



مجلة

مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية

مجلة علمية محكمة تصدر عن
مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية
كلية الآداب - جامعة المنوفية

الترقيم الدولي الموحد للطباعة: 2357-0091
الترقيم الدولي الموحد الإلكتروني: 2735-5284

مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية

بكلية الآداب – جامعة المنوفية

مجلة علمية مُحكَّمة

أثر التغير المناخي في الموازنة المائية المناخية

في إقليم البطحاء- تشاد

إعداد

د. محمد علي حسن جمعة

عضو هيئة التدريس بجامعة أنجمينا بتشاد

د. أمين إسماعيل بركة

عضو هيئة التدريس بجامعة الملك فيصل بتشاد

مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية بكلية الآداب – جامعة المنوفية

مجلة علمية مُحَكَّمة

هيئة التحرير للمجلة	
رئيس التحرير	أ.د/ لطفي كمال عبده عزاز
نائب رئيس التحرير	أ.د/ إسماعيل يوسف إسماعيل
مساعد رئيس التحرير	أ.د/ عادل محمد شاويش
السادة أعضاء هيئة التحرير	أ.د/ عبد الله سيدي ولد محمد أبنو
	د/ سالم خلف بن عبد العزيز
	د/ محمد فتح الله محمد الننتيفة
	د/ طوفان سظام حسن البياتي
	د/ سهام بنت صالح سليمان العلولا
	د/ محمود فوزي محمود فرج
سكرتير التحرير	د/ صابر عبد السلام أحمد محمد
	د/ صلاح محمد صلاح دياب

[موقع المجلة على بنك المعرفة المصري: https://mkgc.journals.ekb.eg/](https://mkgc.journals.ekb.eg/)

الترقيم الدولي الموحد للطباعة: ٢٣٥٧-٠٠٩١
الترقيم الدولي الموحد الإلكتروني: ٢٧٣٥-٥٢٨٤

تتكون هيئة تحكيم إصدارات المجلة من السادة الأساتذة المحكمين من داخل وخارج اللجنة العلمية الدائمة لترقية الأساتذة والأساتذة المساعدين في جميع التخصصات الجغرافية

بحث:

أثر التغير المناخي في الموازنة المائية المناخية في إقليم البطحاء- تشاد

الدكتور/ محمد علي حسن جمعة*

والدكتور/ أمين إسماعيل بركة**

* عضو هيئة التدريس بجامعة أنجمينا - تشاد

** عضو هيئة التدريس بجامعة الملك فيصل - تشاد

ملخص البحث:

تعتبر التغيرات المناخية من أعظم المشكلات التي يواجهها العالم، وتعود أسباب هذه الظاهرة بشكل رئيس إلى الازدياد المضطرد لانبعاثات غازات الدفيئة ذات المنشأ البشري، وقد انعكست آثار تلك الغازات على الغلاف الجوي وتبلورت على سطح الأرض في شكل مشكلة الاحتباس الحراري، وأدى ذلك بدوره إلى ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض كميات الأمطار، وكان لذلك أثر كبير في الاختلالات الحاصلة للموارد المائية والأنشطة البشرية.

وقد ركزت الدراسة والتي جاءت بعنوان: (أثر التغير المناخي على الموازنة المائية المناخية في إقليم البطحاء) على مؤشرات التغير المناخي لعدد من المحطات الميئورولوجية بإقليم البطحاء للفترة بين عامي (١٩٩٠ - ٢٠٢٢م)، وتتمثل مشكلة الدراسة في تساؤل رئيس مؤده، ما أثر مؤشرات التغير المناخي على الموازنة المائية المناخية بمنطقة الدراسة؟ ومن خلال هذا التساؤل تم استنتاج تأثير مؤشرات تغير قيم العناصر المناخية في الموازنة المائية المناخية بالإقليم، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي والمنهج الكمي من أجل تحقيق أهدافها، وجرت التحاليل الإحصائية بشكل أساسي على المعدلات الشهرية والسنوية للعناصر المناخية التالية (معدل درجات الحرارة الاعتيادية، معدل درجات الحرارة العظمى، معدل درجات الحرارة الصغرى، سرعة الرياح، التبخر والتبخّر/ نتح، الرطوبة النسبية وكميات الأمطار)، لثلاث محطات ميئورولوجية، وذلك من أجل معرفة وتحديد اتجاهاتها ومعدلات التغير الشهري والسنوي لتلك العناصر. ومن خلال التحليل الإحصائي للعناصر سالفة الذكر توصلت الدراسة إلى وجود اتجاه موجب لبعض العناصر كالحرارة والتبخّر، وكشفت عن وجود انخفاض في بعضها الآخر كالأمطار والرطوبة النسبية.

وقد تم الاعتماد بشكل أساسي على معادلة بينمان مونتيث لحساب التبخر/ نتح لدقتها في تقدير الموازنة المائية المناخية، وقد خلصت الدراسة إلى وجود عجز كبير في الموازنة المائية في جميع محطات الدراسة، وكشفت الدراسة أيضاً من خلال التحليل الإحصائي عبر الارتباط الخطي عن وجود علاقات ارتباط متباينة من حيث النوع والقوة بين المتغير التابع (العجز المائي) والمتغيرات المستقلة، وقد اتضح كذلك وجود علاقة طردية بين العجز المائي وارتفاع درجات الحرارة والتبخّر وسرعة الرياح، كما كشفت أيضاً عن وجود علاقة عكسية بين العجز المائي وكميات الأمطار والرطوبة النسبية.

الكلمات المفتاحية:

التغير المناخي، الموازنة المائية المناخية، احتساب الموازنة المائية المناخية، التبخر/ نتح، المطر الفعال، إقليم البطحاء.

مقدمة:

يعتبر الماء أحد الركائز الأساسية التي تقوم عليها الحياة بمختلف ضروبها، ويعتبر التغير المناخي من أهم العوامل المؤثرة بشكل مباشر أو غير مباشر على الموازنة المائية المناخية، والتي يمكن التعرف عليها عن طريق إجراء المقارنات بين كمية الأمطار الساقطة على مساحة معينة من سطح الأرض، وبين جميع أشكال التوزيع الذي تشهده المياه من تغيرات أو جريان، ومن خلال ذلك يمكن تحديد الفائض أو العجز المائي، فإذا تم ذلك بصورة صحيحة؛ فبناءً عليه تحدد كمية المياه المتاحة للاستخدام ومدى الاستفادة منها في المجالات المختلفة للحياة.

وفي ظل التغير المناخي الراهن يجب تحديد درجة وفاعلية كل عنصر من عناصر المناخ في التأثير على الموازنة المائية المناخية، إذ أن تأثيرات هذه العناصر متداخلة؛ فكل عنصر يؤثر على العناصر الأخرى، بينما الموارد المائية تعتبر العنصر الأكثر استجابة للتغير المناخي، لا سيما في المناطق الجافة والتي من ضمنها دولة تشاد التي تعتبر نموذجاً لآثار التغيرات المناخية نظراً لوقوعها في إقليم الساحل الصحراوي، فالموازنة المائية تحدد المقدار الكمي لحاجة الاستخدامات البشرية بمختلف أنواعها، وهذا يساعد في ضبط وتحديد البرامج لا سيما في عمليات الري ومواعيدها لمنطقة ما، وهذا يساعد في التقليل من آثار التغيرات السنوية التي تحدث لعناصر المناخ وانعكاس ذلك على الموارد المائية.

إن الموازنة المائية المناخية تفيد في تحديد طول مدة النمو، وتحديد أفضل المواسم لعمليات الحرث والبذر والحصاد، فضلاً عن أنها تساعد في الإدارة المثلى للموارد المائية، وذلك من خلال معرفة كمية المياه السطحية والجوفية وتأثيرها على رطوبة التربة والمخزون المائي الباطني، فهذه المعطيات تبرر الحاجة لدراسة الموازنة المائية المناخية.

ويهدف البحث بصورة أساسية إلى تحديد آثار التغير المناخي على الموازنة المائية المناخية زمنياً من خلال فترات زمنية محددة، ومكانياً بين المحطات الميتورولوجية المتوفرة بمنطقة الدراسة، من أجل تحديد العجز أو الفائض المائي لوضع الخطط والبرامج لإدارة المياه بالطرائق المثلى والأساليب العلمية الحديثة المتبعة في إدارة المياه لدى كثير من الأمم.

أولاً: الإطار المنهجي للدراسة:

مشكلة الدراسة:

تعتمد الموارد المائية في إقليم البطحاء بصورة أساسية على الأمطار، وأن الإقليم في الوقت الحالي يعاني من شح في المياه السطحية، وبما أن الأمطار تتباين كميات سقوطها من سنة لأخرى ومن عقد لآخر؛ فإن ذلك سيؤثر على الموازنة المائية المناخية، ما يجعل المناخ هو المتحكم الرئيسي

فيها، فعند ما يتغير المناخ ينعكس ذلك على الموازنة المائية المناخية من حيث العجز أو الفائض، وهو ما يعني حدوث خلل في الموارد المائية بإقليم البطحاء، ويترتب على ذلك جملة من الآثار السالبة التي تنتج عادة عن العجز المائي في المجالات المختلفة للحياة بمنطقة الدراسة.

تساؤلات الدراسة:

تحدد تساؤلات الدراسة في الآتي:

١- هل توجد مؤشرات تغير في الاتجاه العام لعناصر المناخ بمنطقة الدراسة؟

٢- ما طبيعة التغير المناخي في أي عنصر من عناصر المناخ بمنطقة الدراسة؟

٣- ما أثر التغير المناخي على الموازنة المائية المناخية؟

٤- هل توجد علاقة ارتباطية بين عناصر المناخ والموازنة المائية المناخية؟

فرضيات الدراسة:

١- لعناصر المناخ أثر مباشر على الموازنة المائية المناخية لإقليم البطحاء.

٢- توجد مؤشرات تغير للاتجاه العام لعناصر المناخ.

٣- تشهد الموازنة المائية المناخية بإقليم البطحاء عجزاً مائياً واضحاً.

٤- يزداد العجز المائي عندما يتغير المناخ بمنطقة الدراسة.

٥- توجد علاقات ارتباطية طردية وعكسية بين تغيرات عناصر المناخ والموازنة المائية المناخية.

أهمية الموضوع:

تعتبر الموازنة المائية المناخية من العناصر المهمة التي على ضوءها يحدد الحجم المتاح من الموارد المائية في أي مكان، ومدى الاستفادة منها في مختلف مجالات الحياة، إذ يعتمد في الجانب الزراعي وإنتاج المراعي الطبيعية بشكل كبير على عناصر الموازنة المائية وخاصة الأمطار؛ إذ يمتد تأثيرها إلى الاستهلاك المباشر للمياه، وفي الجانب الصناعي يتوقف عليها إنشاء المؤسسات الصناعية، فضلاً عن كونها تحدد نوع المحصول الذي يمكن زراعته ومقداره وعلاقة ذلك بالمتطلبات المائية للمحصول، كما أن الموازنة المائية المناخية تؤثر تأثيراً كبيراً على وجود المراعي وكثافتها ومقدار المساحة التي تشغلها.

أهداف الدراسة:

تتمحور أهداف البحث في النقاط التالية: -

١- الكشف عن العناصر المناخية المؤثرة على الموازنة المائية المناخية بمنطقة الدراسة.

٢- تحديد مدى الفائض والعجز المائي لمنطقة الدراسة.

٣- معرفة أسباب تغير الموازنة المائية المناخية بين محطات منطقة الدراسة.

٤- الكشف عن كيفية تأثير كل عنصر من عناصر المناخ على الموازنة المائية.

مناهج وأساليب الدراسة:

لسير الدراسة بصورة علمية منتظمة تم الاعتماد على العديد من المناهج والأساليب العلمية المستخدمة في الأبحاث ذات الطابع العلمي، ومن تلك المناهج المنهج الوصفي التحليلي الذي تم استخدامه لوصف وتحليل المعطيات الجغرافية والتغيرات التي اعترت عناصر المناخ ووصف آثارها على الموازنة المائية المناخية، والمنهج الكمي لتحديد تلك الآثار ولاتجاه العام للتغير بمنطقة الدراسة كميًا، وكذلك تم استخدام المنهج الاستقرائي لاستنباط الحقائق والدلائل عن التغير المناخي بالمنطقة ورصد اتجاهه العام، فضلاً عن استخدام المنهج المقارن لرصد المؤشرات الدالة على التغير المناخي للسلسلة الزمنية الممتدة بين عامي (١٩٩٠ - ٢٠٢٢م)، وتم استخدام المناهج الأساسية على النحو الآتي:

أ- **المنهج الوصفي التحليلي** : شمل استخدامه مراجعة شاملة لكثير من البحوث والتقارير التي تناولت التغيرات المناخية والموازنة المائية المناخية وتسجيل الملاحظات الجديرة بالتسجيل وبالأخص ذات العلاقة المباشرة بموضوع الموازنة المائية المناخية إضافة القيام بمسح شامل للدراسات السابقة المتوفرة تم الحصول عليها، وقد استفاد البحث في الجانب التحليلي الذي ساعد في بناء الفرضيات وخطة العمل التي قام عليها البحث، كما شملت الخطة جمع البيانات والاحصاءات والخرائط ذات الصلة بمنطقة الدراسة عن مراجعة بعض المؤسسات مثل الوكالة الوطنية للميتورولوجيا والمركز الوطني لدعم الأبحاث والمعهد الوطني للإحصاء والدراسات الديموغرافية والاقتصادية.

ب- **المنهج الكمي**: استخدم لتحديد الموازنة المائية المناخية والتي تعتمد في استخراج قيمها على استخراج التبخر/نتح الكامن وفقاً لمعادلة بيتمان وفيه أيضاً تم الاعتماد على توظيف عناصر المناخ في استخراج قيم التبخر/نتح الكامن، إذ اختار الباحثان معادلة بيتمان، والتي تعد من أكثر المعادلات تطبيقاً وتم التوصل عن طريقها إلى أن منطقة الدراسة تعاني من الجفاف، وقد انعكس ذلك على موازنتها المائية، لذا فإنها تعاني من عجز مائي على مدار أشهر السنة.

ج - التقنيات والبرامج المستخدمة:

من البرامج التي استخدمت في الدراسة برنامج ARC GIS 10.8: إن برنامج رسم الخرائط من خلال نظم المعلومات الجغرافية من البرمجيات التي لا يمكن استغناء عنها، إذ يعتبر الوسيلة التي من خلالها عملية تخزين البيانات ومعالجتها، فضلاً عن تحليلها وإخراجها بنظام الطبقات بعد إنشاء قاعدة البيانات الجغرافية.

وقد استندت على برنامج ARC GIS 10.8 من أجل القيام بالعمليات الآتية:

- ١- استخدام نموذج الارتفاعات الرقمية لمنطقة الدراسة (DEM).
 - ٢- الاخراج النهائي للخرائط وتحليلها.
 - ٣- استخدام برنامج ١٠.٨ ARC GIS في استخراج مساحة منطقة الدراسة.
- وأخيرا تم استخدام برنامج SPSS لاستخراج بعض المعادلات الإحصائية وعمل الأشكال البيانية المختلفة.

ج - خطوات العمل:

تمثلت خطوات العمل في العديد من المراحل منها:

- ١- الخطوة الأولى: تمثلت في جمع المعلومات من مصادرها والاطلاع على المصادر ذات الصلة لتحديد الإطار النظري للموضوع.
- ٢- الخطوة الثانية: جمع البيانات الكمية الخاصة بمنطقة الدراسة من المحطات الميترولوجية، ومن ذلك درجات الحرارة وكميات الأمطار وقيم التبخر والرطوبة النسبية لمدة (٣٣) عاماً، واحتساب التبخر بالطرائق الرياضية المألوفة.
- ٣- الخطوة الثالثة: استخدام نظم المعلومات الجغرافية لاستخراج الخرائط وتمثيل القيم بيانياً.
- ٤- الخطوة الرابعة: استخراج الموازنة المائية المناخية من خلال مؤشرات الجفاف والنماذج الرياضية.
- ٥- الخطوة الخامسة: استخراج النتائج من خلال الموازنة المائية المناخية الحالية (المعدلات) ومعرفة الفروق في الموازنة المائية المناخية بين المحطات الميترولوجية.

محاوير الدراسة:

قسمت الدراسة في هذا البحث إلى سبعة محاور رئيسية؛ فالمحور الأول تناول فيه الإطار المنهجي للدراسة والمحور الثاني تطرقت فيه الدراسة لمفاهيم الموازنة المائية المناخية والتعريف بالتغير المناخي أما المحور الثالث فتطرقت فيه الدراسة للتعريف بمنطقة الدراسة، بينما المحور الرابع تناول فيه التغير والاتجاه العام للمعدل السنوي لعناصر المناخ بمنطقة الدراسة، في حين خصص المحور الخامس بتحليل نماذج المطر الفعال، والمحور السادس فخصص لتناول: احتساب التبخر / نتح الكامن والموازنة المائية المناخية، والمحور السابع والأخير خصص لتحليل الإحصائي للعلاقة بين متغيرات الدراسة.

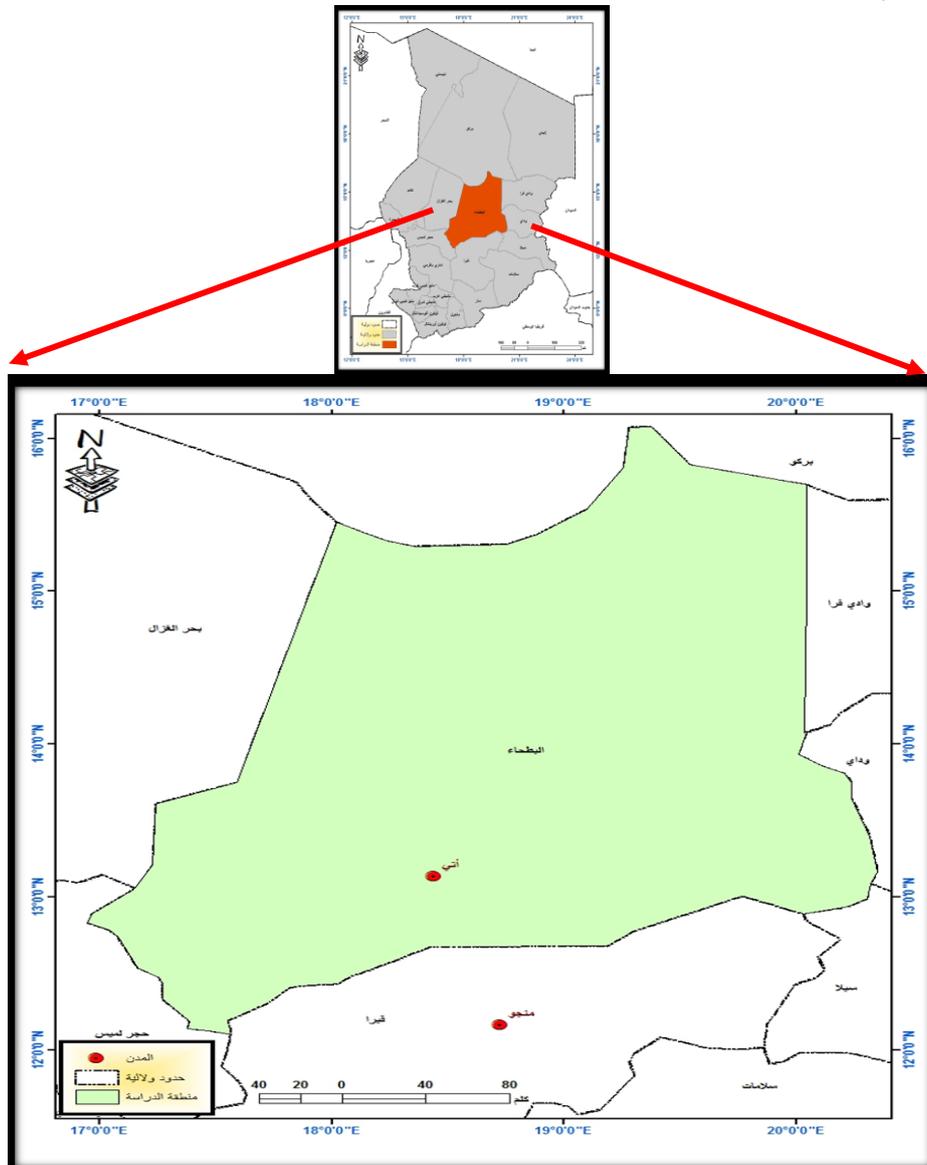
منطقة الدراسة:

- الموقع الفلكي:

تقع البطحاء فلكياً بين دائرتي عرض (12°) و(16°) شمالاً، وبين خطي طول (17°) و(20°) شرقاً (المركز الوطني لدعم الأبحاث والتنمية، 2021م).

- الموقع الجغرافي:

تقع منطقة الدراسة في وسط جمهورية تشاد، يحدها من الشمال إقليم بوركو، ومن جهة الشرق إقليمي وداي ووادي فرا، ومن جهة الجنوب الشرقي إقليم سيلا، ومن الجنوب إقليم قبرا، ومن جهة الجنوب الغربي إقليم حجر لميس، أما من جهة الغرب فيحده إقليم بحر الغزال.



المصدر: اعتماداً على أطلس تشاد الجغرافي

شكل (1) موقع منطقة الدراسة

- المساحة:

تشغل منطقة الدراسة مساحة تقدر بحوالي (٨٨,٨٠٠) كم^٢، وهذه المساحة تمثل حوالي (٧٪) من جملة مساحة جمهورية تشاد (المعهد الوطني للإحصاء، ٢٠٢١م) شكل (١) الدراسات السابقة:

لقد أطلع الباحثان على طائفة كبيرة من الأبحاث المماثلة، وبعد التدقيق في محتواها ومضمونها اتضح لهما بأن بعضا منها ذو صلة بموضوع الدراسة، وبعضها الآخر ذو صلة بمنطقة الدراسة وكلا النوعين قد يستفاد منها في جانب من جوانب الدراسة الحالية وهذه الدراسات هي: -

١- دراسة بركة، (٢٠٢٢)، تناولت هذه الدراسة موضوعات جغرافية شتى وركزت بشكل أساسي على التنمية الاجتماعية لإقليم البطحاء، وقد طرقت هذه الدراسة إلى عناصر المناخ وأثرها على الإنتاج الزراعي والرعي، وتوصل إلى وجود تباينات في عناصر المناخ وانعكس ذلك على التنمية الاجتماعية للإقليم.

٢- دراسة بركة، جمعة (٢٠٢٣)، تناولت هذه الدراسة أثر التغيرات المناخية على الموارد المائية الجوفية في حوض شاري باقرمي ومن خلال التحليل اتضح أن للتغيرات المناخية آثار بالغة في تدني منسوب المياه الجوفية للحوض والتغير في نوعيتها متأثراً بارتفاع درجات الحرارة وانخفاض كميات الأمطار.

٣- دراسة الركابي ((2016)، أثر التغيرات المناخية في تغير مساحات الأهوار جنوب العراق، أظهرت هذه الدراسة وجود اتجاه عام نحو الانخفاض في عدد ساعات السطوع الفعلي لجميع محطات الدراسة، وأظهرت أيضا وجود اتجاه عام نحو الارتفاع في درجات الحرارة وتباينت سرعة الرياح من محطة لأخرى، وتباينت أيضا كميات الأمطار الساقطة من محطة لأخرى.

٤- دراسة شيت ((2017)، أظهرت هذه الدراسة نسبة عالية من التذبذب في أشهر الصيف والشتاء، وشهدت بعض الأشهر تطرفا في درجات الحرارة، وقد تزامن ذلك مع تقدم التيارات النفاثة، وأوضحت أن الموازنة المائية المناخية قد تباينت تباينا واضحا بين محطات الدراسة، وتوصلت إلى نتائج عديدة منها أن منطقة الدراسة تعاني حاليا من عجز كبير ناجم أساسا من انخفاض كميات الأمطار وارتفاع درجات الحرارة، حيث تقل كمية المطر الفعال ويزداد الجفاف.

ثانياً: الموازنة المائية المناخية والمتغيرات المؤثرة فيها:

١- مفهوم الموازنة المائية المناخية

تعني الموازنة المائية المناخية العلاقة بين كمية التساقط والتبخر/ نتح فعندما تكون مقدار التساقط المطري أكثر من مقدار التبخر / نتح يكون هناك فائض مائي، وعندما تكون التساقط المطري أقل من التبخر/ نتح فنتج عنه عجزاً مائياً والذي يعني تحديد مقدار وفترة الحاجة لمياه الري (الوائي)، (2012، ص 233).

وقد يقصد بالموازنة المائية المناخية احتساب كمية الأمطار الساقطة على منطقة معينة؛ مختلف أشكال التحول والتوزيع التي تسلكها المياه من جريان وتبخر وتشبع وتسرب باعتبارها معقودات (حمود، 1977، ص 334)، أو حصيلة العلاقة بين التساقط والتبخر (عبد الإبراهيمي، 2014، ص 49)،

وبتعبير آخر يقصد الموازنة المائية المناخية عملية احتساب مقدار التغير في المخزون المائي لمنطقة محددة المساحة على سطح الأرض، وذلك من خلال المقارنة بين حجم الماء الداخل للمنطقة والخارج منها وبعد تجزئة مكونات الدورة الهيدرولوجية واحتساب حجم المكونات جميعها يفترض أن يتساوى حجم المياه الداخلة مع الخارجة في الأنظمة الهيدرولوجية، ويكمن اختلال بعض مكونات الدورة الهيدرولوجية واختصارها على عنصر التساقط الجوي والتبخر السطحي لتحديد الفرق بين حجم المتاحة وبين حجم الاحتياجات المائية للاستخدام البشري (الأسدي، 2014، ص 112).

وتهتم الموازنة المائية المناخية بدراسة الموارد المائية فهي حساب بسيط لمعرفة كمية المياه المفقودة عن طريق التبخر/ النتح الكامن، بالإضافة إلى التعرف على كمية الأمطار الفعالة ومعرفة قيم التبخر/ النتح الحقيقي ومن ثم تحديد أشهر الفائض المائي وأشهر العجز المائي، ومن خلال ذلك يتم تحديد كمية المياه المتاحة ومدى الاستفادة من تلك الموارد المائية في المشروعات الزراعية والصناعة، وأن الموازنة المائية المناخية تسهم في تحديد المياه من خلال معرفة التوازن المائي لوضع الخطط المستقبلية.

أما التغير المناخي فهو من الموضوعات المهمة التي شغلت الساحة خلال العقود المنصرمة، وتحدث تلك الظاهرة أن ما حدث ارتفاع أو انخفاض في قيم عناصر المناخ أو بعضها، مما يؤدي إلى تباين واختلاف واضح في قيم المتغيرات.

٢- التعريف بتغير المناخ:

تعرف الاتفاقية الاطارية للأمم المتحدة بشأن المناخ (UNFCCC)، التغير المناخي بأنه «تغير في المناخ يعنى بصورة مباشرة أو غير مباشرة إلى النشاط البشري، والذي يقضي إلى تغير في مكونات الغلاف الجوي العالمي بالإضافة إلى التقلب الطبيعي للمناخ على فترات زمنية مماثلة. ويعرف آخرون بأنه عبارة تغيرات في الخصائص المناخية للكورة الأرضية نتيجة لزيادة الحالية في نسب تركيز الغازات المتولدة عن عمليات الاحتراق في الغلاف الجوي والتي ترفع درجات حرارته (فواز، سرحان، 2015، ص 3).

ويفسر العلماء ذلك بالتغير الملحوظ في العناصر المميزة لمناخ منطقة ما، كدرجات الحرارة ومعدلات الهطول مقارنة بالمعدلات المرجعية السائدة التي ميزت مناخ هذه المنطقة خلال فترة زمنية طويلة تمتد لآلاف السنين.

وأسهمت ظواهر طبيعية عديدة كالنشاط الشمسي والبقع الشمسية والبراكين والزلازل في تغير المناخ، فقد شهدت الأرض عصورا جلدية وفقرات أكثر دفئا مما هو عليه حالا، وقد مثلت أنشطة الإنسان منذ عصر الثورة الصناعية واديمها الوقود الأحفوري كطاقة لتحديد الآلة، ونتاج عن ذلك انبعاثات غازات الدفيئة، وأسهمت عملية اقتلاع الأشجار وتقهير المنظومة الطبيعية، وتسبب ذلك ارتفاع درجة الحرارة واختلال النظام المناخي وحدوث تغيرات في معدلات هطول الأمطار وتوزيعها على مستوى الإقليم الواحد، ويتوقع حدوث زيادة أو نقص في معدلات التساقط وينتج عن ذلك تغير واضحا في معدلات ومواسم هطول الأمطار، مما سيؤدي حدوث وتكرار حالات الجفاف وبالتالي اختلال الموازنة المائية المناخية (هدي، 2013، ص 284).

٣- المتغيرات المناخية المؤثرة في الموازنة المائية

يعد المناخ وعناصره عاملا مؤثرا في جميع مجالات الحياة لا سيما المتعلق منها بالموارد المائية، فجميع المتطلبات (الزراعة- والصناعة - والمنزلية) مرتبطة بالمياه مما زاد الاهتمام في دراسة الموضوعات المتعلقة بالمياه ومنها الموازنة المائية المناخية التي تعتمد على التبخر/ النتح الكامن، والمطر الفعال في عملية حسابها.

وإن درجة الحرارة تؤثر في عملية التبخر الذي له دور كبير في الموازنة المائية وتكمن أهمية الموازنة في معرفة الفائض المائي والعجز والجفاف في أي منطقة (جاسم، 2022، ص 14).

١- موقع منطقة الدراسة في الشمال الأوسط لتشاد الممتد في إقليم الساحل على الجنوبية للصحراء الكبرى الافريقية له دور كبير في جعل مناخها يتباين بين مناخ إقليم الساحل جنوبا والمناخ الصحراوي

شمالاً، وذلك نتيجة لعدة عوامل منها الموقع الفلكي والتضاريس والبعد عن المسطحات المائية، إضافة إلى تأثيرها باختلاف أنظمة الضغوط الجوية وتمركزاتها على المنطقة على دائرة الاستواء وما بعدها جنوباً والصحراء الكبرى شمالاً، فضلاً عن الكتل الهوائية المتجانسة، مما أدى إلى تذبذب عناصر المناخ مكانياً وزمانياً، وهذه التغيرات التي تحدث في معدلات عناصر المناخ ذات تأثير على الموازنة المائية بمنطقة الدراسة.

٢ - درجة الحرارة

الحرارة شكل من أشكال الطاقة الناتج عن التفاعل الكيماوي والانشطار النووي أو بذل الشغل الميكانيكي، والتي تحدد جزيئات المادة، وهي من العناصر المناخية المهمة، فتؤثر على معظم عناصر المناخ كالضغط الجوي، والرطوبة النسبية والرياح والتبخر (نعمان، ٢٠٠٩، ص 71) وأن درجات الحرارة العظمى تتغير يومياً وشهرياً وفصلياً، وذلك بسبب تغير أشعة الشمس وكمية مباشرة لحركة الشمس الظاهرية بين مدار الجدي جنوباً والسرطان شمالاً، وهذه العملية تؤدي إلى تكون فصول السنة، ولكل فصل خصائصه المناخية المتميزة عن الفصول الأخرى (غانم، 2010، ص 88).

معدلات درجات الحرارة الصغرى

هي أدنى درجة حرارة يصل إليها الهواء على مستوى (120) سنتيمتر تقريباً فوق سطح الأرض، خلال 24 ساعة، وتسجل أخفض درجة حرارة يومية قبل شروق الشمس بقليل، حيث إن الطاقة الإشعاعية الصادرة عن الشمس تستغرق لبلوغ الأرض حوالي (٨.٣) دقائق، وعندها تكون الأرض قد فقدت معظم طاقتها الحرارية أثناء ساعات الليل (السلماي، 2012، ص 44).

معدل درجات الحرارة العليا

يقصد بها أعلى درجة حرارة يتم تسجيلها خلال اليوم، وهي تحدث في العادة بعد الظهر خاصة في المناطق القارية (نعمان، ٢٠٠٩، ص 75) وان الموقع الجغرافي الفلكي لمنطقة الدراسة جعلاً منها ذات مناخ قاري ترتفع فيه درجات الحرارة الناتجة عن شدة ومقدار الإشعاع الشمسي الواصل إليها، وطول النهار النظري الذي ينتج عنه تباين في درجات الحرارة خلال أشهر السنة، حيث تسجل أعلى ارتفاع في أشهر الصيف وانخفاض نسبي في أشهر الشتاء.

جدول (١) الحرارة الصغرى والعظمى والمعدل السنوي في محطات منطقة الدراسة

خلال الفترة ١٩٩٠ - ٢٠٢٢

المحطة	درجات الحرارة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢
أتيا	الصغرى	١١.٤٨	١٣.٩٠	١٧.٤٧	٢٠.٧٦	٢٣.٣٣	٢٤.١٣	٢٢.٣٧	٢١.٥٥	٢١.٢٧	١٨.١١	١٥.٠٩	١٢.٤٧
	العظمى	٣٨.٥١	٤١.١٢	٤٣.٤٥	٤٤.٧٧	٤٤.٧٥	٤٣.٢٢	٤٠.٠٢	٣٤.٧٣	٣٦.٧٧	٣٨.٦٥	٣٨.٨٢	٣٧.٨٤
أم حجر	الصغرى	١١.٢١	١٣.٧٨	١٧.٠٥	٢٠.٢٢	٢٢.٥٦	٢٣.٨٩	٢٢.١٢	٢١.٢٨	٢٠.٨٥	١٧.٤٧	١٤.٥٠	١٢.٠٩
	العظمى	٣٧.٣٧	٤٠.٥٠	٤٢.٨٢	٤٣.٩٨	٤٤.١٧	٤٢.٧٧	٤٠.٠١	٣٤.٦٩	٣٦.٤١	٣٨.١٠	٣٨.٠٤	٣٧.٢١
الفتري	الصغرى	١١.٥١	١٣.٩٣	١٧.٦٥	٢١.١٣	٢٣.٧٠	٢٤.٥٨	٢٢.٧٣	٢١.٩٢	٢١.٦٩	١٨.٦٨	١٥.٦١	١٥.٦٣
	العظمى	٣٨.١٨	٤٠.٧٣	٤٣.١١	٤٤.٥٩	٤٤.٦٣	٤٣.٣٥	٤٠.٢٠	٣٥.٠٥	٣٧.١٥	٣٨.٩٠	٣٨.٧٦	٣٧.٥٠

المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإرصاد الجوي (٢٠٢٣).

ويتضح من الجدول (٢) وجود تباينات مكانية في معدلات درجات الحرارة الشهرية بين محطات منطقة الدراسة، ويظهر أن العوامل المحلية هي السبب الرئيسي في هذا التباين ، وأهم تلك العوامل اختلاف المواقع الجغرافية المحطات، والارتفاع عن مستوى سطح البحر، والبعد النسبي عن المؤثرات البحرية، و أبرز الاختلافات سجلت في معدلات درجات الحرارة ارتفاعا في أشهر الصيف وانخفاضا في فصل الشتاء، فكانت ادناها في يناير إذ سجلت محطة أتيا (11.48°م) وفي محطة أم حجر (11.21°م) وفي محطة الفتري (11.51°م)، وتواصل الارتفاع التدريجي خلال أشهر الصيف، حيث بلغت في شهر مارس (17.47°م) في محطة أتيا و (17.05°م) في محطة أم حجر و (21.1°م) في محطة الفتري ، واستمر الارتفاع في أشهر الصيف، حتى بلغ أقصاه في شهر مايو، إذ بلغ معدل درجة الحرارة العظمى في محطة أتيا (44.7°م) وفي محطة أم حجر بلغ معدلها (44.1°م) وفي محطة الفتري (44.6°م) ويعود السبب في ارتفاع أثناء النهار وصفاء الجو خلال هذه المدة.

٣- الأمطار:

يعتبر المطر من أهم عناصر المناخ ذات الأثر على الموازنة المائية المناخية، وتعد الأمطار مظهرا من مظاهر التساقط، وتمتاز عن غيرها من العناصر الأخرى لعدة خصائص تجعلها مميزة من ناحية الظروف الجوية التي تعمل على تكوينها أو توزيعها المكاني أو الكمي. ويعرف المطر بأنه عملية ناتجة عن تكاثف بخار الماء في الغلاف الجوي وسقوطه من الغيوم على شكل قطرات يتراوح حجمها ما بين (٠.٥) ملم إلى نحو (٦) ملم، وهو الحجم الأعظم لها (الجبوري، 2018، ص 75).

وتسقط الأمطار بشكل عام بصورة متواصلة أو متقطعة من سحب المزن الطبقيّة والطبقيّة المتوسطة، كما تسقط أحيانا في شكل زخات عنيفة من سحب الركام المزن خلال فترة قصيرة، وتقاس الأمطار عادة بوحدة الملمتر، ويقسم إلى خفيف ومتوسط وغزير، فيعد خفيفاً إذا كانت كمية التساقط (٠.٥)

ملم، ومتوسطاً إذا تراوح بين (40.5 -) ملم، وغزيراً إذا كان أكثر من 4 ملم، وقد يكون شاملاً يغطي منطقة واسعة، أو على شكل يقع (هزاع، 2015، ص 15).

ويخضع نظام سقوط الأمطار بمنطقة الدراسة للنظام سقوط الموسمي، حيث إن معظم الأمطار بمنطقة الدراسة تسقط خلال الفترة الممتدة بين مايو إلى أكتوبر، وترتبط مداه بالمسافة التي تصل إليها الرياح الموسمية الجنوبية الغربية، وتبدأ بتكرار بسيط وتزداد خلال يونيو ويوليو وأغسطس وسبتمبر من كل عام، وتنتهي بنهاية شهر أكتوبر.

جدول (٢) المعدلات الشهرية للأمطار بمحطات الدراسة خلال الفترة ١٩٩٠ - ٢٠٢٢

الشهر	محطة آتيا	محطة الفتري	محطة أم حجر
١	٠٠	٠٠	٠٠
٢	٠٠	٠٠	٠٠
٣	٠٠	٠٠	٠٠
٤	١,٦٠٣٦٣٦	١,٣١٨٧٨٨	٢,٠٨٠٣٠٣
٥	١١,٨٤٥٤٥	٨,٥٦٧٢٧٣	١١,٦٧٣٣٣
٦	٣٢,٦٦٨١٨	٢٤,٨٧٣٦٤	٣٢,٤٠٩٠٩
٧	١٢٥,٥٠٤٨	١٣٤,٧٠٠٩	١٣٦,٩٤٤٢
٨	١٨٩,٧٧٨٢	٢٠٤,٨٨٦٤	٢١٦,١٩٦٤
٩	٦٦,٧٩٦٦٧	٢٠٤,٨٨٦٤	٧٦,١٨٥١٥
١٠	١٤,٣٥٤٨٥	١٣,٤٤٥٧٦	١٥,١٠٣٦٤
١١	٠٠	٠٠	٠٠
١٢	٠٠	٠٠	٠٠
المجموع	٤٤٢,٥٥١٨	٧٨٤,١١٩٨	٤٩٠,٥٩٢١

المصدر: اعتماداً على بيانات على الهيئة الوطنية للإرصاد الجوية (٢٠٢٣).

ومن خلال الجدول (٣) ، يظهر أن كمية الأمطار في شهر أبريل بلغت في محطة آتيا (1.603) ملم، وفي محطة الفتري بلغت كميتها (1.318) ملم، و (2.08) ملم في محطة أم حجر، لترتفع تدريجياً لتصل في شهر يونيو (32.66) ملم في محطة آتيا، و (24.87) ملم في محطة الفتري، و (32.40) ملم في محطة أم حجر؛ ليبلغ ذريته في شهر أغسطس إذ بلغ في محطة آتيا (189.77) ملم، وفي محطة الفتري (204.88) ملم، وفي محطة أم حجر (216.94) ملم، ثم يتراجع تدريجياً ليصل في شهر أكتوبر إلى (14.35) ملم في محطة آتيا، و (13.44) ملم بمحطة الفتري، و (15.10) ملم بمحطة أم حجر.

٤ - سرعة الرياح

تعتبر الرياح من العناصر المناخية الفاصلة في النظام المناخي بدورها الفاعل في تحديد الخصائص المناخية الدقيقة لأي منطقة في العالم، فهي وسيلة ميكانيكية لنقل الطاقة الحرارية وبخار الماء (الشجيري، 2015، ص 35).

ويقصد بالرياح الحركة الأفقية للهواء الموازية لسطح الأرض، وتعتمد سرعة واتجاه الرياح على عوامل عديدة أهمها فرق الضغط الجوي وقوة كوريوليس وقوة الاحتكاك (حسين، ٢٠١٦، ص38).

وسرعة الرياح بمنطقة الدراسة يمكن وصفها بانخفاض معدلاتها العامة، والسبب في ذلك وقوع الإقليم في المنطقة المدارية الشمالية التي تخضع للضغط الجوي المنخفض صيفا والضغط الجوي المرتفع شتاء، وتشير المعدلات إلى وجود تباين في التوزيع العام للسرعة من حيث المكان والزمان، ويرد ذلك لعوامل محلية التباين الحراري الفصلي وتفاوت طبيعة السطح بمنطقة الدراسة.

جدول (٣) المعدلات الشهرية للرياح (م/ث) بمحطات الدراسة خلال الفترة ١٩٩٠ - ٢٠٢٢

الشهور	محطة أتيا	محطة أم حجر	محطة الفترى
١	٤,٦٩٩٦٩٧	٤,١٨٥٤٥٥	٥,٠٨٨٤٨٥
٢	٤,٩٢٠٣٠٣	٤,٣٧٧٢٧٣	٥,٢٨٦٦٦٧
٣	٤,٩١٧٨٧٩	٤,٤٤٤٥٤٥	٥,٢٧٤٢٤٢
٤	٤,١٣٣٦٣٦	٤,٠٨٥٤٥٥	٤,٣٣٢٧٢٧
٥	٣,٥٨٤٢٤٢	٣,٥٨٦٠٦١	٣,٧٢٦٠٦١
٦	٣,٧٨٩٦٩٧	٣,٥٣٥٧٥٨	٣,٨٨٦٩٧
٧	٣,٦٣٩٣٩٤	٣,٦١٣٣٣٣	٣,٧٤٣٩٣٩
٨	٢,٧٩٨١٨٢	٢,٧٥٦٣٦٤	٢,٩١٥٧٥٨
٩	٢,٥٨٤٢٤٢	٢,٤١	٢,٧٢١٥١٥
١٠	٢,٧٠٠٦٠٦	٢,٧١٨٤٨٥	٢,٩١٠٣٠٣
١١	٣,٩١٦٦٦٧	٣,٥٧٣٣٣٣	٤,٢٩٧٨٧٩
١٢	٤,٤٥٩٣٩٤	٣,٩٦٥٧٥٨	٤,٨٥٦٦٦٧

المصدر: اعتماداً على بيانات الهيئة الوطنية للإرصاد الجوية.

يتضح من الجدول (٤)؛ أن سرعة الرياح تزداد في الأشهر الأربعة الأولى من السنة؛ أي يناير، فبراير، مارس، أبريل، وأيضاً في الشهرين الآخرين من السنة، أي نوفمبر وديسمبر؛ مما يعني أن السرعة ترتفع وتيرتها في أشهر الشتاء، إذ بلغ معدلها في يناير في محطة أتيا حوالي 4.69 متراً في الثانية، و4.18 متراً في الثانية في محطة أم حجر، و8٥.٠٠ متراً في الثانية في محطة الفترى. وتميل زيادة سرعة الرياح في أشهر الشتاء إلى انخفاض درجات الحرارة في المنطقة المدارية القريبة من مدار السرطان، وارتفاعها في المنطقة المدارية القريبة من مدار الجدي، وبالتالي يعظم الضغط الجوي المرتفع الذي يسود في تلك منطقة الدراسة والضغط الجوي المنخفض الذي يتمحور حول مدار الجدي؛ مما يسرع من وتيرة سرعة الرياح، إذ أن سرعة الرياح هي محصلة لتباينات الضغط الجوي، إذ يتجه الهواء من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض، وتزداد سرعة السرعة كلما كان الفرق بين الضغطين كبيراً أو اقترب الرياح من مركز الضغط .

وتتخفص سرعة الرياح بمنطقة الدراسة لتصل إلى أدنى مستوياتها في كل من أغسطس وسبتمبر وأكتوبر، إذ بلغ معدل سرعتها في محطة آتيا في أغسطس (2.79) مترا في الثانية، وفي محطة الفتري بلغ معدل سرعتها (2.915) مترا في الثانية، في حين كانت المعدلات في شهر أكتوبر (2.70، 2.71، 2.91) مترا في الثانية على التوالي.

٥- الرطوبة النسبية

تعرف الرطوبة النسبية بأنها نسبة بخار الماء في الهواء، وهذه النسبة عبارة عن كمية بخار الماء في الهواء منسوبة إلى كمية بخار الماء التي يستطيع الهواء أن يحملها تحت نفس درجات الحرارة. وتقاس الرطوبة النسبية بجهاز المرطاب ذو البصيلة الجافة والرطوبة (الراوي، السمراي، 1990، ص 78).

جدول (٤) المعدلات الشهرية للرطوبة بمحطات الدراسة خلال الفترة ١٩٩٠ - ٢٠٢٢

الشهور	محطة آتيا	محطة أم حجر	محطة الفتري
١	١٦,٩٨٢١٢	١٦,٩٩١٨٢	١٨,٧٢٥٤٥
٢	١٣,٤٨٢٧٣	١٣,٤١٧٥٨	١٥,٢٥
٣	١١,٦٣٤٨٥	١١,٥٥٣٠٣	١٣,٣٠٥٤٥
٤	١٦,٠٩٩٣٩	١٤,٧١٠٣	١٧,٣٦٥١٥
٥	٢٧,٢٦١٥٢	٢٣,٦٦٦٩٧	٢٧,٧٩٦٩٧
٦	٤٢,٣١٣٣٣	٣٨,٥٤	٤١,٦٣٠٣
٧	٦٢,٢٩	٥٩,٢٤٤٥٥	٦١,٧٨٥٤٥
٨	٧٦,٧١٥٤٥	٧٥,٥٨٣٠٣	٧٦,٣٧٨٤٨
٩	٧٢,٠٤٢١٢	٦٩,٥٧٥١٥	٧١,٥٤٣٩٤
١٠	٥٠,٠٢٦٦٧	٤٦,٨٣٢٤٢	٤٩,٠٠٤٨٥
١١	٢٥,٤٦٢١٢	٢٥,٥٣٢١٢	٢٥,٢٩٣٦٤
١٢	١٩,٦٩٢٧٣	٢٠,٠٠٩٣٩	٢١,٠٦٤٥٥

المصدر: اعتماداً على بيانات الهيئة الوطنية العامة للأرصاد الجوية (٢٠٢٣).

يتضح من الجدول (٥)؛ أن المعدلات الشهرية للرطوبة النسبية في محطات منطقة الدراسة تأخذ في الارتفاع في الصيف وتتنخفض في الشتاء، حيث بلغت أقصى معدلاتها في شهر أغسطس إذ بلغ معدلها في محطة آتيا (٧٦.٧١%)، وفي محطة أم حجر بلغ معدلها 75.58%، وفي محطة الفتري بلغ معدلها 76.37%، ويعود ذلك إلى ارتفاع درجات الحرارة في هذا الشهر وزياد قوة الرياح الجنوبية الغربية في المنطقة خلال هذا الشهر والأشهر الأخرى.

بينما نلاحظ أن الرطوبة تسجل أدنى قيمها في الأشهر الثلاثة الأولى من مطلع العام (يناير، فبراير، مارس)، إذ بلغت معدلاتها في مارس (11.63%، 11.55%، 13.36%) على التوالي، وهي أدنى المعدلات خلال السنة.

ثالثاً: التعريف بمنطقة الدراسة

يقع إقليم البطحاء في وسط جمهورية تشاد، بمتوسط ارتفاع عن سطح البحر (٣٥٢م) فوق مستوى سطح البحر، يحده من الشمال إقليم بوركو، ومن الغرب إقليم بحر الغزال، ومن الجنوب الغربي إقليم حجر لميس، ومن الجنوب إقليم قيرا، ومن الجنوب الشرقي إقليم سيلا، ومن الشمال والشمال الشرقي كل من إقليم وادي وإقليم وادي فيرا.

وتقدر المساحة الكلية للإقليم بحوالي (٨٨٨٠٠) كم^٢، تمثل هذه المساحة نحو ٦,٩١٪ من مجمل المساحة الكلية لدولة تشاد، ويضم الإقليم ثلاث محافظات وهي: محافظة البطحاء الغربية ومركزها الإداري مدينة آتيا، ومحافظ البطحاء الشرقية وعاصمتها مدينة أم حجر، ومحافظة الفتري ومركزها الإداري مدينة ياو.

ويعتبر إقليم البطحاء إقليماً زراعياً رعوياً لوقوعه كحد فاصل بين الإقليم السوداني جنوباً والإقليم الصحراوي شمالاً، ومناخه بوجه عام ينتمي للمناخ المداري فئة إقليم الساحل الصحراوي، فهذا الموقع الجغرافي ساعد في إيجاد مساحة شاسعة من المراعي الطبيعية بالإقليم، ما جعل تربية الحيوانات به أمراً طبيعياً، حيث ترعى فيه الإبل والأبقار والأغنام والماعز وغيرها من الحيوانات الأليفة، ويضم الإقليم مسطحات مائية لا بأس بها، منها وادي البطحاء الذي ينبع من مرتفعات وادي شرقاً وينتهي بمنخفض الفتري غرباً، بجانب بحيرة الفتري البالغ مساحتها نحو ٤٢٠/كم^٢.

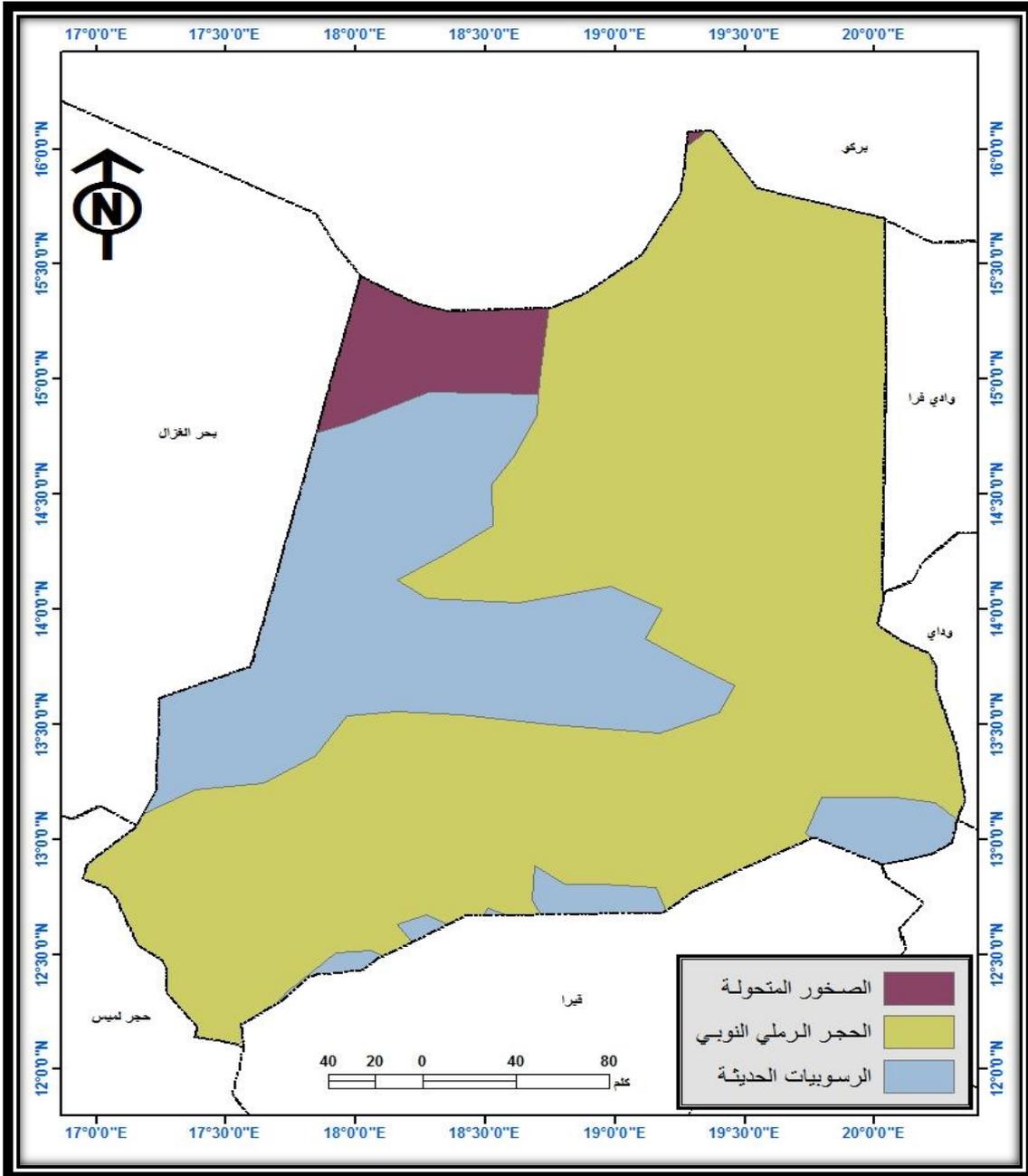
ويقطن في هذا الإقليم نحو (٦٨٩٨٣٥) نسمة.

١- التركيب الجيولوجي لمنطقة الدراسة:

من ناحية التركيب الجيولوجي يمكن اعتبار إقليم البطحاء موقعاً جغرافياً يمثل نموذجاً للقسم الأكبر من جيولوجية تشاد بشكل عام، والتي تتميز بوضع جيولوجي بسيط من الناحيتين الجيولوجية والتركيبية، حيث إن التكوينات الجيولوجية المنكشفة في الإقليم تبدأ من حقبة ما قبل الكامبري وهي أقدم الحقب التي يزيد عمرها عن ٢.٣ مليار سنة، والتي تتراكم فوقها سلسلة من التكوينات الجيولوجية المختلفة، وبالتالي فإن هذه التكوينات قد تعرضت لعمليات تكوينية كبيرة جعلت كتلا متداخلة.

ويظهر من الشكل (٢) سيادة ثلاثة أنواع من التكوينات الجيولوجية بالإقليم تفاوت من حيث الموضع والمساحة والحقب الجيولوجية، ففي الشمال الغربي للإقليم يظهر وجود الصخور المتحولة، والتي تشغل حيزاً سيرا من رقعة الإقليم، إضافة إلى صخور الحجر الرملي النوبي والتي تمتاز باحتوائها على المياه الجوفية العميقة التي تم تخزينها أثناء العصور المطيرة بالصحراء الكبرى، ويشغل هذا النوع حيزاً كبيراً من المساحة الكلية للإقليم.

وتمتد في شكل حزام متصل من أقصى شمال الإقليم إلى جنوبه، ثم ينحرف من الشرق نحو الغرب ليفصل بين التكوينات الرسوبية التي تنتمي الزمن الرابع. أما الرسوبيات الحديثة، فيتضح من الشكل (٢)؛ أنها تسود في الجزء الغربي للإقليم، تمتد في شكل شريط غير منتظم من الشمال ابتداء من منطقة سيادة الصخور المتداخلة وانتهاء بمنطقة سيادة صخور الرمل النوبي.



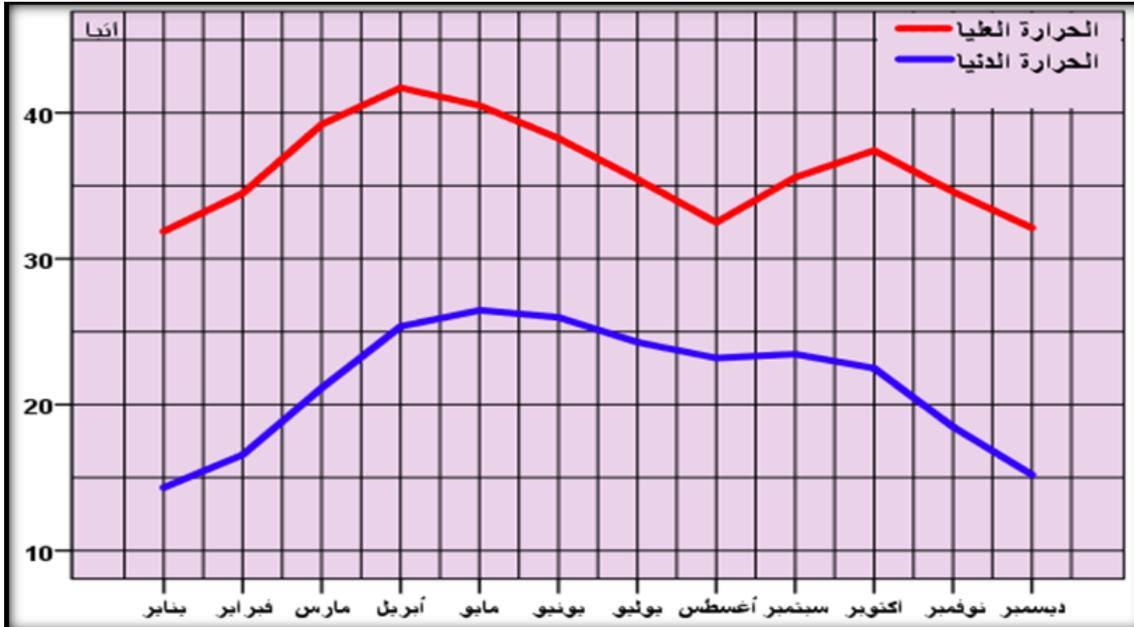
المصدر: اعتماداً على أطلس تشاد الجغرافي ٢٠١٣

شكل (٢) التركيب الجيولوجي لمنطقة الدراسة.

٢- مناخ منطقة الدراسة:

أ- الحرارة (Temperature):

من خلال تحليل بيانات عنصر الحرارة لمحطات منطقة الدراسة، اتضح تباينها خلال أشهر السنة. الشكل (٣).



المصدر: اعتماداً على بيانات الوكالة الوطنية للإرصاد الجوي.

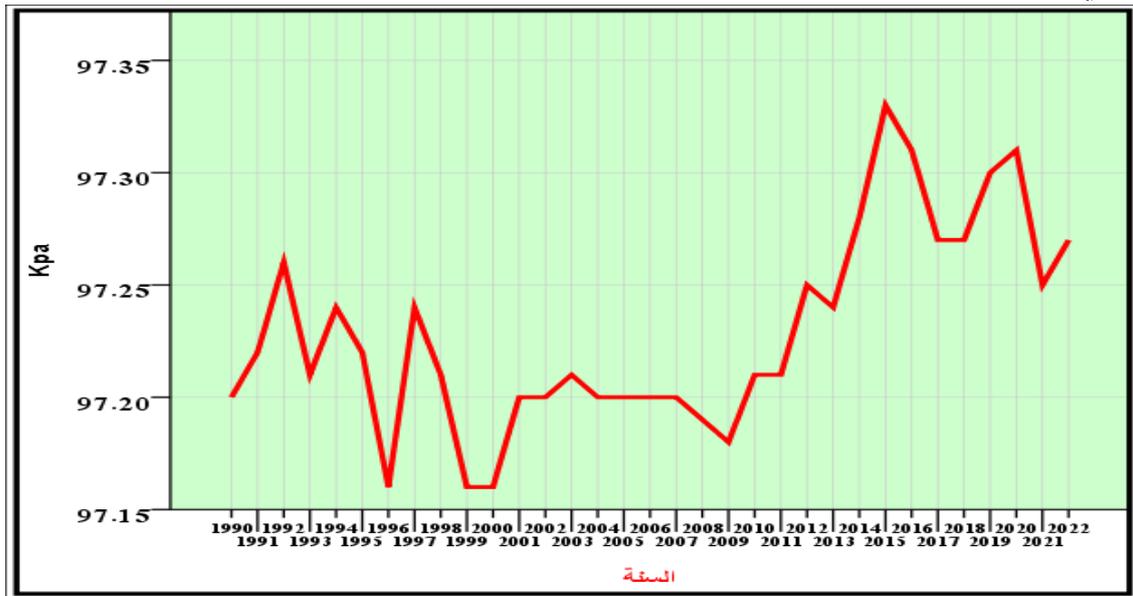
شكل (٣): المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة العليا والدنيا (°م)

يتضح من الشكل (٣)؛ أن درجات الحرارة ترتفع بشكل كبير خلال شهر أبريل-مايو-يونيو، وهي تمثل فصل الصيف، فتراوحت فيها قيم معدلات درجات الحرارة بين (٤٠°م) لشهر مايو، وتصل ذروتها في شهر أبريل (٤٠+°)؛ بينما يتميز كل من شهر ديسمبر-يناير-فبراير بتدني قيم درجات الحرارة العليا مقارنة بأشهر الصيف سالفة الذكر، حيث تتضمن هذه الأخيرة فصل الشتاء بمنطقة الدراسة، إذ بلغ معدلها العام لشهري يناير وديسمبر نحو (٣٨°م) كأعلى معدل و(٣٢°م) كأدنى معدل لدرجات الحرارة العليا خلال تلك الأشهر من السنة، أما درجات الحرارة الدنيا فسجلت أعلى قيمة معدل لها في شهر مايو، حيث بلغ معدلها خلاله نحو (٢٧°م)، وأدنى معدل لها تم رصده في شهر يناير وكان (-١٠°م).

ب-الضغط الجوي (Atmospheric Pressure):

يقصد بالضغط الجوي وزن عمود من الهواء المسلط على السنتيمتر المربع الواحد من سطح الأرض، ويتكون من مجموع ضغوط الغازات التي يتألف منها الغلاف الجوي.

تهب على منطقة الدراسة الرياح الجنوبية الغربية الموسمية في فصل الصيف من المحيط الاطلسي، وفي فصل الشتاء تسود فيها الرياح الموسمية الشمالية الشرقية الجافة، وذلك نتيجة لتبدل مراكز الضغوط الجوية خلال فصول السنة تبعا لحركة الشمس الظاهرية. وقد بلغت أدنى معدلاتها حوالي (٣٤٣.٣) مليبار، بينما بلغت أعلى معدلاتها خلال فترة الدراسة حوالي (٥٦٧.٤) مليبار. أنظر الشكل رقم (٤).



المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإرصاد الجوي.

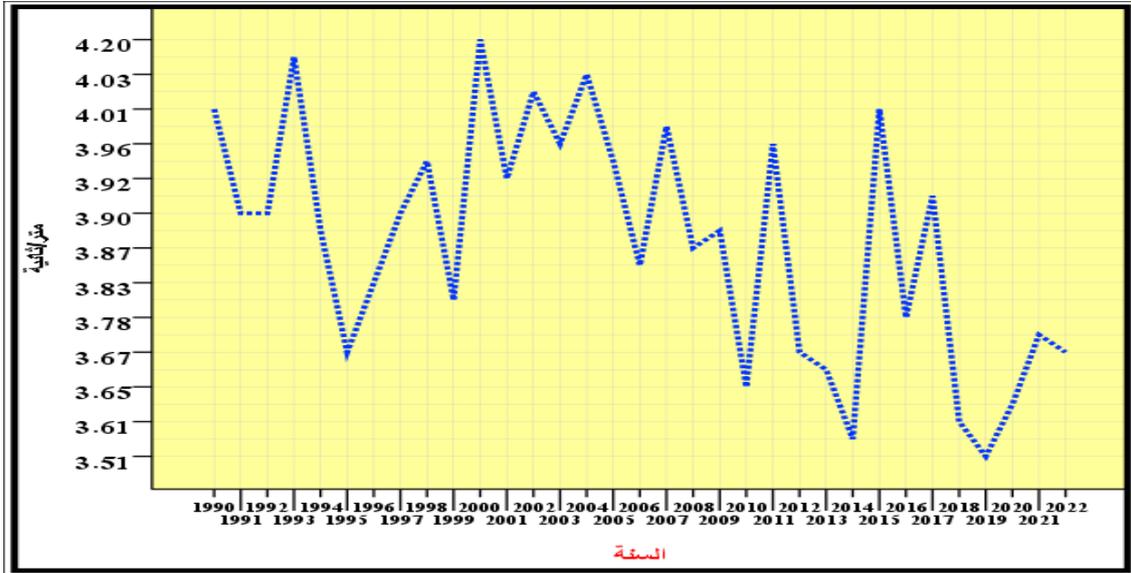
شكل (٤): معدلات الضغط الجوي بمنطقة الدراسة

ت-الرياح (Winds):

وتعتبر الرياح من أهم عناصر الطقس والمناخ لدورها المهم في توزيع الطاقة وتوزيع الرطوبة بين أجزاء الكرة الأرضية، وتعرف بأنها انتقال للكتل الهوائية من منطقة لأخرى على سطح الأرض، نتيجة اختلافات الضغوط الجوية الرأسية والافقية؛ لذلك يرتبط توزيع الرياح ارتباطاً وثيقاً بتوزيع الضغط الجوي، إذ تتدفق الرياح بالقرب من سطح الأرض حول مناطق الضغط الجوي المنخفض والمرتفع نسبياً، وتتحرك الرياح بسرعات مختلفة وعلى ارتفاعات مختلفة.

ومن شأن حركة الرياح أن تتسبب في نشأة أنواع مختلفة من أنماط الطقس والعواصف؛ ما يجعلها تلعب دوراً بارزاً في السيطرة على المناخ والطقس وتحديدهما (خيرة، ٢٠٢١، ص ٤). تهب على جنوب تشاد الرياح الجنوبية الغربية الموسمية في فصل الصيف من المحيط الاطلسي وتتسبب في هطول الامطار في جنوب البلاد، وهي من نوع المطر التصاعدي الذي يسببه ارتفاع درجة الحرارة في فصل الصيف لتعتمد اشعة الشمس على هذا الجزء من البلاد، وتسبب مزيداً

من التبخر وارتفاع بخار الماء في الجو حتى يصل الى طبقات الجو العليا فيبرد، ثم يتكاثف مكوناً سحباً ممطرة (محمد، ٢٠١٢م، ص ٨٧).

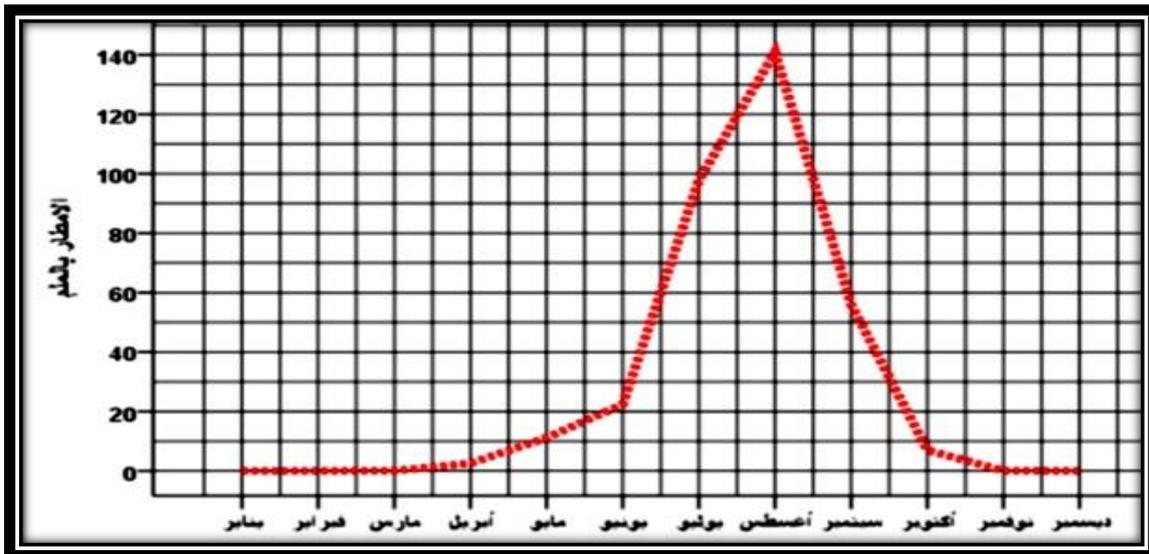


المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإرصاد الجوي.

شكل (٥): المتوسط السنوي لسرعة الرياح بمنطقة الدراسة (كلم/ساعة)

ث- الأمطار (Rainfall):

يبدأ موسم الامطار في بداية شهر أبريل، ويزداد تدريجياً خلال شهر مايو ويونيو (٢٠) مليمتراً ليبلغ (١٠٠) مليمتراً في شهر يوليو، ليصل قمة الهطول في شهر أغسطس ليبلغ (١٤٠) مليمتراً، وينتهي فصل المطر في شهر أكتوبر الشكل (٦).



المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإرصاد الجوي.

شكل (٦): المعدلات السنوية للأمطار بمنطقة الدراسة (بالمليمترات)

من خلال الشكل (٦) يتضح أن تساقط الامطار بمنطقة الدراسة يبدأ من شهر أبريل من كل عام؛ لكن بكميات قليلة جداً، ويظهر من الشكل (٦)؛ أن الهطول الفعلي للأمطار يبدأ من يونيو، وذلك حينما تصل الكمية إلى أكثر من (٢٠) ملم، وتزداد لتصل إلى نحو (١٠٠) ملم، وتبلغ قيمتها القصوى في شهر أغسطس، ففيه تبلغ الكمية نحو (١٤٠) ملم، ثم يبدأ المنحى في التراجع التدريجي ليضل إلى (٦٠) ملم في شهر ديسمبر، و(١٠) ملم في أكتوبر؛ بينما لم تسجل في باقي أشهر السنة أي كمية من الامطار كما هو واضح من الشكل (٦).

٣- خصائص المحطات المدروسة:

جدول (٥) خصائص المحطات المدروسة

اسم المحطة	دائرة العرض	خط الطول	الارتفاع عن سطح البحر	المتوسط السنوي للأمطار	المتوسط السنوي لدرجة الحرارة
أم حجر	١٣,٢٨	١٩,٩٦	٥٥٦	٤٥٩,٩١٣٣	٢٧,٢٨
أتيا	١٣,٢١	١٨,٣٤	٥٠٠	٥٠٠,٠٨١٥	٢٧,٨٦
الفتري	١٢,٨٥	١٧,٥٥	٤٢٧	٤٩٠,٥٩٤٢	٢٧,٨٢

المصدر: اعتماداً على بيانات الوكالة الوطنية للأرصاد الجوي (٢٠٢٣).

يتضح من الجدول (١) تتوزع الأمطار الساقطة على منطقة الدراسة بقيم مختلفة حسب موقع المحطة المدروسة، حيث يتم رصد المعدل السنوي الأكبر على فترة الدراسة في محطة أتيا الواقعة على ارتفاع ٥٠٠م فوق سطح البحر، عند تقاطع دائرة العرض ١٣,٢١° شمالاً مع خط الطول ١٨,٣٤° شرقاً، وبلغ المعدل السنوي لدرجات الحرارة بها نحو (٢٧,٨٦°م).

ونلاحظ من الجدول (١) أيضاً؛ أن المعدل العام لكميات الأمطار لسنوات الدراسة بمحطة أم حجر بلغ ٤٥٩,٩١ ملم، وهذه المحطة تقع على ارتفاع حوالي ٥٥٦ متراً فوق مستوى سطح البحر، عند تقاطع دائرة العرض ١٣,٢٨° شمالاً، وخط الطول ١٩,٩٦° شرقاً، والمعدل العام لدرجة الحرارة خلال مدة الدراسة بلغ ٢٧,٢٨°م، أما المعدل السنوي للأمطار خلال مدة الدراسة بمحطة الفتري بلغ نحو ٤٩٠,٦٠ ملم، وهي تقع على ارتفاع ٤٢٧ متراً فوق سطح البحر، عند تقاطع خط طول ١٧,٥٥° شرقاً مع دائرة العرض ١٢,٨٥° شمالاً.

يظهر أن كميات الأمطار تتأثر بعوامل عديدة كارتفاع المكان عن سطح البحر، إذ يلعب هذا العامل دور الحاجز ما يجعل الكتل الهوائية تصعد نحو الأعلى، ويخفض الحرارة تحدث تساقط الأمطار.

وأيضاً يلعب البعد أو القرب من المؤثرات البحرية دوراً في تطيف الجو وزيادة كميات التساقط، حيث نجد أن للبحر تأثير كبير على الكتل الهوائية الدافئة التي بالمحيط الأطلسي الجنوبي يكسبها قدراً كبيراً من الرطوبة، وهذا يساعد على زيادة التساقط في المناطق الأقرب منه.

وخلال ذلك نستنتج أن التساقط يقل كل ما اتجهنا شرقاً باستثناء محطة آتيا، فعلى الرغم من أنها واقعة إلى الشرق من محطة الفتري إلا أنها سجلت معدلاً أكبر يبلغ ٥٠٠ ملم.

رابعاً: التغير والاتجاه العام للمعدل السنوي لعناصر المناخ بمنطقة الدراسة:

تعتبر الأساليب الإحصائية واحداً من الوسائل المستخدمة في توضيح التغير المناخي، وفي هذا المحور تم اختيار استخدام أسلوب الاتجاه العام ومعدل التغير، لتحديد التغيرات الحاصلة لبعض عناصر المناخ التي شغلته الدراسة في إقليم البطحاء للكشف عن اتجاهها العام ومعدلات التغير التي ألمت بها.

وتم حساب هذا الاتجاه العام المعدلات السنوية لسلسلة الممتدة بين عامي (١٩٩٠ - 2022) لبعض عناصر المناخ، كما تم التعبير عن معامل الاتجاه بالنسب المئوية للتغيرات الحاصلة في عناصر المناخ ومعدلات التغير السنوي واستخدمت لهذا الغرض المعادلة التالية:

$$\hat{b} = \frac{n \sum XY - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

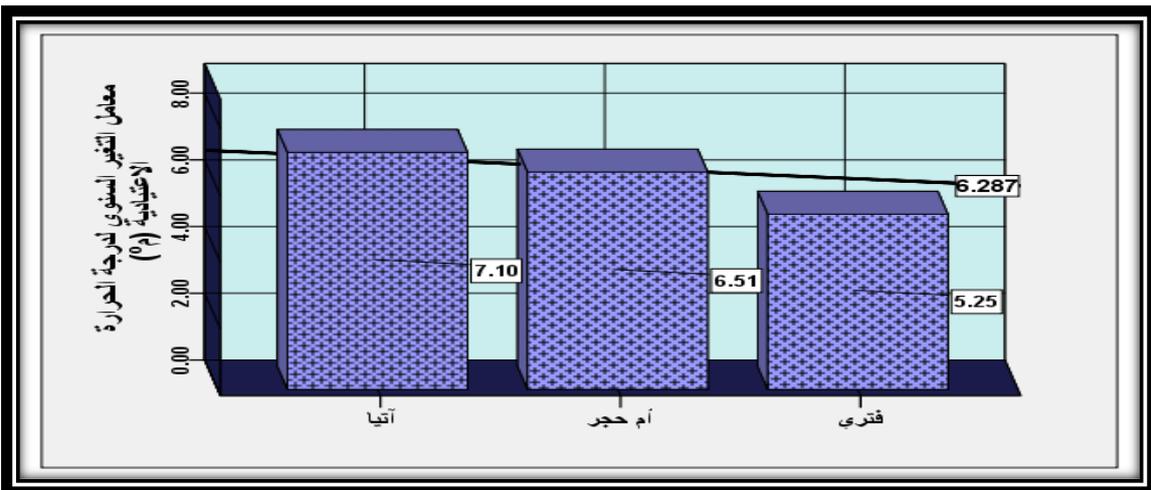
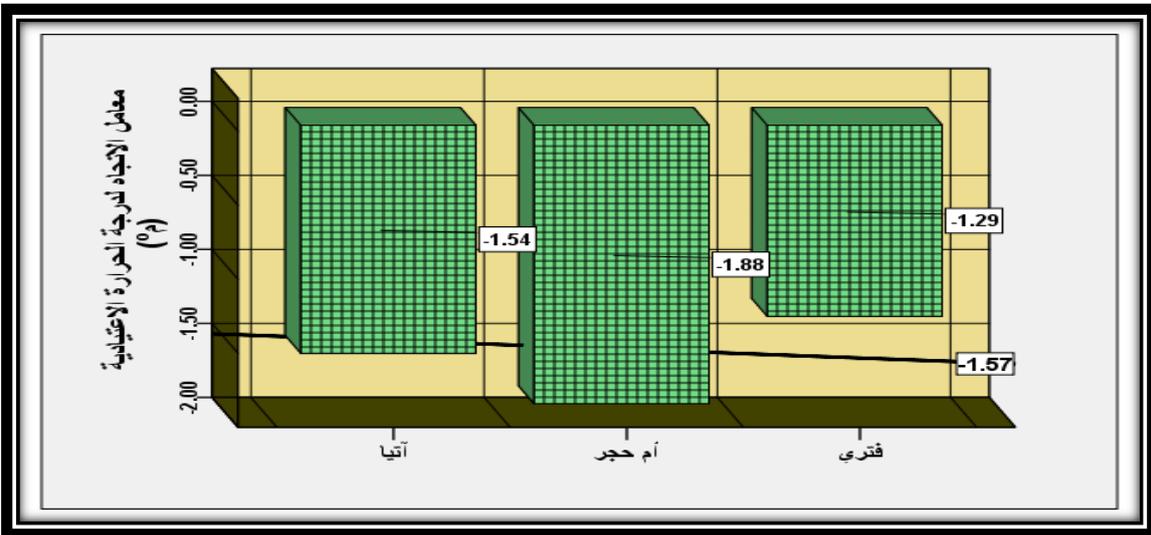
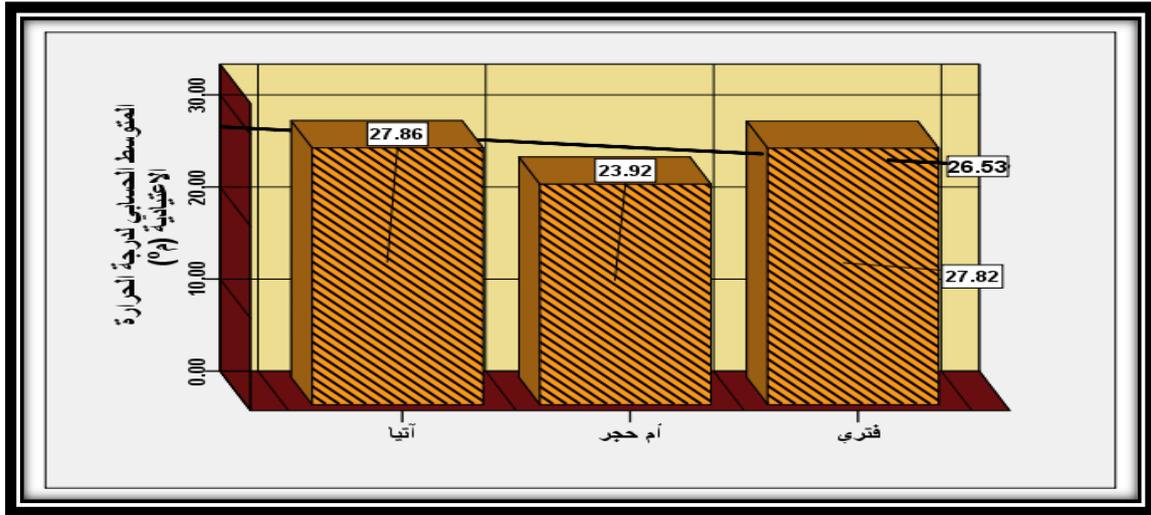
يتضح من الشكل (٧)؛ أن معامل الاتجاه بمعدل درجات الحرارة الاعتيادية (م°) يميل نحو الانخفاض بمقدار سالب في جميع محطات منطقة الدراسة، فقد بلغ معامل الاتجاه في محطة أم حجر حوالي ((-1.88، وفي محطة آتيا بلغ معامل الاتجاه ((-1.54، أي أنه أقل قليلاً عن معامل الاتجاه في المحطة السابقة لها، ويظهر من الشكل (٧) أيضاً؛ أن معامل الاتجاه في محطة الفتري بلغ ((-1.20 وهو أدنى معامل الاتجاه بين محطات منطقة الدراسة. أما معامل التغير والذي حصلنا عليه بقسمة

المعدل السنوي = مجموع كمية الأمطار / عدد القيم

الانحراف المعياري على المعدل السنوي يقصد به معدل تغير درجات الحرارة الاعتيادية من معدلها بنسبة مئوية وفقاً للمعادلة التالية:

$$S = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}}{n - 1}}$$

فقد مال نحو الارتفاع في جميع محطات الدراسة، فقد بلغ في محطة أم حجر (6.51) أما في محطة آتيا فقد بلغ معدل التغير السنوي نحو (7.10)، وهو المعدل الأعلى بين محطات منطقة الدراسة؟، أما محطة الفتري فكان معدل التغير السنوي فيها بلغ (5.25) وهو المعدل الأقل بين نظيرتها.



المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإرصاد الجوي (٢٠٢٣)
شكل (٧) التغير والاتجاه العام للمعدل السنوي درجة الحرارة الاعتيادية (°م)

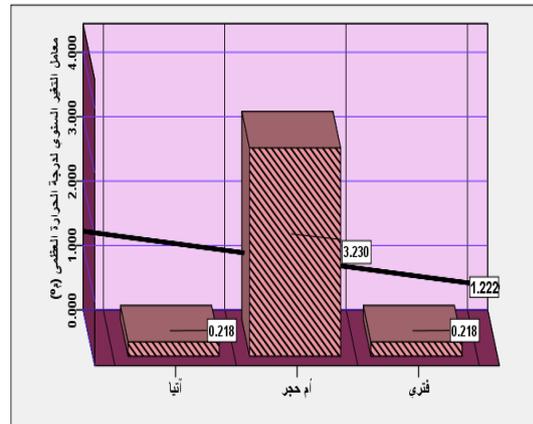
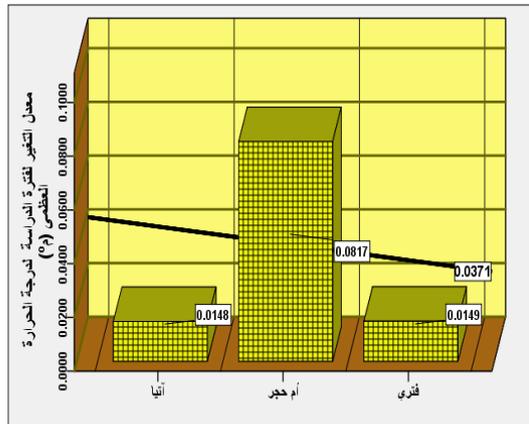
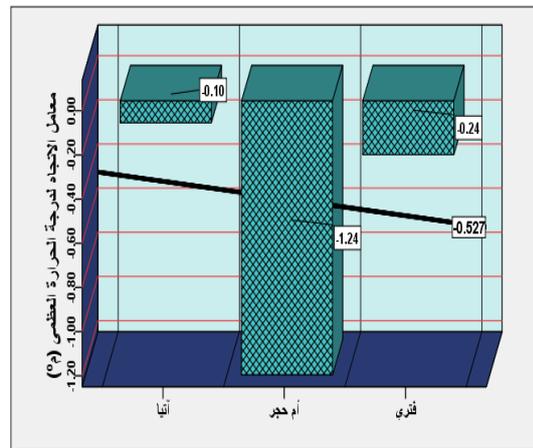
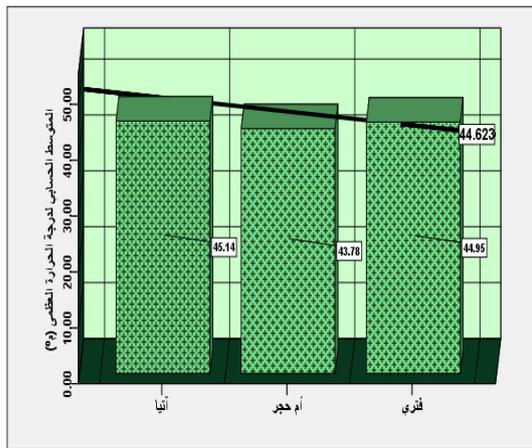
الاتجاه العام المعدلات السنوية لدرجات الحرارة العظمى

جدول (٦) التغير والاتجاه العام للمعدل السنوي لمعدل درجة الحرارة العظمى (م) خلال الفترة

٢٠٢٢ - ١٩٩٠

الرقم	اسم المحطة	السلسلة الزمنية	المتوسط الحسابي	عدد السنوات	معامل الاتجاه	معامل التغير	معدل التغير لفترة الدراسة
١	أم حجر	١٩٩٠ - ٢٠٢٢	٤٣,٧٨	٣٣	١,٢٤-	٣,٢٣	٠,٠٨١٧
٢	أتيا	١٩٩٠ - ٢٠٢٢	٤٥,١٤	٣٣	٠,٠٩٩-	٠,٢١٨	٠,٠١٤٨
٣	الفتري	١٩٩٠ - ٢٠٢٢	٤٤,٩٥	٣٣	٠,٢٤٤-	٠,٢١٨	٠,٠١٤٩
٤	المتوسط	-	٤٤,٦٢	-	-٠,٥٢٧	١,٢٢٢	٠,٠٣٧١

المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإرصاد الجوي (٢٠٢٣).



المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإرصاد الجوي.

شكل (٨) التغير والاتجاه العام للمعدل السنوي لمعدل درجة الحرارة العظمى (م)

خلال الفترة ٢٠٢٢ - ١٩٩٠

يتضح من الجدول (٦)، أن معامل الاتجاه العام لمعدلات درجات الحرارة العظمى بمنطقة الدراسة، يظهر ميلاً نحو الانخفاض في جميع محطات الدراسة، فقد بلغ في محطة أم حجر (-1.24)، بينما في محطة أتيا بلغ مقداره (-0.009)، في حين بلغ معامل اتجاه محطة الفتري (-0.244).

أما معامل التغير السنوي للمحطة الأولى فبلغ 3.23، وفي الثانية ((-0.218)، أما في المحطة الثالثة بناء على الترتيب في الجدول (٦)؛ فقد بلغ (0.218)، بينما بلغ معدل التغير لفترة الدراسة فقد بلغ في محطة آتيا ((0.0817 وفي محطة أم حجر وصل حوالي (0.0148)، أما في محطة الفتري فبلغ (0.0149) ونستنتج مما سلف أن سلوك معدلات درجات الحرارة العظمى بمنطقة الدراسة يميل نحو الانخفاض وفقا لمعامل الاتجاه للفترة، بينما معامل التغير السنوي ومعامل التغير لفترة الدراسة مال فيها سلوك درجات الحرارة العظمى نحو الارتفاع

التغير واتجاه العام للمعدل السنوي لمعالجة درجات الحرارة (م) الصغرى

جدول (٧) التغير والاتجاه العام للمعدل السنوي لمعدل درجة الحرارة الدنيا (م)

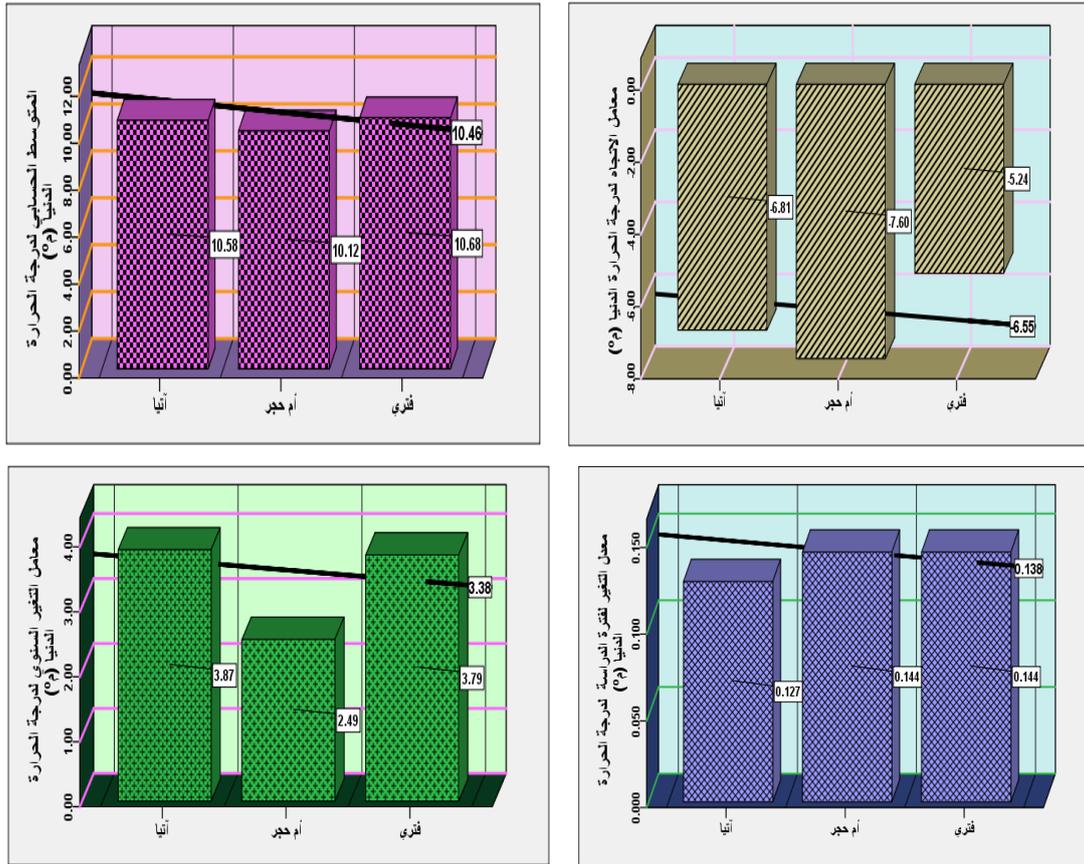
خلال الفترة ١٩٩٠ - ٢٠٢٢

الرقم	اسم المحطة	السلسلة الزمنية	المتوسط الحسابي	عدد السنوات	معامل الاتجاه	معامل التغير	معدل التغير لفترة الدراسة
١	أم حجر	١٩٩٠ - ٢٠٢٢	١٠,١٢	٣٣	٧,٦٠-	٢,٤٩	٠,١٤٤
٢	آتيا	١٩٩٠ - ٢٠٢٢	١٠,٥٨	٣٣	٦,٨١-	٣,٨٧	٠,١٢٧
٣	الفتري	١٩٩٠ - ٢٠٢٢	١٠,٦٨	٣٣	٥,٢٤-	٣,٧٩	٠,١٤٤
٤	المتوسط	-	١٠,٤٦	-	-٦,٥٥	٣,٣٨	٠,١٣٨

المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإرصاد الجوي.

يظهر من الجدول (٧) والشكل (٩)؛ أن معدلات الاتجاه العام لدرجات الحرارة الصغرى تبدي سلوكاً يميل نحو الانخفاض بمقدار سالب في جميع محطات منطقة الدراسة، حيث بلغ معامل الاتجاه في محطة أم حجر (-7.60) وفي محطة آتيا بلغ معامل الاتجاه نحو (-6.81)، أما في محطة الفتري فقد بلغ (-5.24)، أما معدلات التغير فإنها أخذت تتحو نحو الارتفاع، فقد سجلت محطة أم حجر معامل تغير سنوي مقداره (2.49)، ويبدو من خلال الجدول (٧)؛ أن أقل معدلات التغير السنوي من بين نظيرتها الآخرين، حيث بلغ معدل التغير في محطة آتيا 3.87 وفي محطة الفتري بلغ معدل السنوي (3.79).

أما معدل التغير لفترة الدراسة فقد بلغ في محطة إم حجر (0.144)، وفي محطة آتيا بلغ (٠.١٢٧)، وفي محطة الفتري (٠.١٤٤).



المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإرصاد الجوي.

شكل (٩) التغير والاتجاه العام للمعدل السنوي لمعدل درجة الحرارة الدنيا (م)

خلال الفترة ١٩٩٠ - ٢٠٢٢

التغير واتجاه العام المعدل السنوي لسرعة الرياح

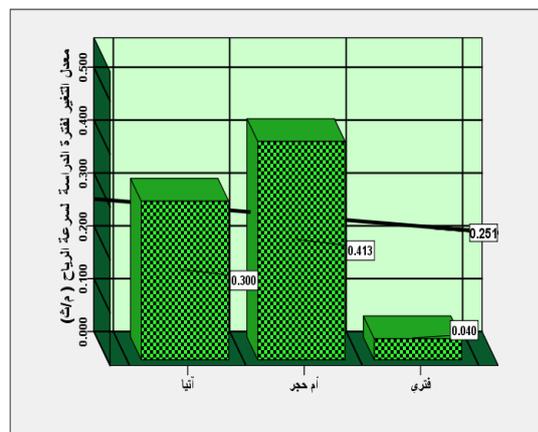
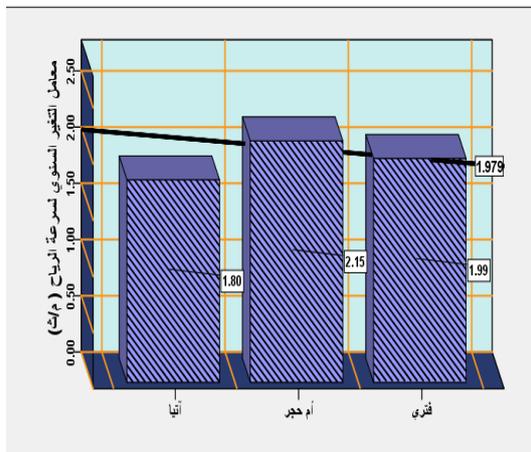
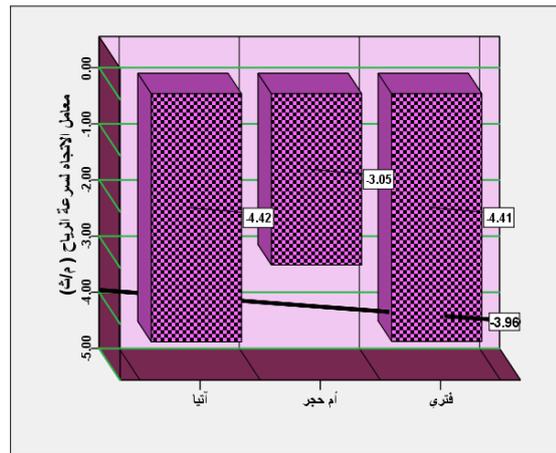
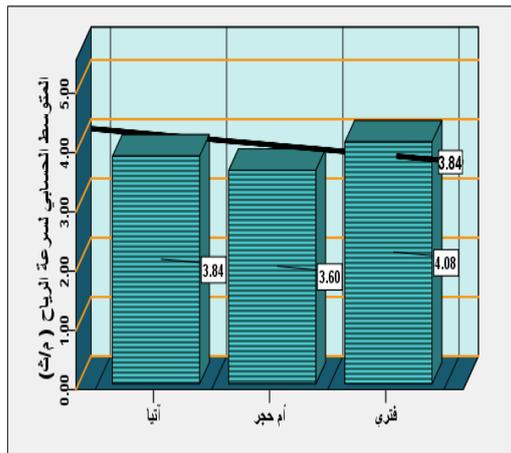
نتيجة التغيرات المناخية والاحتار الكوني والتغيرات العامة التي طرأت على الغلاف الغازي فقد انعكس ذلك على درجات الحرارة بمنطقة الدراسة، وهي العامل الرئيسي واللاعب الأساسي في تحريك الظواهر المناخية، وقد انعكس ذلك على سلوك سرعة الرياح أيضاً، إذ أن تلك التغيرات قد أثرت بصورة ما على المنظومات الضغطية ذات الأثر على مناخ منطقة الدراسة.

جدول (٨) معدل التغير ومعدل التغير السنوي والاتجاه العام لمعدل سرعة الرياح (م/ث)

خلال الفترة ١٩٩٠ - ٢٠٢٢

الرقم	اسم المحطة	السلسلة الزمنية	المتوسط الحسابي	عدد السنوات	معامل الاتجاه	معامل التغير	معدل التغير لفترة الدراسة
١	أم حجر	١٩٩٠ - ٢٠٢٢	٣,٦٠	٣٣	٣,٠٥-	٢,١٤٧	٠,٤١٣
٢	أتيا	١٩٩٠ - ٢٠٢٢	٣,٨٤	٣٣	٤,٤٢-	١,٨٠	٠,٣٠٠
٣	الفثري	١٩٩٠ - ٢٠٢٢	٤,٠٨	٣٣	٤,٤١-	١,٩٩	٠,٠٤٠
٤	المتوسط	-	٣,٨٤	-	-٣,٩٦	١,٩٨	٠,٢٥١

المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإرصاد الجوي (٢٠٢٣)



المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإرصاد الجوي.

شكل (١٠) معدل التغير ومعدل التغير السنوي والاتجاه العام لمعدل سرعة الرياح (م/ث)

خلال الفترة ١٩٩٠ - ٢٠٢٢

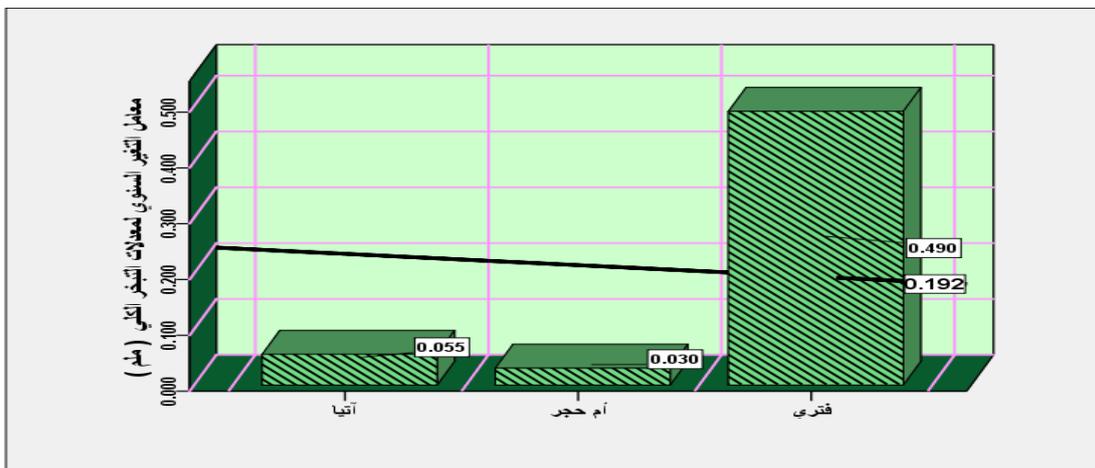
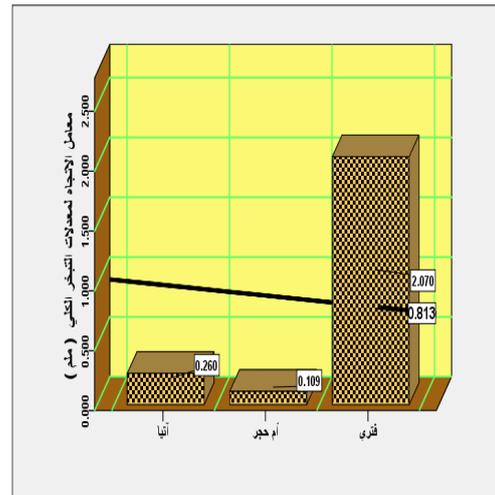
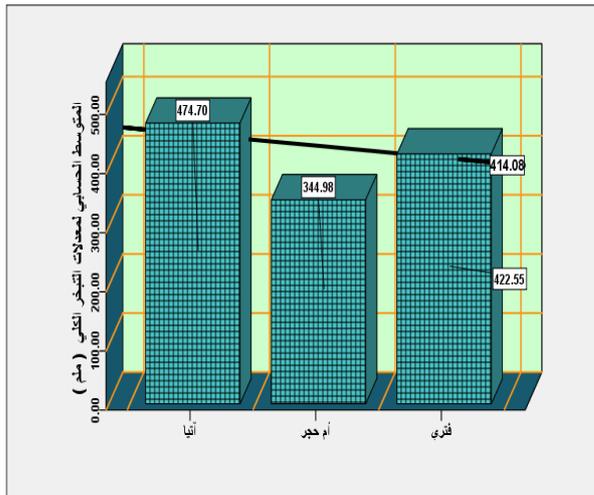
ويظهر من الجدول (٨) والشكل (١٠)؛ أن معامل اتجاه سرعة الرياح يتجه نحو الانخفاض بمقدار سالب في جميع محطات الدراسة، فقد سجلت محطة أم حجر اتجاهها مقداره (-3.05) ، ومحطة اتيا بلغ فيها معامل الاتجاه (-4.42) ، وفي محطة الفثري بلغ معامل الاتجاه (-4.41) ، أما معامل التغير السنوي فبلغ في محطة أم حجر (2.147) ، ومعامل تغير فترة الدراسة بها بلغ (0.413) ، بينما في محطة اتيا بلغ التغير السنوي نحو (1.80) ، ومقدار التغير لفترة الدراسة بالمحطة ذاتها بلغ (0.30) ، بينما يلاحظ أن مقدار التغير السنوي بمحطة الفترة بلغ (1.99) ومقدار التغير لفترة الدراسة بلغ (0.040) .

معدل التغير ومعدل التغير السنوي والاتجاه العام لمعدل المجموع السنوي للأمطار (ملم)
جدول (٩) معدل التغير ومعدل التغير السنوي والاتجاه العام لمعدل المجموع السنوي للأمطار

(ملم) خلال الفترة ١٩٩٠ - ٢٠٢٢

الرقم	اسم المحطة	السلسلة الزمنية	المتوسط الحسابي	عدد السنوات	معامل الاتجاه	معامل التغير
١	أم حجر	١٩٩٠ - ٢٠٢٢	٣٤٤,٩٨	٣٣	٠,١٠٩	٠,٠٣٠
٢	أتيا	١٩٩٠ - ٢٠٢٢	٤٧٤,٧٠	٣٣	٠,٠٢٦	٠,٠٥٥
٣	الفتري	١٩٩٠ - ٢٠٢٢	٤٢٢,٥٥	٣٣	٢,٠٧٠	٠,٤٩
٤	المتوسط	-	٤١٤,٠٨	-	٠,٨١٣	٠,١٩٢

المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإرصاد الجوي (٢٠٢٣)



المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإرصاد الجوي.

شكل (١١) معدل التغير ومعدل التغير السنوي والاتجاه العام لمعدل المجموع السنوي للأمطار

(ملم) خلال الفترة ١٩٩٠ - ٢٠٢٢

يتضح من خلال الجدول (١٠) والشكل (١١)؛ أن معامل الاتجاه للمعدل التراكمي السنوي للأمطار السنوية (ملم) يميل سلوكه العام نحو الارتفاع بمقدار موجب في كل محطات منطقة الدراسة،

إذ بلغ في محطة أم حجر (45.12)، بينما المعامل السنوي بنفس المحطة بلغ (0.219) ومعدل التغير لفترة الدراسة بلغ (0.478).

ويلاحظ من الجدول (١١) والشكل (١١)؛ أن الاتجاه العام للمعدل التراكمي السنوي للأمطار بمحطة أتيا بلغ (44.68)، وأقل من معدل الاتجاه العام في المحطة السابقة لها، في حين بلغ معامل التغير السنوي بالمحطة ذاتها (2.140)، وبلغ معامل تغير فترة الدراسة بها نحو (٠.٣٩٤)، ويظهر من الجدول (١١) كذلك أن معامل الاتجاه العام بمحطة الفتري للمعدل التراكمي للأمطار بلغ نحو (40.75)، ومعدل التغير السنوي بها بلغ (0.528)، بينما معدل تغير فترة الدراسة بالمحطة (0.375).

الرطوبة

جدول (١٢) معدل التغير ومعدل التغير السنوي والاتجاه العام لمعدل الرطوبة النسبية (%)

خلال الفترة ١٩٩٠ - ٢٠٢٢

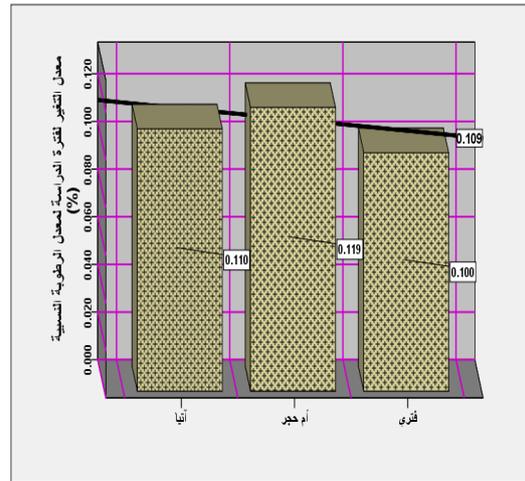
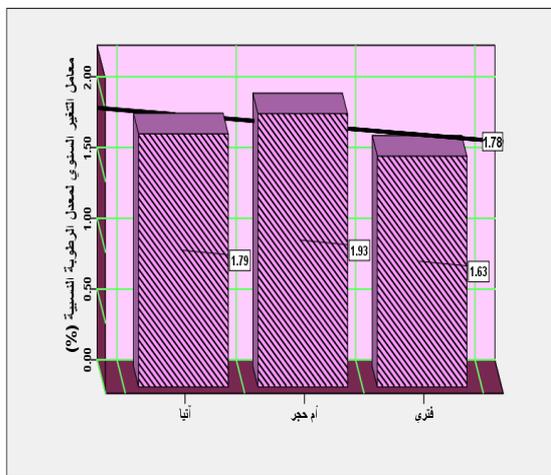
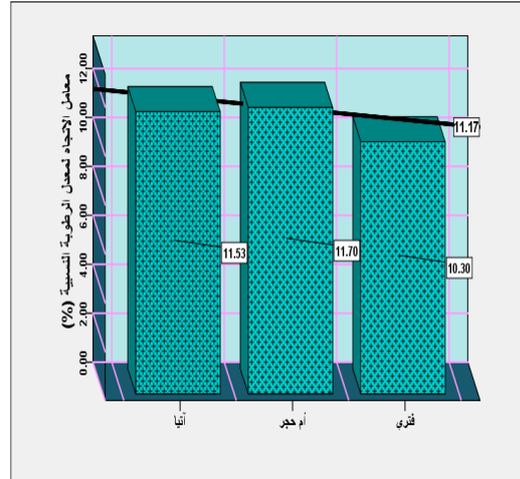
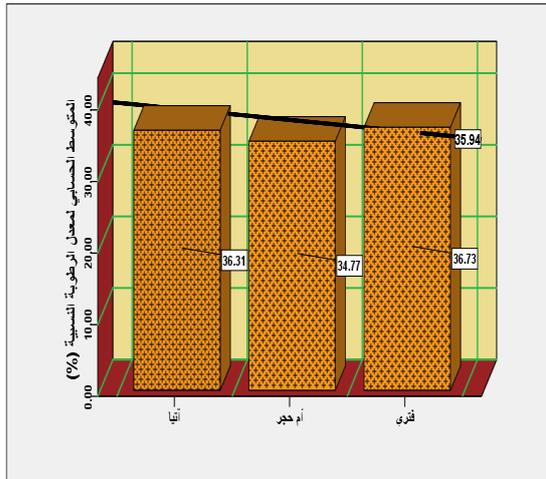
الرقم	اسم المحطة	السلسلة الزمنية	المتوسط الحسابي	عدد السنوات	معامل الاتجاه	معامل التغير	معدل التغير لفترة الدراسة
١	أم حجر	١٩٩٠ - ٢٠٢٢	٣٤,٧٧	٣٣	١١,٧٠	١,٩٣	٠,١١٩
٢	أتيا	١٩٩٠ - ٢٠٢٢	٣١,٣٦	٣٣	١١,٥٣	١,٧٨٨	٠,١١٠
٣	الفتري	١٩٩٠ - ٢٠٢٢	٣٦,٧٣	٣٣	١٠,٣٠	١,٦٣	٠,١٠٠
٤	المتوسط	-	٣٤,٩٤	-	١١,١٧	١,٧٨	٠,١٠٩

المصدر: اعتماداً على بيانات الهيئة الوطنية للأرصاد الجوية (٢٠٢٣)

يظهر من بيانات الجدول (١٢) والشكل (١٢)؛ أن معامل الاتجاه العام لمعدل الرطوبة النسبية (%) أخذ ينحو نحو الاتجاه التصاعدي والارتفاع بمقدار موجب في جميع محطات منطقة الدراسة، حيث بلغ معامل الاتجاه بمحطة أم حجر (11.7) ومعامل التغير السنوي بها بلغ (1.93)، أما معامل تغير فترة الدراسة بالمحطة المذكورة آنفاً بلغ (0.1196).

أما محطة أتيا فقد سجل بها معامل اتجاه عام بلغ ما مقداره (11.53)، أما معامل التغير السنوي بها بلغ (1.788)، بينما بلغ معدل تغير فترة الدراسة بها (0.110).

ونلاحظ من الجدول (١٢) والشكل (١٢) أيضاً؛ أن معامل الاتجاه العام لمحطة الفتري بلغ (10.30)، في حين سجلت مقدار من التغير السنوي بلغت قيمته % 63 أما معدل التغير لمعدل فترة الدراسة بها بلغ (0.100).



المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإرصاد الجوي.

شكل (١٢) معدل التغير ومعدل التغير السنوي والاتجاه العام لمعدل الرطوبة النسبية (%) خلال

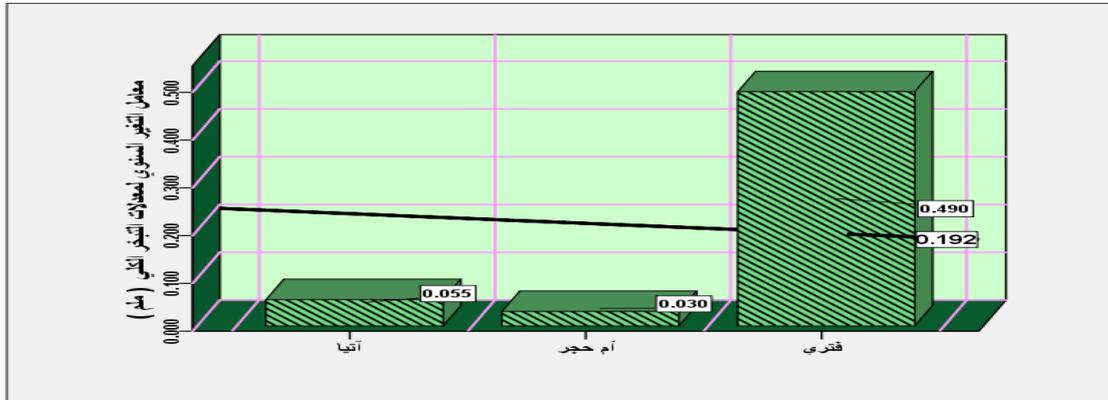
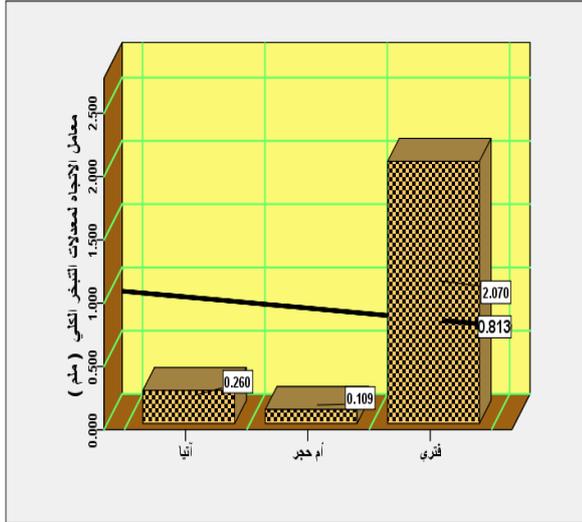
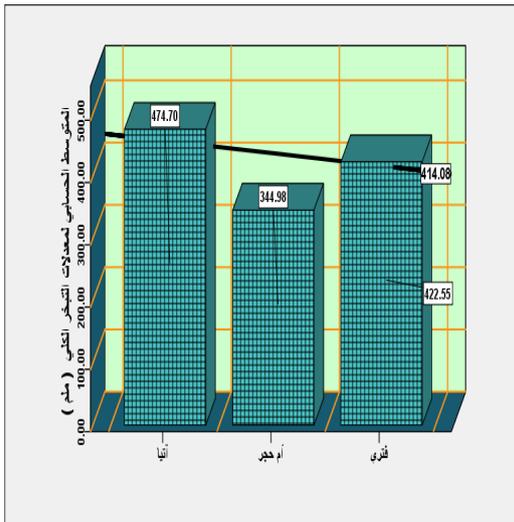
الفترة ١٩٩٠ - ٢٠٢٢

معدل التغير ومعدل التغير السنوي والاتجاه العام لمعدل المجموع السنوي للأمطار (ملم)
جدول (١٣) معدل التغير ومعدل التغير السنوي والاتجاه العام لمعدل المجموع السنوي للأمطار

(ملم) خلال الفترة ١٩٩٠ - ٢٠٢٢

الرقم	اسم المحطة	السلسلة الزمنية	المتوسط الحسابي	عدد السنوات	معامل الاتجاه	معامل التغير
١	أم حجر	١٩٩٠ - ٢٠٢٢	٣٤٤,٩٨	٣٣	٠,١٠٩	٠,٠٣٠
٢	أتيا	١٩٩٠ - ٢٠٢٢	٤٧٤,٧٠	٣٣	٠٠,٢٦	٠,٠٥٥
٣	الفثري	١٩٩٠ - ٢٠٢٢	٤٢٢,٥٥	٣٣	٢,٠٧٠	٠,٤٩
٤	المتوسط	-	٤١٤,٠٨	-	٠,٨١٣	٠,١٩٢

المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإرصاد الجوي (٢٠٢٣)



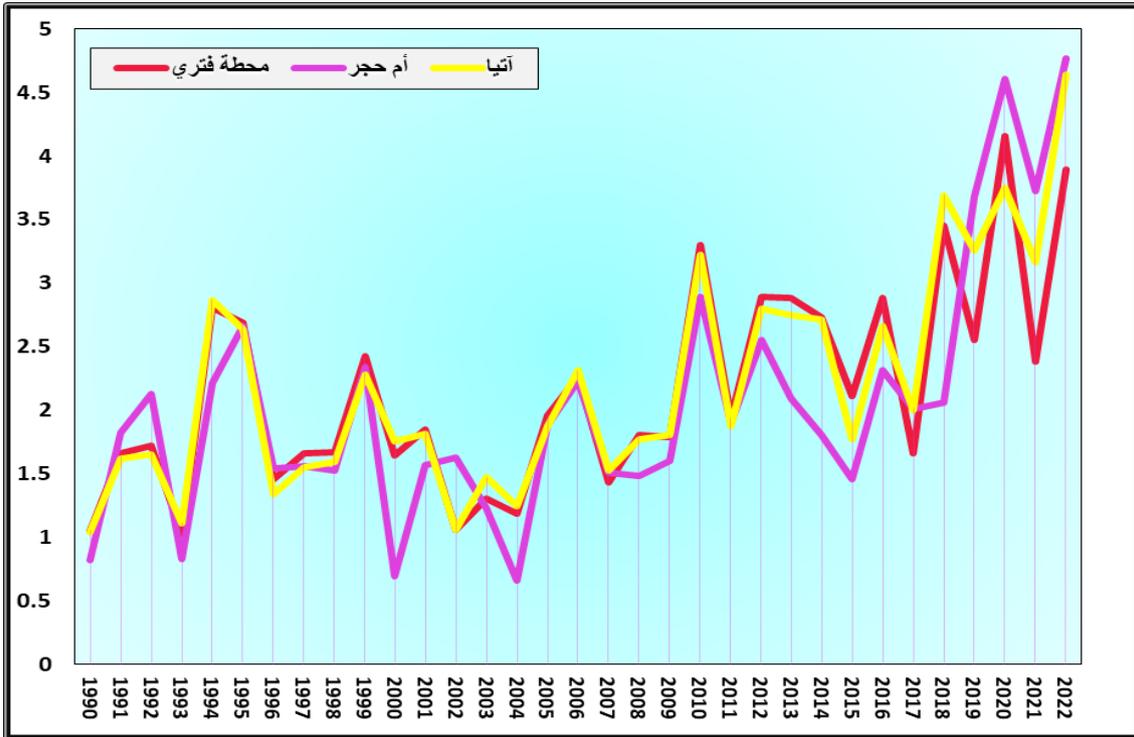
المصدر: اعتماداً على بيانات الهيئة الوطنية للأرصاد الجوية (٢٠٢٣).
شكل (١٤) معدل التغير ومعدل التغير السنوي والاتجاه العام لمعدل المجموع السنوي للأمطار
(ملم). خلال الفترة ١٩٩٠ - ٢٠٢٢

تبدو الاتجاه العام لمعامل معدلات التبخر ومعامل التغير السنوي لمحطات الدراسة، يميلان نحو الارتفاع بمقادير موجبة في جميع المحطات المشمولة بالدراسة (أم حجر - أتيا - الفقري)، فقد بلغ معامل الاتجاه بمحطة أم حجر ((1.109)، وبلغ معامل التغير السنوي بها (0.030)، أما محطة أتيا فقد بلغ معامل الاتجاه بها نحو (0.026)، ومعامل التغير السنوي بها بلغ (0.055) في حين بلغ معامل الاتجاه العام للتبخر بمحطة الفقري ((2.070)، ومعامل التغير السنوي بها بلغ (0.49).

خامساً: تقدير وتحليل القيمة الفعلية للأمطار بمنطقة الدراسة:

نظراً لأهمية القيمة الفعلية للمطر فقد حاول كثير من علماء المناخ وعلم الهيدرولوجيا إيجاد معاملات تقوم على طرائق رياضية لتقدير القيمة الفعلية للأمطار من أجل معرفة العلاقة بين الوارد من المياه عن طريق الامطار والمفقود بواسطة التبخر لمعرفة الكفاية الفعلية للمطر،

المعدل السنوي للأمطار الفعلية بنموذج ديمارتون

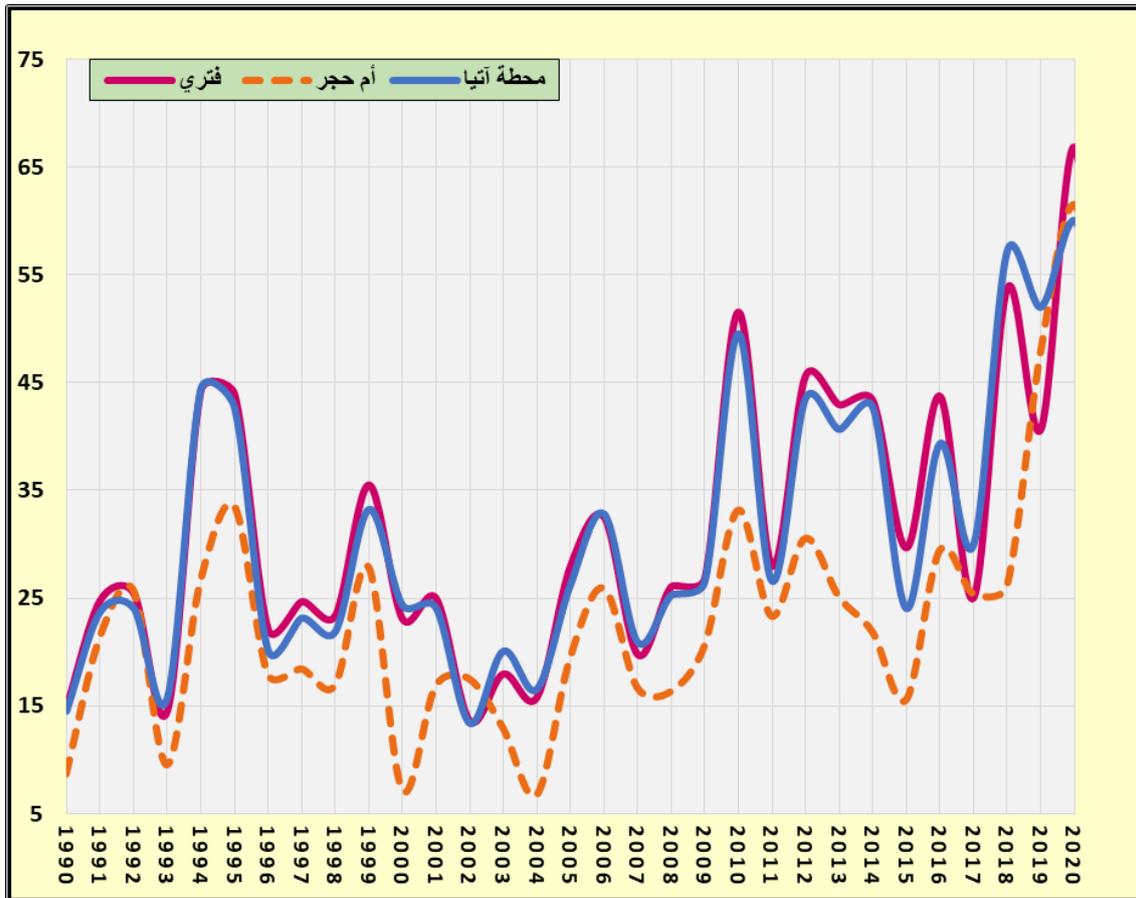


المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإرصاد الجوي.

شكل (١٤) المعدل السنوي للأمطار الفعلية بنموذج ديمارتون

يتضح من بيانات الشكل (١٤) أن معدل الأمطار الفعلية السنوي في محطة الفترى خلال مدة الدراسة تتراوح بين 105 كأدنى قيمة تم تسجيلها عام 1990م، وأقصى قيمة سجلت 2022، وبلغت نحو 3.89 وفقاً لنموذج ديمارتون، وقيم النموذج في محطة أم حجر تتراوح بين 0.66 كأدنى قيمة، والتي تم رصدها عام 2004، وحد أقصى بلغت قيمة النموذج فيه 4.77، وذلك عام 2022، بينما تراوحت قيم نموذج ديمارتون في محطة آتيا بين 1.04 كحد أدنى، وحد أعلى بلغ قيمة النموذج فيه 4.6 وقد سجل عام 2022 أيضاً، وينطبق هذه المعادلة على محطات الدراسة اتضح أن المنطقة تقع في طاق الأراضي الجافة لكون جميع قيم النموذج أقل من (٥)، وقد انعكس ذلك على الموازنة المائية المناخية بمنطقة الدراسة.

المعدل السنوي للأمطار الفعلية المحسوبة بنموذج ايفانوف

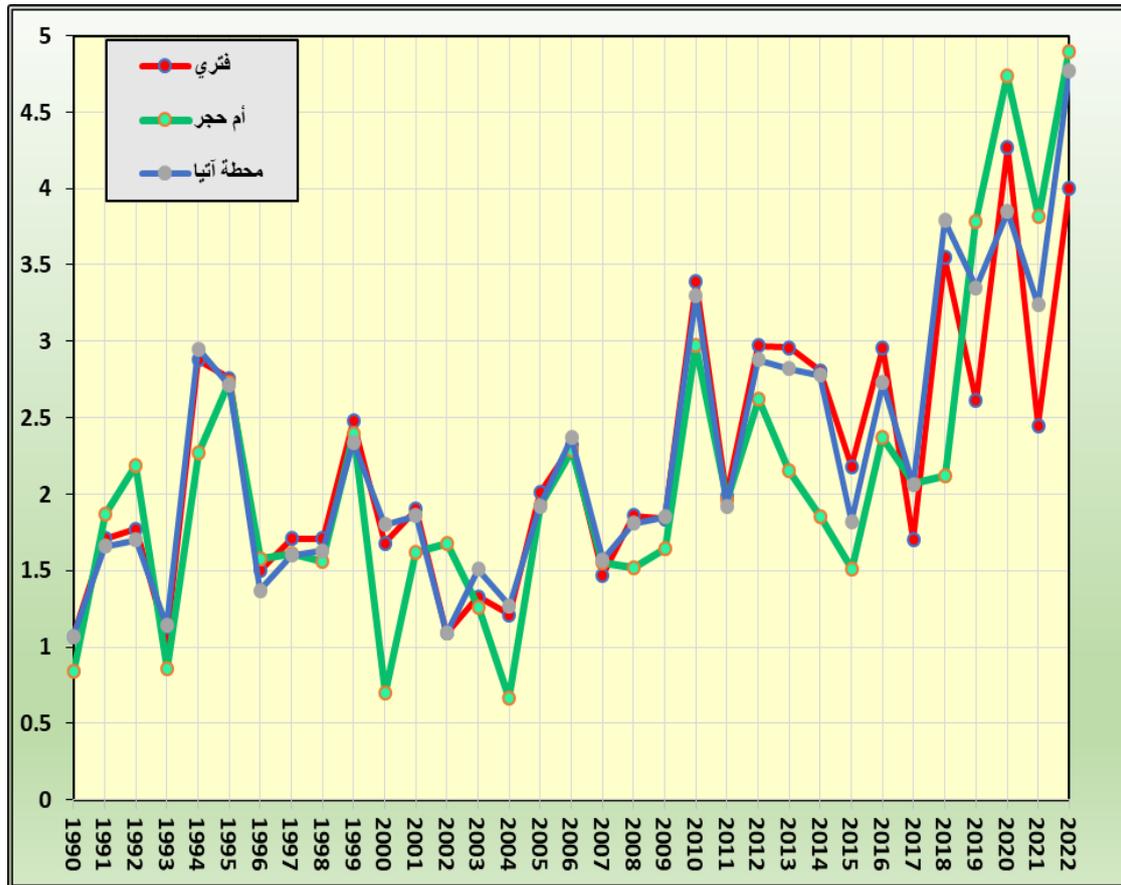


المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإرصاد الجوي.

شكل (١٥) المعدل السنوي للأمطار الفعلية المحسوبة بنموذج ايفانوف

يتضح من بيانات الشكل (١٥)؛ أن معدل الأمطار الفعلية السنوي بنموذج ايفانوف فإن القيم تباينت خلال فترة الدراسة على مستوى المحطة الواحدة وبين المحطات الثلاث، فقد تراوحت فيه النموذج في محطة الفتري بين أدنى قيمة سجلت عام 1990م وقد بلغت 14.86% وأعلى قيمة النموذج بلغت 66.87% وتم رصدها عام 2020م أما في محطة أم حجر فقد بلغت قيمة النموذج في حدها الأدنى 8.66% وبلغ الحد الأعلى لها 64.33%، بينما تراوحت في محطة آتيا قيم النموذج بين قيمة دنيا بلغت 14.5%، وقيمة عليا بلغت 78.04%.

المعدل السنوي للأمطار الفعلية المحسوبة بنموذج (شرف)



المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإرصاد الجوي.

شكل (١٦) المعدل السنوي للأمطار الفعلية المحسوبة بنموذج (شرف)

يتضح من بيانات الشكل (١٦) أن معدل الأمطار الفعلية السنوي بمحطة الفترتي وفقاً لنموذج شرف خلال فترة الدراسة أن قيم النموذج بهذه المحطة بلغت تراوحت بين قيمة دنيا بلغت 1.07، تم تسجيلها عام 1990 وقيمة قصوى بلغت 4.00 رصدت عام 2022، بينما النموذج نفسه في محطة أم حجر تراوحت بين حد أدنى بلغ 0.67، وقد سجل بها عام 2004 وأعلى بلغ حوالي 4.00 وقد رصد عام 2022، في حين أن قيم النموذج بمحطة آتيا تراوحت بين أقل قيمة تم تسجيلها 1.07 وتم رصدها عام 1990، وأكبر قيمة للنموذج سجلت 2022، وقد بلغت 4.77.

وينطبق معادلة شرف بين المحطات الثلاثة التي تمت دراستها تقع ضمن نطاق الأراضي الجافة إذ أن قيم النموذج في جميع السنوات أقل من (٥) وهذا يعني أن المنطقة جافة، ولهذا الجفاف انعكاس على الموازنة المائية المناخية.

سادساً: الموازنة المائية المناخية بمنطقة الدراسة:

تعتبر دراسة الموازنة المائية المناخية من أهم الدراسات لمعرفة وتقدير حجم المياه الواردة سواء المياه السطحية أم الجوفية في أي منطقة من مناطق العالم، وهذه العملية تركز بشكل أساسي على عناصر المناخ والعلاقات المتداخلة بينها، وأن المعتاد في قيم هذه العناصر انها تتباين زمانياً ومكانياً، وهذا بدوره ينعكس الموارد المائية أو تطلق عليه ظهور البيانات الهيدرولوجية للمناطق أو الأقاليم.

طرائق احتساب الموازنة المائية المناخية:

تستخدم أساليب عديدة في احتساب كميات التبخر/ النتح الكامن، إذ أن القيم التي يتم للتوصل إليها تحدد من خلال الكميات التي أضافها للاستخدام أو السيطرة، ويتم الاعتماد على الطريقة تم بها احتساب الموازنة المائية المناخية، وتقسّم عادة الطرائق إلى الأقسام التالية: -
١- الطرائق المباشرة: تعتمد هذه الطرائق في استخراجها للتبخر / نتح الكامن على النباتات ورطوبة التربة وتعتمد بشكل أساسي على الآتي:

أ- مقياس الايسيمتر: وهو جهاز لقياس الكسب المتمثل في التساقط والتكاثف والتسرب (محمود، خالد، 1998، ص 79)، ويتألف هذا الجهاز من حوض يوضع داخل التربة، ويكون مستوى السطح العلوي للتربة فيه مساوياً بمنسوب الأرض المجاورة.

وتضاف مياه الري إلى اللايستمر بكمية تساعد على وصول رطوبة التربة إلى ما يقارب السعة الحقلية.

ويتم الحصول على الماء الفائض عن حاجة النباتات من قاع اللايستمر (الشوا، 1988، ص 247).

ب - الطريقة الحقلية:

يعتمد الطريقة الحقلية على واقع الحقل الطبيعي حيث يكون التقدير فيها عن طريق قياس رطوبة التربة وبعد الحصاد، وتشكل القياسات الجزء الأعظم من جذور النبات.

ج - طريقة التوازن المائي: تقوم هذه الطريقة على إيجاد صورة متكاملة لكميات المياه الواردة والصادرة إلى وعاء معين، وعن طريق ذلك يمكن قياس الماء من التبخر إلى الجو بشكل مماثل للواقع (سيني، 1982، ص 52).

٢- الطرائق غير المباشرة: تعتمد طرائق حساب قيم التبخر/ النتح الكامن على قياس عنصر واحد أو أكثر من العناصر المناخية؛ كدرجة الحرارة وشدة الإشعاع والرطوبة النسبية وسرعة الرياح، وعليه

فإن استعمال هذه الطرائق يجب أن يتناسب مع خصائص المنطقة المراد دراستها (أوبكر، الصافي، ١٩٨٨، ص ٢١٣).

وقد اعتمدت هذه الدراسة على معادلة بيتمان مونتيث المعدلة لمنظمة الفاو في تقدير قيم التبخر / نتح الكامن، والأسباب التي دفعت الباحثان إلى استخدام هذه المعادلة تتمثل في الآتي:
أ- أوصت بها مجموعة من الخبراء والاستشاريين والباحثين في منظمة الفاو ومنظمة الأرصاد الجوية في مايو ١٩٩٠م.

ب- اعتماد معادلة بيتمان مونتيث على أغلب العناصر المناخية التبخر / النتح، وتشمل هذه العناصر الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة، والرطوبة النسبية، وسرعة الرياح، والأمطار. ومعلوم أنه في مايو عام ١٩٩٠م، تم تنظيم استشارة خبراء وباحثين بواسطة منظمة الأغذية والزراعة بالتعاون مع منظمة الأرصاد الجوية العالمية ن لمراجعة منهجيات منظمة الأغذية والزراعة حول المتطلبات المائية للمحاصيل، وأن يتم النص حول تنقيح وتحديث الإجراءات وأوصى فريق الخبراء بتبني الطريقة التجميعية لبن مان مونتيث على أنها المعيار الجديد للتبخر / نتح التي بواسطتها يمكن أن يتم تحديد التبخر / نتح في جميع المناطق والأموال الجوية سواء كانت جافة أم رطبة (FAO، ١٩٩٠، ص ١٦-١٧).

وتكتب معادلة بينمان مونتيث المعدلة بالصيغة التالية:

$$ETO=C (W. RN + (1- W). F(U). (ea - ed)$$

$$ETO = \text{التبخر} / \text{نتح} / \text{ملم}$$

$$W = \text{عامل معياري يتعلق بدرجات الحرارة.}$$

$$RN = \text{صافي الإشعاع بما يكافئه من التبخر بالملم/يوم.}$$

$$F(U) = \text{دالة تتعلق بالرياح.}$$

$$(ea. - ed) = \text{الفرق بين ضغط بخار الماء المشبع عند معدل درجة حرارة الهواء، ومعدل ضغط}$$

$$\text{بخار الماء الفعلي في الهواء/ مليبار.}$$

$$C = \text{معامل تعديل يأخذ تأثير ظروف الطقس في الليل والنهار.}$$

احتساب التبخر / نتح الكامن والموازنة المائية المناخية:

تعتبر درجة الحرارة العنصر الرئيسي في التأثير على الموازنة المائية المناخية، وذلك لكونها العامل المحرك لعملية التبخر / النتح الكامن، ونظرا للموقع الجغرافي الداخلي لإقليم البطحاء، وبعده عن المسطحات المائية وارتفاع درجات الحرارة التي بلغ معدلها لفترة الدراسة أكثر من 27°م، وهذا الارتفاع يعود بالأساس تعامد أشعة الشمس على الإقليم نظرا لوقوعه في المنطقة المدارية الشمالية، فضلا

عن خلو السماء من السحب وصفاء لفترات طويلة من السنة، وسيادة الرياح الشمالية الشرقية الجافة فيه معظم فترات العام، يبقى العجز المائي المناخي فيه سيد الموقف.

الموازنة المائية المناخية لمحطة أتيا وفقا لمعادلة بينمان

جدول (١٤) الموازنة المائية المناخية لمحطة أتيا وفقاً لمعادلة بن مان مونتيث للفترة ما بين ١٩٩٠ - ٢٠٢٢م

الرقم	الشهور	الأمطار	التبخير	العجز
١	يناير	٠٠	١٥٥,٠٠	-١٥٥,٠٠
٢	فبراير	٠٠	١٤٥,٨٧	-١٤٥,٨٧
٣	مارس	٠٠	١٣٢,٠٠	-١٣٢,٠٠
٤	ابريل	١,٦٠	١٦٢,٠٠	-١٦٠,٠٤
٥	مايو	١١,٨٤	٢٦٥,٣٦	-٢٥٣,٥٢
٦	يونيو	٣٢,٦٦	٣١١,٣٩٥	-٢٧٨,٧٣
٧	يوليو	١٢٥,٥٠	٣٩٨,٤٠	-٢٧٢,٩٠
٨	أغسطس	١٨٩,٧٨	٤١٤,٧٨	-٢٢٥,٠٠
٩	سبتمبر	٦٦,٨٠	٣٢٩,٧٠	-٢٦٢,٩٠
١٠	أكتوبر	١٤,٣٥	٢٥٣,٨٩	-٢٣٩,٥٤
١١	نوفمبر	٠٠	٣٨٠,٤٠	-٣٨٠,٤٠
١٢	ديسمبر	٠٠	١٥٨,٤١	-١٥٨,٤١
١٣	الوسط الحسابي	٣٦,٨٨	٢٥٨,٩٤	-٢٢٢,٠٣

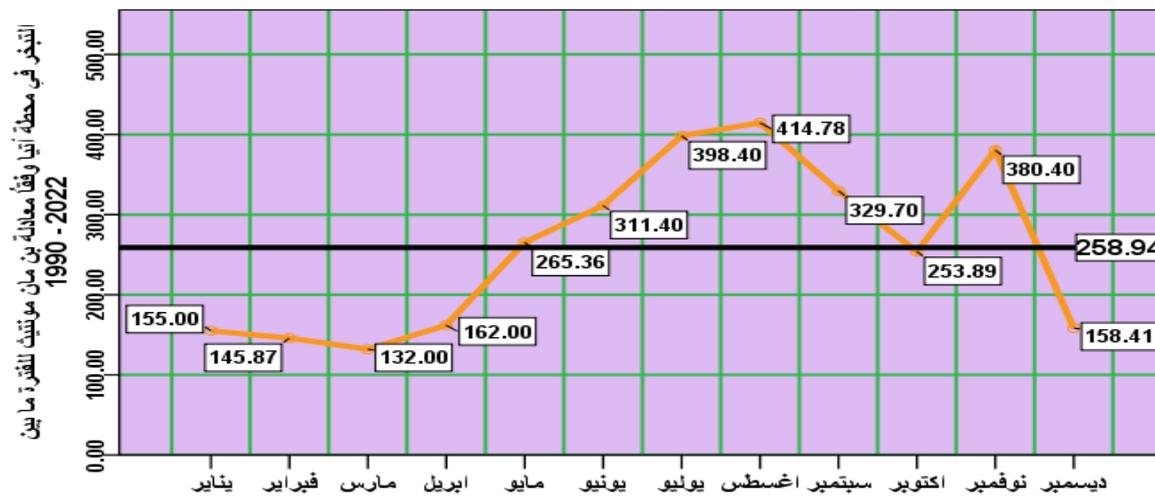
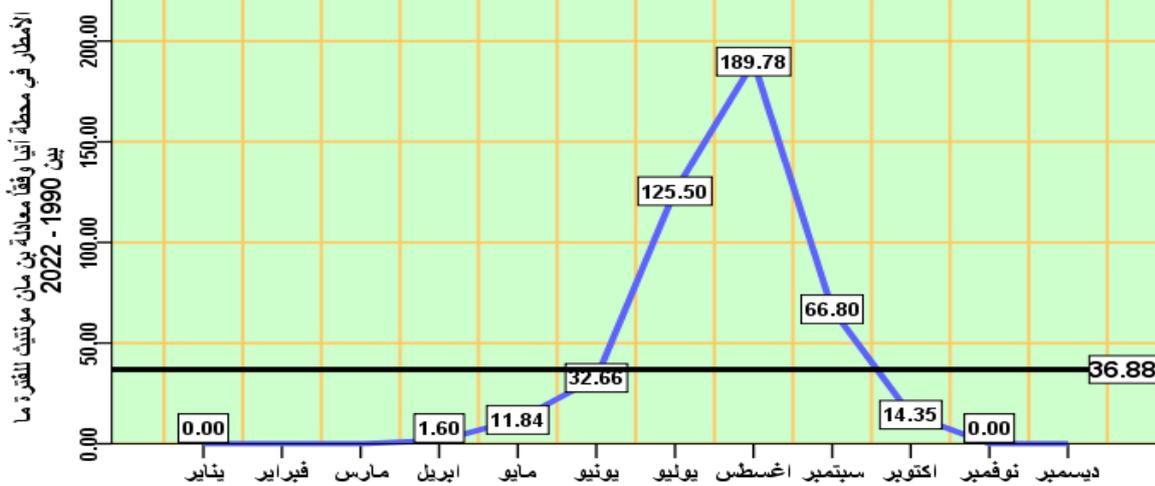
المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإرصاد الجو (٢٠٢٣)

يتضح من بيانات الجدول (١٤) والشكل (١٧) وفقاً لنتائج تطبيق هذه الطريقة في محطة أتيا عن وجود عجز مائي مناخي كبير على المستوى الشهري والسنوي، وبمعدلات كبيرة، فقد أسفرت نتائج هذه المعادلة عن وجود تباين كبير على المستوى الشهري بالمحطة.

ويظهر من الجدول (١٤) والشكل (١٤)؛ أن العجز في شهر يناير بلغ نحو (١٥٥ -) ملم، وفي فبراير بلغ نحو (١٤٥.٨٧-) ملم، بينما في شهر مارس بلغ العجز نحو (١٣٢ -) ملم، وفي شهر أبريل سجلت المحطة عجزاً مقداره (١٦٠.٠٤-) ملم.

وبعد انقضاء هذه الأشهر أخذت وتيرة العجز في الارتفاع ابتداءً من شهر مايو، ففيه بلغ العجز (٢٥٣.٥٢-) ملم، ثم ارتفعت مقادير العجز المائي المناخي في كل من يونيو ويوليو، فسجل الأول عجزاً بلغت قيمته (٢٧٨.٧٣-) ملم، والآخر بلغت فيه قيمة العجز (272.9 -) ملم، ثم أخذت وتيرة العجز في الانخفاض، في كل من شهر أغسطس وسبتمبر وأكتوبر، إذ سجلت هذه الأشهر قيماً مقدارها ((-225) و (-٢٦٢.٩٩) ملم و (-٢٣٩.٩٥٤) ملم على التوالي.

بينما شهر نوفمبر فسجل العجز الأكبر على الإطلاق بين جميع الأشهر بالمحطة؛ ففيه بلغت قيمة العجز المائي (٣٨٠.٤-) ملم، في حين بلغ معدل العجز في شهر ديسمبر الذي يعد من أشهر الشتاء نحو (١٥٨.٤١-) ملم.



المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإرصاد الجوي.

شكل (١٧) الموازنة المائية المناخية لمحطة أتيا وفقاً معادلة بن مان مونتيث

للفترة ما بين ١٩٩٠ - ٢٠٢٢ م

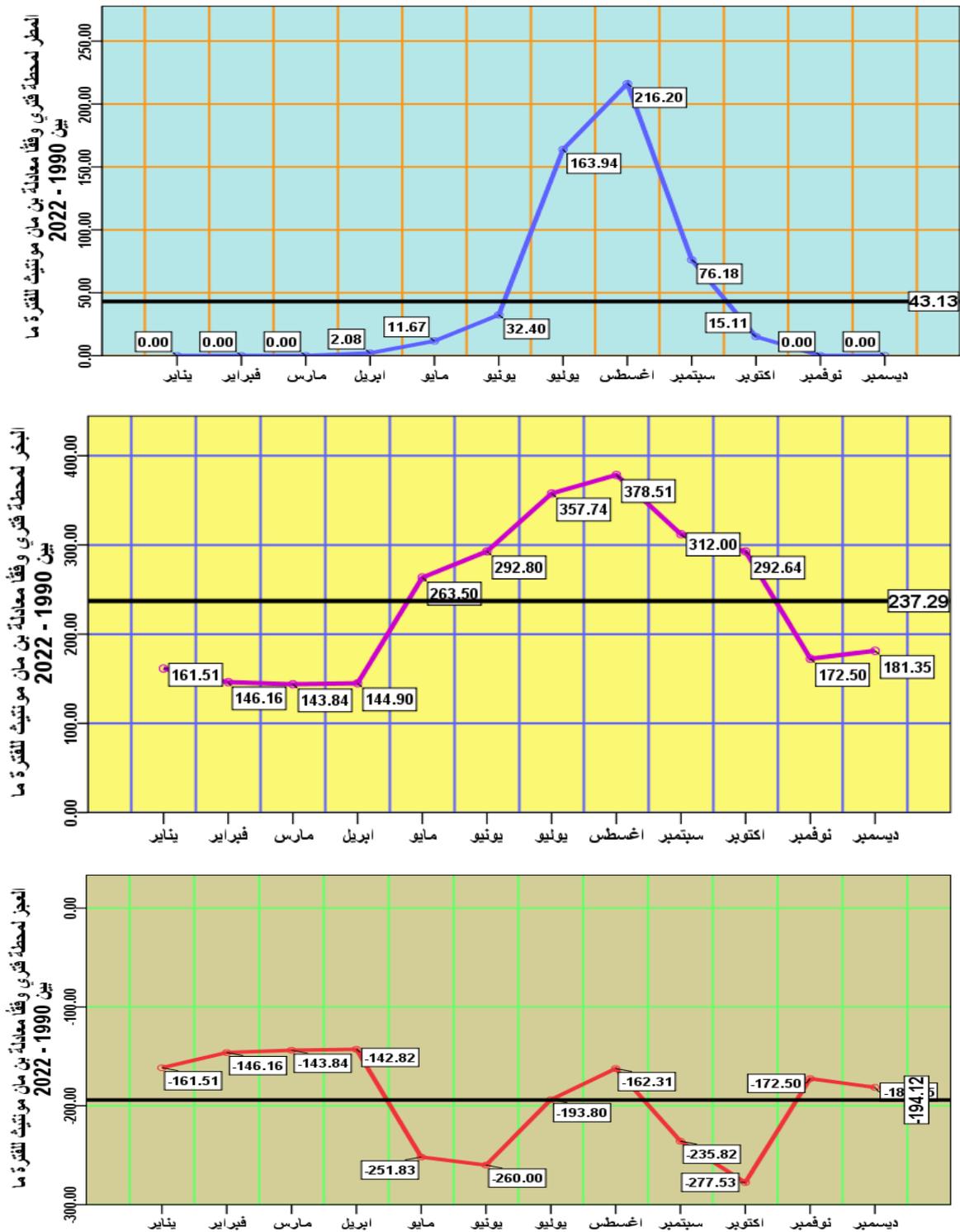
الموازنة المائية المناخية لمحطة الفتري وفقاً لمعادلة بينمان
جدول (١٥) الموازنة المائية المناخية لمحطة فتري وفقاً لمعادلة بن مان مونتيث
للفترة ما بين ١٩٩٠ - ٢٠٢٢ م

الرقم	الشهور	الأمطار	التبخر	العجز
١	يناير	٠,٠٠	١٦١,٥١	-١٦١,٥١
٢	فبراير	٠,٠٠	١٤٦,١٦	-١٤٦,١٦
٣	مارس	٠,٠٠	١٤٣,٨٤	-١٤٣,٨٥
٤	أبريل	٢,٠٨	١٤٤,٩٠	-١٤٢,٨٢
٥	مايو	١١,٦٧	٢٦٣,٥٠	-٢٥١,٨٣
٦	يونيو	٣٢,٤٠	٢٩٢,٨٠	-٢٦٠,٠٠
٧	يوليو	١٦٣,٩٤	٣٥٧,٧٤	-١٩٣,٨٠
٨	أغسطس	٢١٦,٢٠	٣٧٨,٥١	-١٦٢,٣١
٩	سبتمبر	٧٦,١٨	٣١٢,٠٠	-٢٣٥,٨٢
١٠	أكتوبر	١٥,١١	٢٩٢,٦٤	-٢٧٧,٥٣
١١	نوفمبر	٠,٠٠	١٧٢,٥٠	-١٧٢,٥٠
١٢	ديسمبر	٠,٠٠	١٨١,٣٥	-١٨١,٣٥
١٣	الوسط الحسابي	٤٣,١٣	٢٣٧,٢٩	-١٩٤,١٢

المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإرصاد الجوي (٢٠٢٣)

يتضح من الجدول (١٥) والشكل (١٨)؛ أن العجز المائي المناخي في هذه المحطة شامل لجميع أشهر السنة؛ بيد أنه يختلف من شهر لآخر، فيبدأ العجز ابتداءً من شهر يناير وانتهاءً بشهر ديسمبر، حيث سجل الشهر الأول عجزاً مائياً مناخياً بلغ قدره في هذه المحطة (-161.51) ملم؛ فالملاحظ أن كمية الأمطار به مقداره صفراً، بينما بلغ معدل التبخر/ نتح وفقاً لمعادلة بينمان (-) 161.51 ملم، أما العجز المائي المناخي في شهر فبراير فبلغ (-146.16) ملم، وسجل شهر مارس عجزاً مائياً مقداره (-) 143.85 ملم، ويتضح من الجدول (١٥) والشكل (١٥) أيضاً؛ أن قيمة العجز المائي المناخي بمحطة الفتري بلغت (-) 142.82 ملم، ويلاحظ من خلال البيانات المدرجة بالجدول (١٥)، أن وتيرة العجز المائي المناخي أخذت في الارتفاع التدريجي ابتداءً من شهر مايو الذي بلغت فيه قيمة العجز نحو (-) 251.83 ملم، وارتفع العجز المائي المناخي أكثر في شهر يونيو، ففيه بلغ مقدار العجز حوالي (-) 260 ملم، في حين تراجعت قيمة العجز مقارنة بالقيم السابقة في شهر يوليو متأثرة بكمية الأمطار الساقطة في هذا الشهر والتي قدرت بنحو (-) 163.5 ملم. وقد أدى ذلك إلى انخفاض العجز المائي المناخي في هذا إلى نحو (-) 193.8 ملم.

وبالرغم من ارتفاع كمية الأمطار في شهر أغسطس والتي بلغ معدلها للفترة حوالي (-) 216.196 ملم؛ إلا أن العجز المائي المناخي بها بلغ (-) 162.31 ملم، متأثراً بحجم التبخر/ نتح فيه؛ إذ بلغ حجم الأخير نحو (378.51) ملم، وهي القيمة الأعظم على الإطلاق بين أشهر السنة بهذه المحطة.



شكل (١٨) الموازنة المائية المناخية لمحطة فكري وفقاً معادلة بن مان مونتيث

للفترة ما بين ١٩٩٠ - ٢٠٢٢ م

ثم تعاضم ارتفاع قيم العجز المائي المناخي في كل من شهري سبتمبر وأكتوبر، فبلغ العجز في الأول منهما (-235.82) ملم، وفي الأخير (-277.53) ملم، وكلاهما متأثر بكمية أمطار

(-76.18) ملم و (-151.1) ملم على التوالي، وارتفاع قيم التبخر، إذ بلغت قيمته في شهر سبتمبر (312) ملم، وفي أكتوبر (292.64) ملم، وهو ما يبرر ارتفاع العجز المائي المناخي في هذين الشهرين، ويظهر من الجدول (١٥) أيضاً؛ أن شهري نوفمبر وديسمبر قد سجلا عجزاً مائياً متوسطاً مقارنة بالأشهر الأخرى؛ فالأول بلغ مقدار العجز فيه (172.5) ملم، والآخر بلغ العجز نحو (-183.35) ملم، وترد أسباب ذلك إلى خلوهما من كمية الأمطار وارتفاع قيم حجم التبخر الذي بلغ (172.5) و(181.35) ملم توالياً.

الموازنة المائية المناخية في محطة أم حجر وفقاً لمعادلة بينمان

جدول (١٦) الموازنة المائية المناخية لمحطة أم حجر وفقاً لمعادلة بن مان مونتيث

للفترة ما بين ١٩٩٠ - ٢٠٢٢ م

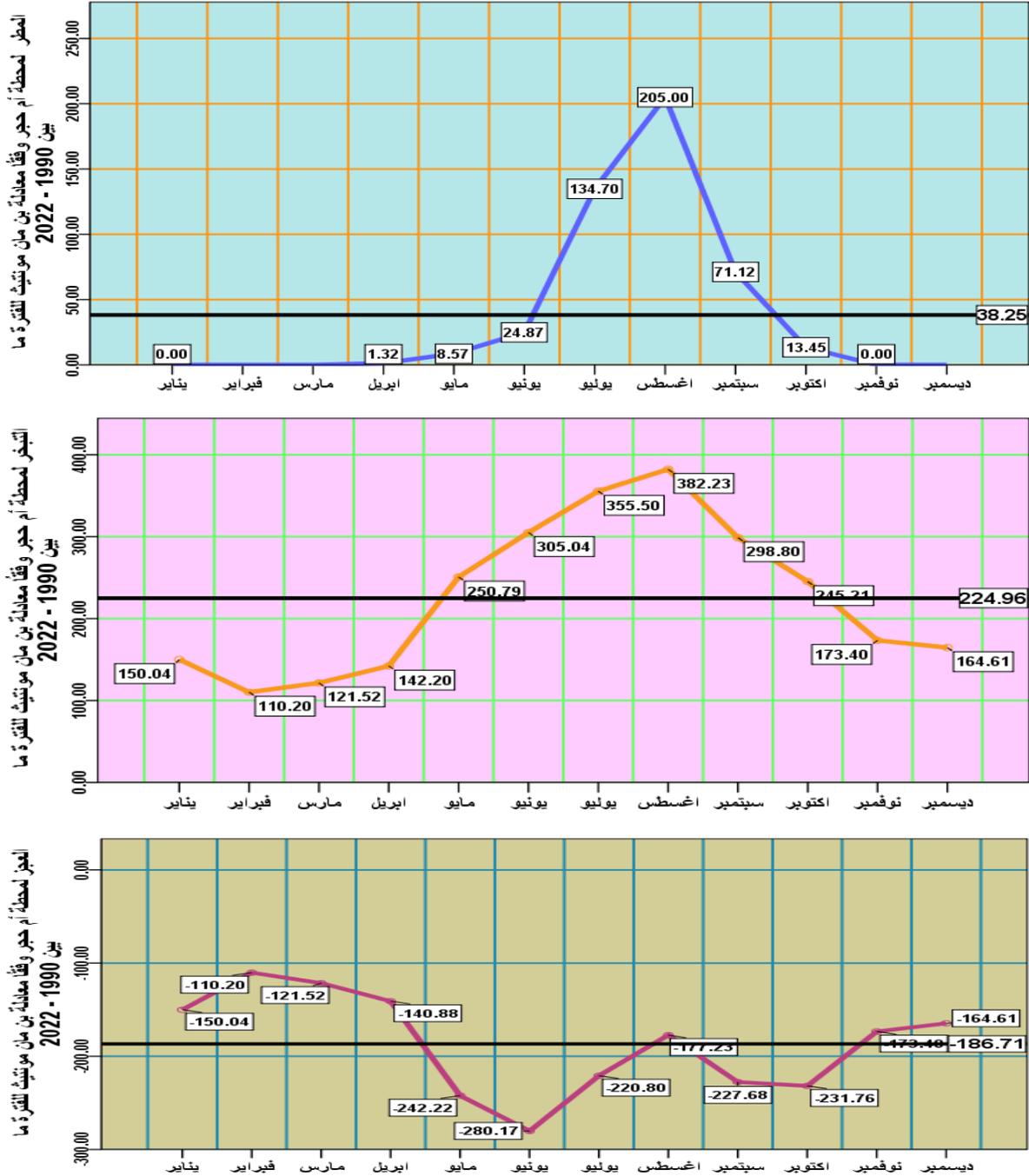
الرقم	الشهور	الأمطار	التبخر	العجز
١	يناير	٠,٠٠	١٥٠,٠٤	-١٥٠,٠٤
٢	فبراير	٠,٠٠	١١٠,٢٠	-١١٠,٢٠
٣	مارس	٠,٠٠	١٢١,٥٢	-١٢١,٥٢
٤	أبريل	١,٣٢	١٤٢,٢٠	-١٤٠,٨٨
٥	مايو	٨,٥٧	٢٥٠,٧٩	-٢٤٢,٢٢
٦	يونيو	٢٤,٨٧	٣٠٥,٠٤	-٢٨٠,١٧
٧	يوليو	١٣٤,٧٠	٣٥٥,٥٠	-٢٢٠,٨٠
٨	أغسطس	٢٠٥,٠٠	٣٨٢,٢٣	-١٧٧,٢٣
٩	سبتمبر	٧١,١٢	٢٩٨,٨٠	-٢٢٧,٦٨
١٠	أكتوبر	١٣,٤٥	٢٤٥,٢١	-٢٣١,٧٦
١١	نوفمبر	٠,٠٠	١٧٣,٤٠	-١٧٣,٤٠
١٢	ديسمبر	٠,٠٠	١٦٤,٦١	-١٦٤,٦١
١٣	الوسط الحسابي	٠,٠٠	٢٥٨,٩٤	-٢٢٢,٠٣

المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإحصاء الجوي (٢٠٢٣).

اتضح من خلال تطبيق معادلة بينمان؛ أن محطة أم حجر مماثلة لنظيرتها الآخرين، إذ لا يوجد بها فائض مائي على الإطلاق، فالملاحظ من خلال البيانات المضمنة بالجدول (١٦)؛ أن قيم التبخر تتفاوت تفاوتاً بين أشهر السنة، ففي شهر يناير بلغ حجم التبخر (150.4) ملم، وقد سجل بالمحطة عجزاً مائياً مناخياً قدره (-150.05) ملم، متأثراً بالغياب الكلي لكمية الأمطار. وفي شهر فبراير بلغ حجم العجز (-110.2) ملم، وحجم كمية الأمطار فيه أيضاً صفراً، بينما سجل شهر مارس عجزاً مناخياً بلغ حجمه (-١٢١.٥٢) ملم، وتظهر عليه آثار الغياب التام لكمية الأمطار به خلال فترة الدراسة.

ويعود التدني النسبي لقيم التبخر من جهة والعجز المائي المناخي من جهة أخرى لكون شهر يناير من الشهر الشتاء والشهرين الآخرين من الأشهر الانتقالية تتأثر فيها درجات الحرارة بالرياح التي تسود في باقي أشهر السنة وبالتالي تأثرت قيم التبخر / النتج الممكن وثم الموازنة المائية

المناخية بهما. ويتضح من الجدول (١٦)؛ أن شهر أبريل ارتفعت فيه قيمة العجز المائي المناخي، ففيه بلغ العجز نحو (-140.88) ملم، ويلاحظ تسجيل كمية ضئيلة من الأمطار فيه، إذ لم يتجاوز حجمها ((1.318 ملم فقط، وبلغ حجم التبخر/ النتج الممكن بالشهر ذاته ((142.2ملم، وهذه الكمية تركت أثر واضحاً على حجم العجز المائي المناخي بالمحطة في هذا الشهر.



المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإرصاد الجوي.

شكل (١٩) الموازنة المائية المناخية لمحطة أم حجر وفقاً معادلة بن مان مونثيث للفترة ما بين ١٩٩٠ - ٢٠٢٢م.

ويظهر من الجدول (١٦)؛ أن جميع قيم العناصر المدرجة بالجدول (١٦)، أخذت في الارتفاع التدريجي ابتداء من مايو وانتهاءً بأكتوبر، فالأمطار في شهر مايو بلغ معدلها حوالي (٨.٥٧) ملم، وبلغ حجم التبخر/ النتح الممكن وفقاً لمعادلة بينمان ((250.79 ملم، وبلغ حجم العجز المائي المناخي به نحو (-242.22) ملم.

أما شهر يونيو ففيه بلغت كمية الأمطار (٢٤.٨٧) ملم، وارتفع معدل قيمة التبخر به لتصل نحو (305.05) ملم، وكان لهذه الارتفاع آثاره في ارتفاع قيمة العجز المائي المناخي فيه، إذ بلغ حجم العجز حوالي ((-280.17) ملم، وازدادت كمية الأمطار في شهر يوليو لتصل إلى حوالي ((134.70) ملم؛ لكن بالمقابل ارتفع فيه أيضاً حجم التبخر / النتح فبلغ قيمة قدرها ((355.5) ملم، بينما العجز المائي المناخي بالشهر سجل قيمة قدرها (-220.8) ملم.

ويتضح من الجدول (١٦)؛ أن شهر أغسطس سجلت فيه أعلى القيم من حيث حجم كمية الأمطار، إذ بلغ حجمها فيه نحو (٢٠٥) ملم، في حين ارتفع فيه حجم التبخر أيضاً؛ فبلغ نحو ((382.23) ملم، وبالرغم من ارتفاع قيمة التبخر؛ إلا أن حجم كمية الأمطار أثر بشكل واضح في حجم الموازنة المائية المناخية بالمحطة؛ ففيها بلغ حجم العجز المائي المناخي نحو ((177.23) ملم. ونلاحظ من الجدول (١٦)؛ أن شهر سبتمبر ارتفعت فيه قيمة عجز الموازنة المائية المناخية فبلغت (- 227.68) ملم، وهذا العجز الكبير ناتج عن عظم قيم التبخر، حيث بلغ حجمه به (٢٩٨.٨) ملم وتدنّى كمية الأمطار مقارنة بحجمها في الشهر السابق له، إذ بلغت نحو (- 227.68) ملم.

وشهد أكتوبر أيضاً ارتفاعاً ملحوظاً في حجم العجز المائي المناخي بالمحطة؛ إذ بلغ حجم العجز المائي المناخي بالمحطة ((-231.76) ملم، والسبب يعود لقلة الأمطار (13.45) ملم، وارتفاع قيمة التبخر التي بلغت ما يربو على ((245.21) ملم.

أما شهري نوفمبر وديسمبر، فيظهر من الجدول (١٦)؛ أنهما يخلوان من تسجيل أي قيمة لكمية أمطار فيهما، بينما بلغت قيم التبخر بهما (173.5، 164.61) ملم على التتابع، وقيمة العجز بهما بلغت في الأول نحو ((-173.4) ملم، وبلغت في الآخر ((164.61) ملم، وتدنّى قيم التبخر والعجز المائي المناخي بهما يعود لكونها من أشهر الشتاء.

سابعاً: التحليل الإحصائي للعلاقة بين الموازنة المناخية وبعض عناصر المناخ.

أضحى استعمال أساليب التحليل الكمي واحداً من الوسائل الأساسية التي يقوم عليها البحث الجغرافي الحديث، واستفاد هذا الأسلوب من تقدم التكنولوجيا والتعامل مع البيانات الكمية إلى احتلال مراتب عالية من الدقة والوصول إلى نتائج دقيقة ومحددة.

وطبيعة هذا الاسلوب تستدعي الاستعانة بالإحصاء والرياضيات، وفي هذه الدراسة تم توظيف طرائق عديدة من أساليب التحليل الكمي من أجل التعرف على طبيعة العلاقة الرابطة بين الموازنة المائية وعناصر المناخ، وبالتحديد استخدام معامل الارتباط الخطي من خلال قياس العلاقة بين المتغيرين وتحديد درجة تأثير أحدهما على الآخر، باعتبارها أحدهما متغير مستقبل والآخر تابع. ومعلوم أن معامل الارتباط يوضح طبيعة العلاقة القائمة بين المتغيرين، أي علاقة ارتباط موجبة أم سالبة أم أنها طردية أم عكسية قوية أم ضعيفة؟

ارتباط سالب					ارتباط موجب				
قوي جداً	قوي	متوسط	ضعيف	ضعيف جداً	ضعيف جداً	ضعيف	متوسط	قوي	قوي جداً
	٠.٩-	٠.٧-	٠.٥-	٠.٣-	٠.٣	٠.٥	٠.٧	٠.٩	
١-									١+
ارتباط تام					عدم وجود ارتباط				ارتباط تام

شكل (٢٠) درجات قوة معامل الارتباط

الارتباط

يوضح الارتباط العلاقة بين متغيرين يمثل كل واحد منها ظاهرة محددة، فعندما يتغير أحدهما في اتجاه معين، قد يغير الآخر بنفس الاتجاه وعندها يطلق عليه مسمى ارتباط موجب أو طردي، وقد يحدث التغير في اتجاه معاكس، أي إذا زاد هذا نقص الآخر، وحينها يسمى ارتباط سالب أو عكسي، ويمكن إيجاد معامل الارتباط الخطي البسيط باستخدام صيغة بيرسون، ويعرف الارتباط بأنه الوسيلة الإحصائية المستخدمة لقياس العلاقة بين المتغيرات واختبارها إحصائياً لتحديد طبيعتها.

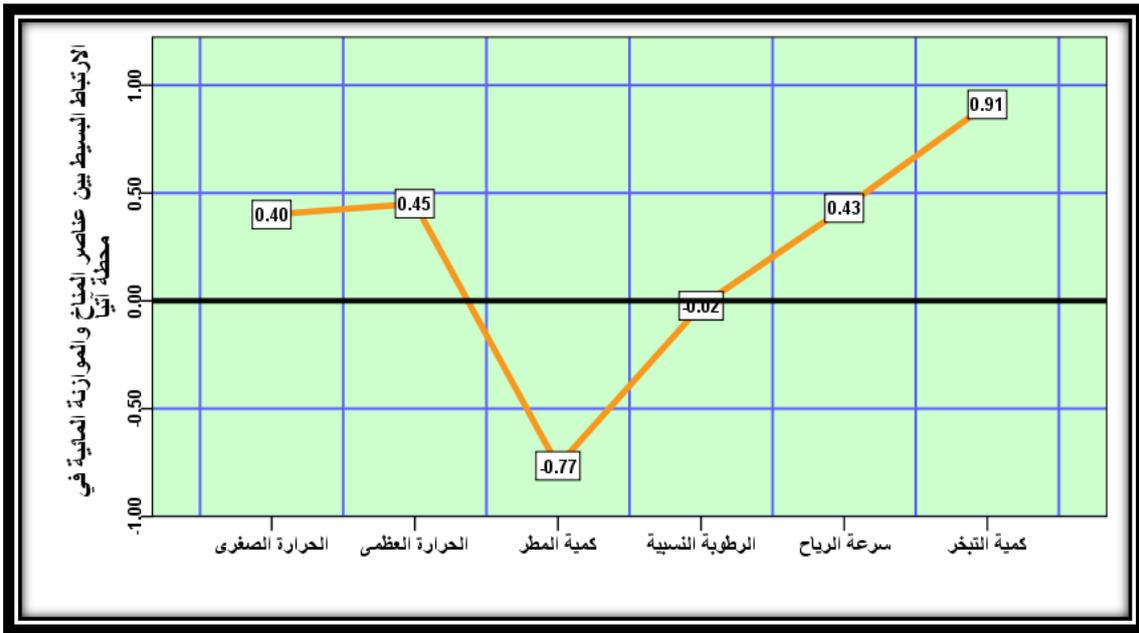
$$r = \frac{\sum Y_i X_i - \frac{(\sum Y_i)(\sum X_i)}{n}}{\sqrt{\sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_i)^2}{n}} \sqrt{\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}}}$$

نتائج الارتباط الخطي البسيط بين عناصر المناخ والموازنة المائية في محطة آتيا

جدول (١٧) الارتباط الخطي البسيط بين عناصر المناخ والموازنة المائية في محطة آتيا

الرقم	المتغيرات	قيمة الارتباط	العلاقة
١	الموازنة المائية والحرارة الصغرى	٠,٤٠	طرديّة ضعيفة
٢	موازنة المائية والحرارة العظمى	٠,٤٥	طرديّة ضعيفة
٣	الموازنة المائية وكمية المطر	٧٦٥.-	عكسية قوية
٤	الموازنة المائية والرطوبة النسبية	٠,٢٣.-	عكسية ضعيفة جداً
٥	الموازنة المائية وسرعة الرياح	٠,٤٣	طرديّة ضعيفة
٦	الموازنة المائية وكمية التبخر	٠,٩١	طرديّة قوية جداً

المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإرصاد الجوي (٢٠٢٣)



المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإرصاد الجوي.

شكل (٢١) الارتباط الخطي البسيط بين عناصر المناخ والموازنة المائية في محطة آتيا.

يتضح من الجدول (١٧)، وجود علاقات ارتباط متفاوتة من حيث القوة والنوع بين المتغير التابع (الموازنة المائية) والمتغيرات (الاساسية) المؤثرة فيه ، كدرجات الحرارة الصغرى والعظمى والأمطار والرطوبة النسبية وسرعة الرياح والتبخر، فأظهرت نتائج التحليل الإحصائي البسيط؛ أن علاقة الارتباط بين الحرارة الصغرى والعظمى وسرعة الرياح والتبخر مع العجز المائي علاقة طردية بلغت أعلى قيمة لها مع التبخر (0.91) وهي علاقة ارتباط قوية جدا ، وقيمة الارتباط بين العجز المائي ودرجة الحرارة العظمى بلغت نحو 0.45 ، وهي علاقة طردية متوسطة، في حين بلغت قيمة العلاقة بين العجز المائي وسرعة الرياح 0.43 وهي علاقة طردية متوسطة، ثم تلت الأخيرة العلاقة بين العجز المائي ودرجة الحرارة الصغرى فبلغت قيمتها (0.40).

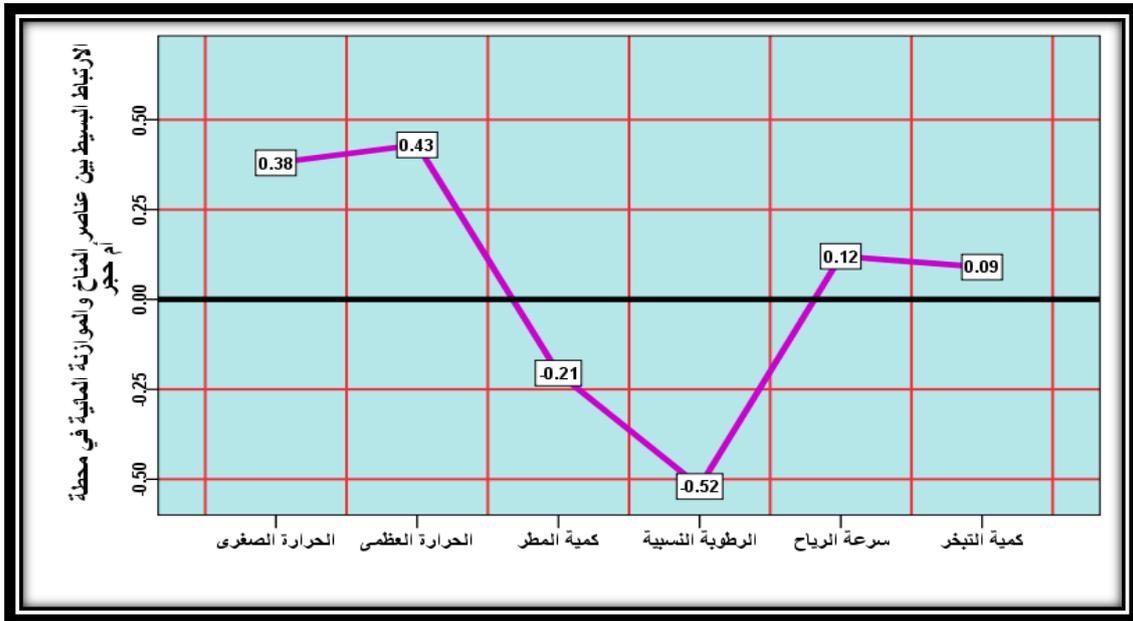
أما العلاقة بين العجز المائي وعنصري الأمطار والرطوبة النسبية علاقة عكسية، حيث يقل العجز المائي بزيادة كمية الأمطار والرطوبة النسبية، فبلغت درجة الارتباط بين كمية الأمطار والعجز المائي ((-0.765)، وهي علاقة عكسية قوية، وبلغت قيمة الارتباط عنصر الرطوبة النسبية والعجز المائي ((-0.23)، وهي أيضا علاقة عكسية ضعيفة.

جدول الارتباط البسيط بين عناصر المناخ والموازنة المائية في محطة أم حجر

جدول (١٨) الارتباط الخطي البسيط بين عناصر المناخ والموازنة المائية في محطة أم حجر

الرقم	المتغيرات	قيمة الارتباط	العلاقة
١	الموازنة المائية والحرارة الصغرى	٠,٣٨	طردية ضعيفة
٢	موازنة المائية والحرارة العظمى	٠,٤٣	طردية ضعيفة
٣	الموازنة المائية وكمية المطر	٠,٢٠٥-	عكسية ضعيفة
٤	الموازنة المائية والرطوبة النسبية	٠,٥٢-	عكسية قوية
٥	الموازنة المائية وسرعة الرياح	٠,١٢	طردية ضعيفة جدا
٦	الموازنة المائية وكمية التبخر	٠,٠٩٦	طردية ضعيفة جدا

المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإرصاد الجوي (٢٠٢٣)



المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإرصاد الجوي.

شكل (٢٢) الارتباط الخطي البسيط بين عناصر المناخ والموازنة المائية في محطة أم حجر

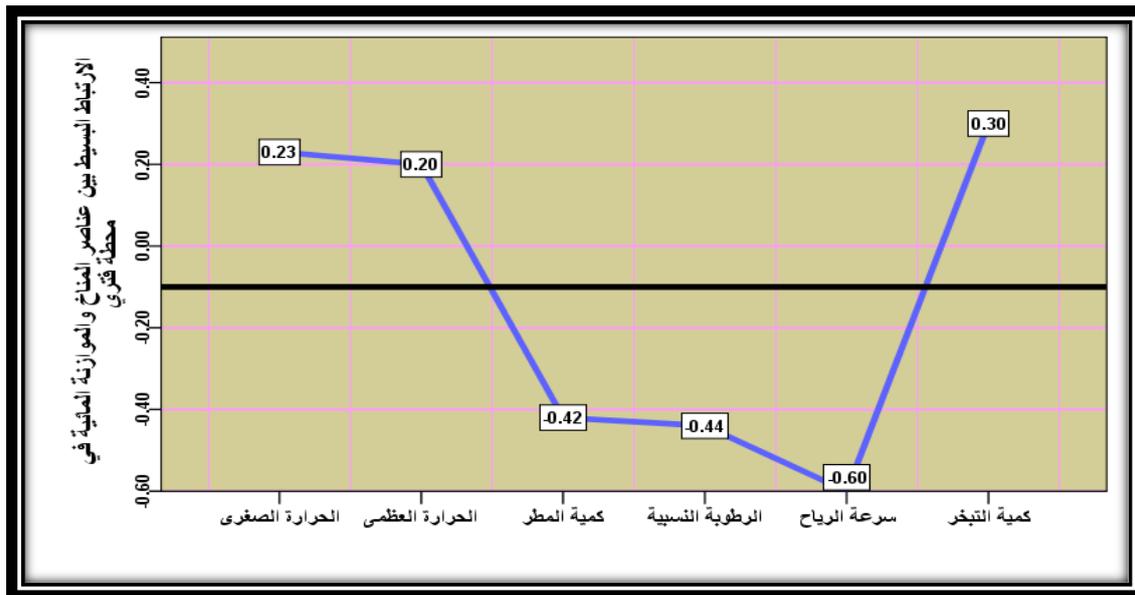
يظهر من خلال الشكل (١٨) وجود علاقة ارتباطية خطية متباينة نوعاً وقيمة بين المتغيرات الأساسية ذات الأثر عليه ممثلة في الحرارة العظمى والصغرى وكمية الأمطار والرطوبة النسبية وسرعة الرياح، واتضح من خلال البيانات المدرجة بالجدول (١٨) أن علاقة الارتباط بين العجز المائي والحرارة الصغرى والعظمى وسرعة الرياح علاقة طردية بلغت أقصى حد لها بين درجة الحرارة العظمى والعجز المائي فكانت 0.43 وعلاقة طردية متوسطة، في حين بلغت العلاقة بين العجز المائي والحرارة الصغرى 0.38 وعلاقة طردية ضعيفة، بينما بلغت قيمة الارتباط بين سرعة الرياح والعجز نحو 0.12 وهي علاقة طردية ضعيفة جداً.

ونلاحظ من الجدول (١٨) والشكل (١٨) أيضا؛ أن العلاقة بين العجز المائي والأمطار والرطوبة النسبية علاقة عكسية، أي ينخفض معدل العجز المائي بزيادة كمية الأمطار والرطوبة النسبية، فبلغت قيمة الارتباط بين العجز المائي وكمية الأمطار -0.52 ؛ وهي علاقة عكسية متوسطة، بينما بلغت قيمة العلاقة الارتباطية بين العجز المائي والرطوبة النسبية أيضا -0.52 ، وهي كذلك علاقة متوسطة، أما العلاقة الخطية بين العجز المائي والتبخر فبلغت 0.0096 ، وهي علاقة طردية ضعيفة.

جدول (١٩) الارتباط الخطي البسيط بين عناصر المناخ والموازنة المائية في محطة الفتري

الرقم	المتغيرات	قيمة الارتباط	العلاقة
١	الموازنة المائية والحرارة الصغرى	٠,٢٣	طردية ضعيفة
٢	موازنة المائية والحرارة العظمى	٠,٢٠	طردية ضعيفة
٣	الموازنة المائية وكمية المطر	٠,٤٢-	عكسية ضعيفة
٤	الموازنة المائية والرطوبة النسبية	٠,٤٤-	عكسية ضعيفة
٥	الموازنة المائية وسرعة الرياح	٠,٦٠-	عكسية ضعيفة
٦	الموازنة المائية وكمية التبخر	٠,٣٠	طردية ضعيفة

المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإرصاد الجوي (٢٠٢٣)



المصدر: اعتماداً على بيانات على الإدارة الوطنية العامة للإرصاد الجوي.

شكل (٢٣) الارتباط الخطي البسيط بين عناصر المناخ والموازنة المائية

في محطة الفتري

يتضح من الشكل (١٩) والجدول (١٩)؛ أن هناك علاقات ارتباط متفاوتة من حيث القوة متباينة من حيث النوع بين المتغير التابع (العجز المائي) والتغيرات المستقلة ذات الأثر عليه كالأمطار والحرارة العظمى والصغرى وسرعة الرياح والرطوبة النسبية والتبخر، ويظهر من بيانات

الجدول (١٩) علاقة الارتباطات بين كل من الأمطار والرطوبة والتبخر علاقة عكسية، فيقل العجز المائي بزيادتهما، فبلغت قيمة الارتباط بين العجز المائي والأمطار - 0.42 وهي قيمة عكسية متوسطة، بينما بلغت قيمة الارتباط بين عنصر الرطوبة النسبية والعجز المائي (-0.44)، وهي علاقة عكسية متوسطة كذلك، العلاقة الإحصائية بين عنصر التبخر والعجز المائي فبلغت (- 0.30)، وهذه القيمة تشير إلى أن عكسية ضعيفة، في حين نلاحظ ان العلاقة بين العجز المائي والحرارة الصغرى والعظمى علاقة طردية بلغت أعلى قيمة بين العجز المائي والحرارة الصغرى (0.23)، وهي علاقة طردية ضعيفة ، بينما بلغت قيمة العلاقة بين العجز المائي والحرارة العظمى (0.20) وهي علاقة طردية ضعيفة أيضا.

النتائج والتوصيات:

- ١- تتسلم منطقة الدراسة في فصل الصيف واردا مائيا متوسطاً من الأمطار السنوية مع ارتفاع في قيم التبخر فقد أثر ذلك على مقدار الموازنة المائية المناخية، إذ أن قيمة العجز المائي أكبر من الوارد.
- ٢- بينت الدراسة أن معامل الاتجاه السنوي لدرجات الحرارة الاعتيادية في جميع محطات الدراسة يميل نحو الانخفاض (-1.88 ، -1.54 ، -1.29) على التوالي.
- ٣- اتضح من خلال التحليل؛ أن الاتجاه العام لمعدلات درجات الحرارة العظمى تشير نحو الانخفاض في جميع المحطات المدروسة (-1.24 ، -0.099 ، -0.244) توالياً.
- ٤- بينت الدراسة؛ أن معامل الاتجاه السنوي لمعدلات الأمطار يميل نحو الارتفاع في كافة المحطات المدروسة؛ فقد بلغ المعامل (٤٥.١٢ ، 44.68 ، 40.75) على التوالي.
- ٥- أوضحت الدراسة؛ أن معامل الاتجاه لمعدلات التبخر يتجه نحو الارتفاع، وهذا شامل لجميع محطات التي تمت دراستها، إذ بلغت القيم (٠.١٠٩ ، 00.26 ، 2.070) على التتابع.
- ٦- أظهرت نتائج معادلة بيتمان مونتيث؛ أن كافة المحطات المدروسة شهدت عجزاً مائياً في جميع الشهور، يشد في أشهر الصيف وينخفض في أشهر الشتاء، فقد بلغت قيمة العجز المائي في شهر يناير في محطة اتيا (-١٥٥) ملم، وفي محطة الفتري (-161.51) ملم، بينما في محطة أم حجر بلغ مقداره (-١٥٠.٤) ملم.
- ٧- سجلت محطة اتيا أكبر قيمة عجز مائي في يونيو بلغت قيمته (٢٧٨.٧٣) ملم؛ وأيضاً بلغت قيمة العجز أقصى حد لها في محطة الفتري في شهر يونيو كذلك، فبلغ العجز حوالي (- 260) ملم، وفي محطة أم حجر أكبر عجز مائي لها تم رصده في شهر يونيو، إذ بلغت قيمة العجز فيه نحو (٢٨٠.١٧ -) ملم.

- ٨- اتضح من خلال تحليل نماذج كل من ديمارتون وايفانوف وشرف أن منطقة الدراسة تتميز بالجفاف وضعف فعالية الأمطار
- ٩- أظهرت نتائج التحليل الإحصائي أن قيمة الارتباط بين عنصر التبخر والعجز المائي علاقة طردية قوية جدا بلغت ((0.91)، في حين كانت العلاقة بين درجات الحرارة العظمى والعجز المائي علاقة طردية متوسطة قيمتها؛ (0.45) ، بينما العلاقة بين العجز المائي وكمية الأمطار علاقة عكسية قوية قيمتها (0.765).
- ١٠- اوضحت نتائج التحليل الإحصائي أن العلاقة الارتباطية بين درجات الحرارة الصغرى والعجز المائي علاقة طردية متوسطة بلغت قيمتها 0.43، في حين أن العلاقة بين الرياح والعجز المائي علاقة طردية ضعيفة، ومع كمية الأمطار علاقة عكسية متوسطة قيمتها 0.52 -، ومع الرطوبة النسبية أيضا علاقة عكسية متوسطة قيمتها حوالي -0.52.

التوصيات:

- ١) ضرورة تطوير وتحديث وإنشاء المزيد من المحطات المتورولوجية والهيدرولوجية وتوزيعها وفقا للمعايير العالمية من أجل توفير البيانات اللازمة لإجراء دراسة معمقة حول الموازنة المائية المناخية لتحديد المشكلة واقتراح الحلول المناسبة لمشكلات التغير المناخي والعجز المائي بمنطقة الدراسة.
- ٢) ضرورة اقامة مشروعات حصاد مياه الامطار وتخزينها سطحيا أو جوفيا للاستفادة منها في الفصول الجافة من السنة.
- ٣) التوعية بأهمية الماء والتعريف بمخاطر التغيرات المناخية وآثاره على الموازنة المائية من خلال برامج مقروءة ومسموعة للحفاظ على الموارد المائية وديمومتها في ظل التغيرات المناخية.
- ٤) توجيه الدراسات والأبحاث المناخية نحو الموضوعات البيئية والمناخية المرتبطة بتغير المناخ، والعجز المائي، والموارد المائية، والجفاف.
- ٥) تبني برامج التوعية بأهمية ترشيد المياه واستخدام الموارد منها لكفاءة عالية في الاستخدامات المختلفة وزراعة المحاصيل المناسبة لفترات الفائض والعجز المائي.
- ٦) ضرورة التركيز على كيفية وضع نظام انذار مبكر بشأن الجفاف والتغيرات المناخية واقتراح الحلول الناجعة لمواجهتها بما يتفق مع خصائص المنطقة.
- ٧) التعامل مع مشكلة التغير المناخي والموازنة المائية بالإقليم بجدية، وعدم الاكتفاء بوصف الظاهرة أو تناسيها، فهي مشكلة خطيرة لا بد من الاحتراز منها وعدم الاكتفاء بنتائج الأبحاث دون تطبيقها.

- ٨) ضرورة تطوير وتحديث محطات الرصد المناخي والهيدرولوجي القائمة حالياً وإنشأت محطات مناخية جديدة لمد الباحثين بالبيانات اللازمة للدراسات المناخية.
- ٩) التوسع في استخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية وعمل قاعدة بيانات في معرفة التنبؤات المناخية وفترات حدوث الجفاف من أجل الاستعداد لها مبكرة.
- ١٠) ضرورة العمل على تخزين مياه الأمطار التي تسقط ولا يستفاد منها خلال فترات سقوط الأمطار (حصاد المياه).

المصادر والمراجع:

- ١) الإبراهيمي، سهيلة نجم عبد، (٢٠١٤)، التحليل المكاني للمياه الجوفية وإمكانية استثمارها في قضاء طوز خورماتو، أطروحة دكتوراه غير منشورة، جامعة بغداد.
- ٢) أحمد حسين هزاع (٢٠١٥) احتمالات الأمطار والفترات الزمنية لتكرارها في العراق، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة بغداد.
- ٣) الأسدي، صفاء عبد الأمير (٢٠١٤)، جغرافية الموارد المائية العراق جامعة البصرة كلية للعلوم الإنسانية البصرة.
- ٤) جاسم، هنوده أحمد، (٢٠٢٢) تباين الموازنة المائية المناخية حسب نماذج التبدل المناخ في العراق باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، جامعة سامراء، ماجستير غير منشور.
- ٥) خيرة مداني، (٢٠٢١)، قياس سرعة واتجاه الرياح بواسطة جهاز Wind Sonic، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة قاصدي مرباح.
- ٦) الراوي، عادل سعيد، قصي عبد المجيد السامرائي، (١٩٩٠)، المناخ التطبيقي، دار الحكمة للطباعة والنشر، الموصل.
- ٧) سبتي، نزار علي، لبيب خليل إسماعيل، (١٩٨٢)، الهيدرولوجيا الهندسية، مطبعة جامعة البصرة - البصرة.
- ٨) سلام هانف أحمد الجبوري، (٢٠١٤)، علم المناخ التطبيقي، الطبعة الأولى جامعة بغداد.
- ٩) سلام هانف أحمد الجبوري، (٢٠١٥)، أساسيات في علم المناخ الزراعي، دار الراية للنشر والتوزيع.
- ١٠) شحادة نعمان، (٢٠٠٩)، علم المناخ، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان الأردن
- ١١) الشوا، فاروق، (١٩٨٨)، الاحتياجات المائية لأهم المحاصيل في حوض الفرات الأوسط، مجلة الاحتياجات المائية للمحاصيل والأشجار في المناطق البيئية العربية المختلفة، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، بغداد.
- ١٢) الصافي، أبو بكر، (١٩٨٨)، الاحتياجات المائية للنباتات في المملكة المغربية، مجلة الاحتياجات المائية للمحاصيل والأشجار في المناطق البيئية العربية المختلفة، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، بغداد.
- ١٣) عادل سعيد الراوي، قصي عبد المجيد السمرائي، (١٩٩٠)، المناخ التطبيقي، دار الحكمة للطباعة والنشر، الموصل - العراق.

- ١٤) عمر حمدان عبد الشجيري (٢٠١٥)، مؤشرات التغير المناخي وأثرها في الواقع المائي في محطة واسط، رسالة ماجستير غير منشورة جامعة بغداد
- ١٥) غانم علي أحمد، (٢٠١١)، الجغرافية المناخية، دار المسيرة للنشر والتوزيع، عمان الأردن
- ١٦) فواز، محمود، سرعان سليمان (٢٠١٥)، دراسة اقتصادية التغيرات المناخية وأثارها على التنمية المستدامة في مصر، المجلة المصرية للاقتصاد الزراعي عدد يونيو ٢٠١٥.
- ١٧) لوار أو فست تيتولي، (٢٠٢١)، أطالس أفريقيا (تشاد)، سانت إتيان -فرنسا،
- ١٨) محمد، حسن حسين، (٢٠١٦)، الهيدرولوجيا أساسياتها وتطبيقاتها، دار دجلة، بغداد، العراق
- ١٩) محمد، علي بشر، (٢٠١٢)، خصائص المناخ في تشاد، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة إفريقيا العالمية الخرطوم.
- ٢٠) المركز الوطني لدعم الأبحاث والتنمية، أنجينا، ٢٠٢١م.
- ٢١) مروة، جاسم محمد السلماني، (٢٠١٢)، ظاهرة الصقيع وأثرها في إنتاج بعض المحاصيل الشتوية في العراق، رسالة ماجستير غير منشورة،
- ٢٢) المعهد الوطني للإحصاء والدراسات الاقتصادية والديموغرافية، وزارة الاقتصاد والتخطيط، جمهورية تشاد، (٢٠٢٠)، تقارير التعداد العام الثاني للسكان والسكن.
- ٢٣) منظمة الأغذية والزراعة (FAO) ١٩٩٠.
- ٢٤) هدى، إسحاق إبراهيم، (٢٠١٣)، التغيرات المناخية وأثرها على الإنتاج الزراعي في ولاية شمال دارفور، مجلة آداب البصرة العدد ٦٧.
- ٢٥) الهيئة الوطنية العامة للإحصاء الجوية، ٢٠٢١م.

Abstract:

The impact of climate change in the water climatiques evaluation in the region of Batha- Chad

Climate change is considered one of the greatest problems facing the world, and the causes of this phenomenon are mainly due to the steady increase in emissions of greenhouse gases of human origin. The effects of these gases have been reflected in the atmosphere and crystallized on the surface of the Earth in the form of the problem of global warming, and this in turn has led to rising temperatures, heat, and low amounts of rain, which had a major impact on the imbalances in water resources and human activities.

The study, which was entitled: (The impact of climate change on the climatic water budget in the Batha region) focused on climate change indicators for a number of meteorological stations in the Batha region for the period between the years (1990 - 2022). The problem of the study is represented in a main question: What is the impact of the climate change indicators on the hydro-climatic budget in the study area? Through this question, the impact of indicators of changing values of climatic elements on the climate water budget in the region was inferred. The study used the descriptive analytical approaches and the quantitative approach in order to achieve its objectives, and the statistical analyzes were conducted mainly on the monthly averages of the following climatic elements (average normal temperatures, average temperatures Maximum, average minimum temperatures, wind speed, evaporation and transpiration, relative humidity and rainfall amounts) for three meteorological stations, in order to know and determine their trends and monthly and annual change rates for those elements.

Through statistical analysis of the aforementioned elements, the study found a positive trend for some elements, such as temperature and evaporation, and revealed a decrease for others, such as rain and relative humidity.

The Penman-Monteith equation was relied upon to calculate evaporation/transpiration due to its accuracy in estimating the climate water budget. The study concluded that there was a large deficit in the water budget at all study stations. And also revealed, through statistical analysis via linear correlation, the existence of varying correlations in terms of type and strength between the dependent variable (water deficit) and the independent variables, it has also become clear that there is a direct relationship between the water deficit and high temperatures, evaporation, and wind speed, and revealed also the existence of an inverse relationship between the water deficit, rainfall amounts, and relative humidity.

Keywords: climate change, climatique water level, water climatiques evaluation, evaporation/transpiration, Batha Region.