اتجاهات الجفاف في حوض الفرات الاعلى – تركيا - وأثرها في الواردات المائية للنهر الواصلة الى العراق

أ.م.د. ميثم عبد الكاظم حميدي
جامعة بابل/ كلية التربية الاساسية

Drought trends in the Upper Euphrates Basin – Turkey – and their impact on water inflows to Iraq

Asst. Prof. Dr. Maytham Abdulkadham Hamedi
University of Babylon - College of Basic Education
bas792.mathem.abad@uobabylon.edu.iq

المستخلص:

هدف البحث الى تحليل اتجاهات الجفاف في حوض الفرات الاعلى في جنوب شـــرق تركيا بالاعتماد على بيانات الامطار في ثمان محطات مناخية وللمدة (١٩٨١-٢٠٢١)، وذلك باســتخدام مؤشــر المطر القياســي (SPI) ومن خلال تطبيق اختبار مان كيندال (MK) وذلك لتحديد اتجاهات الجفاف في منطقة الدراســة، ولدراســة تعاقب فترات الجفاف والرطوبة، فقد تم اعتماد قيم (SPI) لفترة ١٢ شهراً في التحليل، لكونها تغطي كمية الامطار السنوية الساقطة على كل محطة خلال السنة المائية التي تبدأ من الاول من شهر تشرين الاول وتنتهي بنهاية شهر ايلول.

وقد خلصت الدراسة الى ان هنالك اتجاها سالباً في قيم مؤشر المطر القياسي، اذ وصلت قيمة (z) الى (-٠,٨٢)،وهذا الاتجاه هو انعكاس للاتجاه التنازلي في معدلات الامطار الســاقطة في حوض الفرات الاعلى خلال العقود الاخيرة . والذي انعكس أثره على واردات نهر الفرات الواصلة الى العراق والمســجلة في محطة القائم،التي تراجعت بشــكل واضــح خلال العقود الاخيرة من (٢٥,٢٧) مليار م^{٣} في عقد الثمانينات من القرن الماضــي الى (١٤,٦٦) مليار م^{٣} خلال العقد الثاني من القرن الحالي .

الكلمات المفتاحية:

الجفاف، شدة الجفاف، مؤشر المطر القياسي (SPI)، حوض الفرات الاعلى.

Abstract:

In this study, drought trends in the Upper Euphrates Basin in southeastern Turkey were analyzed based on rainfall data at eight climate stations for the period (1981-2021), using the Standard Rain Index (SPI) and by applying the Mann-Kendall (MK) test in order to determine Drought trends in the study area, and to study the succession of dry and wet periods, the

(SPI) values for a period of 12 months were adopted in the analysis, because they cover the amount of annual rainfall falling on each station during the water year that begins from the first of October and ends at the end of September.

The study concluded that there is a negative trend in the values of the standard rain index, as the value of (z) reached (-0.82), and this trend is a reflection of the downward trend in the rates of rainfall falling in the upper Euphrates Basin during recent decades. The impact of which was reflected in the imports of the Euphrates River reaching Iraq and recorded at Al-Qaim station, which declined clearly during recent decades from (25.27) billion cubic meters in the eighties of the last century to (14.66) billion cubic meters during the second decade of the current century**.**

key words:

Drought, drought severity, standard rain index (SPI), upper Euphrates basin

المقدمة:

ادى تغير المناخ الذي تشهده الارض الى اختلافات كبيرة في خصائص الظواهر الجوية والمناخية المتطرفة مثل الجفاف والفيضانات من ناحية التكرار والشدة والتوزيع المكاني . ومن خلال تقييم العديد من المخاطر في العالم فأن الجفاف كان اهمها من ناحية الخطورة، لما يترتب عليه من خسائر في الارواح وخسائر اقتصادية واثار اجتماعية طويلة المدى. ويختلف الجفاف عن المخاطر الطبيعية الاخرى في نواح عدة منها صعوبة التنبؤ ببدايته ونهايته ، إذ يبدأ الجفاف بسبب الانخفاض الكبير في الهطول ويتفاقم بتأثير العوامل المناخية الاخرى مثل (ارتفاع درجات الحرارة، سرعة الرياح العالية، انخفاض الرطوبة النسبية).

خلقت مشكلة الجفاف اثاراً بيئية واقتصادية واجتماعية عديدة ولعل ابرزها تقليص الاراضي الزراعية وسيادة التصحر في مناطق مختلفة، كذلك هجرة السكان الريفيين من مناطقهم الى المدن والضغط السكاني والاقتصادي عليها وبالتالي على مواردها، الامر الذي سيولد اعباء كبيرة على الدولة لتلبية متطلبات السكان الغذائية بالدرجة الاولى ناهيك عن المتطلبات الاخرى.

مشكلة الدراسة:

ماهي اتجاهات الجفاف في حوض الفرات الاعلى - في تركيا- وهل اثر ذلك في تذبذب الوارد المائي للنهر في العراق؟

فرضية الدراسة:

تسهم التغيرات المناخية في تزايد نوبات الجفاف في منطقة الدراسة مما اثر ذلك في تباين حجم الواردات المائية السنوية لنهر الفرات وخصوصاً في بلد المصب العراق.

اهمية الدراسة:

ان ندرة المياه ستكون الحالة الاساسية المؤثرة في حياة الكثيرين خلال القرن الحادي والعشرون ،وتدعم ظواهر البحيرات المتقلصة والانهار المتلاشية التصور القائل بان العالم يتجه نحو ازمة مالتوسية (كما وصفها مالتوس)، اذ سيؤدي التنافس على موارد المياه الاخذة في التناقص الى حدوث ازمات ونشوب الحروب والصراعات[١] ،مما يخلق اثاراً بيئية واقتصادية واجتماعية عديدة ولعل ابرزها زيادة المساحات المتصحرة وتراجع المساحات الزراعية، مما يعمل على ترك حرفة الزراعة والتوجه الى المدن وبالتالي زيادة الضغط على الاستخدامات البشرية كافة كالسكن والموارد الاقتصادية.

هدف الدراسة:

تهدف الدراسة الى تحليل فترات الجفاف وتحديد اتجاهاتها في حوض الفرات الاعلى في تركيا باستخدام دليل المطر القياسي (SPI) وعلاقتها بحجم الواردات المائية لنهر الفرات الواصلة الى العراق.

منهجية الدراسة:

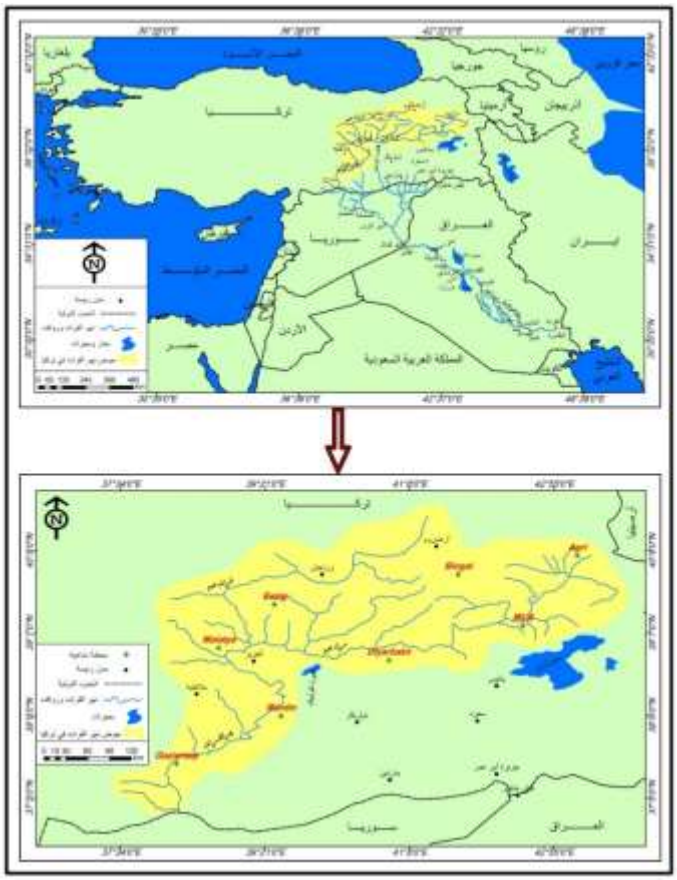
اعتمدت الدراسة على المنهج النظامي (الاصولي) والمنهج الوصفي التحليلي فضلا عن استخدام المنهج الكمي لوصف وتحليل تكرار حالات الجفاف على النطاق الزمني (١٢) شهر باستخدام دليل المطر القياسي (SPI) ، ولثمان محطات مختارة (جدول١) لوصف الجفاف المناخي في المنطقة، وايضا تطبيق اختبار مان كيندال (MK) خلال الفترات الشهرية والسنوية لتحديد اتجاهات الجفاف في منطقة الدراسة.

حدود الدراسة :

تقع منطقة الدراسة في جنوب شرق تركيا ما بين دائرتي عرض (٣٦,٣٩,١٧ - ٤٠,٢٠,٢٦) وخطي طول (٣٦,٤٦,٣٦ - ٤٣,٤٨,١٠) وتبلغ مساحتها الكلية (١٢٣,٢٠٠ كم^{٢})، وهي اكبر منطقة صرف في غرب اسيا ،اذ يعد نهر الفرات الاطول في هذه المنطقة. كما يتميز حوض نهر الفرات بطوبوغرافية جبلية معقدة، ومن الناحية المناخية فمنطقة الدراسة تقع ضمن المنطقة المعتدلة مناخياً، يتأثر مناخها بتناوب المنخفضات الجبهوية المتوسطية مع الكتل

خريطة(١)

حوض الفرات الاعلى – تركيا



المصدر من عمل الباحث، بالاعتماد على:

.Using a program Arc Gis v. 10.4.1 ،Earth Explorer ،USGS

جدول (١)

محطات منطقة الدراسة

المحطات	الارتفاع (م)	رمز المحطة	دائرة العرض(شمالاً)	خط الطول (شرقاً)
Agri	**1633**	**170990**	**39.73**	**43.05**
Bingol	**1177**	**172030**	**38.86**	**40.5**
Diyarbakir	**686**	**172800**	**37.88**	**40.18**
Eazig	**902**	**172020**	**38.6**	**39.28**
Gaziantep	**701**	**172600**	**37.08**	**37.36**
Malatya	**862**	**172000**	**38.43**	**38.08**
Mardin	**1050**	**172750**	**37.3**	**40.73**
Mus	**1320**	**172040**	**38.73**	**41.51**

المصدر: الباحث بالاعتماد بيانات المنظمة العالمية للإرصاد الجوي (WMO).

الهوائية القطبية والضغط المرتفع المداري، وتهيمن التيارات الهوائية القادمة من شمال افريقيا وصحاري شبه الجزيرة العربية على مناخ المنطقة طول فصل الصيف، مما يتسبب في ارتفاع درجات الحرارة والجفاف، ويتراوح المعدل السنوي للأمطار في حوض الفرات بين (٥٠٠-٨٠٠)ملم/سنوياً، يسقط الجزء الاكبر منها خلال فصل الشتاء على شكل ثلوج مما يجعل المنطقة المصدر الرئيسي لتغذية وامداد النهر بالمياه [٢].

مفهوم الجفاف :

الجفاف ظاهرة ميتيورولوجية مؤقتة يمكن ان تحدث في جميع المناطق ،وهو يختلف عن القحولة التي تعد صفة مناخية دائمة لمناطق جغرافية محددة [٣] .

وعلى الرغم من ان للجفاف العديد من التعريفات المختلفة ، الا انه لا يوجد تعريف عالمي له، ولكن يمكن الاشارة الى التعريف الذي وضعته المنظمة العالمية للارصاد الجوي (WMO1986) وهو ان "الجفاف يعني نقصاً مستداماً وممتداً في هطول الامطار"[٤]

كما يتم تعريفه على انه " انخفاض في قيم المتغيرات الهيدرولوجية والجوية مثل (هطول الامطار، الرطوبة، تدفق المياه ، مستوى المياه في الخزانات ، مستوى المياه الجوفية) [٥]

انواع الجفاف :

صنفت حالات الجفاف وبحسب التصنيف الامريكي الى اربعة مجموعات وهي كالتالي[٦]:

اولاً: الجفاف المناخي :

يحدث الجفاف المناخي او الجوي نتيجة نقص هطول الامطار وانحرافها عن معدلها الطبيعي .

ثانياً: الجفاف الزراعي :

ويمثل المدة الزمنية التي يتناقص فيها المحتوى الرطوبي في التربة الى الحد الذي يتدهور فيها نمو المحصول، والذي يقل بدرجة كبيرة من الانتاج الاساسي في النظام البيئي الطبيعي والزراعة البعلية [٧].

ثالثاً: الجفاف الهيدرولوجي:

يؤدي استمرار الجفاف المناخي الى حدوث الجفاف الهيدرولوجي نتيجة لتناقص الموارد المائية (السطحية وتحت السطحية) مثل الجريان في الانهار والبحيرات والبرك العذبة والجداول ،ومستويات المياه في الخزانات والمياه الجوفية[٨]

رابعاً : الجفاف الاجتماعي والاقتصادي :

ويحث هذا النوع من الجفاف عندما تكون كمية المياه غير كافية لتلبية الاستهلاك للأنشطة البشرية المختلفة مثل الانشطة الزراعية والصناعية والتنمية الحضرية[٩].

اسباب الجفاف:

يعد الجفاف من الظواهر الطبيعية البالغة التعقيد والتي بدأ تأثيرها واضحاً بشكل كبير في مستوى الحياة على الكرة الارضية في العقود الاخيرة بسبب التغيرات المناخية التي تعاني منها الارض بسبب ظاهرة الاحتباس الحراري ، والذي بدا يشكل خطراً كبيراً لأجزاء واسعة من الارض[١٠].

يعد تناقص سقوط الامطار السبب الرئيس للجفاف. اما رطوبة التربة وتدفق المياه في الجداول والانهار ومستوى الماء الجوفي فهي المتغيرات الرئيسة التي تعكس اثار الجفاف، وبينما تعتمد رطوبة التربة على تذبذبات الامطار خلال مدة قصيرة نسبياً ،فان التغيرات الاخرى تعكس التذبذبات طويلة الامد في الهطول [١١].

تظهر الدراسات المناخية على مستوى العالم الى ان التغيرات في درجة حرارة سطح المحيط الهادئ المرتبطة بظاهرة النينو والتذبذب الجنوبي تؤثر في حالة المناخ العالمي من سنة الى اخرى، وعلى وجه الخصوص المناطق المدارية والعروض الوسطى . كما ان حدوث تغيرات في تذبذب شمالي الاطلسي (NAO) يعد عاملا مهما في التحكم في تباين الامطار في منطقة البحر المتوسط التي تقع منطقة الدراسة من ضمنها، اذ تتوافق فترات الجفاف مع المراحل الايجابية لـ(NAO) وتسود ظروف الرطوبة خلال المراحل السالبة [١٢].

ومن جانب اخر يؤدي ارتفاع درجة حرارة الكوكب الى تقليص مساحات كانت مغطاة بالجليد سابقاً مما يؤدي الى تقليل التباين الحراري وبالتالي ضعف الدورة العامة للرياح التي تنقل الطاقة الحرارية من المناطق المدارية نحو القطبين [١٣].

مؤشرات تحديد الجفاف

قام اخصائيو الارصاد الجوي وعلماء المناخ في مختلف انحاء العالم على مر السنين بوضع واستخدام مؤشرات كثيرة للجفاف، وتراوحت هذه المؤشرات بين مؤشرات بسيطة مثل النسبة المئوية للهطول المعتاد ، ومؤشرات اكثر تعقيداً مثل مؤشر بالمر لشدة الجفاف . غير ان العلماء في الولايات المتحدة ادركوا ان المؤشر ينبغي ان يكون بسيطاً ويسهل حسابه ، وان يكون ملائماً احصائياً ومعقولاً ،فضلاً عن ذلك فان فهم حقيقة ان لنقص الهطول تأثيرات مختلفة على المياه

الجوفية ومستودعات تخزين المياه ورطوبة التربة والتراكم الثلجي، وتدفق المجاري المائية، دفع العلماء الامريكيين Mckee وDoesken و Kleist عام ١٩٩٣ لوضع مؤشر المطر القياسي (spi) [١٤].

صمم مؤشر المطر القياسي لتقدير كمية النقص في الامطار على نطاقات زمنية متعددة، وتعكس هذه النطاقات الزمنية تأثير الجفاف على توفر المياه المختلفة، فأحوال رطوبة التربة تستجيب للاختلافات في كمية الامطار على نطاق زمني قصير نسبياً، بينما يعكس تدفق المجاري المائية ومستودعات التخزين ومستوى المياه الجوفية تأثير الاختلافات في كمية التساقط المطري في الاجل الاطول .

يقوم مبدأ التحليل بواسطة مؤشر المطر القياسي احصائياً على مبدأ تحويل توزيع جاما لسلسلة البيانات الى التوزيع الطبيعي، لذلك تكون قيمة المتوسط لبيانات مؤشر المطر القياسي تساوي صفر، بينما تشير القيم الموجبة الى وجود زيادة في الامطار عن معدلها العام اي سنة رطبة اما القيم السالبة لمؤشر المطر القياسي فتعني وجود نقص في الامطار عن المعدل العام لها خلال مدة الدراسة اي سنة جافة . لقد استخدم (Mckee et al,1993) نظام التصنيف الموضح في الجدول (٢) في تحديد مدى شدة الجفاف والتي تتراوح ما بين الصنف شديد الرطوبة جداً الى الصنف شديد الجفاف جداً .

جدول (٢)
قيم مؤشر المطر القياسي SPI

الدرجة	الصنف
≥2	شديد الرطوبة جدا
1.5 – 1.99	شديد الرطوبة
1.49 – 1	متوسط الرطوبة
99 – 0.	معتدل الرطوبة
0.- -99	جفاف معتدل
-1 - -1.49	جفاف متوسط
-1.5 - -1.99	شديد الجفاف
≤ -2	شديد الجفاف جدا

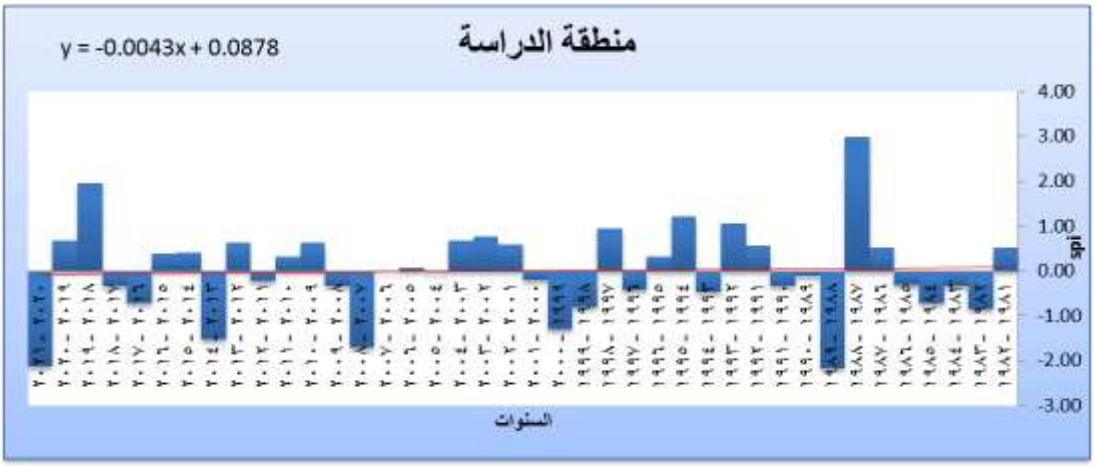
المصدر: دليل مستخدمي المؤشر المعياري للهطول، المنظمة العالمية للإرصاد الجوي ٢٠١٢، مطبوع رقم ١٠٩٠.ص٤.

المناقشة

تبين من تحليل مؤشر المطر القياسي للمحطات الثمان في الحوض الاعلى للفرات كما في الشكل (١)(٢)، ان منطقة الدراسة قد تعرضت الى سنوات متوسطة الى شديدة الجفاف خلال المدة (١٩٨١-٢٠٢١)،اذ وصلت قيم مؤشر المطر القياسي (spi-12) الى اقل من (-1) خلال السنوات (١٩٨٨-١٩٨٩)،(٢٠٢٠-٢٠٢١)، (٢٠٠٧-٢٠٠٨)، (٢٠١٣-٢٠١٤)، (١٩٩٩-٢٠٠٠)، اذ وصلت قيمة مؤشر المطر القياسي الى (-2.18)،(-2.13)،(-1.72)،(-1.53)،(-1.31) وللسنوات في اعلاه على التوالي .

شكل (١)

قيم مؤشر المطر القياسي (spi-12) في منطقة الدراسة للمدة (١٩٨١-٢٠٢١)

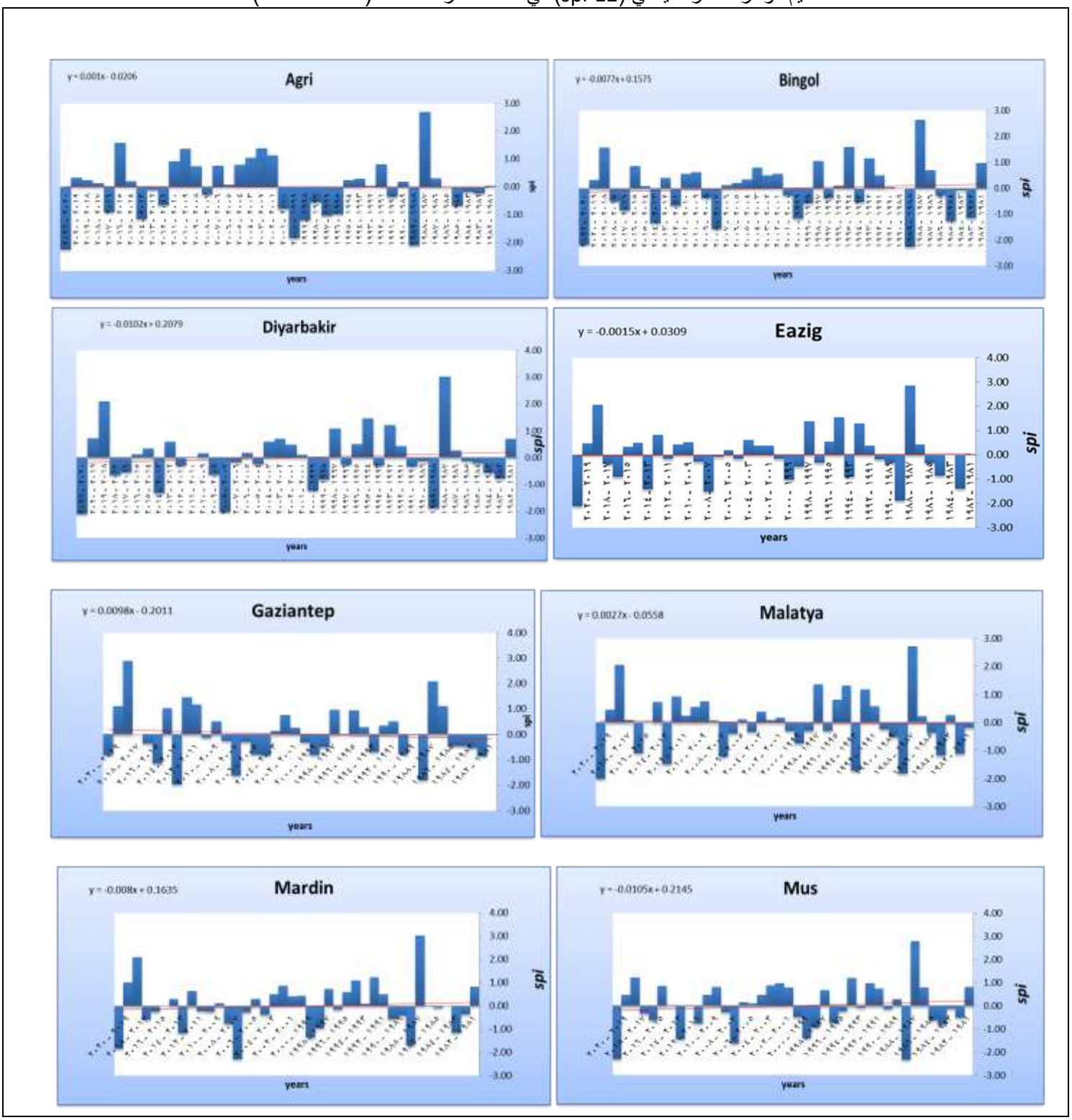


المصدر :عمل الباحث بالاعتماد على الملحق (١)

ومن خلال الاشكال البيانية (١)و(٢) يلاحظ ان السنة المطرية (٢٠٢٠-٢٠٢١) هي من اكثر السنوات جفافاً في محطات الدراسة فيما عدا محطة غازي عينتاب التي سجلت اكثر السنوات جفافاً في السنة (٢٠١٣-٢٠١٤)، اذ بلغت قيمة مؤشر المطر القياسي (-1.97) في حين كانت السنة (١٩٨٧-١٩٨٨) هي من اكثر السنوات الرطبة في جميع المحطات، فيما عدا محطة غازي عينتاب التي شذت عن باقي المحطات وسجلت اعلى قيم مؤشر المطر القياسي خلال السنة(٢٠١٨-٢٠١٩). ويتضح من الشكل (٣) ان العقدين (١٩٨١-١٩٩٠) و(٢٠١١-٢٠٢٠) قد سجلا اقل قيم مؤشر المطر القياسي والتي وصلت الى (-0.07)،(-0.10) ولكل منهما على التوالي، في حين سجل العقدين (١٩٩١-٢٠٠٠)و(٢٠٠١-٢٠١٠) قيم موجبة لمؤشر المطر

القياسي وصلت الى(0.07)،(0.9) ولكل منهما على التوالي، مما يؤشر الى ان هذين العقدين قد شهدتا اقل الفترات جفافاً خلال مدة الدراسة .

شكل (٢)
قيم مؤشر المطر القياسي (spi-12) في منطقة الدراسة للمدة (١٩٨١-٢٠٢١)



عمل الباحث بالاعتماد على الملحق (١)

شكل (٣)

معدل قيم مؤشر المطر القياسي خلال العقود الاربعة

المصدر :عمل الباحث بالاعتماد على الملحق (١).

تكرار الجفاف في منطقة الدراسة

تم تصنيف السنوات الرطبة والجافة في منطقة حوض الفرات الاعلى ومن ثم تصنيفها ضمن درجات مختلفة الشدة من اجل حساب تكرار كل صنف وتحديد النسبة المئوية لتكراره ولكل محطة وبذلك حصلنا على الجدول (٣)الذي يبين تكرار كل صنف من اصناف الجفاف ونسبة تكراره خلال مدة الدراسة

ويتضح من الجدول (٣) والشكل (٤) الى ان تكرار السنوات الجافة مرتفع ويزيد عن ٥٥%، اذ بلغ عدد السنوات الجافة (٢٢سنة) خلال مدة الدراسة التي امتدت الى (٤٠سنة) بين (١٩٨١-٢٠٢١)، وقد تراوحت بين (٤٧,٥%) في محطتي Bingol و Malatya و(٦٠%) في محطة Gaziantep وسجلت اعلى المواسم الرطبة في محطات Bingol و Malatya والتي كانت (٥٢,٥%)ومن تحليل النتائج لمؤشر المطر القياسي (spi-12) يلاحظ ان معظم حالات الجفاف في منطقة حوض الفرات الاعلى تقع ما بين الصنفين الجفاف المعتدل (٤٠%) والمعتدل الرطوبة(٣٧,٥%) في حين بلغت النسبة المئوية لتكرار الصنف شديد الجفاف (٧,٥%) وكانت النسبة (٥%) لكل من الصنف متوسط الرطوبة وشديد الجفاف جداً، اما الصنف شديد الرطوبة جداً فقد وصلت نسبة تكراره (٢,٥%).

جدول (٣)

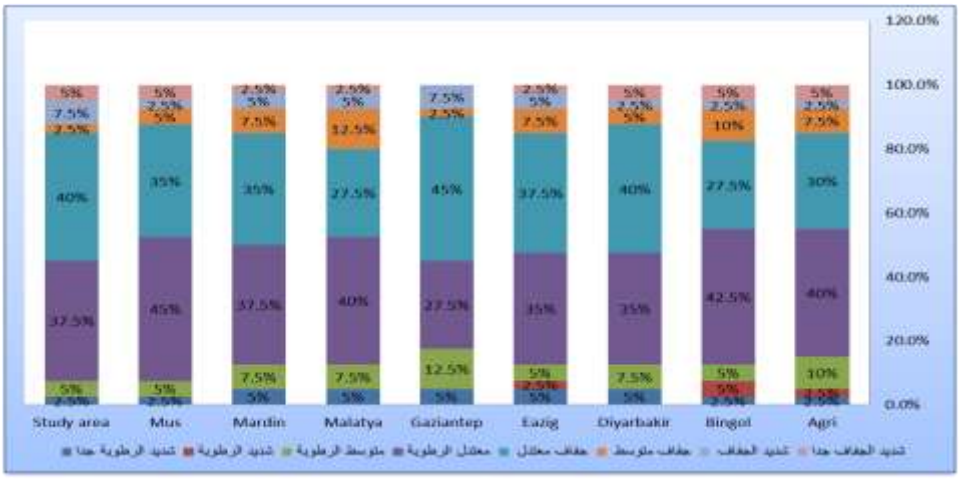
تكرار اصناف الجفاف ونسبه المئوية في محطات الدراسة للمدة (١٩٨١-٢٠٢١)

المحطات	شديد الرطوبة جدا		شديد الرطوبة		متوسط الرطوبة		معتدل الرطوبة		جفاف معتدل		جفاف متوسط		شديد الجفاف		شديد الجفاف جدا		السنوات الرطبة		السنوات الجافة	
	التكرار	النسبة	التكرار	النسبة	التكرار	النسبة	التكرار	النسبة	التكرار	النسبة	التكرار	النسبة	التكرار	النسبة	التكرار	النسبة	التكرار	النسبة	التكرار	النسبة
Agri	1	2.5%	1	2.5%	4	10%	16	40%	12	30%	3	7.5%	1	2.5%	2	5%	22	55%	18	45%
Bingol	1	2.5%	2	5%	2	5%	17	42.5%	11	27.5%	4	10%	1	2.5%	2	5%	22	55%	18	45%
Diyarbakir	2	5%			3	7.5%	14	35%	16	40%	2	5%	1	2.5%	2	5%	19	47.5%	21	52.5%
Eazig	2	5%	1	2.5%	2	5%	14	35%	15	37.5%	3	7.5%	2	5%	1	2.5%	19	47.5%	21	52.5%
Gaziantep	2	5%			5	12.5%	11	27.5%	18	45%	1	2.5%	3	7.5%			18	45%	22	55%
Malatya	2	5%			3	7.5%	16	40%	11	27.5%	5	12.5%	2	5%	1	2.5%	21	52.5%	19	47.5%
Mardin	2	5%			3	7.5%	15	37.5%	14	35%	3	7.5%	2	5%	1	2.5%	20	50%	20	50%
Mus	1	2.5%			2	5%	18	45%	14	35%	2	5%	1	2.5%	2	5%	21	52.5%	19	47.5%
Study area	1	2.5%			2	5%	15	37.5%	16	40%	1	2.5%	3	7.5%	2	5%	18	45%	22	55%

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات ملحق(١)

شكل (٤)

النسبة المئوية لتكرار اصناف الجفاف في محطات منطقة الدراسة عند قياس زمني(spi-12)



المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الجدول (٣).

تحليل فترات الجفاف ومقداره التراكمي وشدته

ان الفرق بين بين قيمة المطر ومعدل المطر السنوي يمثل العجز المطري(precipitation deficit) ، وكما هو موضح في الجدول (٤) ، بينما تعرف فترة الجفاف المتعاقبة ضمن السلسلة الزمنية للأمطار بأنها كمية الجفاف الكلي(Dorught duration)

ويتم حسابها باستخدام العلاقة التالية [xv]:

$$MJ = \sum_{i=1}^{m} (\mathrm{x} - xi)$$

حيث تمثل :

MJ : الجفاف الكلي (ملم) ، x : المعدل المطري لسلسلة البيانات (ملم) ، xi : قيمة المطر عند الزمن (i)

، m : عدد مرات العجز المطري خلال فترة الجفاف .شكل (٥)

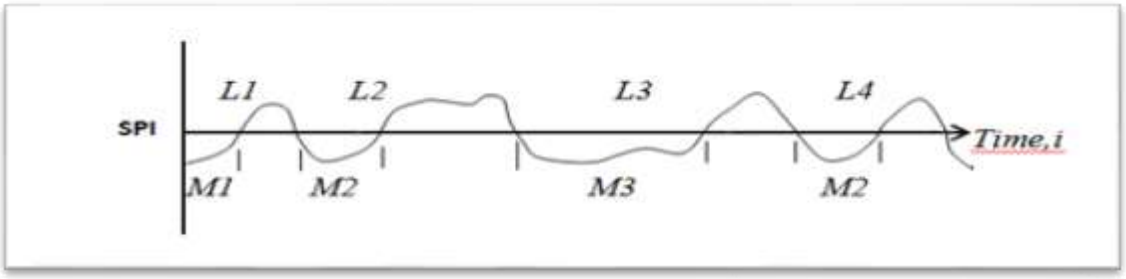
تعرف شدة الجفاف (Drought intensity)على انها حاصل قسمة كمية الجفاف الكلية على استدامة الجفاف ويحسب بالعلاقة التالية :

$$Ij = \frac{mj}{LJ}$$

Ij : شدة الجفاف (ملم) ، mj كمية الجفاف الكلية (ملم) ، LJ استدامة الجفاف (سنة)

شكل (٥)

مخطط يوضح فترات الجفاف لسلسلة زمنية للأمطار M = قيمة الجفاف L= استدامة الجفاف



المصدر: الباحث بالاعتماد على برنامج Microsoft Word

توضح النتائج التي تم حسابها من خلال البيانات في الجدول (٤) ان استدامة الجفاف اي قيم بداية ونهاية فترة الجفاف (سنة)، ومقدار الجفاف التراكمي (ملم)، وشدة الجفاف (ملم/سنة) في محطات منطقة الدراسة، ان اعلى فترات الجفاف قد بلغت (٤سنوات)متتالية (١٩٨٢-١٩٨٦) اما اقل فترة جفاف فقد كانت سنة واحدة كا هو الحال في السنوات (١٩٩٣-١٩٩٤)،(١٩٩٦،-١٩٩٧)،() ٢٠٠٤-٢٠٠٥)،(٢٠١١-٢٠١٢)،(٢٠١٣-٢٠١٤)،(٢٠٢٠-٢٠٢١). اما بالنسبة لمقدار الجفاف التراكمي فقد بلغت اقصى قيمة له (295-)ملم وذلك خلال(٤) سنوات بين عامي (١٩٨٢-١٩٨٦)، اما اقصى قيمة لشدة الجفاف فقد بلغت (192- ملم) وذلك في سنة (٢٠٢٠-٢٠٢١). ويوضح الشكل (٦) ان شدة

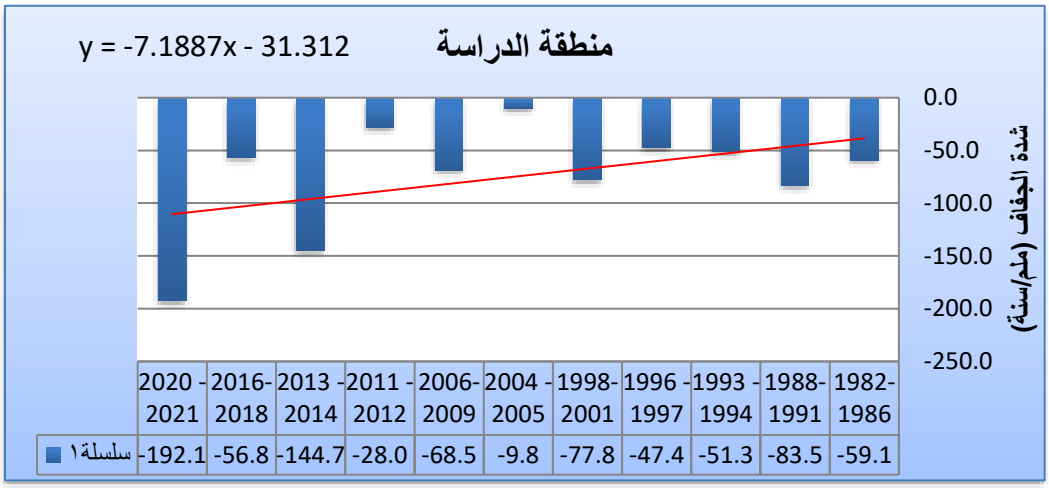
الجفاف في منطقة حوض الفرات الاعلى قد اتجهت نحو التزايد خلال مدة الدراسة ، وهذا ما ينعكس تأثيره في التصريف والايراد المائي للنهر.

جدول (٤)
فترات الجفاف ومقداره التراكمي وشدته

فترة الجفاف	الاستدامة(سنة)	مقدار الجفاف التراكمي (ملم)	شدة الجفاف (ملم/سنة)
1982-1986	4	-295	-59.1
1988-1991	3	-334	-83.5
1993 - 1994	1	-51.3	-51.3
1996 - 1997	1	-47.4	-47.4
1998-2001	3	-311	-77.8
2004 - 2005	1	-9.82	-9.8
2006-2009	3	-274	-68.5
2011 - 2012	1	-28	-28.0
2013 - 2014	1	-145	-144.7
2016-2018	2	-170	-56.8
2020 - 2021	1	-192	-192.1

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الامطار لمحطات الدراسة ،٢٠٢١.

شكل (٦)
شدة الجفاف (ملم/سنة) في منطقة الدراسة للمدة(١٩٨١-٢٠٢١)



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الجدول (٤)

الاتجاه العام لمؤشر المطر القياسي

تم تطبيق اختبار (mann–kendall) من اجل الكشف عن السلسلة الزمنية لمؤشر المطر القياسي (spi) في منطقة حوض الفرات الاعلى للمدة (١٩٨١–٢٠٢١)، اذ تشير قيم (z) التي تكون اقل من(صفر) الى وجود اتجاه تنازلي في السلسلة الزمنية لمؤشر المطر القياسي ،اما القيم التي تكون اكثر من (صفر) فتشير الى وجود اتجاه تصاعدي في قيم المؤشر (spi).ويعتمد هذا الاختبار على فرضيتين هما :

١– فرضية العدم Ho: اي عدم وجود اتجاه للبيانات ، فالبيانات مستقلة وتتبع توزيع عشوائي.

٢– الفرضية البديلة Ha: وهي وجود اتجاه للبيانات عبر الزمن .

ومن بيانات الجدول (٥)اظهرت النتائج ومن خلال قيمة(z) ان هنالك اتجاه عام نحو التناقص في قيمة مؤشر المطر القياسي في خمسة من اصل ثمان محطات تضمنتها الدراسة وهي محطات(Bingol, Diyarbakir, Eazig, Mardin, Mus)، في حين كانت قيمتها ايجابية في محطات (Agri, Gaziantep, Malatya) ، ويشير الجدول في اعلاه ايضا الى ان قيمة (z) في منطقة الدراسة بشكل عام قد وصلت مقدارها الى (–٠,٨٢) عند درجة معنوية (٥%) ،ونظراً الى ان قيمة (P) المحسوبة (0.019) اقل من مستوى الاهمية (alpha=0.05) ،لذلك ترفض الفرضية الصفرية (Ho) وتقبل الفرضية البديلة (Ha) اي ان هنالك اتجاه في السلسلة الزمنية لبيانات مؤشر المطر القياسي في منطقة الدراسة ،وهذا الاتجاه السالب ما هو الا انعكاس للاتجاه التنازلي في معدلات سقوط الامطار في الحوض خلال العقود الاخيرة . اذ لوحظ حالات جفاف غير عادية وشديدة في السنوات التي تنخفض فيها قيم (spi) كما في السنوات(١٩٨٨–١٩٨٩)، (٢٠٠٧–٢٠٠٨)، (٢٠٢٠–٢٠٢١)، وهذا يمثل خطراً حقيقياً على التصريف والايراد المائي لنهر الفرات .

جدول (٥)

اتجاهات (spi –12)من خلال نتائج اختبار مان كيندال

المحطة	قيمة (z)	Sig.
Agri	0.33	*
Bingol	-1.88	*
Diyarbakir	-1.62	*
Eazig	-0.41	*
Gaziantep	1.41	**
Malatya	0.95	*
Mardin	-0.94	*
Mus	-1.65	**
eara study	-0.82	*

ملاحظة :(*درجة الاهمية عند ٠,١ ، درجة الاهمية عند ٠,٠٥)**المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على الملحق (٢) وبرنامج xlstst

العلاقة بين اتجاهات الجفاف في منطقة الدراسة والوارد المائي لنهر الفرات

ان تذبذب واردات مياه نهر الفرات تعد من المشاكل الجوهرية التي يعاني منها العراق خلال العقود الاخيرة، اذ يعد نهر الفرات الشريان الحيوي لأكثر من ثمان محافظات عراقية تعتمد عليه بصورة مباشرة في جميع الانشطة البشرية. وتشير التوقعات الاخيرة للفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ (IPCC) الى انه من المتوقع ان يحدث انخفاض كبير في ايرادات النهر وبما يصل الى ٧٣% في نهاية القرن الحالي ،وذلك بسبب تراجع هطول الامطار على المرتفعات التركية بنسبة (١٠-٦٠%) مما سيؤدي الى تراجع مماثل في تدفق نهر الفرات[xvi].

يمثل الوارد المائي (ما يرد الى النهر سنوياً من مياه في نقطة معينة).ومن خلال بيانات الشكل (٧) يلاحظ ان واردات نهر الفرات الواصلة الى العراق والمسجلة في محطة القائم قد تراجعت بشكل واضح خلال العقود الاخيرة والسبب في ذلك يعود الى الاثار السلبية لمشاريع تركيا وسوريا على هذا النهر وروافده فضلاً عن ظروف التغيرات المناخية وفترات الجفاف وشحة الامطار في المنطقة ، مما أدى الى التراجع الكمي والنوعي في الايرادات السنوية للنهر.

شكل (٧)

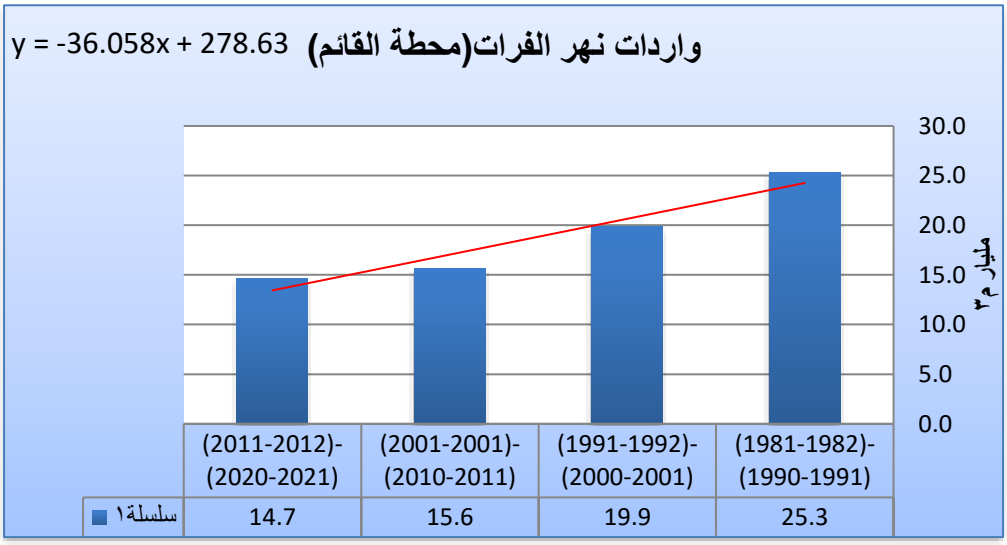
الايرادات السنوية لنهر الفرات (مليار م^3)عند محطة القائم للمدة(١٩٨١-٢٠٢١)

المصدر: جمهورية العراق ، وزارة الموارد المائية، المركز الوطني لإدارة الموارد المائية ،قسم التخطيط ، بيانات غير منشورة ،٢٠٢٣.

تشير البيانات الهيدرولوجية الى ان المعدل السنوي للإيرادات المائية لنهر الفرات والمسجلة عند محطة القائم خلال مدة الدراسة قد بلغت قيمته (١٨،٨٥) مليار م^3 ، فقد سجل اعلى ايراد سنوي للنهر في السنة المائية (١٩٨٨-١٩٨٩) والذي وصل الى (٤٩،٤) مليارم^3 وجاءت السنة (١٩٨٤-١٩٨٥)

بالمرتبة الثانية من حيث حجم الوارد المائي والذي وصل الى (٤٦,٧)مليار م٣، ويبين خط الانحدار الى تناقص كبير في الوارد السنوي لنهر الفرات خلال مدة الدراسة ، اذ تناقصت واردات النهر الى (٧,٥)مليارم٣ في السنة المائية (٢٠١٤-٢٠١٥)، والى (٩,٣) مليار م٣ خلال السنة (٢٠٠٨-٢٠٠٩) اذ تعرضت منطقة الدراسة الى موجة جفاف وتناقص كبير في الامطار مما أثر بشكل كبير على الايراد المائي للنهر والواصل الى العراق ،مما انعكس اثره على القطاعات الاقتصادية وخصوصا القطاع الزراعي ، ويتضح من الشكل (٨) الى ان معدل الايرادات لنهر الفرات قد تناقصت خلال العقود الاربعة من (٢٥,٢٧) مليار م٣ في عقد الثمانينات من القرن الماضي ، الى (١٩,٨٥) خلال عقد التسعينيات ، واستمر التراجع في المعدلات السنوية لإيرادات النهر خلال العقد الاول من القرن الحادي والعشرون لتصل الى (١٥,٦٢) مليار م٣، الى ان وصلت الى ادنى مستوى لها وهو(١٤,٦٦) مليار م٣ خلال العقد الثاني من القرن الحالي .

شكل(٨)
ايرادات نهر الفرات (مليار م٣) خلال العقود الاربعة التي تضمنتها الدراسة



المصدر: جمهورية العراق ، وزارة الموارد المائية، المركز الوطني لإدارة الموارد المائية ،قسم التخطيط ، بيانات غير منشورة ،٢٠٢٣.

الاستنتاجات:

١. ان منطقة الدراسة قد تعرضت الى سنوات متوسطة الى شديدة الجفاف خلال المدة (١٩٨١-٢٠٢١)،اذ وصلت قيم مؤشر المطر القياسي (spi-12) الى اقل من (-1) خلال السنوات (١٩٨٨-١٩٨٩)،(٢٠٢٠-٢٠٢١)، (٢٠٠٧-٢٠٠٨)، (٢٠١٣-٢٠١٤)، (١٩٩٩-٢٠٠٠)

٢. تبين ان اكثر السنوات جفافاً هي السنة المطرية (٢٠٢٠-٢٠٢١) في محطات الدراسة عدا محطة غازي عينتاب.

٣. سجل العقدين (١٩٨١-١٩٩٠) و(٢٠١١-٢٠٢٠) اقل قيم لمؤشر المطر القياسي نحو (0.07-)، (0.10-) على التوالي.

٤. ارتفع تكرار السنوات الجافة بنحو (٢٢سنة) وبنسبة ٥٥% خلال مدة الدراسة، جاء اعلاها في محطة Gaziantep.

٥. سجل الصنفين الجفاف المعتدل (٤٠%) والمعتدل الرطوبة(٣٧,٥%) كأعلى حالات الجفاف في منطقة حوض الفرات الاعلى .

٦. اعلى فترات الجفاف قد بلغت (٤سنوات)متتالية للمدة (١٩٨٢-١٩٨٦) في منطقة الدراسة.

٧. ان شدة الجفاف في منطقة حوض الفرات الاعلى قد اتجهت نحو التزايد خلال مدة الدراسة ،اذ وصلت قيمته الى (192-) في سنة(٢٠٢٠-٢٠٢١) وهذا ما ينعكس تأثيره في التصريف والايراد المائي للنهر.

٨. اظهرت نتائج اختبار مان كيندال الى ان هنالك اتجاها سالباً في قيم مؤشر المطر القياسي ، اذ وصلت قيمة (z) الى (٠,٨٢-) عند درجة معنوية (٥%)،وهذا الاتجاه هو انعكاس للاتجاه التنازلي في معدلات الامطار الساقطة في حوض الفرات الاعلى خلال العقود الاخيرة .

٩. ان واردات نهر الفرات الواصلة الى العراق والمسجلة في محطة القائم قد تراجعت بشكل واضح خلال العقود الاخيرة والسبب في ذلك يعود الى الاثار السلبية لمشاريع تركيا وسوريا على هذا النهر وروافده فضلاً عن ظروف التغيرات المناخية وفترات الجفاف وشحة الامطار في المنطقة، اذ ان معدل الايرادات لنهر الفرات قد تناقصت خلال العقود الاربعة من (٢٥,٢٧) مليار م^3 في عقد الثمانينات من القرن الماضي ، الى (١٩,٨٥) خلال عقد التسعينيات ، واستمر التراجع في المعدلات السنوية لإيرادات النهر خلال العقد الاول من القرن الحادي والعشرون لتصل الى (١٥,٦٢) مليار م^3، الى ان وصلت الى ادنى مستوى لها وهو(١٤,٦٦) مليار م^3 خلال العقد الثاني من القرن الحالي .

التوصيات:

١- إعطاء الأولوية لتطوير خطة وطنية لإدارة الموارد المائية واتخاذ التدابير اللازمة للتكيف مع تغّير المناخ والجفاف والحد من آثاره السلبية.

٢- ايجاد قاعدة للبيانات والمعلومات لتحديد القطاعات والانشطة الأكثر تأثراً بالجفاف واتخاذ الإجراءات المناسبة للحد من تأثيراته.

٣- التوعية من خلال وسائل الاعلام المختلفة حول ظاهرة الجفاف في العراق وتثقيف الناس ازاء الاستخدام الامثل للمياه.

٤- الإدارة الفعالة المياه واستخدام طرق الري الحديثة كالري بالتنقيط وتطوير المحاصيل لتصبح أكثر مقاومةً لظروف التغير المناخي وشحة المياه .

٥- ممارسة الضغوط الدبلوماسية والاستعانة بالورقة الاقتصادية لأجل التوصل الى اتفاقيات جديدة مع الجانب التركي والسوري تؤمن حصة العراق المستقبلية من المياه المتدفقة في نهر الفرات .

المصادر والمراجع:

١. صلاح عبد الحميد ،الجفاف والتصحر–المخاطر وآليات المكافحة ،هبة النيل العربية للنشر والتوزيع ،مصر، الجيزة، ٢٠١٢.

٢. سماح محمد قاسم، واخرون، التحليل الزمني والمكاني للجفاف باستخدام مؤشر هطول الأمطار القياسي للمنطقة الشمالية الغربية من العراق ، (Al-Rafidain Engineering Journal (AREJ، العدد ٢٦ ،٢٠٢١.

٣. سكاف ميشيل ،شفا منبوت، تحليل الجفاف في منطقة الجزيرة السورية باستخدام مؤشر الامطار القياسي، جامعة تشرين – كلية الزراعة – قسم الحراج و البيئة ، مركز البحوث العلمية الزراعية في اللاذقيّة،(The Arab Journal for Arid Environments).

٤. سكاف ميشيل ،شفا منبوت ، تحليل الجفاف في منطقة الجزيرة السورية باستخدام مؤشر الامطار القياسي ، جامعة تشرين – كلية الزراعة – قسم الحراج و البيئة ، مركز البحوث العلمية الزراعية في اللاذقيّة،(The Arab Journal for Arid Environments).

٥. دليل مستخدمي المؤشر المعياري للهطول، المنظمة العالمية للارصاد الجوي ٢٠١٢، مطبوع رقم ١٠٩٠.

٦. انس محمود محمد رشيد ،تحليل فترات جفاف الامطار شمال العراق باستخدام دليل المطر القياسي (spi)،Al-Rafidain Engineering Journal (AREJ) ، العدد(١٨) .المجلد ٢، ٢٠١٠.

٧. الاطار الوطني للادارة المتكاملة لمخاطر الجفاف في العراق (دراسة تحليلية)، منظمة اليونسكو، ٢٠١٤.

٨. أحمد إبراهيم خماج، و عبير مصطفى الميلودي تحليل الجفاف المناخي باستخدام مؤشر المطر المعياري لبعض المناطق في سهل الجفارة للفترة بين عامي ١٩٦٢ و ١٩٩٩، المجلة الليبية للعلوم الزراعية، المجلد (24)العدد (١)٢٠١٩جامعة طرابلس، ليبيا.

9. Sirda S. & Zekai S. "Spatio-temporal drought analysis in the Trakya region", Turkey.IAHS Publ. No. 5. Vol. 48. 2003.
10. Pereira, L.S.; I. Cordery,; and I. Iacovides. 2002. Copingwith Water Scarcity. UNESCO IHP VI, Technical 442 Documents in Hydrology 58, UNESCO, Paris.
11. Murat TürkeÕ, Meteorological Drought in Turkey: A Historical Perspective, 1930.

12. Gibbs, W. J. 1975. Drought-its definition, delineation, and effects. In Drought: Lectures presented at the 26th session of the WMO Executive Committee. Special Environmental Report No.5. WMO, Geneva.
13. D. A.Wihite & M. H.Glants, "Understanding of the drought phenomenon: the rule and definition". Water Int. 10, 1985.
14. Buse Özer and Ozge Yalciner Ercoskun , Drought Analysis and Resilient Strategies: The Case of Lake Van Basin, Resilience Journal, 2021.
15. (Hagmanet al. 1984; Wilhite 2002; Xu et al. 2015.
16. Okan Mert Katipoğlu, Resat Acar, Serkan Şenocak,Drought assessment by reconnaissance drought ındex in the Euphrates river valley, Turkey,2nd International Eurasian Conference on Science, Engineering and Technology (EurasianSciEnTech 2020), October 07-09, 2020

١٦- جمهورية العراق ، وزارة الموارد المائية، المركز الوطني لإدارة الموارد المائية ،قسم التخطيط ، بيانات غير منشورة ،٢٠٢٣.

١٧- المنظمة العالمية للإرصاد الجوي (WMO)، https://wmo.int/ar

١٨- الموقع الاكتروني : (https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/land-based-station-data/land-based-datasets/global-historical-climatology-network-ghcn)

ملحق (١)

قيم مؤشر المطر القياسي في محطات الدراسة للمدة(١٩٨١-٢٠٢١)

study area	Mus	Mardin	Malatya	Gaziantep	Eazig	Diyarbakir	Bingol	Agri	Year
0.52	0.82	0.81	-0.17	-0.03	0.03	0.70	0.96	0.05	**1981 - 1982**
-0.86	-0.50	-0.36	-1.10	-0.86	-1.40	-0.79	-1.15	-0.23	**1982 - 1983**
-0.35	-0.12	-1.15	0.27	-0.53	-0.03	-0.58	-0.09	-0.17	**1983 - 1984**
-0.71	-0.80	0.00	-1.17	-0.47	-0.87	-0.21	-1.28	-0.67	**1984 - 1985**
-0.32	-0.61	-0.09	-0.35	-0.46	-0.36	-0.14	-0.28	-0.02	**1985 - 1986**
0.52	0.80	0.03	0.23	1.12	0.41	0.27	0.70	0.30	**1986 - 1987**
2.99	2.80	3.03	2.74	2.08	2.85	3.01	2.63	2.68	**1987 - 1988**
-2.18	-2.32	-1.68	-1.81	-1.82	-1.88	-1.89	-2.27	-2.10	**1988 - 1989**
-0.12	0.29	-0.42	-0.50	0.00	-0.34	-0.13	-0.02	0.18	**1989 - 1990**
-0.33	-0.14	-0.56	-0.24	-0.77	-0.18	-0.34	0.03	-0.35	**1990 - 1991**
0.57	0.75	0.51	0.59	0.51	0.38	0.42	0.50	0.80	**1991 - 1992**
1.06	0.98	1.24	1.19	0.34	1.27	1.20	1.15	0.04	**1992 - 1993**
-0.47	-0.10	0.10	-1.71	-0.70	-0.91	-0.30	-0.54	0.28	**1993 - 1994**
1.21	1.19	1.08	1.32	0.29	1.55	1.46	1.58	0.23	**1994 - 1995**
0.32	-0.22	0.59	0.82	0.95	0.55	0.50	0.10	-0.98	**1995 - 1996**
-0.43	-0.73	-0.16	-0.29	-0.03	-0.34	-0.27	-0.39	-1.02	**1996 - 1997**
0.94	0.67	0.73	1.37	0.96	1.37	1.09	1.05	-0.55	**1997 - 1998**
-0.81	-0.90	-0.95	-0.30	-0.51	-0.49	-0.81	-0.59	-1.19	**1998 - 1999**
-1.31	-1.39	-1.36	-0.75	-0.83	-1.03	-1.24	-1.18	-1.84	**1999 - 2000**
-0.20	-0.48	0.44	-0.29	-0.32	-0.17	0.09	-0.27	-0.78	**2000 - 2001**
0.58	0.79	0.42	0.17	0.26	0.38	0.48	0.56	1.13	**2001 - 2002**
0.77	0.99	0.86	0.10	0.77	0.37	0.70	0.49	1.39	**2002 - 2003**
0.68	0.89	0.50	0.38	0.14	0.62	0.58	0.78	1.05	**2003 - 2004**
-0.04	0.47	-0.38	-0.33	-0.84	-0.16	-0.24	0.34	0.79	**2004 - 2005**
0.07	0.10	0.29	0.11	-0.80	0.20	0.18	0.20	0.08	**2005 - 2006**
-0.03	0.16	-0.28	-0.40	-0.30	-0.10	-0.17	0.12	0.75	**2006 - 2007**
-1.72	-1.63	-2.29	-1.22	-1.63	-1.51	-2.03	-1.57	-0.26	**2007 - 2008**
-0.33	-0.28	-0.78	0.08	-0.26	-0.29	-0.64	-0.39	0.75	**2008 - 2009**
0.62	0.82	0.12	0.76	0.51	0.51	0.16	0.61	1.36	**2009 - 2010**
0.31	0.48	-0.25	0.57	-0.13	0.41	-0.01	0.54	0.92	**2010 - 2011**
-0.23	-0.75	-0.23	0.25	1.17	-0.17	-0.30	-0.67	-0.65	**2011 - 2012**
0.62	0.03	0.63	0.94	1.47	0.81	0.60	0.40	-0.09	**2012 - 2013**
-1.53	-1.42	-1.18	-1.48	-1.97	-1.43	-1.32	-1.35	-1.15	**2013 - 2014**
0.39	0.05	0.29	0.73	1.03	0.50	0.33	0.08	0.20	**2014 - 2015**
0.37	0.87	-0.02	-0.02	-1.15	0.34	0.11	0.85	1.58	**2015 - 2016**
-0.73	-0.63	-0.24	-1.10	-0.36	-0.91	-0.55	-0.86	-0.91	**2016 - 2017**
-0.34	-0.33	-0.59	0.10	0.00	-0.36	-0.66	-0.50	0.12	**2017 - 2018**
1.95	1.22	2.10	2.06	2.89	2.05	2.10	1.57	0.23	**2018 - 2019**
0.68	0.48	1.01	0.47	1.10	0.47	0.72	0.32	0.33	**2019 - 2020**
-2.13	-2.29	-1.85	-2.01	-0.82	-2.13	-2.10	-2.18	-2.25	**2020 - 2021**

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الموقع الاكتروني : -https://www.ncdc.noaa.gov/data) access/land-based-station-data/land-based-datasets/ global-historical-climatology-networ

الهوامش

[١]- صلاح عبد الحميد ،الجفاف والتصحر-المخاطر وآليات المكافحة ،هبة النيل العربية للنشر والتوزيع ،مصر، الجيزة، ٢٠١٢،ص٤٩.

[2]- Murat TürkeÕ, Meteorological Drought in Turkey: A Historical Perspective, 1930.p.93.

[3] - Pereira, L.S.; I. Cordery,; and I. Iacovides. 2002. Copingwith Water Scarcity. UNESCO IHP VI, Technical 442 Documents in Hydrology 58, UNESCO, Paris.

[٤] - سكاف ميشيل ،شفا منبوت ، تحليل الجفاف في منطقة الجزيرة السورية باستخدام مؤشر الامطار القياسي ، جامعة تشرين – كلية الزراعة – قسم الحراج و البيئة ، مركز البحوث العلمية الزراعية في اللاذقيّة،(The Arab Journal for Arid Environments)،ص٩٩.

[5]- (Hagmanet al. 1984; Wilhite 2002; Xu et al. 2015

[6]- D. A.Wihite & M. H.Glants, "Understanding of the drought phenomenon: the rule and definition". Water Int. 10, PP. 111-120, 1985.

[٧] - أحمد إبراهيم خماج، و عبير مصطفى الميلودي تحليل الجفاف المناخي باستخدام مؤشر المطر المعياري لبعض المناطق في سهل الجفارة للفترة بين عامي ١٩٦٢ و ١٩٩٩، المجلة الليبية للعلوم الزراعية، المجلد (24) العدد (١)٢٠١٩جامعة طرابلس، ليبيا، ص ٢.

[٨] - سماح محمد قاسم، واخرون، التحليل الزمني والمكاني للجفاف باستخدام مؤشر هطول الأمطار القياسي للمنطقة الشمالية الغربية من العراق ، (Al-Rafidain Engineering Journal (AREJ، العدد ٢٦ ،٢٠٢١ ،ص١١٦.

[9] - Gibbs, W. J. 1975. Drought-its definition, delineation, and effects. pp. 3-39. In Drought: Lectures presented at the 26th session of the WMO Executive Committee. Special Environmental Report No.5. WMO, Geneva.

[١٠] - انس محمود محمد رشيد ،تحليل فترات جفاف الامطار شمال العراق باستخدام دليل المطر القياسي (spi)،-Al Rafidain Engineering Journal (AREJ) ، العدد(١٨) .المجلد ٢، ٢٠١٠ ، ص٦١.

[١١] - سكاف ميشيل ،شفا منبوت ، تحليل الجفاف في منطقة الجزيرة السورية باستخدام مؤشر الامطار القياسي ، جامعة تشرين – كلية الزراعة – قسم الحراج و البيئة ، مركز البحوث العلمية الزراعية في اللاذقيّة،(The Arab Journal for Arid Environments)،ص٩٩.

[١٢] - Buse Özer and Ozge Yalciner Ercoskun , Drought Analysis and Resilient Strategies: The Case of Lake Van Basin, *Resilience Journal,* 2021,p.214.

[١٣] - صلاح عبد الحميد، مصدر سابق، ص ٢٤.

[١٤] - دليل مستخدمي المؤشر المعياري للهطول، المنظمة العالمية للأرصاد الجوي ٢٠١٢، مطبوع رقم ١٠٩٠.ص٣.

[xv]- Sirda S. & Zekai S. "Spatio-temporal drought analysis in the Trakya region", Turkey.IAHS Publ. No. 5. Vol. 48. (2003), PP. 809-820.

١٥- الاطار الوطني للادارة المتكاملة لمخاطر الجفاف في العراق (دراسة تحليلية)،منظمة اليونسكو، ٢٠١٤، ص١٦٣-١٦٧.