



الموازنة المائية المناخية في شمال غرب ليبيا

جمعة أرحومة جمعة الجالي

قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة طبرق، ليبيا

الكلمات المفتاحية:

الموازنة المائية
التبخّر المحتمل
خوسلا
إيفانوف
شمال غرب ليبيا

الملخص

تتناول الدراسة أثر المناخ على الميزانية المائية؛ لغرض تحديد أشهر الفائض أو العجز المائي في شمال غرب ليبيا، ولتحقيق ذلك اعتمدت الدراسة على بيانات مناخية لعدد سبع محطات مناخية للمدة (1971-2010)، وتم تقدير الفاقد المائي، بواسطة معادلتَي إيفانوف، وخوسلا ومن ثم تقدير معدلات الفائض أو العجز المائي من خلال إيجاد الفرق بين معدلات الأمطار الساقطة ومعدلات الفاقد المائي، كما استخدمت تقنية نظم المعلومات الجغرافية لتوضيح التباين المكاني للموازنة المائية في منطقة الدراسة. تبين من الدراسة أن معدلات الفاقد المائي بواسطة التبخر والتبخّر- نتج المحتمل تميل للارتفاع الملحوظ في معظم أرجاء منطقة الدراسة مقارنة بمعدلات الهطول، ومن ثم سيطرة العجز المائي على السواد الأعظم من منطقة الدراسة، باستثناء منطقة غريان الجبلية التي تتسم بوجود فائض مائي بسيط خلال فصل الشتاء فقط، وكما يلاحظ أن مقادير العجز المائي تزداد بالاتجاه جنوبًا حيث تبلغ أقصى معدلاتها في مدينة غدامس ذات المناخ الصحراوي.

Climatic Water budget in North-West Libya

Jumma Arhouma Jumma Elgali

Geography Department, Faculty of Arts, University of Tobruk, Libya

Keywords:

Evapo-transpiration
Water budget
Khosella
Ivanov
Northwest Libya.

ABSTRACT

The study deals with the impact of climate on the water budget to determine the water surplus or shortage in northwestern Libya. The study relies on climate data for seven meteorological stations for the period (1971-2010). The potential water losses are estimated by the equations of Ivanov and Khosella, and then finding the difference between the rainfall averages and the water losses rates to estimate the water shortage. GIS is used to determine the spatial distribution of the water balance in the study area. The study shows that the potential evapo-transpiration tend to be significantly high in most parts of the study area compared to precipitation rates, Hence, the water shortage exists at the majority of the study area except of Gharyan station which has water surplus during the winter season only. Moreover, the amounts of water shortage are increasing toward the south direction to reach their highest averages in Ghadames.

المقدمة

وتعد الموازنة المائية إحدى أهم الوسائل المستخدمة لمعرفة العجز أو الفائض المائي (إبراهيم، وآخرون، 2012)، علاوة على كونها تحدد الاحتياج المائي لأي منطقة لأن كمية الأمطار لا تعطي حقيقة تأثيرها الفعلي نتيجة لعوامل المناخ والتربة والغطاء النباتي (الفهداوي و الفهداوي، 2018). ويقصد بالموازنة المائية العلاقة المكانية والزمانية بين الإمداد المائي عن طريق التساقط، وبين كمية الفاقد المائي الراجع إلى الجو بفعل التبخر

تعاين الأقاليم الجافة وشبه الجافة والتي من ضمنها ليبيا - غالبًا - من شح واضح في الموارد المائية، نتيجة للظروف المناخية السائدة ولاسيما تلك المناطق التي تنعدم فيها مصادر المياه السطحية. تعد خصائص المناخ من أهم العوامل الطبيعية الرئيسية التي تتحكم في القيمة الفعلية للأمطار وتحديد مستويات الفائض أو العجز المائي، فالظروف المناخية السائدة لها دور واضح في الموازنة المائية وذلك من خلال الفرق بين الإمدادات المائية المطرية وبين الفاقد المائي بواسطة التبخر والنتح (الجالي وسليمان،

*Corresponding author:

E-mail addresses: jumma.elgali@tu.edu.ly

5. منطقة الدراسة

تتمثل منطقة الدراسة في الجزء الشمالي الغربي من ليبيا، الذي يمتد من البحر المتوسط شمالاً إلى مديني غدامس والقريات جنوباً، ومن الحدود الليبية التونسية الجزائرية غرباً حتى مدينة مصراته شرقاً. أما فلكياً فتمتد بين خطي طول (14° 23' 09" و 34° 36' 15" شرقاً وبين دائرتي عرض (14° 25' 28" و 01° 10' 33" شمالاً، شكل (1). وبهذا الامتداد تشغل منطقة الدراسة مساحة تقدر بحوالي (199902 كم²). ومن خلال هذا الموقع؛ فإن منطقة الدراسة تمثل أهمية حيوية كبرى في ليبيا، حيث يوجد بها مركز الثقل السكاني والحضري والاقتصادي الأكبر في ليبيا لاسيما في أجزائها الشمالية المتمثلة في العاصمة وما جاورها، ناهيك عن جودة المراعي والأراضي الزراعية.

تضم منطقة الدراسة العديد من محطات الأرصاد الجوية، وقد تم اختيار عدد سيع محطات منها مع الأخذ في الاعتبار اختلاف الخصائص الطبيعية للمنطقة كالموقع الفلكي والتضاريس والبعد عن البحر، والتي لها دور مهم في تباين الظروف المناخية. وتتمثل هذه المحطات في محطتي زوارة ومصراته الساحليتان، ومحطة مطار طرابلس الواقعة في سهل الجفارة، محطتي نالوت وغريان الجبليتان، وأخيراً محطتي غدامس والقريات الصحراويتان، جدول (1).

والنتج في إقليم ما وفي فترة زمنية محددة ، ليتم من خلالها تقدير ما إذ كان الإقليم المدروس يتمتع بفائض مائي أو يعاني من عجز مائي ليتسنى بعد ذلك تقدير الحاجة لمياه الري من عدمها (المالكي وديري، 2005).

2. مشكلة الدراسة

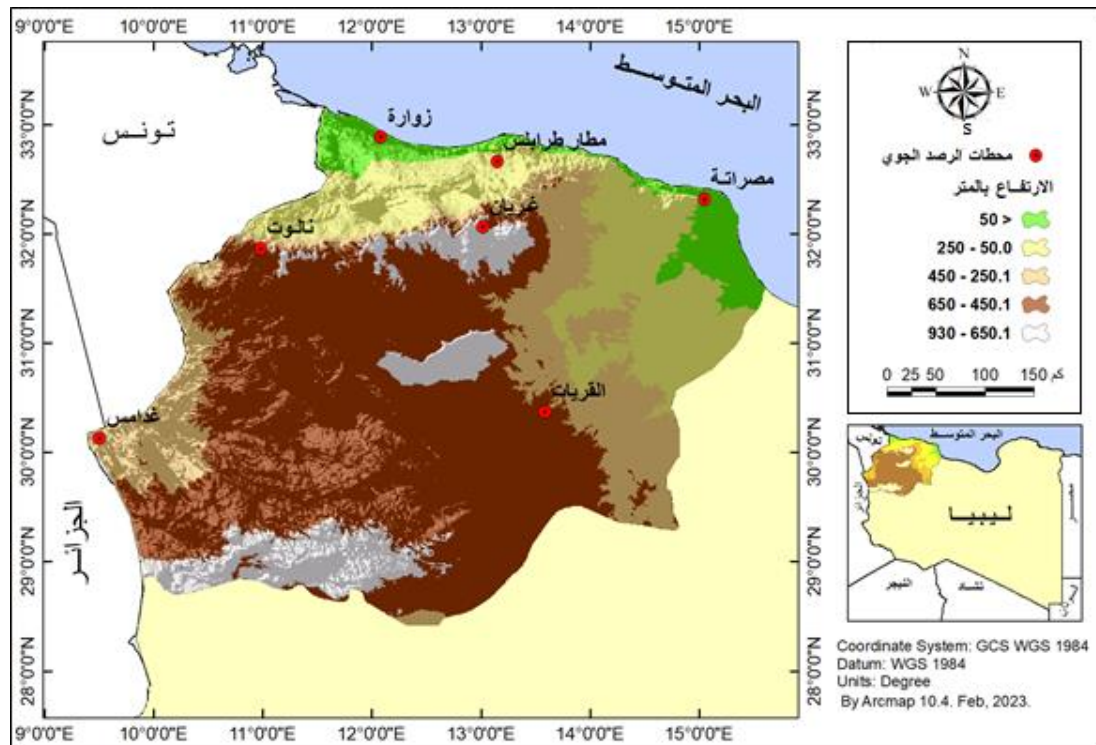
بما أن منطقة الدراسة تقع في نطاق الأقاليم الجافة وشبه الجافة، والأمطار بها موسمية وتباين سقوطها من عام لآخر، ومن مكان لآخر؛ نتيجة لاختلاف خصائصها الجغرافية الطبيعية، ونظراً لأهميتها الزراعية والرعية؛ جاءت هذه الدراسة لتسلط الضوء على أثر المناخ على الميزانية المائية في شمال غرب ليبيا وتحاول أن تظهر مقدار الفائض أو العجز المائي ومعرفة التباين الزمني والمكاني للميزانية المائية.

3. هدف الدراسة

تهدف الدراسة إلى احتساب كميات التبخر المحتمل والفائض المائي في منطقة الدراسة، ومن ثم تقدير الموازنة المائية المناخية، وتحديد الفائض أو العجز المائي زمنيًا ومكانيًا.

4. أهمية الدراسة

تتجلى أهمية الدراسة في إمكانية اعتماد الجهات المسؤولة على قيم الموازنة المائية في وضع خطط وبرامج التنمية الزراعية، ومن ثم المساهمة في التغلب على العديد من المشاكل الزراعية، ناهيك عن توفير قاعدة بيانات متعلقة بأماكن ومواسم العجز المائي يمكن أن تبني عليها دراسات لاحقة.



المصدر: اعداد الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) باستخدام برنامج ArcMap 10.4

شكل (1) موقع منطقة الدراسة

إجمالي التبخر الكلي بلغ 2356,5 ملم/ السنة ومقدار التبخر النتج الممكن بلغ 1333,1 ملم/ السنة، بلغ التبخر الحقيقي 1023,40 ملم/ السنة، وبلغ التغير في المخزون المائي السنوي صفراً، ومن ثم فالمنطقة تعاني من عجز تام. وتطرق إبراهيم وآخرون (2012) إلى دراسة الموازنة المائية المناخية لتقييم واقع تغذية المياه الجوفية شمال غرب العراق بتطبيق طريقة ثورنثويت. وقد تبين وجود تباين في نسبة تغذية المياه الجوفية بين أجزاء منطقة الدراسة، وقد أرجع ذلك إلى نوع ونسيج الرواسب من جهة وتباين أعماقها والاختلافات الطبوغرافية البسيطة وتطور شبكة تصريف المياه السطحية من جهة أخرى.

7. طريقة الدراسة:

1.7. مصادر البيانات

لتحقيق الهدف المرجو من هذه الدراسة؛ تم الاعتماد على البيانات المناخية الشهرية الصادرة عن المركز الوطني للأرصاد الجوية، طرابلس، وتمثلت هذه البيانات في درجة الحرارة والأمطار والرطوبة النسبية لعدد سبع محطات أرصاد جوية بشمال غرب ليبيا للفترة من (1971 إلى 2010).

2.7. تحليل البيانات:

في مرحلة تحليل البيانات اعتمدت الدراسة على الأسلوب الكمي التحليلي لتقدير الموازنة المائية، وقد أنجز ذلك عبر الخطوات الآتية:

- حساب المتوسطات الشهرية والسنوية لبيانات درجات الحرارة و الرطوبة النسبية والأمطار.
- حساب معدلات التبخر المحتمل في جميع المحطات قيد الدراسة بالاعتماد على المتوسطات الشهرية لدرجة الحرارة والرطوبة النسبية، باستخدام معادلة إيفانوف Ivanov (أبو العينين، 1982):

$$E = 0.0018(T + 25)^2(100 - A)$$

حيث أن: E = التبخر لشهري المحتمل (ملم).

T = متوسط الحرارة الشهرية (مئوية).

A = الرطوبة النسبية الشهرية (%).

- حساب الفاقد المائي بواسطة التبخر - نتج المحتمل باستخدام معادلة خوسلا Khosella (والطون، 1976):

$$Lm = \frac{Tm - 32}{9.5}$$

حيث أن: Lm = الفاقد المائي بالتبخر (بوصة).

Tm = درجة الحرارة الشهرية (فهرنهايتية).

وبما أن قيم نتائج المعادلة التي تمثل مقدار الفاقد المائي بواسطة التبخر - نتج المحتمل حدوئه بالبوصات تم تحويلها إلى ما يعادلها بالمليمترات، ومن ثم حساب الميزانية حتى يمكن مقارنتها بالطريقة السابقة.

- حساب الموازنة المائية، وتقدير معدلات الفاض أو العجز المائي من خلال إيجاد الفرق بين معدلات الأمطار الساقطة، ومعدلات الفاقد

جدول رقم (1) خصائص المحطات المناخية في منطقة الدراسة

ت	محطة الأرصاد	الموقع الفلكي		الارتفاع بالمتراً	البعد عن البحر (كم)	مدة الرصد
		خط الطول "شرقاً"	دائرة العرض "شمالاً"			
1	زواردة	°12 '05	°32 '53	03	05	-1971 2010
2	مصراثة	°15 '03	°32 '19	32	10.6	-1971 2010
3	مطار طرابلس	°13 '09	°32 '40	81	22.6	-1971 2010
4	غريان	°13 '01	°32 '04	741	82.7	-1971 2010
5	نالوت	°10 '59	°31 '52	621	150	-1971 2010
6	الفرجات	°13 '35	°30 '23	497	249	-1971 2010
7	غدامس	°9 '30	°30 '08	357	377	-1971 2010

6. الدراسات السابقة

نظراً لأهمية موضوع الموازنة المائية وعلاقة المناخ بها لاسيما في المناطق الجافة وشبه الجافة؛ فقد حظي هذا الموضوع بالعديد من الدراسات. ومن بين هذه الدراسات دراسة الجالي وسليمان (2022) والتي تناولت تأثير المناخ على الميزانية المائية في شمال شرقي ليبيا لغرض تحديد التباين المكاني لمقدار العجز أو الفائض المائي. حيث اعتمدت الدراسة على بيانات درجة الحرارة وكمية الأمطار والتبخر والرطوبة النسبية للفترة (1971- 2010) لعدد ثمان محطات مناخية، ثم تم تطبيق معادلات إيفانوف، وخوسلا لحساب التبخر المحتمل والفاقد المائي. وقد بينت نتائج الدراسة أن الفائض المائي تمثل في محطتي شحات والفتاح في فصل الشتاء فقط، أما بقية الفصول فقد سيطر فيها العجز المائي بنسب متفاوتة على كافة أنحاء منطقة الدراسة لاسيما في منطقتي الجغبوب و جالو الصحراوييتين في أقصى جنوب منطقة الدراسة. كما قام إسماعيل وهابيل (2018) بدراسة الموازنة المائية للتربة في الجبل الأخضر لستة مواقع من مناطق الزراعة المطرية. حيث تم استخدام معامل ثورنثويت المعدل لإبراز التوزيع المكاني والتغير الشهري لفترات العجز والفائض المائي، كما تم تقدير عنصر التبخر نتج الممكن طبقاً لنموذج تيرك الملائم لمنطقة الدراسة. وقد أظهرت النتائج أفضلية للجزء الأوسط من الجبل الأخضر المواجه لساحل البحر المتوسط والذي تمثله محطة شحات وما حولها حيث سيادة محتوى الطين في التربة مما جعلها تمتاز بأكبر وأطول فترة فائض مائي وأقل فترة عجز شهري، في حين ارتبطت معدلات التبخر نتج في نطاق السفوح الجنوبية بعلاقة طردية قوية جداً مع محتوى التربة الرملي مما انعكس في سيادة سلبية للموازنة المائية تمثلت في استغراق فترة العجز المائي. أما على المستوى الإقليمي فقد تناولت دراسة جاسم (2022) الموازنة المناخية لتكشف عن مدى تأثير نماذج التبدل المناخي على التوازن المائي معتمدة على عدد ست محطات مناخية في العراق للفترة من 1990 إلى 2020. وقد تبين أن النموذج المناخي البارد الرطب، والحر الرطب هما الأكثر من حيث الفائض المائي، في حين سجل النموذج البارد الجاف أكبر عجز مائي. كما تناول حنبلة (2019) الموازنة المناخية لحوض تعز باليمن، حيث اعتمد الباحث على بيانات مناخية من محطة عصيفرة مستخدماً معادلات إيفانوف لحساب التبخر الكلي، وثورنثويت لحساب التبخر - النتج الممكن. وقد استنتج الباحث أن

1.1.8: المتوسطات الشهرية لدرجة الحرارة

درجات الحرارة في شمال غرب ليبيا تتباين بين مكان وآخر تبعاً لاختلاف الظروف المحلية كالموقع والتضاريس والبعد عن البحر، ومن خلال الجدول رقم (2) يتضح أن المناطق المرتفعة تظهر كأقل أجزاء منطقة الدراسة حرارة من حيث المتوسطات الشهرية على مدار العام إذ لا يتعدى متوسط الحرارة الشهري في شهر يناير (8.7°C) و(9.9°C) بمديني غريان ونالوت على التوالي، ثم تبدأ متوسطات الحرارة في الارتفاع التدريجي حتى يصل إلى (13.5°C) في مصراته على الساحل، أما في أشهر فصل الصيف فتكون الأجزاء الصحراوية أعلى حرارة من الأجزاء الساحلية، حيث بلغ أعلى معدل حوالي (32.3°C) في مدينة غدامس الصحراوية. ومن جهة أخرى فإن أدنى درجة للمتوسط السنوي العام بلغت (17.9°C) في مدينة غريان، وأقصى درجة كانت (22.3°C) في مدينة غدامس جنوباً.

المائي المحتمل، ومن ثم استخدمت تقنية نظم المعلومات الجغرافية لتوضيح التباين المكان للموازنة المائية في منطقة الدراسة.

8. النتائج والمناقشة**1.8. المتغيرات المناخية المؤثرة في الموازنة المائية**

موقع منطقة الدراسة بشمال غرب ليبيا والممتد من الساحل الجنوبي للبحر المتوسط شمالاً حتى أطراف الصحراء الكبرى جنوباً؛ له دور بارز في جعل مناخها يتباين نسبياً بين مناخ البحر المتوسط المعتدل في الشمال والمناخ الصحراوي الحار في الجنوب (بقص، 2015)، نتيجةً لعدة عوامل أهمها الموقع الفلكي والتضاريس والبعد عن البحر. كما أن المنطقة تتأثر باختلافات الضغط الجوي وتمركزاته على البحر الأبيض المتوسط شمالاً والصحراء الكبرى جنوباً ناهيك عن الكتل الهوائية غير المتجانسة (ابراهيم، 2010) الأمر الذي أدى إلى تذبذب مناخها زمنيًا ومكانيًا. وفيما يلي عرض لأهم معدلات العناصر المناخية ذات التأثير في الموازنة المائية:

جدول رقم (2) المتوسطات الشهرية لدرجة الحرارة ($^{\circ}\text{C}$) للمدة 1971 – 2010م

المعدل العام	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	المحطة الشهور
20.4	414.	418.	23.4	26.6	827.	26.6	424.	421.	418.	15.9	214.	13.1	زواردة
20.5	14.9	818.	23.5	26.5	27.4	26.4	24.6	21.4	418.	0.61	14.2	13.5	مصراتة
20.8	13.7	17.7	23.3	27.2	28.9	28.2	26.9	23.3	19.1	15.7	13.6	12.2	مطار طرابلس
17.9	10	14.7	20.1	23.9	26.7	26.4	24.8	20.4	16.2	12.7	10.1	8.7	غريان
19.5	11.1	15.4	421.	25.8	28.5	328.	26.5	22.4	18.2	14.5	11.5	9.9	نالوت
20.6	12.0	16.3	522.	127.	28.9	0.92	228.	24.3	20.1	0.61	412.	10.7	القريات
22.3	11.8	16.7	23.7	29.3	32.2	32.2	31.5	27.1	22.1	17.4	13.2	10.9	غدامس

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية، طرابلس (1971-2010)

بعدها الكميات في التناقص قليلاً في المناطق الساحلية ثم تنخفض أكثر في المناطق الصحراوية ذات المناخ المتطرف حيث يصل أقل معدل سنوي إلى حوالي (73.3 ملم) فقط في غدامس. أما المعدلات الشهرية للأمطار فتكون ذروتها في خلال شهر يناير في مدينة غريان التي تستقبل أكبر كمية والمقدرة بحوالي (63.7 ملم) تليها محطة مطار طرابلس التي سجلت (56.5 ملم) في ذات الشهر، وبالاتجاه جنوباً يستمر الانخفاض السريع في معدلات الأمطار حتى تصل إلى (7 ملم) فقط في مدينة غدامس محيطها.

2.1.8: المعدلات الشهرية لكميات الامطار

عادةً ما يبدأ سقوط الأمطار في شمال غرب ليبيا في فصل الخريف، وتزداد ذروتها خلال فصل الشتاء تزامناً مع مرور المنخفضات الجوية العابرة للبحر المتوسط، ثم تبدأ في الانخفاض التدريجي حتى تتلاشى خلال فصل الصيف. وتتسم معدلات الأمطار في منطقة الدراسة بتذبذب كمياتها مكانياً وزمانياً، ناهيك عن عدم انتظام سقوطها نتيجة لتأثير العوامل الجغرافية سالفة الذكر. ويتبين من خلال الجدول رقم (3) أن مدينة غريان تظفر بأعلى معدل تراكمي سنوي للأمطار والذي بلغت كميته حوالي (315 ملم)، لتبدأ

جدول رقم (3) المعدلات الشهرية لكميات الامطار للمدة (1971 – 2010م)

المعدل العام	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	المحطة الشهور
236.6	49	42	32	12	1.1	0.1	0.6	5.9	11	18.9	23.9	40.1	زواردة
282.5	58	57	33	12	1	0	1.2	3.6	10.2	24.1	28.7	53.7	مصراتة
272.6	48.4	41.3	33	9.1	0.2	0.1	0.5	5.6	15.1	28.9	33.9	56.5	مطار طرابلس
315	42.8	27.9	29.0	14.3	0.8	0.2	2.6	11.3	33.4	41.9	47.1	63.7	غريان
155.2	19	14.2	21	6	0.2	0.1	2.1	13.6	14	27.8	20.5	16.7	نالوت
56.8	6	7	9	3.6	0.2	0.3	1	5	3	7.4	4.3	10	القريات
37.3	4.4	2	3	1.9	0.3	0	0.4	2.2	3.1	7	6	7	غدامس

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية، طرابلس (1971-2010)

كم). أما المعدلات الشهرية للرطوبة فنلاحظ ارتفاعها في فصل الصيف في المناطق الساحلية، حيث بلغ أعلاها (77.1%) و(77%) في شهري يوليو ويونيو على التوالي بمدينة زوارة، بينما في المناطق الداخلية فترتفع في فصل الشتاء حيث ارتفعت الرطوبة النسبية من (22.4%) في شهر يوليو إلى (53.1%) في شهر يناير بمدينة غدامس، جدول رقم (4).

8.1.3: المتوسطات الشهرية للرطوبة النسبية:

تسجل الرطوبة النسبية أعلى في معدلاتها المناطق الساحلية نتيجة لارتباطها بكمية بخار الماء، حيث سجل في محطة زوارة - التي تبعد عن البحر بمسافة لا تتعدى (5 كم) - أعلى معدل لكمية الرطوبة السنوية والذي بلغ (73.2%)، وبالابتعاد عن البحر يبدأ المعدل بالانخفاض التدريجي حتى وصل إلى (35.8%) في مدينة غدامس التي تبعد عن البحر بمسافة تصل إلى (377)

جدول رقم (4) المتوسطات الشهرية للرطوبة النسبية (%) للمدة 1971 – 2010م

المعدل العام	المحطة												
	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
273.	71	68.6	72	73.9	76.1	77.3	77	75	73	72.8	69.2	71.9	زوارة
70.3	68	69	70	71.2	73	74	71.2	70.1	69	69.5	69	70.1	مصراة
362.	70	67	63.7	61	57.7	55.5	53.2	54.3	59.8	65.6	68	71.7	مطار طرابلس
352.	66	60	58	50	39	37	38	44	52	58	60	65	غريان
250.	60	57	54	50	43.2	40.2	41.5	43.2	47	51	54.5	60.2	نالوت
148.	62.3	59	55	50.4	45	44.5	42.4	44	46.5	52	55.3	63.0	القريات
35.8	53.7	46.9	37.9	30.4	24.9	22.4	23.4	27	29	36.8	44.3	53.1	غدامس

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية، طرابلس (1971-2010).

8.1.2: تقدير التبخر المحتمل بتطبيق معادلة إيفانوف:

لتقدير كمية التبخر المحتمل (Potential Evaporation): تمكن العالم الروسي إيفانوف Ivanov من استحداث معادلة تعتمد على عنصرى درجة الحرارة والرطوبة النسبية. ومن خلال نتائج المعادلة سالفة الذكر نلاحظ أن معدلات الفاقد المائي بواسطة التبخر المحتمل في منطقة الدراسة بصفة عامة مرتفعة رغم التفاوت الكبير في قيمها من مكان لآخر تبعاً للظروف الطبيعية المحلية، لكن هذه المعدلات تشترك في كونها تبدأ في الارتفاع بشكل ملحوظ في الفترة من أواخر فصل الربيع إلى بدايات الخريف تزامناً مع ارتفاع معدلات الحرارة خلال هذه الفترة، وفي هذا الصدد يتضح من الجدول رقم (5) أن أدنى معدلات التبخر بلغت (70.5 ملم) و(71.6 ملم) بمحطتي مطار طرابلس وغريان على التوالي خلال شهر يناير حيث برودة الطقس وقصر فترة النهار شتاء، بينما بلغت قيم أقصى معدلات التبخر (457 ملم) في مدينة غدامس خلال شهر يونيو حيث الفرق الشاسع بين معدلات كل من الأمطار والتبخر الناجم عن الارتفاع الواضح لدرجة الحرارة.

8.2: تقدير الفاقد المائي بواسطة التبخر والتبخر - نتج المحتمل

إن تقدير كمية المياه التي من المحتمل أن تعود من سطح الأرض - بواسطة التبخر والنتج - إلى الجو أمراً غاية في الأهمية في تخطيط استخدامات المياه الجوفية والسطحية المختلفة لاسيما في المناطق الجافة وشبه الجافة التي يستلزم فيها تحديد حاجة النبات من المياه. وبما أن الفاقد المائي عن طريق التبخر والنتج له أثر مباشر على كميات المياه السطحية والجوفية ورطوبة التربة أيضاً، الأمر الذي جعل الباحثين في علم المناخ والمياه يحاولون استنباط بعض المعادلات الرياضية لحساب التبخر والفاقد المائي المحتمل، هذه المعادلات تعتمد على تجارب تطبيقية مشتقة من قياسات لبعض المتغيرات المناخية (العنانزة، 1996). ومن أهم المعادلات سالفة الذكر والتي اعتمدها هذه الدراسة؛ معادلتا إيفانوف (Ivanov) لتقدير التبخر المحتمل (Potential Evaporation)، وخوسلا (Khosella) لحساب الفاقد المائي بواسطة التبخر - نتج المحتمل (Potential Evapo-transpiration).

جدول رقم (5) المعدلات الشهرية للفاقد المائي باستخدام معادلة إيفانوف (ملم)

المعدل العام	المحطة												
	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
108.8	84.9	87.3	71.6	70.5	79.8	73.4	73.4	73.4	73.4	73.4	73.4	73.4	يناير
146.3	112.5	109.1	88.7	85.8	85.7	85.2	85.2	85.2	85.2	85.2	85.2	85.2	فبراير
204.5	145.2	137.6	107.4	102.6	92.3	81.9	81.9	81.9	81.9	81.9	81.9	81.9	مارس
283.5	195.9	178	146	140.7	105.1	91.5	91.5	91.5	91.5	91.5	91.5	91.5	أبريل
356.7	245	229.7	207.8	191.9	115.9	96.9	96.9	96.9	96.9	96.9	96.9	96.9	مايو
440.1	293.4	279.3	276.8	226.9	127.5	101	101	101	101	101	101	101	يونيو
457	291.3	305.8	299.6	226.7	123.6	108.8	108.8	108.8	108.8	108.8	108.8	108.8	يوليو
442.2	287.6	292.6	293.5	221.2	133.4	119.9	119.9	119.9	119.9	119.9	119.9	119.9	أغسطس
369.4	242.3	232.3	215.2	191.3	137.5	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	سبتمبر
265.1	182.8	178.3	153.8	152.4	127	118.1	118.1	118.1	118.1	118.1	118.1	118.1	أكتوبر
166.2	125.9	126.3	113.5	108.3	107	106.5	106.5	106.5	106.5	106.5	106.5	106.5	نوفمبر
112.7	92.9	93.8	75	80.9	91.7	81	81	81	81	81	81	81	ديسمبر
3353	2455	2250	2049	1799.2	1326.7	1189	1189	1189	1189	1189	1189	1189	المجموع

المصدر: عمل الباحث من بناءً على نتائج معادلة إيفانوف

في عام 1949م تمكن خوسلا من وضع معادلة لحساب كمية الفقد

8.2.2: تقدير التبخر - نتج المحتمل باستخدام معادلة خوسلا:

المائي الشهري والسنوي بواسطة التبخر/ النتج (Potential Evapo-

المناخ البارد نسبياً، حيث بلغت أعلى قيمة (65 ملم) في محطة مصراته في حين بلغت أدناها (41.7 ملم) في محطة غريان خلال شهر يناير، أما في فصل الصيف فيحدث العكس تقريباً؛ حيث ترتفع معدلات الفقد في المناطق الصحراوية وتبدأ في الانخفاض التدريجي بالاتجاه شمالاً وذلك تبعاً لانخفاض درجة الحرارة، فمثلاً خلال شهر يوليو بلغت قيمة أقصى معدلات التبخر المحتمل (155 ملم) في غدامس وانخفض ذات المعدل إلى (218 ملم) في مدينة زوارة.

(transpiration)، وذلك من خلال استعمال صيغة تبادلية لتحديد التبخر والنتح المحتمل عند توفر رطوبة محتملة في التربة لتمويل غطاء نباتي متصل ومتساوي من حيث الارتفاع (الريدي، 2019).

وبتطبيق معادلة خوسلا والموضحة نتائجها بالجدول رقم (6) تبين أن هناك تباين مكاني وزماني طفيف في معدلات الفقد المائي بين محطات الدراسة، إذ أن قيم الفاقد المائي في فصل الشتاء تزداد في المحطات الساحلية مقارنة بالمحطات الصحراوية ذات المناخ المتطرف والجبلية ذات

جدول رقم (6) المعدلات الشهرية للفاقد المائي باستخدام معادلة خوسلا (ملم)

المحطة الشهور	زوارة	مصراتة	مطاررابلس	غريان	نالوت	القربات	غدامس
يناير	63.0	65.0	58.7	41.7	47.6	51.5	52.4
فبراير	68.3	68.3	65.5	48.6	55.3	59.7	63.6
مارس	76.5	77.0	75.6	61.1	69.8	77	83.7
أبريل	88.6	88.6	91.9	78	87.6	96.7	106.4
مايو	103.0	103.0	112.1	98.2	107.8	116.9	130.4
يونيو	117.4	118.3	129.5	119.4	127.5	135.7	151.6
يوليو	128.0	127.0	135.7	127.1	136.2	139.6	155
أغسطس	133.8	131.9	139.1	128.5	137.2	139.1	155
سبتمبر	128.0	127.5	130.9	115	124.2	130.4	141
أكتوبر	112.6	113.0	112.1	96.7	103	108.3	114.1
نوفمبر	88.6	90.5	85.2	70.7	74.1	78.4	80.4
ديسمبر	69.3	71.7	65.9	48.1	53.4	57.8	56.8
المجموع	1177.1	1182.0	1202.1	1033	1124	1191	1290

المصدر: عمل الباحث من بناءً على نتائج معادلة إيفانوف

3.8. الموازنة المائية المناخية

المقعر إلى زيادة واضحة للعجز خلال أشهر فصل الصيف لاسيما في مدينة غدامس في جنوب منطقة الدراسة، والتي بلغ فيها العجز المائي أقصى مستوياته بقيمة تقدر بحوالي (-457 ملم) خلال شهر يوليو، بينما بلغت أدنى درجات العجز حوالي (-7.9 ملم) خلال شهر يناير في مدينة غريان الجبلية حيث تقارب معدلات كلاً من الأمطار والتبخر، ومن ناحية أخرى لم تظهر سوى فروقات بسيطة بين مقادير العجز المائي صيفاً وشتاءً في المناطق الساحلية كنتيجة لتأثير البحر. علاوة على ذلك، فإن خريطة التباين المكاني (شكل 4) تشير إلى أن شدة العجز المائي في منطقة الدراسة بصفة عامة؛ تندرج من الشمال إلى الجنوب والجنوب الغربي.

لحساب الموازنة المائية في المحطات محل الدراسة، تمت الموازنة عن طريق إيجاد الفارق بين كميات الأمطار ومعدلات التبخر المحتمل (Potential Evaporation)، المحسوب لكل شهر على حده، حتى يتسنى معرفة مقادير الفائض أو العجز المائي.

3.8.1. الموازنة المائية المناخية بتطبيق معادلة إيفانوف

من خلال الجدولين رقم (7-أ، 7-ب)؛ نلاحظ أن كل معدلات الموازنة المحسوبة باستخدام معادلة إيفانوف تظهر بقيم سالبة، ومن ثم فهي تشير إلى وجود عجز مائي كلي في منطقة الدراسة لكنه متباين مكانياً وزمانياً حسب الظروف الجوية، ويترجم ذلك الشكل رقم (2) حيث يشير شكل المنحنيات

جدول (7-أ) الموازنة المائية في محطات زوارة، مصراتة، ومطاررابلس اعتماداً على معادلة إيفانوف (ملم)

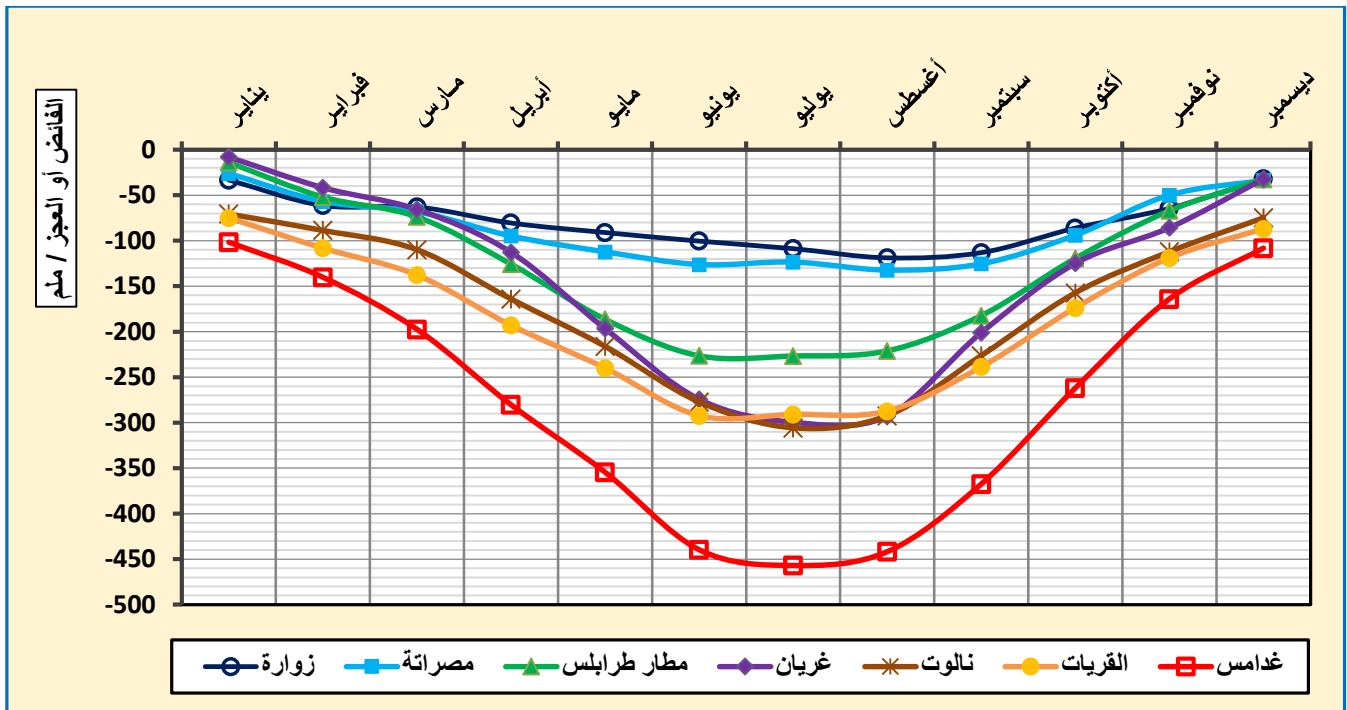
المحطات الشهور	زوارة			مصراتة			مطاررابلس		
	كمية المطر	الفاقد المائي	الفائض أو العجز	كمية المطر	الفاقد المائي	الفائض أو العجز	كمية المطر	الفاقد المائي	الفائض أو العجز
1	40.1	73.4	33.3-	53.7	879.	26.1-	56.5	570.	14-
2	23.9	285.	61.3-	28.7	85.7	57-	33.9	85.8	51.9-
3	18.9	81.9	63-	24.1	392.	68.2-	28.9	6102.	73.7-
4	11	91.5	80.5-	10.2	105.1	94.9-	15.1	140.7	126-
5	5.9	996.	91-	3.6	9115.	112-	5.6	191.9	186-
6	0.6	101.0	100-	1.2	127.5	126-	0.5	226.9	226-
7	0.1	8108.	109-	0	123.6	124-	0.1	226.7	227-
8	1.1	119.9	119-	01	133.4	132-	0.2	221.2	221-
9	12	1125.	113-	12	5137.	126-	9.1	3191.	182-
10	32	1118.	86.1-	33	127.0	94-	33	152.4	119-
11	42	5106.	64.5-	57	107.0	50-	41.3	108.3	67-
12	49	81.0	32-	58	791.	33.7-	48.4	980.	32.5-
المجموع	236.6	1891	952-	282.5	71326.	1044-	272.6	1799.2	1527-

المصدر: عمل الباحث من بناءً على الجدولين (3، 5).

جدول (7 - ب) الموازنة المائية في محطات غريان ، نالوت ، القريات و غدامس اعتماداً على معادلة إيفانوف (ملم)

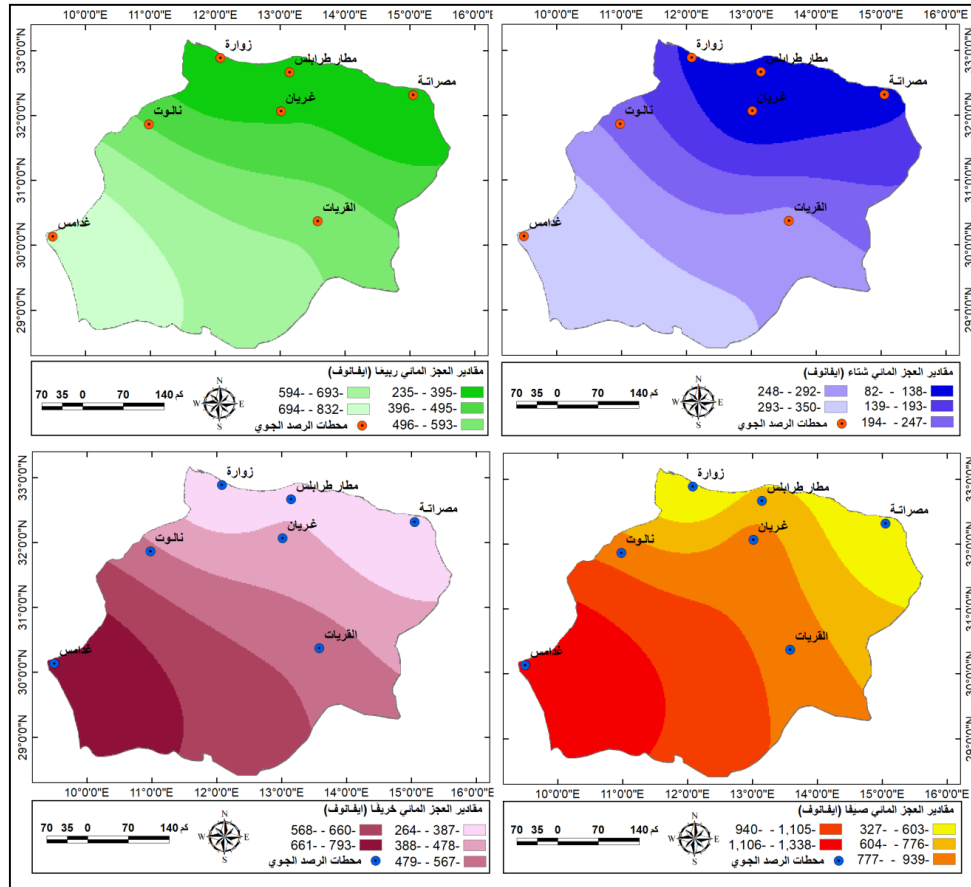
المحطات الشهور	غريان			نالوت			القريات			غدامس		
	كمية المطر	الفاقد المائي	الفاض أو العجز	كمية المطر	الفاقد المائي	الفاض أو العجز	كمية المطر	الفاقد المائي	الفاض أو العجز	كمية المطر	الفاقد المائي	الفاض أو العجز
1	63.7	71.6	7.9-	16.7	87.3	70.6-	10	84.9	74.9-	7	108.8	102-
2	47.1	88.7	41.6-	20.5	109.1	88.6-	4.3	112.5	108-	6	146.3	140-
3	41.9	107.4	5.5-	27.8	137.6	110-	7.4	145.2	138-	7	204.5	198-
4	33.4	146.	113-	14	178.0	164-	3	195.9	193-	3.1	283.5	280-
5	11.3	207.8	197-	13.6	229.7	216-	5	245.0	240-	2.2	356.7	355-
6	2.6	276.8	274-	2.1	279.3	277-	1	293.4	292-	0.4	440.1	440-
7	0.2	299.6	299-	0.1	305.8	306-	0.3	291.3	291-	0	457.0	457-
8	0.8	293.5	293-	0.2	292.6	292-	0.2	287.6	287-	0.3	442.2	442-
9	14.3	215.2	201-	6	232.3	226-	3.6	242.3	239-	1.9	369.4	368-
10	29	153.8	125-	21	178.3	157-	9	182.8	174-	3	265.1	262-
11	27.9	113.5	85.6-	14.2	126.3	112-	7	125.9	119-	2	166.2	164-
12	42.8	75.0	32.2-	19	93.8	74.8-	6	92.9	86.9-	4.4	112.7	108-
المجموع	315	2049	1734-	155.2	2250	2095-	56.8	2455	2398-	37.3	3353	3316-

المصدر: عمل الباحث من بناءً على الجدولين (3، 5).



المصدر: اعداد الباحث اعتماداً على بيانات الجداول (7 - أ و 7 - ب).

شكل (2) الميزانية المائية حسب معادلة إيفانوف في منطقة الدراسة



المصدر: اعداد الباحث اعتمادًا على بيانات الجداول (7، 8، 7).

شكل (3) التباين المكاني والزمني للموازنة المائية المناخية حسب معادلة إيفانوف

كافة أجزاء منطقة الدراسة بما فيها مدينة غريان التي بلغ العجز المائي فيها (-) 127.7 ملم) في شهر أغسطس. ومن خلال ما سبق يلاحظ أن العجز المائي بلغ ذروته في فصل الصيف مع وجود فوارق مكانية نتيجة لتأثير عدة عوامل جغرافية محلية في كميات الأمطار ودرجات الحرارة، وباستثناء مدينة غريان فإن العجز المائي في منطقة الدراسة يزداد شدة كلما اتجهنا ناحية الجنوب والجنوب الغربي، (شكل 5).

2.3.8. الموازنة المائية المناخية بتطبيق معادلة خوسلا:

كشفت نتائج الموازنة المائية بالاعتماد على معادلة خوسلا عن وجود عجز مائي شبه كلي في المنطقة محل الدراسة. ومن خلال الجدولين (8 - أ، 8 - ب) يتبين وجود عجز مائي بكميات متفاوتة في كل المحطات المدروسة باستثناء محطة غريان حيث سجلت فائضًا مائيًا خلال شهر يناير قليلاً بلغت كميته حوالي (22 ملم)، في حين سجلت محطة غدامس أعلى مقادير العجز المائي بقيمة (-155 ملم) خلال شهر يوليو. ومن ناحية أخرى يوضح (الشكل 4) اختلاف نمط التوزيع الزمني للعجز المائي؛ حيث يدل الشكل المقعر للمنحنيات على بلوغ العجز المائي أقصى معدلاته خلال فصل الصيف في

جدول (8 - أ) الموازنة المائية في محطات زوارة، مصراتة، ومطار طرابلس اعتمادًا على معادلة خوسلا (ملم)

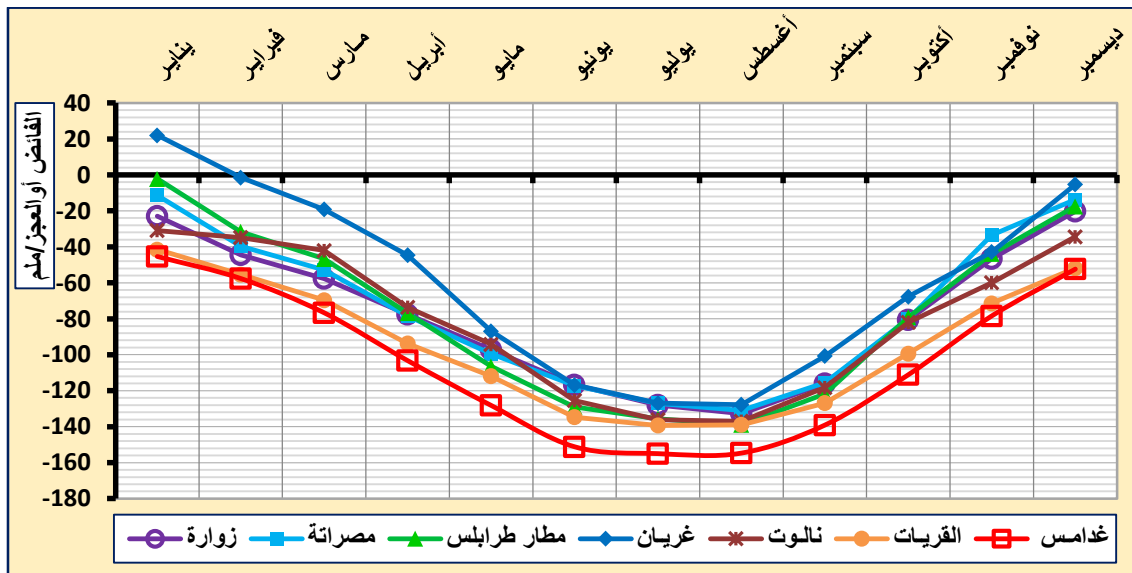
المحطات	مطار طرابلس			مصراتة		زوارة			الشهور
	الفائض أو العجز	الفاقد المائي	كمية المطر	الفائض أو العجز	الفاقد المائي	كمية المطر	الفائض أو العجز	الفاقد المائي	
1	2.2-	58.7	56.5	11.3-	65.0	53.7	22.9-	63.0	40.1
2	31.6-	65.5	33.9	39.6-	68.3	28.7	44.4-	68.3	23.9
3	46.7-	75.6	28.9	52.9-	77.0	24.1	57.6-	76.5	18.9
4	76.8-	91.9	15.1	78.4-	88.6	10.2	77.6-	88.6	11
5	106.5-	112.1	5.6	99.4-	103.0	3.6	97.1-	103.0	5.9
6	129-	129.5	0.5	117.1-	118.3	1.2	116.8-	117.4	0.6
7	135.6-	135.7	0.1	127-	127.0	00	127.9-	128.0	0.1
8	138.9-	139.1	0.2	130.9-	131.9	1	132.7-	133.8	1.1
9	121.8-	130.9	9.1	115.5-	127.5	12	116-	128.0	12
10	79.1-	112.1	33	80-	113.0	33	80.6-	112.6	32
11	43.9-	85.2	41.3	33.5-	90.5	57	46.6-	88.6	42
12	17.5-	65.9	48.4	13.7-	71.7	58	20.3-	69.3	49
المجموع	929.4-	1202.1	272.6	899.5-	1182.0	282.5	940.4-	1177.1	236.6

المصدر: عمل الباحث من بناءً على نتائج معادلة خوسلا.

جدول (8-ب) الموازنة المائية في محطات غريان ، نالوت ، القريات و غدامس اعتمادًا على معادلة خوسلا (ملم)

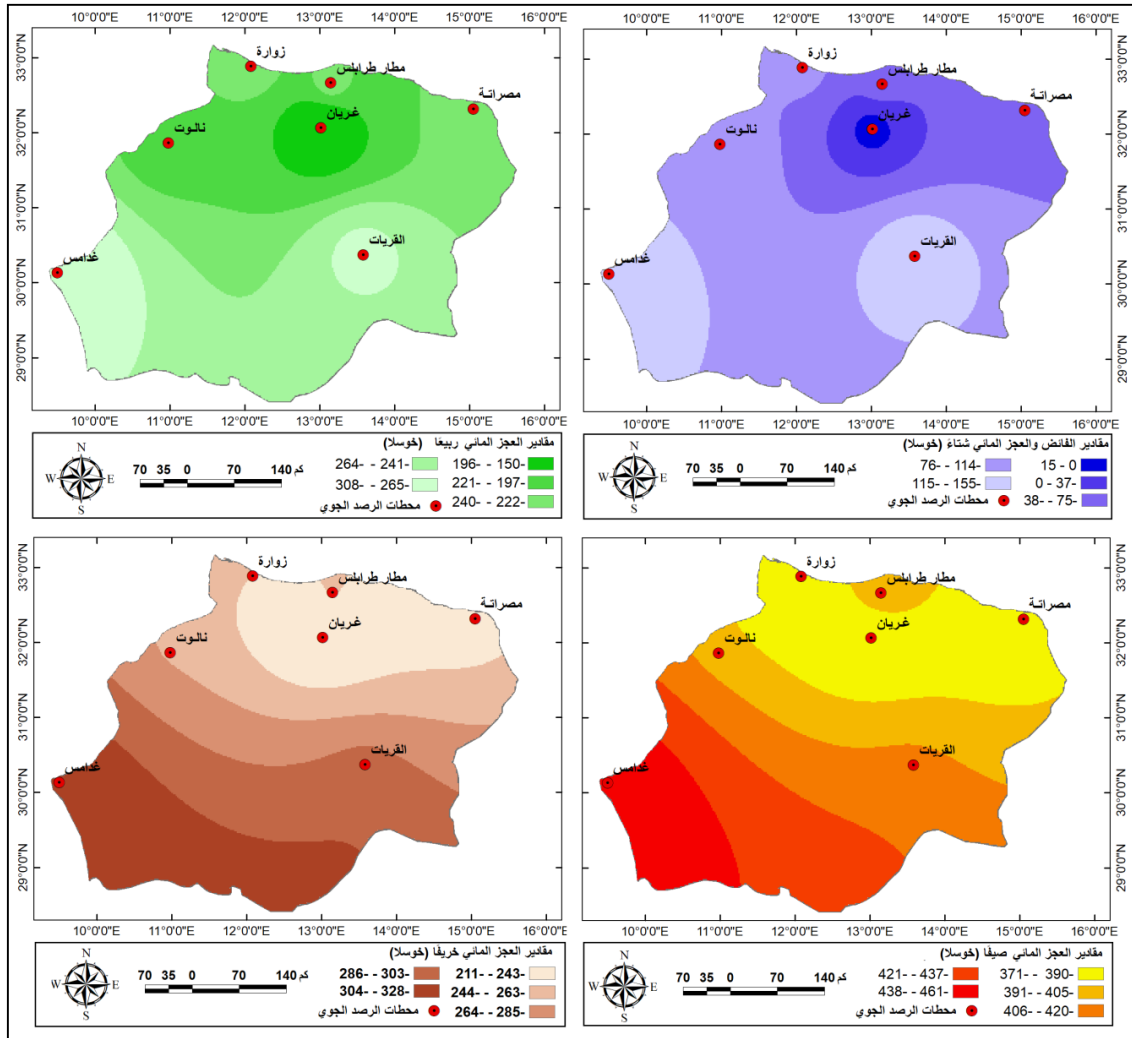
المحطات الشهور	غريان			القريات			نالوت			غدامس		
	كمية المطر	الفاقد المائي	الفاض أو العجز	كمية المطر	الفاقد المائي	الفاض أو العجز	كمية المطر	الفاقد المائي	الفاض أو العجز	كمية المطر	الفاقد المائي	الفاض أو العجز
1	63.7	41.7	22	51.5	41.5	10	47.6	30.9	16.7	52.4	45.4	7
2	47.1	48.6	1.5	59.7	55.4	4.3	55.3	34.8	20.5	63.64	57.64	6
3	41.9	61.1	19.2	77	69.6	7.4	69.8	42	27.8	83.7	76.7	7
4	33.4	78	44.6	96.7	93.7	3	87.6	73.6	14	106.4	103.3	3.1
5	11.3	98.2	86.9	116.9	111.9	5	107.8	94.2	13.6	130.4	128.2	2.2
6	2.6	119.4	116.8	135.7	134.7	1	127.5	125.4	2.1	151.6	151.2	0.4
7	0.2	127.1	126.9	139.6	139.3	0.3	136.2	136.1	0.1	155	155	0
8	0.8	128.5	127.7	139.1	138.9	0.2	137.2	137	0.2	155	154.7	0.3
9	14.3	115	100.7	130.4	126.8	3.6	124.2	118.2	6	141	139.1	1.9
10	29	96.7	67.7	108.3	99.3	9	103	82	21	114.1	111.1	3
11	27.9	70.7	42.8	78.4	71.4	7	74.1	59.9	14.2	80.4	78.4	2
12	42.8	48.1	5.3	57.8	51.8	6	53.4	34.4	19	56.8	52.4	4.4
المجموع	315	1033	718	1191	1134	56.8	1124	968.8	155.2	1290	1253	37.3

المصدر: عمل الباحث من بناءً على نتائج معادلة خوسلا.



المصدر: اعداد الباحث اعتمادًا على بيانات الجدول (8-أ أو 8-ب).

شكل (4) الميزانية المائية حسب معادلة خوسلا في منطقة الدراسة



المصدر: اعداد الباحث اعتماداً على بيانات الجداول (8-أ، 8-ب).

شكل (5) التباين المكاني والزمني للموازنة المائية المناخية حسب معادلة خوسلا

الهدر، والاستفادة منها في تغذية المخزون الجوفي، وفي مشروعات التنمية الزراعية.

[3]- الحث على ترشيد استهلاك المياه الجوفية للحفاظ على منسوبها لاسيما أن المنطقة تتسم بضعف التغذية الطبيعية، نتيجة لقلّة معدلات الامطار وارتفاع معدلات التبخر.

10. المراجع

- [1]- إبراهيم، عمر صباح؛ صالح، صبار عبد الله؛ و علي، نوفل حسن (2012). استخدام الموازنة المائية المناخية لتقييم واقع تغذية المياه الجوفية في حوض بيجي- تكريت/ شمال غرب العراق. مجلة جامعة كركوك- الدراسات العلمية، مجلد 7. العدد 1. 81-107.
- [2]- إبراهيم، محمود سعد (2010) اتجاهات التغير في كميات الأمطار وأثرها في التصحر في شرق الجبل الأخضر. مجلة المختار. جامعة عمر المختار. العدد 10.
- [3]- أبو العينين، حسن سيد (1982) الجغرافيا المناخية. الإسكندرية: الدار الجامعية. ص 348.
- [4]- إسماعيل، أنور فتح الله؛ وهابيل، أحمد يوسف (2018) الموازنة المائية للتربة في الجبل الأخضر. المجلة الليبية العالمية. العدد 41. 1-27.

9. الخاتمة

تناولت الدراسة تقدير الميزانية المائية المناخية في شمال غرب ليبيا، وتم ذلك من خلال احتساب الفرق بين الفاقد المائي و معدلات الأمطار في المنطقة بتطبيق معادلتى إيفانوف وخوسلا. كما تم استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية لتوضيح الأماكن التي تعاني من العجز المائي أكثر من غيرها. وفي هذا الصدد كشفت الدراسة عن وجود فائض مائي محدود مكانياً وزمانياً يتمثل في منطقة غريان خلال فصل الشتاء فقط، بينما يسيطر عجز مائي شبه كلي على معظم أجزاء منطقة الدراسة، وتزداد شدته بالاتجاه جنوباً - نتيجة لزيادة معدلات التبخر وانخفاض معدلات الهطول - حتى يبلغ أقصى معدلاته في مدينة غدامس ذات المناخ الصحراوي في أقصى جنوب منطقة الدراسة. وتجدر الإشارة إلى أن هذا العجز المائي ناجم عن الظروف المناخية ذات الطابع شبه الجاف والجاف التي تسيطر على المنطقة بحكم موقعها الجغرافي والفلكي.

وبناءً على ما سبق فإن الدراسة توصي بما يلي:

- [1]- الاهتمام بالموارد المائية وإدارتها؛ كونها تعد أهم المقومات الطبيعية التي تركز عليها الأنشطة البشرية التنموية المختلفة.
- [2]- الاهتمام بتقنيات حصاد المياه عن طريق إنشاء السدود في الأودية الموسمية وإنشاء الصهاريج؛ من أجل الحفاظ على مياه الأمطار من

- [5]- الجالي، جمعة أرحومة جمعة؛ و سليمان، محمود محمد محمود (2022) تأثير المناخ على الموازنة المائية في شمال شرق ليبيا. لبحث مقدم للمؤتمر الجغرافي السادس عشر. قسم الجغرافيا بكلية الآداب. جامعة طبرق.
- [6]- الزيدي، شاكرا عبد عايد(2019) تقدير العجز المائي باستخدام معامل الجفاف والتبخير في محافظة ذي قار للمدة (1981/980) . (2016/2017) دراسة في المناخ التطبيقي. مجلة كلية التربية جامعة واسط. العدد 37. 462-439.
- [7]- العنانزة، علي (1996) الموازنة المائية بناءً على معدلات الأمطار وكميات التبخر والنتح المحتملة في حوض وادي الكرك. مؤتمراً للبحوث والدراسات. المجلد 11. العدد 5. 169-149.
- [8]- الفهداوي، وسام عباس؛ والفهداوي، اسماعيل عباس (2018) الموازنة المائية المناخية ودورها في تقانة حصاد المياه في حوض نهر شلير. حوليات آداب عين شمس. المجلد 46. 272-256.
- [9]- المالكي، عبدالله سالم؛ وديري، عبد الامام نصار (2005) تقدير الموازنة المائية المناخية في العراق – دراسة في المناخ التطبيقي. مجلة آداب البصرة. العدد 38. 191-171.
- [10]- بقص، نجم الدين فرج علي (2015) مناخ شمال غربي ليبيا- دراسة في الجغرافيا المناخية. رسالة دكتوراه غير منشورة. قسم الجغرافيا. جامعة عين شمس.
- [11]- جاسم، هنوده احمد (2022) تباين الموازنة المائية المناخية حسب نماذج التبدل المناخي في العراق باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. رسالة ماجستير. قسم الجغرافيا. جامعة سامراء.
- [12]- حنبلة، حسن احمد (2019) الموازنة المائية المناخية لحوض تعز. مجلة جامعة عدن للعلوم الطبيعية والتطبيقية. المجلد الثالث والعشرون. العدد 1. 85-77.
- [13]- والطن، كينث (1976) الأراضي الجافة (ترجمة: شاهين، علي عبد الوهاب) الإسكندرية: منشأة المعارف. ص 26.