Comprehensive Journal of Science
Volume (11), Issue (42), (Sapt, 2026)
ISSN: 3104-6266

مجلة العلوم الشاملة
المجلد (11) العدد 42 سبتمبر 2026
ردمد: 3104-6266

التباين المكاني والزماني للتساقطات المطرية وأثره في تشكيل الشبكة الهيدروغرافية
دراسة تحليلية لأودية وعيون شمال غرب ليبيا

سعاد العجيلي عبدالله سويسي
قسم الجغرافيا . كليةالتربية الزهراء / جامعة الجفارة
suad.sweisi@aju.edu.ly
https://orcid.org/0009-0001-0192-477X

Spatial and Temporal Variability of Rainfall and Its Impact on the Formation of the Hydrographic Network:
An Analytical Study of Wadis and Springs in Northwestern Libya

Souad Al-Ajili Abdullah Sweisi
Department of Geography, Al-Zahra College of Education, University of Al-Jifara

تاريخ الاستلام: 2026/08/11 –تاريخ المراجعة:2026/08/25– تاريخ القبول: 2026/09/21– تاريخ للنشر : 27/9/ 2026

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل التباين المكاني والزماني للتساقطات المطرية في شمال غرب ليبيا، وبيان أثره في تشكيل الشبكة الهيدروغرافية المتمثلة في الأودية والعيون. وتعتمد الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، مع توظيف التحليل الكارتوجرافي والإحصائي لبيانات محطات الأرصاد الجوية والبيانات الهيدرولوجية المتاحة. وتغطي الدراسة زمنيًا الفترة من 1979م إلى 2023م، بينما تنحصر موضوعيًا في تحليل العلاقة بين التساقطات المطرية وخصائص الشبكة الهيدروغرافية، مع اعتبار التضاريس والجيولوجيا ونفاذية التربة عوامل وسيطة في هذه العلاقة.

وتشير النتائج الأولية إلى وجود تباين مكاني واضح في الأمطار؛ إذ ترتفع المعدلات في نطاق الساحل والمرتفعات الشمالية للجبل الغربي، ولا سيما في غريان وطرابلس، ثم تتناقص باتجاه الجنوب والجنوب الغربي وصولًا إلى نالوت وغدامس. كما يتركز الهطول في فصلي الخريف والشتاء، وهو ما ينعكس في زيادة جريان الأودية خلال هذه الفترة وارتفاع احتمالية السيول المفاجئة في الأحواض ذات الانحدار الكبير ونفاذية التربة المحدودة. وتبين الدراسة أن تقنيات حصاد المياه التقليدية والحديثة تمثل خيارًا مهمًا لتقليل الفاقد المائي وتعزيز التغذية الجوفية والحد من أخطار السيول.

الكلمات المفتاحية :التباين المكاني، التباين الزماني، التساقطات المطرية، الشبكة الهيدروغرافية، الأودية، العيون، حصاد المياه، شمال غرب ليبيا.

Abstract

This study aims to analyze the spatial and temporal variability of rainfall in northwestern Libya and to demonstrate its role in shaping the hydrographic network, represented by wadis and springs. The study adopts a descriptive-analytical approach, employing cartographic and statistical analysis of data from meteorological stations and available hydrological data. Temporally, the study covers the period from 1979 to 2023, while thematically it is confined to analyzing the relationship between rainfall and the characteristics of the hydrographic network, considering topography, geology, and soil permeability as mediating factors in this relationship.

The preliminary findings indicate a clear spatial variation in rainfall: rates are higher along the coast and in the northern highlands of the Western Mountain (Jabal al-Gharbi), particularly in Gharyan and Tripoli, then decrease toward the south and southwest, reaching Nalut and Ghadames. Precipitation is also concentrated in the autumn and winter seasons, which is reflected in increased wadi flow during this period and a higher probability of flash floods in basins with steep slopes and limited soil permeability. The study shows that both

traditional and modern water-harvesting techniques represent an important option for reducing water loss, enhancing groundwater recharge, and mitigating flood hazards.

Keywords: spatial variability, temporal variability, rainfall, hydrographic network, wadis, springs, water harvesting, northwestern Libya.

المقدمة

تمثل المياه أساسًا لاستمرار الحياة والأنشطة الاقتصادية والتنمية المكانية، ولا سيما في البيئات الجافة وشبه الجافة التي تتسم بمحدودية الموارد المائية السطحية وتذبذب إمداداتها. وتعد التساقطات المطرية المدخل الرئيس للدورة الهيدرولوجية؛ إذ تسهم في تغذية المجاري السطحية والخزانات الجوفية، كما تؤثر في عمليات التجوية والتعرية والنقل والترسيب، ومن ثم في تشكيل الأشكال الأرضية وأنماط الشبكة الهيدروغرافية.

وتتباين فاعلية الأمطار هيدرولوجيًا من مكان إلى آخر وفقًا لعدة عوامل، أهمها كمية الهطول وشدته وتوزيعه الزماني، وخصائص الحوض المائي، والانحدار، والغطاء النباتي، ونوع التربة والصخور، ومدى نفاذيتها. فالأمطار التي تسقط على أحواض ذات انحدارات مرتفعة وصخور قليلة النفاذية تؤدي غالبًا إلى زيادة الجريان السطحي وتشكّل السيول، في حين أن سقوطها فوق تكوينات منفذة وتربة عميقة يسهم بدرجة أكبر في إعادة تغذية المياه الجوفية وظهور العيون والينابيع.

وتتميز منطقة شمال غرب ليبيا بوقوعها ضمن نطاق انتقالي بين مناخ البحر المتوسط في الشمال والمناخ الصحراوي الجاف في الجنوب. لذلك تتباين كميات الأمطار فيها بصورة واضحة من الساحل إلى الداخل، ومن المرتفعات الجبلية إلى الأحواض الداخلية، كما تتصف الأمطار بعدم الانتظام بين السنوات والفصول. وقد أكدت دراسات عن إقليم الجبل الغربي أن تذبذب الأمطار المكاني والزماني، وتأخر بدايات الموسم المطري، وتكرر فترات الجفاف، عوامل مؤثرة في البيئة الطبيعية وتدهور الغطاء النباتي والتربة (سعد، 2025) .

ولا تنعكس كميات الأمطار في شمال غرب ليبيا في موارد سطحية دائمة الجريان، بل تتجسد غالبًا في أودية موسمية أو متقطعة الجريان، تتنشط عقب العواصف المطرية أو خلال الموسم الرطب. وتكتسب دراسة هذه الأودية والعيون أهمية خاصة لأنها تمثل عناصر رئيسة في تغذية المياه الجوفية، وفي توجيه الاستيطان الريفي والزراعة البعلية والمروية، وفي تحديد المواقع الملائمة لمنشآت حصاد المياه والسدود الصغيرة والخزانات الأرضية.

ومن هنا تأتي هذه الدراسة لتحليل العلاقة بين التباين المكاني والزماني للتساقطات المطرية وبين تشكّل الشبكة الهيدروغرافية في شمال غرب ليبيا، مع التركيز على دور التضاريس والجيولوجيا بوصفهما عاملين وسيطين يحددان نسبة الجريان السطحي إلى التسرب الجوفي، ويؤثران بالتالي في كثافة الأودية وتوزيع العيون.

مشكلة الدراسة

تتمثل مشكلة الدراسة في أن شمال غرب ليبيا يُعدّ من أكثر الأقاليم الليبية استقبالًا للتساقطات المطرية نسبيًا، إلا أن موارده المائية السطحية تتسم بالموسمية وعدم الاستقرار، وتتعرض نسبة معتبرة من مياه الأمطار للفقد بالتبخر أو بالجريان السريع نحو البحر أو الأحواض الداخلية. كما أن العلاقة بين كميات الأمطار وتوزيع الأودية والعيون ليست علاقة مباشرة دائمًا، إذ تتدخل فيها خصائص التضاريس والتكوينات الجيولوجية والتربة والغطاء النباتي.

وعليه، تتمحور المشكلة البحثية حول التساؤل الرئيس الآتي:

ما أثر التباين المكاني والزماني للتساقطات المطرية في تشكيل الشبكة الهيدروغرافية، ممثلةً في الأودية والعيون، في شمال غرب ليبيا؟

ويتفرع عن ذلك التساؤلات الآتية:

1. ما نمط التباين المكاني لكميات الأمطار بين الساحل والمرتفعات الجبلية والداخل الصحراوي؟
2. ما الخصائص الزمنية للأمطار من حيث التوزيع السنوي والفصلي والشهري؟
3. ما العلاقة بين كثافة الأمطار وكثافة الأودية واتجاهاتها وأنماط صرفها؟

4. إلى أي مدى يتوافق جريان الأودية وتدفق العيون مع موسم سقوط الأمطار؟
5. ما دور التضاريس والجيولوجيا ونفاذية التربة في تعديل العلاقة بين المطر والشبكة الهيدروغرافية؟
6. ما التقنيات الملائمة لحصاد مياه الأمطار وتخزينها في الأحواض المائية بالإقليم؟

فرضيات الدراسة

1. يوجد تباين مكاني واضح في كميات التساقطات المطرية في شمال غرب ليبيا، إذ تتناقص الأمطار تدريجيًا من الساحل والمرتفعات الشمالية نحو الجنوب والجنوب الغربي.
2. تتركز معظم كميات الأمطار في فصلي الخريف والشتاء، ويصاحب ذلك ارتفاع في الجريان السطحي ونشاط الأودية الموسمية.
3. توجد علاقة طردية بين المعدلات المطرية وكثافة الشبكة الهيدروغرافية، مع اختلاف درجة هذه العلاقة حسب خصائص الحوض والتضاريس والتكوينات الصخرية.
4. تتأثر إنتاجية العيون واستمرارية تدفقها بمقدار التغذية الجوفية الناتجة عن تسرب مياه الأمطار في التكوينات المنفذة.
5. تسهم تقنيات حصاد مياه الأمطار التقليدية والحديثة في تقليل فاقد المياه، وزيادة الاستفادة من الجريان السطحي، والحد من انجراف التربة والسيول.

أهداف الدراسة

1. تحليل التباين المكاني والزماني للتساقطات المطرية في شمال غرب ليبيا.
2. تحديد المناطق ذات المعدلات المطرية المرتفعة والمتوسطة والمنخفضة.
3. دراسة خصائص الأودية والعيون وتوزيعها وأنماط صرفها.
4. تحليل العلاقة بين المطر وكثافة الأودية ومواسم جريانها.
5. بيان دور العوامل التضاريسية والجيولوجية والتربوية في تشكيل الشبكة الهيدروغرافية.
6. تقييم تقنيات حصاد مياه الأمطار وتخزينها واقتراح سبل تطويرها.

أهمية الدراسة

تنبع أهمية الدراسة من جانبين متكاملين:

الأهمية العلمية :تسهم الدراسة في تطوير المعرفة الجغرافية والهيدرولوجية المتعلقة بالبيئات الجافة وشبه الجافة، وتربط بين المناخ والتضاريس والجيولوجيا والهيدرولوجيا في إطار تحليلي متكامل.

الأهمية التطبيقية :توفر الدراسة أساسًا يمكن أن يُستفاد منه في تخطيط منشآت حصاد المياه والسدود الصغيرة والخزانات الأرضية، وحماية مناطق تغذية المياه الجوفية، والحد من أخطار الفيضانات والانجراف، ودعم الزراعة البعلية والزراعة التكاملية في الإقليم.

حدود الدراسة

الحدود المكانية

تقتصر الدراسة على شمال غرب ليبيا، الممتد من الحدود الليبية–التونسية والليبية–الجزائرية غربًا إلى مدينة سرت شرقًا، ومن ساحل البحر المتوسط شمالًا إلى مقدمة الجبل الغربي والأحواض الداخلية المرتبطة به جنوبًا.

ويمتد الإقليم فلكيًا بين دائرتي عرض ′00°30و′10°33 شمالًا، وخطي طول ′27°9و′35°16 شرقًا .ويُستبعد من الدراسة إقليم فزان ومدن الجنوب البعيد مثل سبها وهون؛ لأنها تقع خارج حدود شمال غرب ليبيا.

الحدود الزمانية

تعتمد الدراسة على بيانات مناخية وهيدرولوجية تغطي الفترة من عام 1979م حتى عام 2023م، بما يضمن تمثيلًا كافيًا للتقلبات المناخية.

الحدود الموضوعية

يتركّز البحث على التحليل الجغرافي للعلاقة بين التساقطات المطرية وتشكُّل الشبكة الهيدروغرافية، مع الإشارة إلى العوامل التضاريسية والجيولوجية بوصفها عوامل وسيطة.

منهج الدراسة

تعتمد الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، من خلال وصف التوزيع الجغرافي للتساقطات المطرية وخصائصها الموسمية، ثم تحليل علاقتها بالشبكة الهيدروغرافية. ويُستعان بنظم المعلومات الجغرافية لإنتاج خرائط المواقع، وخطوط تساوي المطر، وكثافة الأودية، ومواقع العيون، كما تستخدم معاملات الارتباط والانحدار البسيط لقياس العلاقة بين معدلات الأمطار وكثافة التصريف.

وتستند الدراسة إلى ثلاثة أنواع من البيانات:

1. بيانات الأمطار الشهرية والسنوية لمحطات الأرصاد الجوية.
2. بيانات الأودية والعيون والجريان السطحي من تقارير الهيئة العامة للمياه.
3. الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية والمرئيات الفضائية لتحديد اتجاهات الأودية والانحدارات ومناطق التغذية.

الدراسات السابقة

تُظهر مراجعة الأدبيات والدراسات السابقة أن موضوع الأمطار والموارد المائية والجفاف وحصاد مياه الأمطار في شمال غرب ليبيا قد حظي باهتمام علمي متزايد، إلا أن معظم الدراسات تناولت هذه الموضوعات من زوايا جزئية أو ضمن نطاقات مكانية محدودة. ومن ثم، فإن تحليل هذه الدراسات لا يهدف إلى عرض نتائجها فحسب، بل إلى بيان موقع الدراسة الحالية بينها، وتحديد أوجه الإفادة منها، والكشف عن الفجوة العلمية التي تسعى الدراسة إلى معالجتها.

تناولت دراسة سعد (2025) خصائص الأمطار في إقليم الجبل الغربي وأثرها في البيئة والتصحر، وركزت على تحليل التباين المكاني والزماني للهطول، وعلى أثر فترات الجفاف وتذبذب كمية الأمطار وتأخر بداية الموسم المطري وانتهائه المبكر في تدهور الغطاء النباتي والتربة وزيادة قابلية المنطقة للتصحر. وقد بينت الدراسة أن أهمية الأمطار لا ترتبط بكمية الهطول السنوية وحدها، وإنما تتأثر أيضًا بانتظامها الزمني، ومدى تركزها في أيام محدودة، وشدة السقوط، وطول الفترات الجافة الفاصلة بين المواسم المطرية (سعد، 2025). وتكتسب هذه الدراسة أهمية كبيرة بالنسبة للبحث الحالي لأنها تؤكد حساسية إقليم الجبل الغربي للتذبذب المطري، وتوفر خلفية تفسيرية للعلاقة بين الأمطار والعمليات البيئية السطحية. ومع ذلك، يلاحظ أن دراسة سعد ركزت أساسًا على أثر خصائص الأمطار في التصحر وتدهور الأراضي، ولم تتناول بصورة مباشرة ومفصلة أثر هذا التباين في تشكل الشبكة الهيدروغرافية، من حيث كثافة الأودية واتجاهاتها وأنماط صرفها، أو أثره في تغذية العيون والينابيع. ومن هنا تستفيد الدراسة الحالية من نتائجها في تفسير أثر عدم انتظام الأمطار في البيئة، لكنها تتجاوزها بتحليل العلاقة بين المطر والأودية والعيون، وربط ذلك بالانحدار والتكوينات الجيولوجية ونفاذية التربة، بوصفها عوامل تتحكم في نسبة الجريان السطحي إلى التسرب الجوفي.

أما دراسة أحمد والصغير (2024)، فقد تناولت التحليل الجغرافي لحصاد مياه الأمطار في إقليم غريان، وركزت على إمكانات الاستفادة من مياه الهطول والجريان السطحي في مواجهة العجز المائي ودعم النشاط الزراعي. وانطلقت الدراسة من أن منطقة غريان تمتلك خصائص طبوغرافية ومناخية تؤهلها لتطبيق تقنيات حصاد مياه الأمطار، حيث تتوفر المرتفعات والمنحدرات والأودية التي يمكن توجيه جريانها نحو السدود والخزانات والمنشآت التخزينية المختلفة. كما أكدت الدراسة أن جزءًا كبيرًا من مياه الأمطار يُفقد بسبب التبخر أو الجريان السطحي السريع، وأن استثماره في منشآت الحصاد يمكن أن يسهم في دعم المياه الجوفية والزراعة وتحسين الميزان المائي المحلي (أحمد والصغير، 2024). وتعد

هذه الدراسة الأقرب من حيث الموضوع إلى الدراسة الحالية، لأنها تربط بين المطر والجريان السطحي والاستفادة التطبيقية من المياه. إلا أن نطاقها المكاني اقتصر على إقليم غريان، كما أن اهتمامها الرئيس انصب على تقنيات حصاد مياه الأمطار وإمكانات تطبيقها، دون تحليل شامل للتباين المطري في كامل شمال غرب ليبيا، ودون دراسة تفصيلية للشبكة الهيدروغرافية بمكونيها الرئيسين: الأودية والعيون. لذلك، تضيف الدراسة الحالية بُعدًا إقليميًا أشمل، إذ تمتد من الحدود الغربية إلى مدينة سرت، ومن الساحل إلى الجبل الغربي والأحواض الداخلية، كما تربط بين التباين المطري وأنماط الصرف الخارجي والداخلي، وتوزيع العيون ومواسم تدفقها، وتحديد الأحواض الأكثر ملاءمة لتطبيق تقنيات حصاد المياه.

وفي سياق مختلف، درست خماج والميلودي (2019) الجفاف المناخي في بعض مناطق سهل الجفارة باستخدام مؤشر المطر المعياري SPI، بالاعتماد على سجلات الأمطار السنوية لعدد من المحطات، منها أبوكماش والعسة والزاوية وبئر الغنم ومطار طرابلس وقصر الأخيار. وقد استخدمت الدراسة أدوات إحصائية، مثل المتوسط الحسابي والانحراف المعياري ومعامل الاختلاف، كما وظفت طريقة مقلوب المسافة الموزونة IDWلتقدير البيانات المفقودة وتحليل التباين المكاني للأمطار. وأظهرت نتائجها أن الأمطار تتصف بالتذبذب الكبير بين السنوات والمحطات، وأن الجفاف المعتدل والرطوبة المعتدلة كانا الأكثر شيوعًا خلال فترة الدراسة، كما أشارت إلى وجود فترات جفاف متصلة في بعض المحطات، من أبرزها فترة الجفاف في مطار طرابلس بين عامي 1988 و1994 (خماج والميلودي، 2019). وتبرز قيمة هذه الدراسة في تقديمها أدوات كمية يمكن الإفادة منها في الدراسة الحالية، خاصة مؤشر المطر المعياري، ومعامل الاختلاف، وتقنية IDWلإنتاج خرائط التوزيع المطري وخطوط تساوي المطر. غير أن تركيز الدراسة بقي في حدود تحليل الجفاف المناخي في سهل الجفارة، ولم ينتقل إلى دراسة أثر الجفاف أو الفائض المطري في جريان الأودية أو تغذية العيون أو كثافة الشبكة الهيدروغرافية. ولذلك تستفيد الدراسة الحالية من منهجها الكمي، لكنها تضيف إليه البعد الهيدرولوجي والجيومورفولوجي، من خلال تفسير انعكاس التباين المطري في الجريان السطحي، والسيول، وتوزيع الأودية، والتغذية الجوفية، واستدامة العيون.

ومن خلال ما سبق، يتضح أن الدراسات السابقة قدمت قاعدة معرفية مهمة لفهم خصائص الأمطار والجفاف وحصاد المياه في شمال غرب ليبيا، لكنها لم تجمع بصورة متكاملة بين التباين المكاني والزماني للتساقطات المطرية وبين تشكل الشبكة الهيدروغرافية بأبعادها المختلفة. فدراسة سعد ركزت على التصحر وتدهور البيئة، ودراسة أحمد والصغير ركزت على حصاد مياه الأمطار في غريان، بينما ركزت دراسة خماج والميلودي على الجفاف المناخي في سهل الجفارة. أما الدراسة الحالية فتسعى إلى الربط بين هذه المسارات الثلاثة في إطار جغرافي تحليلي موحد؛ إذ تدرس الأمطار من حيث كميتها وتوزيعها المكاني والزماني، ثم تربطها بكثافة الأودية واتجاهاتها وأنماط تصريفها ومواسم جريانها، وتحلل استجابة العيون للتغذية المطرية، وتفسر دور التضاريس والجيولوجيا والتربة بوصفها عوامل وسيطة. كما تتميز الدراسة باتساع نطاقها المكاني ليشمل شمال غرب ليبيا، وبامتدادها الزماني من 1979م إلى 2023م، وبسعيها إلى توظيف النتائج في اقتراح مواقع مناسبة لحصاد المياه، وحماية مناطق التغذية الجوفية، والحد من مخاطر السيول وانجراف التربة.

المحور الأول
الإطار الطبيعي لمنطقة الدراسة

تمهيد

يمثل الإطار الطبيعي الأساس الذي تتفاعل في نطاقه عناصر المناخ والتضاريس والجيولوجيا والتربة لتشكيل الشبكة الهيدروغرافية في شمال غرب ليبيا. فكمية الأمطار وحدها لا تكفي لتفسير كثافة الأودية أو استدامة العيون؛ إذ إن استجابة الحوض المائي للهطول تتباين وفقًا للارتفاع والانحدار، وطبيعة الصخور، ودرجة نفاذيتها، وسمك التربة، ومدى انتشار الغطاء النباتي. وعليه، يعرض هذا الفصل الموقع الجغرافي والفلكي لمنطقة الدراسة، والخصائص التضاريسية والجيولوجية والتربوية، ثم يبين أثرها الهيدرولوجي في تشكيل الأودية والعيون.

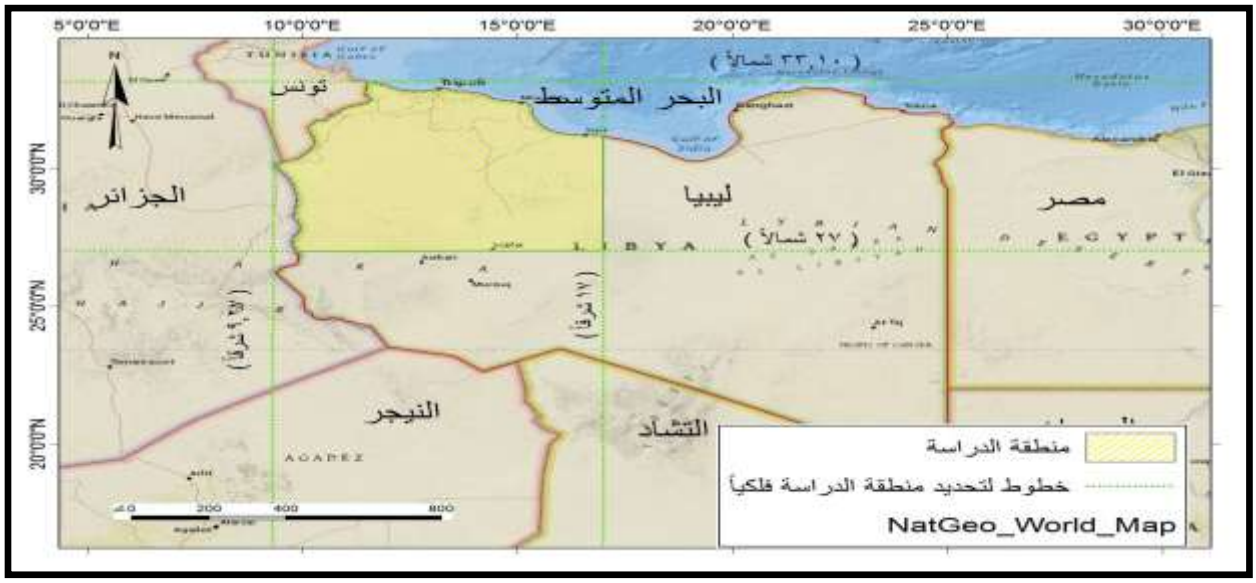
أولًا: الموقع الجغرافي والفلكي لمنطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي الغربي من ليبيا، ضمن نطاق انتقالي يجمع بين التأثيرات المتوسطية الساحلية والخصائص شبه الجافة والصحراوية الداخلية. ويحدها شمالًا البحر المتوسط، وغربًا الحدود الليبية–التونسية والليبية–الجزائرية، بينما يمتد نطاقها شرقًا حتى مدينة سرت، وجنوبًا إلى مقدمة الجبل الغربي والأحواض الداخلية المرتبطة به. ويمنح هذا الموقع الإقليم أهمية جغرافية واقتصادية واضحة؛ لأنه يضمّ السهل الساحلي وسهل الجفارة، والمرتفعات الجبلية، والأحواض الداخلية، ومراكز حضرية وزراعية رئيسة، مثل طرابلس والزاوية وزوارة وغريان ويفرن ونالوت وترهونة والخمس ومصراتة وسرت.

فلكيًا، تمتد منطقة الدراسة بين دائرتي عرض ′00°30و′33°10 شمالًا، وبين خطي طول ′27°9و′16°35 شرقًا. ويعكس هذا الامتداد تدرجًا واضحًا في الظروف المناخية من الشمال إلى الجنوب؛ إذ تتعرض الأجزاء الساحلية والمرتفعة لتأثير المنخفضات الجوية المتوسطية خلال الفصل البارد، ثم يقل هذا التأثير تدريجيًا باتجاه الداخل، حيث تزداد سيطرة الكتل الهوائية المدارية القارية الحارة والجافة. ويؤدي هذا التدرج إلى اختلاف كميات الأمطار ومواسمها وشدتها، ومن ثم إلى تباين خصائص الشبكة الهيدروغرافية في الإقليم.

وتكتسب منطقة الدراسة أهمية خاصة من منظور هيدرولوجي؛ لأنها تمثل مجالًا لالتقاء ثلاثة أنماط مكانية مختلفة: المجال الساحلي الذي يتميز بانخفاض الارتفاع وقربه من البحر، والمجال الجبلي الذي يمثل منطقة استقبال وتغذية مائية مهمة، والمجال الداخلي الذي يتصف بانخفاض الأمطار واتساع الأحواض الداخلية. لذلك لا يمكن تفسير توزيع الأودية والعيون في المنطقة بالاعتماد على المطر وحده، بل يجب النظر إلى الموقع ضمن منظومة طبيعية متكاملة.

خريطة (1) الموقع الفلكي الجغرافي لمنطقة شمال غرب ليبيا



المصدر: عمل الباحثة استناداً إلى الخريطة الطبوغرافية لمنطقة الدراسة، مصلحة المساحة، الأطلس الوطني، طرابلس، ليبيا، 1978، ص 35 – 36.

ثانيًا: التضاريس وأثرها الهيدرولوجي

تتميز منطقة شمال غرب ليبيا بتنوع تضاريسي كبير، رغم وقوعها ضمن نطاق عام يغلب عليه الجفاف وشبه الجفاف. ويمكن تقسيمها إلى ثلاث وحدات تضاريسية رئيسة هي: السهل الساحلي، والمرتفعات الجبلية المتمثلة في الجبل الغربي أو جبل نفوسة، والهضاب الداخلية والأحواض المغلقة. ويؤثر هذا التنوع بصورة مباشرة في كميات الأمطار، وسرعة الجريان السطحي، واتجاه الأودية، ومناطق تجمع المياه، وفرص التغذية الجوفية.

يمتد السهل الساحلي وسهل الجفارة بمحاذاة البحر المتوسط من الحدود التونسية غربًا إلى منطقة الخمس وشرقًا نحو مصراتة وسرت. ويتسم هذا السهل بانخفاض مناسيب سطحه وقلة انحداره النسبي، ويشكل منطقة انتقال بين البحر والمرتفعات الداخلية. وتظهر فيه أودية قصيرة أو متوسطة الطول تنحدر من الجبل الغربي باتجاه الشمال، كما تنتشر به رواسب طمية ورملية حديثة تتفاوت في نفاذيتها. ويؤدي انخفاض الانحدار في هذا السهل إلى إبطاء سرعة الجريان في بعض المواضع، ما يتيح فرصة لترسيب المواد المحمولة وتسرّب جزء من المياه إلى الخزانات الجوفية الضحلة، لكنه قد يؤدي أيضًا إلى تجمع المياه في المنخفضات أو إلى حدوث سيول موضعية عند سقوط أمطار غزيرة خلال مدد زمنية قصيرة.

أما الجبل الغربي أو جبل نفوسة، فيمثل الوحدة التضاريسية الأكثر تأثيرًا في النظام الهيدرولوجي لمنطقة الدراسة. وهو ليس سلسلة جبلية تقليدية بالمعنى الجيومورفولوجي الدقيق، بل يمثل حافة هضبية أو جرفًا انكساريًا بارزًا يطل على سهل الجفارة، وتنتظم عليه مجموعة من الهضاب والمرتفعات والمنحدرات الشمالية والجنوبية. وتشير الدراسات الحديثة إلى أن الجبل الغربي يمثل نطاقًا تضاريسيًا وانتقاليًا مهمًا في شمال غرب ليبيا، ويتميز بارتفاعات تقترب في بعض أجزائه من 900 متر، مع اختلاف واضح في الارتفاعات بين أجزائه الغربية والوسطى والشرقية (Rawafed Almarefa Journal، 2025)

وتعد منطقة غريان من أهم المناطق المرتفعة في الإقليم، ويبلغ ارتفاع محطة غريان المناخية نحو 741مترًا فوق سطح البحر، بينما يبلغ ارتفاع محطة يفرن نحو 691مترًا، ومحطة نالوت نحو 621مترًا .ولا ينبغي الخلط بين ارتفاعات هذه المحطات وأعلى قمة تضاريسية في الجبل الغربي؛ إذ إن أعلى قمة في الجبل الغربي تصل إلى نحو 968مترًا فوق مستوى سطح البحر. ويؤثر الارتفاع في زيادة فرص تكاثف الرطوبة وسقوط الأمطار التضاريسية، ولا سيما على المنحدرات المواجهة للرياح الشمالية والشمالية الغربية الرطبة القادمة من البحر المتوسط.

وتتصف المنحدرات الشمالية للجبل الغربي بشدة انحدارها مقارنة بالمنحدرات الجنوبية، وهو ما يجعلها أكثر قدرة على توليد جريان سطحي سريع عند سقوط الأمطار الغزيرة. وتزداد الطاقة النحتية للمياه في هذه المنحدرات، فتتشكل أودية عميقة وضيقة نسبيًا، مثل وادي المجينين ووادي غان ووادي الهيرة، وتتجه غالبًا نحو سهل الجفارة والبحر المتوسط. أما المنحدرات الجنوبية فتكون أقل انحدارًا نسبيًا، وتميل أوديتها إلى التصريف في اتجاه الأحواض الداخلية أو إلى فقد مياهها بالتسرب والتبخر قبل أن تصل إلى مجارٍ رئيسة.

وتتمثل الوحدة الثالثة في الهضاب الداخلية والأحواض المغلقة الواقعة جنوب الجبل الغربي، والتي تضم مناطق نالوت وجادو والرحيبات وغدامس وبعض الأجزاء الجنوبية من الإقليم. وتتسم هذه المناطق بانخفاض المعدلات المطرية، وبضعف الجريان السطحي المنتظم، واتجاه عدد من الأودية نحو الأحواض الداخلية والمنخفضات والسبخات. وتزداد أهمية هذه الأحواض في تجميع مياه السيول بصورة مؤقتة، لكنها تتعرض غالبًا لخسارة المياه بالتبخر الشديد والتسرب إلى باطن الأرض، خاصة خلال فصل الصيف.

ومن المنظور الهيدرولوجي، يمكن القول إن المرتفعات الجبلية تمثل مناطق توليد الجريان ومناطق التغذية الأولية، بينما تمثل السهول الساحلية والمناطق المنخفضة مناطق عبور وترسيب وتغذية جوفية محتملة، في حين تمثل الأحواض الداخلية مناطق تجميع وفقد للمياه. وبذلك تتحدد كثافة الأودية واتجاهاتها وموسمية جريانها وفقًا للتفاعل بين الارتفاع والانحدار وقرب المنطقة من البحر وطبيعة البنية الجيولوجية.

ثالثًا: البنية الجيولوجية والتكوينات الصخرية

تؤثر البنية الجيولوجية والتكوينات الصخرية في النظام الهيدرولوجي من خلال التحكم في نفاذية المياه، ونسبة التسرب، واتجاه الجريان السطحي، وطبيعة الخزانات الجوفية، ومواقع ظهور العيون والينابيع. وتتميز منطقة شمال غرب ليبيا بانتشار صخور رسوبية تنتمي إلى أعمار جيولوجية متعددة، وتشمل تكوينات كلسية ورملية ومارنية وطينية، إضافة إلى رواسب حديثة في السهل الساحلي والأودية والمنخفضات.

وتؤكد المراجع الهيدروجيولوجية أن ليبيا تتميز بتنوع واضح في الخزانات الجوفية، وأن الصخور الرسوبية تمثل الإطار الرئيس لتخزين المياه الجوفية وحركتها، مع اختلاف كبير في إنتاجية الخزانات بين التكوينات الرملية والكلسية والرواسب الحديثة.(Upton et al., 2018)

وتظهر في نطاق الجبل الغربي تكوينات كلسية ورملية متداخلة، وبعضها يتمتع بدرجة مرتفعة من النفاذية نتيجة وجود الشقوق والفواصل والفوالق. وتسمح هذه الخصائص بتسرب جزء من مياه الأمطار إلى باطن الأرض، ثم تحركها داخل الطبقات الحاملة للمياه حتى تظهر في مواضع معينة على هيئة عيون أو ينابيع، خاصة عندما تتقاطع الطبقات المنفذة مع طبقات أقل نفاذية، أو عندما ينخفض سطح الأرض عن منسوب المياه الجوفية.

وفي المقابل، تؤدي التكوينات الطينية والمارنية قليلة النفاذية إلى تقليل التسرب وزيادة نسبة الجريان السطحي، ما يرفع احتمال حدوث السيول المفاجئة وتشكّل الأودية النشطة خلال مواسم المطر. ولذلك فإن الحوض المائي الذي يجمع بين انحدار قوي وصخور أو تربة منخفضة النفاذية يكون أكثر قابلية لتوليد جريان سريع، في حين أن الحوض الذي تسود فيه الصخور الرملية أو الكلسية المتشققة قد يكون أكثر قابلية للتغذية الجوفية وظهور العيون.

وتبرز أهمية الفوالق والشقوق الجيولوجية في تفسير ظهور بعض العيون؛ إذ يمكن أن تعمل الفوالق كممرات لحركة المياه الجوفية أو كحواجز تعترض حركتها، بحسب طبيعة الصخور واتجاه الفالق. ومن الأمثلة على ذلك عين الزرقاء الواقعة بين جادو والرحيبات، التي ترتبط بوجود وادٍ انكساري وتظهر فيها المياه في منخفض طبيعي، وهو ما يشير إلى تأثير البنية الجيولوجية في توجيه المياه الجوفية نحو السطح.

رابعًا: التربة والغطاء النباتي

تتباين التربة في منطقة الدراسة وفقًا لاختلاف التضاريس والصخور والمناخ. ففي السهل الساحلي تنتشر تربة طمية ورملية وطينية حديثة، بينما تسود في المرتفعات تربة ضحلة حجرية أو كلسية في بعض المواضع، وتربة أعمق نسبيًا في الأحواض والمنخفضات ومناطق التجمعات الطمية. وفي الأجزاء الجنوبية والداخلية تنتشر تربة صحراوية ضعيفة التطور، غالبًا ما تكون رملية أو حصوية أو ملحية قرب السبخات والمنخفضات.

ويؤثر نوع التربة في الاستجابة الهيدرولوجية للحوض المائي؛ فالتربة الرملية العميقة تسمح بنفاذ المياه إلى الداخل بدرجة أكبر، وتحد من سرعة الجريان السطحي، في حين تعمل التربة الطينية أو المتماسكة أو الضحلة فوق صخور غير منفذة على زيادة الجريان السطحي. كما أن التربة المتدهورة أو المكشوفة من الغطاء النباتي تصبح أكثر عرضة لتأثير قطرات المطر والجريان الصفائحي والانجراف الأخدودي.

وتشير دراسات التربة في سهل الجفارة إلى وجود تباينات مكانية في الخصائص الكيميائية للتربة، وهو ما ينعكس على إنتاجيتها الزراعية وعلى قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه وانتقالها داخل القطاع الترابي .كما أن تقدير الخصائص المائية للتربة في سهل الجفارة يعد ضروريًا لفهم إمكانات التسرب والجريان وتحديد ملاءمة تقنيات حصاد المياه .

أما الغطاء النباتي، فيؤدي دورًا مهمًا في تقليل طاقة قطرات المطر، والحد من انجراف التربة، وزيادة خشونة السطح، وإبطاء سرعة الجريان، وإتاحة وقت أطول لتسرب المياه. غير أن ضعف الغطاء النباتي أو تدهوره بفعل الرعي الجائر والقطع العشوائي والزحف العمراني يؤدي إلى زيادة حجم الجريان السطحي، وارتفاع حمل الرواسب، وزيادة خطورة السيول، خصوصًا في السفوح الجبلية والأحواض الصغيرة سريعة الاستجابة.

خامسًا: الأثر الهيدرولوجي المتكامل للعوامل الطبيعية

يتحدد السلوك الهيدرولوجي للأحواض في شمال غرب ليبيا من خلال التفاعل بين العناصر الطبيعية السابقة. فالأمطار الغزيرة التي تسقط على السفوح الشمالية للجبل الغربي، حيث تزداد الانحدارات وتقل سماكة التربة في بعض المواضع، تتحول بسرعة إلى جريان سطحي يتركز في المجاري والأودية. وإذا تزامن ذلك مع صخور قليلة النفاذية أو تربة متماسكة أو غطاء نباتي ضعيف، فإن احتمالية السيول المفاجئة تزداد، ويصبح الحوض أكثر قدرة على النحت ونقل الرواسب.

أما عندما تسقط الأمطار فوق تكوينات رملية أو كلسية متشققة ذات نفاذية مناسبة، أو في مناطق تتصف بتربة أعمق وانحدار متوسط، فإن جزءًا أكبر من المياه يتسرب إلى باطن الأرض ويغذي الخزانات الجوفية. وقد تظهر هذه المياه لاحقًا على هيئة عيون أو ينابيع عند مناطق التقاء الطبقات المنفذة مع الطبقات الأقل نفاذية، أو عند وجود فوالق وشقوق تسمح بخروج المياه إلى سطح الأرض.

وعليه، فإن التباين بين الأودية والعيون في منطقة الدراسة لا يمكن تفسيره بمعيار المطر فقط. فقد تتلقى منطقتان كميات متقاربة من الأمطار، لكن تختلف استجابتهما الهيدرولوجية تبعًا للتضاريس والجيولوجيا والتربة. فالمنطقة ذات الانحدار العالي والنفاذية المنخفضة تميل إلى تكوين أودية نشطة وسيول سريعة، بينما تميل المنطقة ذات النفاذية المرتفعة والانحدار المتوسط إلى تعزيز التغذية الجوفية وظهور العيون.

ويمهد هذا المحور للانتقال إلى المحور التالي، الذي يتناول التباين المكاني والزماني للتساقطات المطرية في شمال غرب ليبيا من خلال تحليل معدلات الأمطار السنوية والفصلية والشهرية، وتفسير التدرج المكاني للهطول بين المحطات الساحلية والجبلية والداخلية.

المحور الثاني

التباين المكاني والزماني للتساقطات المطرية في شمال غرب ليبيا

تمهيد

تُعدّ التساقطات المطرية المتغير المناخي الأكثر تأثيرًا في النظام الهيدرولوجي بشمال غرب ليبيا، لأنها المصدر الرئيس لتغذية الأودية والخزانات الجوفية والعيون. ولا تتوقف فاعلية المطر على كميته السنوية فحسب، بل تتحدد أيضًا بتوزيعه المكاني بين الساحل والمرتفعات والداخل، وبنمطه الزماني بين السنوات والفصول والشهور، فضلًا عن شدة الهطول ومدته. ولذلك قد تتحول الأمطار الغزيرة التي تهطل في ساعات محدودة إلى سيول سريعة، في حين تسهم الأمطار المتوسطة والممتدة زمنيًا في رفع فرص تسرب المياه إلى التربة وتغذية الخزانات الجوفية

وتتصف المنطقة الغربية من ليبيا عمومًا بتذبذب واضح في كمية الأمطار بين السنوات والمحطات، كما تتناوب فيها فترات الجفاف والرطوبة بدرجات متفاوتة. وقد بينت دراسة الجفاف المناخي في سهل الجفارة أن معامل الاختلاف المطري مرتفع نسبيًا بين المحطات، وأن فترات الجفاف المعتدل والرطوبة المعتدلة تتكرر بصورة غير منتظمة، وهو ما يؤثر في الموارد المائية والزراعية واستجابة الأحواض للجريان السطحي (خماج والميلودي، 2019).

أولًا: التباين المكاني للأمطار السنوية

يتخذ التوزيع المكاني للأمطار في شمال غرب ليبيا نمطًا عامًا يتمثل في تناقص كميات الهطول من الشمال نحو الجنوب، مع وجود تعديلات محلية تفرضها التضاريس والارتفاع والقرب من البحر. فالمناطق الساحلية تتأثر مباشرة بالمنخفضات الجوية المتوسطية، بينما تستفيد المرتفعات من الرفع التضاريسي للهواء الرطب، في حين تقل الأمطار في الأجزاء الداخلية والجنوبية نتيجة الابتعاد عن التأثير البحري وسيادة الظروف الصحراوية (سعد، 2025) .

وتسجل محطة غريان أعلى متوسط سنوي للأمطار بين محطات الدراسة، إذ يبلغ 371.9 ملم، تليها محطة طرابلس بمتوسط 359.3 ملم. ويرتبط ارتفاع أمطار غريان بوقوعها في نطاق مرتفع من الجبل الغربي، الأمر الذي يساعد على صعود الهواء الرطب القادم من البحر المتوسط وتبرده وتكثف بخاره، فتزداد فرص الهطول التضاريسي. أما ارتفاع كمية المطر في طرابلس فيرتبط أساسًا بموقعها الساحلي وقربها من البحر، وتعرضها المباشر للمنخفضات الجوية المتوسطية خلال النصف البارد من السنة (سعد، 2025) .

وتقع زوارة وصرمان ومصراتة ويفرن ضمن نطاق أمطار متوسط إلى مرتفع يتراوح تقريبًا بين 258 و274 ملم سنويًا. ويعكس هذا التقارب اجتماع تأثير الموقع الساحلي في المحطات الساحلية، وتأثير الارتفاع النسبي في يفرن، غير أن كمية الهطول لا ترتبط بالارتفاع وحده؛ إذ تؤثر أيضًا جهة السفح وموقع المحطة بالنسبة لمسار المنخفضات الجوية واتجاه الرياح الرطبة وخصائص التضاريس المحلية (سعد، 2025) .

وتنخفض الأمطار في سرت ونالوت إلى أقل من 200 ملم سنويًا؛ إذ يبلغ متوسط سرت 199.3 ملم، بينما يبلغ متوسط نالوت 165.2 ملم. ويرتبط انخفاض مطر سرت بابتعادها النسبي نحو الشرق عن نطاق التأثير المطري الأكثر قوة في الساحل الغربي، في حين يرتبط انخفاض مطر نالوت بموقعها في الجزء الجنوبي الغربي من الجبل الغربي، وبضعف تعرضها النسبي للمنخفضات المتوسطية مقارنة بغريان ويفرن. ويؤكد ذلك أن الموقع الفلكي والارتفاع والبعد عن البحر لا تعمل بصورة مستقلة، بل تتفاعل لتحديد الكمية الفعلية للهطول في كل محطة (خماج والميلودي، 2019) .

أما القريات وغدامس فتقعان ضمن النطاق الجاف، حيث يصل المتوسط السنوي للأمطار إلى 59.9 ملم في القريات و31.9 ملم في غدامس. ويعود ذلك إلى البعد الكبير عن البحر المتوسط، وتراجع تأثير المنخفضات الجوية قبل وصولها إلى هذه المناطق، وسيادة الكتل الهوائية الحارة والجافة، إضافة إلى ارتفاع معدلات التبخر. ولذلك تقل فاعلية الجريان السطحي وتضعف فرص التغذية الجوفية الحديثة، إلا في حالات الأمطار الاستثنائية أو عند وجود أحواض تجمع محلية مناسبة (الهيئة العامة للمياه، 2001).

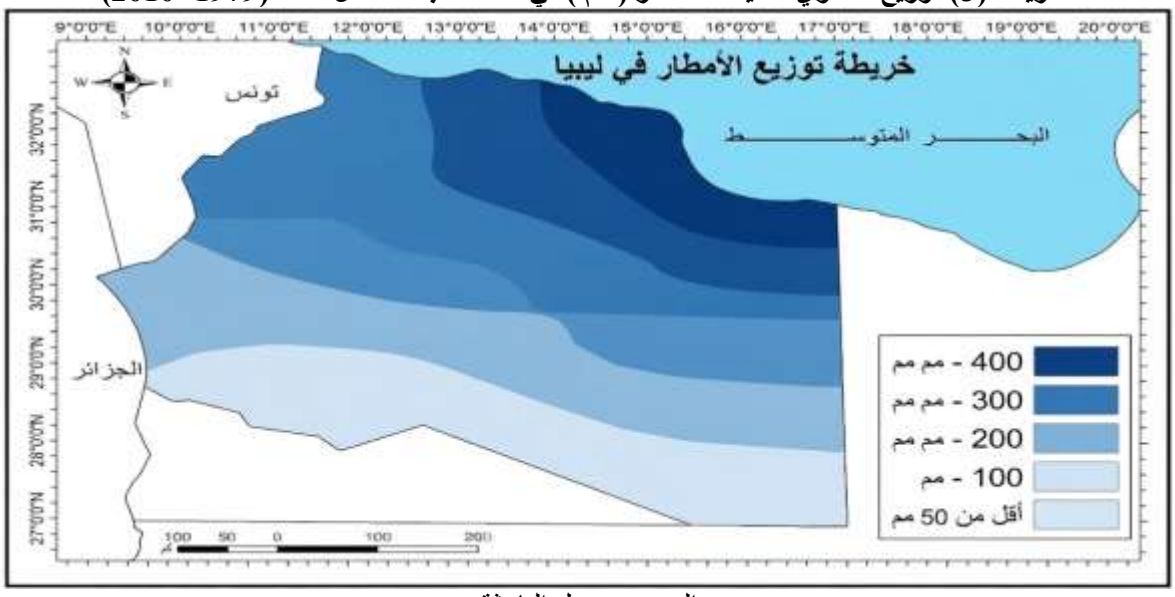
جدول (2): المتوسط السنوي للأمطار في محطات الدراسة

المحطة	المتوسط السنوي للأمطار (ملم)	التصنيف المطري
غريان	371.9	مرتفع
طرابلس	359.3	مرتفع
مصراتة	273.8	متوسط إلى مرتفع
يفرن	271.9	متوسط إلى مرتفع
صرمان	270.6	متوسط إلى مرتفع
زوارة	258.2	متوسط إلى مرتفع
سرت	199.3	متوسط
نالوت	165.2	متوسط منخفض
القريات	59.9	منخفض
غدامس	31.9	منخفض جدًا

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية، إدارة المناخ، طرابلس، للفترة (1979–2010م).

وتوضح بيانات الجدول أن الفارق بين أعلى محطة مطرية، وهي غريان، وأدنى محطة، وهي غدامس، يساوي نحو 340 ملم سنويًا. ويعد هذا الفارق مؤشرًا واضحًا على التباين المناخي والهيدرولوجي داخل الإقليم؛ فالمناطق ذات المعدلات المرتفعة، خاصة المرتفعات الجبلية، تمثل مناطق أكثر قابلية لتوليد الجريان السطحي وتغذية الأودية، بينما تتصف المناطق الصحراوية الداخلية بضعف الجريان وارتفاع الفاقد بالتبخر والتسرب المحدود .

الخريطة (3) توزيع السنوي لكميات الأمطار (ملم) في منطقة البحث خلال المدة (1979- 2010)



المصدر: عمل الباحثة

ثانيًا: التباين الفصلي للأمطار

يتصف التوزيع الفصلي للأمطار في شمال غرب ليبيا بالطابع المتوسطي؛ إذ تتركز غالبية الأمطار في فصلي الشتاء والخريف، ثم تقل في الربيع وتكاد تنعدم في الصيف. ويعكس هذا النمط تحرك المنخفضات الجوية المتوسطية فوق شمال أفريقيا خلال الفصل البارد، ثم تراجعها تدريجيًا شمالًا في الفصل الدافئ مع سيادة المرتفع شبه المداري والكتل الهوائية الجافة (خماج والميلودي، 2019) .

ويأتي فصل الشتاء في المرتبة الأولى من حيث كمية الهطول، إذ يستأثر بنحو 47% من المعدل السنوي العام للمحطات، بينما يحتل الخريف المرتبة الثانية بنحو 32%. وتتبع أهمية أمطار الشتاء من كونها أكثر امتدادًا وانتشارًا مكانيًا، كما أنها تسهم في زيادة رطوبة التربة وتغذية الخزانات الجوفية ورفع احتمالية جريان الأودية، خاصة عندما تتعاقب الحالات المطرية خلال فترة قصيرة (الهيئة العامة للمياه، 2001).

ويمثل الخريف بداية الموسم المطري، وتكتسب أمطاره أهمية هيدرولوجية خاصة لأنها تأتي بعد صيف طويل شديد الجفاف. ففي بداية الموسم تكون التربة في بعض الأحواض متصلبة أو جافة، وقدرتها على امتصاص المياه محدودة، الأمر الذي يرفع احتمال الجريان السطحي السريع والسيول المفاجئة عند سقوط أمطار غزيرة. ويزداد هذا الاحتمال في المنحدرات الجبلية والأحواض الصغيرة ذات التربة الضحلة أو الصخور قليلة النفاذية (أحمد والصغير، 2024) .

وتظهر أمطار الربيع بأهمية أكبر في المحطات الجبلية والداخلية مقارنة بالمحطات الساحلية. ففي غريان تبلغ كمية الربيع 101.8 ملم، أي نحو 27% من مجموعها السنوي، بينما تبلغ في نالوت 66.4 ملم، أي نحو 40% من مجموعها السنوي. ويرتبط ذلك باستمرار مرور بعض المنخفضات الجوية في بداية الربيع، فضلًا عن نشاط الحمل الحراري المحلي وتأثير التضاريس في المرتفعات. وتسهم هذه الأمطار في إطالة فترة الرطوبة الأرضية وفي استمرار تغذية بعض العيون والخزانات الجوفية القريبة من السطح (سعد، 2025) .

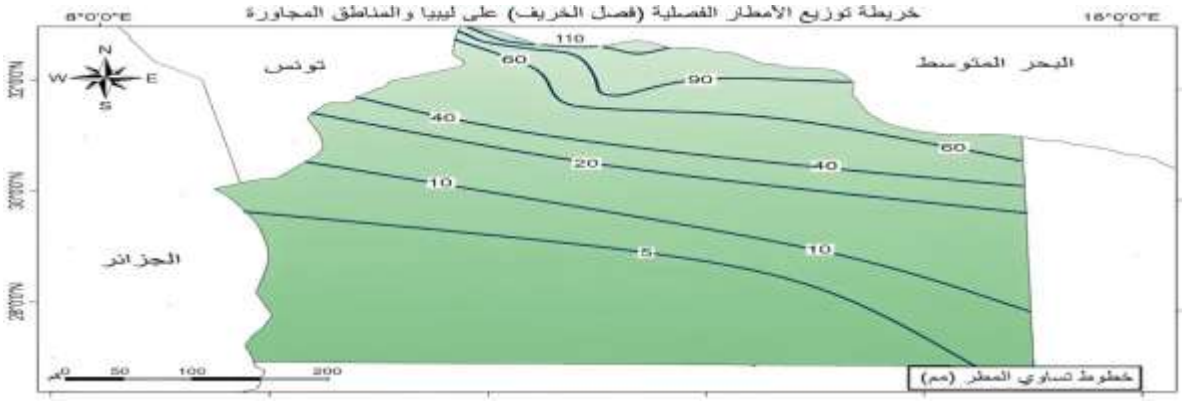
أما الصيف فيمثل فصل الجفاف الرئيس في المنطقة، إذ تنخفض الأمطار إلى قيم هامشية في جميع المحطات تقريبًا. ويرتبط ذلك بسيطرة المرتفع شبه المداري وتراجع المنخفضات الجوية نحو الشمال، وسيادة الكتل الهوائية المدارية القارية الحارة والجافة. وينعكس ذلك في توقف معظم الأودية الموسمية عن الجريان، وانخفاض إمدادات العيون المتأثرة بالتغذية الحديثة، وارتفاع التبخر من المسطحات والخزانات المائية (الهيئة العامة للمياه، 2001) .

جدول (3): التوزيع الفصلي للأمطار في محطات الدراسة

المحطة	الخريف (ملم)	الشتاء (ملم)	الربيع (ملم)	الصيف (ملم)	الإجمالي السنوي (ملم)
طرابلس	128.3	176.9	52.0	2.1	359.3
زوارة	110.7	109.2	37.3	1.0	258.2
صرمان	90.5	135.1	43.9	1.1	270.6
مصراتة	96.7	141.7	33.5	1.9	273.8
سرت	68.2	105.8	24.6	0.6	199.3
غريان	96.0	170.5	101.8	3.6	371.9
يفرن	63.3	132.1	70.0	6.5	271.9
نالوت	47.5	49.2	66.4	2.1	165.2
القريات	18.9	19.9	19.4	1.7	59.9
غدامس	5.1	14.2	12.0	0.6	31.9
المعدل العام	**72.5**	**105.5**	**46.1**	**2.1**	**226.2**

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية، إدارة المناخ، طرابلس، للفترة خلال المدة (1979 - 2010م).

وتكشف البيانات الفصلية عن اختلاف واضح بين المحطات الساحلية والمرتفعات الجبلية. ففي المحطات الساحلية، مثل طرابلس وزوارة ومصراتة، يبرز دور الخريف والشتاء بوضوح، بينما تظهر في غريان ويفرن ونالوت أهمية نسبية أكبر لأمطار الربيع. ويؤدي هذا الاختلاف إلى تفاوت مواسم الجريان؛ فالأودية الساحلية والشمالية تستجيب غالبًا للأمطار الخريفية والشتوية، في حين قد يمتد نشاط الأودية والعيون الجبلية إلى الربيع نتيجة استمرار التغذية المطرية والتسرب داخل الصخور المتشققة والمنفذة.



المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات الجدول 3

ثالثًا: التباين الشهري وشدة الهطول

يبدأ موسم هطول الأمطار في منطقة الدراسة خلال سبتمبر، ثم تزداد كميات الأمطار تدريجيًا في أكتوبر ونوفمبر، لتصل إلى ذروتها في ديسمبر، الذي يسجل معدلًا عامًا يبلغ 35.3 ملم، يليه يناير بمتوسط 33.1 ملم. وبعد ذلك تبدأ الأمطار بالتراجع تدريجيًا خلال فبراير ومارس وأبريل ومايو، ثم تكاد تختفي في شهري يوليو وأغسطس. ويؤكد هذا النمط أن النظام المطري في شمال غرب ليبيا يتركز في فترة زمنية محدودة نسبيًا من السنة، وهو ما يجعل الموارد السطحية شديدة الحساسية للتذبذب الشهري في الهطول (خماج والميلودي، 2019)

وتظهر المحطات الساحلية نمطًا هرميًا واضحًا في توزيع المطر الشهري؛ إذ تبدأ الأمطار بالزيادة خلال الخريف، ثم تصل إلى قمة واحدة واضحة في ديسمبر أو يناير، قبل أن تنخفض تدريجيًا في الربيع. وتسجل طرابلس أعلى قيمة شهرية بين محطات الدراسة، حيث تبلغ 72.8 ملم في ديسمبر و67.5 ملم في يناير، ويرتبط ذلك بتعرضها المباشر للمنخفضات الجوية المتوسطية وبقربها من البحر (المركز الوطني للأرصاد الجوية،2010.).

أما المحطات الجبلية، ولا سيما غريان ويفرن ونالوت، فتظهر توزيعًا مطريًا أكثر امتدادًا خلال الشتاء والربيع. ففي غريان تبلغ الأمطار 65.9 ملم في يناير و58.6 ملم في مارس، بينما تسجل نالوت قمة نسبية تبلغ 33.7 ملم في مارس. ويعكس ذلك استمرار تأثير الارتفاع والتضاريس، إلى جانب النشاط الحملي المحلي في الربيع، وهو ما يساعد على استمرار الرطوبة الأرضية وتغذية الخزانات الجوفية لفترة أطول من المناطق الساحلية (سعد، 2025) .

وتعد شدة الهطول من أهم العوامل المحددة للاستجابة الهيدرولوجية للأحواض. فالأمطار الغزيرة التي تسقط خلال ساعات أو أيام قليلة قد تتحول إلى جريان سطحي سريع بدلًا من أن تتسرب إلى باطن الأرض، خاصة فوق السفوح الشديدة والتربة الضحلة والصخور ضعيفة النفاذية. وتؤدي هذه الحالة إلى تشكل سيول مفاجئة تحمل الرواسب والطمي وتزيد من انجراف التربة، وقد تسبب أضرارًا للطرق والمنشآت الواقعة قرب المجاري المائية (أحمد والصغير، 2024) .

وفي المقابل، تسمح الأمطار المتوسطة والموزعة على أيام متعددة بزيادة فرصة التسرب والتغذية الجوفية، خاصة عندما تتوافر تربة عميقة أو تكوينات كلسية ورملية متشققة. ومن هنا تبرز أهمية تقنيات حصاد المياه، مثل السدود الصغيرة والحواجز الكنتورية والخزانات الأرضية والمواجل، لأنها تقلل سرعة الجريان وتزيد زمن بقاء المياه فوق السطح، الأمر الذي يعزز الاستفادة الزراعية والتغذية الجوفية ويقلل من شدة الانجراف (أحمد والصغير، 2024).

جدول (4): المتوسط الشهري للأمطار في محطات الدراسة

المحطة	سبت مبر	أكتو بر	نوف مبر	ديسم بر	يناير	فبرا ير	مار س	أبريل	مايو	يوني و	يولي و	أغسط س
طرابلس	18.7	44.7	64.9	72.8	67.5	36.6	32.8	14.0	5.2	1.3	0.6	0.1
زوارة	18.9	36.8	55.0	48.4	38.1	22.7	20.3	11.0	6.0	0.5	0.0	0.5
صرمان	8.3	39.9	42.3	60.9	46.8	27.5	25.1	12.3	6.4	0.9	0.2	0.1
مصراتة	10.8	33.3	52.6	59.7	54.9	27.1	20.5	9.9	3.0	1.4	0.0	0.4
سرت	10.6	31.2	26.5	45.6	39.6	20.6	17.6	3.8	3.3	0.5	0.0	0.0
غريان	10.7	43.6	41.7	51.3	65.9	53.3	58.6	30.3	12.9	3.1	0.0	0.5
يفرن	4.4	31.1	27.8	54.2	47.2	30.7	41.8	16.8	11.4	2.8	0.0	3.7
نالوت	7.0	25.1	15.4	15.8	15.8	17.7	33.7	16.2	16.6	1.8	0.1	0.2
القريات	5.5	7.2	6.2	7.1	8.5	4.3	9.3	4.2	5.9	1.4	0.1	0.2
غدامس	0.6	2.8	1.7	3.6	5.2	5.4	6.0	3.3	2.7	0.5	0.0	0.1
المعدل العام	**8.2**	**25.2**	**28.3**	**35.3**	**33.1**	**20.8**	**22.7**	**10.5**	**6.4**	**1.2**	**0.1**	**0.5**

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية، إدارة المناخ، طرابلس

المحور الثالث

الشبكة الهيدروغرافية في شمال غرب ليبيا: الأودية والعيون والجريان السطحي

تمهيد

تتصف الشبكة الهيدروغرافية في شمال غرب ليبيا بطابع موسمي ومتقطع؛ إذ لا توجد في ليبيا أنهار دائمة الجريان، وإنما تقتصر المياه السطحية على أودية تنشط بعد العواصف المطرية، ولا سيما في فصل الشتاء. ويجعل هذا النمط من الأودية موارد مائية محدودة زمنيًا، لكنها مهمة في تغذية الخزانات الجوفية، وفي دعم الزراعة المحلية، وفي تزويد منشآت حصاد المياه والسدود الصغيرة بالمياه

وتتأثر استجابة الأودية للهطول بعوامل متعددة، أهمها كمية المطر وشدته، ومساحة الحوض، والانحدار، ونفاذية التربة والصخور، وكثافة الغطاء النباتي. ولذلك فإن الأحواض الجبلية في غريان ويفرن وترهونة تكون أكثر قابلية لتوليد الجريان السطحي والسيول عند سقوط أمطار غزيرة، مقارنة بالأحواض الجنوبية والداخلية التي يقل فيها الهطول وتزداد فيها خسائر المياه بالتبخر والتسرب

أولًا: الخصائص العامة للأودية

تنقسم أودية شمال غرب ليبيا من حيث اتجاه التصريف إلى أودية خارجية الصرف وأودية داخلية الصرف. فالأودية الخارجية الصرف تنحدر في الغالب من المرتفعات الشمالية للجبل الغربي باتجاه سهل الجفارة ثم البحر المتوسط، بينما تنتهي الأودية الداخلية في المنخفضات والأحواض المغلقة والسبخات أو تفقد مياهها بالتبخر والتسرب قبل بلوغ البحر. ويرتبط هذا الاختلاف بموقع الحوض بالنسبة للحافة الجبلية، واتجاه الانحدار، وطبيعة التكوينات الصخرية، وقرب مناطق المصب من الساحل (الهيئة العامة للمياه، 2001).

وتتصف أودية منطقة غريان وترهونة والخمس بدرجة أعلى من النشاط النسبي بسبب وقوعها ضمن نطاقات مطرية وجبلية، ومن أبرزها وادي المجينين ووادي غان ووادي الهيرة ووادي الرمل ووادي ترغت ووادي المسيد ووادي القريم ووادي غنيمة. أما أودية نالوت وجادو ويفرن، مثل وادي زقرارة ووادي المحروقة ووادي الوخيم ووادي جناون ووادي زارت ووادي الأثل ووادي الولجة، فتميل بدرجة أكبر إلى التصريف الداخلي أو المختلط، بسبب موقعها في الأجزاء الجنوبية والغربية من الجبل الغربي، وضعف كمية الأمطار نسبيًا، واتساع الأحواض الداخلية (أحمد والصغير، 2024)

جدول (5): التصنيف الجغرافي للأودية في شمال غرب ليبيا

النطاق الجغرافي	أمثلة للأودية	نمط الصرف الغالب	الخصائص الهيدرولوجية
غريان والجبل الغربي الشرقي	المجينين، غان، الهيرة، الحمام، الوعر، الزعتر	خارجي غالبًا	انحدار كبير، جريان سريع، سيول موسمية
ترهونة	الرمل، ترغت، المسيد	خارجي أو انتقالي	أحواض تجميع مشتركة، تغذية من عيون محلية
الخمس وما حولها	القريم، غنيمة، الزناد، الصفح	خارجي غالبًا	قرب من البحر، أحواض صغيرة ومتوسطة
يفرن وككلة والرياينة	زارت، الأثل، الولجة، الأمهر	داخلي أو مختلط	جريان موسمي، تسرب محلي مرتفع
جادو والرحيبات	الوخيم، جناون، الشقيقة، الجرف	داخلي	أحواض متوسطة، تصريف نحو مناطق داخلية
نالوت وما حولها	زقرارة، المحروقة، العصفة، العقلية	داخلي	أمطار أقل، تبخر أعلى، اعتماد أكبر على الحصاد المائي

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على الهيئة العامة للمياه (2001)، وإسماعيل (2002)، والخرائط الطبوغرافية لمنطقة الدراسة.

ثانيًا: وادي المجينين والجريان السطحي

يُعد وادي المجينين من أهم أودية شمال غرب ليبيا من الناحية التطبيقية، لأنه يرتبط بسد مائي يقع في نطاق الجبل الغربي وعلى مسافة تقارب 64 كيلومترًا جنوب طرابلس. وقد أُنشئ السد أساسًا لتجميع مياه الجريان الموسمي، ودعم الري، والتحكم في أخطار الفيضانات، وهو ما يبرز أهمية الأودية الموسمية في التخطيط المائي حتى في المناطق التي تفتقر إلى أنهار دائمة الجريان .(Fanack Water, 2026)

وتبلغ السعة التصميمية المنشورة لخزان سد وادي المجينين 58مليون متر مكعب، بينما تبلغ سعة التخزين السنوية المتوسطة المنشورة نحو 10ملايين متر مكعب .وهذه الأرقام تمثل بيانات تصميمية ومتوسطات منشورة، وليست قياسات مباشرة لمستوى التخزين الفعلي في عام 2023م؛ لذلك يجب التعامل معها في البحث بوصفها مؤشرات على أهمية الوادي والسد، لا بوصفها رصيدًا مائيًا ثابتًا في كل سنة(Fanack Water, 2026)

وتظهر أهمية إدارة الوادي من خلال قيام الجهات المحلية خلال عام 2023 بأعمال تفقد وتنظيف لمجرى وادي المجينين بهدف تقليل أخطار السيول والفيضانات، خاصة بعد تنامي الاهتمام الوطني بإدارة السدود والأودية. ويؤكد ذلك أن الأودية لا تمثل مسارات طبيعية للمياه فحسب، بل تمثل أيضًا مناطق خطر عند التوسع العمراني أو الزراعي داخل المجاري أو بالقرب منها دون مراعاة لحدود الفيضان .(Libya Herald, 2023)

ثالثًا: الأحواض والأودية في سهل الجفارة والجبل الغربي

تكشف الدراسة الحديثة لمنطقة بدر الواقعة في سهل الجفارة عند الحافة الشمالية للجبل الغربي عن وجود علاقة مباشرة بين الأودية والرواسب والخزانات الجوفية. فقد اعتمدت الدراسة على بيانات 33بئرًا، وأظهرت وجود خزانين مائيين رئيسين؛ يتمثل الأول في خزان ضحل يقع بين عمقي 16و25 مترًا داخل رواسب رملية غرينية، بينما يقع الخزان الثاني بين عمقي 60و90 مترًا .كما أظهرت الدراسة أن الآبار القريبة من الأودية الحالية، والتي تسود فيها رواسب رملية طينية، تتميز بملوحة أقل ومعدل تصريف أعلى من الآبار البعيدة عن الأودية التي تسود فيها الرواسب الطينية التبخرية (Al-Khafaji et al., 2026).

وتبرز هذه النتائج أهمية الأودية في تغذية المياه الجوفية، إذ إن الرواسب المرتبطة بالمجاري الحالية والقديمة يمكن أن تشكل ممرات أكثر ملاءمة لتسرب المياه، خاصة في المواضع التي تسود فيها الرمال والطين الرملي. كما توضح أن اختلاف طول الوادي ومساحة حوضه وخصائص الرواسب المرتبطة به يؤدي إلى تفاوت في نوعية المياه الجوفية وإنتاجيتها، وهو ما يؤكد أن التحليل الهيدرولوجي يجب أن يجمع بين المطر والمجرى السطحي والرواسب الجيولوجية والمياه الجوفية .(Al-Khafaji et al., 2026)

وتشير الدراسة نفسها إلى أن عمق المياه الجوفية في منطقة بدر يتراوح بين 200متر في الجنوب و130 مترًا في الشمال . ويعكس هذا التدرج تأثير الموقع الجغرافي والاتجاه نحو الساحل، كما يساعد في تفسير تفاوت فرص الوصول إلى المياه الجوفية وتباين دور الأودية في التغذية المائية بين الجزء الجنوبي والجزء الشمالي من سهل الجفارة (Al-Khafaji et al., 2026).

رابعًا: العيون والينابيع في شمال غرب ليبيا

تُعد العيون والينابيع مظهرًا سطحيًا للمياه الجوفية، وتظهر غالبًا عندما تتسرب مياه الأمطار إلى التكوينات المنفذة أو المتشققة ثم تعترضها طبقات أقل نفاذية أو فوالق أو تغيرات طبوغرافية تدفعها إلى الخروج على السفوح وفي بطون الأودية والمنخفضات. ولذلك ترتبط العيون بعلاقة وثيقة بالتغذية المطرية والبنية الجيولوجية، ولا يمكن تفسير وجودها أو تغير تصريفها بكمية المطر وحدها.(Upton et al., 2018)

وتشير البيانات المنشورة عن العيون في سهل الجفارة والجبل الغربي والحمادة إلى أن تصريف العيون الطبيعية يتراوح عمومًا بين 1لتر/ثانية وأكثر من 10 لترات/ثانية، وفق اختلاف الموقع والبنية الجيولوجية وخصائص الخزان المائي. وتعد هذه الأرقام مؤشرات هيدروجيولوجية عامة للعيون الليبية، وليست قياسات حديثة لجميع عيون منطقة الدراسة في عام 2023م .(Fanack Water, 2020)

وتوفر البيانات المنشورة عن بعض العيون في نطاق سهل الجفارة وجبل نفوسة قيمًا مرجعية يمكن استخدامها بحذر في التحليل التاريخي. ففي منطقة الرابطة وردت عينان بتصريف 8لترات/ثانية و 6لترات/ثانية، مع مواد صلبة ذائبة كلية بلغت 1440ملجم/لتر و 1200ملجم/لتر على التوالي. كما وردت عين في منطقة غريان بتصريف يتراوح بين 5و7 لترات/ثانية وملوحة مقدارها 900ملجم/لتر، وعين أخرى في غريان بتصريف 7لترات/ثانية ومواد صلبة ذائبة كلية تبلغ 2500ملجم/لتر .(Fanack Water, 2020)

كما وردت بيانات مرجعية لعين زارت بتصريف 8لترات/ثانية وملوحة تبلغ 1300ملجم/لتر، ولعين في نطاق ترهونة بتصريف 7لترات/ثانية ومواد صلبة ذائبة كلية تبلغ 1100ملجم/لتر .وتمثل هذه الأرقام قيمًا منشورة في تقرير هيدروجيولوجي مرجعي للعيون، لكنها لا ينبغي أن تُدرج في البحث بوصفها قياسات حديثة للفترة 1979–2023م؛ إذ إن تصريف العيون ونوعية مياهها يتغيران مع المطر والضخ والاستخدام البشري وحالة مناطق التغذية (Fanack Water, 2020).

جدول (6): بيانات مرجعية منشورة لبعض عيون سهل الجفارة وجبل نفوسة

الموقع أو العين	التصريف المنشور	المواد الصلبة الذائبة الكلية TDS	دلالة هيدروجيولوجية
الرابطة – العين الأولى	8لتر/ثانية	1440ملجم/لتر	عين مرتبطة بتغذية جبلية محلية
الرابطة – العين الثانية	6لتر/ثانية	1200ملجم/لتر	عين متوسطة التصريف
غريان – عين أولى	7–5لتر/ثانية	900ملجم/لتر	مياه أقل ملوحة نسبيًا
غريان – عين ثانية	7لتر/ثانية	2500ملجم/لتر	تباين في النوعية المائية
زارت	8لتر/ثانية	1300ملجم/لتر	ارتباط محتمل بتكوينات منفذة
ترهونة	7لتر/ثانية	1100ملجم/لتر	تغذية محلية مرتبطة بالسفوح

المصدر Fanack Water (2020) :، نقلًا عن بيانات موارد المياه والعيون في سهل الجفارة وجبل نفوسة.

خامسًا: العلاقة بين الأودية والعيون

تمثل الأودية والعيون صورتين مختلفتين لاستجابة الحوض المائي للتساقطات. فالأودية تمثل الاستجابة السطحية السريعة، عندما تتجاوز شدة المطر قدرة التربة والصخور على امتصاص المياه، بينما تمثل العيون الاستجابة الجوفية البطيئة، عندما تتسرب المياه إلى الخزانات ثم تتحرك عبر الطبقات المنفذة أو الشقوق قبل ظهورها على السطح (Upton et al., 2018; Al-Khafaji et al., 2026).

وتوضح نتائج منطقة بدر أن القرب من الأودية والرواسب الرملية الطينية يرتبط بانخفاض الملوحة وارتفاع التصريف النسبي في بعض الآبار، مقارنة بالمناطق البعيدة عن الأودية ذات الرواسب الطينية التبخرية. وهذا يدل على أن الأودية ليست فقط مجاري لتصريف المياه السطحية، بل يمكن أن تؤدي دورًا في توجيه التسرب وتغذية الخزانات الجوفية، خاصة عندما تكون رواسبها نفذة وعندما تتوافر بنية جيولوجية مناسبة (Al-Khafaji et al., 2026).

وتزداد أهمية هذه العلاقة في الأحواض الجبلية؛ فالأمطار الغزيرة قد تولد سيولًا سريعة في الأودية خلال فترة قصيرة، بينما يسهم الجزء المتسرب من المياه في تغذية العيون والخزانات الجوفية بعد فترة زمنية متأخرة. وتختلف هذه الفجوة الزمنية بين حوض وآخر وفقًا للانحدار ونفاذية الصخور وعمق المياه الجوفية وطول مسار الماء داخل الخزان. ولذلك ينبغي أن تشمل الدراسة الميدانية المستقبلية قياس الأمطار وتصريف الأودية والعيون ومنسوب المياه الجوفية بصورة متزامنة) أحمد والصغير، 2024؛ Upton et al., 2018).

المحور الرابع

التحليل الجغرافي للعلاقة بين التساقطات المطرية والشبكة الهيدروغرافية في شمال غرب ليبيا

تمهيد

يتناول هذا الفصل تحليل العلاقة بين التباين المكاني والزماني للتساقطات المطرية وبين تشكل الشبكة الهيدروغرافية في شمال غرب ليبيا. وينطلق التحليل من أن المطر يمثل المتغير المناخي الرئيس الذي يمد الأودية والعيون بالمياه، إلا أن أثره لا يظهر بصورة متطابقة في جميع أجزاء الإقليم، لأن التضاريس والبنية الجيولوجية ونفاذية التربة واستخدامات الأرض تعد عوامل وسيطة تتحكم في مقدار المياه التي تتحول إلى جريان سطحي أو تتسرب إلى الخزانات الجوفية (Upton et al., 2018)

وتختلف الاستجابة الهيدرولوجية للأحواض المائية بين منطقة وأخرى؛ فقد تنتج منطقة ذات أمطار متوسطة جريانًا سطحيًا كبيرًا إذا اتصفت بانحدار مرتفع وصخور قليلة النفاذية، بينما قد تنتج منطقة أخرى تتلقى أمطارًا أعلى جريانًا أقل إذا

سادت فيها تكوينات منفذة تسمح بتغذية المياه الجوفية. لذلك لا يكفي تفسير كثافة الأودية أو إنتاجية العيون بمقدار المطر السنوي وحده، بل يجب تحليل التفاعل بين العناصر الطبيعية المختلفة داخل كل حوض مائي (Al-Khafaji et al., 2026)

أولًا: أثر التباين المكاني للأمطار في كثافة الأودية

تظهر المقارنة بين التوزيع المكاني للأمطار والتوزيع الجغرافي للأودية أن المناطق الساحلية والجبلية ذات المعدلات المطرية المرتفعة نسبيًا تضم شبكة أودية أوضح وأكثر نشاطًا من الأجزاء الداخلية الجافة. ففي نطاق غريان وترهونة والخمس، تتوافر مجموعة من الأودية التي ترتبط بالانحدارات الجبلية والحافة الشمالية للجبل الغربي، مثل وادي المجينين ووادي غان ووادي الرمل ووادي ترغت ووادي المسيد وبعض الأودية الساحلية الصغيرة، بينما تقل كثافة الأودية النشطة باتجاه نالوت وغدامس والقريات، حيث تنخفض الأمطار وتضعف طاقة الجريان السطحي (الهيئة العامة للمياه، 2001).

ويمكن تفسير ارتفاع كثافة الأودية في نطاق غريان والجبل الغربي الشرقي بوجود ثلاثة عوامل مترابطة: ارتفاع نسبي في معدلات التساقط، وشدة انحدار في السفوح الشمالية، وتكوينات صخرية وترب متفاوتة النفاذية. وتؤدي هذه العوامل إلى تركيز المياه في مجارٍ واضحة بعد الهطول الغزير، ما يزيد من القدرة النحتية للمياه ويؤدي إلى تعميق الأودية وتوسيع روافدها. وتزداد هذه الظاهرة وضوحًا عندما تتكرر العواصف المطرية خلال الشتاء والخريف (سعد، 2025) .

وفي المقابل، تقل كثافة الأودية ووضوحها في الأجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية، خاصة في نالوت وغدامس، بسبب انخفاض المعدلات المطرية وارتفاع التبخر واتساع المساحات الصحراوية الداخلية. ولا يعني ذلك غياب المجاري المائية تمامًا، بل يعني أن الجريان يكون أقل تواترًا وأقصر مدة، وأن كثيرًا من الأودية ينتهي في أحواض داخلية أو يفقد جزءًا كبيرًا من مياهه بالتسرب والتبخر قبل الوصول إلى مجارٍ رئيسة(Fanack Water, 2020)

جدول (7): العلاقة التحليلية بين النطاقات المطرية وكثافة الأودية

النطاق الجغرافي	الوضع المطري النسبي	كثافة الأودية المتوقعة	نمط الاستجابة الهيدرولوجية
غريان والجبل الغربي الشرقي	مرتفع	مرتفعة	جريان سريع، سيول موسمية، تغذية جوفية جزئية
ترهونة	متوسط إلى مرتفع	متوسطة إلى مرتفعة	أحواض مشتركة، جريان خارجي أو انتقالي
الخمس والمناطق الساحلية الشرقية	متوسط	متوسطة	أودية قصيرة، قرب من البحر، ترسيب ساحلي
يفرن وككلة والرياينة	متوسط	متوسطة	صرف مختلط، تسرب محلي، تغذية للعيون
جادو والرحيبات	منخفض إلى متوسط	متوسطة إلى منخفضة	تصريف داخلي، جريان موسمي محدود
نالوت وغدامس	منخفض جدًا	منخفضة	أحواض داخلية، تبخر مرتفع، جريان نادر

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على تحليل بيانات الأمطار، وجدول تصنيف الأودية، والهيئة العامة للمياه (2001)، وإسماعيل.(2002)

ثانيًا: أثر التباين الزماني للأمطار في جريان الأودية

يرتبط جريان الأودية في شمال غرب ليبيا بالنظام الفصلي للأمطار؛ إذ يبدأ نشاط الأودية غالبًا مع أمطار الخريف، ثم يبلغ ذروته خلال الشتاء بسبب تكرار المنخفضات الجوية وزيادة كمية الهطول، قبل أن يتراجع في الربيع وينقطع في معظم المجاري خلال الصيف. ولذلك فإن جريان الأودية لا يكون ثابتًا على مدار السنة، بل يتركز في فترة مائية قصيرة نسبيًا تمتد غالبًا من أكتوبر إلى أبريل (الهيئة العامة للمياه، 2001).

وتكتسب أمطار الخريف أهمية خاصة في توليد السيول؛ لأنها تهطل بعد أشهر الصيف الجافة، عندما تكون التربة في بعض المواضع متصلبة أو فقيرة في الرطوبة، فتقل قدرتها الأولية على امتصاص المياه. وإذا كانت الأمطار شديدة ومركزة خلال ساعات محدودة، فإن جزءًا كبيرًا من المياه يتحول إلى جريان سطحي سريع، خاصة في المنحدرات الجبلية

والأحواض الصغيرة، وقد يؤدي ذلك إلى فيضانات موضعية وانجرافات وتراكم للرواسب في مجاري الأودية (Libya Herald, 2023).

أما أمطار الشتاء فتتميز غالبًا بانتشارها المكاني الأوسع ومدة استمرارها الأطول مقارنة بالأمطار الحملية المحلية. ولهذا فإنها تسهم في تغذية الأودية الرئيسة والخزانات الأرضية والسدود، كما تسمح، في حال تكرارها بصورة معتدلة، بتسرب نسبة من المياه إلى التربة والتكوينات الصخرية المنفذة. ويزداد هذا الدور في السفوح الجبلية التي تحتوي على شقوق وفواصل وتكوينات كلسية أو رملية قابلة لمرور المياه(Al-Khafaji et al., 2026)

أما أمطار الربيع فتكون أكثر أهمية في المناطق الجبلية والداخلية، لا سيما غريان ويفرن ونالوت، لأنها قد تطيل موسم الرطوبة وتدعم تدفق بعض العيون بعد نهاية أمطار الشتاء. ويُعزى ذلك إلى استمرار التغذية الجوفية من الأمطار السابقة، وإلى أثر التضاريس والحمل الحراري المحلي في بعض أيام الربيع، إلا أن هذه الاستجابة تختلف بين العيون والأحواض حسب عمق الخزان ونفاذية الصخور وطول مسار المياه داخل باطن الأرض (الهيئة العامة للمياه، 1990).

ثالثًا: العلاقة بين الأمطار والعيون

لا ترتبط العيون بالمطر بصورة لحظية مثل الأودية، بل يظهر أثر الهطول عليها بعد فترة زمنية تسمى بالفجوة الزمنية أو التأخر الهيدرولوجي. إذ تتسرب مياه الأمطار أولًا إلى التربة والتكوينات المنفذة، ثم تتحرك خلال الطبقات الحاملة للمياه قبل أن تظهر في مواضع العيون والينابيع. وتختلف مدة هذا التأخر من مكان إلى آخر وفقًا لسمك الطبقات المنفذة ونفاذيتها وعمق الخزان الجوفي واتجاه الفوالق والشقوق وطبيعة السفح(Upton et al., 2018)

وتؤكد البيانات الحديثة في منطقة بدر، الواقعة عند الحافة الشمالية للجبل الغربي، أن المياه الجوفية ترتبط بخصائص الرواسب والأودية؛ إذ كشفت الدراسة وجود خزان ضحل بين 16 و25 مترًا وخزان أعمق بين 60 و90 مترًا. كما أظهرت أن الآبار القريبة من الأودية والرواسب الرملية الطينية تتميز بملوحة أقل وتصريف أعلى نسبيًا من الآبار البعيدة عن الأودية ذات الرواسب الطينية التبخرية، الأمر الذي يدعم فرضية وجود علاقة بين المجاري السطحية والتغذية الجوفية (Al-Khafaji et al., 2026)

وتشير البيانات المرجعية المنشورة لبعض عيون الجبل الغربي وسهل الجفارة إلى وجود تفاوت واضح في التصريف والملوحة؛ إذ سجلت بعض عيون الرابطة تصريفًا بين 6 و8 لترات في الثانية، في حين تراوح تصريف بعض عيون غريان بين 5 و7 لترات في الثانية. ويعكس هذا التباين اختلاف طبيعة الخزانات الجوفية ودرجة التغذية ونوعية الصخور، لكنه لا يمثل قياسات حديثة موحدة للفترة 1979–2023م، ولذلك يجب التعامل معه بوصفه دليلًا تاريخيًا مقارنًا لا بوصفه نتيجة حديثة نهائية.(Fanack Water, 2020)

رابعًا: دور التضاريس بوصفها عاملًا وسيطًا

تعد التضاريس من أهم العوامل الوسيطة التي تعدل العلاقة بين المطر والشبكة الهيدروغرافية. فالمناطق المرتفعة لا تستقبل أمطارًا أكثر دائمًا، لكنها ترفع احتمال تكثف الهواء الرطب وسقوط الأمطار التضاريسية، كما أن الانحدار في السفوح يزيد سرعة حركة المياه وقدرتها على الحت والنقل. ولذلك تبرز المرتفعات الشمالية للجبل الغربي، خاصة حول غريان ويفرن وترهونة، باعتبارها مناطق مهمة لتوليد الجريان وتغذية الأودية (أحمد والصغير، 2024) .

ويؤدي شدة الانحدار إلى تقليل زمن تركيز الحوض؛ أي تقليل الزمن اللازم لوصول المياه من أطراف الحوض إلى المجرى الرئيس. وكلما كان زمن التركيز قصيرًا، زادت احتمالية ارتفاع ذروة التصريف خلال العواصف الشديدة، وبالتالي زادت مخاطر السيول. ولهذا تكون الأحواض الجبلية الصغيرة أكثر حساسية للأمطار الغزيرة مقارنة بالأحواض الواسعة ذات الانحدار الضعيف(Libya Herald, 2023)

وفي السهول الساحلية وسهل الجفارة، ينخفض الانحدار وتقل سرعة الجريان، فتزداد فرص الترسيب والتسرب، خاصة في الرواسب الرملية والطمية القريبة من الأودية. وهذا يفسر أهمية السهول المنخفضة في استقبال المياه القادمة من المرتفعات، وفي تغذية الخزانات الضحلة، وفي إنشاء الخزانات الأرضية والحواجز والمنشآت الزراعية التي تقلل سرعة الجريان وتزيد زمن بقاء المياه فوق السطح(Al-Khafaji et al., 2026)

خامسًا: دور الجيولوجيا والتربة بوصفهما عاملين وسيطين

تؤثر الجيولوجيا في توزيع الأودية والعيون من خلال التحكم في نفاذية الصخور واتجاه حركة المياه الجوفية. فالصخور الكلسية المتشققة والحجر الرملي والرواسب الرملية الطمبية تسمح بتسرب المياه بدرجات متفاوتة، بينما تحد الصخور الطينية والمارنية والرواسب التبخرية من التسرب وتزيد احتمال الجريان السطحي. ولهذا قد تنتج منطقة ذات أمطار متوسطة عيونًا نشطة إذا كانت تكويناتها منفذة، في حين قد تولد منطقة ذات أمطار أعلى سيولًا أكبر إذا كانت تربتها وصخورها أقل نفاذية (Upton et al., 2018)

وتؤثر التربة كذلك في الاستجابة المائية للحوض؛ فالتربة العميقة والرملية تسمح بزيادة التسرب، بينما تزيد التربة الضحلة أو المتماسكة أو المتدهورة من حجم الجريان السطحي. كما يؤدي ضعف الغطاء النباتي إلى تقليل اعتراض قطرات المطر وزيادة طاقة الجريان والانجراف، الأمر الذي يرفع كمية الرواسب المنقولة في الأودية ويقلل من كفاءة الخزانات والسدود إذا لم تُنفذ عمليات صيانة وإزالة للترسبات بصورة دورية (أحمد والصغير، 2024).

سادسًا: تقييم فرضيات الدراسة

تدعم المعطيات الجغرافية والهيدرولوجية الفرضية الأولى التي تفترض وجود علاقة طردية بين كثافة التساقطات وكثافة الشبكة الهيدروغرافية، إذ تتجمع الأودية الأكثر وضوحًا ونشاطًا في النطاقات الجبلية والساحلية ذات الأمطار الأعلى نسبيًا، ولا سيما في غريان وترهونة والخمس. ومع ذلك، يبقى إثبات الدلالة الإحصائية لهذه العلاقة مرهونًا بحساب كثافة التصريف لكل حوض واستخدام بيانات مطرية مكتملة للفترة 1979–2023م

كما تدعم المعطيات الفرضية الثانية التي تفترض توافق جريان الأودية وتدفق العيون مع مواسم الهطول، ولكن بدرجات مختلفة. فالأودية تستجيب بصورة أسرع للأمطار الخريفية والشتوية، في حين تتأخر استجابة العيون نتيجة الحاجة إلى تسرب المياه وحركتها داخل الخزانات الجوفية. ولذلك يكون جريان الأودية أكثر ارتباطًا بالمطر المباشر، بينما يرتبط تدفق العيون بالتغذية المتراكمة وبخصائص الخزان الجوفي

وتدعم المعطيات الفرضية الثالثة بصورة جزئية؛ إذ تتركز الأودية ذات النشاط الأعلى في المناطق التي تتجاوز أمطارها المعدلات المتوسطة، لكن وصف الأودية بأنها دائمة الجريان يتطلب رصدًا ميدانيًا مستمرًا. والصياغة العلمية الأدق هي أن بعض الأودية قد تشهد جريانًا أطول خلال الموسم المطير، خاصة عندما تتلقى تغذية من عيون محلية أو من تسربات جوفية، لكنها تظل في الغالب أودية موسمية أو متقطعة الجريان

وتؤكد نتائج الدراسة الحديثة في منطقة بدر، وخصائص الجبل الغربي، صحة الفرضية الرابعة التي تنص على أن التضاريس والجيولوجيا عوامل وسيطة في العلاقة بين الأمطار والهيدرولوجيا. فالانحدار يحدد سرعة الجريان، ونوع الرواسب يحدد مقدار التسرب، والقرب من الأودية ينعكس في نوعية المياه الجوفية وإنتاجيتها، وهو ما يوضح أن التفسير الهيدرولوجي لا يمكن أن يعتمد على المطر وحده

المحور الخامس

تقنيات حصاد مياه الأمطار وتخزينها والتحكم في السيلان في شمال غرب ليبيا

تمهيد

تمثل تقنيات حصاد مياه الأمطار أحد أهم البدائل التطبيقية لمواجهة محدودية الموارد المائية في شمال غرب ليبيا، خاصة في ظل موسمية الأمطار وتذبذبها وارتفاع معدلات التبخر. ويقصد بحصاد المياه تجميع مياه الأمطار أو مياه الجريان السطحي وتخزينها أو توجيهها أو إبطاء حركتها، بهدف استخدامها في الشرب والري وسقي الحيوانات والتغذية الجوفية وحماية التربة من الانجراف

ولا يقتصر حصاد المياه على المنشآت الهندسية الحديثة، بل يشمل أيضًا نظمًا تقليدية طورها سكان الجبل الغربي وسهل الجفارة استجابة للظروف الجافة وشبه الجافة. وقد اعتمدت هذه النظم على فهم دقيق لمواضع الجريان السطحي، واتجاهات الانحدار، وطبيعة الصخور والتربة، ومناطق التجمع المائي. ولذلك فإن إعادة تأهيل هذه النظم وتطويرها باستخدام تقنيات حديثة يمثل مدخلًا مهمًا لتعزيز الأمن المائي والحد من أخطار السيول

أولًا: مفهوم حصاد مياه الأمطار وأهميته

يُعرَّف حصاد مياه الأمطار بأنه مجموعة الإجراءات والمنشآت التي تهدف إلى التقاط مياه الهطول أو الجريان السطحي وتجميعها أو تخزينها أو توجيهها نحو مناطق الاستعمال أو التغذية الجوفية. ويشمل ذلك السدود والخزانات الأرضية والصهاريج والمواجل والحواجز الكنتورية والمدرجات الزراعية والسواقي ومنشآت نشر المياه. وتختلف التقنية المناسبة باختلاف كمية الأمطار وشدة الهطول ومساحة الحوض والانحدار ونفاذية التربة ونوع الاستعمال المطلوب للمياه (أحمد والصغير، 2024) .

وتكمن أهمية الحصاد المائي في شمال غرب ليبيا في أنه يخفف من فقد المياه الناتج عن الجريان السريع والتبخر، ويزيد الفترة التي تبقى فيها المياه داخل الحوض. كما يمكن أن يسهم في تقليل ضغط الاستغلال على المياه الجوفية، وتحسين رطوبة التربة، ودعم الزراعة البعلية والزراعة التكاملية، وزيادة الغطاء النباتي، والحد من انجراف التربة. ولا سيما أن الموارد السطحية في ليبيا ترتبط في الغالب بأودية موسمية وجريان قصير المدة بعد العواصف المطرية (Fanack Water, 2020)

وتؤكد الدراسات الحديثة في إقليم غريان أن تقنيات حصاد مياه الأمطار ليست مجرد حلول تقليدية، بل تمثل خيارًا جغرافيًا وتنمويًا يمكن أن يسهم في التعامل مع العجز المائي، خصوصًا عندما يجري اختيار مواقع المنشآت وفق خصائص الأحواض والانحدار ومسارات الجريان ونوعية التربة (أحمد والصغير، 2024).

ثانيًا: منشآت تخزين مياه الأمطار

1. المواجل والماجن

يعدّ الماجن أو الماجل من أقدم منشآت تخزين مياه الأمطار في مناطق الجبل الغربي، ويكون عادةً خزانًا أرضيًا أو شبه أرضي يُحفر في تربة مناسبة أو في موضع صخري مستقر، ثم يُبطّن بالجبس أو الملاط أو الأسمنت لمنع التسرب غير المرغوب فيه. وتُجمع المياه فيه من أسطح صخرية أو منحدرات مهيأة أو قنوات صغيرة، ويستخدم غالبًا لتوفير مياه الشرب والأغراض المنزلية، وقد يستخدم في الري المحدود وسقي الحيوانات (أحمد والصغير، 2024).

وتتميز المواجل بقدرتها على تقليل التعرض المباشر للشمس، ما يساعد نسبيًا في الحد من التبخر مقارنة بالخزانات المكشوفة. إلا أن كفاءتها تتوقف على سلامة التبطين، ووجود غطاء واقٍ، ونظافة مناطق التجميع، وإجراء صيانة دورية للقنوات ومصارف المياه. كما أن استعمالها للشرب يتطلب مراقبة نوعية المياه وتعقيمها عند الضرورة، خاصة بعد العواصف الأولى من الموسم المطري التي قد تحمل ملوثات من الأسطح ومجاري التجميع (Upton et al., 2018)

2. الفساكي والصهاريج

الفساكي والصهاريج منشآت تقليدية لتجميع مياه الأمطار، وتكون غالبًا حفرًا أو خزانات تحت سطح الأرض ذات فوهة محدودة أو فتحة جانبية تتصل بقنوات تجميع. وتتميز الصهاريج بإمكان إنشائها في المواقع الصخرية أو الأراضي المتماسكة، مع تبطين داخلي يمنع التسرب ويحافظ على المياه لفترة أطول. وتنتشر هذه المنشآت في المناطق الجبلية والجنوبية التي تقل فيها موارد المياه الجوفية السهلة أو تتدهور نوعيتها (أحمد والصغير، 2024) .

وتتحدد صلاحية الفساكي والصهاريج حسب خصائص الحوض الصغير المغذي لها؛ إذ يجب أن تكون منطقة التجميع خالية نسبيًا من مصادر التلوث، وأن تكون القنوات ذات ميل مناسب يمنع الترسيب والانغلاق، وأن تتوافر فتحات لتنظيف الخزان وإزالة الرواسب. كما ينبغي الفصل بين مياه الأمطار الأولى، التي قد تحمل غبارًا ومخلفات عضوية، وبين المياه التي تدخل الخزان بعد تنظيف سطح التجميع، لضمان رفع جودة المياه المخزنة.(Upton et al., 2018)

3. الخزانات الأرضية والخزانات المنزلية الحديثة

تمثل الخزانات الأرضية أحد أهم وسائل تخزين الجريان السطحي في مناطق الأودية والمنخفضات. وتُنشأ هذه الخزانات في مواضع تسمح باستقبال جزء من مياه السيلان، وقد تتدرج سعتها من خزانات صغيرة للاستخدام الزراعي المحلي إلى خزانات أكبر مرتبطة بالأحواض ومشاريع الاستصلاح. وتتمثل فائدتها الأساسية في إبطاء الجريان، وتخزين المياه لفترة محدودة، وتوفير مصدر للري التكميلي أو لسقي الحيوانات أو لدعم إعادة شحن المياه الجوفية عند توافر شروط النفاذية المناسبة (أحمد والصغير، 2024) .

أما الخزانات المنزلية الحديثة، فتُبنى غالبًا بمحاذاة المنازل وتجمع مياه الأمطار من الأسطح عبر مزاريب وقنوات مخصصة. وتصلح هذه الخزانات للأغراض المنزلية أو لري الحدائق الصغيرة، شريطة أن تُصمم بسعة تتناسب مع مساحة

السطح ومعدل الأمطار السنوي ومتطلبات الأسرة. وتزداد أهميتها في المناطق التي تتسم بتذبذب الإمداد المائي أو ارتفاع كلفة نقل المياه، إلا أن استخدامها للشرب يتطلب التحقق من نوعية المياه وإجراء المعالجة المناسبة عند الحاجة (Fanack Water, 2026)

جدول (8): منشآت تخزين المياه وخصائصها الوظيفية

المنشأة	مصدر المياه	الاستخدام الغالب	الموقع الملائم	أهم متطلبات الصيانة
الماجن أو الماجل	مياه أسطح وصخور ومجاري صغيرة	شرب وأغراض منزلية	مناطق مرتفعة أو ريفية	تنظيف الخزان والتبطين والغطاء
الفساكي	أمطار وجريان موضعي	شرب وسقي حيوانات	المناطق الجبلية والجنوبية	إزالة الرواسب وصيانة الفتحة
الصهاريج	مياه سفوح وقنوات	منزلي وري محدود	تربة صلبة أو مواقع صخرية	التبطين وفحص التسرب
الخزانات الأرضية	جريان الأودية والسيول	ري تكميلي وتغذية جوفية	منخفضات ومناطق سيلان	إزالة الطمي وتدعيم الجوانب
الخزانات المنزلية	مياه أسطح المنازل	استخدام منزلي وحدائق	التجمعات السكنية	تنظيف السطح والمرشحات والخزان

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على أحمد والصغير (2024)، والهيئة العامة للمياه.(1990)

ثالثًا: تقنيات التحكم في السيلان وحماية التربة

1. المدرجات الزراعية ومدرجات الحماية

تعد المدرجات من أهم تقنيات المحافظة على المياه والتربة في المناطق المنحدرة. وتُنشأ المدرجات عادةً على خطوط الكنتور أو بميل بسيط ومدروس، بهدف إبطاء سرعة المياه ومنعها من الانحدار المباشر نحو أسفل السفح. وتؤدي هذه الوظيفة إلى زيادة زمن بقاء المياه فوق سطح الأرض، ومن ثم رفع فرص التسرب داخل التربة وتقليل الانجراف الصفائحي والأخدودي (أحمد والصغير، 2024) .

وتستخدم مدرجات الحماية في الأجزاء العليا من السفوح لتلقي المياه القادمة من المناطق المرتفعة وتوجيه الفائض نحو منافذ آمنة أو نحو مدرجات أدنى. أما مدرجات الزراعة فتقام في الأجزاء التي تتوافر فيها تربة أعمق، وتستخدم لزراعة الزيتون والتين واللوز والكروم والمحاصيل المناسبة. وتزداد فاعلية المدرجات عندما تقترن بتشجير السفوح وصيانة الحواجز الحجرية ومنع الرعي الجائر، لأن الغطاء النباتي يقلل من طاقة قطرات المطر ويثبت التربة (سعد، 2025؛ أحمد والصغير، 2024).

2. الحواجز الكنتورية والمصاطب

الحواجز الكنتورية هي حواجز ترابية أو حجرية تقام بمحاذاة خطوط الارتفاع المتساوي في الأراضي ذات الانحدار المنخفض أو المتوسط. وتعمل هذه الحواجز على قطع مسار الجريان السطحي، وحجز جزء من المياه والرواسب، وزيادة رطوبة التربة في المنطقة الواقعة خلف الحاجز. وتصلح هذه التقنية للزراعات الحقلية والأشجار، خصوصًا في الأراضي التي تتراوح انحداراتها بين 3% و8%، مع ضرورة تحديد المسافات بين الحواجز بحسب درجة الانحدار وخصائص التربة (أحمد والصغير، 2024) .

أما المصاطب فهي حواجز أكثر انتظامًا قد تكون حجرية أو ترابية، وتؤدي وظيفة مشابهة للحواجز الكنتورية، لكنها تستخدم غالبًا في السفوح الزراعية لتقليل سرعة الجريان وحجز التربة المنقولة. وتعد هذه المنشآت من أكثر الأساليب ملاءمةً في الجبل الغربي، لأن كثيرًا من الأراضي الزراعية تقع فوق سفوح أو هضاب تتعرض للانجراف عند سقوط الأمطار الغزيرة (سعد، 2025)

3. الجسور والطوابي والسدات الترابية

تمثل الجسور والطوابي والسدات الترابية منشآت لحجز المياه والرواسب في الشعاب ومجاري الأودية الصغيرة. ويجري إنشاؤها من التربة المدكوكة، وقد تدعم بالحجارة من جهة المجرى أو عند القاعدة لتقليل النحر والانهيار. وتعمل هذه

المنشآت على خفض سرعة المياه، وحجز جزء من التربة المنقولة، وتهيئة مساحات يمكن استغلالها زراعيًا خلف الحاجز، خاصة في زراعة الأشجار والمحاصيل الموسمية (أحمد والصغير، 2024) .

وتحتاج السدات الترابية إلى تصميم هندسي مناسب؛ إذ إن إقامة حاجز دون دراسة كمية الجريان أو قدرة المجرى قد تؤدي إلى انهياره خلال العواصف الشديدة. لذلك ينبغي أن تتضمن المنشأة مفيضًا أو منفذًا آمنًا لتصريف المياه الزائدة، وأن يجرى فحصها دوريًا بعد كل موسم مطير. وتؤكد خبرات إدارة السدود في ليبيا أهمية الصيانة الدورية وتنظيف مجاري الأودية ومراقبة الرواسب لضمان استمرار كفاءة المنشآت وتقليل أخطار الفيضانات(The Libya Observer, 2026)

4. المساقي والسواقي ونشر المياه

المساقي هي مناطق تجميع لمياه السيلان، تُهيأ عادةً فوق أرض زراعية أو بجوارها، وتُستخدم لتوجيه المياه نحو أحواض أو مناقع زراعية. أما السواقي فهي قنوات صغيرة محفورة أو مبنية تنقل مياه الأمطار أو السيول من مناطق التجميع إلى الحقول أو المواجل أو الصهاريج أو الخزانات الأرضية. وتزداد أهمية هذه التقنية في المناطق التي تسمح تضاريسها بتوجيه المياه بالجاذبية من السفوح إلى الأراضي الزراعية الواقعة في مستويات أدنى (أحمد والصغير، 2024) .

وتقوم تقنية نشر المياه على تحويل جزء من مياه الوادي من مجراه الطبيعي إلى مناطق زراعية مجاورة ذات انحدار ضعيف وتربة عميقة نسبيًا. ويتم ذلك باستخدام حاجز منخفض أو منشأة تحويل ترفع منسوب المياه بصورة مؤقتة، ثم توجهها عبر قنوات إلى الأراضي المستفيدة. وتصلح هذه التقنية للزراعة التكميلية ولتغذية التربة، لكنها تتطلب دراسة دقيقة لخصائص الحوض حتى لا تؤدي إلى تآكل جوانب الوادي أو إغراق الأراضي أو حرمان المناطق الواقعة في اتجاه المصب من حصتها الطبيعية من المياه (الهيئة العامة للمياه، 2001).

رابعًا: اختيار التقنية المناسبة حسب الحوض المائي

لا توجد تقنية واحدة تصلح لكل أودية شمال غرب ليبيا، بل يجب اختيار التقنية وفقًا لخصائص الحوض. ففي الأحواض الجبلية الصغيرة ذات الانحدار العالي، مثل أجزاء من غريان ويفرن وترهونة، تكون المدرجات والحواجز الحجرية والحواجز الكنتورية والسدود الصغيرة أكثر ملاءمة، لأنها تعمل على إبطاء الجريان وتقليل الانجراف قبل وصول المياه إلى المجاري الرئيسة. أما في الأحواض الواسعة أو السهول ذات الانحدار الضعيف، فتكون الخزانات الأرضية ونظم نشر المياه والسواقي أكثر ملاءمة لتجميع الجريان وتوجيهه نحو الأراضي الزراعية أو مناطق التغذية الجوفية (Al-Khafaji et al., 2026).

وفي المناطق الداخلية ذات الأمطار المنخفضة، مثل نالوت وجادو وغدامس، تزداد أهمية المنشآت الصغيرة والمغلقة نسبيًا، كالمواجل والفساكي والصهاريج والخزانات المنزلية، لأن الجريان السطحي فيها محدود وغير مضمون. وتساعد هذه المنشآت في تخزين مياه أمطار قليلة نسبيًا، لكنها ذات قيمة كبيرة للاستخدام المنزلي وسقي الحيوانات والزراعة المحدودة، بشرط صيانة مناطق التجميع ومنع التلوث (Fanack Water, 2020)

جدول (9): التقنيات المناسبة حسب خصائص الحوض

نوع الحوض	الخصائص الرئيسة	التقنيات الملائمة	الهدف
حوض جبلي شديد الانحدار	سيول سريعة وتعرية مرتفعة	مدرجات، حواجز حجرية، سدود صغيرة	إبطاء الجريان وحماية التربة
حوض متوسط الانحدار	جريان موسمي متوسط	حواجز كنتورية، خزانات أرضية، سواقي	حصاد المياه والزراعة التكميلية
حوض سهلي أو منخفض	انحدار ضعيف وترسيب أعلى	نشر المياه، خزانات، مناقع زراعية	تخزين المياه وزيادة التسرب
حوض داخلي جاف	أمطار منخفضة وجريان محدود	مواجل، فساكي، صهاريج منزلية	الاستخدام المنزلي وسقي الحيوانات
مجرى وادٍ رئيس	تصريف أعلى وسيول محتملة	سدود مدروسة، مفيضات، تنظيف المجرى	التحكم في الفيضانات والتخزين

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على أحمد والصغير (2024)، و(2026) Fanack Water، والهيئة العامة للمياه (2001).

خامسًا: معوقات حصاد المياه وإدارة السيلان

تواجه تقنيات حصاد المياه في شمال غرب ليبيا عددًا من المعوقات، أهمها التذبذب الكبير في الأمطار، وارتفاع التبخر، وتراكم الرواسب في الخزانات والسدود، وضعف أعمال الصيانة، والتوسع العمراني في مجاري الأودية، وغياب قواعد بيانات حديثة ومتكاملة عن التصريف والسيول. كما أن اختيار موقع غير مناسب لمنشأة الحصاد قد يؤدي إلى ضعف كفاءتها أو تعرضها للتلف خلال العواصف الشديدة (سعد، 2025) .

وتحتاج الإدارة الفعالة لمياه الأمطار إلى الجمع بين المعالجة الهندسية والمعالجة البيئية. فالمعالجة الهندسية تشمل إنشاء السدود الصغيرة والخزانات والحواجز والقنوات والمفيضات، بينما تشمل المعالجة البيئية إعادة تشجير السفوح، وحماية الغطاء النباتي، وتنظيم الرعي، وتقليل تدهور التربة، ومنع رمي المخلفات في الأودية وقنوات التصريف. ويؤدي التكامل بين هذين الجانبين إلى رفع كفاءة الحصاد المائي وتقليل المخاطر المرتبطة بالسيول والانجراف (Fanack Water, 2026).

الخاتمة

تناولت الدراسة التباين المكاني والزماني للتساقطات المطرية وأثره في تشكيل الشبكة الهيدروغرافية في شمال غرب ليبيا، من خلال الربط بين أنماط الهطول وبين الأودية والعيون وخصائص الأحواض المائية. وقد تبين أن العلاقة بين المطر والشبكة الهيدروغرافية ليست علاقة مباشرة أو ثابتة، بل تحكمها مجموعة من العوامل الطبيعية الوسيطة، أهمها التضاريس والانحدار والبنية الجيولوجية ونفاذية التربة والغطاء النباتي واستخدامات الأرض.

وتبرز منطقة شمال غرب ليبيا بوصفها إقليمًا متدرجًا مناخيًا وهيدرولوجيًا؛ إذ تتأثر الأجزاء الساحلية والمرتفعات الشمالية للجبل الغربي بالمنخفضات الجوية المتوسطية، بينما تتراجع كمية الأمطار تدريجيًا نحو الجنوب والجنوب الغربي. وينعكس هذا التدرج في اختلاف كثافة الأودية ونمط تصريفها، وفي تباين فرص الجريان السطحي والتغذية الجوفية وظهور العيون .

كما أكدت الدراسة أن نجاح إدارة الموارد المائية في الإقليم لا يعتمد على زيادة السدود أو الخزانات فقط، بل يتطلب إدارة متكاملة للأحواض تشمل حماية مجاري الأودية، وصيانة منشآت التخزين، وإعادة تأهيل العيون، وتحسين الغطاء النباتي، وتنظيم التوسع العمراني والزراعي داخل مناطق السيول، وتحديث قواعد البيانات المناخية والهيدرولوجية.

أولًا: النتائج

توصلت الدراسة إلى مجموعة من النتائج الرئيسة، يمكن عرضها على النحو الآتي:

1. يتميز التوزيع المكاني للأمطار في شمال غرب ليبيا بتدرج واضح من الشمال إلى الجنوب؛ إذ ترتفع المعدلات في المناطق الساحلية والمرتفعات الجبلية، ولا سيما في نطاقي غريان وطرابلس، ثم تنخفض تدريجيًا باتجاه نالوت والقريات وغدامس. ويرجع ذلك إلى اختلاف القرب من البحر المتوسط، والارتفاع، واتجاه السفوح، ومدى التأثر بالمنخفضات الجوية المتوسطية.

2. تتصف الأمطار في منطقة الدراسة بتركيزها الفصلي؛ إذ يتركز معظم الهطول خلال الشتاء والخريف، بينما تقل الأمطار في الربيع وتكاد تنعدم في الصيف. ويؤدي هذا النمط إلى موسمية شديدة في الجريان السطحي، إذ تنشط الأودية في الخريف والشتاء ثم تضعف أو تجف خلال فصل الصيف.

3. لا ترتبط فعالية المطر هيدرولوجيًا بكمية الهطول السنوي فقط، بل تتأثر أيضًا بشدة الهطول ومدته وتكراره. فالأمطار الغزيرة التي تهطل خلال مدة قصيرة قد تولد سيولًا سريعة وانجرافًا للتربة، خاصة في الأحواض الجبلية الصغيرة شديدة الانحدار، بينما تسمح الأمطار المتوسطة والممتدة زمنيًا بزيادة فرص التسرب والتغذية الجوفية.

4. تتكون الشبكة الهيدروغرافية في شمال غرب ليبيا من أودية موسمية أو متقطعة الجريان، ولا يصح علميًا وصفها بأنها أودية دائمة الجريان إلا عند توافر قياسات تصريف مستمرة تثبت ذلك. وتنقسم هذه الأودية إلى أودية خارجية الصرف تتجه نحو سهل الجفارة والبحر المتوسط، وأودية داخلية تنتهي في الأحواض والمنخفضات الداخلية أو تفقد مياهها بالتسرب والتبخر.

5. تتركز الأودية ذات الاستجابة السريعة والسيول الموسمية في نطاق غريان والجبل الغربي الشرقي وترهونة، بسبب اجتماع الانحدارات المرتفعة وكميات الأمطار النسبية وطبيعة الأحواض. أما الأودية في نالوت وجادو

والرحيبات فتتصف أكثر بالتصريف الداخلي أو المختلط وبالاعتماد الأكبر على منشآت حصاد المياه والتغذية المحلية.

6. يمثل وادي المجينين نموذجًا تطبيقيًا مهمًا للأودية الموسمية ذات القيمة المائية والخطرة في الوقت ذاته. وتبلغ السعة التصميمية المنشورة لخزان سد وادي المجينين 58 مليون متر مكعب، بينما تصل سعة التخزين السنوية المتوسطة المنشورة إلى نحو 10 ملايين متر مكعب، ما يبرز دور السدود في التحكم في الجريان الموسمي وتخزين المياه والحد من الفيضانات .

7. تظهر العيون والينابيع بوصفها استجابة جوفية متأخرة للتساقطات المطرية، إذ تتسرب المياه عبر التكوينات المنفذة أو المتشققة ثم تظهر على السطح في مواضع تتأثر بالتركيب الجيولوجي والانحدار وعمق المياه الجوفية. ولذلك تختلف العيون في تصريفها وملوحتها واستمرارية تدفقها من موقع إلى آخر.

8. أظهرت الدراسة الحديثة في منطقة بدر الواقعة عند الحافة الشمالية للجبل الغربي وجود خزان مائي ضحل بين عمقي 16 و25 مترًا، وخزان أعمق بين عمقي 60 و90 مترًا. كما بينت أن الآبار القريبة من الأودية والرواسب الرملية الطينية أقل ملوحة وأعلى تصريفًا نسبيًا من الآبار البعيدة عن الأودية ذات الرواسب الطينية التبخرية، ما يؤكد دور الأودية والرواسب في تغذية المياه الجوفية.

9. أسهمت تقنيات حصاد مياه الأمطار التقليدية، مثل المواجل والفساكي والصهاريج والسواقي، في تلبية الاحتياجات المحلية للمياه. كما تمثل الخزانات الأرضية والسدود الصغيرة والحواجز الكنتورية والمدرجات الزراعية تقنيات مناسبة لرفع كفاءة استغلال مياه الجريان السطحي، والحد من فقدها بالتبخر والانجراف.

10. لا تتوافر سجلات عامة منشورة ومكتملة لتصريف جميع الأودية أو إنتاجية كل العيون للفترة 1979–2023م؛ لذلك ينبغي عدم التعامل مع البيانات التاريخية للعيون بوصفها قياسات حديثة. ويتطلب التحديث العلمي لهذه القيم إجراء قياسات ميدانية دورية أو الحصول على سجلات حديثة من الهيئة العامة للمياه ووزارة الموارد المائية.

ثانيًا: التوصيات

في ضوء النتائج السابقة، توصي الدراسة بما يأتي:

1. إنشاء قاعدة بيانات مناخية وهيدرولوجية موحدة تضم بيانات الأمطار اليومية والشهرية، وتصريف الأودية، ومنسوب المياه الجوفية، وإنتاجية العيون، ونوعية المياه، وتحديثها بصورة منتظمة للفترة 1979–2023م وما بعدها.

2. اعتماد بيانات المركز الوطني للأرصاد الجوية مصدرًا رئيسًا لبيانات المحطات، مع استكمال الفجوات باستخدام بيانات ERA5-Land وCHIRPS، ثم إجراء المقارنة والتحقق بين البيانات المرصودة والبيانات الشبكية قبل اعتمادها في التحليل النهائي.

3. إجراء مسح ميداني حديث للعيون الرئيسة، خصوصًا عيون الرابطة وغين الترك وزارت والشرشارة وتموقط والجوش وشكشوك، يتضمن قياس التصريف والملوحة ودرجة الحرارة ومنسوب المياه الجوفية وحالة قنوات التصريف، على أساس شهري أو فصلي.

4. إعداد خرائط أخطار السيول باستخدام نموذج الارتفاع الرقمي DEM، وبيانات المطر اليومي أو الساعي، وكثافة الأودية، والانحدار، واستخدامات الأرض، مع إعطاء أولوية لأحواض وادي المجينين ووادي الرمل والأودية الجبلية في غريان وترهونة.

5. التوسع في إنشاء السدود الصغيرة والحواجز الكنتورية والخزانات الأرضية في الأحواض الجبلية، بعد إجراء دراسات هيدرولوجية وهندسية تحدد حجم الجريان المتوقع، وقدرة الحوض، ومواقع المفيضات، وتراكم الرواسب، لتجنب انهيار المنشآت أو تقليل كفاءتها.

6. إعادة تأهيل منشآت حصاد المياه التقليدية، مثل المواجل والفساكي والصهاريج والسواقي، وربطها بتقنيات حديثة للترشيح والتعقيم والخزانات المغلقة، خاصة في المناطق التي تتسم بمحدودية المياه الجوفية أو ارتفاع ملوحتها.

7. حماية مجاري الأودية من التعديات العمرانية والزراعية ورمي المخلفات، ووضع حرم مائي واضح للأودية ومناطق السيول، لأن وجود العمران داخل المجاري أو بالقرب منها يزيد من أخطار الفيضانات والخسائر البشرية والمادية.
8. حماية مناطق التغذية الجوفية على سفوح الجبل الغربي، ومنع الأنشطة الملوثة أو الحفر العشوائي أو الاستغلال غير المنظم للآبار فيها، لأن تدهور هذه المناطق يؤثر في نوعية المياه الجوفية وإنتاجية العيون.
9. دعم إعادة التشجير وزراعة الأشجار المناسبة بيئيًا، ولا سيما الزيتون والتين واللوز، في المدرجات والأحواض الهلالية والسفوح القابلة للزراعة، لما لذلك من دور في تقليل الانجراف وزيادة رطوبة التربة وتحسين الاستفادة من مياه الأمطار.
10. إجراء دراسات تفصيلية مستقلة لكل حوض مائي رئيس، تعتمد على قياسات حديثة للأمطار والتصريف والرواسب ونوعية المياه، حتى يمكن تقدير الإمكانات التخزينية وحجم الفيضانات وتصميم منشآت حصاد مياه مناسبة لكل حوض.

قائمة المراجع

1. أحمد، أسامة عمر، والصغير، إبراهيم محمد. (2024). تحليل جغرافي لحصاد مياه الأمطار في إقليم غريان .المجلة الأفروآسيوية للبحث العلمي، 2(3)، 177-186
2. إسماعيل، مسعود عجينة .(2002) .الموارد المائية في ليبيا: دراسة في الجغرافيا الهيدرولوجية .دار النشر الجامعي، بنغازي.
3. الهيئة العامة للمياه .(1990) .الهبوط في منسوب المياه وتأثيره على مصادر المياه الجوفية ببلدية طرابلس [تقرير غير منشور]. طرابلس، ليبيا.
4. الهيئة العامة للمياه .(2001) .تقرير حول تقديرات الميزان المائي للأحواض المائية بالجماهيرية [تقرير غير منشور]. طرابلس، ليبيا.
5. خماج، أحمد إبراهيم، والميلودي، [الاسم الكامل]. (2019). تحليل الجفاف المناخي باستخدام مؤشر المطر المعياري لبعض المناطق في سهل الجفارة للفترة بين عامي 1962 و1999 .المجلة الليبية للعلوم الزراعية، 24(1)، 1-17
6. سعد، علي منصور. (2025). خصائص الأمطار بإقليم الجبل الغربي وأثرها على البيئة والتصحر .مجلة الجبل للعلوم الإنسانية والتطبيقية.
7. الفطيسي، رشيد سالم، وسالم، عبد الله .(1992) .العيون والينابيع بمنطقة الجبل الغربي .الهيئة العامة للمياه، طرابلس.
8. المركز الوطني للأرصاد الجوية .(2023) .بيانات الأمطار الشهرية والسنوية لمحطات شمال غرب ليبيا، 1979–2023 [بيانات غير منشورة]. إدارة المناخ، طرابلس، ليبيا.
9. Al-Khafaji, A., et al. (2026). Hydrology and sedimentology study of Badr area, northwest Libya, and its tectonic implications. Iraqi Journal of Science.
10. Climate Hazards Center. (2026). Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS), version 3. University of California, Santa Barbara.
11. Copernicus Climate Change Service. (2026). ERA5-Land monthly averaged data from 1950 to present. Climate Data Store.
12. Fanack Water. (2020). Water resources in Libya.
13. Fanack Water. (2026). Water infrastructure in Libya.
14. Libya Herald. (2023, September 21). Tripoli authorities inspect and clear Wadi Mejeneen to mitigate flood risks.
15. The Libya Observer. (2026, March 17). Ministers review status of Wadi Al-Mujinin dam.
16. Upton, K., Ó Dochartaigh, B. É., & Bellwood-Howard, I. (2018). Hydrogeology of Libya. British Geological Survey.