Abhat Journal, Volume. 18, Issue. 2, September 2026

Abhat Journal, Faculty of Arts, Sirte University مجلة أبحاث بكلية الآداب جامعة سرت
Source Homepage: http://journal.su.edu.ly/index.php/ABHAT/index
https://doi.org/10.37375/aj.v18i2.4324

التحليل المكانيّ والزمانيّ لاتجاهات التبخر في محطات خليج سرت للفترة 1966– 2010م

أ. رقية علي مُحَمَّد
محاضر مساعد الجغرافيا الطبيعية بكلية الآداب/جامعة سرت – ليبيا
roqua.bashir@su.edu.ly

الملخص:

تَهدف الدراسة إلى تحديد الاتجاه الزماني للتبخر، والتباين المكاني بين المحطات المناخية في خليج سرت، ولمدة (45سنة)، وباستخدام العديد من الأساليب الإحصائية، ومنها معادلة خط الاتجاه، واختبار Mann–Kendall، وميل Sen,s Slope؛ للكشف عن الاتجاهات الزمانية ذات الدلالة الاحصائية، وقُسِّمَت فترةُ الدراسة إلى فترتين متتاليتين الأولى: 1966–1987، والثانية: 1988–2010. بينما استخدم للتمثيل البياني الأساليب الكارتوغرافية كالخرائط ببرنامج Arc Map 10.8 واستخراج الأشكال البيانية ببرنامج Microsoft Excel. وأظهرت نتائج الدراسة وجود تباين مكاني واضح، تتزايدُ فيه معدلات التبخر من الشمال نحو الصحاري الجنوبية، وبلغ معدل الزيادة السنوي بين 5.8ملم/سنة في محطتي سرت ومصراتة، وبين 10.5ملم/سنة بمحطة هون، وبعد تطبيق معادلة التغير في الاتجاه، شهدت اتجاهات التبخر تغيرًا في الفترة الثانية مقارنة بالفترة الأولى التي أخذت اتجاهًا نحو الانخفاض بالمحطات سرت، وبنينا، وجالو، أمّا اختبار Mann–Kendall استخرج اتجاهين تنازليين ذوي دلالة إحصائية في محطة جالو بلغت قيمة Z= -5.28، بمستوى دلالة a= 0.01 ، وفي محطة سرت بلغت قيمة Z= -2.50، عند مستوى دلالة a= 0.05.

الكلمات المفتاحية:

التبخر، خليج سرت، التباين المكاني والزماني، اختبار Mann–Kendall.

معلومات النشر:
تاريخ الاستلام: 2026/07/07
تاريخ القبـــول: 2026/08/18
تاريخ النشـــر: 2026/09/01

Spatial and Temporal Analysis of Evaporation Trends at Gulf of Sirte Stations for the Period 1966-2010

Ruqaya Ali Muhammad
Assistant Lecturer in Physical Geography, Faculty of Arts, Sirte University - Libya
roqua.bashir@su.edu.ly

Abstract:

The study aims to determine the temporal trend of evaporation and the spatial variation among climatic stations in the Gulf of Sirte over a period of 45 years. It employs several statistical methods, including the trend line equation, the Mann–Kendall test, and Sen's slope estimator, to detect statistically significant temporal trends. The study period was divided into two successive periods: the first from 1966 to 1987, and the second from 1988 to 2010. For graphical representation, cartographic methods, such as maps using Arc Map 10.8, and graphs using Excel were utilized. The results of the study revealed a clear spatial variation, wherein evaporation rates increase from the north towards the southern deserts. The annual increase rate ranged between 5.8 mm/year at the Sirte and Misrata stations and 10.5 mm/year at the Hun station. After applying the trend change equation, evaporation trends exhibited a change in the second period compared to the first period, which had shown a decreasing trend at the Sirte, Benina, and Jalu stations. As for the Mann–Kendall test, it extracted two statistically significant downward trends: at the Sirte station, with a Z-value of -5.28 at a significance level of $\alpha = 0.01$, and at the Jalu station, with a Z-value of -2.50 at a significance level of $\alpha = 0.05$.

Keywords:

Evaporation, Gulf of Sirte, Spatial and Temporal Variability, Mann–Kendall Test.

Information:
Received: 07/07/2026
Accepted: 18/08/2026
Published: 01/09/2026

©Abhat Journal, Sirte University 2026

المُقدمــة:

يُعدّ التبخر أحد أهم العناصر المناخية الهيدرولوجية، ومن أكثر العناصر المناخية المؤثرة في الموارد المائية؛ وذلك لارتباطه المباشر بتوازن الرطوبة في البيئة، وتحديد الاحتياجات المائية للمناطق الجافة وشبه الجافة، التي تتميّز بندرة الأمطار، وارتفاع درجات الحرارة، وزيادة معدلات السطوع الشمسي، ولمنطقة الدراسة خصائص مناخية متباينة بين التأثيرات البحرية والصحراوية.

إنّ تحليل الاتجاهات وتفسيرها والتنبؤ بها من الجوانب المهمة في أبحاث المناخ، وبناءً على السلسة الزمنية للبيانات المناخية القديمة تستخدم عدة اختبارات تحليلية إحصائيَّة من خلالها يتم تحديد اتجاهات التغير التي قد تحدث على هذه السلسة، ومن الجوانب المهمة في الدراسات المناخية الهيدرولوجية البحث في عنصر التبخر؛ لأنّه عنصر رئيس في الدورة المائية، وله تأثير على توازن الماء على سطح الأرض، ويحدث الجفاف المناخي عندما تتناقص كمية الأمطار، ويقابله زيادة في معدلات التبخر (سليمان، 2022، ص276)، ويُعدّ الاتجاه العام من أحد وأهم الخصائص التي تظهر في السلاسل الزمنية لأي ظاهرة، والناتجة عن التغيُّرات التي تطرأ على منحنى تلك الظاهرة من فترة لأخرى، يكون الاتجاه موجب مع تزايد القيمة مع الزمن والسنوات، ويكون سالب مع تناقص تلك القيم، وينخفض في حالة وجود تذبذب كبير في السلسلة، لهذا يفضل دراسة مدة طويلة من البيانات حتى يتم دراسة الظاهرة بشكلٍ دقيق (مُحَمَّد، 2022، ص81-82).

وتهدف هذه الدراسة إلى تحليل الاتجاهات الزمانية والمكانية لمعدلات التبخر في محطات خليج سرت، في أربعة عقود ونصف، للفترة: 1966-2010، حيثُ تمّ اختيار منطقة الدراسة لوقوعها ضمن الإقليم الجاف، وشبه الجاف بالتالي يكون أكثر عرضة للتبخر، والتطرق إلى أهم العوامل المؤثرة فيه؛ وذلك لعدم وجود دراسة شاملة حسب علم الباحثة تغطي الفترة الزمنية للدراسة بالمنطقة كاملة، مما يسبب عدم فهمنا للتغيرات المناخية التي تحدث بمنطقة الدراسة.

فالتبخر هو تحوّل الماء من حالته السائلة إلى الحالة الغازية، يحدث من المسطحات المائية، أو التربة المبللة الخالية من النبات، والنتح يحدث من النباتات بأشكالها المختلفة (امقيلي، 2005، ص19)، ويحتاج التبخر إلى طاقة كبيرة يكتسبها من سطح الأرض، فتبخر كل غرام واحد من الماء يحتاج إلى (600)كالوري من الطاقة (غانم، 2013، ص131). ويتأثر التبخر بعدة عوامل متداخلة، ويرتفع في المناطق المدارية، لارتفاع درجات الحرارة، ويكون في أعلى ذروته بالفصول التي ترتفع بها درجات الحرارة؛ لارتباطه بعلاقة طردية، مع درجات الحرارة، والإشعاع الشمسي، وكلّما اقتربت الرطوبة النسبية من الحد الأقصى 100%تناقص نشاط التبخر، وكلّما زادت سرعة الرياح كلّما زادت معدلات التبخر، خاصة عندما يكون السطح المائي صغير نسبيًا، فهي تعمل على تجدد الهواء، فالرياح الجافة الحارة تزيد من عملية التبخر، ونشاط المنخفضات الجوية يزيد كذلك من عملية التبخر، ويحدثُ التبخر ببطء فوق المياه المالحة، ويقلُّ بالمناطق المرتفعة، ويكون أسرع في المناطق المنخفضة، والبحرية (الشواورة، 2012، ص127-128).

مشكلة الدراسة:

1. هل يوجد تباين مكاني ذو دلالة إحصائية في تغير معدلات التبخر بين محطات خليج سرت؟
2. هل هناك اتجاهات زمانية ذات دلالة إحصائية لمعدلات التبخر بمحطات خليج سرت، للفترة: (1966-2010)؟

فرضيات الدراسة:

1. هناك تباين مكاني في معدلات التبخر ذو دلالة إحصائية بين محطات خليج سرت، يتصاعد بشكل منظّم من الشمال الساحلي نحو الجنوب الصحراوي.
2. توجد اتجاهات زمانية ذات دلالة إحصائية لمعدلات التبخر بين محطات خليج سرت، في فترة الدراسة كاملة، وتزيد وضوحًا في الفترة الثانية 1988-2010، مقارنة بالفترة الأولى.

أهمية الدراسة:

1. فهم التغيرات والاتجاهات الزمانية والمكانية المناخية في محطات خليج سرت للفترة 1966-2010.
2. تساعد نتائج الدراسة صناع القرار في تخطيط المشاريع التنموية في مختلف المجالات الزراعية والصناعية، والتخطيط البيئي، إضافة علمية للمكتبة الجغرافية المحلية والدولية.

أهداف الدراسة:

1. تحليل الاتجاهات الزمانية ورصد أي اتجاهات للزيادة أو النقصان.
2. الكشف عن الاتجاهات الزمانية ذات الدلالة الإحصائية، ومقارنة التغيرات بين الفترتين الزمنيتين، وتفسير النتائج وتحليلها، تحديد الفروق في معدلات التبخر بين محطات خليج سرت.
3. تحليل التباين المكاني لمعدلات التبخر، ومقارنة التغيرات بين الفترتين الزمنيتين، وتفسير أنماطها المكانية والزمانية.

حدود الدراسة:

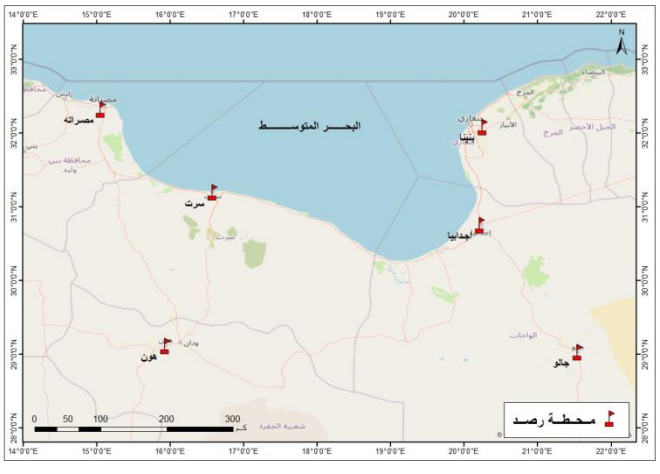
يمتد خليج سرت من مدينة مصراتة غربًا، إلى مدينة بنغازي شرقًا، أمّا الحدود الجنوبية فتمتد حتى جبل ودان، ووادي قرياس، ووادي الحصان، ومنطقة خشم اليهودي (مُحَمَّد، 2022، ص3-4)، وتقع منطقة الدراسة فلكيًا بين خطي طول: 15° ـ 21°شرقًا، ودائرتي عرض: 29°-30´32°شمالًا، وتمّ اختيار ست محطات مناخية: ثلاث محطات ساحلية متمثّلة في مصراتة، سرت، بنينا، بينما تقع محطات هون، إجدابيا، جالو في الداخل، وتمّ إضافة محطة جالو وهي ليست من حدود منطقة الدراسة وذلك للمقارنة، الجدول (1) والخريطة (1)، أمّا الحدود الزمانية فحددت الدراسة زمانيًا بالمدة ما بين (1966-2010)، لأربعة عقود ونصف.

الجدول (1) بيانات محطات الرصد الجوي بمنطقة الدراسة.

اسم المحطة	رقم المحطة	الارتفاع بالمتر	الإحداثيات	
			خط الطول	دائرة العرض
سرت	62019	13	16´35°	31´12°
مصراتة	62016	32	15´03°	32´19°
بنغازي (بنينا)	62053	129	20´16°	32´05°
هون	62131	263	15´57°	29´07°
إجدابيا	62055	07	20´10°	30´43°
جالو	62161	60	21´34°	29´02°

المصدر: المركز الوطني الليبي للأرصاد الجوية، إدارة المناخ والتغيرات المناخية، طرابلس، بيانات غير منشورة.

الخريطة (1) محطات الرصد الجوي المعتمدة في الدراسة.



المصدر: من إعداد الباحثة باستخدام برنامج Arc Map GIS 10.8.

المنهجية:

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي لوصف الخصائص المناخية لمعدلات التبخر في منطقة الدراسة، والمنهج التحليلي لتحليل البيانات المكانية، والزمانية باستخدام الأساليب الإحصائية.

وتمثلت البيانات في المتوسطات الشهرية للتبخر الشهري (ملم/سنة) المقاسة بحوض التبخر من نوع بيش (Pich)، وباستخدام برنامج (Microsoft Excel 2010) تمّ استخرج معدلات التبخر الفصلية، والسنوية للفترة من: 1966–2010، قُسمت إلى فترتين، الأولى: 1966-1987، والثانية: 1988-2010، واستخراج معامل التحديد (R^2)، ولتحقيق أهداف الدراسة استُخدمت الأساليب الإحصائية، الانحراف المعياري لقياس درجة تشتت البيانات، ومعادلة خط الاتجاه، لتحديد اتجاه التغير، معادلة خط الانحدار الخطي: (Y= a + b x)

حيثُ إنّ:

Y: القيمة المحسوبة للمتغير التابع (التبخر).

X: قيمة المتغير المستقل (الزمن)

a : ثابت الانحدار أو الجزء المقطوع من محور y

b: ميل الخط المستقيم

واختبار Mann-Kendall، الذي يستخدم لتحليل السلاسل الزمنية الطويلة، يكمله منحدر Sen,s Slope لتقدير واتجاه الميل في السلسة الزمنية لمعدلات التبخر السنوية، واستخدام المنهجين، يساعد في مقارنة النتائج، وتعليلها، وكذلك استخدم برنامج Arc Map 10.8، في إنتاج الخرائط المكانية.

Mann-Kendall (Mann Kendall 1945-1075) :(Lal et al.,2026)

$$s = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j}^{n} = i + 1 sgn(xj - xi)$$

(N) عدد المشاهدات (xj وxi) قيم المتغير عند الزمن (j وi) مع اشتراط أنْ يكون j أكبر من i زمنيًا، (sgn) القيم (+0،1،-1)، واقترح كاندال حساب القيمة المعيارية Z، وتباين S، لاختبار معنوية الاتجاه عند مستوى دلالة معين.

معامل سين (Sen,s slop1968) (Lal et al 2026) لتحديد ميل الاتجاه الخطي في السلاسل الزمنية:

$$Qi = \frac{xi - xk}{j - k}$$

الدراسات السابقة: اهتمت العديد من الدراسات العربية والدولية، بتحليل التغيرات الزمانية والمكانية للتبخر، والتبخر –نتح–، لما لها من أهمية كبيرة في الدراسات المناخية، والموارد المائية، والبيئية، وتنوعت الدراسات من حيثُ مناطق الدراسة، واستخدام الأساليب

الاحصائية، لكنها تشترك في دراسة الاتجاهات المناخية وتحليل التغيرات طويلة المدى. ومن أبرز هذه الدراسات:

– **ركزت دراسة البرغوثي** (2026)، على الأمن المائي الليبي (الأسس والتحديات ووسائل التحقيق) دراسة جغرافية، اتبع الباحث المنهج الوصفي التحليلي، في تفسير واقع الموارد المائية، مع التركيز على مصادر المياه التقليدية، وغير التقليدية، ناقش أهم آثار التغيرات المناخية، وما يصاحبها من ارتفاع معدلات التبخر والجفاف، وتوصّل إلى أنّ ليبيا تعتمد اعتمادًا كليًا على استخدام المياه الجوفية من خزانات غير متجددة، مما يساعد على تفاقم الوضع المائي، وتقلص مساحة الأراضي الزراعية، وزيادة التصحر، وتستفيد الدراسة الحالية في إبراز العلاقة بين التبخر، والأمن المائي، فهي تساعد في فهم أثر العوامل المناخية، في زيادة الضغط على الموارد المائية، ويدعم التخطيط المائي والزراعي، وتضع استراتيجيات أكثر كفاءة، لتحقيق الأمن المائي في ليبيا.

– **تناولت** دراسة Su Yuhui, Wang Juanle, Han(2025): الخصائص الزمانية والمكانية لتوزيع التبخر–نتح الفعلي بالتغيرات طويلة المدى في هضبة منغوليا، للفترة 2011–2022، باستخدام أنموذج بنمان–مونتيث، المعتمد من منظمة الأغذية والزراعة (FAO)، استخدم بيانات متعددة المصادر، وتوصّلت النتائج إلى أنّ التوزيع للتبخر–نتح في هضبة منغوليا يتميز بالارتفاع في الشمال الشرقي، وينخفض في الوسط والجنوب، وزمانيًا تذبذبت قيم التبخر السنوي بين 100 إلى500ملم، أخذت اتجاهًا تصاعديًا، وسجّلت أعلى القيم سنتي 2013–2019، وتوجد علاقة ارتباط موجبة بين معدلات التبخر–نتح وكميات الهطل بلغ 0.68، ووصل في بعض المناطق 0.98، بينما أضعف الارتباط في حوض نيلنجا والمنطقة الجنوبية الشرقية، ويتوافق مع الدراسة الحالية في اختيار الأنموذج المناسب، وتحديد معاملاته وفقًا لطبيعة البيانات والغطاء السطحي، وإجراء مقارنة بين المحطات الساحلية والداخلية مع اختلاف موقعهما.

– **تناولت دراسة سليمان** (2022)، تحليل اتجاهات التبخر في منطقتي الجبل الأخضر وسهل بنغازي . ليبيا . للمدة 1966–2010، اعتمدت الدراسة على اختبار Mann-Kendall لتحليل الاتجاهات الزمنية، وأظهرت النتائج زيادة في فصلي الصيف، والخريف بمحطة درنة، وشتاءً سجّلت شحات اتجاهًا نحو التناقص، ومحطة بنينا لم تعطِ أي اتجاه يذكر، وأظهر اختبار Sen,s Slope انحدارًا إيجابياً نحو الزيادة في محطتي درنة، وبنينا في أغلب شهور السنة، مع وجود انحدار دائم نحو التناقص في شحات، وتستفيد الدراسة الحالية من المنهجية الإحصائية المستخدمة.

–**تصدت دراسة سليم، الطراونة، حويل، الترجمان** (2022)، إلى تحليل أثر التغير المناخي في تغير اتجاهات معدلات التبخر بمنطقة مصراتة للفترة (1963–2018)، استخدمت الدراسة المتوسطات المتحركة، والانحدار الخطي البسيط، واختبار (t–test)، وتوصّلت إلى وجود اختلاف في خصائص معدلاتها سنويًا، وفصليًا، وشهريًا، ووجود اتجاه للزيادة في المعدل السنوي، والفصلي عند مستوى دلالة إحصائية أقل من 0.001، أمّا فصل الصيف فأعطى اتجاهًا نحو الزيادة دون دلالة إحصائية، تفيد الدراسة الحالية في تفسير العلاقة بين التغير المناخي، واتجاهات التبخر.

– **هدفت دراسة محمّد** (2022) إلى التحليل الجغرافي لدرجة الحرارة في منطقة خليج سرت (دراسة في الجغرافيا المناخية)، واستخدمت الأساليب الإحصائية، والتحليلية لدراسة العلاقة بين درجات الحرارة، وكمية التبخر، وتوصّلت النتائج إلى أنّ العلاقة طردية ضعيفة بلغت (0.003)، وأنّ المعدلات السنوية للتبخر تنخفض من الجنوب نحو الشمال، المعدل العام (7.3ملم)، أعلى معدل بمحطة هون بلغ (10.5ملم)، وأدناه بمحطتي مصراتة وسرت بلغ(5.8ملم)، وأعلى معدل لفصلي الصيف، الربيع، وأدناه بفصلي الشتاء والخريف، وتفيد الدراسة الحالية في فهم العلاقة بين درجات الحرارة، والتبخر، وأثر التباين الحراري في اختلاف معدلات التبخر بين المحطات.

– **تناولت** دراسة Ersi, C., Bayaer, T., Bao, Y., Yong, X Zhang, & M., (2022): التغيرات الزمانية والمكانية في التبخر–نتح، والعوامل المحتملة المحركة له في منغوليا، في العشرين عامًا الماضية 2001–2020، اعتمدت على بيانات الاستشعار عن بُعد، واستخدمت الأدوات الإحصائية اختبار Mann-Kendall، وميل Sen,s Slope، وتحليل الارتباط، وحساب معامل هرست للتنبؤ بالاتجاهات المستقبلية، وتوصّلت لنتائج أهمها ارتفاع التبخر–نتح إلى 49.4% من مساحة منغوليا في فترة الدراسة، وتراجع معدل التبخر في عامي 2006–2007، بمعدل (–4.256 ملم/سنة)، في شرق منغوليا وغربها وجنوبها، نتيجة لانخفاض هطول المطر وتدهور الغطاء النباتي، وارتفاع في الفترة 2015–2016م، بمعدل (+3.683ملم/ سنة) في معظم أرجاء البلاد، يعزو ذلك إلى حملة تشجير، بلغت مليار شجرة، وكشف مؤشر هيرست أنّ 52.49% من مساحة منغوليا عكس الاتجاه الحالي في المستقبل؛ أي تباطؤ

التبخر–نتح أو تراجعه في المناطق الغنية بالغطاء النباتي شمالًا، وشرقًا، في حين قد تستمر الزيادة في المناطق الجنوبية والغربية الجافة، تشترك الدراستان في أدوات التحليل الزماني، وكيفية استجابة التبخر للمتغيرات المناخية في المناطق الجافة وشبه الجافة.

– أما الدراسات العراقية، فجاءت منها دراسة البدري (2018)، حول أثر التغيرات المناخية في اتجاهات التبخر–نتح الممكن وسيناريوهاتها المستقبلية في العراق، واعتمدت الدراسة على بيانات لعناصر المناخ طويلة المدى، واستخدمت معادلة بنمان–مونتيث لحساب التبخر–نتح الممكن، واختبار Mann-Kendall، وتحليل الاتجاهات الزمنية، للكشف عن التغيرات المناخية، واستخدمت الدراسة نماذج، وسيناريوهات التغير المناخي المستقبلية، لتنبؤ باتجاهات التبخر–نتح في السنوات المقبلة، وأظهرت النتائج وجود اتجاه عام نحو زيادة معدلات التبخر–نتح الممكن في معظم مناطق العراق، خاصة في المناطق الجافة، والداخلية؛ نتيجة لارتفاع درجات الحرارة، وتراجع كميات المطر، وترتبط بالدراسة الحالية من تشابه الظروف المناخية بين العراق، وليبيا لوقوعهما ضمن المناطق الجافة، وشبه الجافة، والاستفادة من السيناريوهات المستقبلية، في تفسير التغيرات المناخية المحتملة في محطات منطقة الدراسة.

– دراسة Ibrahim, A. A. . (2011)، تناولت إنتاج خرائط مناخية رقمية باستخدام تقنيات الإحصاء الجغرافي المكاني (الكريجينج العادي)– دراسة حالة من ليبيا، 1970–2000، درست محطات إرصاد على شمال غرب ليبيا (سهل جفارة، وجبل ترهونة)، واعتمدت على تقنية الكريجينج العادي (Ordinary Kriging) من برنامج (GIS)، وبرنامج Genstat، وتوصّلت إلى أنّ أعلى معدلات التبخر اليومي تتمركز في الأجزاء الجنوبية من المنطقة، وخاصة الجنوب الغربي منها، وتتراجع بالاتجاه نحو الشمال، تزامنًا مع توزيع درجات الحرارة، والأمطار، في حين تمثّل الرطوبة النسبية العامل الرئيسي لارتفاع معدلات التبخر، وتفيد الدراسة الحالية أنّ تحليل محطات منطقة الدراسة تمثّل تنوعًا جغرافيًا أشمل، ورصد تغيرات مناخية بعيدة المدى، ودراسة اتجاهات التبخر في فترة زمنية أوسع.

وعلى الرغم من وجود بعض الدراسات المناخية حول التبخر في ليبيا فإنّ معظم الدراسات التي ركّزت على محطة واحدة أو منطقة محددة، مثل: مصراتة أو بنينا لم تتناول محطات متنوعة، وندرة الدراسات التي تجمع بين التحليل الزماني طويل المدى، والتحليل المكاني المقارن بين محطات الدراسة المختلفة؛ لذا تسعى هذه الدراسة إلى سدِّ هذه الفجوة بتحليل مكاني وزماني شامل لمعدلات التبخر في ست محطات إرصاد في منطقة خليج سرت، بما يسهم في تفسير حركة التغير في قيم التبخر ودعم التخطيط البيئي، وإدارة الموارد المائية بالمنطقة في ظلّ تحديات التغير المناخي.

أولًا: التباين المكاني:

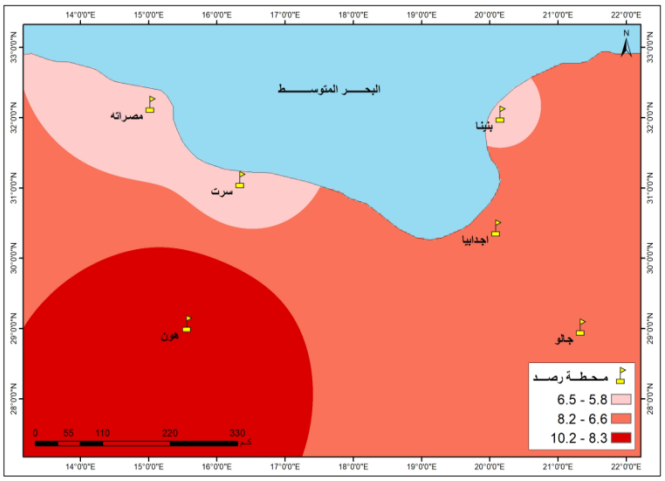
تتباين كمية التبخر بمحطات خليج سرت مكانيًا، إذ يظهر من الجدول (2) أنّ المعدل العام بمحطات الدراسة بلغ (7.3ملم/سنة)، وأنّ هناك تدرج مكاني لكمية التبخر بين المحطات الشمالية سرت ومصراتة في الشمال، ومحطة هون في الجنوب قدرها 4.8ملم/سنة، بما يعادل81% نسبة الزيادة عند الانتقال من الساحل إلى الصحراء، ناتج عن الاختلاف المكاني في عناصر المناخ بين المحطات، وعلى أساس الموقع الجغرافي، والبُعد عن البحر تتفق هذه الدراسة مع دراسة إبراهيم (2011)، ومُحَمَّد (2022)، وكذلك دراسة سليمان (2022)، التي تقول إنّ معدلات التبخر تزيد بالاتجاه جنوبًا بعيدًا عن المؤثرات البحرية. وتمّ تصنيف منطقة الدراسة إلى ثلاث مناطق تتماشى مع النظام الجغرافي والمناخي المعروف الخريطة (2) كالآتي:

1. نطاق التبخر المنخفض من (5.8– 6.5 ملم/سنة) اللون الوردي الفاتح، ويشمل محطتَي مصراتة وسرت، ومحطة بنينا، هذه المحطات تسجّل أدنى معدلات التبخر نسبيًا، مقارنة بالمحطات الأخرى؛ وذلك تأثرًا بالبحر المتوسط الملطِّف لدرجات الحرارة، وارتفاع الرطوبة على طول الشريط الساحلي، وانخفاض سرعة الرياح الجافة القادمة من الجنوب الليبي.

2. نطاق التبخر المتوسط (6.6–8.2ملم/سنة) اللون البرتقالي الفاتح، يغطي هذا النطاق المنطقة الانتقالية بين الساحل والصحراء، يشمل مساحة واسعة من البلاد بما فيها محطتا إجدابيا، وجالو، حيث تسجّل ارتفاعًا ملحوظًا في معدلات التبخر كلّما ابتعدنا عن الساحل، وتراجع تأثير الرطوبة النسبية، وارتفاع درجات الحرارة.

3. نطاق التبخر المرتفع (8.3–10.5ملم/سنة) اللون الأحمر الداكن، يتمركز هذا النطاق بمحطة هون، والتي تسجّل أعلى ارتفاع لمعدلات التبخر في منطقة الدراسة؛ بسبب البُعد عن المسطحات المائية، ارتفاع درجات الحرارة صيفًا، وطول النهار، وأنّ العلاقة بين درجة الحرارة، وكمية التبخر بمنطقة الدراسة علاقة طردية ضعيفة بلغت (0.003) (مُحَمَّد، 2022، ص44).

الخريطة (2) التوزيع المكاني السنوي لقيم التبخر في منطقة الدراسة

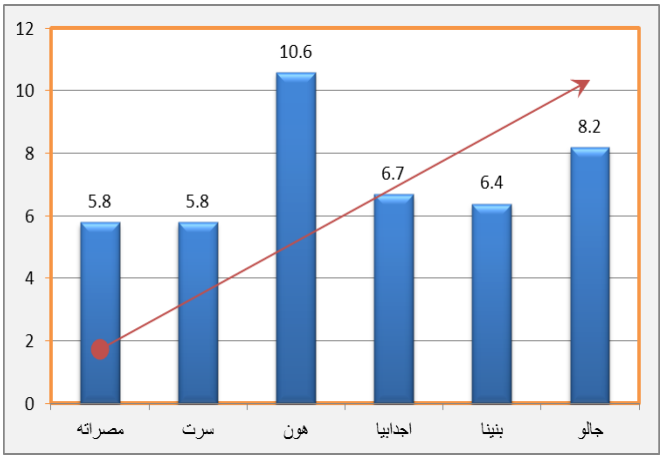


المصدر: من إعداد الباحثة اعتمادًا على بيانات الجدول (2) باستخدام برنامج Arc Map GIS 10.8.

تُظهر الخريطة (2) وجود تدرج واضح في التوزيع المكاني لمعدلات التبخر بمحطات منطقة الدراسة، يزداد بالاتجاه من الشمال إلى الجنوب، حيثُ تنخفض معدلات التبخر السنوية تدريجيًا من المناطق الساحلية مصراتة، وسرت، ومن ثَمّ محطة بنينا متأثرة بالبحر المتوسط، وترتفع معدلات التبخر بالاتجاه نحو المناطق الصحراوية إجدابيا، وجالو، وتُظهر محطة هون أعلى نطاق في التبخر، ويعكس هذا التصنيف طبيعة المناخ السائد في منطقة الدراسة.

ويبيّن الشكل (1) المعدلات السنوية للتبخر في منطقة الدراسة، التي تُظهر اتجاهًا عامًا نحو الزيادة من الشمال إلى الجنوب يتماشى مع التدرج اللوني في الخريطة (2)؛ نتيجة تفاعل العوامل المناخية والطبيعية، وخاصة الموقع الجغرافي، وزيادة ساعات السطوع الشمسي، وارتفاع درجات الحرارة.

الشكل(1) المعدلات السنوية للتبخر بمحطات منطقة الدراسة للفترة 1966–2010.



المصدر: من عمل الباحثة اعتمادًا على بيانات الجدول (2).

ثانيًا: التباين الزماني:

تُظهر المعدلاتُ السنوية للتبخر تباينًا زمانيًا واضحًا للفترة الزمنية للدراسة، حيثُ تتراوح بين أعلى متوسط للتبخر في محطة هون بلغ (11.9ملم) في عامي (2005، 2006) متجاوزًا المعدل العام بـ(4.6ملم)، وبين أدنى متوسط بمحطة سرت (4.1ملم) في سنة (1991) أي بأقل من المعدل العام بـ(3.2ملم)، ويعزى هذا التباين إلى اختلاف الخصائص المناخية للمكان، بين البيئة الصحراوية الجافة، والبيئة الساحلية الرطبة بالمنطقة.

وقُسِّمت الفترة الزمنية للدراسة إلى فترتين متتاليتين الأولى: 1966–1987، والثانية: 1988–2010، إذ تشير بيانات الجدول (2) إلى أنَّ محطتي سرت ومصراتة، سجلتا أقلَّ معدل سنوي بين المحطات المختارة، إذ بلغ (5.8ملم) وهو أقلّ من المعدل العام بـ (1.5ملم) لفترة الدراسة، مما يعكس دور البحر المتوسط في انخفاض معدلات التبخر على المناطق الساحلية، إلّا أنَّ الاتجاه الزماني ليس واحدًا في المحطتين، إذ أخذت محطة سرت اتجاهًا عامًا نحو التناقص بلغ معدله (–0.0202)، وبانحراف معياري (1.3) ومعامل تحديد (R^2 (0.111؛ أي أنّ 11% من التباين الزماني في قيم التبخر تفسّر بالاتجاه الزماني نفسه، وإذا قسّمنا فترة الدراسة إلى فترتين تكون النتيجة أكثر دقة، ففي الفترة الأولى بلغ متوسط محطة سرت (6.1ملم) تجاوز المعدل السنوي للمحطة، بخط اتجاه سالب بلغ (–0.0054) وبانحراف معياري ضعيف بلغ (0.1) ومعامل (R^2 (0.0029، أمّا الفترة الثانية فبلغ المتوسط (5.4ملم) بميل موجب (0.0015)، وانحراف معياري (1.0) وبلغ معامل (R^2 (0.0006، وهذا يدل على الاستقرار لهذه الفترة، بينما أخذت محطة مصراتة اتجاهًا عامًا موجبًا بلغ (0.0053)، بانحراف معياري (0.6) أكثر استقرارًا نسبيًا، ومعامل (R^2 (0.0189، وبالمقارنة مع محطة هون الصحراوية التي سجّلت أعلى معدل سنوي بلغ (10.6ملم) تجاوز المعدل السنوي العام، بخط اتجاه نحو التصاعد بلغ (0.0087) وبانحراف معياري (0.8) ومعامل (0.0204) (R^2، ففي الفترة الأولى سجّلت المحطة اتجاهًا سالبًا بلغ (–0.0409) بانحراف معياري (0.4) ومعامل (R^2 (0.2227، أمّا في الفترة الثانية فارتفع معدل التبخر بشكل لافت بلغ معدله (10.5ملم)، مع اتجاهٍ موجب بلغ (0.1155) بانحراف معياري (1.2)، وقيمة معامل (R^2 (0.6882)، وهي أعلى قيمة سُجّلت بين المحطات في فترة الدراسة، أي نحو حوالي 69% من التباين

للتبخر بالفترة الثانية يمكن تفسيره بالاتجاه الزماني وحده، وهذا يشير إلى اختلاف واضح في سلوك الاتجاه الزمني، فالزيادة لم تكن منذ البداية بل جاءت في الفترة الثانية، بينما الفترة الأولى أخذت اتجاهًا تنازليًا، فالتبخر في المناطق الصحراوية الداخلية لا يسير في منحنى خطي منتظم، متزامنًا مع بداية الفترة الثانية التي شهدت ارتفاعًا في معدلات التبخر، وتمثّل محطة هون مؤشرًا على مشكلة زيادة الفاقد المائي بالتبخر والاهتمام بمستقبل الأمن المائي في منطقة خليج سرت.

بينما بلغ المعدل العام للتبخر بمحطة إجدابيا (6.7ملم)، وأخذ اتجاهًا نحو التناقص بلغ (–0.0088) بانحراف معياري (0.8) ومعامل (0.0318) R^2، وسجّلت معدلات التبخر السنوية اتجاهًا موجبًا بلغ (0.0388) بانحراف معياري (0.2) ومعامل (0.2182) R^2، بمعدل (6.9)، ومن ثَمّ اتجاهًا معاكسًا نحو التناقص في الفترة الثانية بلغ (–0.0187) بانحراف معياري (0.5) ومعامل (0.0393) R^2، وتغير الاتجاه من الموجب إلى السالب قد يرتبط بالطبيعة الانتقالية لموقع المحطة ما بين الاستقرار الساحلي، والتقلبات الصحراوية.

الجدول (2) المعدلات السنوية لكمية التبخر والمعادلات الإحصائية 1966– 2010م.

المحطة	1966-2010	%	الانحراف المعياري	Yميل خط الانحدار	R^2	1966-1987	الانحراف المعياري	Y ميل خط الانحدار	R^2	1988-2010	الانحراف المعياري	Yميل خط الانحدار	R^2	نسب التذبذب %
مصراتة	5.8	%54.7	0.6	0.0053	0.0189	5.8	0.6	0.0135	0.0241	5.9	1.0	0.0015-	0.0006	%10.3
سرت	5.8	%54.7	1.3	0.0202-	0.111	6.1	0.1	0.0054-	0.0029	5.4	0.2	0.013	0.0146	%22.4
بنينا	6.4	%60.4	1.2	0.008-	0.024	6.5	1.3	0.0808-	0.4528	6.3	0.4	0.0463	0.3565	%18.75
إجدابيا	6.7	%63.2	0.8	0.0088-	0.0318	6.9	0.2	0.0388	0.2182	6.6	0.5	0.0187-	0.0393	%11.9
هون	10.6	%100	0.8	0.0087	0.0204	10.6	0.4	0.0409-	0.2227	10.5	1.2	0.1155	0.6882	%7.5
جالو	8.2	%77.3	0.7	0.0428-	0.5667	9.9	0.6	0.027-	0.2171	9.0	0.2	0.04-	0.1846	%8.5

المصدر: من عمل الباحثة اعتمادًا على بيانات المركز الوطني الليبي للأرصاد الجوية، بيانات غير منشورة، تمّ استخراج النسب المئوية بضرب معدل كل محطة في 100 وتقسيمه على معدل محطة هون 10.6.

وتميزت محطة جالو التي تتوغل في الصحراء عن محطة هون بأنّها سجّلت اتجاهًا سالبًا نحو التناقص بلغ (–0.0428) بانحراف معياري (0.7) ومعامل (0.5667) R^2، ما يعني أنَّ أكثر من 56% من التباين الزماني لقيم التبخر تفسر بالتراجع المنتظم مع الزمن، واستمر التناقص في الفترة الأولى حيث بلغ (–0.027) بانحراف معياري (0.2) ومعامل (0.2171) R^2، وتناقص في الفترة الثانية إلى (–0.04) بانحراف معياري (0.2)، ومعامل (0.1846) R^2، والنتائج بمحطة جالو تستدعى إجراء دراسة تفصيلية، قد ترتبط بعدة عوامل محلية، متمثّلة في طريقة قياس التبخر بالمحطة، والرياح المحلية والتضاريس، وطبيعة السطح كلها عوامل تساعد على انخفاض التبخر، وقد يكون تأثر بقيم التبخر للخمس السنوات الأخير من فترة الدراسة التي سجّلت انخفاضًا تراوح بين (8.1ملم/سنة _7.9ملم/سنة)، وكذلك تأثر المحطة بموقعها وسط المدينة، وتأثير الواحة، والعواصف الرملية والغبارية، فتخفض كمية الأشعة الشمسية المباشرة الواصلة إلى سطح الحوض.

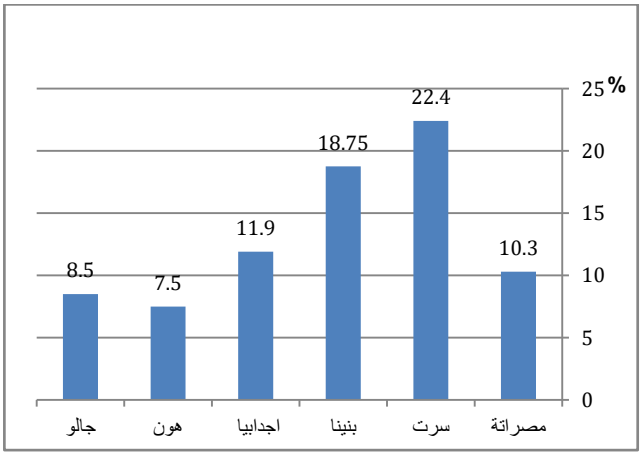
وبلغ معدل التبخر بمحطة بنينا (6.4ملم)، التي أظهرت اتجاهًا عامًا نحو التناقص بلغ (–0.008) بانحراف معياري (1.2) ومعامل (0.024) R^2، سجّلت الفترة الأولى اتجاهًا واضحًا نحو التناقص بلغ (–0.0808) بانحراف معياري (1.3) ومعامل (0.4528) R^2، وهي أعلى قيم لمعامل التحديد في الفترة الأولى بكل المحطات المختارة، وهو تراجع منتظم وقوي، ومن ثَمّ تغير الاتجاه في الفترة الثانية إلى اتجاهٍ موجبٍ بلغ (0.0463) بانحراف معياري (0.4)، ومعامل (0.3566) R^2، تأثرت المحطة بموقعها الجغرافي، فهي مفتوحة على الصحراء تتأثر برياح القبلي الحارة الجافة، وتبعد عن البحر 20كم، ولا يوجد بها غطاء نباتي، وتقع على ارتفاع 129م، وهي عوامل قد تسهم في زيادة عملية التبخر بشكل أسرع.

والخلاصة أنّ نتائج ميل خط الانحدار في فترة الدراسة كاملة بمحطتي سرت، وجالو أخذت اتجاهًا نحو الانخفاض بلغ مقداره (–0.0202، –0.0428) على التوالي، بينما بقية المحطات تتجه نحو الارتفاع، في حين شهدت الفترة الأولى انخفاضاً بالمحطات سرت

وبنينا وجالو بلغ (-0.0054، -0.0808، -0.027) على التوالي، بينما بقية المحطات شهدت اتجاهًا موجبًا، أمّا الفترة الثانية فسجّلت اتجاهًا موجبًا في المحطات الساحلية وكذلك محطة هون الصحراوية، بينما سجّلت انخفاضًا بمحطتي إجدابيا وجالو بلغ (-0.0187، -0.04) على التوالي، وتشير النتائج إلى وجود تباين في الاتجاه بين محطات منطقة الدراسة، وهو قد يرتبط بالموقع الجغرافي، والنطاق المناخي.

يتضح من الجدول (2) والشكل (2) أنّ نسب التذبذب للمعدلات السنوية للتبخر بمحطات منطقة الدراسة قد تباينت مكانيًا، قد يرتبط بالظروف المحلية والعوامل المناخية، والتغير المناخي، حيثُ سجّلت محطة سرت الواقعة على ساحل البحر أعلى قيمة لمعامل الاختلاف في منطقة الدراسة بلغت (22.4%)، بانحراف معياري (1.3)، هذا يشير إلى أنّ التبخر يتغير من سنة لأخرى بشكل أكبر، وتأتي ثاني أعلى قيمة لمعامل الاختلاف بمحطة بنينا بلغت (18.75%) بانحراف معياري (1.2)، بينما سجّلت محطة هون أقل قيمة لمعامل الاختلاف في المعدلات السنوية لمعدلات التبخر، إذ بلغت (7.5%) بانحراف معياري (0.8)، وتليها محطة جالو (8.5%) بانحراف معياري (0.7).

الشكل (2) نسب التذبذب للمعدلات السنوية للتبخر بمحطات خليج سرت للفترة: 1966–2010.



المصدر: عمل الباحثة اعتمادًا على بيانات الجدول (2).

ملاحظة: تمّ حساب نسبة التذبذب كالآتي: الانحراف المعياري/المعدل السنوي*100.

ثالثًا: التباين الفصلي:

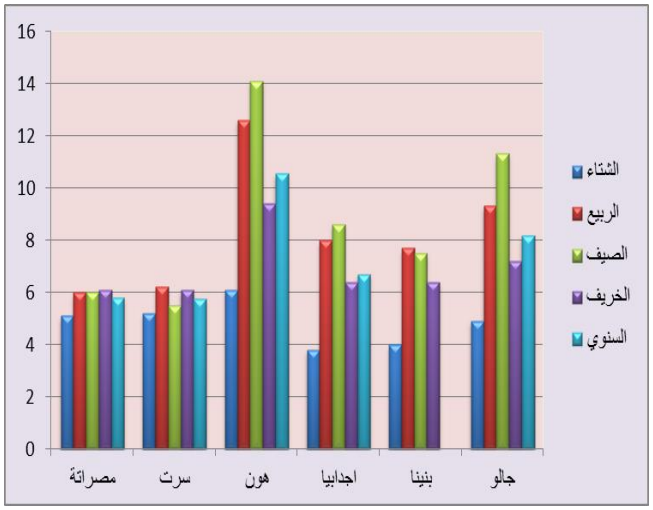
يُعدّ التوزيع الفصلي لقيم التبخر مهمًا في التحليل الزماني؛ إذ يكشفُ عن الأنماط المناخية السائدة في منطقة الدراسة، حيثُ تشير بينات الجدول (3)، والشكل (3) إلى وجود تباين واضح في المعدلات بين فصول السنة، حيثُ تبلغ معدلات التبخر أعلى قيمها في فصل الصيف، إذ سجّل (8.8ملم)، وبنسبة (30%)؛ ويرتبط ذلك بطول ساعات الإشعاع الشمسي، وارتفاع درجات الحرارة، وصفاء السماء (سليم وآخرون، 2022، ص78)، وجاء فصل الربيع في المرتبة الثانية بمعدل (8.4ملم)، وبنسبة (24%)، وذلك بسبب زيادة الغطاء النباتي الذي بدوريه يؤدي إلى زيادة في كميات التبخر نتح (سليمان، 2022، 284)، وبينما سجلت أدنى معدلات التبخر في فصلي الشتاء والخريف (4.9، 6.9ملم)، وبنسب مئوية بلغت(17%، 24%) على التوالي؛ ويعود ذلك لانخفاض درجات الحرارة، وزيادة كمية الامطار بفصل الشتاء.

الجدول (3) المعدلات الفصلية والسنوية لكمية التبخر ملم بمنطقة خليج سرت للفترة 1966 ـ 2010.

الفصل	فصل الشتاء	فصل الربيع	فصل الصيف	فصل الخريف	المعدل السنوي
المعدل الفصلي	4.9	8.4	8.8	6.9	7.3
النسبة المئوية%	17	29	30	24	100%

المصدر: من عمل الباحثة اعتمادًا على بيانات المركز الوطني الليبي للأرصاد الجوية، بيانات غير منشورة.

الشكل (3) المعدل الفصلي لمعدلات التبخر ملم/سنة بمنطقة خليج سرت للفترة 1970 –2010.



المصدر: من عمل الباحثة اعتمادًا على بيانات الجدول (3).

رابعًا: تحليل الاتجاهات السنوية لمعدلات التبخر بمحطات الدراسة باستخدام اختبار Mann–Kendall، ومعامل الانحدار Sen, Slope:

تُظهر نتائجُ اختبار Mann-Kendall الموضحة في الجدول (4)، والشكل (4) وجود اتجاهين تنازليين بدلالة معنوية في محطتي سرت وجالو، بينما في المحطات الأربع الأخرى الاتجاهات معنوية غير دالة إحصائيًا.

الجدول (4) نتائج التحليل لاتجاهات التبخر السنوي ملم/سنة عند (Mann–Kendall) ومعامل(Sen, Slope ملم/سنة) في محطات خليج سرت للفترة: 1966–2010.

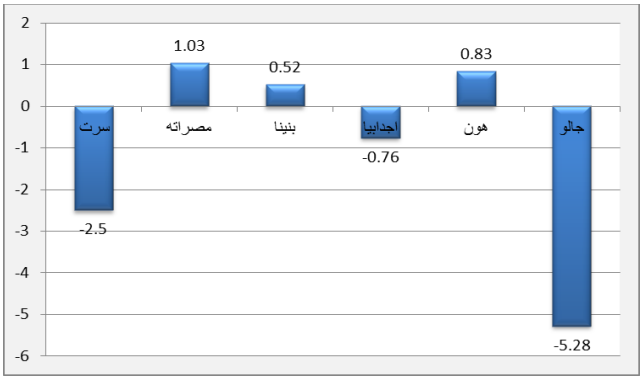
المحطة	قيمةZ لفترة الدراسة كاملة	الاتجاه عند 95%	مستوى الدلالة	منحدر سين ملم/سنة Sen,s Slope
سرت	-2.50	تنازلي	دال إحصائيًا عند مستوى دلالة a=0.05	-0.0246
مصراتة	1.03	اتجاه موجب غير دال إحصائيًا	اتجاه موجب غير دال إحصائيًا	0.0063
بنينا	0.52	اتجاه موجب غير دال إحصائيًا	اتجاه موجب غير دال إحصائيًا	0.0046
إجدابيا	-0.76	اتجاه سالب غير دال إحصائيًا	اتجاه سالب غير دال إحصائيًا	-0.0071
هون	0.84	اتجاه موجب غير دال إحصائيًا	اتجاه موجب غير دال إحصائيًا	0.0075
جالو	-5.28	تنازلي	دال إحصائيًا عند مستوى دلالة a=0.01	-0.0465

المصدر: من عمل الباحثة اعتمادًا بيانات الجدول (2). في اختبار Mann–Kendall= 1.96Z + –، لا يوجد اتجاه عند مستوى الثقة 95% من–1.96 إلى1.96، بينما Sen, Slope مستوى الدلالة (a= –+0.05) عند مستوى الثقة 95%.

وسجلت محطة جالو الصحراوية أعلى مستوى من الدلالة الإحصائية بين المحطات، باتجاهٍ تنازليّ معنويّ في معدلات التبخر، إذ بلغت قيمة Z= -5.28، وهي تزيد عن –1.96+، وعند مستوى دلالة a=0.01، وأشار Sen, Slopeإلى انخفاض سنوي مقداره= –0.0465 ملم/سنة، بما يقارب 2.0ملم طوال فترة الدراسة، وتشير نتيجة تراجع قيم التبخر بمحطة جالو إلى اتجاه قوي يستدعى دراسة تفصيلية، بينما سجّلت محطةُ سرت الساحلية اتجاهًا تنازليًا معنويًا إحصائيًا بين المحطات الساحلية، فبلغت قيمة Z= -2.50 تجاوزت القيمة الحرجة – 1.96 عند مستوى دلالة a= 0.05 ، ويشير Sen, Slope إلى انخفاض سنوي بمعدل 0.0246–، ويقدر إجمالي الانخفاض 1.1ملم طوال فترة الدراسة، وقد ترتبط أسباب الانخفاض بتغيير موقع المحطة من وسط المدينة، ونقلها بالقرب من البحر سنة 1974 إلى الوقت الحالي، وتزامن مع فترة الانتقال التوسع العمراني بالمدينة.

بينما سجّلت محطة إجدابيا اتجاهًا تنازليًا ضعيف غير دال إحصائيًا، حيثُ بلغت قيمة Z= -0.76، وهي أقل من (1.96+_)، وهذا لا يمثّل إشارة مناخية حقيقية، بل يقع ضمن التذبذب العشوائي للبيانات، أمّا المحطات مصراتة، وبنينا، وهون فسجّلت اتجاه موجب غير دال إحصائيًا، وهذا لا يعني انعدام الاتجاه الحقيقي الفعلي، وإنّما قد يعكس التذبذب بين القيم السنوية، الذي يقلل من قوة الاتجاه أمام الاختبار الإحصائي، وتفسير لمحطة جالو بقلب الصحراء التي سجّلت أقوى اتجاه تنازلي Z= -5.28، ومحطة هون سجّلت أعلى معامل تحديد في الفترة الثانية بلغ R^2 = 0.6882 ، ومحطة بنينا الساحلية التي سجّلت اتجاهًا، بعد تناقص حاد بين الفترتين، إنْ دلّ على شيءٍ فإنّه قد يدلُّ على أنَّ التبخر في منطقة الدراسة يتأثر بالموقع الجغرافي والظروف المناخية بالمنطقة.

الشكل (4) نتائج اختبار Mann–Kendall للتبخر السنوي 1966–2010.



المصدر: من عمل الباحثة اعتمادًا على بيانات الجدول (4).

أظهرت نتائج الأساليب الإحصائية المستخدمة في الدراسة أنّ التحليل الزماني والمكاني للتبخر في محطات خليج سرت يمثّل مؤشرًا مناخيًا حساسًا للتغيرات البيئية الإقليمية، وأنّ تحليل الاتجاهات طويلة المدى يُعدّ أداة فعّالة للكشف عن التحولات المناخية الدقيقة، كما تسهم الدراسة في سد فجوة معرفية تتعلق بالتحليل المتكامل للبعد الزماني والمكاني لعنصر التبخر في المنطقة، وكشفت نتائج Mann–Kendall اتجاهًا تنازليًا ذا دلالة إحصائية بمحطة جالو الجنوبية الصحراوية بلغت قيمة Z= -5.28 ملم/سنة.

النتائج:

1. هناك زيادة تدريجية منتظمة في معدلات التبخر السنوي كلّما ابتعدنا عن المؤثرات البحرية واتجهنا جنوبًا، حيثُ سجّلت المحطات

الساحلية (سرت، ومصراتة) أدنى معدل سنوي (5.8ملم/سنة)، بينما سجّلت محطة هون الصحراوية أعلى معدل (10.5ملم/ سنة)، بفارق 4.7ملم بين البيئتين الساحلية والصحراوية.

2. التباين المكاني بين محطات منطقة الدراسة يكشفُ عن تدرج جغرافي واضح لمعدلات التبخر من الشمال إلى الجنوب، إذ تقع المحطات الساحلية سرت، ومصراتة، وبنينا، ضمن نطاق التبخر المنخفض (5.8–6.5ملم/ سنة)، بينما تقع محطتا إجدابيا وجالو ضمن النطاق المتوسط (6.6–8.2ملم/ سنة)، أمّا محطة هون فتقع في النطاق المرتفع لتبخر (8.3–10.5ملم/ سنة).

3. سجّلت محطتا سرت وجالو اتجاهًا عامًا نحو التناقص بلغ – 0.0202 و–0.0428 على التوالي، ومحطة جالو سجّلت أعلى قيمة لمعامل التحديد بين المحطات المختارة في فترة الدراسة كاملة بلغتR^2=0.5667، أخذت محطة هون اتجاهًا صاعدًا والأكثر وضوحًا في الفترة الثانية، بميل خط الاتجاه 0.1155، ومعامل R^2 =0.6882، أي حوالي 69% من التباين يرجع إلى الاتجاه الزمني الصاعد وحده، وجود اختلاف وفي الاتجاه بين الفترتين بمحطة بنينا، تناقص في الفترة الأولى بميل–0.0808، ومعامل R^2 0.4528، ويليه تصاعد في الفترة الثانية بميل0.0463، ومعامل R^2 0.3566.

4. أظهرت نتائج اختبار Mann-Kendall وجود اتجاهين تنازليين معنويين بمحطتي سرت وجالو، ففي سرت مستوى دلالة a= 0.05، وقيمة Z=–2.50، بينما Sen,n Slope بلغ 0.0246ملم/سنة، أمّا جالو فمستوى الدلالة a=0.01 وبقيمة Z=–5.28، Sen,n Slope –0.0465 ملم/سنة، أمّا المحطات الأربع الأخرى فأخذت اتجاهات معنوية غير دالة إحصائيًا.

5. كشفت قيم الانحراف المعياري تفاوتًا بين الاستقرار المناخي، فسجّلت محطة مصراتة أقلّ انحراف معياري البالغ0.6، ومحطة هون التي سجّلت انحرافًا متذبذبًا في الفترة الثانية والبالغ 1.2.

6. سجّل فصل الصيف أعلى معدل بلغ (8.8ملم/سنة)، وبنسبة (30%)، ويليه في المرتبة الثانية فصل الربيع بلغ المعدل (8.4ملم/ سنة) بنسبة (29%)، بينما سجّلت أدنى معدلات للتبخر بفصلي الشتاء والخريف (4.9، 6.9ملم)، وبنسب مئوية (17%،24%) على التوالي.

التوصيات:

1. تجميع البيانـات المناخية بشكل دوري ومنتظم، وتبويبها، وإعـداد قاعدة للبيانات المناخية.

2. نوصي بضرورة الاعتماد على تقنيات الري بالتنقيط في المشاريع الزراعية بمنطقة الدراسة لتقليل الفاقد المائي الناتج عن التبخر.

3. الاهتمام بحملات التشجير، والعمل على زيادة المساحات الخضراء في منطقة خليج سرت.

4. إجراء دراسات مماثلة في مناطق أخرى من ليبيا، وتحديد الاتجاه العام للتبخر.

5. إعداد أطلس مناخي خاص بعنصر التبخر.

المصادر والمراجع:

– امقيلي، امحمّد عياد، (2005)، دراسات في علم المناخ، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الفاتح.

– البدري، أحمد لفته حمد (2018)، أثر التغيرات المناخية على اتجاهات التبخر–نتح الممكن وسيناريوهاتها المستقبلية في العراق، أطروحة دكتوراه (غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية التربية، جامعة بغداد، العراق.

– البرغوثي، ميلاد محمّد عمر، (2026)، "الأمن المائي الليبي (الأسس والتحديات ووسائل التحقيق) دراسة جغرافية"، مجلة ليبيا لدراسات الجغرافية، ليبيا، المجلد6، العدد1، يناير.

– سليم، علي مصطفى، الطراونة، فاطمة عبده مفلح، حويل، عادل أحمد، الترجمان، عبد الباسط محمّد (2022)، "تحليل أثر التغير المناخي في تغير اتجاهات معدلات التبخر بمنطقة مصراتة للفترة 1963–2018"، مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية، الجمعية الجغرافية الليبية فرع المنطقة الوسطى، ليبيا، العدد الثاني، يناير.

– سليمان، محمود محمّد محمود (2022)، "تحليل اتجاهات التبخر في منطقتي الجبل الأخضر وسهل بنغازي . ليبيا . للمدة 1966–2010م"، مجلة جامعة سرت للعلوم الإنسانية، مركز البحوث والاستشارات بجامعة سرت، ليبيا، المجلد12، العدد الثالث، يونيو.

– الشواورة، علي سالم (2012)، جغرافية علم المناخ والطقس، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، عمان، الأردن.

– غانم، علي أحمد (2013)، الجغرافيا المناخية، ط4، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، عمان، الأردن.

– محمّد، رقية علي (2022)، التحليل الجغرافي لدرجة الحرارة في منطقة خليج سرت، (دراسة في جغرافية المناخ)، رسالة ماجستير "غير منشورة"، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة سرت.

– المركز الوطني للإرصاد الجوية، إدارة المناخ والتغيرات المناخية، بيانات غير منشورة.

- Ersi, C., Bayar, T., Bao, Y., Yong, M., & Zhang, X. (2022). Temporal and spatial changes in Evapotranspiration and Its Potential Driving Factors in Mongolia Over the Past 20 Years. Remote Sensing, .14.(8), 1856. https://doi.org/10.3390/rs14081856

- Ibrahim, A. A. M. (2011). Production of Digital Climatic Maps Using Geostatistical Techniques (Ordinary Kriging): A Case Study from Libya. International Journal of Water Resources and Arid Environments,.1.(4):239-250.
- Lal, R., Prasad, S.,& Dayal,K. K. (2026). A non-parametric study of temperature trends in Fiji over decades. Royal Society Open Science,.13.(3):252048.
https://doi.org/10.1098/rsos.252048
- Su,Y.,Wang, J.,Han,B., Altansukh, O., & Davaasuren, D. (2025).Spatiotemporal Distribution Characteristics of Actual Evapotranspiration Over Long-Term Changes on the Mongolian Plateau. Journal of Resources and Ecology 16(1):
https://doi.org/10.5814/j.issn.1674-764x.2025.01.002