المجلة الليبية للدراسات الأكاديمية المعاصرة (Libyan Journal of Contemporary Academic Studies)
LJCAS, eISSN: 5970-3005
Volume 4, Issue 2, 2026, Pages: 64-76

Spatial Analysis of Rooftop Rainwater Harvesting Potential: A Vision Toward Water Sustainability at University of Tripoli

Dr. Abeer Faiz Alfituri Alkrekchi *
Libyan Climate Change Research Center, Tripoli, Libya
*Corresponding author: aalkrekchi74@gmail.com

التحليل المكاني لإمكانية حصاد مياه الامطار من أسطح المباني: رؤية نحو الاستدامة المائية في جامعة طرابلس

د.عبير فائز الكريكشي *
المركز الليبي لأبحاث تغير المناخ، طرابلس، ليبيا

Received: 05-06-2026; **Accepted:** 25-08-2026; **Published:** 08-09-2026

Abstract:
Water scarcity has emerged as a global crisis affecting nations worldwide. Driven by escalating water demand, rapid population growth, and climate change—which poses a severe threat to existing water resources—countries are actively seeking effective, sustainable solutions and alternative water supplies. Among the most prominent of these solutions is rainwater harvesting, which alleviates pressure on groundwater reserves, mitigates flood risks, and enhances resilience to climate variability. This study was conducted to quantify the potential volume of harvestable rainwater from the rooftops of buildings at the University of Tripoli (Campus A). Using Geographic Information Systems (GIS) techniques, the total rooftop surface area was delineated and calculated at 138,903.5 m.2Based on monthly and annual precipitation datasets from the National Meteorological Center, alongside granular data from eight specific rainfall events recorded by the Faculty of Agriculture meteorological station, the results indicate that capturing these eight storm events alone yields a collectable water capacity of 13,273.5 m3 over just eight days of precipitation. The study concludes that adopting this technology is essential as a sustainable water management strategy. Modern rainwater harvesting transcends simple collection in storage barrels; it encompasses engineered systems tailored to site conditions, operational water demands, and environmental goals. Such systems reduce water waste, resolve rooftop pooling and wall-seepage issues that lead to structural degradation, and contribute to resource recharge.

Keywords: Water Scarcity, Climate Change, Rainwater Harvesting, Geographic Information Systems (GIS), Rain Storm.

الملخص :
أصبحت ندرة المياه أزمة عالمية تؤثر على دول العالم على حد سواء، ومع تزايد الطلب على المياه وتزايد النمو السكاني والتغير المناخي وما يشكله من خطر على الموارد المائية فإن جميع دول العالم تسعى إلى حلول مستدامة فعالة ومصادر مائية بديلة عن المصادر الحالية، ومن أبرز هذه الحلول هو حصاد مياه الامطار الذي يقلل من الضغط على المياه الجوفية وتقليل مخاطر الفيضانات وتعزيز القدرة على التكيف مع تقلبات المناخ. أجريت هذه الدراسة لحساب كمية مياه الامطار الممكن حصادها من أسطح مباني جامعة طرابلس (القاطع أ) حيث اعتمدت الدراسة على استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لرسم وحساب مساحات أسطح المباني والتي بلغت 138,903.5 متر مربع ،وبالاعتماد على بيانات الامطار الشهرية والسنوية لمنطقة الدراسة من المركز الوطني للأرصاد الجوية، وكذلك عدد 8 عواصف مطرية تم تحديدها من بيانات محطة ارصاد كلية الزراعة، حيث أظهرت النتائج أن حصر العواصف المطرية وحدها يتيح طاقة إنتاجية مائية يمكن تجميعها بلغت 13,273.5 متراً مكعباً خلال ثمانية أيام فقط من الهطول. وتخلص الدراسة إلى ضرورة تبني هذه التقنية كحل مستدام لإدارة المياه. إن تجميع مياه الأمطار الحديث يتجاوز مجرد جمعها في براميل، فهو يشمل أنظمة هندسية مصممة لتناسب ظروف الموقع، واحتياجات المياه، والأهداف البيئية. ويقلل من هدر الموارد المائية، ويعالج مشاكل تجمع المياه على الاسطح وتسربها إلى داخل المباني عبر الجدران مسببة في تهالكها، كما يساهم في إعادة استزراع المساحات الفضاء لتحقيق أهداف التنمية المستدامة داخل الحرم الجامعي.

الكلمات المفتاحية: ندرة المياه، التغير المناخي، حصاد مياه الامطار، نظم المعلومات الجغرافية، عواصف مطرية.

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

المقدمة

يشهد العالم تغيرات مناخية متسارعة تؤثر بشكل كبير على الموارد المائية، حيث تتغير أنماط هطول الأمطار وتزداد حالات الجفاف والتصحر. فقد تغيرت أنماط هطول الأمطار خلال السنوات الاخيرة ومن المرجح أن تستمر في التغير، لذا لقد أصبح من الضروري البحث عن مصدر مائي أخر لإدارة مستدامة للمياه .

تعتبر ليبيا من الدول ذات الموارد المائية المحدودة ، وبتزايد عدد السكان والتوسع الحضري الغير مخطط المصاحب لانعدام الإدارة الرشيدة للمياه، بالإضافة إلى التغيرات المناخية ،كل هذه العوامل أدت إلى استنزاف للمياه الجوفية التي تمثل حوالي 90% من إجمالي المياه المتاحة في ليبيا وتبين أن قطاع الزراعة هو الأكثر استهلاكاً للمياه ، وقد لوحظ أن هناك عجز مائي نتيجة عدم الاستخدام الأمثل للموارد المائية المتاحة مما أدى إلى هبوط مناسيبها في المناطق الساحلية (خليفة،2021). الامر الذي يستوجب البحث عن مصادر وتقنيات تعمل على تقليل الضغط على المياه الجوفية. يعتبر حصاد مياه الامطار تقنية يتم من خلالها تجميع المياه الامطار بشكل فعال خلال الفترات التي يحدث فيها الهطول. حيث يمكن جمع مياه الأمطار وتخزينها من الأسطح باستخدام تقنيات بسيطة كالخزانات الطبيعية أو الاصطناعية (Helmreich وHorn،2009).

تعتبر جامعة طرابلس قاطع أ من المواقع الحيوية التي تحتوي على مساحة كبيرة من الاراضي تنقسم ما بين مباني ومدرجات ومرافق إداري .....إلخ، وبالرغم من توفر معدلات هطول جيدة إلا انه لا يستفاد منها ولا يتم تجميعها . من هنا جاءت فكرة هذا البحث الذي يدرس إمكانية تطبيق حصاد مياه الامطار من اسطح مرافق جامعة طرابلس كحل لإدارة المياه وتحقيق الاستدامة المائية.

مشكلة الدراسة

تتجسد مشكلة البحث في التناقض القائم داخل جامعة طرابلس بين الهدر المائي المسبب للأزمات، والعجز المائي المعيق للخدمات. فمن جهة، تعاني الجامعة من سوء إدارة مياه الأمطار الذي يؤدي إلى تسرب المياه وتضرر المباني، وغرق الطرق الداخلية مما يسبب اختناقات مرورية تنعكس سلباً على الوضع النفسي والأكاديمي لمرتادي الجامعة. ومن جهة أخرى، تعاني مرافق الجامعة من انقطاعات متكررة في إمدادات المياه، مما يؤدي إلى جفاف المسطحات الخضراء (كما في كلية الزراعة) وإغلاق المرافق الصحية. وعليه، تبرز الحاجة الملحة لدراسة وتقييم أنظمة حصاد مياه الأمطار كحل مزدوج لإدارة المخاطر الهيدرولوجية وتحقيق الاستدامة المائية.

السؤال الرئيسي للدراسة

كيف يمكن لتقنيات حصاد مياه الأمطار من أسطح مباني مركب جامعة طرابلس أن تساهم في معالجة المشكلات الهيدرولوجية القائمة وتخفيف العجز المائي لتحقيق استدامة الموارد المائية داخل الجامعة؟

فرضيات الدراسة

تطبيق حصاد مياه الأمطار في جامعة طرابلس سيساعد في تحقيق إدارة أكثر استدامة للموارد المائية وتقليص الاعتماد على المصدر الرئيسي. كما يمكن لكميات مياه الأمطار المتجمعة من أسطح المباني جامعة طرابلس أن تكون كافية لتغطية نسبة من الاحتياجات الجامعة المتعلقة بالمياه غير الخاصة بالشرب مثل ري الحدائق وتنظيف المرافق كما جاء في نتائج دراسة (بن طاهر،2021) التي اثبتت ان ما يتم تجميعه بصفة تراكمية من أسطح المباني من كميات لمياه الامطار بالسنة يقدر $329989.06\ m^3$ ويغطي حوالي 36.4% من الطلب على المياه الصالحة للشرب لسكان مدينة سوسة.

أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق مجموعة من الاهداف المترابطة والتي يمكن ذكرها كالتالي:

1- تحديد مساحة أسطح مباني الجامعة واختيار المباني ذات المساحات الاكبر عن طريق رسمها على خريطة Google earth وتحويلها إلى برنامج ArcMap لتحديد المساحات، وكذلك تحديد ميل وارتفاعات الأرض داخل منطقة الدراسة.

2- تحديد مساحة أسطح مباني الجامعة واختيار المباني ذات المساحات الاكبر عن طريق رسمها على خريطة Google earth وتصديرها إلى برنامج ArcMap لتحديد المساحات المستهدفة للدراسة.

3- تحديد انحدار منطقة الدراسة من خلال تحليل صورة نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) للمنطقة داخل بيئة برنامج الارك ماب من خلال أدوات تحليل السطح (service).

4- تحديد العواصف المطرية التي تستقبلها المنطقة من خلال جمع بيانات الامطار من محطة كلية الزراعة بالجامعة التي تقدم بيانات كل خمس دقائق وكل ساعة.

5- تحديد معاملات الجريان السطحي للأسطح حسب انواعها المختلفة.

6- تقدير كميات المياه التي يمكن تجميعها من أسقف المباني ومدى مساهمتها في تقليل الاعتماد على المياه الجوفية.

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

أهمية الدراسة

تبرز أهمية البحث في أنه أول بحث يختص بإدارة الموارد المائية على مستوى الجامعة، ويمكن من خلاله تقديم مقترح لإنشاء نظام حصاد للمياه وتقديم توصيات تساهم في تحسين إدارة الموارد المائية.

الدراسات السابقة

تناولت العديد من الدراسات التي تتطابق مه هذه الدراسة في أهمية حصاد مياه الامطار كمصدر بديل للمياه واستغلال أمثل لمياه الامطار، نذكر منها ما يلي :

توصلت دراسة (Mathur وDadhich،2016) التي تناولت تطبيق مبدأ حصاد مياه الامطار من اسطح المباني في ثلاث مدن بالهند باستخدام الصور الفضائية وبرنامج QGiS ، ان كمية المياه المجمعة من مياه الامطار قدرت بحوالي 4.2 مليون متر مكعب في السنة.

أما (Hari،2019) فقامت بدراسة لحساب كمية حصاد مياه الامطار من سطح مبنى مقر كلية فاردهامان للهندسة بحيدر اباد بالباكستان، وتوصلت عن طريق استخدام الصور الفضائية وبرنامج ArcGis10.3 ان الكمية الاجمالية المحتمل حصادها من مياه الامطار من السطح المستهدف قدرت 11653860 لتر. وهي كمية تغطي 47% من الاحتياج البشري للمياه.

دراسة (الرواشدة، 2019) حصاد مياه الامطار وتنمية موارد المياه في الشريط الساحلي/ للبطنان (عين الغزالة – البردي)، حيث تتباين معدلات الامطار بين 93.3 ملم/ سنة في عين الغزالة غرباً إلى 132.2 ملم / سنة في طبرق ثم 124 ملم/سنة في مناطق بئر لشهب والبردي. ومن خلال الموازنة المائية قدر البخر بين 75-90% من مجمل معدلات الامطار، فيما قدر الرشح 5-10%، والجريان السطحي 5-115.5 ملم في المنطقة. وفي عموم الساحل بلغ المعدل العام للوارد من الامطار 253.7 مليون متر مكعب فيما بلغ الجريان السطحي 12.7-25.4 مليون متر مكعب وهي التي يعتمد عليها في الحصاد المائي، وخلال السنوات الرطبة ترتفع معدلات الوارد المائي فيما تقل في السنوات الجافة ويهبط معها الوارد المائي للأمطار وينخفض الجريان السطحي.

(Mishra وأخرون،2020) في دراستهم لتصميم هيكل لتجميع مياه الامطار من أسطح جامعة أميتي مومباي بولاية ماهاراشترا الهندية، تم اختيار سطح المبنى الرئيسي لتجميع مياه الامطار مع الاخذ في الاعتبار الطلب على المياه داخل الحرم الجامعي، كما اكدوا ان حصاد مياه الامطار من مباني الحرم الجامعي يمكن ان يحل مشاكل ندرة المياه عن طريق تخزين كمية ضخمة من المياه.

وذكرت (بن طاهر،2021) في دراستها لتقدير كميات حصاد مياه الامطار من اسطح المنازل بالمناطق الجافة وشبه جافة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية بمدينة سوسة بليبيا ان ما يتم تجميعه من أسطح المباني يغطي حوالي 36.4% من الطلب على المياه الصالحة للشرب لمدينة سوسة، كما اكدت الدراسة ان حصاد مياه الامطار حلاً لمشكلة الازدحام المروري أثناء المواسم المطيرة بالمدينة.

تتوافق هذه الدراسة مع الدراسات التي تم ذكرها في انها تتناول نفس موضوع البحث ولكنها تختلف معها في موقع الدراسة حيث انها تعتبر الاولى في دراسة امكانية تطبيق تقنية حصاد مياه الامطار داخل جامعة طرابلس قاطع أ.

منهجية الدراسة

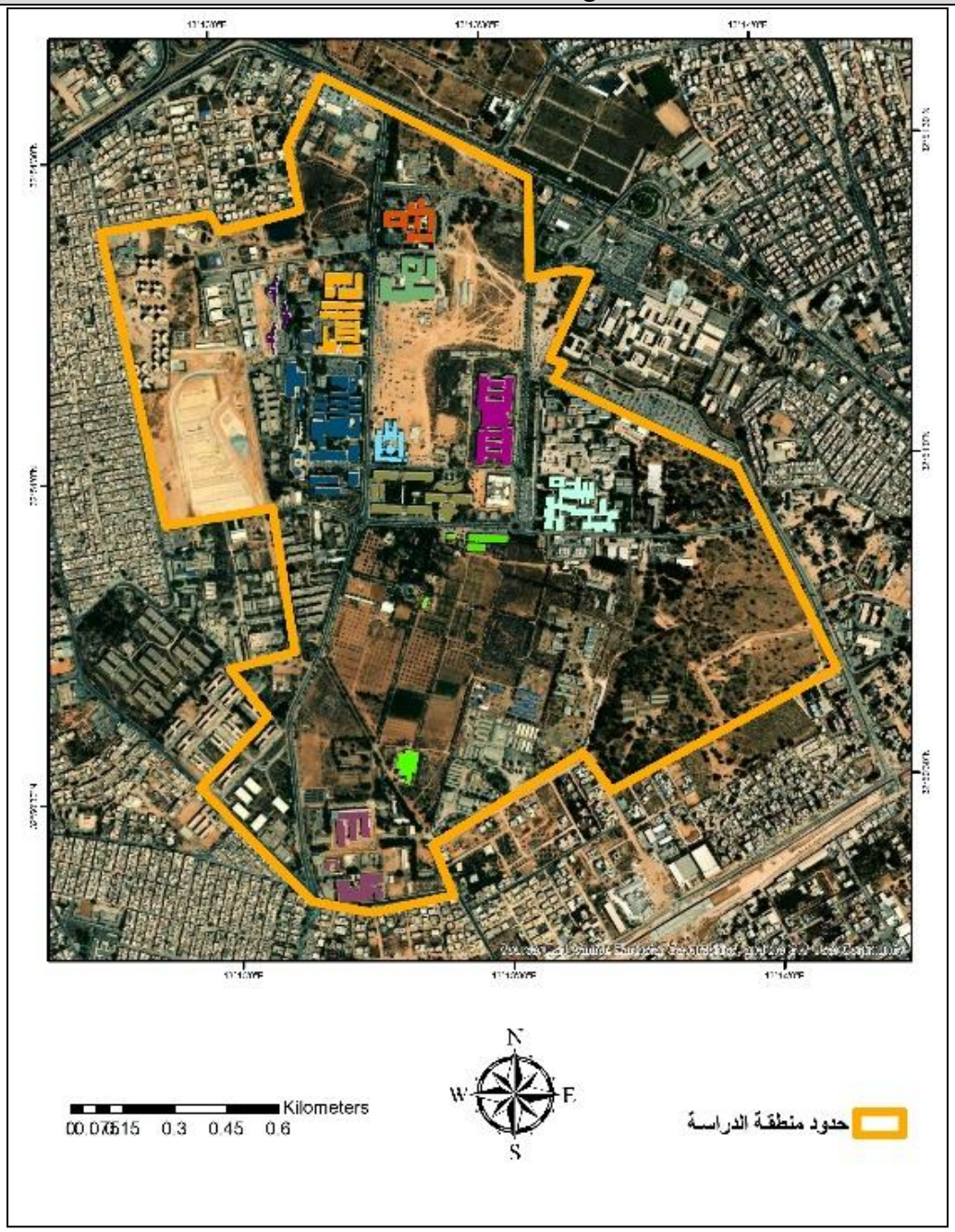
المواد وطرائق البحث

موقع الدراسة

تم اجراء هذه الدراسة على جامعة طرابلس قاطع (أ) الواقعة بين خطي طول 32^0 76 52 و 32^0 67 21 شمالاً, 17 44 13^0 و50 14 13^0 شرقاً. يحدها من الشمال الطريق الواصل بين منطقة سيدي المصري وجزيرة الفرناج ومنطقة البدري جنوباً (خريطة1). بمساحة إجمالية بلغت 2705793.99724 متر مربع. تم تقسيم عدد 11 مضلعاً بداخلها المباني المستهدفة لاستخدام اسطحها في حصاد مياه الامطار.

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

المجلة الليبية للدراسات الأكاديمية المعاصرة (Libyan Journal of Contemporary Academic Studies)
LJCAS, eISSN: 5970-3005
Volume 4, Issue 2, 2026, Pages: 64-76



خريطة 1. منطقة الدراسة

تحديد مساحة أسطح المباني المستهدفة في منطقة الدراسة

تم تحديد منطقة الدراسة على برنامج Google Earth Pro ورسم أسطح المباني في صورة مضلعات تم تصديرها إلى برنامج ArcMap10.8 وتحويل المساحات من وحدة KMZ إلى Ship file وتعديل إحداثياتها بما يتوافق مع إحداثيات المنطقة.

تحديد ارتفاع وانحدار المنطقة عن مستوى سطح البحر

تم تحميل نموذج ارتفاع رقمي للمنطقة من موقع المساحة الأمريكي USGS وتصديرها إلى برنامج ArcMap 10.8 .

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

تحديد معدلات الامطار والعواصف المطرية

تم تجميع بيانات الامطار الشهرية السنوية لمحطة ارصاد طرابلس من المركز الوطني للأرصاد الجوية للفترة الزمنية من 1991م إلى 2025م.كما تم تجميع البيانات المناخية المتاحة لكل خمس دقائق من محطة أرصاد كلية الزراعة – جامعة طرابلس، الموجودة بمحطة أبحاث الكلية للفترة يناير 2023م إلى مايو 2025م والتي سجلت عدد 18 عاصفة مطرية.

تحديد كمية المياه الممكن حصادها

تم حساب حجم المياه الممكن تجميعها من اسطح المباني المستهدفة من جامعة طرابلس والتي تشمل أكبر مساحة، من خلال تطبيق معادلة Rational Formula (Buraوأخرون،2021).

$$Q = C \times I \times A$$

حيث أن : Q = تمثل كمية وحجم المياه المجمعة (متر المكعب) ، C = معامل الجريان السطحي، I = عمق الهطول الامطار (متر)، A = مساحة السطح الذي يستقبل الامطار (متر مربع).

ويختلف معامل الجريان باختلاف نوع سطح التجميع، ويتم تحديده بعد التعرف على نوع السطح حسب الجدول (1) التالي:

جدول 1.معامل الجريان حسب نوع سطح التجميع

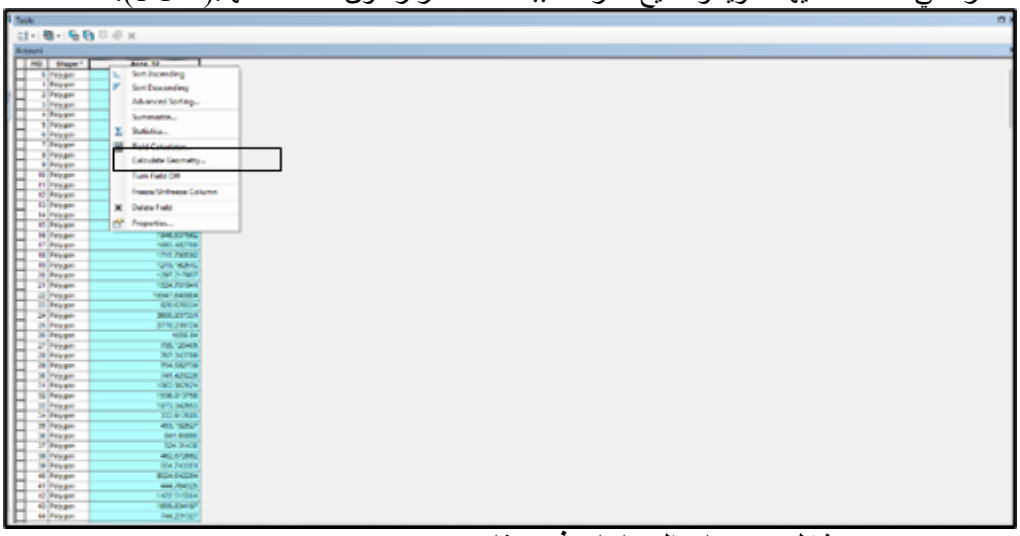
نوع السطح	معامل الجريان (C)
بلاط	0.8 – 0.9
صفائح معدنية	0.7 – 0.9
خرسانة	0.6 – 0.8
رصيف طوب	0.5 – 0.6
مجمعات صخرية	0.2 – 0.5
تربة	0.0 – 0.3
قش	0.2

المصدر:(Harteng,2008)

النتائج والمناقشة

1- مساحة أسطح المباني المستهدفة في منطقة الدراسة

تم حساب مساحة كل سطح من اسطح المباني عن طريق تطبيق Calculate Geometry في بيئة Attribute Table وتجميع المساحة الكلية المستهدفة لحصاد مياه الامطار. ومن خلال بيانات مساحة أسطح المباني التي تم حسابها يتضح أن مساحة الاسطح المستهدفة في الدراسة بلغت 138903.5064 متر مربع. وتعتبر مساحة كبيرة يمكن الاستفادة منها لتجميع مياه الامطار التي تتساقط عليها سنوياً وتضيع هدراً مسببة عدة اضرار دون استفادة منها.(شكل 1).



شكل 1. حساب المساحات في برنامج ArcMap10.8

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

المجلة الليبية للدراسات الأكاديمية المعاصرة (Libyan Journal of Contemporary Academic Studies)
LJCAS, eISSN: 5970-3005
Volume 4, Issue 2, 2026, Pages: 64-76

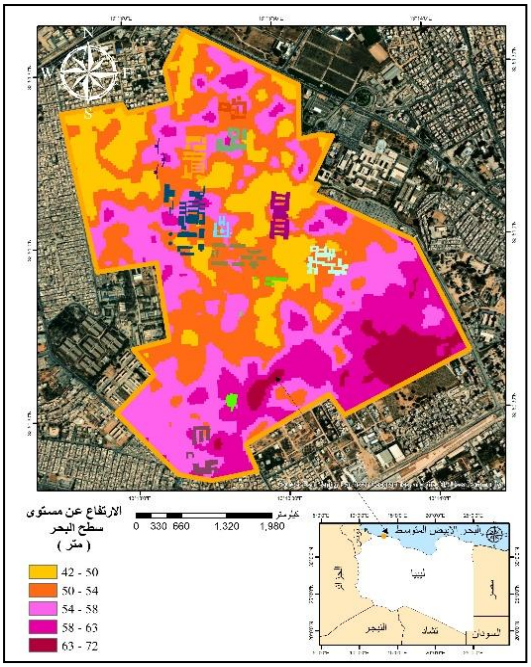
2- ارتفاع وانحدار المنطقة عن مستوى سطح البحر

من خلال تحليل صورة نموذج الارتفاع الرقمي للمنطقة تم تحديد ارتفاعها عن مستوى سطح البحر والذي تراوح ما بين 42 متر إلى 72 متر فوق مستوى سطح البحر (خريطة 2)، كما تم تحديد نسبة درجة انحدار مستوى سطح الأرض بمنطقة الدراسة والتي تراوحت ما بين الأرض المستوية والتي تظهرها (خريطة 3) باللون الأخضر الفاتح، ويتزايد انحدار المنطقة في أماكن متفرقة إلى أن تصل أعلى درجة انحدار 27%.ووفق لتصنيف Young الموضح في جدول(2) (Young,1974) فإن المنطقة تقع بين المنطقة المستوية وشديدة الانحدار. وتم تحليل الانحدار لأنه نقطة مهمة عند دراسة حصاد مياه الامطار وضروري جداً عند تصميم نظام التجميع لتحديد سريان المياه في الأنابيب وكذلك تحديد الموقع المناسب لخزانات التجميع.

جدول 2. تصنيف يونغ للانحدار

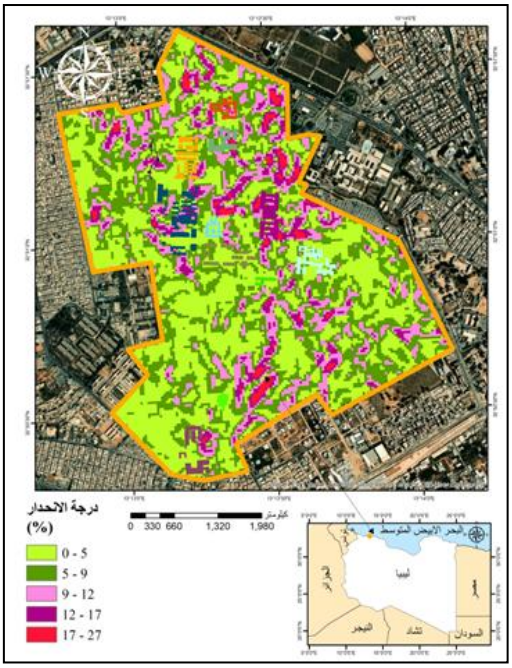
مستوى الانحدار	زاوية الانحدار
سطح مستوي	0- 5°
انحدار بسيط	5°– 8°
انحدار متوسط	8°– 12°
انحدار شديد	12° - 30°
انحدار شديد جداً	30° - 60°
انحدار جرفي	90° - 60°

المصدر:Young,1974



خريطة 2. الارتفاع عن مستوى سطح البحر

المصدر: اعداد الباحثة استنادا على نموذج الارتفاع الرقمي من موقع USGS الأمريكي.



خريطة 3. الانحدار

المصدر: اعداد الباحثة استنادا على نموذج الارتفاع الرقمي من موقع USGS الأمريكي.

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

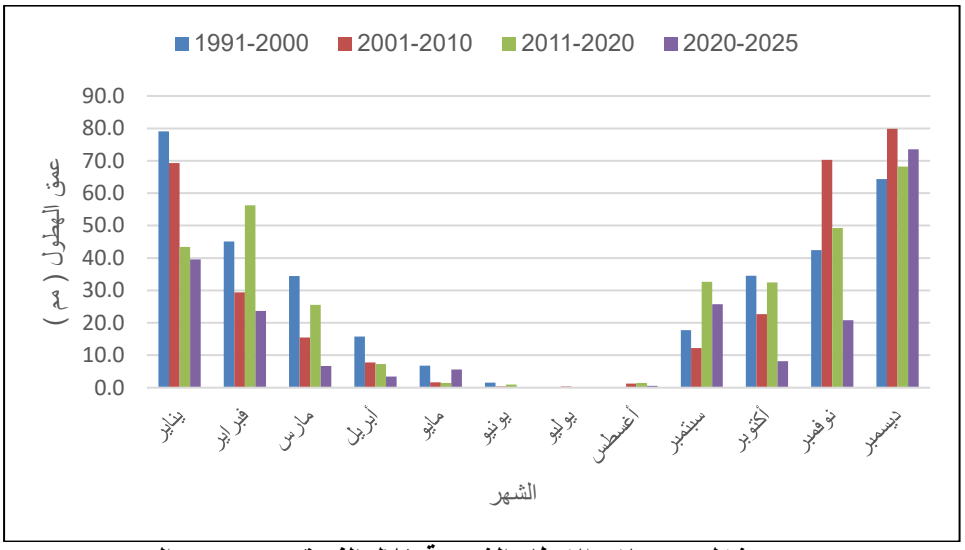
3- معدلات الامطار والعواصف المطرية

تم تجميع بيانات الامطار الشهرية السنوية لمحطة ارصاد طرابلس من المركز الوطني للأرصاد الجوية للفترة الزمنية من 1991م إلى 2025م وتحليلها في اشكال بيانية لمعرفة الأشهر والسنوات المطيرة.

جدول 3. معدلات الامطار الشهرية خلال الفترة من 1991م إلى 2025م

السنة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
2000-1991	79.1	45.1	34.4	15.7	6.8	1.6	0.0	0.1	17.8	34.6	42.4	64.3
2010-2001	69.3	29.4	15.5	7.8	1.6	0.3	0.4	1.2	12.3	22.7	70.3	79.9
2020-2011	43.4	56.3	25.5	7.2	1.5	1.0	0.0	1.5	32.7	32.4	49.2	68.2
2025-2020	39.6	23.7	6.6	3.4	5.7	0.2	0	0.5	25.8	8.1	20.8	73.5

المصدر: المركز الوطني للأرصاد الجوية.



شكل 2.معدلات الامطار الشهرية خلال الفترة من 1991م إلى 2025م

المصدر: اعداد الباحثة استناداً على بيانات جدول3.

من البيانات المطرية للمدة من 1991م إلى 2025م الموضحة في (جدول3 وشكل 2) يتضح جلياً أن أمطار المنطقة موسمية بامتياز، حيث تتركز في الشتاء وتنعدم صيفاً. ومن خلال مقارنة العقود الأربعة، نلاحظ تحولاً واضحاً في توزيع الأمطار، فقد شهد شهر يناير تراجعاً كبيراً بنسبة بلغت النصف تقريباً، وانخفضت أمطار الربيع بشكل ملحوظ. في المقابل يستمر شهر ديسمبر كأغزر أشهر السنة هطولاً وأكثرها ثباتاً طوال الفترة المذكورة، بينما اتسمت أمطار الخريف بالتذبذب. كما يتضح من البيانات انكماش في طول فترة الهطول وتجمع الأمطار في فترات قصيرة ومحددة، وهذا سبب جوهري لإعادة النظر في طرق جمع مياه الأمطار وتطوير البنية التحتية لتصريف المياه للحد من أخطار الفيضانات والاستفادة القصوى من الموارد المتاحة.

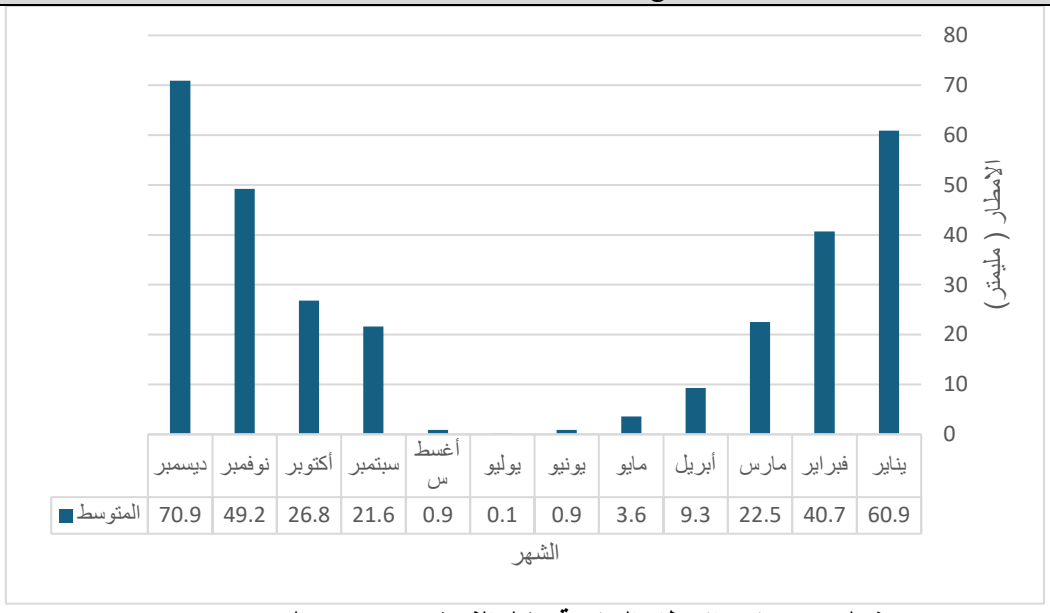
تم حساب بيانات الامطار الشهرية للفترة (1991م-2025م) الصدرة عن المركز الوطني للأرصاد الجوية طرابلس للحصول على كمية الامطار في السنة كما موضح في الجدول (4) والشكل (3) والتي بلغت قيمتها 307.5 مليمتر في السنة أي ما يعادل 0.307 مليمتر في السنة. كقيمة كلية للأمطار خلال الفترة المذكورة.

جدول 4. معدلات الامطار السنوية خلال الفترة من 1991م إلى 2025م

الشهر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
المتوسط (مليمتر)	60.9	40.7	22.5	9.3	3.6	0.9	0.1	0.9	21.6	26.8	49.2	70.9
المجموع (مليمتر)	307.5											

المصدر: المركز الوطني للأرصاد الجوية.

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

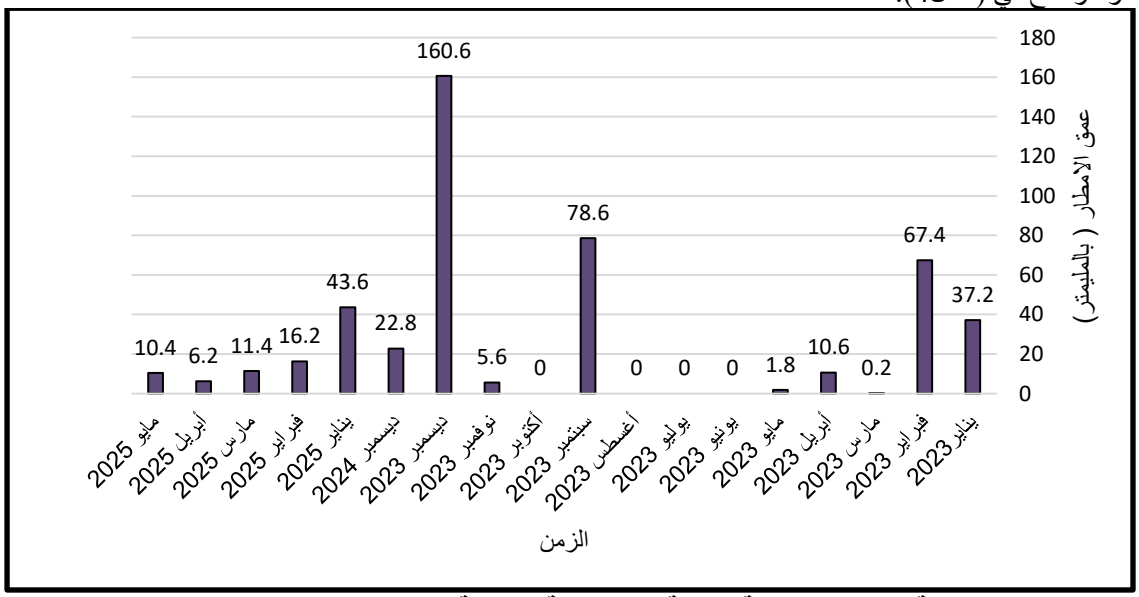


شكل 3. معدلات الامطار السنوية خلال الفترة من 1991م إلى 2025م

ومن خلال التحديد السابق للمساحات التي تستقبل هذه الامطار في الدراسة والتي بلغت 138903.5 متر مربع، ومعامل جريان للسطح بلغ 0.85 فإن الامطار الكلية الممكن تجميعها من هذه بلغ 36305.9 متر مكعب (36305900 لتر). وبالتواصل مع المكتب المسؤول عن خزان تزويد الجامعة بالمياه اتضح ان الجامعة تستهلك ما قيمته مليون لتر من المياه يومياً بين استخدام سليم وهدر.

4- العواصف المطرية من بيانات محطة ارصاد كلية الزراعة

نظرا لوجود عطل في وحدة تشغيل محطة ارصاد كلية الزراعة، تم حصر بيانات الامطار المتاحة والمقاسة لكل خمس دقائق للفترة يناير 2023م إلى مايو 2025م ومن هذه البيانات تم تحديد كمية الهطول الشهرية خلال الفترة المذكورة كما هو موضح في (شكل4).



شكل 4. كمية الامطار الشهرية لمحطة ارصاد كلية الزراعة للفترة (يناير 2023م إلى مايو 2025م)

المصدر: اعداد الباحثة استناداً على بيانات محطة ارصاد كلية الزراعة – جامعة طرابلس.

كما تم تحديد تاريخ العواصف المطرية وشدتها من تاريخ 7 يناير 2023م إلى 14 يناير 2025م. سجلت خلال هذه الفترة تسجيل عدد 18 عاصفة مطرية حسب بينات محطة ارصاد كلية الزراعة للتسجيل كل خمس دقائق. تم اختيار العواصف التي تزيد شدتها عن 10 مم. والتي بلغ عددها 8 عواصف مطرية، كما موضح في الجدول (5) التالي:

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

جدول 5. العواصف المطرية (تاريخ – شدة)

ت	تاريخ العاصفة	شدة العاصفة (مم)	شدة العاصفة (م)
1	7 يناير 2023	18.7	0.187
2	10 فبراير 2023	11.2	0.0112
3	11 فبراير 2023	16.2	0.0162
4	13 فبراير 2023	12	0.012
5	7 سبتمبر 2023	13	0.013
6	8 سبتمبر 2023	16	0.016
7	28 ديسمبر 2024	10.6	0.0106
8	14 يناير 2025	14	0.014

المصدر: محطة ارصاد كلية الزراعة.

5- كمية المياه الممكن حصادها

من خلال تطبيق معادلة Rational Formula .و تحديد نوع السطح للمباني والتي وجدت انها من البلاط ، وبحساب قيمة متوسطة ما بين 0.9 و 0.8 فإن قيمة معامل الجريان السطحي في هذه الدراسة تساوي 0.85. نتوصل إلى أن الطاقة الإنتاجية المائية للعواصف الثمانية بلغت 13273.64متر مكعب (ما يعادل 13273640 لتر) خلال ثمانية أيام فقط (الجدول 6). وهي الكمية التي يمكن حجزها وإدارتها بدلاً من تحولها إلى جريان عشوائي قد يسبب ضغطاً على شبكات تصريف الأمطار أو اختناقات واضرار في موقع الدراسة. كما حدث ولا يزال يحدث من مشاكل في تسرب مياه الامطار داخل المباني ومرافق الجامعة ، حيث تخترق مياه الامطار الجدران مسببة في تلف أماكن متعددة وتجمعها في سراديب الكليات مسببة تلف اسلاك الكهرباء والبنية التحتية. شكل (5).

جدول 6. العواصف المطرية وكمية المياه الممكن تجميعها من الاسطح موضوع الدراسة

.	تاريخ العاصفة المطرية	عمق العاصفة المطرية(مليمتر)	عمق العاصفة المطرية (متر)	معامل الجريان	المساحة (متر مربع)	حجم المياه المتجمعة (متر المكعب)
1	7/1/2023	18.7	0.0187	0.85	138903.5	2222.18
2	10/2/2023	11.2	0.0112			1330.93
3	11/2/2023	16.2	0.0162			1925.09
4	13/2/2023	12	0.012			1425.99
5	7/9/2023	13	0.013			1544.83
6	8/9/2023	16	0.016			1901.33
7	28/12/2024	10.6	0.0106			1259.63
8	14/1/2025	14	0.014			1663.66
المجموع الكلي						13273.64

المصدر: اعداد الباحثة استناداً على بيانات المحطة المناخية وتطبيق المعادلة.

كما يُعد هذا الحجم من المياه مؤشر دقيق يمكن اعتباره مدخل أساسي لتحديد السعة الاستيعابية لخزانات التجميع أو أسطح الترشيح لتفادي التدفّق الزائد (Overflow) في دراسات أخرى تختص بتصميم أنظمة حصاد المياه لهذه المنطقة ، باعتبار أن الحسابات بُنيت على أحداث مطرية ذات كفاءة هيدرولوجية عالية أحدثت جرياناً فعلياً قابل للتجميع. ومن المؤكد إذا ما توفرت بيانات حقيقية أخرى للأمطار لنفس المنطقة تم تسجيلها خلال كل خمس دقائق سيتم الحصول على عدد اكبر من العواصف التي ينتج عنها كميات كبيرة من مياه الامطار التي يمكن تجميعها وتخزينها للاستفادة منها لتغطية العجز في موسم

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

الجفاف ولتقليل الضغط على المصدر الأساسي للمياه داخل الجامعة وهو مياه الابار الجوفية التي يتم هدرها بشكل كبير داخل الجامعة نتيجة الاستهلاك غير مرشد .

شكل 5. الاضرار الناتجة عن مياه الامطار

من خلال تحليل خريطة الأساس Basemap لموقع الدراسة في بيئة برنامج ArcMap 10.8 وهي من فئة Imagery أتضح وجود مساحة فضاء تقع بين قسم الهندسة النووية وقسم الكيمياء ومقابلة لكلية الهندسة (خريطة 4) بلغت مساحتها 100380.267 متر مربع كانت في سنوات سابقة مليئة بالأشجار ولكن تم قطع الأشجار مما جعل هذه المنطقة مصدر للغبار والاتربة عند هبوب الرياح مما يزير من تكدس الاتربة بالطرق وكذلك حجب الرؤية في بعض الأحيان، كما تؤثر هذه الاتربة على الحالة الصحية للأشخاص الذين يعانون من الحساسية ومشاكل في الجهاز التنفسي وكذلك للعيون. ولهذا نقترح في هذه الدراسة استغلال هذه المساحة لزراعة الزيتون الكثيف لما لهذه الشجرة من فوائد بيئية واقتصادية قد تستفاد الجامعة من عائدها. بالإضافة إلى توفير غطاء نباتي بدلاً عن مظهر التصحر القائم بالجامعة، وهذا بدوره له تأثير نفسي على كل رواد الجامعة، فلا يمكن اعتبارها مجرد مكان لتلقي العلم فقط فعدد كبير من الناس يمكثون فيها ساعات أطول من ساعات مكوثهم في منازلهم. والمظهر الجمالي والغطاء النباتي ولون الخضرة له تأثير نفسي إيجابي، وهذا ما يؤكده وينطبق على كلية الزراعة التي تشتهر بحدائقها الخضراء المليئة بالأشجار والازهار المختلف الوانها مما جعل عدد كبير من الأشخاص يترددون عليها لتلقي العلم فقط و لعقد اجتماعات في الهواء الطلق.

ويمكن زراعة الزيتون الكثيف أي نوع من الأنواع التي تتماشى مع بيئتنا مثل الاربيكوينا (Arbequina) و كورونايكي (Koroneiki) واربوسانا (Arbosana)، ويمكن زراعتها بطريقة 4 متر بين السطور و1.5 متر بين الأشجار بحيث كل شجرة تغطي 6 متر مربع (1.5x4)، وإذا ما قسمت المساحة الكلية على مساحة كل شجرة نتوصل لعدد الأشجار الممكن زراعتها والتي بلغ عددها بعد الحسابات 16730 شجرة. فإذا ما نظرنا للجانب الاقتصادي نجد ان لها مردود في محصول الزيتون والزيت، ولكن التركيز الأساسي هو تثبيت التربة ومنع زحف الرمال الناتجة عن هذه المساحات الرملية المفتوحة. (خريطة 4).

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

خريطة 4. المنطقة المقترحة للتشجير

وإذا كان الهدف التركيز على الجانب البيئي فقط فإنه يمكن زراعة أشجار معمرة تساعد في تنقية الهواء لامتصاصها العالي لغاز ثاني أكسيد الكربون (جدول 7) ، كما تساعد في تثبيت التربة، كأشجار الصنوبر والسرول وعشبة الفيل، وتختلف نسبة امتصاص ثاني أكسيد الكربون باختلاف عمر الشجرة ومعدل النمو والظروف المحيطة. ولتحديد كمية ثاني أكسيد الكربون المثبت يؤخذ وزن الكربون ويضرب في 3.67.

جدول7. أصناف الأشجار ونسبة امتصاصها وتثبيت غاز ثاني أكسيد الكربون

نوع الشجرة	الاسم العلمي	نسبة تثبيت غاز ثاني اكسيد الكربون
الزيتون	Olive tree	20 كجم / سنة / شجرة 11.76-9.5 طن / هكتار / سنة
الصنوبر	Pine trees	21.79 كجم / سنة / شجرة 10 طن / هكتار / سنة
شجرة السرول	Eucalyptus	10 كجم / سنة / شجرة 37 طن / هكتار / سنة
عشبة الفيل	Elephant grass	67 طن / هكتار/ سنة

المصادر: https://extensionmissouri.edu ،https://onetreeplanted.org ،www.fortomorrow.eu

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

الخاتمة

بلغت مساحة الاسطح المستهدفة في الدراسة بلغت 138903.5064 متر مربع. وارتفاع تراوح ما بين 42 متر إلى 72 متر فوق مستوى سطح البحر. وبنسبة انحدار تراوحت ما بين الأرض المستوية إلى شديدة الانحدار. وبلغ حجم المياه الناتجة عن العواصف المطرية الثمانية 13273.5متر مكعب ما يعادل 13273500 لتر.وهو حجم المياه الممكن تجميعها من الاسطح المذكورة. كما توصلت الدراسة لإمكانية تحقيق عدة أهداف من أهداف التنمية المستدامة لتحقيق مستقبل أفضل وأكثر استدامة للجميع، فمن خلال مقترح زراعة ارض واراضي الفضاء بالجامعة نحن نوفر بيئة جيدة للطلاب الجامعة وكل من يعمل بها وهذا هو الهدف الرابع من أهداف التنمية المستدامة، وتحقيق الهدف السادس من خلال منع هدر المياه وتوفير مياه نظيفة، والهدف العاشر من خلال زراعة الأشجار لحماية البيئة، والهدف الثالث عشر الا وهو العمل المناخي ونشر الوعي به من خلال تطبيق تقنية حصاد مياه الامطار التي تساعد في تقليل الضغط على المياه الجوفية التي يتسبب هبوط مناسيبها في تداخل مياه البحر بالتالي ملوحة المياه التي تنتقل بالري إلى التربة مما يؤدي إلى تدهور حالة التربة وانخفاض إنتاجية المحاصيل الغذائية وفقدان مساحات كبيرة من الغطاء النباتي. ومن الزيارات المتكررة تم ملاحظة ترك صنبور الماء مفتوح في المقاهي داخل الجامعة لفترات طويلة وعند الاستفسار عن السبب يكون الرد حتى لا يترسب الحليب الذي يتم سكبه في المجاري ويترك رائحة كريهة متناسيين قيمة هذا المورد الأساسي للحياة والذي يتم هدره لأسباب يمكن حلها بطرق أخرى. كما يتم اهدار كميات كبيرة من المياه في دورات مياه العديد من الكليات وذلك بسبب اهمال الصيانة بها، فالعديد من المراحيض مضخة المياه بها عاطلة ولا تتوقف عند الحد الذي من المفترض ان يصل إليه مستوى المياه في الصندوق مما يسبب في استمرار تدفق المياه منه وإليه دون توقف. كما تؤكد الدراسة احتياج الجامعة للمزيد من الاهتمام بالغطاء النباتي، حيث توجد مساحات كبيرة قاحلة بحاجة إلى تنمية زراعية .ومن خلال ما سبق فإن الدراسة توصي بضرورة الاهتمام بالدراسات الهيدرولوجية الخاصة بحصاد مياه الامطار ومتابعة هذه الدراسة بدراسات هندسية تصميمية لشبكة التجميع. والتوجه نحو حصاد مياه الامطار كحل بديل للمياه الجوفية. كما توصي بإنشاء محطات مناخية يتم توزيعها في عدة مناطق لتوفير معلومات وبيانات دقيقة، والاهتمام بمتابعتها واجراء الصيانة الدورية لها. بالإضافة إلى تكثيف حملات توعوية على نطاق الجامعة عن أهمية المياه والإدارة السليمة لهذا المورد الطبيعي.

Compliance with ethical standards

Disclosure of conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

المراجع

1- الرواشدة، زهران فوزي عبد العظيم. 2019. حصاد مياه الأمطار وتنمية موارد المياه في الشريط الساحلي للبطنان (عين الغزالة-البردي). مجلة كليات التربية-جامعة الزاوية. العدد 14. ص 232-36،267ص.
2- المركز الوطني للأرصاد الجوية -طرابلس. بيانات محطة طرابلس للفترة (1991م-2025م).
3- بن طاهر، لبنى سليمان.2023. تصميم منظومة حصاد مياه الأمطار بالمدينة الجامعية لجامعة بنغازي، ليبيا. مجلة جامعة سبها للعلوم البحتة والتطبيقية.
4- خليفة، مجدي صالح.2021. إدارة الموارد المائية في ليبيا (المتاح والتحديات المستقبلية). مجلة البيان العلمية. العدد التاسع لسنة 2021.

المراجع بالغة الإنجليزية

5- Burra Shyamsunder, Kannala Vishnuvardhanreddy, Dr Sandeepmenon.2021. RUNOFF ESTIMATION BY USING RATIONAL METHOD: A REVIEW. International Journal of Applied andNatural Sciences (IJANS)ISSN (P): 2319–4014; ISSN (E): 2319–4022Vol. 10, Issue 3, Apr–May 2021; 1–4
6- Hari. D.,.2019, "Estimation of Rooftop Rainwater Harvesting Potential using Applications of Google Earth Pro and GIS", International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE), Vol.8, No.9, PP:1122-1127, ISSN: 2278 3075.
7- Dadhich,G.,Mathur,P.2016.GIS Based Analysis for rooftop Rain Water Harvesting International Journal of Computer Science & Engineering Technology (IJCSET),(7) 4,PP: 129-143,ISSN:2229-3345.
8- Harteng,H.,Karuki,I. and, Sharafaddin A.Saleh,.2008.Design and Construction of ferro Cement Tanks Using Rooftop Water Harvesting, Social Fund for Development,Sana`a Yemen, النسخة المترجمة إلى اللغة العربية
9- Helmreich, B., & Horn, H. 2009. Opportunities in rainwater harvesting. Desalination, 248(1-3), 118-124.

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

10- S.Mishra, B.Shruthi, H.Rao,.2020. " Design of Rooftop Rainwater Harvesting Structure in a University Campus", International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE), Vol.8, I.5, PP. 3591- 3595.
11- Young.A., Young D.MK. 1974., Slope Development. Macmillan Education, London.

المواقع الإلكترونية

https://extensionmissouri.ed
https://onetreeplanted.org
www.fortomorrow.eu

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of **LJCAS** and/or the editor(s). **LJCAS** and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).