

Seasonal and annual precipitation time series trend analysis in Al-Kabir Al-Shamali river basin, Syria

Dr. Taher Cheikho*
Dr. Yousef Al-Ali**
Hadi Dayoub***

(Received 21 / 9 / 2022. Accepted 27 / 3 / 2023)

□ ABSTRACT □

Climate change due to human activities is one of the major challenges facing human development in the twenty-first century. In this study, trend of annual and seasonal precipitation was identified in Al-Kabir Al-Shamali river catchment, northwest of Syria, using the monthly precipitation values for four climatic stations (Bouqa, Al-Haffa, Aen Aido, Kassab) distributed in the catchment and for a period extending from 1960 to 2010. Linear regression analysis using the ordinary least squares method (OLS) was used to determine the precipitation trend and magnitude of change in the studied precipitation series.

The results revealed a clear and significant downward trend in annual precipitation in all stations, greater than 30%, resulting from a sharp drop in precipitation amounts for the winter and spring seasons in particular. The results of this study can be useful for water resources management and sustainable agricultural planning in the basin.

Keywords: precipitation, trend analysis, Al-Kabir Al-Shamali river catchment, Syria.

Copyright



:Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* Associate Professor, Department of Ecology and Forestry, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Latakia, Syria.

** Associate Professor, Department of Geography, Faculty of Arts and Humanities, Tartous University, Tartous, Syria

*** Postgraduate student (Doctorate) Department of Ecology and Forestry, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Latakia , Syria.

تحليل اتجاهات السلاسل الزمنية للهطل الفصلي والسنوي في حوض نهر الكبير الشمالي، سورية

د. طاهر شيخو*

د. يوسف العلي**

هادي ديوب***

(تاريخ الإيداع 21 / 9 / 2022. قبل للنشر في 27 / 3 / 2023)

□ ملخص □

يُعدّ التغير المناخي بسبب الأنشطة البشرية أحد التحديات الرئيسة التي تواجه التنمية البشرية في القرن الحادي والعشرين. تمّ في هذا البحث التعرف على الاتجاه العام للهطولات السنوية والفصلية في حوض نهر الكبير الشمالي، شمال غرب سورية، باستخدام قيم الهطل الشهرية لأربع محطات مناخية (بوقا، الحفة، عين عيدو وكسب) تتوزع في الحوض ولفترة رصد تمتد من عام 1960 حتى عام 2010. واستُخدم تحليل الانحدار الخطي بطريقة المربعات الصغرى الاعتيادية لتحديد اتجاهات التغير ومقداره في سلاسل الهطل المدروسة. كشفت نتائج البحث عن وجود اتجاه واضح ومعنوي نحو تناقص الهطل السنوي في جميع المحطات، يزيد عن 30%، ناتج عن انخفاض حاد في كميات الهطل لفصلي الشتاء والربيع على وجه الخصوص. يُمكن أن تكون نتائج الدراسة مفيدة لإدارة الموارد المائية والتخطيط الزراعي المستدام في الحوض.

الكلمات المفتاحية: الهطل، تحليل الاتجاه العام، حوض نهر الكبير الشمالي، سورية.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص



CC BY-NC-SA 04

* أستاذ مساعد- قسم الحراج والبيئة - كلية الهندسة الزراعية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** أستاذ مساعد - قسم الجغرافيا - كلية الآداب والعلوم الإنسانية - جامعة طرطوس - طرطوس - سورية.

*** طالب دراسات عليا (دكتوراه) - قسم الحراج والبيئة - كلية الهندسة الزراعية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

مقدمة:

تُمثل التغيرات المناخية وتداعياتها المحتملة أحد أبرز التحديات التي تواجه التنمية البشرية في القرن الحادي والعشرين، وذلك بسبب تأثيراتها المباشرة والمستديمة في الوسط الحيوي. فثمة توافق في الآراء العلمية بشأن الدور الذي تؤديه انبعاثات غازات الدفيئة بشرية المنشأ في إحداث الاحترار العالمي (IPCC, 2014, 2018). على الصعيد العالمي، سُجل ارتفاع في متوسط درجة حرارة سطح الكوكب بحوالي 0.9 درجة مئوية منذ القرن التاسع عشر (WMO, 2019)، ومن المتوقع أن يتجاوز متوسط درجة الحرارة للأرض مستويات ما قبل عصر الصناعة بما لا يقل عن 1.5 درجة مئوية بعد عام 2030 (IPCC, 2018). ومن المرجح جداً أن يكون لتغير المناخ تأثير كبير في الدورة الهيدرولوجية (Huntington, 2006; Seager et al., 2010; Trenberth, 2011; Guagliardi et al., 2016; IPCC, 2021)، مما سيؤدي إلى حدوث تغيرات كبيرة في كميات وتوزيع الهطل في مختلف مناطق العالم بما فيها المنطقة المتوسطة (Philandras et al., 2011)، وبالتالي نقص في موارد المياه المتاحة، وتكرار حوادث الفيضانات والجفاف، وستتأثر كل من النظم البيئية الطبيعية، والمجتمع والاقتصاد (Kumar et al., 2010; Hirabayashi et al., 2013; Asadieh and Krakauer, 2017).

تمّ تحديد حوض البحر المتوسط كواحد من أكثر المناطق حساسية لتغير المناخ (Hot spot)، حيث من المحتمل أن يتجاوز الاحترار المستقبلي المتوسط العالمي (Giorgi and Lionello, 2008; Cabello et al., 2011; Diffenbaugh and Giorgi, 2012). لذا، من المرجح أن تشهد معظم البلدان في منطقة جنوب شرق البحر المتوسط ظروفاً أكثر دفئاً وجفافاً في المستقبل القريب (IPCC, 2013)، وأن تواجه قضايا ندرة المياه وجود تناقص في كميات الهطولات الشتوية في المناطق الشمالية والشمالية الغربية من البلاد (مسلماني وعبيدو، 2009، شيخو، 2014، سكاف وصقر، 2015).

إنّ للتغيرات المناخية المذكورة أعلاه تأثيرات عميقة في تدفق المجاري المائية (Döll et al., 2018; Sarailidis et al., 2019)، وإنتاج المحاصيل (Tigkas et al., 2019)، ونمو الغابات (Dimitrakopoulos et al., 2017; Proutsos and Tigkas, 2020).

أهمية البحث وأهدافه:

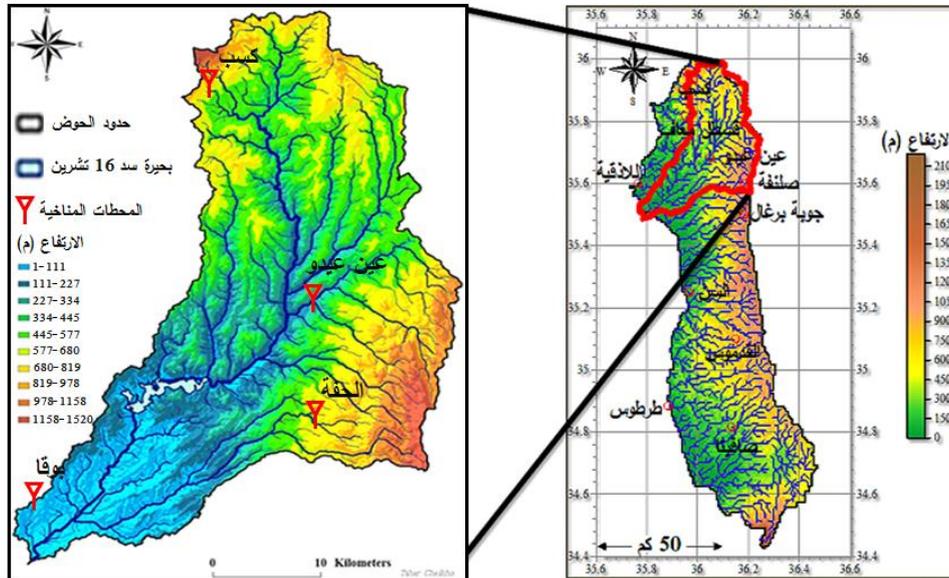
يُعد نهر الكبير الشمالي أكبر وأطول أنهار المنطقة الساحلية أهم المصادر لمياه الشرب والري في حوض الساحل السوري. ومن الجدير بالذكر أنّ موارد المياه في حوض نهر الكبير الشمالي تتعرض إلى ضغوطات كبيرة مختلفة يأتي في مقدمتها التزايد الملحوظ في أعداد السكان وزيادة النشاط الزراعي، إلى جانب تعرض المنطقة لآثار التغيرات المناخية التي تجتاح العالم بأسره. ومن هنا تبرز أهمية دراسة وتحليل اتجاهات الهطل على المستويين الفصلي والسنوي في حوض نهر الكبير الشمالي باستخدام الأدوات والأساليب الإحصائية المناسبة لما لذلك من أهمية بالغة في عمليات التخطيط للتنمية الزراعية وإدارة الموارد المائية في الحوض.

يهدف هذا البحث بشكل رئيس إلى تحديد اتجاه التغير ومقداره في كميات الهطل على المستويين الفصلي والسنوي لأربع محطات مناخية (بوقا، الحفة، عين عبدو وكسب) تنتشر في حوض نهر الكبير الشمالي خلال الفترة (1960-2010).

طرائق البحث ومواده

منطقة الدراسة:

يقع حوض نهر الكبير الشمالي في الجزء الشمالي الغربي من سورية شمال حوض الساحل السوري، ويمتد بين خطي طول $35^{\circ} 45' 40''$ و $36^{\circ} 15' 05''$ شرقاً، ودائرتي عرض $35^{\circ} 28' 30''$ و $35^{\circ} 59' 00''$ شمالاً (الشكل 1). تبلغ مساحة الحوض 1097 كم². يسود الحوض المناخ المتوسطي الذي يتميز بشتاء ماطر بارد وصيف جاف وعذب في الجزء الأعلى منه، وشتاء معتدل وصيف حار في الجزء الأدنى منه. يُقدر المتوسط السنوي للهطل بنحو 950 مم، ودرجة الحرارة الجافة بنحو 17.4 م°. تُهيمن الصخور الكلسية الأجزاء الأخرى منه. ويتميز الحوض بغطاء نباتي كثيف، وزراعات متنوعة تشمل محاصيل حقلية وخضار وبساتين الحمضيات والزيتون والأشجار المثمرة كاللوزيات والتفاحيات، بالإضافة إلى الأشجار الحرجية (وزارة الدولة لشؤون البيئة والهيئة العامة للاستشعار عن بعد، 2017).



الشكل رقم (1): خريطة تظهر موقع حوض نهر الكبير الشمالي في منطقة الساحل السوري والمحطات المطرية المستخدمة في الدراسة.

البيانات الميئورولوجية:

استُخدمت لإنجاز البحث قيم الهطل الشهرية المسجلة خلال 51 عاماً (1960-2010) في أربع محطات مناخية تتوزع ضمن حوض نهر الكبير الشمالي وهي: بوقا، الحفة، عين عيدو وكسب (الشكل 1). يُبين الجدول (1) الاحداثيات الجغرافية للمحطات المناخية المستخدمة في الدراسة. تم الحصول على هذه البيانات من مديريتي الموارد المائية والزراعة في اللاذقية.

تم ترتيب وتنظيم البيانات والتأكد من خلوها من القيم المفقودة باستخدام البرنامج Excel Microsoft، وتم تشكيل المتغيرات موضوع الدراسة وهي: كميات الهطل المسجلة خلال السنة الهيدرولوجية (من شهر أيلول حتى شهر آب)، والفصول المطيرة من السنة (الخريف والشتاء والربيع).

الجدول رقم (1): المحطات المناخية المستخدمة في الدراسة واحداثياتها الجغرافية.

المحطة	دائرة العرض	خط الطول	الارتفاع (م)
بوقا	35° 32' 20"	35° 48' 25"	31
الحفة	35° 36' 27"	36° 2' 36"	371
عين عيدو	35° 44' 12.7"	36° 5' 53"	243
كسب	35° 49' 2"	35° 56' 37"	384

تحليل الاتجاهات العامة للهطل:

تمّ تحديد اتجاهات التغير ومقداره في سلاسل الهطل المدروسة باستخدام الانحدار الخطي بطريقة المربعات الصغرى الاعتيادية (OLS: Ordinary least squares method) التي تُعد إحدى أكثر الطرائق استخداماً لتقدير معدل التغير في الاتجاهات الخطية (شيخو، 2014; Wu et al., 2011; Wilks, 1995). وتمّ تقييم معنوية الاتجاه إحصائياً عند المستوى (5% و 1%) عن طريق حساب النسبة بين الانحدار المقدر بطريقة المربعات الصغرى وانحرافه المعياري (WMO, 2000). كما تمّ حساب الاتجاهات النسبية لكامل فترة الدراسة (S)، بالنسبة المئوية، باستخدام العلاقة الآتية (Stahl et al., 2012):

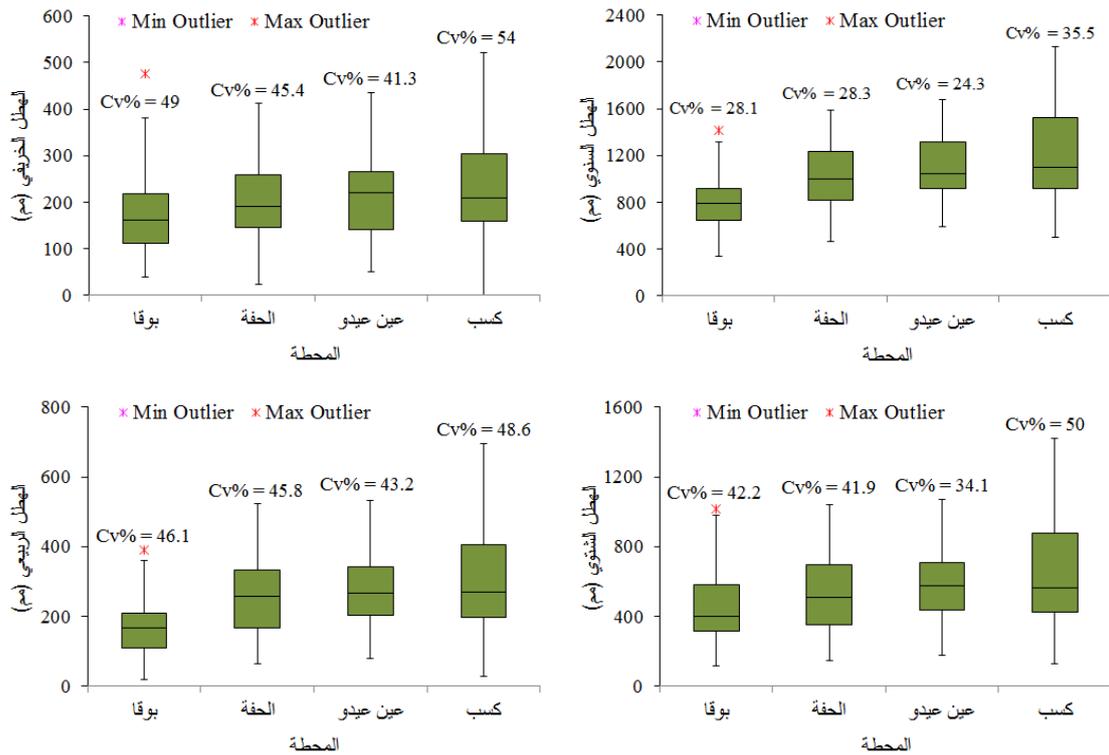
$$S = \frac{b \times n}{\bar{x}} \times 100$$

حيث تمثل b معامل الانحدار الخطي بين المشاهدات والزمن (سنوات الرصد)، و n عدد سنوات الرصد، و \bar{x} المتوسط الحسابي لسلسلة الهطل المدروسة.

النتائج والمناقشة:

الخصائص العامة للهطولات السنوية والفصلية في حوض نهر الكبير الشمالي:

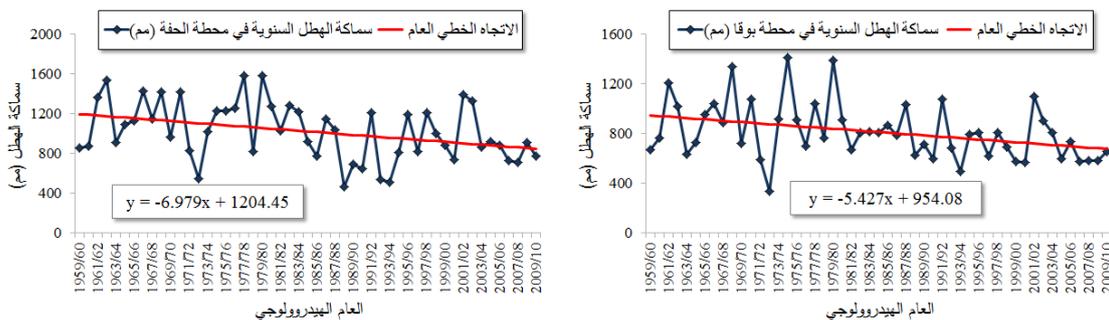
يُوضح الشكل (2) أهم الخصائص الإحصائية للهطولات الفصلية والسنوية في محطات الدراسة خلال الفترة (1960-2010)، ومنه نلاحظ أنّ معدلات الهطل في الحوض مرتفعة نسبياً، حيث تراوحت بين 813 مم في محطة بوقا (في الجزء الأدنى من الحوض على ارتفاع 31 م) و 1209.3 مم في محطة كسب (في الجزء الأعلى من الحوض على ارتفاع 384 م). يستحوذ فصل الشتاء على الجزء الأكبر من كميات الهطل السنوية وينسبة تزيد عن 50% من المعدل السنوي للهطل متجاوزاً بذلك مجموع معدلي الخريف والربيع في جميع المحطات. وعلى الرغم من ارتفاع معدلات الهطل في الحوض، فإنّ الهطولات تُبدي تذبذباً كبيراً في كمياتها بين المواسم والفصول ويتضح ذلك جلياً من خلال القيم المرتفعة لمعامل التغير (Cv)، ومع أنّ هطولات الشتاء هي الأقلّ تبايناً مقارنةً بهطولات الخريف والربيع إلا أنّ معامل التغير يبقى مرتفعاً حيث تراوحت قيمته بين 34.1% في عين عيدو و 50% في كسب. كما يتبين من الشكل أدناه أنّ التوزيع الفصلي والسنوي لكميات الهطل في جميع المحطات هو غير متماثل بشكل عام، وهذا يتضح من قرب الوسيط (المستقيم ضمن الصندوق) من الحافة السفلى للصندوق التي تمثل الربيع الأول لسلسلة البيانات، الأمر الذي يُشير إلى أنّ التكرارات تتركز عند أصغر القيم وكميات الهطل هي أدنى من المعدل.



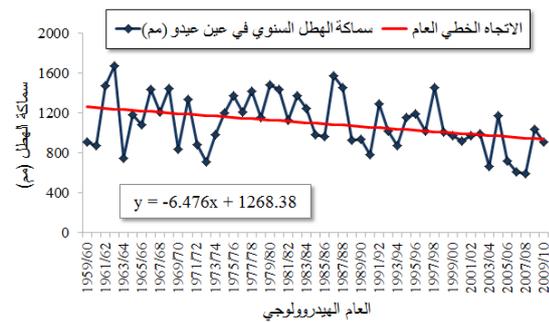
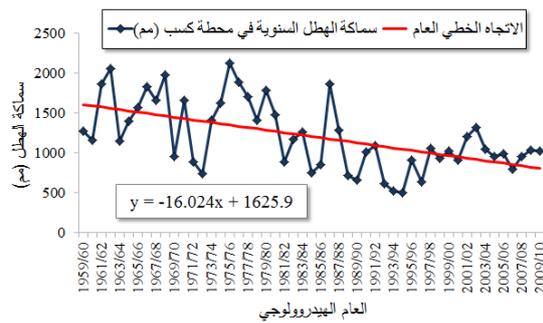
الشكل رقم (2): خصائص التوزيع الإحصائي للهطولات الفصلية والسنوية في محطات الدراسة للفترة (1960-2010).

تحليل الاتجاهات الخطية للهطولات المطرية السنوية والفصلية:

أظهرت نتائج تحليل الاتجاهات الخطية لسلاسل الهطولات السنوية كما هو موضح في الشكل (3) اتجاهات واضحة نحو تناقص معدلات الهطل في مختلف أجزاء الحوض، حيث تراجعت الهطولات خلال فترة الدراسة بشكل حاد ومعنوي في جميع المحطات بمقدار تراوح بين 276.8 مم في بوقا و 817.2 مم في كسب. وعلى الرغم من أن كمية التناقص في بوقا كانت أقل من عين عبدو إلا أنها شكلت نسبياً تراجعاً أكبر بلغ 34%.



الشكل رقم (3): الاتجاهات الخطية لسلاسل الهطل السنوي في محطات الدراسة للفترة (1960/1959-2010/2009)، يتبع.



الشكل رقم (3): الاتجاهات الخطية لسلاسل الهطل السنوي في محطات الدراسة للفترة (2010/2009-1960/1959).

يتضح من النتائج المُدرجة في الجدول (3) وجود اتجاه واضح نحو تناقص هطولات الشتاء في جميع محطات الدراسة تراوح بين 118.9 مم في عين عيدو و 467.1 مم في كسب وشكل نسبة تراجع حادة في هطولات هذا الفصل مقداره 20.7% و 72.4% على التوالي، غير أنّ هذا التغير لم يكن معنوياً سوى في كسب. كذلك تراجعت هطولات الربيع بشكل واضح ومعنوي إحصائياً وبنسبة تجاوزت 45% في جميع المحطات ووصلت إلى 74.2% من هطولات هذا الفصل في كسب. أما هطولات الخريف فقد سجّلت تزايداً طفيفاً في الحفة نسبته 9.7%، وسجلت تراجعاً في باقي المحطات تراوحت نسبته بين 3.5% في عين عيدو و 30.1% في كسب، وجميع هذه الاتجاهات لم تكن معنوية إحصائياً.

الجدول رقم (3): اتجاه التغير ومقداره في كميات الهطولات الفصلية والسنوية في محطات الدراسة للفترة (2010-1960).

معنوية التغير	مقدار التغير		المعدل (مم)	الفترة الزمنية	المحطة
	% لكامل فترة الدراسة	مم لكامل فترة الدراسة			
-	-18.8	-33.6	179.0	خريف	بوقا
-	-37.7	-170.7	453.1	شتاء	
+	-45.8	-74.4	162.5	ربيع	
++	-34	-276.8	813	سنة هيدرولوجية	
-	9.7	20.1	207.9	خريف	الحفة
-	-36.5	-194.7	533.1	شتاء	
+	-52.5	-136.3	259.4	ربيع	
++	-34.8	-355.9	1023	سنة هيدرولوجية	
-	-3.5	-7.6	219.9	خريف	عين عيدو
-	-20.7	-118.9	573.9	شتاء	
+	-49.3	-137.1	278.0	ربيع	
++	-30.0	-330.3	1100.0	سنة هيدرولوجية	
-	-30.1	-69.7	231.4	خريف	كسب
++	-72.4	-467.1	645.5	شتاء	
++	-74.2	-223.2	300.7	ربيع	
++	-67.6	-817.2	1209.3	سنة هيدرولوجية	

(+): التغير معنوي عند مستوى 95%؛ (++)): التغير عالي المعنوية عند مستوى 99%؛ (-): التغير غير معنوي إحصائياً.

تُبين هذه النتائج بوضوح أنّ التراجع الحاد والمعنوي في معدلات الهطل السنوية في جميع محطات الدراسة يعود بشكل أساسي إلى التناقص الحاد في كميات الهطل لفصلي الشتاء والربيع. وهذا يتفق مع نتائج الكثير من الدراسات في المنطقة (عمار وآخرون، 2013؛ شيخو، 2014؛ سكاف وصقر، 2015). إنّ هذا التراجع الواضح في كميات الهطل المتساقطة سيؤثر سلباً بدون أدنى شك في رطوبة التربة وشدة وتكرار الجفاف، وسيؤثر أيضاً في الموارد المائية ونظام جريان النهر والإنتاج الزراعي في الحوض.

الاستنتاجات والتوصيات:

- اعتماداً على النتائج التي توصلت إليها الدراسة يمكن استنتاج الآتي:
- عدم الانتظام في توزيع الهطل وتشتت كمياته على المستويين الفصلي والسنوي في كافة أرجاء حوض نهر الكبير الشمالي.
 - تراجع هطولات الشتاء في جميع محطات الدراسة، غير أنّ هذا الاتجاه لم يكن معنوياً سوى في كسب.
 - تراجع هطولات الربيع بشكل واضح ومعنوي وبنسبة لم تقل عن 45% في جميع محطات الدراسة.
 - وجود اتجاه غير معنوي إحصائياً نحو تراجع كميات الهطل لفصل الخريف في كسب وبوقا وعين عيدو، بينما سجلت محطة الحفة تزايداً طفيفاً نسبته 9.7%.
 - تراجع حاد عالي المعنوية إحصائياً في كميات الهطل السنوية في جميع المحطات ناتج عن التراجع الحاد والمعنوي في هطولات الربيع إضافة إلى التناقص الكبير في هطولات الشتاء.

على ضوء النتائج التي توصل إليها البحث يمكن أن نوصي الآتي:

- استكمال البحث بإجراء دراسات مماثلة للعناصر المناخية الأخرى بما يوفر صورة أكثر وضوحاً لمناخ الحوض ويساعد على إيجاد حلول للتكيف مع التغيرات الحاصلة في المناخ والتخفيف من تلك المتوقعة للمستقبل.
- العمل على تطوير سيناريوهات مستقبلية حول التطورات المحتملة للحرارة والهطل في ظل التغيرات المناخية وأثرها في الموارد المائية وتطور الزراعة في حوض نهر الكبير الشمالي.

المراجع:

- 1- سكاف، ميشيل؛ وصقر، رنا. (2015). تغير خصائص الهطل الفصلي والسنوي في المنطقة الساحلية من سورية خلال الفترة 1960 - 2010. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة العلوم البيولوجية، المجلد (37)، العدد (2): 217-232.
- 2- شيخو، طاهر. (2014). اتجاهات التغير في سلاسل الهطولات السنوية والفصلية في بعض مواقع المنطقة الساحلية في سورية. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة العلوم البيولوجية، المجلد (36)، العدد (5): 39-50.
- 3- عمار، غطفان عبد الكريم؛ الأسعد، علي محمد؛ عبد الرحمن، عباس؛ وحايك، شريف. (2013). تأثير التغيرات المناخية على تدفقات نهر الكبير الشمالي. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية-سلسلة العلوم الهندسية المجلد (35) العدد (2): 22-9.

- 4- مسلماني، يوسف؛ وعبيدو، محمد سليمان. (2009). تقييم أوجه الضعف وتدابير التكيف مع التغيرات المناخية في سورية. برنامج الأمم المتحدة الإنمائي / الهيئة العامة لشؤون البيئة، دمشق، سورية.
- 5- وزارة الدولة لشؤون البيئة والهيئة العامة للاستشعار عن بُعد. (2017). المراقبة والإدارة البيئية لنهر الكبير الشمالي-المرحلة الأولى.

Reference

- 1- Skaff, Michel; and Saqr, Rana. (2015). Characteristics of seasonal and annual precipitation changes in the coastal region of Syria during the period 1960-2010. Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies, Biological Sciences Series, Volume (37), Issue (2): 217-232.
- 2- Sheikho, Taher. (2014). Trends of change in the annual and seasonal series of precipitation in some locations of the coastal region in Syria. Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies, Biological Sciences Series, Volume (36), Issue (5): 39-50.
- 3- Ammar, Ghatfan Abdel Karim; Al-Asaad, Ali Muhammad; Abdul Rahman, Abbas; Hayek, Sharif. (2013). The effect of climate changes on the flows of the Great Northern River. Tishreen University Journal for Scientific Research and Studies - Engineering Science Series, Volume (35), Issue (2): 9-22.
- 4- Maslamani, Youssef; and Obeido, Mohamed Suleiman. (2009). Assessment of vulnerabilities and adaptation measures to climate change in Syria. United Nations Development Program / General Authority for Environmental Affairs, Damascus, Syria.
- 5- The Ministry of State for Environmental Affairs and the General Authority for Remote Sensing. (2017). Environmental monitoring and management of the Great Northern River - Phase I.
- 6- Asadieh, B. and Krakauer, N. Y. (2017). Global change in streamflow extremes under climate change over the 21st century. *Hydrology and Earth System Science*, Vol. 21, pp. 5863-5874.
- 7- Cabello, A., Velasco, M., Barredo, J.I., Hurkmans, R.T.W.L., Barrera-Escoda, A., Sempere-Torres, D., and Velasco, D. (2011). Assessment of future scenarios of climate and land-use changes in the IMPRINTS test-bed areas. *Environmental Science and Policy* 14 (7):884-897. doi:10.1016/j.envsci.2011.03.003.
- 8- Diffenbaugh, N.S.; Giorgi, F. (2012). Climate change hotspots in the CMIP5 global climate model ensemble. *Clim. Chang.* 114, 813-822.
- 9- Dimitrakopoulos, P.G.; Arianoutsou, M.; Gloor, M. (2017). Predicting species dominance shifts across elevation gradients in mountain forests in Greece under a warmer and drier climate. *Reg. Environ. Chang.* 17, 1165-1177.
- 10- Döll, P. Trautmann, T. Gerten, D. Schmied, H. Ostberg, O. Saaed, F and Schleussner, C. (2018): Risks for the global freshwater system at 1.5 °C and 2 °C global warming. *Environmental Research Letters*, 13(4), 044038, doi:10.1088/1748-9326/aab792.
- 11- Giorgi, F., and Lionello, P. (2008). Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change*, 63 (2-3), 90-104.
- 12- Guagliardi, I., Buttafuoco, G., Caloiero, P., Caloiero, T., Frustaci F. (2016). Trend analysis of annual and seasonal rainfall time series in Europe and in the Mediterranean area. *Rendiconti online Società Geologica Italiana* 40: 382-382.
- 13- Hirabayashi, Y., Mahendran, R., Koirala, S., Konoshima, L., Yamazaki, D., Watanabe, S., Kim, H. and Kanae, S. (2013). Global flood risk under climate change. *Nature Climate Change*, Vol. 3, No. 9, pp. 816-821.

- 14- Huntington, T. G. (2006). *Evidence for intensification of the global water cycle: review and synthesis*. J Hydrol. Vol. 319,83–95.
- 15- IPCC. (2013). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 203 pp.
- 16- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge/New York, United Kingdom/USA, Cambridge University Press. www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-PartA_FINAL.pdf.
- 17- IPCC. (2018). *Summary for Policymakers. Global Warming of 1.5°C*. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Geneva, IPCC. www.ipcc.ch/sr15/chapter/spm/.
- 18- IPCC. (2021). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
- 19- Kumar, V., Jain, S. K. & Singh, Y. (2010). Analysis of long-term rainfall trends in India. Hydrol. Sci. J. 55, 484–496.
- 20- Philandras, C. M., Nastos, P. T., Kapsomenakis, J., Douvis, K. C., Tselioudis, G. & Zerefos, C. S. (2011). Long term precipitation trends and variability within the Mediterranean region. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 11, 3235–3250.
- 21- Proutsos, N.; Tigkas, D. (2020). Growth Response of Endemic Black Pine Trees to Meteorological Variations and Drought Episodes in a Mediterranean Region. Atmosphere. 11, 554.
- 22- Sarailidis, G.; Vasiliades, L.; Loukas, A. (2019). Analysis of streamflow droughts using fixed and variable thresholds. Hydrol. Process. 33, 414–431.
- 23- Seager, R.; Naik, N.; and Vecchi, G. A. (2010). *Thermodynamic and dynamic mechanisms for large-scale changes in the hydrological cycle in response to global warming*. J. Climate, Vol. 23, 4651–4668.
- 24- Sofroniou, A.; Bishop, S. (2014). Water scarcity in Cyprus: A review and call for integrated policy. Water, 6, 2898–2928.
- 25- Stahl, K., Tallaksen, L. M., Hannaford, J. & van Lanen, H. A. J. (2012). Filling the white space on maps of European runoff trends: estimates from a multi-model ensemble. *Hydrol. Earth System Sci.* 16(7), 2035–2047.
- 26- Tigkas, D.; Vangelis, H.; Tsakiris, G. (2019). Drought characterisation based on an agriculture-oriented standardised precipitation index. Theor. Appl. Climatol. 135, 1435–1447.

- 27- Trambly, Y.; Koutroulis, A.; Samaniego, L.; Vicente-Serrano, S.M.; Volaire, F.; Boone, A.; Le Page, M.; Llasat, M.C.; Albergel, C.; Burak, S.; et al. (2020). Challenges for drought assessment in the Mediterranean region under future climate scenarios. *Earth-Sci. Rev.* 210, 103348
- 28- Trenberth, K. E. (2011). *Changes in precipitation with climate change*. *Climate Research*, Vol. 47, 123-138.
- 29- Wilks, S.D. (1995). *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*, vol. 59, International Geophysics Series, Academic Press, 467pp.
- 30- WMO (World Meteorological Organization). *Detecting trend and other changes in hydrological data*. WCDMP-45, WMO/TD-No. 1013, 2000, 158.
- 31- WMO (World Meteorological Organization). (2019). *WMO Statement on the State of the Global Climate in 2018*. Geneva, WMO. library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=5789.
- 32- Wu, Z.; N.E. Huang; J.M. Wallace; B.V. Smoliak; and X. Chen. (2011). On the time-varying trend in global-mean surface temperature. *Climate Dynamics*. 37(3): 759–773.