. وسجلت المحطة زيادة إيجابية استثنائية، بلغت ذروتها في عام 2016 بمؤشر رطوبة بلغ 1.95. ويُعد هذا النمط، الذي يتميز بتناوب سنوات الرطوبة العالية وفترات الانخفاض الحاد، صفة رئيسية لتغير المناخ في الوقت الحالي، حيث تزداد حدة الدورات المناخية وتكرار الظواهر الجوية المتطرفة. على الرغم من أن نسبة السنوات الرطبة بلغت 47% مقارنة بنسبة 30% من السنوات الجافة، إلا أن شدة التذبذب بينهما تعكس حالة من عدم الاستقرار في هطول الأمطار مما يهدد استدامة الموارد المائية في سهل الجفارة.

كشف تحليل مؤشر الجفاف القياسي (SPI) في محطة سرت الشكل (4) ادناه اختلافاً ملحوظاً في أنماط هطول الأمطار خلال فترة الدراسة. تميزت فترة التسعينيات وأوائل الألفية الثانية، وتحديداً بين عامي 1993 و2002، بهيمنة واضحة للقيم الموجبة، مما يعكس فترات الرطوبة العالية. وبلغت هذه الفترة ذروتها في عام 1993 بمؤشر 1.97، مما جعلها فترة خضراء بشكل ملحوظ، على العكس تماماً من الوضع في مطار طرابلس، الذي شهد جفافاً شديداً، حيث وصل المؤشر إلى -1.4.



الشكل (3) أنماط هطول الامطار في منطقة الدراسة طرابلس 1991-2020

أما الملاحظة الأكثر أهمية وإثارة للقلق فيما يتعلق بالجدول الزمني للمؤشر فهي الانهيار الحاد والمفاجئ في نهاية عام 2017، عندما انخفض المؤشر إلى أدنى مستوى تاريخي له وهو -2.0. يُعد هذا الجفاف الشديد بمثابة تحذير صارخ من التحولات المناخية المفاجئة التي تحدث في وسط ليبيا. يشير هذا التحول المفاجئ من الرطوبة العالية إلى الجفاف الشديد بوضوح إلى زيادة في شدة الاضطرابات الجوية، مما يضع المنطقة أمام تحديات مستقبلية غير مسبوقة تتعلق بتزايد وتيرة الجفاف وندرة المياه في هذه البيئة الانتقالية الحساسة.



الشكل (4) أنماط هطول الامطار في منطقة الدراسة سرت 1991-2020

يكشف تحليل مؤشر الجفاف القياسي (SPI) لمحطات شحات وطرابلس وسرت للفترة من 1991 إلى 2020 تبايناً ملحوظاً في أنماط هطول الأمطار. يُبين الجدول (1) توافقاً إحصائياً ملحوظ في تكرار الظواهر الجوية بين المحطات، مع اختلاف واضح في توقيت هذه الظواهر المتطرفة.

تميزت السلسلة الزمنية بتقلبات حادة بين فترات هطول الأمطار الغزيرة والجفاف. فبينما سادت السنوات الرطبة بنسبة 47% (14 عاماً) في محطتي شحات وطرابلس، سجلت محطة سرت ما يقارب 43% (13 عاماً). وكان الاختلاف الزمني في ذروة الرطوبة واضحاً بشكل خاص، حيث سجلت محطة شحات أعلى قيمة موجبة في عام

2020 عند مؤشر 2.45، بينما شهدت محطة سرت أعلى قيمة في بداية السلسلة عام 1993 عند مؤشر 1.97.

يؤكد هذا الاختلاف في التوقيت أن استجابة كل منطقة للظواهر المتطرفة مرتبطة بخصائصها الجغرافية والمناخية المحلية، على الرغم من التشابه في النسب المئوية الإجمالية لتكرار مثل هذه الأحداث.

على العكس من ذلك، سببت سنوات الجفاف ضغطاً بيئياً كبيراً، حيث شكلت 30% من فترة الدراسة في كل من شحات وطرابلس، و27% في سرت. تفاوتت شدة هذا الجفاف مكانياً وزمنياً. شهدت منطقة طرابلس أشد جفاف في بداية سلسلة البيانات عام 1993، بقيمة -1.4، بينما تأخرت ذروة الجفاف في شحات حتى عام 2013، بقيمة -1.26. وسجلت محطة سرت أشد جفاف عام 2017، حيث انخفض المؤشر إلى -2.0، مما يعكس جفافاً شديداً. وتزامن ذلك إقليمياً مع جفاف واسع النطاق أثّر على شمال إفريقيا وجنوب البحر الأبيض المتوسط في أوائل التسعينيات (المرجع)، والذي ارتبط بظاهرة النينيو القوية خلال تلك الفترة (1991-1994). يُصنّف مؤشر الجفاف القياسي البالغ -1.4 على أنه جفاف شديد، مما يشير إلى نقص حاد في المياه أثّر سلباً على الغطاء النباتي والمحاصيل البعلية في سهل الجفارة.

تراوحت نسبة السنوات المصنفة "طبيعية" بين 23% في شحات وطرابلس و30% في سرت، مما يشير إلى أن ثلث فترة الدراسة فقط وقع ضمن النطاق المعتدل. وعلى الرغم من الزيادة المفاجئة في هطول الأمطار المسجلة في نهاية سلسلة البيانات، خصوصاً في عام 2020، فإن تكرار سنوات الجفاف وصل حتى تسع سنوات في بعض المناطق، مما يؤكد استمرار خطر تقلبات هطول الأمطار ويشكل تحدياً كبيراً لإدارة المياه على طول الساحل الليبي.

في المقابل، شهدت المنطقة 14 عاماً ممطراً (46.7% من الفترة)، وهي أعلى نسبة بين الفئات الثلاث. وسُجّل أعلى معدل هطول للأمطار عام 2016 (مؤشر الجفاف القياسي = 1.95). هذه القيمة قريبة جداً من أعلى مستويات الرطوبة المسجلة في عامي 2016 و2020، كما هو الحال في شحات، مما يشير إلى زيادة ملحوظة في هطول الأمطار، والتي ربما ساهمت في اخضرار الغطاء النباتي المفاجئ في تلك السنوات.

الجدول (1) التوزيع التكراري والنسبي لحالات الجفاف والرطوبة (SPI) لمناطق الدراسة1991-2020

(2020- 1991)				
(SPI=1.26) 2013	30%	9		
(SPI=2.45) 2020	47%	14		
	23%	7		
(SPI=1.4) 1993	30%	9		
(SPI=1.95) 2016	47%	14		
	23%	7		
(SPI=- 2.0) 2017	27%	8		
(SPI=1.97) 1993	43%	13		
	30%	9		

تمثل السنوات المصنفة طبيعياً 23.3% فقط (7 سنوات)، هذه النسبة المنخفضة أقل من الربع، اذ يعتبر مؤشر مناخي مقلق، يعني ذلك أن مناخ طرابلس يزداد تطرفاً، إما جفافاً أو رطوبة، بدلاً من أن يبقى مستقراً حول المتوسط.

تؤكد البيانات أن مناخ طرابلس يتحول من نمط مستقر إلى نمط من الظواهر الجوية المتطرفة الدورية، مع انخفاض في عدد السنوات العادية وزيادة في سنوات الجفاف والرطوبة العالية. يُعد التباين المكاني اللافت للنظر على سبيل المثال، كان عام 1993 جافاً جداً في طرابلس ورطباً جداً في سرت - إذ تشير إلى وجود نظام مناخي قد يفصل بين غرب ليبيا ووسطها في بعض السنوات.

بناءً على النتائج الموضحة في الجدول (1) والشكل (4) لمحطة سرت (1991-2020)، والتي تُعد محوراً رئيسياً لهذه الدراسة نظراً لموقعها الانتقالي، يظهر تحليل مثير للاهتمام عند مقارنته بالسياق العام للمنطقة.

يكشف تحليل سلوك الجفاف والرطوبة أن سرت تُظهر سلوكاً هيدرولوجياً أكثر تطرفاً من طرابلس وشحات. وقد سُجّل أشدّ حالات الجفاف وأكثرها كارثية في عام 2017، حيث سجلت سرت قيمة SPI بلغت -2.0، وهو ما يُصنف على أنه جفاف شديد. تُعدّ هذه القيمة الأدنى على الإطلاق بين مناطق الدراسة الثلاث (مقارنةً بـ -1.4 في طرابلس و1.26 في شحات). يُعزى هذا الحدث علمياً إلى الجفاف الشديد الذي شهده وسط ليبيا عام 2017، والذي تزامن مع موجات حر عالمية قياسية. في المناطق شبه القاحلة، يشير مؤشر الجفاف القياسي (SPI) البالغ -2.0 إلى انهيار شبه كامل لموسم

الأمطار وتدهور حاد في الغطاء النباتي للمراعي. أما بالنسبة للرطوبة، فقد سجلت سرت أعلى مستوى لها عام 1993 بقيمة SPI بلغت 1.97. ويؤكد التباين المكاني في هذه النتيجة الملاحظة السابقة، فقد شهدت سرت فيضانات عام 1993، بينما عانت طرابلس من جفاف شديد. هذا التباين المكاني الصارخ بين الساحل الليبي الغربي والوسطى يعتبر نتيجة بحثية مهمة تستدعي مزيداً من الدراسة. ويستنتج من ذلك أن الأنظمة الجوية التي تؤثر على خليج سرت قد تعمل في اتجاه معاكس لتلك التي تؤثر على طرابلس في بعض السنوات.

يُظهر توزيع الفترات في الجدول (1) أن نسبة حالات الجفاف (27%) في سرت أقل بقليل من تلك المسجلة في طرابلس وشحات (30%)، إلا أن شدة الجفاف كانت أعلى (-2.0). يشير هذا إلى أن حالات الجفاف في سرت قد تكون أقل تكراراً ولكنها أكثر تدميراً عند حدوثها.

وتُعدّ نسبة السنوات الطبيعية في سرت هي الأعلى بين المحطات الثلاث. قد يدل هذا على أن مناخ سرت يميل إلى الاستقرار النسبي ولكنه عرضة لصدمات متكررة وشديدة، على عكس طرابلس التي تشهد تقلبات مستمرة.

التوصيات :

1- توصي الدراسة بالتحرك العاجل نحو بناء سدود تخزين ومرافق تجميع المياه لتجديد المياه الجوفية.

2- يوصى بوضع استراتيجية طوارئ مائية للمناطق شبه الصحراوية تتضمن توسيع الاعتماد على مصادر المياه غير التقليدية (مثل تحلية مياه البحر وإعادة تدوير المياه المعالجة)، وتقليل الاعتماد المباشر على هطول الأمطار في الأنشطة الرعوية والزراعية.

3- يوصى بمشاريع إعادة التغذية الاصطناعية للخزانات الجوفية الساحلية للحد من تسرب مياه البحر الناتج عن السحب المفرط خلال سنوات انخفاض هطول الأمطار.

4- إعطاء الأولوية لتحديث شبكات تصريف مياه الأمطار في المناطق الساحلية ذات الكثافة السكانية العالية لاستيعاب تدفقات الأمطار المفاجئة في السنوات الرطبة ومنع الفيضانات الحضرية.

بيان تضارب المصالـــح:

يُقر المؤلف بعدم وجود أي تضارب مالي أو علاقات شخصية معروفة قد تؤثر على العمل المذكور في هذه الورقة.

المراجـــــــــع :

1- Ali, A. A. M., & Hafi, Z. B. (2022). Standardized precipitation index (SPI) in North Libya and connection with North Atlantic Oscillation (NAO).

2- Dracup, J. A. K. S.Lee، and E. G. Paulson,. 1980. On the definition of droughts. Water Research. 16: 279-302.

-2 McKee. T. B: N. J. Doesken، and J. Kleist. 1993. The releatioship of drought frequency and duration to time scales,. Preprints, 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim, CA, American. Meteorology Society. 179:184.

3- Soliman, M.M.M. 2020. Trend Analysis of Temperatures and Precipitation in northern part of Libya, (PhD Unpublished), Department of Geography, University of Karabuk, Karabuk,
Turkey.

4- Tramblay, Y., Koutroulis, A., Samaniego, L., Vicente–Serrano, S., Volaire, F., Boone, A., Page, M. L., Llasat, M., Albergel, C., Burak, S., Cailleret, M., Kalin, K. C., Davi, H., Dupuy, J., Greve, P., Grillakis, M., Hanich, L., Jarlan, L., Martin-StPaul, N., . . . Polcher, J. (2020). Challenges for drought assessment in the Mediterranean region under future climate scenarios. Earth-Science Reviews. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103348

5- Van Ginkel, M., & Biradar, Ç. (2021). Drought Early Warning in Agri-Food Systems. Climate. https://doi.org/10.3390/cli9090134