التذبذب في معدَّلات الرطوبة النسبيَّة واتجاهاتها بمحطة بنينا خلال الفترة 1980 – 2009 م

د. حافظ عيسى خيرالله
قسم الجغرافيا/ كليّة الآداب–الكفرة/ جامعة بنغازي
hafidissa @yahoo.com

الملخص:

تهدف الدراسة إلى دراسة التباين في التغيُّرات المناخيَّة لمعدَّلات الرطوبة النسبيَّة خلال الفترة 1980 – 2009م، والمقارنة بينها خلال دورتين مناخيتين: الأولى بين 1980 – 1995م والثانية 1996 – 2009م. كما ترمي الدراسة لدراسة التغيُّرات في فئات الرطوبة النسبيَّة وفقاً لتصنيف رافنشتين Ravenshtein، باستخدام المنهج التحليلي والأسلوب الكمِّي الإحصائي في التعامل مع هذه البيانات لاستخراج معامل الارتباط لبيرسون person بين الرطوبة النسبيَّة وبقيَّة العناصر المناخيَّة الأخرى، فباستثناء الأمطار أظهرت النتائج وجود علاقات ارتباط خطيَّة عكسيَّة بين الضعيفة والقوية بين الرطوبة النسبيَّة والعناصر المناخية المختلفة. كما أظهر تحليل السلاسل الزمنيَّة للقيم الشهريَّة للرطوبة النسبيَّة أنَّ هناك اتجاه عام يميل إلى الانخفاض البسيط مع الزمن بلغ (0.15-) سنوياً.

كما تبيَّن أنَّ فئات الرطوبة النسبيَّة المرتفعة قد قلَّت تكراراتها خلال الفترة كاملة بلغت (1.39%) من جملة التكرارات، بينما ارتفعت فئة المتوسط والرطب تسجل (93.89%) أمَّا بالنسبة لفئة الجاف فكانت (4.72%).

الكلمات المفتاحية: الرطوبة النسبية، رافنشتين، محطة بنينا، الانحراف المعياري، السلاسل الزمنيَّة.

مقدِّمة:

تؤثِّر التغيُّرات التي تحدث في العالم الطبيعيَّة منها والبشريَّة في الخصائص المناخيَّة، وما يتخلَّلها من ظواهر طقسيَّة في المناطق الجافة وشبة الجافة التي تقع منطقة الدراسة من ضمنها تأثيراً مباشراً في الإنسان وفعاليته المختلفة (الموسوي، 2015: ص16)، وتُعد الرطوبة النسبيَّة من العناصر المناخيَّة التي لها دورها في تحديد خصائص المناخ، فهي المسؤولة عن معظم عمليَّات التكاثف من أمطار وزخَّات مطريَّة ورذاذ وغيرها، إذ أنَّ زيادتها في الجو تؤثِّر في عمليَّات التوازن المائي في داخل أنسجة النبات. كما أنَّها تُعد مسؤولة عن مدى شعور الإنسان بالراحة، إذ تمَّ اعتمادها من قبل ثوم Thom وأوليفر Oliver في وضع صيغ معادلات قياس راحة الإنسان (صالح، 2015: ص399)، ويعبِّر عن الرطوبة الجوية بأساليب أو بوسائل كميَّة متعدِّدة أهمها الرطوبة النسبيَّة التي تعني النسبة المئويَّة بين كميَّة بخار الماء الموجود فعلاً في الهواء (الرطوبة المطلقة) في درجة حرارة معيَّنة وبين ما يمكن لذلك الهواء أن يستوعبه من بخار ماء في الدرجة الحرارة نفسها (كربل، 1986: ص145).

وتُعد الرطوبة النسبيَّة من الموضوعات المهمة في الدراسات المناخيَّة كونها تؤثِّر في عناصر المناخ وظواهر الطقس الرئيسية والاضطرابات الجوية، وتتحدَّد الرطوبة النسبيَّة في الجو بمجموعة من العوامل منها الموقع الجغرافي من خلال القرب والبعد عن المسطحات المائيَّة ودرجة الحرارة والرياح والضغط الجوي وضغط بخار الماء في الجو (الموسوي، 2013: ص182)، وترتبط الرطوبة النسبيَّة بالعناصر المناخيَّة المختلفة حيث للرطوبة علاقة عكسيَّة مع درجات الحرارة والتبخُّر والإشعاع الشمسي وسرعة الرياح (حبش، 2013: ص117 وللاستزادة يمكن مراجعة Akinnubi, 2007: p1266).

والرطوبة النسبيَّة تُعد المصطلح الأكثر شيوعاً بين مصطلحات الرطوبة الأخرى التي يُعنى بها في النشرات الجويَّة لكونها تؤدِّي إلى حدوث التكاثف عندما تصل حد الإشباع، كما يمكن أن يستفاد منها في إعطاء تقديرات عن احتماليَّة سقوط الأمطار واستخدام قيمها للمقارنة ما بين المناطق المختلفة فضلاً عن تأثيرها في عملية التبخر/ النتح (الجبوري، 2014: 214). لذا جاءت هذه الدراسة لتبحث في تذبذب معدَّلات الرطوبة النسبيَّة خلال ثلاثين سنة من 1980 – 2009م مع بيان اتجاهاتها وتكراراتها خلال هذه المدَّة.

مشكلة الدِّراسة:

يمكننا حصر مشكلة الدِّراسة في الآتي:

- ما مدى التذبذب في قيم المعدَّلات الشهريَّة والفصليَّة والسنويَّة للرطوبة النسبيَّة وتكراراتها في محطة بنينا خلال الفترة 1980 – 2009م ؟
- ما الاتجاه العام للتغير في معدَّلات الرطوبة النسبيَّة بالمحطة؟ وهل هو دوري أم مستمر؟
- ما العلاقة بين معدَّلات الرطوبة النسبيَّة وبقية العناصر المناخيَّة بالمحطة؟

فرضية الدراسة:

- تشهد معدَّلات الرطوبة النسبيَّة بالمحطة تذبذباً بين الارتفاع والانخفاض عن المعدَّلات السنويَّة في القيم والتكرارات خلال الفترة 1980 – 2009م، وكان الاتجاه العام لمعدَّلات الرطوبة النسبيَّة نحو الانخفاض.
- هناك اتجاه عام نحو الزيادة في الانحرافات الموجبة في قيم المعدَّلات الشهريَّة للرطوبة النسبيَّة بالمحطة.

أهمية الدِّراسة:

تتجلَّى أهميَّة الدِّراسة في تسليط الضوء على ظاهرة تناقص معدَّلات الرطوبة النسبيَّة السنويَّة نتيجة الارتفاع لدرجات الحرارة، والتي لها آثار كبيرة على معدَّلات التبخُّر/نتح والموازنة المائيَّة، والمتطلَّبات المائيَّة للنباتات، وراحة الإنسان.

هدف الدِّراسة:

تهدف الدِّراسة إلى:

1- دراسة التغيُّرات التي طرأت على المعدَّلات الشهريَّة والفصليَّة والسنويَّة للرطوبة النسبيَّة في محطة بنينا خلال الفترة 1980 – 2009م.

2- الكشف عن التذبذب في القيم والتكرارات لمعدلات الرطوبة النسبيَّة بمنطقة الدراسة.

3- تحليل العلاقة بين معدَّلات الرطوبة النسبيَّة والعناصر المناخيَّة الأخرى.

4- كما ترمي الدراسة لتحديد التغيُّرات في فئات الرطوبة النسبيَّة وفقاً لتصنيف رافنشتين Ravenshtein لأربعة فئات هي فئة 80% - 100% مرتفع الرطوبة، وفئة 65% -

80% رطب، وفئة 50% – 65% المتوسط الرطوبة، وفئة منخفض الرطوبة أقل من 50%.

منهجيَّة الدراسة:

اختيرت الفترة الزمنية 1980 – 2009م وبالاعتماد على البيانات الشهريَّة لمعدَّلات الرطوبة النسبيَّة، وتمَّ تقسيم الدراسة على فترتين مناخيتين، تمتد الفترة الأولى من 1980 – 1995م والفترة الثانية من 1996 – 2009م لقياس التغيُّرات في قيم الرطوبة النسبيَّة.

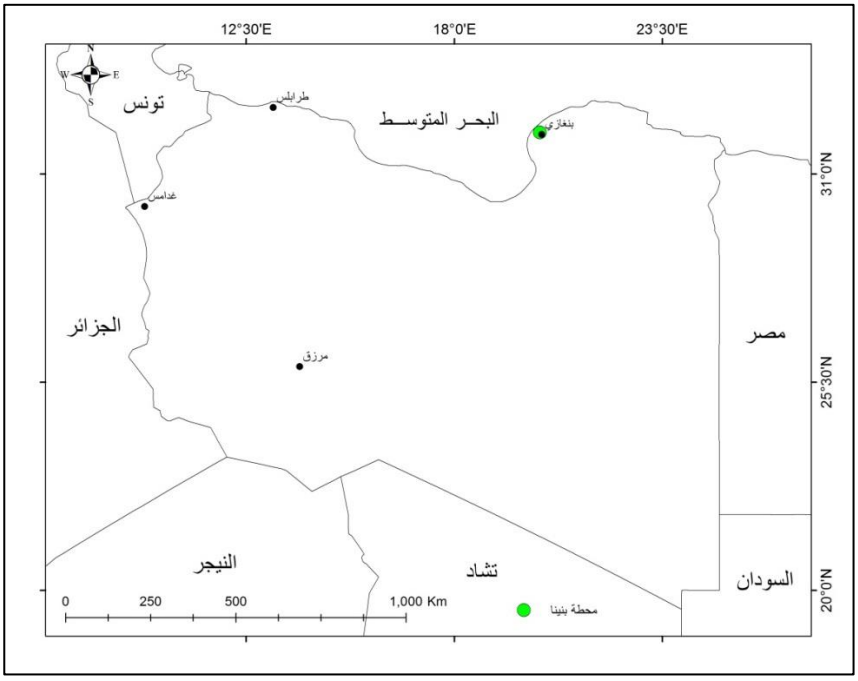
ولقد تعدَّدت تصانيف الرطوبة النسبيَّة، فالبعض يُعد الهواء جافاً إذا كانت الرطوبة أقل من 50%، وعادياً إذا كانت نسبة الرطوبة ما بين 60% – 70% وذا رطوبة عالية إذا زادت عن 70% (النطاح، 1990: ص98)، أمَّا رافنشتين فقد صنَّف العالم إلى أربعة أقاليم بالاعتماد على المعدَّل السنوي للرطوبة النسبيَّة، فبين 80% – 100% يعد مرتفع الرطوبة، وبين 65% – 80% رطب وبين 50% – 65% متوسِّط الرطوبة، وأقل من 50% منخفض الرطوبة (السامرائي، 2008: ص144). ولقياس التغيُّرات في الرطوبة النسبيَّة سنقوم باعتماد تصنيف رافنشتين وتطبيقه على المعدَّلات الشهريَّة للرطوبة النسبيَّة.

أدوات الدِّراسة:

لتحقيق أهداف الدِّراسة والتوصُّل إلى الحقائق التي تؤكِّد صحَّة فرضياته أو تنفها اعتمد الباحث على المنهج الاستقرائي الاستدلالي والمنهج التحليلي العلمي، فضلاً عن استخدام المعالجات الإحصائيَّة للبيانات للحصول على نتائج دقيقة من خلال استخدام برنامج Minitab16، ورسم الأشكال البيانية وتحديد خط الاتجاه العام باستخدام برنامج Microsoft Excel.

ولقد اعتمد في هذه الدراسة على القيم الشهريَّة لمعدَّلات الرطوبة النسبية المتحصَّل عليها من قبل مصلحة الأرصاد الجوية لمحطة بنينا بمدينة بنغازي كما هو مبين بالشكل (1)، التي تحمل الرقم الدولي 62053 والواقعة على دائرة عرض 05 32˚ شمالاً، وخط طول 16 20˚ شرقاً، وعلى ارتفاع 129 متر فوق مستوى سطح البحر خلال الفترة 1980 – 2009م.

شكل (1) موقع محطة بنينا.



المصدر: من عمل الباحث باستخدام برنامج ArcGis 10.8

وقد قُسِّمت فترة الدراسة إلى فترتين: الفترة الأولى 1980 – 1994م والثانية 1995 – 2009م، ولمعرفة التفاصيل الأكثر قُسِّمت الفترة الزمنيَّة للدراسة إلى ثلاثة عقود: العقد الأول 1980 – 1989م والعقد الثاني 1990 – 1999م العقد الثالث 2000 – 2009م. ومن أهم المعاملات الإحصائيَّة التي استخدمت في تحليل معدلات الرطوبة النسبية ما يلي:

أولاً التحليل الإحصائي للمعدلات الشهريَّة والفصليَّة والسنويَّة للرطوبة النسبيَّة:

وقد تمَّ استنتاج ما يلي:

1- تشير البيانات الواردة بالجدول (1) إلى أنَّ متوسط المعدَّلات السنويَّة للرطوبة النسبيَّة في محطة بنينا للفترة 1980 – 2009م بلغ نحو 65.24%، وبذلك يُعد هواء محطة بنينا ذا رطوبة عادية (متوسط الرطوبة)، وهي شبه متساوية خلال الفترتين 65.84% الفترة الأولى وهو أعلى من المعدَّل السنوي خلال الفترة كاملة بفارق بلغ 0.6%، بينما انخفضت خلال الفترة الثانية لتصل إلى 64.63% بفارق 0.61-%، أمَّا بالنسبة للمعدَّلات السنويَّة للرطوبة النسبيَّة خلال العقود فقد ارتفع المعدل السنوي بالعقدين الأول والثاني عن المعدَّل

السنوي العام للرطوبة ويسجّل العقد الأول 66.73% بفارق يبلغ 1.49% عن المعدَّل السنوي، بينما يقل الفارق في العقد الثاني ليصل إلى 0.27% فقد بلغ المعدل السنوي به 65.51%، أمَّا العقد الثالث فقد انخفض المعدل السنوي به ليصل إلى 63.47% بفارق 1.77-% وهو ما يشير إلى انخفاض مؤشِّر الرطوبة بالمحطة.

جدول (1) المعدَّلات السنويَّة للرطوبة النسبيَّة (%) بمحطة بنينا للفترة 1980 – 2009م.

الفترة	الفترة كاملة	الفترة الأولى	الفترة الثانية	العقد الأول	العقد الثاني	العقد الثالث
المعدل %	65.24	65.84	64.63	66.73	65.51	63.47

المصدر: الباحث اعتماداً على بيانات محطة الأرصاد بنينا.

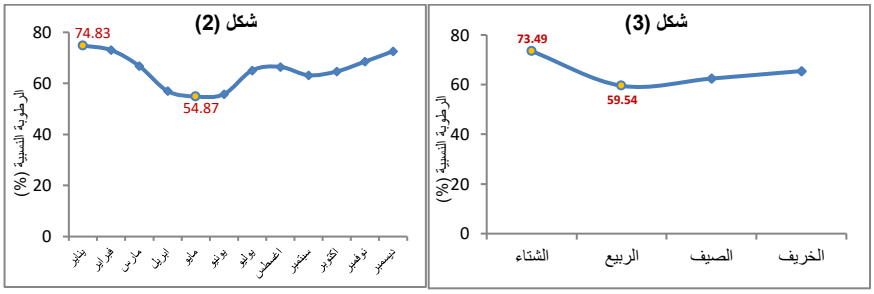
2- كما تراوحت معدَّلات الرطوبة النسبيَّة السنويَّة كما هو مبين بالملحق (2) خلال فترة الدراسة بين أدنى معدَّل لها سنة 2009 بنحو 57.67% سجلت خلال العقد الثالث بانحراف سالب عن المعدَّل السنوي بلغ 7.57-%، في حين وصل أعلى معدَّل سنوي 70.5% سنة 2002، وهو خلال العقد الثالث أيضاً من الدراسة وهو يفوق المعدل السنوي بـ 7.03%، وبالتالي فإنَّ التفاوت بين أعلى وأدنى متوسط بلغ 12.83%، كما لم يتجاوز المعدل السنوي للرطوبة النسبية 70% خلال الفترة كاملة إلَّا في سنتين فقط سنة 2002 بلغ 70.5% وسنة 1984 بلغ 70.25% خلال العقد الأول من الدراسة.

3- يتَّضح من الملحق (1) والشكل (2) الموضح له أنَّ هناك تبايناً واضحاً لمعدَّلات الرطوبة النسبيَّة خلال أشهر السنة، فقد سجَّلت أعلى قيمة لمعدَّلات للرطوبة النسبيَّة الشهريَّة في يناير بلغت 74.83% مقارنةً بباقي الشهور وذلك لانخفاض درجات الحرارة خلال هذا الشهر، فقد بلغ المتوسط السنوي لدرجات الحرارة 12.8مْ ، كما سجَّل شهر يناير أعلى رطوبة نسبيَّة خلال الفترة كاملة بلغت 82% سنة 1983 وسنة 1989، بينما سجَّل أقل معدَّل خلال شهر مايو ويونيو 54.87% و55.77% على التوالي مقارنة بباقي الشهور، كما يلاحظ وجود تقارب في قيم الرطوبة ثم تعود في الارتفاع خلال يوليو وأغسطس وتنخفض مرة أخرى في سبتمبر، وتعود للارتفاع من جديد مع نهاية الخريف وبداية الشتاء ويستمر الارتفاع حتى نهاية الشتاء، ومع بداية الربيع تبدأ مستويات الرطوبة في الانخفاض مرة

أخرى، أمَّا أقل متوسط شهري لقيمة الرطوبة خلال الفترة كاملة فكانت 38% شهر مايو سنة 2008.

4- أمَّا بالنسبة **للمعدَّلات الفصليَّة** للرطوبة النسبيَّة فكما هو مبيَّن بالشكل (3) يسجِّل فصل الشتاء أعلى قيم للرطوبة النسبية 73.49%، بفارق أعلى من المعدَّل العام بلغ 8.25%، بينما يسجِّل الربيع أقل معدلات الرطوبة النسبيَّة 59.54% وهو أقل من المعدل السنوي بـ 5.7-% وهو متقارب من الصيف الذي يسجِّل 62.44% بفارق بلغ 2.8-% أقل من المعدَّل السنوي العام، أمَّا فصل الخريف فهو متقارب جداً من المعدل السنوي العام بلغ 65.47% بفارق أعلى من المعدِّل بـ 0.23% .

شكل (2)(3) المعدَّلات الشهريَّة والفصليَّة للرطوبة النسبيَّة بمحطة بنينا للفترة 1980 – 2009م.



5- يظهر من الملحق (2) أنَّ المتوسطات السنويَّة لمعدَّلات الرطوبة النسبيَّة في محطة بنينا بدأت بمعدَّل بلغ نحو 60.92% سنة 1980 وهي تُعد أقل من المتوسط السنوي بفارق – 4.32%، ولا يوجد أقل منها إلَّا السنوات الأخيرة من الدراسة 2007 – 2008 – 2009، وكان معدَّل درجات الحرارة المتوسطة 20.01مْ، بينما كانت درجات الحرارة الصغرى ذات معدَّل يبلغ نحو 14.86مْ وهي أقل من المعدَّل السنوي، أمَّا معدَّلات الحرارة العظمى فكانت 25.11مْ وهي أعلى من المعدَّل العام السنوي، أمَّا معدَّل الأمطار فقد بلغ 13.15 ملم وهو أقل معدَّل سنوي خلال الفترة كاملة، أمَّا بقيَّة السنوات فتذبذب معدَّل الرطوبة النسبيَّة بين الانخفاض والارتفاع عن المتوسط للتذبذب الحاصل في معدَّلات الحرارة والأمطار، وقد وصلت أدنى معدَّلات الرطوبة النسبيَّة سنة 2009 آخر السنوات للدراسة بلغت 57.67% وهي كانت دون المتوسط بفارق بلغ 7.57-% وذلك عندما ارتفعت

درجات الحرارة المتوسطة إلى نحو 20.25مْ وهي أقل من المعدَّل العام السنوي للحرارة، بينما بلغت درجة الحرارة الصغرى 15.34مْ وهي أقل أيضاً من المعدَّل العام، بينما ارتفعت الحرارة العظمى 25.12مْ أعلى من المعدَّل السنوي، وقد سجَّلت سنة 2008 قبلها مباشرة أعلى معدَّل لدرجات الحرارة العظمى خلال الفترة.

6- من خلال دراسة **الانحراف المعياري**(*) للقيم الشهريَّة لمعدَّلات الرطوبة النسبيَّة خلال الفترة كاملة يلاحظ أنَّها بلغت 3.48 كما هو مبين بالجدول (2) والشكل (3)، وأنَّ قيم الانحراف تختلف باختلاف الفصول والشهور، فأقل القيم سُجَّلت خلال فصل الشتاء وهي قريبة جداً من الانحراف خلال الفترة كاملة بلغت 3.46 ، بينما سُجِّلت أعلى قيمة خلال الخريف 5.01 كما هو موضح بالجدول (3) والشكل (5)، أمَّا على مستوى الشهور فيسجِّل شهر يوليو أقل انحراف معياري بلغ 3.45 بينما يسجِّل نوفمبر أعلى انحراف بلغ 7.00.

7- أمَّا بالنسبة **لمعامل التباين**(**) للقيم الشهريَّة لمعدَّلات الرطوبة النسبيَّة فقد بلغ خلال الفترة كاملة 5.33% ، ويُعد شهر يونيو أعلى الشهور تبايناً بلغ 12.38% ، بينما يسجِّل فبراير أقل تبايناً بلغ 5.68%. كما هو مبيَّن بالجدول (2) والشكل (4)، أمَّا بالنسبة لمعامل التباين الفصلي فيتبيَّن أنَّ فصل الشتاء يسجِّل أيضاً أدنى القيم لمعامل التباين بلغت 4.71% وهي أقل من التباين خلال الفترة كاملة، أمَّا أعلى القيم فكانت خلال الربيع 7.80% كما هو مبيَّن بالجدول (3) والشكل (6).

جدول (2) القيم الإحصائيَّة الشهريَّة للمعدَّلات السنويَّة للرطوبة النسبيَّة بمحطة بنينا للفترة 1980 – 2009م.

(*) وقيمته تُدلل على مدى تقارب المسافات الإحصائية بين قيمة المتوسط وقيم المتغير الذي حسب له، أي مدى انتشار القيم حول متوسطها، وبالتالي دقة تمثيله لها. وتتميز قيمة الانحراف المعياري بأنها تكون أصغر من أي قيمة في المتغير المحسوب له. ودقة تمثيل المتوسط للقيم ترتبط عكسياً مع قيمة الانحراف المعياري، بمعنى أنه كلما صغرت قيمته قابل ذلك ارتفاعاً في دقة التمثيل (الجراش، 2019: ص68).

(**) معامل التباين أو الاختلاف يُدلل على درجة الانتشار النسبي للقيم حول متوسطها في شكل نسبة مئوية للانحراف المعياري بالنسبة للمتوسط، والقيمة الصغيرة لمعامل الاختلاف تعني اختلافاً صغيراً لقيم المتغير عن قيمة المتوسط، وبالتالي فهي تدل على دقة عالية في تمثيل المتوسط للقيم والعكس صحيح (الجراش، 2019: ص70).

الشهور	المتوسط	الانحراف المعياري	التباين (%)	أقل معدَّل	أعلى معدَّل
يناير	74.83	4.65	6.21	62.00	82.00
فبراير	73.03	4.15	5.68	61.00	79.00
مارس	66.77	5.95	8.91	56.00	77.00
أبريل	57.00	5.58	9.80	47.00	68.00
مايو	54.87	5.71	10.41	38.00	66.00
يونيو	55.77	6.90	12.38	41.00	71.00
يوليو	65.10	3.45	5.30	58.00	71.00
أغسطس	66.47	4.78	7.19	51.00	72.00
سبتمبر	63.20	5.39	8.53	53.00	72.00
أكتوبر	64.67	6.76	10.46	49.00	76.00
نوفمبر	68.53	7.00	10.22	50.00	80.00
ديسمبر	72.60	5.24	7.21	61.00	81.00
الفترة كاملة	65.24	3.48	5.33	57.67	70.50

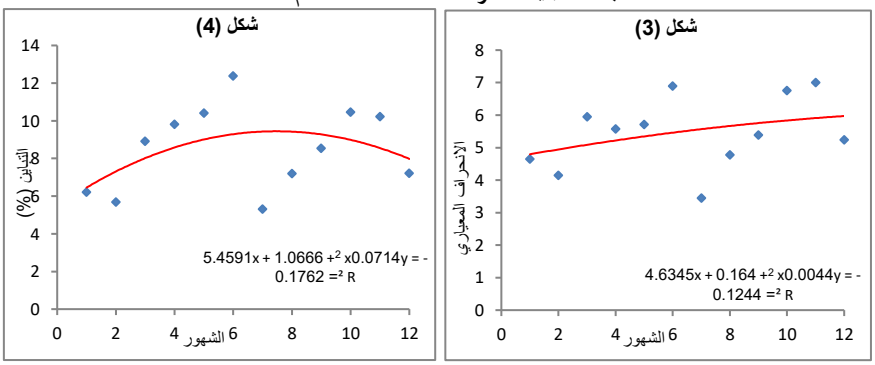
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات مصلحة الأرصاد الجوية، إدارة المناخ والأرصاد الزراعية، طرابلس، ليبيا.

جدول (3) القيم الإحصائيَّة الفصلية للمعدَّلات السنويَّة للرطوبة النسبيَّة بمحطة بنينا للفترة 1980 – 2009م.

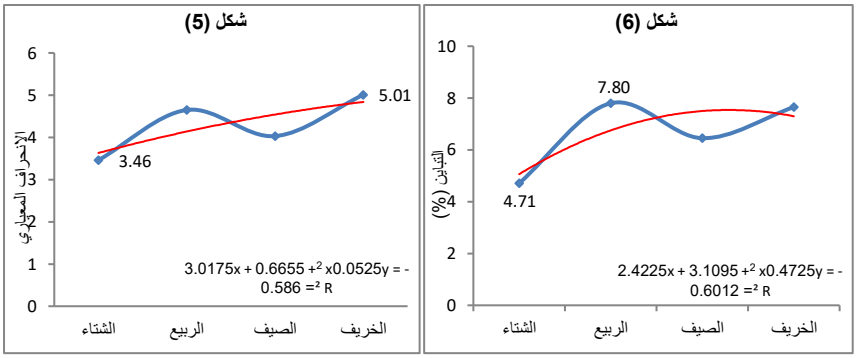
الفصول	المتوسط	الانحراف المعياري	التباين (%)	أقل معدَّل	أعلى معدَّل
الشتاء	73.49	3.46	4.71	65.00	78.67
الربيع	59.54	4.65	7.80	45.67	66.67
الصيف	62.44	4.03	6.45	54.33	68.67
الخريف	65.47	5.01	7.65	53.67	74.00

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات مصلحة الأرصاد الجوية، إدارة المناخ والأرصاد الزراعية، طرابلس، ليبيا.

شكل (3)(4) معامل التباين والانحراف المعياري للقيم الشهرية لمعدَّلات الرطوبة النسبية بمحطة بنينا للفترة 1980 – 2009م

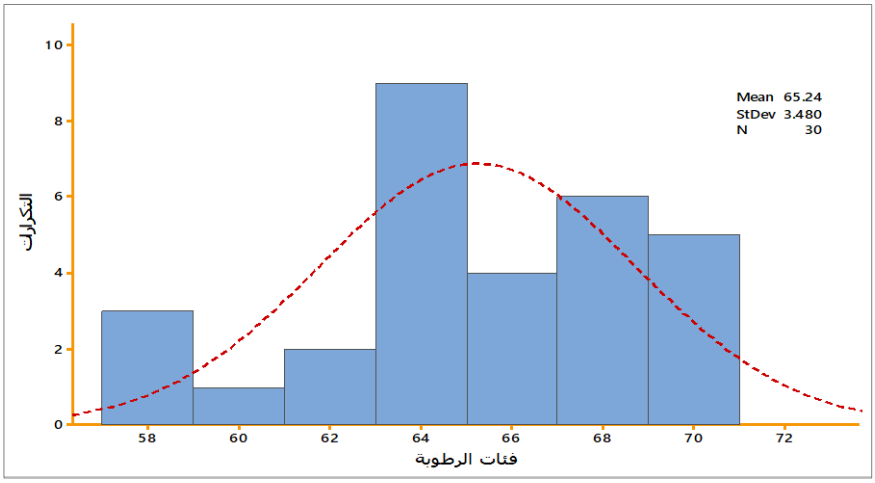


شكل (5)(6) معامل التباين والانحراف المعياري للقيم الفصلية لمعدَّلات الرطوبة النسبية بمحطة بنينا للفترة 1980 – 2009م.



8- ولمعرفة اتجاه التغيُّر في المتوسط السنوي العام فقد قُسِّم إلى سبع فئات تكراريَّة كما هو مبين بالشكل (7)، حيث سجَّلت الفئة التكرارية من (63 – 65%) 9 حالات، بينما (67 – 69%) تسجِّل 6 تكرارات، والفئة (69 – 71%) تسجِّل 5 تكرارات، بينما سجَّلت الفئة (59 – 61%) أقل تكراراً بلغ 1 فقط، أي أنَّ اتجاه التغير في المتوسط السنوي لدرجة الحرارة هو بالارتفاع بدليل التكراري العالي للتذبذب فوق المعدَّل العام للمدَّة.

شكل (7) الفئات التكرارية للمعدَّلات السنويَّة للرطوبة النسبيَّة بمحطة بنينا للفترة 1980 – 2009م.



ثانياً: التكرارات الشهريَّة والفصليَّة والسنويَّة لمعدَّلات للرطوبة النسبيَّة:

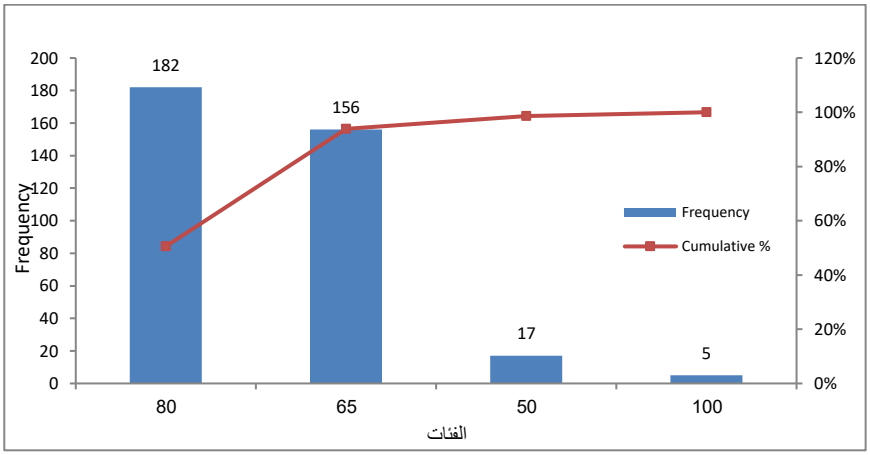
1- يتضح من الجدول (4) والأشكال (8) (9) (10) أنَّ هناك تبايناً زمنيَّاً واضحاً في فئات قيم الرطوبة النسبيَّة خلال الفترة كاملة، فقد سجَّلت **فئة مرتفع الرطوبة** (80 – 100%) 5 تكرارات فقط خلال الفترة كاملة بنسبة 1.39% من جملة التكرارات، وتسجِّل الفترة الأولى 4 تكرارات بينما الفترة الثانية تكرَّرت مرة واحدة فقط، كما يلاحظ أنَّ الـ 4 التكرارات قد سجَّلت خلال العقد الأول بينما لم يسجِّل العقد الثالث أي تكرار لها، أمَّا الفئتان **متوسطة الرطوبة** (50 – 65%) و**الرطبة** (65 – 80%) فهما الفئتان الأكثر تكرار من بين جملة التكرارات (182) 50.56% (156) 43.33% على التوالي وهي ما تمثِّل 93.89% من التكرارات، غير أنَّها تختلف خلال الفترتين فهي أقل خلال الفترة الثانية بالنسبة للفئة الرطبة فقد سجَّلت الفترة الأولى 100 تكراراً مقابل 82 خلال الفترة الثانية، أمَّا بالنسبة للفئة **متوسطة الرطوبة** فقد ارتفعت خلال الفترة الثانية عن الأولى، أمَّا الفئة **الجاف** (أقل من 50%) التي يُعد فيها الهواء جافاً فهي تمثِّل ما نسبته 4.72% من جملة التكرارات 17 مرة وهي متقاربة بين الفترتين، كما يلاحظ أنَّها تتباين خلال العقود حيث يُعد العقد الأول والثاني أقل جفافاً، بينما يُعد العقد الثالث الأكثر تسجيلاً لتكرارات الجفاف بلغت 8 تكرارات.

جدول (4) تكرارات فئات الرطوبة النسبيَّة بمحطة بنينا للفترة (1980 – 2009م).

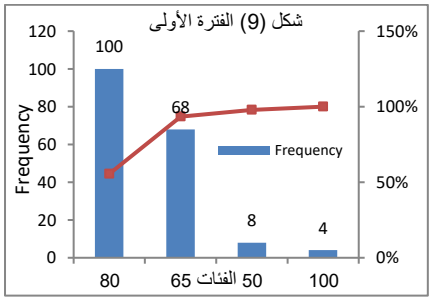
الفئات	الفترات

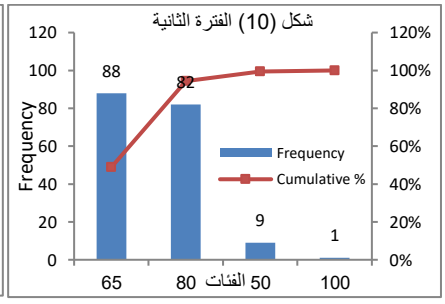
	الفترة كاملة	الفترات		العقود		
		الأولى	الثانية	الأول	الثاني	الثالث
جاف أقل من 50%	17	8	9	5	4	8
متوسط من 50 – 65%	156	68	88	39	52	65
الرطب من 65 – 80%	182	100	82	72	63	47
المرتفع من 80 – 100%	5	4	1	4	1	0
المجموع	**360**	**180**	**180**	**120**	**120**	**120**

شكل (8) تكرارات فئات الرطوبة النسبيَّة بمحطة بنينا للفترة (1980 – 2009م).



شكل (9)(10) تكرارات فئات معدلات الرطوبة النسبيَّة بمحطة بنينا للفترة الأولى والثانية.





2- من خلال دراسة التغيرات الفصليَّة لفئات الرطوبة النسبيَّة لمحطة بنينا خلال الفترة 1980 – 2009م وكما هو مبيَّن بالجدول (5) والشكل (11) يلاحظ الآتي:

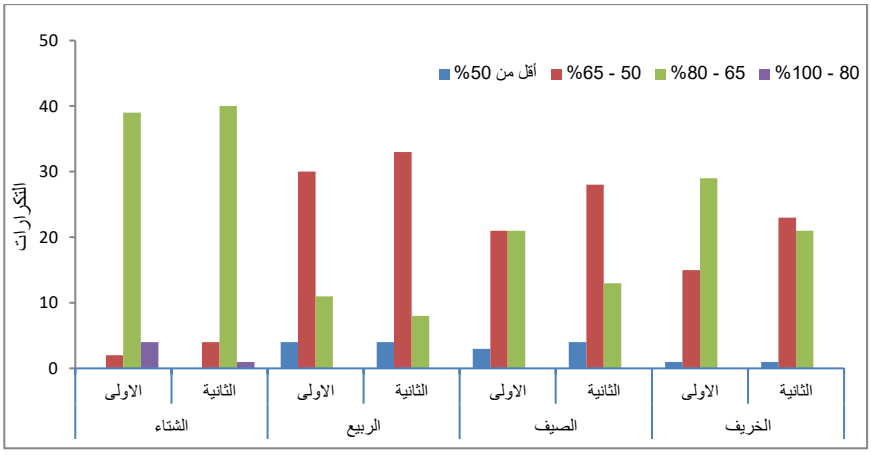
- أنَّ فئة **مرتفع الرطوبة** (80 – 100%) لم تسجِّل إلَّا 5 تكرارات كانت خلال الشتاء أمَّا بقية الفصول فلم تسجِّل أي تكراراً، كما أنَّ فئة **الرطب** (60 – 80%) سجَّلت أعلى نسبة تكراراتها خلال الشتاء 79 والخريف 50 تكراراً على التوالي، بينما كانت أقل التكرارات خلال الربيع 19 تكراراً، بينما حدث العكس لفئة **متوسط الرطوبة** (50 – 60%) فقد سجَّل الشتاء أقل تكرارات بلغت 6 تكرارات، بينما ارتفعت لأعلى تكراراً خلال الربيع بلغ 63 تكراراً، أمَّا الفئة **الجافة** (أقل من 50%) فلم تسجِّل أي تكراراً خلال الشتاء و 2 تكراراً فقط خلال الخريف، بينما يسجِّل الربيع أعلى تكراراً 8 ويليه الصيف بـ 7 تكرارات.
- أمَّا بالنسبة للمقارنة بين الفترات خلال الفصول فيظهر من الشكل (11) أنَّ الفئة (80% – 100%) مرتفعة الرطوبة تكراراتها قلت بنحو كبير في الدورة الثانية، ففي فصل الشتاء كانت خلال الفترة الأولى 4 تكرارات لتصبح في الدورة الثانية مرة واحدة فقط، بينما لم تسجِّل أي تكراراً ببقيَّة الفصول صفر.
- أمَّا الفئة (65% – 80%) الرطب، فقد كانت شبه متساويتين خلال الشتاء، بينما كانت لصالح الدورة الأولى ببقية الفصول بفارق أقل بالنسبة للربيع ويزداد الفارق خلال الصيف والخريف ليصل إلى 8 تكرارات.
- أمَّا بالنسبة للفئة متوسطة الرطوبة (50% – 65%)، فكل التكرارات كانت لصالح الدورة الثانية وأعلى التكرارات كانت خلال الخريف بينما كان أقل فارق خلال الشتاء 2 فقط.
- أمَّا فئة منخفض الرطوبة الجافة (أقل من 50%) فلم تسجِّل أي تكرارات خلال فصل الشتاء، أمَّا بقية الفصول فقد سجَّلت تكرارات متساوية خلال الربيع والخريف، وبفارق تكراراً واحداً فقط خلال الصيف لصالح الدورة الثانية.

جدول (5) التغيرات الفصليَّة لتكرارات فئات الرطوبة النسبية للفترة 1980 – 2009م.

الفئات	الشتاء		الربيع		الصيف		الخريف	
	الفترة الأولى	الفترة الثانية	الفترة الأولى	الفترة الثانية	الفترة الأولى	الفترة الثانية	الفترة الأولى	الفترة الثانية

جاف	0	0	4	4	3	4	1	1
متوسط	2	4	30	33	21	28	15	23
رطب	39	40	11	8	21	13	29	21
مرتفع	4	1	0	0	0	0	0	0

شكل (11) التغيرات الفصليَّة لتكرارات فئات الرطوبة النسبيَّة بمحطة بنينا للفترة 1980 – 2009م.



3- أمَّا بالنسبة **للتغيُّرات الشهريَّة لفئات الرطوبة النسبيَّة** فمن خلال الجدول (6) نستنتج الآتي:

- يسجّل شهري ديسمبر ويناير أعلى القيم بالنسبة لفئة التكرارات **مرتفعة الرطوبة** (80 – 100%) وهما الشهران الوحيدان (3 و 2) على التوالي، ويلاحظ أنَّ الفترة الأولى تسجّل أعلى ارتفاع 4 تكرارات 2 لكل شهر، بينما لم تسجّل إلَّا حالة واحدة فقط خلال الدورة الثانية في شهر ديسمبر، أمَّا بقية الشهور فلم تسجّل أي تكرارات.
- أمَّا بالنسبة للفئة **الرطبة** (60 – 80%) فيلاحظ أنَّها تبدأ في الارتفاع بداية من شهر سبتمبر وتصل أكثر تكراراتها خلال شهر فبراير 28 حالة ثم تبدأ في الانخفاض وتسجل أقل تكراراً لها خلال شهور أبريل ومايو ويونيو (2 – 1 – 1) على التوالي، ثم تعود في الارتفاع مرة أخرى لتسجّل 13 تكراراً خلال يوليو وترتفع أكثر خلال أغسطس 20 تكراراً لارتفاع درجات الحرارة خلال هذا الشهر ومن ثمَّ ترجع لتنخفض خلال الخريف ليعود ارتفاعها التدريجي خلال الخريف وتصل لقمتها خلال الشتاء، أمَّا بالنسبة خلال الفترتين فيلاحظ أنَّ الفترة الأولى

كانت أعلى خلال شهور الصيف والخريف، أمَّا شهور الشتاء فكانت متساوية كذلك شهور الربيع شبه متقاربة.

- انخفضت الفئة **متوسطة الرطوبة** (50 – 60%) خلال أشهر الشتاء وسجَّلت أعلى ارتفاع لها خلال الربيع والصيف ويسجِّل أبريل أكثر تكراراً بلغ 25 تكراراً ، ثم يبدأ التكرار في الانخفاض حتى شهر أغسطس 10 تكرارات ثم يرجع للارتفاع مرة أخرى ليسجل 18 خلال سبتمبر، ثم يعود للانخفاض ليصل إلى أقل تكرار خلال شهر يناير حالة واحدة كانت خلال الفترة الثانية وفبراير 2 تكرار كل فترة سجَّلت تكراراً واحدا فقط، بل إنَّ مجموع التكرارات خلال شهور الشتاء بلغت 6 تكرارات فقط. أمَّا بالنسبة للمقارنة بين الفترتين فقد كانت أكثر تقارباً في معظم شهور الشتاء والربيع وبداية الصيف والشهرين الأخيرين من الخريف، بينما يزداد الفارق خلال الصيف شهري يوليو وأغسطس وبداية الخريف سبتمبر، ويصل أعلى فارق لخمس تكرارات في شهر يوليو.
- أما بالنسبة **للفئة الجاف** (أقل من 50%) فلم تسجل 9 شهور أي تكراراً ابتداءً من يوليو إلى مارس باستثناء شهري أكتوبر ونوفمبر تكراراً لكل فترة، ويعد يونيو أكثر الشهور 7 تكرارات لصالح الدورة الثانية، بينما يسجِّل شهر مايو 5 تكرارات 3 منها للدورة الأولى، أمَّا أبريل فكان 3 تكرارات منها 2 لصالح الدورة الثانية.

4- يبلغ الفرق في مدى الرطوبة النسبيَّة خلال الفترة كاملة بلغ 19.96%، وكان مرتفعاً في الدورة الأولى مقارنةً بالمدى في الدورة الثانية. فقد بلغ مدى الرطوبة النسبية 20.27% خلال الدورة الأولى بينما انخفض في الدورة الثانية 19.67% وهذا ما يؤكِّد أنَّ نسب الرطوبة (المرتفعة) كانت تسجِّل بتكرار أعلى في الدورة الأولى، كما يدل على أنَّ الشتاء في الدورة الأولى يكون أكثر رطوبة للفئة مرتفعة الرطوبة من الدورة الثانية.

جدول (6) التغيرات الشهرية لفئات الرطوبة النسبية بمحطة بنينا للفترة 1980 – 2009م.

	الفئات	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
الدورة الأولى	جاف	0	0	0	1	3	3	0	0	0	1	0	0
	متوسط	0	1	6	13	11	12	6	3	7	5	3	1
	رطب	13	14	9	1	1	0	9	12	8	9	12	12
	مرتفع	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
٥	جاف	0	0	0	2	2	4	0	0	0	0	1	0

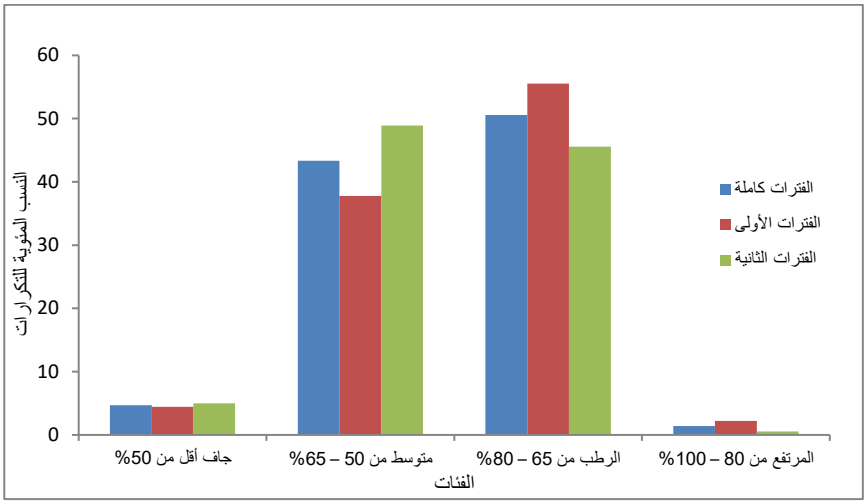
	متوسط	1	1	8	12	13	10	11	7	11	7	5	2
	رطب	14	14	7	1	0	1	4	8	4	8	9	12
	مرتفع	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

5- تباينت النسب المئوية لتكرار جميع فئات الرطوبة خلال فترة الدراسة كاملة وما بين الدورة الأولى والثانية كما هو موضح بالجدول (7) والشكل (12)، حيث يلاحظ أنَّ النسب كانت مرتفعة للفئات الرطبة والمرتفع الرطوبة في الفترة الأولى مقارنة بالفترة الثانية، فبالنسبة للفئة مرتفعة الرطوبة (80 – 100%) بلغت في الفترة الأولى 2.22% بينما انخفضت إلى 0.56% في الفترة الثانية، بينما ارتفع الفرق لصالح الفئة الأولى لفئة الرطب (65 – 80%) فقد زادت نسبة تكراراتها حيث سجَّلت 55.56% ، بينما انخفضت في الثانية لتصل إلى 45.56% بفارق بلغ 10% بين الفترتين، أمَّا بالنسبة لفئة متوسط الرطوبة (50% – 65%) فقد ارتفعت في الفترة الثانية بنسبة 48.89% بينما انخفضت خلال الفترة الأولى بنسبة 37.78% بفارق بلغ 11.11% بين الفترتين وهو أعلى فارق، وأخيراً فئة منخفض الرطوبة (أقل من 50%) فقد سجَّلت الفترة الثانية ارتفاعاً بسيطاً عن الفترة الأولى فقد كانت متقاربة فقد بلغت 5% للفترة الثانية و 4.44% للفترة الأولى وهذه الفئة كانت أقل فرق بين الفترتين 0.56% .

جدول (7) النسب المئوية للتكرارات لمعدلات الرطوبة النسبية بمحطة بنينا للفترة 1980 – 2009م.

الفئات	الفترات		
	الفترة كاملة	الفترة الأولى	الفترة الثانية
جاف أقل من 50%	4.72	4.44	5.00
متوسط من 50 – 65%	43.33	37.78	48.89
الرطب من 65 – 80%	50.56	55.56	45.56
المرتفع من 80 – 100%	1.39	2.22	0.56
المجموع	100	100	100

شكل (12) النسب المئوية للتكرارات لمعدَّلات الرطوبة النسبية بمحطة بنينا للفترة 1980 – 2009م.



ثالثاً: علاقة الارتباط بين المعدَّلات الشهريَّة للرطوبة النسبيَّة والمعدَّلات الشهريَّة للعناصر المناخيَّة الأخرى:

1- من خلال دراسة علاقات الارتباط بين المعدَّلات الشهريَّة للرطوبة النسبية والمعدَّلات الشهريَّة للعناصر المناخيَّة الأخرى المختلفة كما هو بالجدول (9) يتضح أنَّ هناك علاقة عكسيَّة بين كل العناصر باستثناء الأمطار، وهي تتفاوت في درجة ارتباطها بين الضعيفة جداً والمتوسطة والقويَّة جداً، فقد سجَّلت أقوى علاقة عكسية قوية جداً كما هو الحال بالنسبة للتبخر بلغت 0.982-، وعكسيَّة قويَّة كما هو الحال بالنسبة لسرعة الرياح 0.801- وأقل ارتباطاً (ارتباط جيد) بينها وبين ساعات سطوع الشمس 0.701-، وأقل نوعاً ما بالنسبة لمتوسط درجات الحرارة بلغ 0.636-، أمَّا أقل علاقة ارتباط فقد كانت لنقطة الندى (ارتباط ضعيف) بلغت قيمة معامل الارتباط 0.313-، أمَّا بالنسبة للأمطار فتعد العنصر المناخي الوحيد الذي يسجل علاقة طردية بلغت 0.826 (طردية قوية). أمَّا بالنسبة لمعامل الارتباط بالنسبة للفترتين والعقود فيلاحظ أنَّه باستثناء الرياح التي تسجِّل أعلى ارتباطاً خلال الفترة الأولى والعقد الثاني فإنَّ بقية العناصر تسجِّل أكثر ارتباطاً خلال الفترة الثانية وخلال العقدين الثاني والثالث أكثر من العقد الأول كما هو مبين بالجدول (9).

جدول (9) معامل ارتباط بيرسون بين الرطوبة النسبية وعناصر المناخ الأخرى بمحطة بنينا للفترة 1980 – 2009م.

العنصر	Pearson correlation			P-value		
	الفترة			الفترة		
	كاملة	الأولى	الثانية	كاملة	الأولى	الثانية
الحرارة	-0.636	-0.588	-0.681	0.026	0.044	0.015
الأمطار	0.826	0.772	0.879	0.001	0.003	0.000
الرياح	-0.801	-0.817	-0.747	0.002	0.001	0.005
نقطة الندى	-0.313	-0.242	-0.383	0.322	0.449	0.220
التبخر	-0.982	-0.973	-0.985	0.000	0.000	0.000
السطوع الشمس	-0.701	-0.651	-0.732	0.011	0.022	0.007

الرطوبة النسبيَّة والأمطار:

من الطبيعي أن تزداد الرطوبة النسبية بعد تساقط الأمطار، وقد تمَّ حساب متوسط كمية الأمطار خلال الفترة كاملة وخلال الدورتين، وتبيَّن من الشكل (13) أنَّ متوسط الأمطار خلال الفترة كاملة بلغ 21.8 ملم، وأنَّ متوسط الأمطار قد انخفض في الدورة الثانية بنحو بسيط بلغ 22.97 ملم في الدورة الأولى بينما بلغ 20.62 ملم خلال الدورة الثانية بفارق 2.35ملم، وقد كان الاتجاه العام للأمطار السنوي خلال الفترة الأولى يتجه نحو الارتفاع بمقدار بلغ 0.10 ملم، بينما اتجه نحو الانخفاض بمقدار بلغ 0.44- ملم بفارق بلغ 0.54 ملم بين الفترتين. وكان معامل الارتباط موجباً بعلاقة قوية بلغت 0.826 بمستوى دلالة بلغ 0.001 ، أمَّا بالنسبة للمقارنة بين الفترتين فيلاحظ أنَّ معامل الارتباط خلال الفترة الثانية ارتفع عن الفترة الأولى فقد بلغ 0.879، بينما سجل 0.772 خلال الفترة الثانية بفارق بين الفترتين بلغ (0.107) كما هو مبين بالجدول (9).

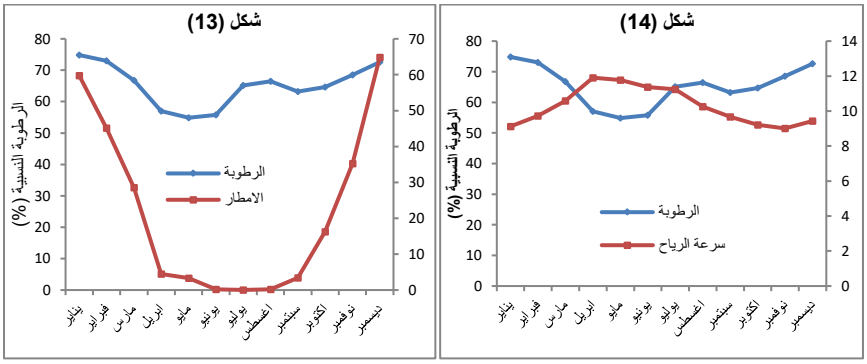
الرطوبة النسبية وسرعة الرياح:

من خلال الجدول (9) والشكل (14) نلاحظ أنَّ هناك تباين في معدَّلات سرعة الرياح من شهر لآخر ومن فصل لآخر، فكلما ازدادت سرعة الرياح أثَّر ذلك على الرطوبة النسبية، وقد بلغ المتوسط السنوي لسرعة الرياح 10.28 عقدة، بمعامل ارتباط عكسي قوي بلغ 0.801- وبمعامل ثقة 0.002، أمَّا خلال الفترتين فيلاحظ أنَّ الفترة الأولى بلغ فيها معدَّل سرعة الرياح أقل من الدورة الثانية بلغ 9.70 بمعامل ارتباط أعلى من الدورة الثانية بلغ 0.817-، أمَّا خلال

الفترة الثانية فقد ارتفع معدل سرعة الرياح لتصل إلى 10.86 بفارق 1.16- عن الفترة الأولى، أمَّا معامل الارتباط فقد كان أقل من الدورة الأولى بلغ 0.747-.

شكل (13)(14) العلاقة بين معدَّلات الرطوبة النسبية والأمطار ومعدلات الرطوبة النسبية

وسرعة الرياح بمحطة بنينا للفترة 1980 – 2009م.



الرطوبة النسبيَّة ودرجة الحرارة المتوسطة:

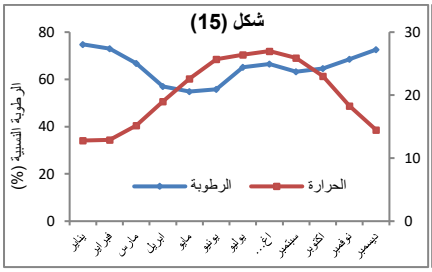
تقل الرطوبة النسبية مع ارتفاع الحرارة وقد بلغ معامل الارتباط 0.636- بمعامل ثقة 0.026، غير أنَّها تختلف بين الفترتين فقد كانت أقل ارتباطاً خلال الفترة الأولى 0.588- بمعامل ثقة بلغ (0.044)، أمَّا خلال الفترة الثانية فقد ارتفعت العلاقة العكسية لتصل إلى – 0.681 بمعامل ثقة 0.015 وهذا ما يدلِّل على أنَّ الفترة الثانية كانت أكثر جفافاً وحدَّةً من الفترة الأولى كما هو مبين بالجدول (9) والشكل (15).

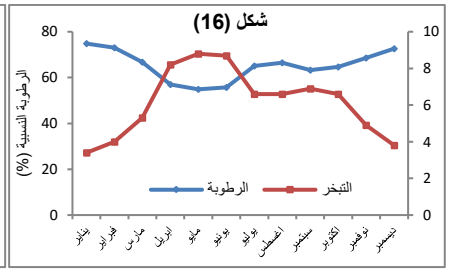
الرطوبة النسبيَّة والتبخُّر:

يُعد التبخُّر من أكثر العناصر المناخية تسجيلاً للارتباط مع الرطوبة النسبية حيث تقل الرطوبة النسبية مع التبخر فيسجل علاقة عكسية قوية جداً بلغت 0.982-، وتكون خلال الفترة الثانية أكثر ارتباطاً من الأولى كما هو مبين بالجدول (9) والشكل (16) بمستوى دلالة بلغ (0.000).

شكل (15)(16) العلاقة بين معدلات الرطوبة النسبية ومتوسط درجات الحرارة

ومعدلات الرطوبة النسبية والتبخر بمحطة بنينا للفترة 1980 – 2009م.





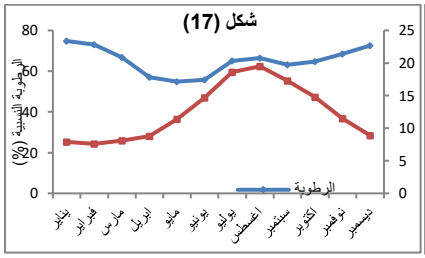
الرطوبة النسبيَّة نقطة الندى:

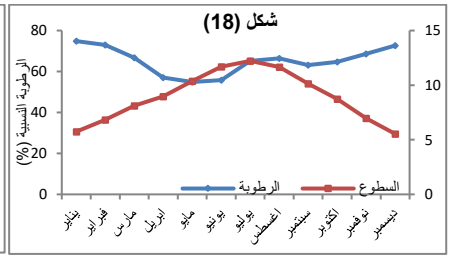
من خلال الجدول (9) والشكل (17) يلاحظ أنَّ نقطة النَّدى تُعد أقل العناصر المناخيَّة ارتباطاً مع الرطوبة وهي علاقة عكسيَّة بلغت 0.131- بمعامل ثقة بلغ 0.322، وقد سجَّلت الفترة الثانية علاقة ارتباط أقوى من الفترة الأولى بلغت 0.383- والأولى 0.242- بمستوى دلالة بلغ 0.449 للدورة الأولى و 0.220 للدورة الثانية.

الرطوبة النسبيَّة وسطوع الشمس:

تتباين معدَّلات السطوع الشمسي من فصل لآخر ومن شهر لآخر، وقد بلغ معامل ارتباط عكسي قوي بلغ 0.701- بمعامل ثقة 0.011 كما هو مبيَّن بالجدول (9) والشكل (18)، أمَّا خلال الفترتين فيلاحظ أنَّ الفترة الأولى بلغ فيها معدل سطوع الشمس أقل من الفترة الثانية بلغ 0.651- بمعامل ارتباط أعلى من الدورة الثانية بلغ 0.022، أمَّا خلال الدورة الثانية فقد ارتفع معامل الارتباط ليسجل 0.732- بمستوى دلالة بلغ 0.007 .

شكل (17)(18) العلاقة بين معدَّلات الرطوبة النسبية ومتوسط درجات الحرارة ومعدَّلات الرطوبة النسبية والتبخُّر بمحطة بنينا للفترة 1980 – 2009م.





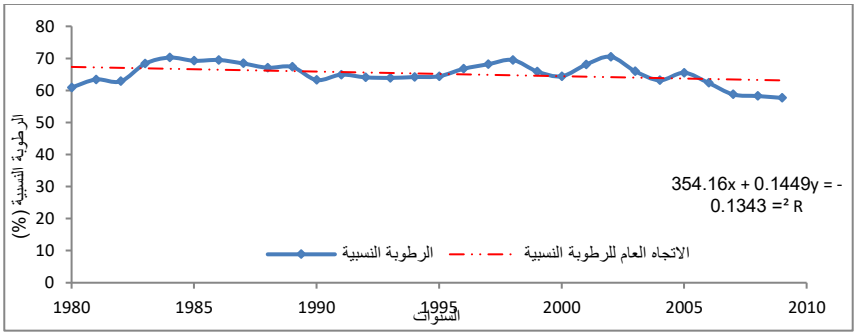
رابعاً: الاتجاه العام للرطوبة النسبيَّة وعلاقته بالاتجاه العام لبقية العناصر المناخية:

يُعرف التذبذب المناخي Climatic Fluctuation بأنَّه ارتفاع وانخفاض قيم العنصر المناخي حول معدله أو متوسطه بين سنة وأخرى أو بين شهر وآخر أو بين مجموعة سنوات ومجموعة سنوات أخرى على ألَّا تتعدَّى المدة الزمنيَّة ثلاثين سنة (الموسوي، 2011)، ومن خلال الجدول (10) والشكل (19) الموضح للاتجاه العام للسلاسل الزمنيَّة للقيم الشهريَّة لمعدَّلات الرطوبة النسبيَّة بمحطة بنينا خلال الفترة 1980 – 2009 يتضح أنَّ الاتجاه العام لمعدَّلات الرطوبة النسبيَّة بالمحطة يميل نحو النقصان البسيط مع الزمن بلغ 0.15- سنوياً أي 4.35-% خلال الفترة كاملة، كما هو مبيَّن بمعاملات الانحدار التي تمَّ الحصول عليها من شكل السلسلة الزمنيَّة لمحطة بنينا (Y= -0.1449x+354.16)، أمَّا بالنسبة لمقدار التغير بين الفترتين فقد ارتفع خلال الفترة الثانية مقارنة بالفترة الأولى بالاتجاه السالب، بلغ 0.03- في السنة 0.48- خلال الفترة الأولى كاملة كما هو مبين بمعادلة خط الانحدار (Y= -0.0318x+129)، بينما ارتفع خلال الفترة الثانية ليصل إلى 0.64- سنوياً 9.63- خلال الفترة الثانية كاملة نلاحظ أنَّ معامل الانحدار يكون أعلى بالفترة الثانية فقد بلغ (Y= -0.6424x+1350.7). أمَّا بالنسبة للاتجاه العام خلال العقود نلاحظ أنَّ العقد الأول كان الأكثر تغيُّراً بالاتجاه الموجب بلغ 0.69 بينما سجَّل العقد الثالث أكثر تغيُّراً نحو الاتجاه السالب بلغ 1.19- كما هو مبيَّن بالجدول (10) والشكل (20). أمَّا بالنسبة للتغيُّرات الفصليَّة فيلاحظ من الشكل (21) أنَّ فصل الخريف يسجِّل أعلى تغيُّر خلال الفترة بلغ 0.32- بينما يسجِّل فصل الصيف أقل تغيُّراً خلال الفترة بلغ 0.06-.

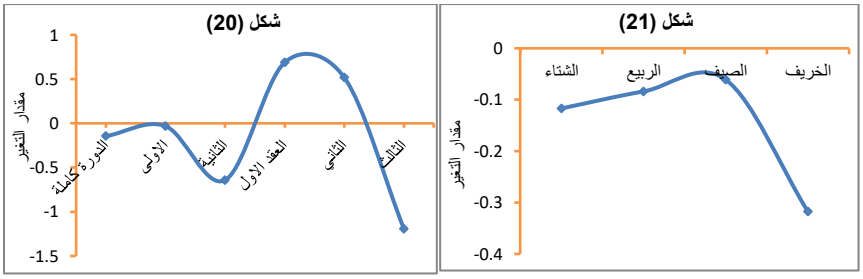
جدول (10) التباين في الاتجاه العام للرطوبة النسبيَّة ومقارنتها بالعناصر المناخيَّة الأخرى بمحطة بنينا للفترة 1980 – 2009م.

الفترة	الرطوبة	الحرارة	الامطار	الرياح	الندى	التبخر	السطوع
1980 - 2009	-0.15	0.01	-0.16	0.11	-0.04	0.03	0.02
الفترة الأولى	-0.03	-0.01	0.10	0.21	-0.06	-0.04	0.02
الفترة الثانية	-0.64	0.00	-0.44	0.24	-0.16	0.06	0.01
العقد الأول	0.69	0.02	-0.21	0.23	0.12	-0.10	0.02
العقد الثاني	0.52	0.09	-0.38	-0.22	0.19	0.01	0.04
العقد الثالث	-1.19	-0.06	-0.50	0.21	-0.39	-0.06	0.02

شكل (19) الاتجاه العام للسلسلة الزمنيَّة للقيم الشهريَّة للرطوبة النسبية لمحطة بنينا خلال الفترة 1980–2009م.



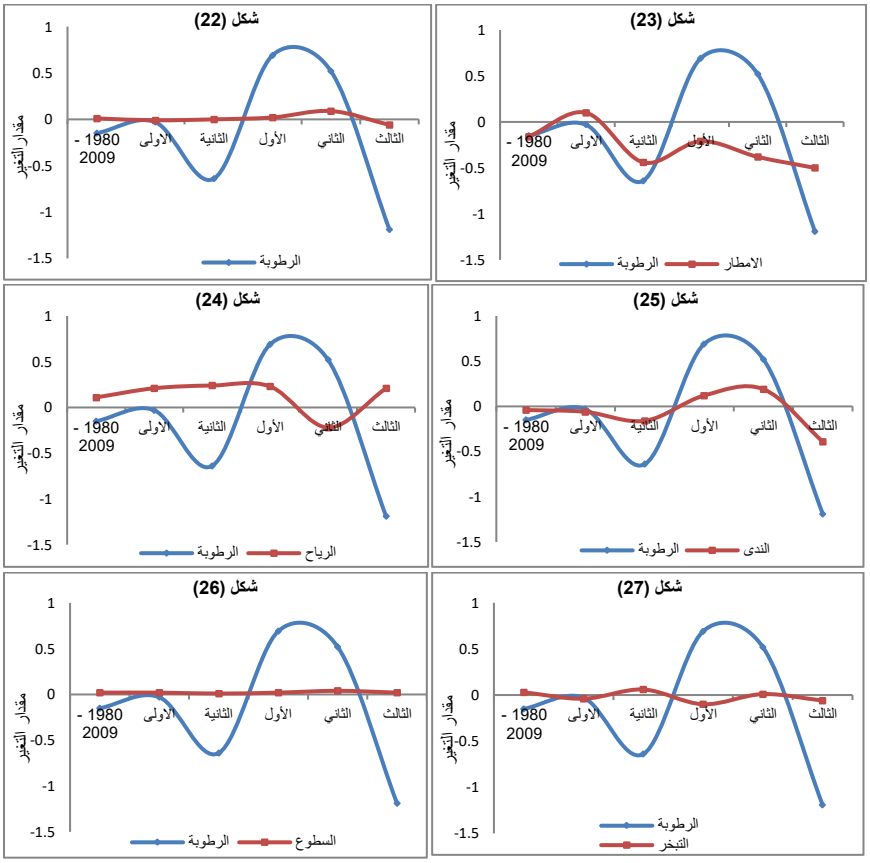
شكل (20) و (21) التغير في الاتجاه العام لمعدّلات الرطوبة النسبيّة الفصليَّة وخلال العقود بمحطة بنينا للفترة 1980 – 2009م.



أمَّا بالنسبة لعلاقة الاتجاه العام لبقيَّة العناصر مع الرطوبة النسبيَّة فهي تختلف من عنصر لآخر كما هو مبيَّن بالأشكال (22) إلى (27)، فقد كان سلوك التغيُّر بشكل علاقة طرديَّة بين الرطوبة النسبيَّة والحرارة باستثناء التغيُّر خلال الفترة كاملة فقد كانت علاقة التغيُّر بينهما علاقة عكسيَّة وتعد الفترة الثانية أكثر تغيُّراً بين العنصرين، أمَّا بالنسبة للعقود فيلاحظ أنَّ العقد الثالث أكثر اختلافاً بين العنصرين وأنَّ العنصرين كليهما يتجه نحو التناقص خلال العقد الأخير، أمَّا بالنسبة لمقدار التغيُّر بين الرطوبة النسبيَّة والأمطار فيلاحظ أيضاً أنَّ هناك علاقة نحو السالب بينهما خلال الفترة كاملة، غير أنَّها تختلف خلال الفترتين فقد سجَّلت علاقة عكسيَّة بينهما خلال الفترة الأولى، بينما كان الاتجاه للسالب خلال الفترة الثانية لكلا العنصرين، كما يلاحظ أنَّ العلاقة بينهما تكون عكسيَّة خلال العقدين الأول والثاني بينما تكون طرديَّة باتجاه السالب خلال العقد الثالث.

أمَّا بالنسبة لمقدار التغيُّر بالنسبة للرياح فباستثناء العقد الأول يلاحظ أنَّها علاقة عكسيَّة بين العنصرين وبنسبة شبه متساوية في الفترتين وبين العقود. أمَّا بالنسبة للنَّدى فيلاحظ أنَّ مقدار التغيُّر بينه وبين الرطوبة النسبيَّة يكون بعلاقة طرديَّة باستثناء العقدين الأول والثاني، أمَّا بالنسبة للعلاقة بين مقدار التغيُّر مع التبخُّر فهي عموماً تكون علاقة عكسيَّة غير أنَّها تسجِّل علاقة طرديَّة خلال الفترة الأولى وخلال العقدين الثاني والثالث، أمَّا مقدار التغيُّر بين سطوع الشمس والرطوبة النسبيَّة فيكون بشكل عكسي خلال الفترة كاملة وخلال الفترتين والعقد الثالث، بينما يكون التغير بشكل طردي خلال العقدين الأول والثاني.

الأشكال من (22) الى (27) الاتجاه العام للرطوبة النسبيَّة وعلاقته بالاتجاه العام لبقية العناصر المناخية بمحطة بنينا للفترة 1980 – 2009م.



خامساً الانحراف المتوسط(*) Mean Deviation:

من خلال الملحق (3) يتبيَّن أنَّ الانحراف المتوسط لمعدَّلات الرطوبة النسبية بلغ 2.80، وتُعد سنة 2009 أكبر سنة تشتت عن المتوسط السنوي بلغ 7.57-، أمَّا أقل نسبة للتشتت بلغت 0.26 سنة 2005، أمَّا فيما يخص درجات الحرارة فكان أعلى انحراف لمعدَّلات درجات الحرارة هو لدرجات الحرارة الصغرى بلغ 0.21مْ بينما بلغ الانحراف المتوسط لمعدلات درجات الحرارة العظمى 0.16مْ في حين كان الانحراف لمعدَّلات الحرارة المتوسطة بلغ 0.14مْ .

أمَّا بالنسبة لانحرافات معدَّلات الرطوبة النسبيَّة فمن خلال الجدول (11) والأشكال المبين له (28)(29)(30)(31) نلاحظ أنَّ الانحرافات السالبة والموجبة قد تساوت 15 سنة لكل منه، أمَّا خلال الفترتين فقد سجَّلت الفترة الأولى والثانية 7 سنوات تحت المتوسط مقابل 8 سنوات فوق المتوسط، كما يلاحظ أنَّها تباينت خلال العقود، فقد سجَّل العقد الأولى أعلى انحرافات موجبة للرطوبة النسبيَّة بلغت 7 حالات أكثر تسجيلاً لعدد السنوات الموجبة الأعلى من المعدَّل مقابل 3 سنوات تحت المعدَّل السنوي وبالتالي يعد العقد الأول الأكثر رطوبة، وهو ما يتوافق مع الانحرافات لدرجة الحرارة العظمى، وفي المقابل كان هناك زيادة مطردة لعدد الانحرافات السالبة لمعدَّلات درجات الحرارة المتوسطة والصغرى، فقد ارتفعت الانحرافات السالبة حيث بلغت 7 حالات مقابل حالة واحدة فقط للصغرى و3 حالات للمتوسطة، بينما انخفضت الانحرافات الموجبة للرطوبة النسبية خلال العقدين الأخريين ليسجل 4 سنوات مقابل 6 سنوات سالبة، أمَّا بالنسبة للانحرافات في درجات الحرارة فقد تباينت كما هو مبيَّن بالجدول، ويعد العقد الثاني أكثر تسجيلاً للانحرافات السالبة لدرجة الحرارة العظمى 9 حالات بينما حدث العكس في العقد الثالث، أمَّا العقد الثالث فهو مثل العقد الثاني في انحرافات الرطوبة فقد بلغت 4 حالات موجبة بينما العكس بالنسبة لدرجـــات الحـــرارة العظمى والوسطى فقد ارتفعت الانحـــرافات الموجبة لتصل الى 8

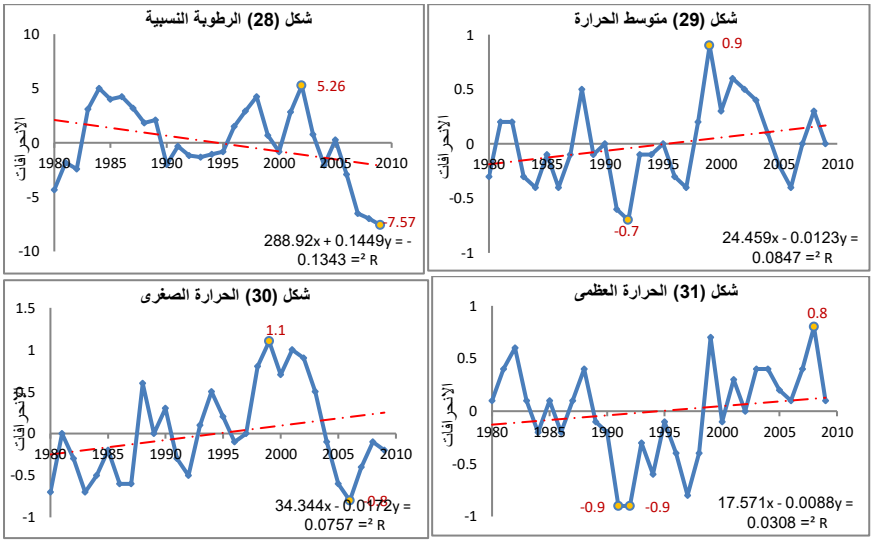
حالات بالنسبة للعظمى و6 حالات للمتوسطة بينما كانت أقل بالنسبة للصغرى.

(*) هو أحد مقاييس التشتُّت، ويعبَّر عنه بمتوسط الانحرافات المطلقة للقيم عن وسطها الحسابي، (خليل، بدون تاريخ: ص 56)، فإذا كانت انحرافات القيم عن وسطها الحسابي صغيرة، فستظهر قيمة هذا المقياس صغيرة، وهذا يشير إلى قلة تشتُّت القيم، وأنَّها اقرب إلى التجانس (البطيحي وآخرون، 1979: ص68).

جدول (11) الانحرافات الموجبة والسالبة لمعدَّلات الرطوبة النسبية ودرجات الحرارة بمحطة بنينا للفترة 1980 – 2009م.

المدة	عدد انحرافات الرطوبة النسبية			عدد انحرافات الحرارة المتوسطة			عدد انحرافات الحرارة الصغرى			عدد انحرافات الحرارة العظمى		
	+	=	−	+	=	−	+	=	−	+	=	−
كاملة	15		15	11	4	15	11	3	16	16	1	13
الاولى	7		8	3	1	11	4	2	7	9		8
الثانية	7		8	8	3	4	7	1	9	7	1	5
ع1	7		3	3		7	1	2	7	7		3
ع2	4		6	2	2	6	6	1	1	3		9
ع3	4		6	6	2	2	4		6	6	1	1

شكل (28) إلى (31) الاتجاه العام للانحرافات الموجبة والسالبة لمعدَّلات الرطوبة النسبية ودرجات الحرارة بمحطة بنينا للفترة 1980 – 2009م.



سادساً المتوسطات المتحركة Moving Average:

تستخدم المتوسطات المتحرِّكة لقياس اتجاه تباين الظاهرة زمانيَّاً في مكان معيَّن الذي يمتاز بتقليل الاختلافات الموجودة في مجموعة البيانات (البطيحي وآخرون، 1979: ص90)، وتُعد المتوسطات المتحرِّكة من أكثر الوسائل الإحصائيَّة التي استخدمها المناخيون لدراسة طبيعة الذبذبات المناخيَّة المختلفة Climatic Fluctuations، وقد طُوِّرت هذه الطريقة كثيراً

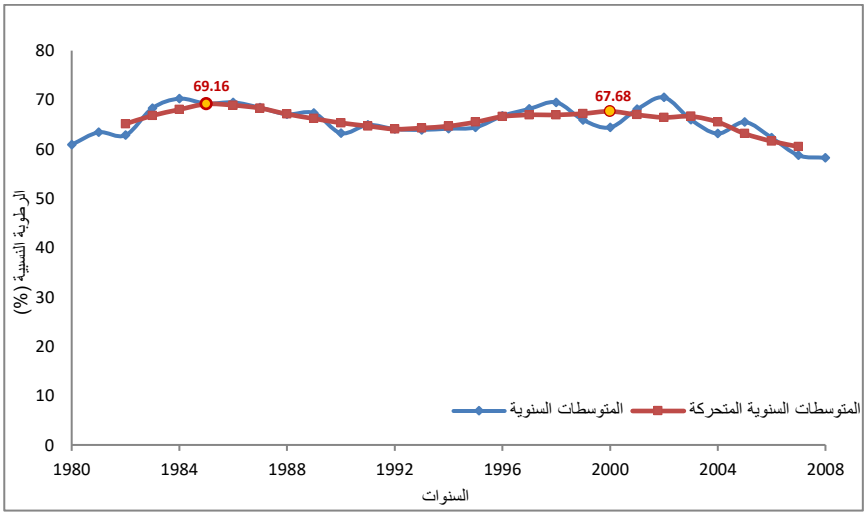
وأدخل إليها العديد من التعديلات باستخدام معاملات توزين متنوعة Weighting Factors بغرض التخلُّص من الذبذبات القصيرة التي تطغى في كثير من الأحيان على الذبذبات الطويلة فتطمسها وتخفى معالمها، غير أنَّه من أهم عيوبها أنَّها لا تؤدِّي إلى رقم محدَّد لمعدَّل التغيُّر يمكن قياس أهميته أو استخدام الوسائل الإحصائيَّة التحليليَّة المتطوِّرة لدراسته وتقييمه. (شحادة، 1991 :137). ولتحديد طبيعة اتجاه التغيُّر في المعدلات السنويَّة والفصليَّة والشهريَّة للرطوبة النسبيَّة بالمحطة استخدم الباحث طريقة المتوسطات المتحرِّكة لخمس سنوات ووضع القيمة المستخرجة عند السنة الوسطى ألا وهي السنة الثالثة.

ومن خلال الجدول (12) والشكل (32) تبيَّن أنَّ المتوسطات المتحركة لمعدَّلات الرطوبة النسبية بمحطة بنينا بدأ بقيمة تبلغ نحو 65.14% سنة 1982، كما يلاحظ أنَّ هناك قمتين للرطوبة النسبية خلال فترة الدراسة القمة الأولى في منتصف الثمانينات لتصل أعلى قمة لها في سنة 1985 (69.16%) ثم تبدأ في الانخفاض لتصل إلى أدنى مستوى سنة 1992 (64.08%)، ثم تعود للارتفاع من جديد ولكنها لم تتجاوز الـ 70% وتسجل قمة ثانية سنة 2000 (67.68%) ثم تعود مرة أخرى للانخفاض لتسجل أدنى انخفاض خلال الفترة كاملة سنة 2007 (60.52%) وهو أدنى متوسط سنوي خلال فترة الدراسة. كما هو مبين بالشكل (32).

جدول (12) المتوسطات السنويَّة المتحركة لمعدَّلات الرطوبة النسبيَّة بمحطة بنينا للفترة 1980 –2009م.

السنوات	الرطوبة	السنوات	الرطوبة	السنوات	الرطوبة
1980	-	1990	65.34	2000	67.68
1981	-	1991	64.70	2001	66.98
1982	65.14	1992	64.08	2002	66.44
1983	66.82	1993	64.30	2003	66.66
1984	68.04	1994	64.68	2004	65.50
1985	69.16	1995	65.50	2005	63.16
1986	68.92	1996	66.62	2006	61.62
1987	68.32	1997	66.96	2007	60.52
1988	67.12	1998	66.96	2008	-
1989	66.20	1999	67.22	2009	-

شكل (32) المتوسطات السنويَّة والمتحركة لمعدَّلات الرطوبة النسبيَّة بمحطة بنينا للفترة 1980 –2009م.

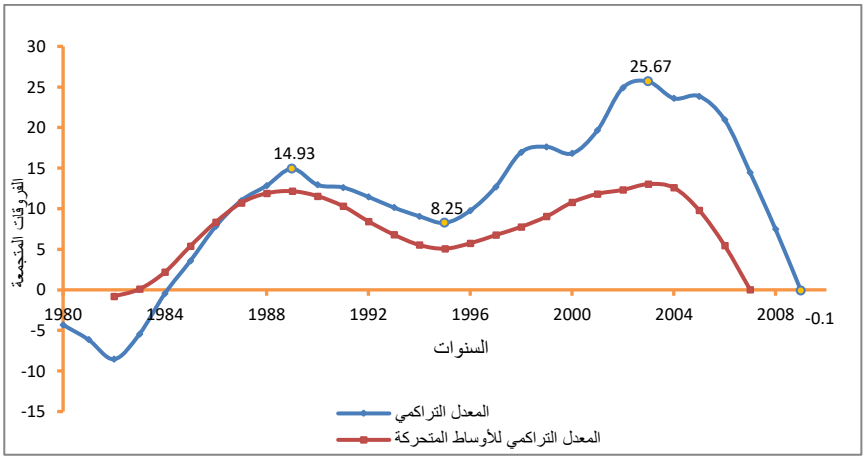


سابعاً الفروقات المتجمعة(*) Cumulated Sums أو الفروقات التراكميَّة Cumulative Deviation:

ويؤكِّد تحليلها من خلال النتائج التي توصَّل إليها المتوسطات المتحرِّكة الشكل (33) والذي من خلاله يمكن القول بأنَّ هناك اتجاه عام لارتفاع معدَّلات الرطوبة النسبية بالمنطقة خلال الفترة الأولى، ويصل أعلى معدَّل له سنة 1989، (14.93) ثم تعود للانخفاض سنة 1995 لتسجل 8.25 ثم تعود للارتفاع مرة أخرى لتصل إلى أقصى ارتفاع لها خلال فترة الدراسة سنة 2003 بمعدَّل تراكمي بلغ 25.67 ثم تعود للانخفاض لتسجل أقل معدَّل تراكمي تجميعي سنة 2009 بلغ (0.1-) . وبالتالي يمكن القول بأنَّ بداية الألفينيَّات تعد نقطة تحوُّل في معدَّلات الرطوبة النسبيَّة نحو الانخفاض بالمنطقة، وتكون أكثر وضوحاً في العقد الأخير.

شكل (33) المعدل التراكمي السنوي لمعدَّلات الرطوبة النسبية بمحطة بنينا للفترة 1980 – 2009م.

(*) تعد الفروقات المتجمعة من الطرق المتبعة في دراسة التغيرات التي تطرأ على بعض العناصر المناخية، حيث استخدمها (شحادة 1991) في دراسته للاتجاه العام للأمطار في الأردن، واستخدمت للكشف عن التغيرات التي حدثت في السلسلة الزمنية للأمطار في دراسة (سليم 2016) التأثير المحتمل للتغير المناخي على كميات الأمطار في منطقة مصراتة 1980 – 2010. (حافظ، 2019: ص69).



الخاتمة:

تُعد دراسة الرطوبة من الموضوعات المهمة في الدراسات المناخيَّة كونها من أهم العناصر المؤثِّرة في التساقط بمختلف أنواعه، وقد توصَّل الباحث إلى جملة من النتائج والتوصيات التي يمكننا إيجازها في الآتي:

1- النتائج:

- أنَّ أعلى قيمة لمعدلات الرطوبة السنوية في محطة بنينا سُجِّلت سنة 2002 وكانت 70.5% وأقلها كانت سنة 2009 بلغت 57.67 %.
- سجَّلت فئات الرطوبة النسبية المرتفعة (80 – 100%) أقل الفئات تكراراً بلغت 5 تكرارات، بينما تسجِّل الفئتين الرطبة والمتوسطة أعلى تكراراً.
- ازدادت تكرارات فئة منخفض الرطوبة (أقل من 50%) في الفترة الثانية، وعلى العكس لفئة مرتفع الرطوبة (80 – 100%) كانت أكثر تكراراً خلال الفترة الأولى ممَّا يدلل على الاتجاه نحو انخفاض معدَّلات الرطوبة النسبية بالمحطة خلال الفترة الثانية.
- من خلال دراسة الاتجاه العام للسلاسل الزمنية للقيم الشهرية لمعدلات الرطوبة النسبية بالمحطة يتضح أنَّه يميل نحو الانخفاض ويكون أكثر خلال الفترة الثانية.
- من خلال دراسة علاقات الارتباط بين معدلات الرطوبة النسبية وعدد من العناصر المناخية تبين أنَّها علاقات سالبة باستثناء الأمطار.

- أنَّ أعلى القيم للرطوبة النسبية سُجِّلت خلال شهر يناير وأقلها كانت بشهر مايو.
- سُجِّلت أعلى عدد للانحرافات السالبة لمعدلات الرطوبة النسبية بالمحطة في العقدين الثاني والثالث من الدراسة نحو 6 انحرافات، بينما يعد العقد الأول من الدراسة أكثر عقود الدراسة في عدد انحرافاته الموجبة لمعدلات الرطوبة النسبية بلغ 7 انحرافات.

2- التوصيات:

- القيام بإجراء دراسات تفصيليَّة عن التغيُّرات في معدَّلات الرطوبة النسبية وربطها بالعناصر المناخيَّة الأخرى.
- العمل على مكافحة التصحُّر من خلال الاهتمام بالاستزراع وتشجير الأراضي الخالية من النبات لخلق ظروف وبيئة من شأنها أن تعمل على خفض درجة حرارة الهواء، وبالتالي الرفع من الرطوبة النسبية في الجو والتقليل من حدَّة الجفاف.

المصادر والمراجع:

- البطيحي، عبد الرزاق محمد وآخرون (1979)، الإحصاء الجغرافي، مطبعة جامعة بغداد، بغداد.
- الجبوري، سلام هاتف أحمد (2014)، "تذبذب الرطوبة النسبية واتجاهاتها في مدينتي بغداد والموصل للمدة 1982 – 2011"، مجلة الآداب، جامعة بغداد كلية الآداب، العدد 107.
- الجراش، محمد بن عبد الله (2019)، التطبيقات الإحصائية في الجغرافيا حاسوبياً، مكتبة الملك فهد الوطنية، الرياض، المملكة العربية السعودية.
- حبش، رجاء عبد الله بشير (2013)، "التباين الزماني والمكاني للرطوبة النسبية في العراق"، مجلة التربية والعلم، جامعة الموصل كلية التربية للعلوم الصرفة، المجلد 26، العدد 1 .
- خيرالله، حافظ عيسى (2019)، "الانحرافات السالبة والموجبة لدرجات الحرارة عن معدلاتها العامة بمحطة أرصاد الكفرة خلال الفترة 1945 – 2010" ، الجمعية الجغرافية المصرية، سلسلة بحوث جغرافية، المناخ والبيئة (3)، العدد (126).
- السامرائي، قصي عبد المجيد (2008)، المناخ والأقاليم المناخية، دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، عمان.
- سليم، علي مصطفى (2016)، "التأثير المحتمل لتغير المناخي على كميات الأمطار في منطقة مصراتة"، مجلة أبحاث، كلية الآداب جامعة سرت، ليبيا، العدد (6).
- شحادة، نعمان عابد (1991)، "الاتجاهات العامة للأمطار في الأردن"، مجلة دراسات، المجلد 5، العدد 1، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.
- صالح، بشرى أحمد جواد (2015)، "تغيرات الرطوبة النسبية في العراق"، مجلة الأستاذ، جامعة بغداد، المجلد الأول، العدد 214.
- كربل، عبد الإله رزوقي (1986)، علم الطقس والمناخ، مطبعة جامعة البصرة.
- الموسوي، علي صاحب طالب ومحسن، بتول نوري (2015)، "العلاقة المكانية بين الرطوبة النسبية والظواهر الغبارية في العراق"، مجلة البحوث الجغرافية، جامعة الكوفة كلية التربية للبنات قسم الجغرافيا، العراق، العدد 21.

- الموسوي، علي صاحب، وأبو رحيل عبد الحسن مدفون (2011)، المناخ التطبيقي، دار الضياء للطباعة، النجف، العراق.
- الموسوي، على صاحب، وأبو رحيل عبد الحسن مدفون (2013)، مناخ العراق، مطبعة الميزان، النجف، العراق.
- النطاح، محمد أحمد، الأرصاد الجوية، الجزء الأول، الطبعة الأولى، الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع والإعلام، مصراتة، ليبيا، 1990.
- Akinnubi, R.T.; Akinwale, B.Fi; ojo, M.O.; Ijila, P.O.; Alabi, O.O (2007). "Characteristic Variation of Relative Humidity and Solar Radiation over Tropical Station Ibadan", Nigeria Res. J. Applied Sci., 2(12):1266/1269.
- Blij, H. j. de and peter O. Muller, physical Geography of the Global environment, second edition, john Wiley & sons, inc, USA, 1996.

الملاحق:

ملحق (1) المعدَّلات الشهريَّة للرطوبة النسبيَّة بمحطة بنينا خلال الفترة 1980 – 2009م

السنوات	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
1980	71	73	61	51	50	41	58	71	68	58	61	68
1981	75	74	57	48	52	51	63	61	67	67	75	71
1982	67	70	66	53	56	50	62	60	64	61	73	72
1983	82	65	63	54	59	62	66	66	67	75	80	81
1984	80	74	75	68	54	64	71	68	70	66	75	78
1985	78	77	70	59	55	59	69	72	72	76	71	73
1986	75	68	72	62	66	63	63	70	71	72	74	78
1987	71	71	72	61	62	61	67	71	72	69	73	71
1988	77	78	77	59	43	51	65	67	67	72	68	81
1989	82	78	73	55	56	53	68	72	65	67	70	69
1990	74	76	68	53	56	48	67	66	60	60	65	66
1991	71	71	63	62	58	58	71	68	54	58	70	75
1992	79	78	66	53	52	56	65	71	65	49	70	65
1993	73	70	63	56	59	55	67	70	63	56	62	73
1994	75	69	62	51	48	57	66	65	62	68	72	75
1995	78	72	65	54	56	42	62	61	58	72	75	78
1996	76	76	73	61	55	58	65	67	55	66	77	72
1997	79	79	76	66	56	56	63	67	66	68	68	74
1998	79	74	74	58	59	59	68	71	66	68	77	81
1999	77	73	62	59	58	52	71	65	68	68	63	75
2000	77	78	64	61	53	61	65	69	58	60	55	72
2001	71	75	66	65	57	62	67	72	60	74	71	77
2002	79	78	71	65	63	71	65	70	66	70	71	77
2003	70	73	71	62	55	63	67	68	63	60	65	75
2004	74	69	62	54	51	57	65	63	64	59	68	72
2005	80	73	73	59	56	63	64	66	57	62	67	66
2006	73	74	64	53	51	56	65	51	53	67	71	70
2007	69	71	60	50	62	46	58	59	59	52	50	69
2008	71	73	58	47	38	50	61	65	61	60	54	61
2009	62	61	56	51	50	48	59	62	55	60	65	63
	74.83	73.03	66.77	57.00	54.87	55.77	65.10	66.47	63.20	64.67	68.53	72.60

ملحق (2) معدَّلات الرطوبة النسبيَّة (%) ودرجات الحرارة المتوسطة والعظمى والصغرى السنوية (م) وسرعة الرياح والندى والتبخُّر وسطوع الشمس

السنوات	الرطوبة	المتوسط	العظمى	الصغرى	الأمطار	الرياح	الندى	التبخر	السطوع
1980	60.92	20.01	25.11	14.86	13.15	9.00	11.57	6.51	8.84

8.84	6.87	12.66	8.36	36.06	15.56	25.40	20.48	63.42	1981
8.77	6.58	12.44	7.98	24.08	15.22	25.58	20.46	62.83	1982
8.66	5.23	13.08	7.48	25.34	14.83	25.08	19.99	68.33	1983
8.19	5.49	13.28	9.01	19.79	15.00	24.79	19.92	70.25	1984
8.43	5.13	13.44	10.15	18.87	15.28	25.10	20.21	69.25	1985
9.09	6.31	13.31	9.67	22.69	14.95	24.76	19.88	69.50	1986
8.96	5.74	13.18	10.23	16.79	14.91	25.08	20.18	68.42	1987
8.85	5.11	13.16	10.16	26.12	16.12	25.42	20.80	67.08	1988
8.91	6.13	12.87	9.63	22.12	15.50	24.87	20.21	67.33	1989
9.08	6.39	12.03	9.95	14.98	15.81	24.77	20.30	63.25	1990
8.67	6.03	11.90	11.66	38.38	15.26	24.10	19.72	64.92	1991
8.49	5.95	11.38	11.26	17.14	14.99	24.09	19.56	64.08	1992
8.86	5.58	11.77	10.15	18.78	15.58	24.70	20.16	63.92	1993
9.18	5.35	12.04	10.82	30.19	15.97	24.42	20.22	64.17	1994
9.07	5.30	11.74	10.17	27.23	15.68	24.85	20.29	64.42	1995
8.89	5.71	12.32	9.75	21.60	15.39	24.58	20.01	66.75	1996
8.74	5.79	12.75	8.88	22.33	15.52	24.21	19.87	68.17	1997
9.07	6.68	13.67	9.22	25.34	16.28	24.58	20.46	69.50	1998
9.29	6.16	13.29	9.39	14.69	16.63	25.67	21.18	65.92	1999
8.96	6.57	12.33	8.93	16.50	16.21	24.88	20.57	64.42	2000
9.41	7.18	13.73	10.43	21.79	16.48	25.29	20.92	68.08	2001
8.81	6.42	14.37	11.09	23.21	16.45	24.98	20.74	70.50	2002
8.87	6.78	13.07	12.20	27.25	16.03	25.37	20.73	66.00	2003
8.96	7.56	12.13	13.65	18.58	15.40	25.41	20.43	63.17	2004
8.92	6.60	12.43	12.18	22.61	14.93	25.16	20.08	65.50	2005
9.15	6.37	11.14	11.97	16.75	14.71	25.07	19.93	62.33	2006
9.15	6.52	10.50	11.67	18.09	15.15	25.43	20.31	58.75	2007
9.08	6.54	10.53	11.39	13.76	15.38	25.78	20.60	58.25	2008
9.32	6.17	10.45	11.97	19.53	15.34	25.12	20.25	57.67	2009
8.92	6.16	12.42	10.28	21.79	15.51	24.99	20.28	65.24	

ملحق (3) الانحراف المتوسط لمعدَّلات الرطوبة النسبية السنوية (%)، ومعدَّلات درجات الحرارة المتوسطة والصغرى والعظمى بمحطة بنينا خلال الفترة 1980 – 2009م.

السنوات	الرطوبة النسبية	درجة الحرارة العظمى	درجة الحرارة الصغرى	متوسط درجة الحرارة
1980	-4.32	0.1	-0.7	-0.3
1981	-1.82	0.4	0.0	0.2
1982	-2.41	0.6	-0.3	0.2
1983	3.09	0.1	-0.7	-0.3
1984	5.01	-0.2	-0.5	-0.4
1985	4.01	0.1	-0.2	-0.1
1986	4.26	-0.2	-0.6	-0.4
1987	3.18	0.1	-0.6	-0.1
1988	1.84	0.4	0.6	0.5
1989	2.09	-0.1	0.0	-0.1
1990	-1.99	-0.2	0.3	0.0
1991	-0.32	-0.9	-0.3	-0.6
1992	-1.16	-0.9	-0.5	-0.7
1993	-1.32	-0.3	0.1	-0.1
1994	-1.07	-0.6	0.5	-0.1
1995	-0.82	-0.1	0.2	0.0
1996	1.51	-0.4	-0.1	-0.3
1997	2.93	-0.8	0.0	-0.4
1998	4.26	-0.4	0.8	0.2
1999	0.68	0.7	1.1	0.9
2000	-0.82	-0.1	0.7	0.3
2001	2.84	0.3	1.0	0.6
2002	5.26	0.0	0.9	0.5
2003	0.76	0.4	0.5	0.4
2004	-2.07	0.4	-0.1	0.1
2005	0.26	0.2	-0.6	-0.2
2006	-2.91	0.1	-0.8	-0.4
2007	-6.49	0.4	-0.4	0.0
2008	-6.99	0.8	-0.1	0.3
2009	-7.57	0.1	-0.2	0.0
$\sum(X-X)$	84.06	10.4	13.4	8.8
MD	2.8	0.16	0.21	0.14