

تقييم جودة مياه الابار الجوفية لأغراض الري والزراعة بمنطقة القواسم شرق مدينة غريان
ليبيا

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-iregoat57>

Received	2026/06/01	تم استلام الورقة العلمية في
Accepted	2026/06/19	تم قبول الورقة العلمية في
Published	2026/06/25	تم نشر الورقة العلمية في

تقييم جودة مياه الابار الجوفية لأغراض الري والزراعة بمنطقة القواسم شرق مدينة غريان - ليبيا

عبد المنعم غيث الوصيف¹ سليمان رمضان ناجعة²

¹كلية الهندسة-الزنتان جامعة الزنتان، ²كلية العلوم - الزنتان جامعة الزنتان

¹a_geit@yahoo.com, ²snajah620@Gmail.com

الملخص:

أجريت هذه الدراسة لتقييم جودة مياه الري في منطقة القواسم شرق مدينة غريان، بالاعتماد على تحليل ثمانية آبار جوفية، من خلال قياس بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه، وبتطبيق عدد من المؤشرات الهيدروكيميائية المعتمدة لتحديد مدى صلاحيتها للري. أظهرت النتائج أن قيم درجة الحموضة (pH) كانت ضمن الحدود الطبيعية الموصى بها من قبل منظمة الأغذية والزراعة (FAO)، في حين سجلت في عينات الدراسة التوصيلية الكهربائية (EC) والأملاح الذائبة الكلية (TDS) باحتوائها على مستويات ملوحة مرتفعة تقابلها مخاطر صودية منخفضة، مما يجعل هذه المياه مناسبة فقط للمحاصيل المتحملة للأملاح شريطة استخدامها في الترب ذات النفاذية الجيدة واتباع تقنيات الغسل الدوري. كما بينت النتائج ان متوسط قيم أيون الكلوريد (Cl^-) ضمن الحدود المقبولة نسبياً في معظم المواقع، أما فيما يتعلق بالمؤشرات الهيدروكيميائية المستخدمة، مثل نسبة امتزاز الصوديوم (SAR)، ونسبة الصوديوم الذائب (SSP%)، ونسبة كيلر (KR)، وكربونات الصوديوم المتبقية (RSC) فقد أظهرت النتائج تبايناً في قيمها بين العينات. حيث أشارت بعض المؤشرات إلى أن المياه تقع ضمن فئات متوسطة إلى عالية الملوحة. وبينما نسبة المغنيسيوم (MAR%) فقد تجاوزت الحدود المسموح بها (50%) في كل العينات، مما قد يعيق نمو النبات، إضافة الي ان متوسط قيم (Adj SAR)

تقييم جودة مياه الابار الجوفية لأغراض الري والزراعة بمنطقة القواسم شرق مدينة غريان
لليبيا

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-iregoat57>

المعدلة في اغلب عينات الدراسة تقع ضمن فئة متوسط الضرر من الصوديوم خصوصا في الترب الناعمة القوام، مما يؤثر على بعض الخصائص الفيزيائية للتربة خاصة النفاذية، إضافة الي تأثيرها في انخفاض نشاط بعض الكائنات الحية بالتربة مثل الديدان والبكتيريا. وبشكل عام، يمكن تصنيف مياه الدراسة بأنها صالحة للري بدرجات متفاوتة، مع ضرورة مراعاة الإدارة الجيدة للمياه والتربة للحد من تأثيرات الملوحة والصودية. الكلمات المفتاحية: الابار الجوفية، الملوحة-الصودية، خصائص كيميائية وفيزيائية، جودة مياه الري، غريان.

Assessment of groundwater quality for irrigation and agricultural purposes in the Al-Qawasim region, East of Gharyan city- Libya

¹Abulmonoem Ghait Alwasif, ²Suliman Ramadan Najah

²University of Zintan, Faculty of Sciences, Department of Environmental Science, Zintan, Libya

¹a_geit@yahoo.com, ²snajah620@gmail.com

Abstract

This study was conducted to evaluate the quality of irrigation water in the Al-Qawasim area, east of Gharyan, based on the analysis of eight groundwater wells. Results showed that while pH levels were within FAO limits, the electrical conductivity (EC) and total dissolved solids (TDS) indicated high salinity with low sodium risk, making the water suitable only for salt-tolerant crops in permeable soils. While chloride levels were acceptable, the Magnesium Ratio (MAR%) exceeded the 50% limit in all samples, which may hinder plant growth. Additionally, adjusted SAR values suggested potential damage to soil permeability and biological activity. Overall, the water is classified as suitable for irrigation to varying degrees, provided that strict water and soil management practices are followed.

Keywords: Water irrigation, Wells, Salinity- Sodicity, Chemical and physical properties, Gharian.

تقييم جودة مياه الابار الجوفية لأغراض الري والزراعة بمنطقة القواسم شرق مدينة غريان
لليبيا

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-iregoat57>

المقدمة:

تعتبر المياه الجوفية من الموارد المائية الهامة والثمينة خصوصا في المناطق الجافة والشبه الجافة التي يندم بها المصادر السطحية للمياه، ونتيجة التوجه العالمي لاستغلال المياه الجوفية بشكل متزايد وملحوظ وخصوصا في المناطق التي يقل بها معدلات الأمطار (عزوز، 2003)، حيث تعد ليبيا من الدول العربية التي يغلب عليها الطبيعة الصحراوية المعروفة بعدم انتظام هطول كميات الامطار وتوزيعها الجغرافي مما زاد من قلة فرص الاستفادة من كميات الامطار الساقطة، إضافة الي انعدام المصادر السطحية للمياه العذبة (امشهر، واخرون، 2022)، لذلك فإن المياه الجوفية تشكل المصدر الرئيسي للمياه في ليبيا والتي يعتمد عليها اعتمادا كليا في كافة الاستخدامات اليومية والأنشطة الاقتصادية والصناعية والزراعية ما نسبته أكثر من 95.6 % (فرج واخرون، 2017) (ابوبكر، واخرون، 2022).

ان نوعية المياه الجوفية تختلف في خصائصها الكيميائية والفيزيائية من موقع إلى آخر ومن منطقة إلى أخرى، وهذا الاختلاف في النوعية قد يكون قبل تدخل الانسان او ناتج عن تدخل الانسان نتيجة الاستغلال المكثف الذي شهدته البلاد بعد التوسع في استغلال المياه الجوفية منذ ستينات القرن الماضي، لذ نجد ان المياه الجوفية تعتمد في تحديد نوعيتها على جميع العوامل البيئية التي ساهمت في تكوين هذه المياه من بداية سقوطها كإمطار وثلوج وتسربها إلى الأسفل عبر الشقوق والفواصل ومسامات التربة وصولا إلى الطبقات الحاملة للمياه التي تكون على شكل خزانات أرضية حاملة للمياه. لهذا نجد إن معيار جودة مياه الري تتحدد بالعديد من المعايير تختلف عن معايير ومقاييس جودة مياه الشرب والمستخدمه في الصناعة والبناء (عزوز، 2003).

ان جودة مياه الري من العوامل الأساسية الهامة والمؤثرة في الإنتاج الزراعي، إذ تحدد مدى قدرتها على تحسين العلاقة بين النبات والتربة، كما تساهم في تحسين الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة. وينعكس ذلك بشكل مباشر على نمو النبات وإنتاجيته، حيث إن استخدام مياه ذات نوعية جيدة يعزز امتصاص العناصر الغذائية ويحسن بنية التربة ويزيد من نشاط الكائنات الحية بالتربة، في حين أن المياه ذات الجودة الرديئة قد تؤدي إلى تدهور بعض خصائص التربة وانخفاض في الإنتاج الزراعي (Ayers, et al,

تقييم جودة مياه الابار الجوفية لأغراض الري والزراعة بمنطقة القواسم شرق مدينة غريان
لبنيا

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-iregoat57>

(Nagaraju,2016) (Richareds,1954)(1985) وفي اتجاه أهالي المنطقة بالعقود الأخيرة الي زيادة مساحة الرقعة الزراعية من خلال الزيادة باستغلال المياه الجوفية في مجالات الحياة اليومية عامة وفي الري الزراعي خاصة، مما دعا الي اجراء مسح ميداني للتعرف على مدي صلاحية نوعية هذه المياه في عمليات ري المحاصيل والنباتات الزراعية حتى لا تتعرض التربة لي التلف والتدهور. لذا تهدف هذه الدراسة الي تقييم نوعية مياه الابار الجوفية بدراسة بعض خواصها الهيدروكيميائية ومدى صلاحيتها لأغراض الري ومقارنتها بالمعايير القياسية المعمول بها عالميا، كما يتضمن البحث مسح المنطقة من خلال حصر الابار ومعرفة مناسيب مياهها وتاريخ انشائها.

الدراسات السابقة:

أجرى العديد من الباحث دراسات حول تقييم جودة المياه الجوفية لأغراض الري الزراعي، حيث اجري (اطبيقة، وآخرون، 2025) بمنطقة وادي زمزم شمال ليبيا، دراسة لتقييم جودة مياه بعض الابار الجوفية لأغراض الري الزراعي ، وذلك من خلال دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعدد 10 ابار، وبالاستناد على المؤشرات الخاصة بجودة مياه الري مثل (EC, PH, SAR, AdjSAR, RSC, JR, Mg.R)، بينت نتائج الدراسة الي ان مياه الري ذات درجة ملوحة عالية ومنخفضة من الصودية (C3- S1)، ويؤدي الري بهذه النوعية من المياه الي تدهور في صفات التربة، وفي حالة الاستمرار الري بها تحتاج ألي إدارة خاصة ونظام صرف جيد، و يمكن استخدامها لري بعض أنواع من النباتات والمحاصيل الزراعية المتحملة للملوحة العالية.

وفي دراسة قام بها (شاكي، وآخرون، 2021) بتقييم مدي صلاحية المياه الجوفية بوداي الشاطئ لأغراض الري والزراعة من خلال جمع عدد من عينات المياه الجوفية ودراسة بعض خواصها الكيميائية والفيزيائية، وبينت نتائج الدراسة الي ان مياه المنطقة تصنف بانها عالية الملوحة ومنخفضة الصوديوم (C3 - S1) وذلك حسب تصنيف المختبر الملوحة الأمريكي ويجب استعمالها بحدر حتى في الترب ذات النفاذية الجيدة. وفي دراسة قام بها (Hegazi, et al, 2018) لتقييم جودة المياه الجوفية لأغراض الري في غرب محافظة المنيا جنوب مصر، حيث تم جمع وتحليل عدد 33 عينة، وبناء

تقييم جودة مياه الابار الجوفية لأغراض الري والزراعة بمنطقة القواسم شرق مدينة غريان
لبنيا

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-iregoat57>

على مؤشرات جودة مياه الري (EC, Ph, SAR, RSC, SSP%)، أظهرت العينات المدروسة بأنه تحتوي على مستويات عالية من الملوحة ومستويات منخفضة من الصوديوم ويمكن استخدام المياه الجوفية لزراعة بعض أنواع المحاصيل المتحملة للملوحة مثل بنجر السكر، القمح، الذرة، الفاصوليا مع توفر إدارة خاصة للتحكم في الملوحة من خلال اضافة احتياجات الغسيل.

وفي دراسة قام بها (المثاني، 2023) والتي خصت بتقييم مياه الري لمشروع الدبوات الزراعي بمنطقة وادي الشاطي، وذلك من خلال دراسة بعض الخواص الكيميائية والفيزيائية وبالاعتماد على المؤشرات الخاصة بتحديد مدي جودة مياه الري مثل SAR, SSP%, KR، حيث بينت نتائج الدراسة الي ان كل عينات المياه الجوفية مناسبة وتعد جيدة لأغراض الري حسب مخطط مختبر الملوحة الأمريكي (USSL).

كما قام (السعدي، 2021) بدراسة هيدروكيميائية المياه الجوفية بمنطقة جنوب غرب محافظة بغداد، من خلال دراسة عدد من الخصائص الكيميائية والفيزيائية لتحديد مدي صلاحية المياه الجوفية لأغراض الري، حيث أظهرت نتائج البحث بوجود تراكيز مرتفعة من الملوحة تجاوزت 2000 ppm، مما يسمح باستعمال المياه للري النباتات التي تتحمل الملوحة العالية، بينما نسبة الصوديوم المئوية SSP (% Na) وبالاعتماد على ما اقترحه (Scofield, 1935) فان مياه الابار الجوفية المدروسة لم تتجاوز 60 % وتعد المياه صالحة للري ولا تسبب ضررا للنباتات، عدا البئر (w1) الذي قد يسبب الضرر ولأيمكن استخدامها لأغراض الري الزراعي، وفيما يخص نسبة ادمصاص الصوديوم (SAR) وبالاعتماد على تصنيف (Richard, 1954) فان جميع مياه منطقة الدراسة ذات محتوى اقل من 10 أي تعد صالحة للري.

وفي دراسة (محمد، 2015) لتقييم جودة المياه الجوفية في خمس مناطق مختلفة بمحافظة كركوك، حيث كشفت التحاليل والنتائج الكيميائية والفيزيائية لمياه الدراسة بأنه ذات ملوحة عالية، مما يتطلب إدارة خاصة وتربة جيدة الصرف للري النباتات المقاومة للملوحة، كما أوضحت نتائج البحث بتأثير الملوحة على نشاط الكائنات الحية التي تعيش بالتربة.

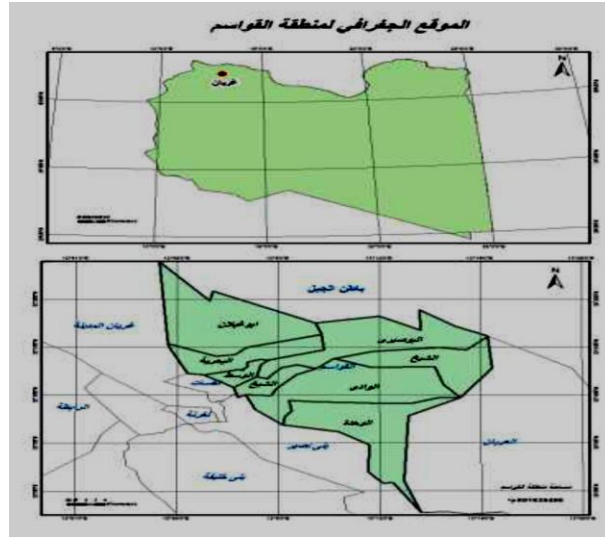
تقييم جودة مياه الآبار الجوفية لأغراض الري والزراعة بمنطقة القواسم شرق مدينة غريان
لبنيا

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-iregoat57>

وفي دراسة (بلق، 2022) لتحديد مدى جودة مياه الآبار الجوفية لأغراض الري والزراعة بمنطقة العجيلات، حيث بينت نتائج الدراسة ان جميع عينات مياه الدراسة ضمن الصنف (S1 - C4)، وهي مياه مرتفعة الملوحة جداً ومنخفضة التأثير القلوي، مما يجعلها غير صالحة للري بشكل عام إلا بشروط محددة ولأنواع معينة من النباتات مثل النخيل، مع استمرار استخدام المياه تتزايد مشكلة انخفاض نفاذية التربة والرشح مما يؤثر في نشاط الكائنات الحية في التربة واوصت الدراسة بإضافة متطلبات الغسيل مع مياه الري لمنع تراكم الاملاح بمنطقة جذور النباتات مع ان تكون التربة جيدة الصرف.

موقع منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة فلكيا بين خطي طول 13,20,00 و 12,56,50 شرقا و بين دائرتي عرض 32,24,00 و 31,57,30 شمالا , وهي تقع ضمن نطاق الجبل الغربي الذي يرتفع عن سطح البحر بحوالي 650 م، ويحدها من الشمال بلدية باطن الجبل، ومن ناحية الجنوب محلة تغسات ومحلة بني نصير، ومن ناحية الغرب محلة غريان المدينة، ومن ناحية الشرق محلة العريا ن. انظر الشكل رقم (1)



الشكل رقم (1) خريطة توضح الموقع الجغرافي الإداري لمنطقة القواسم.

المصدر: الباحثان اعتمادا على مصلحة التخطيط العمراني غريان 2005

تقييم جودة مياه الابار الجوفية لأغراض الري والزراعة بمنطقة القواسم شرق مدينة غريان
لبنيا

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-iregoat57>

المواد وطرق البحث:

تم اخذ ثماني عينات من الابار الجوفية بمنطقة القواسم بواقع ثلاثة مكررات لكل بئر، بحيث اصبح العدد الكلي للعينات أربعة وعشرون عينة كما هو موضح بالجدول (1) الذي يوضح اعماق الابار وسنة الانشاء، وقد أخذت العينات خلال الفترة الممتدة من 2025/03/19 إلى 2025/04/02، مع اتباع الطرق العلمية في أخذ ونقل العينات مثل تشغيل البئر لمدة 30 دقيقة، وغسل القوارير البلاستيكية ذات السعة واحد لتر بمياه الابار أكثر من مرة مع تسجيل جميع البيانات عن مواقع الابار، التاريخ، درجة حرارة المياه، المكان، مالك المزرعة، وتم وضع العينات في حافظات خاصة ونقلت الي شركة دلنا العلمية الكائنة بمنطقة طرابلس -راس حسن لإجراء عدد من التحاليل الفيزيائية والكيميائية المتاحة حسب الطرق الموصي بها. ومنها قياس التوصيل الكهربائي EC بواسطة جهاز $\mu\text{s/cm XS Conductivity meter}$ عند درجة حرارة 25°C ، وللحصول على مجموع الاملاح الكلية الذائبة (TDS) من خلال استخدام المعادلة الآتية:

$\text{TDS} = \text{EC ms/m} * 640$ ، وتقدير درجة التفاعل (pH) بواسطة جهاز PH50 Vio Lab BENCH Meter XS، واستنادا إلي ما ورد في كتب (APHA,1985) قدرة الايونات الموجبة الذائبة الصوديوم والبوتاسيوم بواسطة جهاز مطياف اللهب Flame BWB XP photometer، وتم تقدير ايون الكالسيوم والماغسيوم الذائب بطريقة المعايرة بمحلول الفرنيست (EDTE) القياسي، وتم تقدير الايونات السالبة ومنها "الكوريدات الذائبة بطريقة المعايرة مع محلول نترات الفضة (AgNO_3) معلومة العيارية وباستخدام كرومات البوتاسيوم كدليل المعايرة، وتم تقدير ايونات الكربونات والبيكربونات باستخدام حامض الكبريتيك H_2SO_4 معلومة العيارية، وتم قياس تركيز ايونات النترات والكبريتات بواسطة جهاز Palintest Photometers .

الجدول (1) يوضح الابار واعماقها بمنطقة الدراسة

اسم مالك المزرعة	رقم البئر	سنة الانشاء	عمق البئر
حمزة شمودة	W1	2015	140
صلاح شلوف	W2	2009	130

تقييم جودة مياه الابار الجوفية لأغراض الري والزراعة بمنطقة القواسم شرق مدينة غريان
لليبيا

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-iregoat57>

اسم مالك المزرعة	رقم البئر	سنة الانشاء	عمق البئر
رياض بونجيم	W3	2016	120
طارق صولة	W4	2016	250
محمد المنة	W5	2015	125
سالم الصلاحي	W6	2012	140
الصادق شمودة	W7	2014	130
عادل شمودة	W8	2015	120

توجد العديد من المؤشرات الرئيسية التي تستخدم في تحديد جودة المياه ومدى وملائمتها لأغراض الري والزراعة، حيث تم اشتقاق مجموعة من المعادلات الرياضية والتفاضلية التي تستعمل في تصنيف مياه الري ومن ضمن هذه المعادلات (الفاقي، وصويد. 2016).

- تقييم خطورة الصودية (القلوية)

تأتي أهمية ايون الصوديوم في مياه الري بعد كمية الأملاح الكلية الذائبة، حيث تعتبر النسب المرتفعة من ايون الصوديوم الذائب في الماء تأثير ضارا على صفات التربة الفيزيائية والكيميائية، إضافة الي الاضرار بالمحاصيل الزراعية والنباتات المختلفة ويختلف الضرر باختلاف تركيز ايون الصوديوم في مياه الري (الوكيل، 2013).

ولمعرفة خطورة الصوديوم في مياه الري يجب تقدير كل من: -

- تقدير النسبة المئوية للصوديوم الذائب (SSP) Soluble Sodium Percentage
بالمعادلة الآتية:

(USDA - 1954) (Wilcox, 1955).

$$SSP \% = \frac{Na + K \text{ meq/l}}{(Ca, Mg, Na, K) \text{ meq/l}} * 100$$

تقييم جودة مياه الابار الجوفية لأغراض الري والزراعة بمنطقة القواسم شرق مدينة غريان
لبنيا

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-iregoat57>

- معدل امتزاز الصوديوم (SAR) Adsorption Ratio Sodium بالمعادلة الآتية:
(USSL, 1954)

$$SAR = \frac{Na \text{ meq /l}}{\sqrt{\frac{Ca+Mg \text{ meq/l}}{2}}}$$

- معدل امتزاز الصوديوم المعدلة (adj. SAR)
بالمعادلة الآتية: (Ayers and Westcot, 1985)

$$SAR \text{ adj} = SAR [1 + (8.4 - plk.)]$$

وهو مقياس حيوي لتقييم مخاطر الصوديوم في مياه الري التي قد تضر بنفاذية التربة.
والحصول على pHc من خلال المعادلة الآتية والجدول الخاصة بها:
 $-pHc = p(Ca + Mg) + (pk2 - pKc) + (Alk)$

- كربونات الصوديوم المتبقية (RSC)
معادلة تقدير كربونات الصوديوم المتبقية Residual Sodium Carbonate

$$RSC = [CO_3 + HCO_3] - [Ca + Mg] \text{ Meq/l} \quad (\text{Wilcox, 1955})$$

- تقدير العسر الكلي (CaCO₃) TH
من خلال المعادلة التالي

$$TH = 2.5(Ca^2) + 4.1(Mg^2) \quad (\text{Twort et al. (1994)})$$

- نسبة المغنيسيوم MAR
ومن خلال علاقة (Paliwal, 1972) يمكن حساب نسبة المغنيسيوم (MAR %) في
مياه الري

تقييم جودة مياه الابار الجوفية لأغراض الري والزراعة بمنطقة القواسم شرق مدينة غريان
لبنيا

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-iregoat57>

$$MAR \% = \frac{Mg \text{ meq/L}}{Mg + Ca \text{ meq/L}} * 100$$

حيث إشارة العديد من الدراسات الي إن التركيز العالي من ايون المغنسيوم في مياه الري له تأثيرا ضار على نمو النباتات خصوصا إذا تجاوزت نسبة المغنسيوم 50%، لأنه بذلك تصبح التربة الزراعية أكثر تعرضاً للملوحة (kovad , 1973).

تقدير نسبة كيلبي (KR)

كما اقترح العالم (Kelly, 1940) معادلة خاصة لمعرفة التأثير الخطير من ايون الصوديوم الي ايون الكالسيوم والمغنسيوم على جودة مياه الري من خلال الاتي: -

$$KR = \frac{Na \text{ Meq/l}}{Ca + Mg \text{ Meq/l}}$$

إذا كانت نسبة كيلبي أكثر من واحد تشير الي سيادة ايون الصوديوم الذائب وهذه المياه غير ملائمة للري، بينما اقل من واحد فان المياه مناسبة للري.

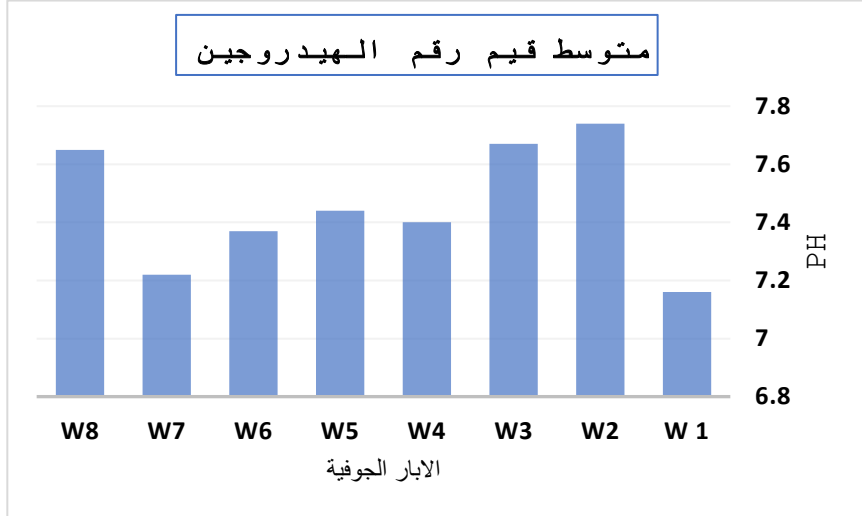
النتائج والمناقشة:

- قيم رقم الهيدروجين pH

ومن نتائج التحاليل الهيدرو الكيمائية لمياه الري المجمعة من الابار الجوفية بمنطقة الدراسة، يبين الجدول (2) والشكل (2) متوسط قيم الـ pH في جميع عينات الدراسة والتي تراوحت بين (7.16 - 7.74) وهي قيم متقاربة جدا، وواقعة ضمن الحدود المسموح بها في مياه الري حسب تصنيف منظمة الأغذية والزراعة الدولية (FAO, 1999) والمحصورة بين (6.5 - 8.4). ونتائج هذه الدراسة تتفق مع ما توصل اليه بدراسة (شاكبي، 2021)، (المثثاني، 2023).

تقييم جودة مياه الابار الجوفية لأغراض الري والزراعة بمنطقة القواسم شرق مدينة غريان
لبنيا

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-iregoat57>



الشكل (2) متوسط قيم رقم الهيدروجين لعينات الدراسة

يبين الجدول (2) نتائج التوصيل الكهربائي (EC) التي تراوحت قيمها بين ($\mu\text{s}/\text{cm}$ 990.5-2045)، وبمقارنة النتائج مع الحدود المسموح بها حسب تصنيف مختبر الملوحة الأمريكي لمياه الري (USSL,1954) والموضحة بالجدول (3)، تبين ان الابار w6, w5, w1 واقعة ضمن نوعية مياه مرتفعة الملوحة (C3) وهي ملائمة للري النباتات المقاومة للملوحة، بشرط وجود صرف جيد مع غسل التربة، بينما الابار w8, w7, w4, w3, w2 واقعة ضمن نوعية مياه عالية الملوحة جدا (C4) وتكون هذه النوعية من المياه محددة فقط للري النباتات شديدة التحمل للملوحة في تربة ذات نفاذية جيدة مع توفر متطلبات غسل شديد للأملاح من التربة.

بينما تراكيز الاملاح الذائبة الكلية (TDS) في مياه الري بمنطقة الدراسة والموضحة في الجدول (2) تراوحت متوسط قيمها بين (1308- 633 mg/l) وهي ذات تراكيز عالية من الملوحة الذائبة في مياه الري حسب (USSL)، ومن جانب نتائج (EC) و (TDS) تعد هذه المياه ملائمة للري النباتات المقاومة والشديدة التحمل للملوحة، وبشرط ان يتوفر صرف جيد مع إضافة متطلبات غسيل الاملاح الزائدة، لان تراكيز الملوحة العالية تؤدي

تقييم جودة مياه الابار الجوفية لأغراض الري والزراعة بمنطقة القواسم شرق مدينة غريان
لبنيا

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-iregoat57>

الي تراكمها بمنطقة الجذور مما تؤثر سلباً على نمو النبات وانتاجيته. تتفق نتائج الدراسة مع كل من (شاكلي، 2021)، (Hegazi et al, 2018)، (اطبيقة، 2025). إضافة الي ما ذكر، تؤدي الملوحة العالية في مياه الري الي خلق بيئة صعبة لنشاط الكائنات الحية التي تعيش بالتربة، حيث يزيد من الاجهاد الأسموزي للبكتيريا والديدان من يقلل من تحلل المادة العضوية وتثبيت النيتروجين خصوصا للبكتيريا المثبتة للنيتروجين. يتفق مع ما جاء بدراسات (بلق، 2022)، (محمد، 2015)، (السعدي، 2021).

جدول (2) نتائج التحاليل الهيدروكيميائية لعينات مياه الري المجمعة من الابار الجوفية بمنطقة الدراسة

الابار الجوفية	pH	EC	EC	TDS	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	CO ₃	Cl	SO ₄	NO ₂
		µs/cm	ds/m	mg/l	Meq / l								
W1	7.16	1381	1.38	883.84	8.26	5.94	9.15	0.15	4.90	Nil	8.42	3.52	0
W2	7.74	1468	1.47	939.52	6.22	5.65	9.85	0.13	5.35	Nil	7.90	2.54	0
W3	7.67	1746	1.75	1117.4	7.63	6.22	10.24	0.28	6.00	Nil	7.30	6.39	0
W4	7.40	2045	2.05	1308.8	10.32	5.51	10.41	0.36	6.35	Nil	8.20	9.15	0
W5	7.44	990.5	0.99	633.92	6.13	4.31	7.30	0.13	6.60	Nil	5.15	0.79	0
W6	7.37	1372	1.37	878.10	8.35	5.48	10.76	0.17	4.90	Nil	7.28	3.93	0
W7	7.22	2040	2.04	1305.6	10.31	8.35	12.15	0.18	5.05	Nil	12.3	4.85	0
W8	7.65	1676	1.67	1072.64	7.46	5.93	10.59	0.15	6.05	Nil	6.80	6.25	0

جدول (3) تصنيف مياه الري حسب الأملاح الذائبة (EC - TDS) اعتمادا على (USSL)

صنف الماء	التوصيل الكهربائي (µs/cm)	كمية الأملاح الذائبة (TDS) (mg/l)	وصف جودة الماء ومدى ملائمته للري
C1	0 - 160	100 - 250	قليلة الملوحة: ملائمة لغالبية النباتات ومعظم أنواع التربة.
C2	160 - 480	250 - 750	متوسطة الملوحة: ملائمة للنباتات جيدة التحمل للأملح مع غسل متوسط للتربة.

تقييم جودة مياه الآبار الجوفية لأغراض الري والزراعة بمنطقة القواسم شرق مدينة غريان
لبنيا

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-iregoat57>

وصف جودة الماء ومدى ملائمته للري	كمية الأملاح الذائبة (TDS) (mg/l)	التوصيل الكهربائي (µs/cm)	صنف الماء
عالية الملوحة: ملائمة للنباتات المقاومة للملوحة، بشرط وجود بزل جيد وغسل للتربة.	750 - 2250	480 - 1440	C3
عالية الملوحة جداً: ملائمة فقط للنباتات شديدة التحمل للملوحة في تربة نفاذة جداً مع غسل شديد.	2250 - 5000	1440 - 3200	C4

مخاطر النسبة المئوية لأيون الصوديوم % Na (SSP)

يظهر الجدول (4) النسبة المئوية لأيون الصوديوم بمياه الدراسة التي تراوحت بين (39.57-45.65)، فنلاحظ ان الآبار (W1, W7) تقل نسبة (Na%) عن 40%، وهي قيم واقعة ضمن صنف مياه جيدة الي مقبولة حسب تصنيف 1955, Wilcox والموضحة بالجدول (5)، ويمكن استخدامها في ري بعض أنواع من المحاصيل والنباتات، بينما الآبار المتبقية فهي واقعة ضمن مياه مسموح بها وقد تراوحت نسبها بين 46-40%، ويمكن استخدامها لأغراض الري حسب مؤشر نسبة % Na، ولكن قد تبدأ مشاكل الصودية بالظهور على المدى الطويل، مما تحتاج هذه الترب الي إدارة جيدة من خلال القيام (توفير متطلبات غسل التربة، تصريف جيد، واختيار المحاصيل المناسبة مع إضافة الجبس الزراعي لتقليل تأثير ايون الصوديوم)، وتتفق هذه النتائج مع ما جاء بها (السعدي، 2021)، (المثناني، 2023).

جدول (4) متوسط قيم المؤشرات الخاصة بجودة مياه الري لعينات الدراسة

الآبار الجوفية	SAR	SAR Adj	RSC	TH	SSP %	KR	MAR%
W1	3.43	8.8	-9.30	45.02	39.57	0.64	58.17
W2	4.04	10.2	-6.53	38.63	45.65	0.83	52.36
W3	3.89	10.3	-7.85	44.58	43.17	0.74	55.10
W4	3.70	10.3	-9.48	48.40	40.49	0.66	65.20
W5	3.20	8.5	-3.84	33.01	41.58	0.70	58.72
W6	4.10	10.5	-8.93	43.31	44.14	0.78	60.38
W7	3.98	10.4	-13.61	60.04	39.79	0.65	55.25
W8	4.09	10.9	-7.34	43.03	44.51	0.79	55.71

تقييم جودة مياه الابار الجوفية لأغراض الري والزراعة بمنطقة القواسم شرق مدينة غريان
لبنيا

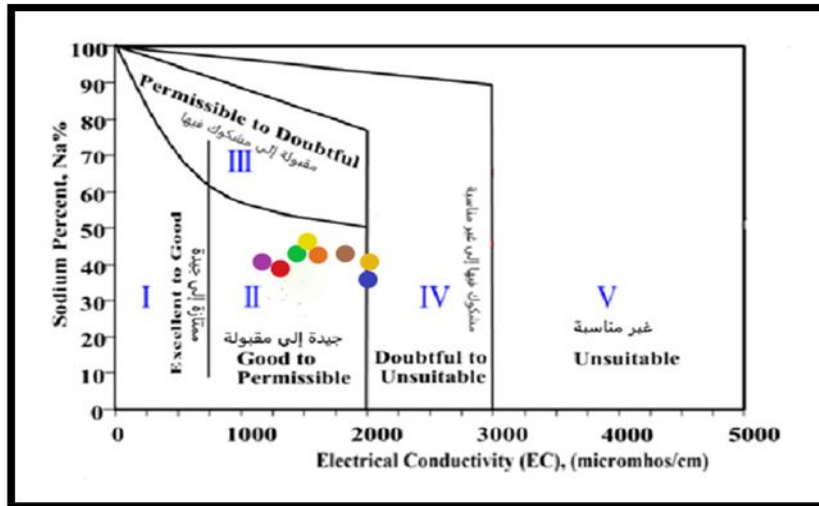
<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-iregoat57>

جدول (5) النسبة المئوية لأيون الصوديوم حسب تصنيف Wilcox, 1955

صنف الماء	نسبة الصوديوم الذائب Na%	دليل التصنيف
مياه ممتازة إلى جيدة للري	اقل من 20	1
مياه جيدة إلى مقبولة	20 - 40	2
مياه مسموح بها	60 - 40	3
مياه مشكوك فيها إلى غير ملائمة للري	80 - 60	4
مياه غير ملائمة للري	أكثر من 80	5

- الملوحة - الصودية (EC - % SSP)

ومن خلال مخطط الملوحة والصودية حسب تصنيف (1955, WILCOX) لمياه الري والموضحة بالشكل (3)، يظهر بان متوسط قيم التوصيل الكهربائي (EC) ونسبة (SSP%) لعينات الدراسة ضمن فئة جيدة إلى مسموح بها. مما يسمح بإمكانية استخدامها في الري الزراعي مع ضرورة اتباع ممارسات مناسبة في إدارة ملوحة التربة، وتتفق نتائج الدراسة مع ما جاء من قبل (Hegazi, et al, 2018).



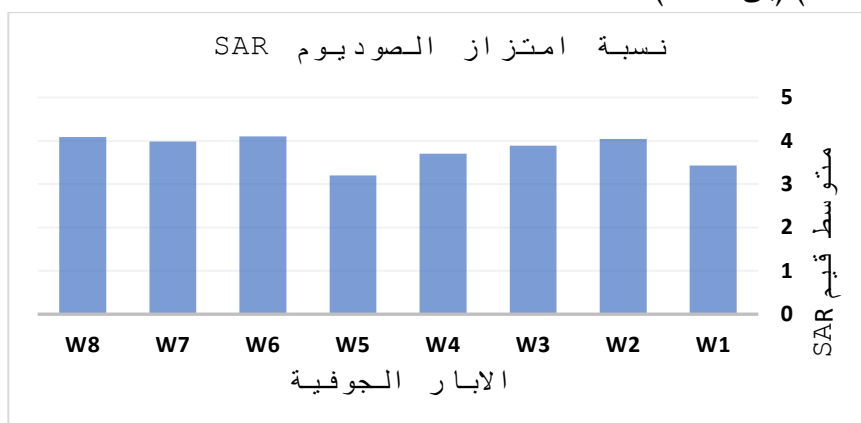
الشكل (3) مخطط الملوحة والصودية لتحديد ملائمة المياه للري بمنطقة الدراسة وفق تصنيف (1955, WILCOX) لمياه الري

تقييم جودة مياه الابار الجوفية لأغراض الري والزراعة بمنطقة القواسم شرق مدينة غريان
لبنيا

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-iregoat57>

- نسبة امتزاز الصوديوم SAR

مخاطر الصودية في مياه الري من خلال نسبة امتزاز الصوديوم (SAR)، والموضحة بالجدول (4) والشكل (4) التي تظهر ان جميع قيمها في مياه الدراسة اقل من 10 meq/l، وهي قيم تقع تحت صنف مياه ذات خطورة قليلة من الصوديوم (S1)، حسب تصنيف مختبر الملوحة الأمريكي (USSL,1954) بالجدول(6)، وتعد مياه الدراسة ممتازة للري ولا يوجد أي خطورة على الخصائص الفيزيائية للتربة من جانب هذا المؤشر، مع احتمالية ظهور مستويات قليلة من الصوديوم الضار في المستقبل مما قد تحتاج الي إدارة جيدة، وهذا يتفق مع ماتوصل اليه كل من (المثاني، 2023)، (السعدي، 2021)، (بلق، 2022).



الشكل (4) متوسط قيم نسبة امتزاز الصوديوم لعينات الدراسة

جدول (6) تقييم معمل الملوحة الأمريكي لمياه الري على أساس قيمة SAR حسب تصنيف (USSL, 1954)

صنف الماء	قيمة SAR meq/l	مواصفات المياه
مياه قليلة الصوديوم	صفر - 10	S1- مياه يمكن استخدامها للري معظم التربة مع ظهور نسبة قليلة من مستويات الصوديوم الضارة
مياه متوسطة الصوديوم	10- 18	S2- مياه ذات محتوى من الصوديوم ضاراً للتربة ناعمة القوام، ويمكن استخدامها للتربة خشنة القوام ذات نفاذية عالية مثل التربة الرملية

تقييم جودة مياه الآبار الجوفية لأغراض الري والزراعة بمنطقة القواسم شرق مدينة غريان
لبنيا

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-iregoat57>

صنف الماء	قيمة SAR meq/l	مواصفات المياه
مياه عالية الصوديوم	18- 26	S3- مياه ينتج عنها خطورة من الصوديوم وتحتاج إلى إدارة جيد للتربة خاصة من جانب (الصرف الجيد، غسيل و استخدام المصلحات الكيميائية مثل (الجبس الزراعي)
مياه عالية الصوديوم جداً	أكثر من 26	S4- مياه تكون غير صالحة لأغراض الري

- نسبة ادمصاص الصوديوم المعدلة SAR Adj

يظهر الجدول (4) قيم نسبة ادمصاص الصوديوم المعدلة التي تراوحت بين (10.90- 8.50)، وهي قيم بين منخفضة الي متوسطة الخطورة لأيون الصوديوم في مياه الري حسب مختبر الملوحة الأمريكي (USSL,1954)، وخطورة استعمال هذه النوعية من مياه على المدى الطويل انها تؤثر على بعض الخصائص الفيزيائية للتربة، كذلك تسبب في انخفاض تدريجي بنفاذية الماء مع استمرار استعمالها، وكما تؤدي الي تفكيك جزئي لحبيبات التربة، علاوة على ذلك فأنها تؤثر سلباً على نمو وانتاجية بعض أنواع من النباتات وخاصة الحساسة منها، إضافة الي انخفاض في نشاط بعض الكائنات الحية بالتربة مثل الديدان، بكتيريا، يتفق مع ما جاء بها (محمد،2015).

- خطورة البيكربونات Bicarbonate hazard في صورة كربونات الصوديوم المتبقية :RSC

ومن خلال نتائج الدراسة والموضحة في الجدول (4)، بينت بعدم وجود قيم كربونات الكالسيوم المتبقية (RSC) في عينات الدراسة، حيث كانت جميع القيم بالسالب مما يشير إلي إن تركيز ايون الكالسيوم والمغنيسيوم أكثر من تركيز ايون الكربونات والبيكربونات، ولذلك تعد مياه الآبار الخاصة بالدراسة صالحة للري ولا تسبب أي مشاكل من جانب قيم كربونات الصوديوم المتبقية (RSC) حسب تقسيم (Wilcox, 1955) والموضح بالجدول (7).

تقييم جودة مياه الابار الجوفية لأغراض الري والزراعة بمنطقة القواسم شرق مدينة غريان
لبنيا

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-iregoat57>

جدول (7) يوضح قيم كربونات الصوديوم المتبقية (Wilcox, 1955)

ر. م	قيمة RSC meq/l	تصنيف الماء
1	أقل من 1.25	المياه ممتازة ولا تسبب مشاكل
2	1.25 - 2.50	المياه متوسطة التأثير
3	أكثر من 2.50	المياه غير صالحة للري

- نسبة المغنسيوم $MAR \%$:

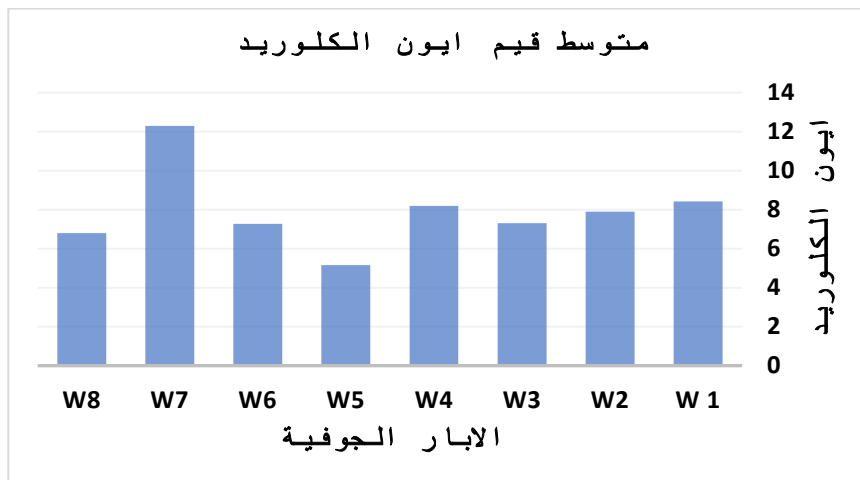
تم حساب نسبة المغنسيوم $MAR \%$ من علاقة Paliwal 1972 لتقييم مياه الري السابقة الذكر، وبينت الأبحاث السابقة إن محتوى مياه الري العالي من عنصر المغنسيوم له إثر سلبي على نمو النباتات والمحاصيل الزراعية، ومن خلال نتائج الجدول (4) يمكن ملاحظة إن نسبة المغنسيوم في جميع مياه الدراسة قد تجاوزت الحدود المسموح بها وهي 50 %، بهذه النتائج تعد مياه الري غير صالحة للري للنباتات من جانب هذا العنصر لأنه تجعل التربة أكثر ملوحة (kovad , 1973).

- خطورة ايون الكلوريد:

إن خطورة ايون الكلوريد في مياه الري تكمن في التأثير المباشر على النباتات وخاصة المحاصيل الزراعية الحساسة الي هذا العنصر، لأنه يسبب لها السمية (الوكيل، 2013)، وبالاعتماد على ماورد من قبل (1985 Ayers and Wescot)، للتصنيف مياه الري حسب سمية الكلوريد في مياه الري للنباتات وحسب نتائج الجدول (4) والشكل (5) يبين ان اغلب عينات الدراسة لم يتجاوز متوسط قيمها 10 meq/l، ولا تسبب مياه الري أي ضرر للنباتات الحساسة لايون الكلوريد، بينما W7 كانت متوسط قيمه أكثر من 12 meq/l مما يسبب سمية بعض الأنواع من النباتات، إضافة الي التأثير السلبي على الكائنات الحية الدقيقة التي تعيش في التربة، وهذه النتائج تتفق مع ما جاء بها (شاكلي، 2021)، (بلق، 2022).

تقييم جودة مياه الابار الجوفية لأغراض الري والزراعة بمنطقة القواسم شرق مدينة غريان
لبنيا

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-iregoat57>



الشكل (5) متوسط قيم الكلوريد في مياه الدراسة

- العسر الكلي CaCO_3 (TH)

أوضحت الدراسات السابقة بان التكوينات الجيولوجية الخاصة بمنطقة الدراسة تشير الي تواجد الحجر الرملي يليه تكوين من الصخور الدولومايت والحجر الجيري الماري والطين مع التداخلات من الجبس وهي من المصادر الطبيعية للكربونات والبيكربونات مثل (الصوديوم، الكالسيوم والمغنيسيوم)، والتي ينشا عنها معظم المركبات القاعدية. (عزوز، 2003)، (الفقي، 2016). ومن جدول نتائج الدراسة (3) يظهر بان متوسط تراكيز العسرة الكلية في مياه الري والتي تراوحت بين (33-60 meq/l)، وهي قيم منخفضة ولم تتجاوز الحدود المسموح بها 75 meq/l اعتمادا على تصنيف كل من Sawyer and McCarty (1967) لمياه الري، وبذلك تعد هذه المياه غير عسرة.

- نسبة كيلي KR

تم حساب نسبة كيلي اعتمادا على المعادلة المقترحة من قبل (Kelly, 1940) وهو مؤشر من مؤشرات جودة مياه الري المقترح من قبل العالم (Kelly, 1940)، وكما مبين بنتائج الدراسة في الجدول (3) ان نسبة كيلي في جميع مياه الري اقل من واحد وتعد المياه مناسبة للري حسب هذا المؤشر، اتفقت هذه النتائج مع متصل اليه (المثناني، 2023).

تقييم جودة مياه الابار الجوفية لأغراض الري والزراعة بمنطقة القواسم شرق مدينة غريان
لبنيا

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-iregoat57>

الخلاصة والتوصيات:

من خلال النتائج المتحصل عليها في الدراسة والتي اهتمت بتقييم جودة مياه الابار الجوفية ومدى صلاحيتها لأغراض الري الزراعي بمنطقة القواسم، بينت نتائج الدراسة وبمقارنتها بتصنيف مختبر الملوحة الأمريكي بان بعض ابار منطقة الدراسة تقع ضمن مياه عالية الملوحة منخفضة الصودية (C3- S1) وبينما اغلبها عالية جدا من الملوحة ومنخفضة الصودية (C4-S1)، وهذا يشير الي إمكانية استخدامها لري النباتات المتحملة وشديدة التحمل للأملح، مع ان تكون الترب ذات نفاذية جيدة واطافة متطلبات الغسيل لمنع تراكم الاملاح بمنطقة امتداد جذور النباتات. وفيما يتعلق بمؤشر النفاذية والذي يشير اليه نسبة امتزاز الصوديوم المعدلة فان اغلب عينات الدراسة واقعت ضمن مياه ذات محتوى متوسط الضرر من الصوديوم خصوصا في الترب الناعمة القوام، مما يؤثر على بعض الخصائص الفيزيائية للتربة خاصة النفاذية في المستقبل، إضافة الي تأثيرها في انخفاض نشاط بعض الكائنات الحية بالتربة مثل الديدان، البكتيريا، يتفق مع ما جاء بها (محمد، 2015)، ولكن يمكن استخدام هذه النوعية من المياه في الترب الخشنة القوام ذات النفاذية العالية مع مراقبة جودة المياه والتربة بشكل دوري، وفيما يتعلق خطورة عنصر الكلوريد فان اكثر من 87% من عينات الدراسة جيدة ولا تسبب سمية للنباتات الحساسة للكلوريد، بينما نجد نسبة MAR% في جميع عينات الدراسة قد تجاوزت الحدود المسموح بها 50%، مما تؤثر هذه النسب على نمو النباتات، اما من جانب مؤشر TH، KR تعد نسبة طبيعية ولم تتجاوز الحدود المسموح بها في مياه الري، وعليه توصي الدراسة الي

- توعية المواطنين بضرورة المحافظة على المياه وترشيد استهلاكها، وتوضيح خطر الملوحة على التربة والنبات.
- الاهتمام بأجراء التحاليل الكيميائية والفيزيائية دورياً للإبار الجوفية بمنطقة الدراسة وملاحظة التغيرات التي تحدث لها.
- الاهتمام بأجراء تحاليل دورية للترب منطقة الدراسة لتعرف على التغير الحاصل في خصائصها الكيميائية والفيزيائية لتفادي التأثيرات السلبية من استخدام هذه النوعية من المياه.

تقييم جودة مياه الابار الجوفية لأغراض الري والزراعة بمنطقة القواسم شرق مدينة غريان
ليبيا

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-iregoat57>

- الاهتمام باختيار النباتات ذات القدرة العالية على مقاومة ملوحة المياه.
- الاهتمام بتوفير مصادر مياه ذات ملوحة اقل اللازمة للاحتياجات الغسيلية.

المراجع:

- أبو بكر، سماح حسن، خليفة، نهي علي، أرحومة، محمد ميلاد. (2024).
تقييم جودة المياه الجوفية بمنطقة الجوش - غرب ليبيا.
مجلة القلم المبين، 1(1)، 1-16.
- اطيبة، محمد حسن، عبد السلام، السعداوي حسين، احمد، سعاد مفتاح. (2025).
تقييم جودة مياه الري لبعض الابار في منطقة وادي زمزم-ليبيا. مجلة جامعة
بني وليد للعلوم الإنسانية والتطبيقية، 10 (2)، ص ص 267-278.
- امشهر، عمران علي حمد، مخلوف، حسين عبد السلام حسين، زن، عمار عبد
الرحيم عبد الهادي. (2022). مدي صلاحية المياه للري الجزء الجنوبي من
وادي اتلال بمدينة سرت. مجلة جامعة سبها للعلوم البحتية والتطبيقية، العدد
4(21)، ص ص 1-5.
- المتناني، اية محمد، محمد. (2023). تقييم جودة مياه الري لمشروع الدبوات
الزراعي بمنطقة وادي الشاطي، المجلة الليبية للعلوم وتكنولوجيا البيئية، 5(1)،
ص ص 44-48.
- السعدي، محمود عبد الأمير سلمان. (2021). دراسة هيدروكيميائية للمياه الجوفية
لمنطقة جنوب غرب محافظة بغداد، مجلة جامعة بابل لعلوم الصرافة
والتطبيقية، 25(1)، ص ص 1997-2010.
- بلق، أسماء عبد الحميد، مفتاح، بهية، السراط، ميلاد فرج. (2022). تحديد مدي
جودة مياه الابار الجوفية لأغراض الري والزراعة بمنطقة العجيلات- ليبيا.
المجلة الدولية للعلوم والتقنية، العدد، (30)، ص ص 1-14.
- شاكبي، علي عبد النبي، عبد الله، عبد الله احمد. (2021). تقييم صلاحية المياه
الجوفية بوادي الشاطي لأغراض الري، المجلة الليبية للعلوم وتكنولوجيا البيئية، 3
(3)، ص ص 56-60.

تقييم جودة مياه الابار الجوفية لأغراض الري والزراعة بمنطقة القواسم شرق مدينة غريان
لليبيا

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-iregoat57>

عزوز، جاد الله. (2003). حتى لا نموت عطشًا، ليبيا: الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع والإعلان.

محمد، شنو مصطفى، (2015). تقييم جودة المياه الجوفية في محافظة كركوك، مجلة جامعة كركوك/الدراسات العلمية، 4(10)، ص ص 177-194.

نصر، فرح على. المايل، عبد السلام محمد. (2017). الإدارة المتكاملة للموارد المائية ودورها في الامن المائي الليبي، بحوث اقتصادية عربية، العدادان (78_79).

APHA, American Water Works Association (AWWA), & Water Pollution Control Federation (WPCF). (1985). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (16th ed.).

APHA, Washington, DC.

Arveti, N., Muralidhar, P., & Sreedhar, Y. (2016). Hydrogeochemistry and groundwater quality assessment of Raipur area, Andhra Pradesh, South India. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 4(4), 88–99. <https://doi.org/10.4236/gep.2016.44012>

Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1985). *Water quality for agriculture* (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29). Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Cadraku, H. S. (2012). Groundwater quality assessment for irrigation: Case study in the Blinaja River Basin, Kosovo. *Civil Engineering Journal*, 7(9), 1515–1528.

FAO. (1999). *Guidelines for irrigation water quality*. Ministry of Environment, Human Resource Development and Employment Development of Environment, USA.

Hegazi, I. M., Abbas, M. H. H., Ismail, A. O. A., & Abdel-Kader, G. A. (2018). Groundwater quality assessment for irrigation purposes in the west of Minia, Governorate, South Egypt. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, Mansoura University, 9(12), 809–816.

Kelley, W. P. (1940). Permissible composition and concentration of irrigation waters. *Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, 66, 607.

تقييم جودة مياه الابار الجوفية لأغراض الري والزراعة بمنطقة القواسم شرق مدينة غريان
ليبيا

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-iregoat57>

- Kovda, V. A. (1973). *Irrigation, drainage and salinity*. Hutchinson Co., London, England.
- Kumari, M. K. N., Sakai, K., Kimura, S., Yuge, K., & Gunarathna, M. H. J. P. (2019). Classification of groundwater suitability for irrigation in the Ulagalla Tank Cascade Landscape by GIS and the Analytic Hierarchy Process. *Agronomy*, 9, 351, 1–14.
- Meghanad, U. P., Vasanthamohan, V., & Selvakumar, S. (2024). Groundwater quality assessment for drinking and irrigation: A case study in the Cauvery River Basin, Tiruchirappalli District, Tamil Nadu, India. *Water Quality Research Journal*, 60(1), 73–88.
- Paliwal, K. V. (1972). *Irrigation with saline water* (Monograph No. 2, New Series, p. 198). New Delhi, India: Indian Agricultural Research Institute (IARI).
- Twort, A. C., Law, F. M., Crowley, F. W., & Ratnayake, D. D. (1994). *Water supply* (4th ed.). Wiley, New York.
- U.S. Salinity Laboratory Staff. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils* (USDA Agriculture Handbook No. 60). United States Department of Agriculture, Washington, DC.
- Wilcox, L. V. (1955). *Classification and uses of irrigation waters* (USDA Circular No. 969). Washington, DC: United States Department of Agriculture.