ISSN: 1817-6798 (Print)
Journal of Tikrit University for Humanities
available online at: www.jtuh.org/

Iman Abdul Karim Jameel
College of Education for Humanities, University of Tikrit
Ahmed Abdalghafur Al-Sumaedaie
College of Art University of Tikrit

* *Corresponding author: E-mail* :
Eman.alzaidi2020@gmai.com
٠٧٧٣٥٥٧٥٠٥٧

***Keywords*:**
Fluctuations,
surplus,
geographical,
climate,
temperature

A R T I C L E I N F O

Article history:
Received 2 Jan 2026
Received in revised form 20 Jan 2026
Accepted 22 Jan 2026
Final Proofreading 29 Apr 2026
Available online 29 Apr 2026
E-mail t-jtuh@tu.edu.iq

©THIS IS AN OPEN ACCESS ARTICLE UNDER THE CC BY LICENSE
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Modeling Temperature and Rainfall Fluctuations in Sulaymaniyah and Tikrit Stations and their Impact on Water Balance

A B S T R A C T

The study aims to analyze the climate fluctuations of temperature and rainfall in Sulaymaniyah (35° 33′–35° 37′ N, 45° 24′–45° 29′ E) and Tikrit (34° 35′–34° 39′ N, 43° 40′–43° 45′ E) stations during the period (2000–2025) and their impact on the water balance. The problem of the study lies in understanding climate change trends, identifying the geographical and climatic factors causing the variance between the two stations, assessing the impact of these fluctuations on water resources, and proposing solutions to address their effects. The study relies on climate data recorded by the Iraqi Meteorological Authority, in addition to the use of specialized programs such as ArcGIS, Excel, and SPSS to analyze data and model climate change. The study includes an introduction and four main sections. The first section deals with the theoretical framework, while the second discusses the nature of the climate in Sulaymaniyah and Tikrit stations. Time series are analyzed to understand climate change patterns and the impact of location and topography on climate. Section three focuses on building statistical models for temperature and rainfall, analyzing climate fluctuations and their frequency in each season, using monthly and annual data, and preparing graphic maps to illustrate climate patterns. Section four examines the impact of temperature and rainfall fluctuations on the water balance. Evaporation and transpiration are calculated using the FAO Penman-Monteith model. The results show seasonal variation in water surplus and deficit, with Tikrit experiencing a water deficit almost year-round, while Sulaymaniyah experiences a deficit only in the summer. Projected future changes in water resources and recommendations for sustainable management are also addressed.

DOI: http://doi.org/10.25130/jtuh.33.4.1.2026.10

Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities

نمذجة تذبذب الحرارة والأمطار في محطتي السليمانية وتكريت وأثرها على الموازنة المائية

إيمان عبد الكريم جميل سلطان / كلية التربية للعلوم الانسانية– جامعة تكريت
احمد عبد الغفور الصميدعي / كلية الآداب – جامعة تكريت

الخلاصة:

هدفت الدراسة إلى تحليل التذبذبات المناخية لدرجات الحرارة وكميات الأمطار في محطتي السليمانية (٣٥° ٣٣′–٣٥° ٣٧′ شمالاً، ٤٥° ٢٤′–٤٥° ٢٩′ شرقاً) وتكريت (٣٤° ٣٥′–٣٤° ٣٩′ شمالاً، ٤٣° ٤٠′–٤٣° ٤٥′ شرقاً) خلال الفترة (٢٠٠٠–٢٠٢٥) وأثرها على الموازنة. تكمن مشكلة الدراسة في فهم

اتجاهات التغير المناخي، وتحديد العوامل الجغرافية والمناخية المسببة للتباين بين المحطتين، وتقييم تأثير هذه التذبذبات على الموارد المائية، واقتراح حلول لمواجهة آثارها. تم الاعتماد على بيانات مناخية مسجلة من هيئة الأنواء الجوية العراقية بالإضافة إلى استخدام برامج متخصصة مثل **ArcGIS** و**Excel** و**SPSS** في تحليل البيانات ونمذجة التغيرات المناخية. تناولت الدراسة مقدمة وأربعة فصول رئيسة، حيث عالج الفصل الأول الإطار النظري، بينما تناول الثاني طبيعة المناخ في محطتي السليمانية وتكريت. كما تم تحليل السلاسل الزمنية لفهم أنماط التغير المناخي وتأثير الموقع والطبوغرافيا على المناخ. ركز الفصل الثالث على بناء نماذج إحصائية للحرارة والأمطار، وتحليل التذبذبات المناخية وتكرارها في كل موسم، باستخدام بيانات شهرية وسنوية وإعداد خرائط بيانية لتوضيح الأنماط المناخية. أما الفصل الرابع، فتعامل مع تأثير تذبذب الحرارة والأمطار على الموازنة المائية، وتم حساب التبخر والنتح باستخدام نموذج FAO Penman–Monteith، وأظهرت النتائج تباينًا موسميًا في الفائض والعجز المائي، مع سيطرة العجز المائي في تكريت طوال العام تقريبًا، بينما تعاني السليمانية من عجز في الصيف فقط. كما تم التطرق إلى التغيرات المستقبلية المتوقعة في الموارد المائية والتوصيات لإدارتها بشكل مستدام.

الكلمات الدالة: تذبذب، فائض، جغرافية، مناخ، درجة حرارة.

المقدمة:

تُعد التغيرات المناخية بمختلف مظاهرها، وعلى رأسها تذبذب درجات الحرارة وكميات الأمطار، من أبرز القضايا البيئية التي فرضت نفسها بقوة في العقود الأخيرة، نظراً لما لها من تأثيرات عميقة على الموارد الطبيعية، وعلى رأسها المياه؛ فالمناخ، بما يحمله من توازن دقيق بين عناصره، يُعد المحدد الرئيس لوفرة المياه أو ندرتها، الأمر الذي ينعكس بصورة مباشرة على مختلف القطاعات الاقتصادية والاجتماعية.

وتُعد دراسة التذبذبات المناخية ذات أهمية خاصة في البيئات التي تعاني أصلًا من محدودية الموارد المائية أو تباين توزيعها المكاني والزماني، كما هو الحال في العراق، الذي يشهد تحديات متزايدة في أمنه المائي تحت تأثير عوامل مناخية وطبيعية وبشرية متعددة. ومن هذا المنطلق، تأتي هذه الدراسة لتتناول نمذجة تذبذب درجات الحرارة وكميات الأمطار في محطتين تمثلان بيئتين مناخيتين متباينتين: السليمانية التي تنتمي إلى الإقليم الجبلي شبه الرطب، وتكريت الواقعة ضمن السهل الرسوبي شبه الجاف.

إن فهم العلاقة بين التذبذب المناخي والموازنة المائية لا يقتصر على كونه مسعى أكاديميًا، بل يشكل خطوة ضرورية نحو تعزيز قدرة المجتمعات المحلية على التكيف مع ظروف مناخية أكثر تقلباً، ويضع أساساً علمياً لرسم السياسات المائية المستقبلية القائمة على أسس واقعية مدعومة بالتحليل والنمذجة العلمية.

مشكلة البحث :

١.ما اتجاهات التغير في درجات الحرارة وكميات الأمطار في محطتي السليمانية وتكريت خلال الفترة المدروسة والعوامل الجغرافية والمناخية المسببة للتباين في التذبذب بين المحطتين؟

٢.كيف يؤثر تذبذب المناخ على الموازنة المائية (المياه السطحية والجوفية) في كل منطقة ؟

فرضيات البحث :

١- تشهد محطتا السليمانية وتكريت تغيرات متفاوتة في درجات الحرارة وكميات الأمطار خلال الفترة المدروسة، مع ميل عام نحو ارتفاع درجات الحرارة وتذبذب كميات الأمطار نتيجة التغيرات المناخية.
٢- يعود التباين في التذبذب المناخي بين محطتي السليمانية وتكريت إلى اختلاف الموقع الجغرافي، والارتفاع عن مستوى سطح البحر، والأنماط المناخية السائدة في كل منطقة.

أهداف البحث :

١- تحليل التذبذبات المناخية لدرجات الحرارة وكميات الأمطار في محطتي السليمانية وتكريت خلال فترة الدراسة.
٢- دراسة أثر تذبذب الحرارة والأمطار على عناصر الموازنة المائية (المدخلات، المخرجات، الخزين المائي) في كل من المحطتين.
٣- المساهمة في وضع أسس علمية تساعد على تخطيط وإدارة الموارد المائية بصورة مستدامة وفقاً للتغيرات المناخية المحتملة.

مناهج البحث :

سيعتمد البحث على عدة مناهج أهمها:

- **المنهج الوصفي التحليلي:**

يُستخدم لوصف الظواهر المناخية المدروسة (درجات الحرارة وكميات الأمطار) في محطتي السليمانية وتكريت، وتحليل اتجاهات التغير فيها على مدى الفترة الزمنية المحددة.

- **المنهج الكمي الإحصائي:**

يتم من خلاله إجراء النمذجة المناخية والكشف عن العلاقات بين التغيرات المناخية والموازنة المائية باستخدام برامج متخصصة مثل ArcGIS وExcel وSPSS في تحليل البيانات وخاصة معدلات الحرارة وكميات الأمطار الهاطلة على منطقة الدراسة، واستخدام بعض المقاييس الإحصائية ومنها (الانحراف المعياري ونسبة التغير

والمعادلات الرياضية وبناء النماذج المناخية)، بهدف الوصول إلى نتائج دقيقة تخدم الدراسة، وتم التوصل عن طريقها إلى بناء النماذج وتحديد فترات الفائض المائي وعجزها. ودعم البحث بأشكال توضيحية للقيم المناخية.

حدود الدراسة:

الموقع الاحداثي والجغرافي

يُعَدُّ الموقع الفلكي والجغرافي من العوامل الرئيسة التي تحدد الخصائص المناخية لأي منطقة، حيث يؤثر كل من خط العرض والارتفاع عن مستوى سطح البحر على درجات الحرارة، توزيع الهطول المطري، والأنماط المناخية السائدة.

تقع مدينة تكريت ضمن إقليم المناخ شبه الجاف في العراق، بين دائرتي عرض (٣٤° ٢٧′) و(٣٥° ٠٠′) شمالًا، وخطي طول (٤٣° ٣٥′) و(٤٤° ١٥′) شرقًا كما هو موضح في الجدول والشكل الاتيين ، مما يجعلها تقع في نطاق العروض شبه المدارية التي تتأثر بالمؤثرات الصحراوية. ويؤدي موقعها الجغرافي في وسط العراق إلى ارتفاع درجات الحرارة خلال فصل الصيف، حيث تسود تيارات هوائية حارة وجافة قادمة من المناطق الصحراوية في الجنوب والغرب، بينما تنخفض درجات الحرارة في الشتاء، لكنها تبقى ضمن النطاق المعتدل مقارنة بالمناطق الشمالية. كما أن تكريت تقع على ضفاف نهر دجلة، ما يمنحها تأثيرًا طفيفًا في تعديل درجات الحرارة محليًا، لكنه لا يعوض النقص الكبير في الهطول المطري الذي يتراوح بين (١٥٠–٢٠٠ ملم) سنويًا، ما يجعلها عرضةً لموجات الجفاف[1] .

جدول : الإحداثيات الفلكية والجغرافية لمدينة تكريت

المدينة	دائرة العرض	خط الطول	الارتفاع عن سطح البحر (م)	معدل الهطول المطري (ملم/سنة)
تكريت	34° 27′ – 35° 00′	43° 35′ – 44° 15′	110–130	150–200

المصدر: الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ بيانات (غير منشورة) ٢٠١٩.

[1] Al-Jiburi, H. K., & Al-Dabbas, M. A. (2013). Spatial and temporal analysis of rainfall in Iraq. Elixir Atmospheric Sciences , 63, 12646–12653.

أما مدينة السليمانية، فتقع بين دائرتي عرض (٣٥° ٣٣′) و(٣٥° ٣٦′) شمالًا، وخطي طول (٤٥° ٢١′) و(٤٥° ٢٥′) شرقًا كما هو موضح بالجدول الاتي ، ضمن النطاق الجغرافي لإقليم كردستان العراق، الذي يتميز بتضاريس جبلية تؤثر في مناخها بشكل واضح. يسهم موقع السليمانية الجبلي في شمال شرق العراق في تعديل درجات الحرارة، حيث تكون أكثر اعتدالًا صيفًا مقارنةً بالمناطق الوسطى، بينما تنخفض بشكل ملحوظ في الشتاء نتيجة تأثير المرتفعات المحيطة، والتي تعمل على حجز الكتل الهوائية الباردة. كما أن قرب السليمانية من سلاسل جبال زاغروس يعزز من فرص تكاثف السحب وسقوط الأمطار، حيث تتراوح معدلات الهطول المطري السنوي بين (٥٠٠–٧٠٠ ملم)، ما يجعلها أكثر رطوبةً مقارنةً بالمناطق الوسطى والجنوبية من العراق[٢].

بناءً على ذلك، يتضح أن الموقع الفلكي والجغرافي لكل من تكريت والسليمانية يؤدي إلى تباين مناخي واضح بين المنطقتين، حيث تسود الأجواء الحارة والجافة في تكريت بسبب موقعها في وسط البلاد ضمن نطاق المناخ شبه الجاف، بينما تتمتع السليمانية بمناخ أكثر اعتدالًا ورطوبةً نتيجة وقوعها في إقليم جبلي شمال شرق العراق، ما يجعلها أكثر تأثرًا بالمنخفضات الجوية القادمة من البحر الأبيض المتوسط شتاءً.

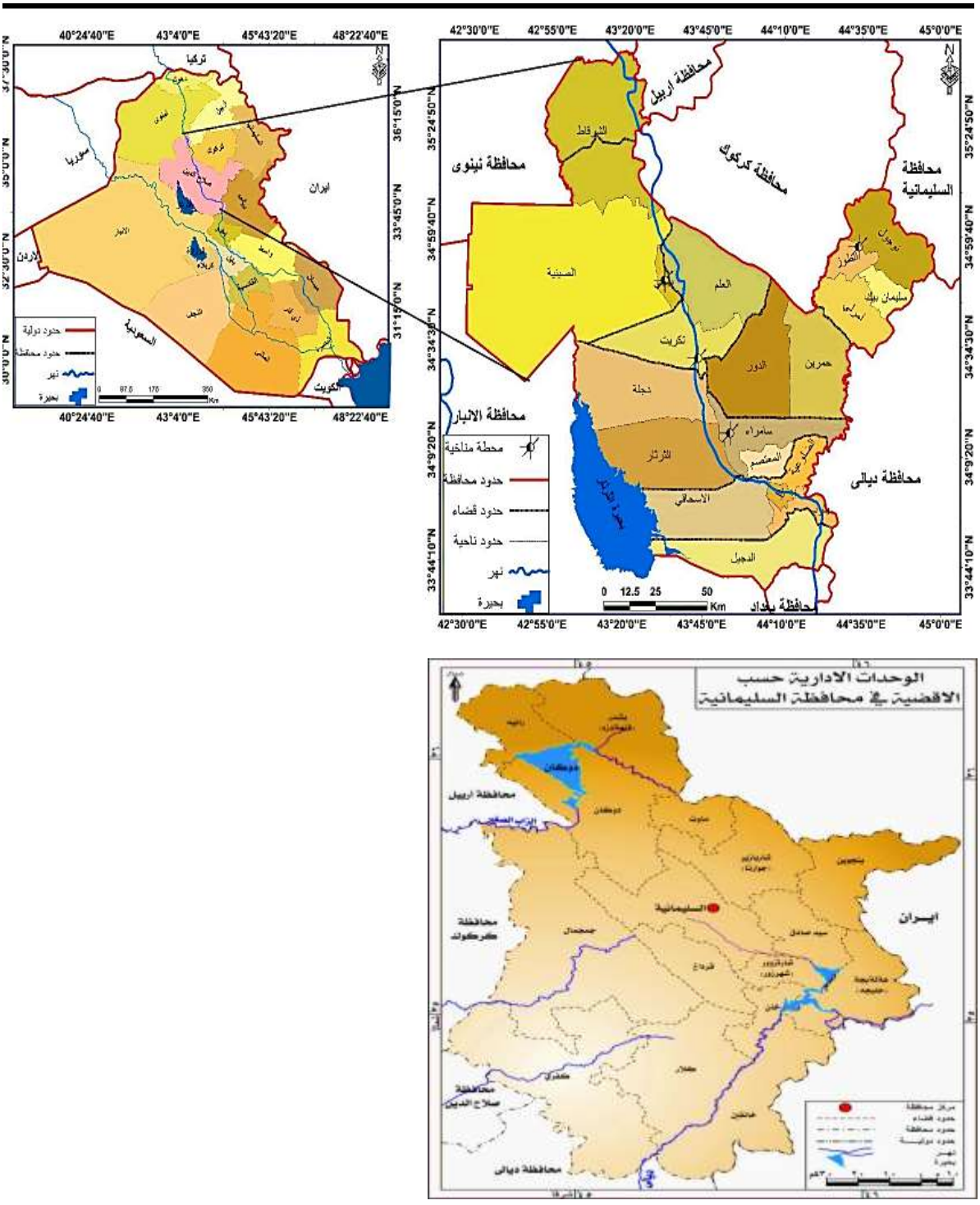
جدول : الإحداثيات الفلكية والجغرافية لمدينة السليمانية

المدينة	دائرة العرض	خط الطول	الارتفاع عن سطح البحر (م)	معدل الهطول المطري (ملم/سنة)
السليمانية	35° 33′ – 35° 36′	45° 21′ – 45° 25′	850–1500	500–700

المصدر: الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ بيانات (غير منشورة) ٢٠١٩.

[٢] ابراهيم حسين احمد الجبوري، التذبذب الفصلي لتساقط الامطار في محطتي كركوك والموصل، رسالة ماجستير (غير منشورة) جامعة تكريت، كلية التربية للعلوم الإنسانية، ٢٠١٩، ص٤.

الخريطة (١): موقع منطقة الدراسة



المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على مخرجات برنامج Arcgis V10.4

تأثير تذبذب الحرارة والأمطار على الموازنة المائية

مقدمة

تُعد الموازنة المائية أحد الأدوات العلمية الأساسية التي تُستخدم لفهم التفاعلات الديناميكية بين العناصر المناخية والموارد المائية المتاحة في منطقة جغرافية معينة. وتُعرَّف الموازنة المائية عمومًا بأنها العلاقة الرياضية التي تربط بين كمية المياه الداخلة إلى نظام هيدرولوجي معين (مثل الهطول المطري)، والمياه الخارجة منه (مثل التبخر والتصريف)، بالإضافة إلى التغيرات التي تطرأ على مخزون المياه سواء كان ذلك في المسطحات السطحية أو في الطبقات الجوفية.

ومن خلال تحليل موازنة المياه، يمكن تحديد مدى توافق الموارد المائية المتوفرة مع الاحتياجات المختلفة، سواء كانت زراعية أو صناعية أو منزلية، كما يمكن استخدام هذه التحليلات للتنبؤ بالفترات الزمنية التي قد تعاني فيها المنطقة من عجز مائي، أو تلك التي يظهر فيها فائض مائي قد يستغل لتعزيز الأمن المائي والاستدامة البيئية.

وبالتالي، فإن الهدف من هذا الفصل هو استكمال تحليل البيانات المناخية والتركيز على كيفية تأثير هذه التغيرات المناخية، وخاصة تذبذب الحرارة والأمطار، على الموازنة المائية في المنطقتين. كما سيتم إجراء مقارنة تفصيلية بين المحطتين لإبراز الفروقات المكانية في الاستجابة المناخية، ولتحديد مدى تأثر كل منطقة بالتغيرات المناخية العالمية والمحلية، مع التركيز على الدور الذي تلعبه العوامل الطبوغرافية والجغرافية في تشكيل أنماط الموازنة المائية.

وأخيراً، سيقدم الفصل مجموعة من التوصيات العملية لإدارة الموارد المائية في كلتا المنطقتين، مع الأخذ بعين الاعتبار الخصائص المناخية المحلية والتحديات المستقبلية المرتبطة بتغير المناخ، وذلك بهدف تعزيز الاستدامة المائية وتحقيق الأمن الغذائي والمائي في ضوء الظروف المناخية المتغيرة.

مفهوم الموازنة المائية وأهميتها:

مفهوم الموازنة المائية:

تُعد الموازنة المائية واحدة من أهم أدوات التحليل العلمي في مجالات الهيدرولوجيا والعلوم البيئية، وهي تُستخدم لفهم الديناميكيات بين دخل المياه وخرجها من نظام هيدرولوجي معين خلال فترة زمنية محددة (Freeze, R. A., & Cherry, J. A, 1979). ويمكن تعريف الموازنة المائية بأنها الحساب الرياضي الذي يربط بين كمية المياه الداخلة إلى منطقة ما (مثل الهطول المطري)، والمياه الخارجة منها (مثل التبخر والتصريف السطحي)، بالإضافة إلى التغيرات التي تطرأ على مخزون المياه سواء كان ذلك في المسطحات السطحية أو الطبقات الجوفية.

وبشكل عام، فإن المعادلة الأساسية للموازنة المائية تُعبَّر عنها بالشكل التالي:

$$\Delta S = P-(E + T + R + G)$$

حيث:

- ΔS : الزيادة في الخزن اليومي
- P : الهطول المطري(Input)
- E : التبخر اليومي
- T : فقدان النتح اليومي
- G : مقدار الفقدان كمياه جوفية
- R : معدل السيح السطحي

ومن خلال هذه المعادلة يمكن تحديد ما إذا كانت هناك حالة فائض مائي أو عجز مائي في فترة زمنية معينة، وهو أمر بالغ الأهمية في إدارة الموارد المائية والتخطيط الزراعي، خاصة في ظل التغيرات المناخية المتلاحقة التي تؤثر بشكل مباشر على توافر المياه (Maidment ,1993.)

١. أهمية دراسة الموازنة المائية:

تلعب الموازنة المائية دوراً محورياً في عدد كبير من المجالات العلمية والتطبيقية، منها (Chahine, M. T. (1992):

- إدارة الموارد المائية :حيث تساعد في تحديد مدى توفر المياه للاستخدامات المختلفة مثل الشرب، الري، الصناعة، وغيرها. فهي تُوفر نظرة شاملة عن كمية المياه الداخلة إلى النظام، ومدى استغلالها، وهل هناك حاجة إلى مصادر إضافية أو تقنيات لتوفير المياه.
- التخطيط العمراني والزراعي :من خلال تحديد المناطق المناسبة للزراعة بناءً على توفر المياه، وكذلك تحديد احتياجات المشاريع العمرانية من المياه. كما تُستخدم الموازنة لتحديد مناطق الخطر المائي مثل الفيضانات أو الجفاف، مما يساهم في وضع استراتيجيات مواجهة مسبقة.
- التقييم البيئي :إذ تُستخدم الموازنة المائية لتحديد مدى استدامة النظم البيئية، خصوصاً في المناطق الجافة والشبه جافة التي تعاني من نقص الموارد المائية. كما تُستخدم في تقييم تأثيرات التغيرات المناخية على النظم البيئية المحلية .

- التنبؤ بالجفاف :حيث تُستخدم نتائج الموازنة لتحديد الفترات التي قد تشهد عجزاً مائياً، مما يتيح وضع استراتيجيات مواجهة مسبقة. هذا مهم جداً في المناطق التي تعتمد على الأمطار الموسمية مثل العراق، حيث يمكن أن يؤدي أي تغيّر في أنماط الهطول إلى أزمات مائية حقيقية.
- دراسات التغير المناخي :لأن التغيرات في أنماط الهطول والتبخر تؤثر مباشرة على موازنة المياه، ويمكن استخدام الموازنة كمؤشر لتقييم الآثار المستقبلية للتغير المناخي(WMO,2008)).

- **مفهوم التبخر والنتح ودوره في الموازنة المائية:**

يُعد التبخر والنتح (Evapotranspiration – ET) أحد أهم العناصر في دراسة الموازنة المائية، حيث يُمثل الخسارة الكبرى للمياه من النظام البيئي والزراعي، ويجمع هذا المصطلح بين عمليتين رئيسيتين :التبخر ، الذي يشير إلى فقدان المياه من الأسطح المائية والتربة إلى الغلاف الجوي، والنتح ، وهو فقدان الماء من النباتات عبر عملية النتح. ويُستخدم مصطلح "التبخر–النتح" غالباً مجتمعاً لأن الفصل الدقيق بين العمليتين في الطبيعة أمرٌ معقد، ويحتاج إلى قياسات دقيقة لا يمكن توفيرها في كل الحالات (Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M,1998). وتتأثر معدلات ET بعدة عوامل مناخية وبيئية مثل درجة الحرارة، الإشعاع الشمسي، الرطوبة النسبية، سرعة الرياح، نوع الغطاء النباتي، وخصائص التربة، مما يجعل هذا العنصر متغيرًا بشكل كبير بين المناطق المختلفة وبين الفصول داخل نفس المنطقة .ومن ثم، فإن فهم هذه العملية ضروري لتحليل ديناميكيات المياه بدقة، خاصة في ظل التغيرات المناخية التي تشهدها العديد من المناطق، بما فيها العراق، حيث يؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى زيادة كبيرة في معدلاتET ، مما يزيد من الضغط على الموارد المائية المتاحة (Shuttleworth, W. J. 2007). ويُستخدم في حساب هذا العنصر عدة طرق منها المعادلات النظرية مثل معادلة Penman–Monteith التي تُعتبر المعيار الدولي من قبل منظمة الأغذية والزراعة (Doorenbos, J., & Pruitt, W. O, 1977)، أو من خلال برامج حاسوبية متخصصة مثل برنامج CROPWAT الذي يُستخدم لحساب الاحتياجات المائية للمحاصيل. ويُعد ET مؤشراً أساسياً في تحديد حالة العجز أو الفائض المائي في أي منطقة، فكلما زادت قيمته زادت الحاجة إلى مياه إضافية للتعويض عن فقدان المياه، خصوصاً في المناطق الزراعية التي تعتمد على الري (FAO,2009). كما أن ارتفاع معدلات التبخر والنتح له تأثير مباشر على الموازنة المائية ، حيث يؤدي إلى تقليل كمية المياه المتاحة للاستخدامات الأخرى مثل الشرب والصناعة، وهو ما يُفاقم من مشكلة ندرة المياه في المناطق ذات الهطول المنخفض مثل تكريت، بينما تتمكن مناطق مثل السليمانية من التعويض الجزئي عن هذه الخسارة من خلال الأمطار الموسمية .^{7}ولذلك، فإن قياس وتحليل التبخر والنتح يُعد خطوة أساسية في بناء نماذج هيدرولوجية دقيقة، ووضع استراتيجيات إدارة مائية مستدامة ^{8} (Kundzewicz, Z. W, 2007).

التبخر والنتحET في محطتي السليمانية وتكريت:

أ- التبخر والنتح ET في محطة السليمانية :

أظهرت النتائج أن معدلات التبخر والنتح في محطة السليمانية تختلف بشكل واضح بين فصول السنة، وهو أمر طبيعي نظراً للتباين الحراري الكبير بين الصيف والشتاء. وقد تم تحليل البيانات الشهرية لإيجاد المتوسط السنوي لمعدلاتET ، وجاءت النتائج كما يلي:

جدول التبخر والنتح ET في محطة السليمانية

الشهر	Et (مم/شهر)
يناير	35
فبراير	40
مارس	75
أبريل	110
مايو	150
يونيو	190
يوليو	210
أغسطس	200
سبتمبر	160
أكتوبر	100
نوفمبر	50
ديسمبر	30

المصدر :من إعداد الباحثة باستخدام معادلة FAO Penman–Monteith لتقدير معدل التبخر والنتح المرجعي (ET) بالاعتماد على بيانات المناخ من هيئة الأنواء الجوية العامة، محطات السليمانية ، خلال الفترة (٢٠٠٠–٢٠٢٥).

أظهرت النتائج أن معدلات التبخر والنتح (ET) في محطة السليمانية تختلف بشكل واضح بين فصول السنة، وهو أمر طبيعي نظراً للتباين الحراري الكبير بين الصيف والشتاء، حيث يتأثر هذا العنصر بعدة عوامل مناخية مثل درجة الحرارة، الإشعاع الشمسي، الرطوبة النسبية، وسرعة الرياح. وقد تم تحليل البيانات الشهرية لإيجاد

المتوسط الشهري لمعدلات ET باستخدام معادلة FAO Penman–Monteith، والتي تُعد المعيار الدولي في تقدير التبخر والنتح المرجعي(ETo) ، وجاءت النتائج لتوضح مدى تركيز الخسائر المائية خلال أشهر الصيف الحارة، حيث بلغت أعلى معدلات ET في شهري يوليو وأغسطس بقيمة ٢١٠ ملم و٢٠٠ ملم على التوالي وهو ما يعكس ارتفاع درجات الحرارة والإشعاع الشمسي في هذه الفترة، إلى جانب انخفاض الرطوبة النسبية، مما يعزز عملية التبخر من التربة والنباتات. أما في فصل الربيع، فقد سجلت معدلات ET ارتفاعاً تدريجياً منذ شهر مارس، حيث بلغت ٧٥ ملم، ثم ارتفعت إلى ١١٠ ملم في أبريل و١٥٠ ملم في مايو، وهو مؤشر على بدء ارتفاع درجات الحرارة وزيادة الإشعاع الشمسي، مما يؤدي إلى زيادة كبيرة في الحاجة المائية للمحاصيل والغطاء النباتي الطبيعي .في المقابل، كانت معدلات ET منخفضة جداً في الشتاء، لا تتجاوز ٤٠ ملم/شهر في يناير وفبراير، نتيجة انخفاض درجات الحرارة وقلة الإشعاع، مما يجعل من هذه الفترة فترة راحة نسبية من حيث الفقد المائي، ويسمح بتخزين المياه في التربة استعداداً لموسم الزراعة. وفي فصل الخريف، تراجعت معدلات ET تدريجياً مع انخفاض درجات الحرارة، حيث انخفضت من ١٦٠ ملم في سبتمبر إلى ٥٠ ملم في نوفمبر، وهو ما يشير إلى تحسن في الظروف المناخية وتراجع في الضغط الحراري على المصادر المائية. ويُلاحظ أن المعدل السنوي الكلي لـ ET في السليمانية يبلغ حوالي 1,300ملم/سنة ، وهو رقم مرتفع نسبياً مقارنة بكميات الأمطار التي تتلقاها المنطقة، مما يعني وجود عجز مائي جزئي في معظم أشهر السنة، باستثناء الأشهر الباردة التي تسجل فيها كميات الهطول تفوقًا على معدلاتET ، وبالتالي يحدث فائض مائي مؤقت يمكن الاستفادة منه في تخزين المياه أو في الزراعة البعلية ومن هنا تأتي أهمية تضمين هذه البيانات في خطط إدارة الموارد المائية واستخدام تقنيات الري الحديثة، خاصة في ظل التغيرات المناخية التي تشهدها المنطقة من ارتفاع تدريجي في درجات الحرارة وتغير في توقيت وكميات الأمطار

ب- التبخر والنتح ET في محطة تكريت

أما في محطة تكريت ، فإن معدلات التبخر والنتح تتميز بأنها أعلى من السليمانية في معظم أشهر السنة، نظراً لطبيعة المناخ الصحراوي الحار والجاف الذي تسود فيه درجات الحرارة المرتفعة لفترات طويلة من العام. وكانت النتائج الشهرية لـ ET كما يلي:

جدول التبخر والنتح ET في محطة تكريت

الشهر	Et (مم/شهر)
يناير	45
فبراير	50
مارس	90
أبريل	130
مايو	180
يونيو	230
يوليو	260
أغسطس	250
سبتمبر	200
أكتوبر	130
نوفمبر	60
ديسمبر	40

المصدر : من إعداد الباحثة باستخدام معادلة FAO Penman–Monteith لتقدير معدل التبخر والنتح المرجعي (ET) بالاعتماد على بيانات المناخ من هيئة الأنواء الجوية العامة، محطات تكريت ، خلال الفترة (٢٠٠٠–٢٠٢٥).

أظهرت النتائج أن معدلات التبخر والنتح (ET) في محطة تكريت تسجل قيماً مرتفعة جداً على مدار السنة، وهو أمر متوقع نظراً لطبيعة المناخ الصحراوي الحار والجاف الذي تسود فيه درجات الحرارة المرتفعة لفترات طويلة من العام، وتقل فيه الرطوبة النسبية، مما يعزز من فقدان المياه إلى الغلاف الجوي. وقد جاءت البيانات الشهرية لـ ET لتؤكد وجود ذروة مائية عالية وممتدة في تكريت، حيث بلغ أعلى معدل لـ ET نحو 260 ملم/شهر في يوليو، وهو ما يعكس شدة الإشعاع الشمسي وارتفاع درجات الحرارة التي تلامس في بعض الأيام ٥٩°م خلال هذه الفترة استمرت معدلات التبخر والنتح في البقاء عند مستويات مرتفعة حتى نهاية سبتمبر، حيث سجلت نحو 200ملم/شهر ، وهو مؤشر واضح على استمرارية الجفاف الحراري وتأثيره الكبير على الموازنة المائية في المحافظة.

وخلال فصل الربيع، بدأت معدلات ET بالارتفاع بشكل سريع منذ شهر مارس، حيث بلغت 90ملم/شهر ، ثم ارتفعت إلى 130ملم/شهر في أبريل، وهو ما يشير إلى بدء موسم التسخين السريع للسطح الأرضي واستنزاف

الرطوبة المتاحة من الأمطار الشتوية، مما يؤدي إلى زيادة كبيرة في الحاجة المائية للمحاصيل والغطاء النباتي الطبيعي. أما في مايو، فقد وصلت القيمة إلى 180ملم/شهر ، مما يدل على دخول المنطقة في فترة الذروة من حيث الفقد المائي، وهي فترة تمتد لعدة أشهر تبدأ من منتصف الربيع وتستمر حتى منتصف الخريف.

في المقابل، كانت معدلات ET في الشتاء منخفضة نسبياً، حيث بلغت 45ملم/شهر في يناير و 50ملم/شهر في فبراير، إلا أنها لا تزال أعلى من نظيرتها في محطة السليمانية، وهو ما يعود إلى موقع تكريت في السهل العراقي الأوسط المنخفض، حيث تبقى درجات الحرارة نسبياً أعلى من المناطق الجبلية حتى في الأشهر الباردة. وفي فصل الخريف، تراجعت معدلات ET تدريجياً مع انخفاض درجات الحرارة، حيث انخفضت من 200 ملم/شهر في سبتمبر إلى 60ملم/شهر في نوفمبر، مما يعكس بداية استقرار الطقس من حيث الحرارة والتبخر، لكنه لا يزال يمثل ضغطاً مائياً ملحوظاً مقارنة بمنطقة جبلية مثل السليمانية.

ويُلاحظ أن المعدل السنوي الكلي لـ ET في تكريت يبلغ حوالي 1,600ملم/سنة ، وهو رقم مرتفع جداً مقارنة بالمتوسطات العالمية والعراقية، ويُشكل تحدياً كبيراً في إدارة الموارد المائية، خصوصاً مع قلة كميات الأمطار المسجلة في المحطة والتي لا تتجاوز عادة 200ملم/سنة ، مما يعني وجود عجز مائي حاد في معظم أشهر السنة .ومن هنا تأتي أهمية استخدام هذه البيانات في خطط الري وإدارة الزراعة، خاصة أن الاعتماد الكبير على مياه النهر والآبار الجوفية يتطلب استراتيجيات دقيقة لتجنب الاستنزاف غير المستدام للموارد المائية.

وبالمقارنة مع محطة السليمانية، فإن تكريت تسجل معدلات تبخر ونقل أعلى بنسبة تصل إلى 23%، وهو فرق كبير يعكس الاختلافات الجوهرية بين المناخ الجبلي شبه الرطب والمناخ الصحراوي الحار، كما يبرز دور الموقع الجغرافي والخصائص الطبوغرافية في تحديد مدى تعرض منطقة ما لفقدان المياه عبر عملية التبخر والنتح. ومن ثم، فإن هذه النتائج تُعد مؤشراً مهماً لفهم ديناميكيات المياه في المنطقة، ولوضع سياسات تكيفية تناسب طبيعة المناخ الصحراوي وآثاره المستقبلية في ظل تغير المناخ.

تأثير التذبذب في درجات الحرارة والأمطار على الأمن المائي والزراعي في تكريت والسليمانية

تؤثر التغيرات المناخية بشكل مباشر على الأمن المائي والزراعي في العراق، حيث يؤدي التذبذب في درجات الحرارة وكميات الأمطار إلى تقلبات في إنتاج المحاصيل الزراعية وتوفر المياه السطحية والجوفية. في تكريت، يؤدي انخفاض كميات الأمطار إلى زيادة الاعتماد على نهر دجلة للري، مما يفاقم الضغط على الموارد المائية. أما في السليمانية، فإن التذبذب في معدلات الهطول المطري يسبب عدم استقرار في إنتاج المحاصيل المعتمدة على الزراعة المطرية

.

جدول تأثير التذبذب المناخي على كميات الأمطار في تكريت والسليمانية خلال العقود الأخيرة

الفترة الزمنية	السليمانية (متوسط الهطول المطري)	تكريت (متوسط الهطول المطري)
1980–1990	600ملم	180ملم
2000–2010	550ملم	160ملم
2010–2020	500ملم	140ملم

المصدر: الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ بيانات (غير منشورة) ٢٠١٩.

١- تأثير التغيرات المناخية على النشاطات الاقتصادية والبيئية في المنطقة

تلعب التغيرات المناخية دورًا حاسمًا في التأثير على النشاطات الاقتصادية والبيئية في تكريت والسليمانية. يؤدي ارتفاع درجات الحرارة وقلة الأمطار في تكريت إلى انخفاض الإنتاج الزراعي وزيادة التصحر، مما يحد من النشاط الاقتصادي المعتمد على الزراعة والثروة الحيوانية. في المقابل، تواجه السليمانية تحديات زراعية مرتبطة بتذبذب الأمطار، لكنها لا تعاني من الجفاف الحاد كما هو الحال في تكريت(Sue Gordon,2006).

جدول أثر التغيرات المناخية على الأنشطة الاقتصادية في تكريت والسليمانية

السليمانية	تكريت	التأثير الاقتصادي
تذبذب لكنه أكثر استقرارًا	تراجع بسبب نقص المياه والتبخر	الإنتاج الزراعي
أقل حدة بسبب التضاريس الجبلية	مرتفع بسبب قلة الأمطار	التصحر
تحديات متوسطة بسبب قلة الأمطار أحيانًا	تراجع نتيجة فقدان المراعي	الثروة الحيوانية

المصدر: من عمل الباحث

٢- ربط التغيرات المناخية بمخاطر الجفاف وندرة المياه في تكريت والتحديات الزراعية في السليمانية

تعتبر تكريت واحدة من أكثر المناطق تأثرًا بمخاطر الجفاف وندرة المياه نتيجة انخفاض معدلات الأمطار وارتفاع معدلات التبخر .هذا يؤدي إلى زيادة الضغط على الموارد المائية السطحية والجوفية، مما يهدد الاستدامة الزراعية في المنطقة. أما في السليمانية، فإن التحديات المناخية ترتبط أكثر بتذبذب الأمطار وتأثيرها

على إنتاج المحاصيل المطرية، حيث يمكن أن تتسبب الفترات الجافة في خفض الإنتاج الزراعي، رغم توفر مصادر مائية إضافية مثل الأنهار والينابيع الجبلية (Edward J. Tarbock,2007).

جدول مقارنة تأثير الجفاف وندرة المياه بين تكريت والسليمانية

العامل	تكريت	السليمانية
مخاطر الجفاف	مرتفعة	متوسطة بسبب وفرة الأمطار الجبلية
ندرة المياه	مرتفعة بسبب الاعتماد على دجلة	أقل حدة بفضل المياه الجوفية والسطحية
التأثير الزراعي	تقليص المساحات المزروعة	تحديات في الزراعة المطرية فقط

المصدر: من عمل الباحث

تحليل الموازنة المائية في محطتي السليمانية وتكريت:

١- تحليل الموازنة المائية في محطة السليمانية

تُعتبر محطة السليمانية واحدة من المحطات المناخية التي تتميز بمناخ جبلي شبه رطب، وتتأثر بشكل مباشر بالكتل الهوائية الرطبة القادمة من البحر المتوسط، والتي تصادف ارتفاعات جبلية تؤدي إلى تكثيف هذه الكتل وحدوث أمطار تضاريسيّة معتدلة إلى عالية خلال فصلي الشتاء والخريف .ومن ثم، فإن هذا الموقع الجغرافي والتضاريس الجبلية يلعبان دوراً محورياً في تحديد طبيعة الموازنة المائية في المنطقة، حيث تتسم بوجود فائض مائي موسمي يتبع أنماط الهطول المطري، وعجز مائي مؤقت خلال أشهر الصيف نتيجة الارتفاع الكبير في معدلات التبخر والنتح (ET) .

تم حساب الموازنة المائية الشهرية لمحطة السليمانية باستخدام البيانات المناخية المسجلة خلال الفترة الزمنية (٢٠٠٠–٢٠٢٥)، وذلك بناءً على المعادلة التالية:

الفائض أو العجز المائي = P − ET

وجاءت النتائج كما يلي:

جدول تحليل الموازنة المائية في محطة السليمانية

الشهر	الهطول (مم)	ET (مم)	الفائض / العجز (مم)
يناير	85	35	50
فبراير	90	40	50
مارس	75	75	0

أبريل	40	110	-70
مايو	20	150	-130
يونيو	5	190	-185
يوليو	0	210	-210
أغسطس	0	200	-200
سبتمبر	5	160	-155
أكتوبر	25	100	-75
نوفمبر	60	50	10
ديسمبر	80	30	50

المصدر : من إعدا الباحثة بالاعتماد على بيانات الهطول وتبخر النتح من محطة السليمانية خلال الفترة (٢٠٠٠-٢٠٢٥)، باستخدام معادلة الموازنة المائية.

أظهرت نتائج تحليل الموازنة المائية الشهرية لمحطة السليمانية خلال الفترة الزمنية (٢٠٠٠-٢٠٢٥) وجود فترتين رئيسيتين تميزتا بوضوح في ديناميكيات المياه :فترة فائض مائي موسمي يمتد من نوفمبر إلى مارس ، وفترة عجز مائي حاد تمتد من أبريل إلى أكتوبر .سجلت المحطة فائضاً مائياً واضحاً في الشهور الباردة، حيث تجاوز الهطول معدلات التبخر والنتح (ET) ، وهو ما يعكس طبيعة المناخ الجبلي شبه الرطب الذي تتسم به المنطقة، وقد بلغ أعلى فائض مائي في يناير وفبراير بقيمة 50+ملم/شهر ، نتيجة كثافة الأمطار في هذه الفترة التي تسجل نحو 90-85ملم/شهر ، وانخفاض معدلات ET بسبب برودة الجو. كما ظهر توازن مائي إيجابي ضعيف في نوفمبر (+١٠ ملم) ، مما يدل على بدء موسم الأمطار واستعداد النظام المائي لتراكم الرطوبة في التربة وتغذية الطبقات الجوفية .أما في شهر مارس ، فقد سجلت الموازنة قيمة صفرية 75 ملم (لكل من الهطول وET) مما يشير إلى حالة انتقالية بين فترة الفائض وفترة العجز، وهي مرحلة حرجة تعكس بداية ارتفاع درجات الحرارة وتزايد الإشعاع الشمسي، مما يؤدي إلى زيادة كبيرة في معدلات التبخر والنتح .فيما بعد، ومع دخول فصل الصيف، تحولت المنطقة إلى حالة عجز مائي دائم ، حيث انخفض الهطول إلى مستويات ضئيلة أو صفر تقريباً، بينما ارتفعت معدلات ET بشكل كبير لتصل إلى ذروتها في يوليو وأغسطس عند 210و٢٠٠ ملم/شهر ، مما أدى إلى عجز مائي حاد بلغ -٢١٠ ملم في يوليو ، وهو أحد أعلى معدلات العجز المسجلة في العراق. كما استمر هذا العجز بوتيرة عالية خلال أشهر يونيو، أغسطس، وسبتمبر، حيث تراوحت قيمته بين -155و-١٨٥ ملم/شهر ، وهو مؤشر واضح على الضغط الكبير على المصادر المائية المتاحة خلال هذه الفترة، خصوصاً في الزراعة والشرب .ومن الجدير بالذكر أن هذه البيانات تؤكد حاجة المنطقة إلى استراتيجيات إدارة مائية موسمية، تعتمد على تخزين الفائض المائي الشتوي لتعويض العجز الصيفي، خاصة مع تغير أنماط المناخ وتراجع كميات الأمطار في السنوات الأخيرة، مما قد يزيد من حدة هذه الفجوة المائية في المستقبل القريب

٢- تحليل الموازنة المائية في محطة تكريت

تتميز محطة تكريت بمناخ صحراوي شبه جاف يتميز بدرجات حرارة مرتفعة جداً صيفاً تلامس ٥٩°C ، وتستمر لفترات طويلة من العام، مع هطول أمطار منخفض لا يتجاوز ٤٠ ملم شهرياً فقط في فبراير، ويقل إلى ١ ملم أو أقل في أشهر الصيف. ومن ثم، فإن هذا المناخ الجاف يُحدد طبيعة الموازنة المائية في المنطقة، حيث تغيب حالة الفائض المائي تماماً تقريباً، وتسود حالة العجز المائي الحاد معظم أشهر السنة، خصوصاً خلال الأشهر الدافئة التي تمتد من مارس إلى أكتوبر .

تُظهر نتائج تحليل الموازنة المائية في محطة تكريت أن المنطقة تعاني من عجز مائي حاد ومستمر على مدار العام ، باستثناء فترة قصيرة جداً في نهاية فصل الشتاء وبداية الربيع، حيث يشهد الهطول المطري بعض التحسن المؤقت. وبناءً على المعادلة العامة للموازنة المائية السابقة، وجاءت النتائج كما يلي:

الجدول تحليل الموازنة المائية في محطة تكريت

شهر	طول (مم)	ا (مم)	ئض/العجز (مم)
يناير	35	45	-10
فبراير	40	50	-10
مارس	30	90	-60
أبريل	15	130	-115
مايو	5	180	-175
يونيو	1	230	-229
يوليو	0	260	-260
أغسطس	0	250	-250
سبتمبر	1	200	-199
أكتوبر	10	130	-120
نوفمبر	20	60	-40
ديسمبر	30	40	-10

المصدر : من إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات الهطول وتبخر النتح من محطة تكريت خلال الفترة (٢٠٠٠-٢٠٢٥)، باستخدام معادلة الموازنة المائية.

يتضح أن معدلات التبخر والنتح (ET) في تكريت أعلى بكثير من كميات الأمطار طوال العام، وهو مؤشر واضح على ندرة المياه وتأثير المناخ الصحراوي الحار والجاف على النظام المائي في المنطقة .تسجل معدلات ETالسنوية نحو ١,٦٠٠ ملم/سنة ، بينما لا تتجاوز كميات الهطول المطري السنوية ٢٠٠ ملم/سنة ، مما يؤدي إلى عجز مائي سنوي يزيد عن ١,٤٠٠ ملم ، وهو أحد أعلى معدلات العجز المسجلة في العراق. وتُظهر البيانات أن معدلات ET تبدأ بالارتفاع منذ مارس لتصل إلى ذروتها في يوليو وأغسطس عند ٢٦٠ و٢٥٠ ملم/شهر ، بينما تبقى كميات الأمطار شحيحة جداً خلال هذه الفترة، لا تتجاوز ١ ملم في يونيو وأغسطس، مما يؤدي إلى عجز مائي حاد بلغ −٢٦٠ ملم في يوليو ، وهو أعلى عجز شهري تم تسجيله في المحطة .كما استمر هذا العجز بوتيرة عالية خلال أشهر يونيو وسبتمبر ، حيث تراوحت قيمته بين 199−و−٢٢٩ ملم/شهر ، وهو ما يعكس الضغط الكبير على المصادر المائية المتاحة، خصوصاً في الزراعة والشرب. أما في فصل الشتاء، فإن كميات الأمطار تكون محدودة (لا تتجاوز ٤٠ ملم في فبراير)، ولا تكفي لتغطية الخسائر الكبيرة من خلالET ، الذي يظل مرتفعاً نسبياً بسبب درجات الحرارة غير المنخفضة بالشكل الكافي، مما يؤدي إلى عجز مائي شتوي مستمر يتراوح بين −١٠ و−٤٠ ملم/شهر ، وهو ما يشير إلى أن المنطقة لا تعرف فائضاً مائياً حقيقياً كما هو الحال في السليمانية، بل تعتمد بشكل كبير على مصادر مائية بديلة مثل مياه نهر دجلة والآبار الجوفية .ومن الجدير بالذكر أن تكريت تفتقر إلى مصادر تخزين مائية طبيعية مثل الخزانات أو الأحواض الكبيرة، مما يجعلها أكثر عرضة لآثار الجفاف والتصحر، كما أن التغيرات المناخية الأخيرة أدت إلى تأخر موسم الأمطار وانخفاض كميات الهطول السنوية بنسبة تصل إلى 15%−10خلال العقدين الماضيين، مما زاد من حدة العجز المائي وفاقم من مشكلة شح المياه في المنطقة. وبالتالي، فإن إدارة المياه في تكريت تحتاج إلى استراتيجيات متطورة تعتمد على تحسين كفاءة استخدام المياه في الزراعة ، وزيادة الاستثمار في مشاريع تحلية المياه وإعادة الاستخدام ، ومراقبة استخراج المياه الجوفية ، واستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) لمتابعة التغيرات المكانية والزمنية في الموارد المائية، خاصة في ظل التوقعات المستقبلية بزيادة في درجات الحرارة وتراجع في كميات الأمطار نتيجة تغير المناخ العالمي والمحلي.

٣- مقارنة الموازنة المائية بين محطتي السليمانية وتكريت

جدول مقارنة الموازنة المائية بين محطتي السليمانية وتكريت

العنصر	السليمانية	تكريت	الفرق
الهطول السنوي	600−700ملم	150−200ملم	450+ملم لصالح السليمانية

ETالسنوي	1,300ملم	1,600ملم	300–ملم لصالح تكريت
فترة الفائض المائي	نوفمبر – مارس	لا يوجد فعلياً	السليمانية فقط
فترة العجز المائي	أبريل– أكتوبر	أبريل – نوفمبر	أطول في تكريت
أعلى عجز شهري	210 –ملم (يوليو)	260 –ملم (يوليو)	50–ملم زيادة في تكريت
توسط العجز السنوي	600ملم	1,400ملم	800–ملم زيادة في تكريت
نوع المناخ	جبلي شبه رطب	صحراوي شبه جاف	اختلاف واضح في الرطوبة
لاعتماد على الأمطار	زراعة بعلية	ضعيف جداً	السليمانية أكثر اعتماداً
اعتماد على مياه الري	محدود	كبير جداً	تكريت تعتمد على الري بالكامل
مصادر المياه	مطار، نهر ديالى، مياه جوفية	هر دجلة، آبار، مياه مخصصة	
التغير المناخي	راجع طفيف في الأمطار	انخفاض ملحوظ في الهطول	الأكثر تأثراً: تكريت

المصدر: من إعداد الباحثة

تُظهر البيانات الواردة في الجدول وجود اختلافات جوهرية واضحة بين محطتي السليمانية وتكريت من حيث موازنة المياه وديناميكيات العرض والطلب المائي . ففي السليمانية ، يسود مناخ جبلي شبه رطب يتميز بكميات أمطار موسمية نسبية عالية تتراوح بين 700–600ملم/سنة ، وتتركز معظمها خلال الأشهر الباردة من نوفمبر إلى مارس ، مما يؤدي إلى فترة فائض مائي واضحة يمكن الاستفادة منها في الزراعة البعلية أو تخزين المياه للاستخدام في الصيف. ومع ذلك، فإن معدلات التبخر والنتح (ET) في المحطة تصل إلى نحو 1,300 ملم/سنة ، مما يؤدي إلى عجز مائي مؤقت في أشهر الصيف الحارة، لكنه أقل حدة من العجز الموجود في تكريت، حيث تسجل المنطقة فائضاً مائياً جزئياً في الشتاء يساهم في تقليل الضغط على المصادر المائية.

أما في تكريت ، فإن الوضع مختلف تماماً، حيث يسود مناخ صحراوي شبه جاف يتميز بكميات أمطار منخفضة جداً لا تتجاوز 200–150ملم/سنة ، مع هيمنة كاملة لفترة العجز المائي التي تمتد من أبريل إلى نوفمبر ، وهو ما يجعل هذه المنطقة ضمن خانة الشح المائي المزمن .كما أن معدلات التبخر والنتح (ET) تصل إلى مستويات قياسية تبلغ 1,600ملم/سنة ، بينما لا تتجاوز كميات الأمطار 200ملم ، مما يؤدي إلى عجز مائي سنوي يزيد عن ١,٤٠٠ ملم ، وهو أحد أعلى معدلات العجز المسجلة في العراق .ويُعد هذا الفارق الكبير بين المحطتين مؤشراً واضحاً على دور الموقع الجغرافي والطبوغرافيا في تحديد طبيعة النظام المائي ، حيث تتمتع السليمانية بموقع جبلي يعزز الهطول التضاريسي ويقلل من حدة التبخر، بينما تعاني تكريت من ارتفاع كبير في الحرارة وغياب تام للرطوبة، مما يزيد من فقدان المياه إلى الغلاف الجوي.

ومن الجدير بالذكر أن فترة العجز المائي في تكريت أطول من تلك الموجودة في السليمانية، وتبدأ مبكراً في أبريل وتنتهي متأخرة في نوفمبر، وهو ما يعكس استمرارية الجفاف الحراري وعدم وجود أي مصدر طبيعي يُعوِّض عن النقص المائي، مثل السيول أو الخزانات الطبيعية. في المقابل، تستفيد السليمانية من مخزون مائي مؤقت يُمكن تخزينه أو استخدامه في الزراعة البعلية، مما يقلل من الحاجة إلى الري المكثف. كما أن الاعتماد على الري في تكريت أكبر بكثير من السليمانية، وهو أمر يستدعي استراتيجيات إدارة مائية دقيقة لتجنب استنزاف مصادر المياه الجوفية، خاصة مع تزايد الضغوط السكانية والزراعية. ومن هنا تأتي أهمية بناء سياسات مائية مختلفة لكل منطقة، بحيث تركز السليمانية على تعزيز حصاد الأمطار وإدارة الفائض المائي الموسمي ، بينما تحتاج تكريت إلى تحسين كفاءة الري، واستخدام تقنيات إعادة الاستخدام، ومراقبة استخراج المياه الجوفية .

الخلاصة:

يكشف هذا الفصل عن التأثير العميق للتغيرات المناخية على الموازنة المائية في محطتي السليمانية وتكريت، حيث يبرز التفاوت الواضح بين المنطقتين. ففي السليمانية، يؤدي المناخ الجبلي شبه الرطب إلى وجود فائض مائي موسمي (٥٠ ملم شهرياً في الشتاء) يعوض جزئياً العجز الصيفي الحاد (−٢١٠ ملم في يوليو)، مما يسمح ببعض الزراعة البعلية. أما في تكريت، فإن المناخ الصحراوي يتسبب في عجز مائي كارثي مستمر على مدار العام (−٢٦٠ ملم في يوليو) مع غياب أي فائض مائي حقيقي، مما يجعل المنطقة تعتمد كلياً على الري والمياه الجوفية. وتكشف المقارنة بين المحطتين أن تكريت تعاني من عجز مائي سنوي يصل إلى ١٤٠٠ ملم مقابل ٦٠٠ ملم في السليمانية، مع معدلات تبخر ونقل أعلى بنسبة ٢٣%. هذه النتائج تؤكد الحاجة الملحة لسياسات مائية متباينة تراعي الخصائص المناخية لكل منطقة، حيث تحتاج السليمانية لتعزيز حصاد الأمطار، بينما تتطلب تكريت حلولاً أكثر تعقيداً مثل تحسين كفاءة الري وترشيد استهلاك المياه الجوفية، خاصة في ظل التغيرات المناخية المتسارعة التي تهدد بتفاقم هذه التحديات.

النتائج :

١. ارتفعت درجات الحرارة الصيفية في كلا المحطتين بمقدار ٢–٣°م خلال العقدين الماضيين مقارنة بالعقود السابقة، وهو ارتفاع يُعزى بشكل رئيسي إلى التغير المناخي العالمي والاحتباس الحراري. وقد تجسّد هذا الارتفاع في زيادة عدد الأيام التي تتجاوز فيها الحرارة ٤٠°م، خصوصًا في تكريت، ما ينذر بتفاقم مشكلات الجفاف وزيادة الطلب على المياه.

٢. بلغت نسبة القارية ٧٧.٧٨% في السليمانية مقابل ٧١.٤٣% في تكريت، ما يدل على أن السليمانية، رغم موقعها الجبلي، أكثر عُرضة للتباين الحراري بين الفصول بسبب عزلها النسبي عن المؤثرات البحرية، بينما يُخفف الموقع المنخفض والانفتاح الجغرافي لتكريت من حدّة هذا التباين نسبيًا، رغم سيادة المناخ الصحراوي.

٣. تتراوح كميات الأمطار السنوية بين ٥٠٠–٧٠٠ ملم في السليمانية، بينما لا تتجاوز ١٥٠–٢٠٠ ملم في تكريت خلال الفترة (٢٠٠٠–٢٠٢٥). ويعود هذا الفارق الكبير إلى تأثير التضاريس الجبلية في السليمانية التي تُحفّز الهطول التضاريسي عبر رفع الكتل الهوائية الرطبة القادمة من البحر المتوسط، بينما تفقد هذه الكتل رطوبتها قبل وصولها إلى تكريت.

٤. سجّلت تكريت أعلى درجة حرارة عظمى بلغت ٥٩°م في أغسطس، في حين بلغت في السليمانية ٤٥.٥°م في نفس الشهر. هذا الفارق الكبير يعكس طبيعة المناخ الصحراوي القاسي في تكريت مقارنةً بالمناخ الجبلي المعتدل نسبياً في السليمانية، ويُشير إلى تفاوت شديد في الضغط الحراري على الموارد المائية والأنشطة الزراعية.

٥. يبلغ متوسط التبخر والنتح (ET) السنوي ١,٣٠٠ ملم في السليمانية مقابل ١,٦٠٠ ملم في تكريت، أي أن تكريت تفقد نحو ٢٣% أكثر من المياه عبر التبخر. ويعود ذلك إلى ارتفاع درجات الحرارة، انخفاض الرطوبة النسبية، وغياب الغطاء النباتي الكثيف، مما يضاعف من حدة العجز المائي في المنطقة.

٦. تشهد السليمانية فائضًا مائيًّا من نوفمبر إلى مارس (أعلى فائض: +٥٠ ملم/شهر في يناير وفبراير)، بينما تعاني تكريت من عجز مائي طوال العام دون فترات فائض حقيقية. هذا التباين يعكس قدرة السليمانية على دعم الزراعة البعلية جزئياً، في حين تعتمد تكريت كليًّا على مصادر مائية خارجية مثل نهر دجلة.

٧. العجز المائي السنوي يتجاوز ١,٤٠٠ ملم في تكريت مقابل ٦٠٠ ملم في السليمانية، ما يدل على فجوة هيدرولوجية كبيرة بين المنطقتين. ويعني ذلك أن تكريت تعيش في حالة شح مائي مزمن، بينما تمتلك السليمانية هامشاً مناخياً يسمح ببعض المرونة في إدارة الموارد المائية، رغم تأثرها أيضًا بالتغيرات المناخية.

التوصيات:

١. تعزيز أنظمة حصاد مياه الأمطار في السليمانية خلال فترات الفائض (الشتاء والربيع) عبر بناء سدود صغيرة، خزانات تجميع، وبرك تخزين، بهدف الاستفادة من الفائض المائي الموسمي في الري الصيفي أو تغذية المياه الجوفية، مما يُقلّل من آثار العجز المائي في الأشهر الحارة.

٢. اعتماد تقنيات الري الحديثة (مثل الري بالتنقيط والرش) في كلا المنطقتين، خاصة في تكريت التي تعاني من عجز مائي حاد. هذه التقنيات ترفع كفاءة استخدام المياه بنسبة تصل إلى ٤٠–٦٠% مقارنة بالري التقليدي، وتحدّ من الهدر في ظل ارتفاع معدلات التبخر.

٣. ترشيد استخراج المياه الجوفية في تكريت ومنع الحفر العشوائي للآبار عبر فرض رقابة صارمة وتشريعات قانونية، لأن الاستنزاف غير المستدام يهدد بانخفاض منسوب المياه الجوفية وزيادة ملوحتها، ما يُعقّد الأزمة المائية على المدى الطويل.

Sources:

1. Al-Badranih, A. K. (2017). Groundwater depletion in Iraq: Trends and future implications. Journal of Water Resources and Ocean Science, 6(2), 45–52.
2. Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56.
3. Barnett, T. P., Adam, J. C., & Lettenmaier, D. P. (2005). Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions. Nature, 438(7066), 303–309.
4. Chahine, M. T. (1992). The hydrological cycle and its influence on climate. Nature, 359(6394), 373–380.
5. Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). Applied Hydrology. McGraw-Hill.
6. College of Oceanographic Studies, Jadavpur University. (2012). Author for Correspondence. Kolkata.
7. Doorenbos, J., & Pruitt, W. O. (1977). Guidelines for predicting crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24.
8. FAO. (2009). CROPWAT for Windows: Software for Irrigation Planning and Management.
9. Freeze, R. A., & Cherry, J. A. (1979). Groundwater. Prentice Hall.
10. Gordon, S. (2006). The Normal Distribution. Mathematics Learning Centre, University of Sydney, NSW.
11. IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Cambridge University Press.
12. Kidd, C., & Huffman, G. (2011). Global and regional precipitation measurements by satellite. Remote Sensing, 3(8), 1754–1771.
13. Kundzewicz, Z. W., et al. (2007). Freshwater resources and their management. In Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability (IPCC Fourth Assessment Report).
14. Maidment, D. R. (Ed.). (1993). Handbook of Hydrology. McGraw-Hill.
15. Rodell, M., et al. (2004). The Global Land Data Assimilation System. Bulletin of the American Meteorological Society, 85(3), 381–394.
16. Schlunegger, F., et al. (2021). Changes in precipitation variability across time scales in multiple global climate model large ensembles.
17. Shuttleworth, W. J. (2007). Putting the ‘vap’ into evaporation. Hydrology and Earth System Sciences, 11(1), 2–19.
18. Smakhtin, V. U. (2001). Estimating continuous monthly streamflow series. Hydrological Sciences Journal, 46(6), 861–870.
19. Tarbock, E. J., & Laughtins, F. K. (20١٧). Earth: Introduction to Physical Geology. Kingdom of Saudi Arabia, Ministry of Higher Education and Scientific Research.
20. World Meteorological Organization (WMO). (2008). Guide to Hydrological Practices, Volume .