مجلة علوم البحار والتقنيات البيئية
المجلد (2)، العدد (2) (ديسمبر-2016)

ISSN: 2413-5267

تقييم المياه الجوفية الضحلة (طبقة حاوية غير محصورة) لبعض آبار مياه منطقة مصراتة ومدى ملائمتها للشرب والري

يوسف محمد الفقي وفتحي علي صويد*

قسم هندسة المياه والبيئة، كلية الهندسة، جامعة مصراتة، مصراتة، ليبيا

*البريد الإلكتروني: fagswaid@yahoo.com.au

Evaluation of the Shallow Groundwater (Unconfined Aquifer) of Some Groundwater Wells of Misurata Region for Drinking and Irrigation

Jozef M. Alfji, and Fathi A. Swaid*

Environmental and Water Engineering Department, Faculty of Engineering, Misurata University, Misurata, Libya

الملخص

منطقة مصراتة هي أحد أكبر المدن الليبية من حيث كثافة السكان تقع في منتصف الجزء الشمالي للساحل الليبي شرق مدينة طرابلس بحوالي (200 كم). تعتبر المياه الجوفية هي المصدر الرئيسي للمياه في هذه المنطقة والتي يُعتمد عليها في تلبية جميع احتياجات السكان من شرب، زراعة، صناعة بالإضافة إلى الاستخدامات الأخرى. حيث يوجد بها العديد من الآبار الضحلة والتي يتراوح عمقها من 30 إلى 150م. كما يوجد بها عددا محدودا من الآبار الارتوازية (العميقة). في هذه الدراسة تم اختيار عدد 31 بئراً ضحلة (طبقة حاوية غير محصورة) منتشرة بالمنطقة لغرض تصنيف نوعية المياه وتقييم استخدامها للأغراض المختلفة وأيضا تحديد مصدر الملوحة لهذه المياه. تم قياس درجة الحموضة، الموصلية الكهربائية لعينات المياه في الحقل، بالإضافة إلى تحليل العناصر الرئيسية في المختبر كما تم تقدير العسرة الكلية للمياه والأملاح الذائبة الكلية. إضافة إلى ذلك تم استخدام المعادلات القياسية لتقدير نسبة الصوديوم المدمص، نسبة الصوديوم الذائب، العسرة الكلية، نسبة الماغنيسيوم ومؤشر النفاذية. بناءً على نتائج التحليل تم تقسيم المياه حسب الأيونات السائدة إلى نوعين مجموعة أيونات الكالسيوم والماغنسيوم مع الكلوريدات ومجموعة أيونات الصوديوم و الكالسيوم مع الكلوريدات (*Cl-Na.Ca* و *Ca.Mg-Cl*) أيضاً تم تصنف المياه الجوفية الضحلة لهذه المنطقة إلى مياه عسرة و متوسطة إلى شديدة الملوحة. بينت نتائج الاختبارات المعملية للمياه الجوفية الضحلة للمنطقة بأن مياهها تعتبر متدنية النوعية وغير صالحة للشرب ولا للزراعة وذلك استناداً على مواصفات المركز الوطني الليبي لمياه الشرب (1992)، معايير الصحة العالمية (2011)، منظمة الزراعة والأغذية (1989)، وكالة حماية البيئة الأمريكية مع ملاحظة أنها قد تكون ملائمة لري بعض المحاصيل الزراعية تحت ظروف معينة. كما أوضحت نتائج الدراسة أيضًا أن مصدر الأملاح يعود الى تداخل مياه البحر مع مياه خزان الأيوسين الجوفي لهذه المنطقة.

الكلمات الدالة: نوعية المياه، تداخل مياه البحر، الاملاح الذائبة الكلية، المياه الجوفية لمدينة مصراتة، خزان الأيوسين الجوفي.

Abstract

Groundwater samples were collected from 31 wells (Eocene aquifer), which were distributed within Misurata precinct in 2014 to assess the hydrogeology chemistry of the groundwater in shallow aquifers and its suitability

ISSN: 2413-5267

for domestic and agricultural purposes. The groundwater is generally alkaline in nature. The electrical conductivity (EC) which is an index to represent the total concentration of soluble salts in water was used to measure the salinity hazard to crops as it reflects the TDS in groundwater ranging from 1056 to 8320 *µmhos/cm*. In general, Na^+ is the dominant cation, and Cl^- is the dominant anion. *Cl-Na.Ca* and *Ca.Mg-Cl* were the dominant hydrogeochemical faces. The result suggests that the dominant source of the major ions is controlled by sea intrusion. The concentrations of all the major ions were determined in the present study over the permissible limits of LNC, WHO, and U.S.P. standards. The results of Total Hardness, SAR, Na%, Pi, USDA classification, Magnesium absorption ratio, and Wilcox classification suggested that the groundwater was unsuitable for drinking and irrigation purposes.

Keywords: *Water quality, Intrusion, TDS, Misurata Groundwater, Eocene aquifer*.

1. المقدمة

في المناطق الجافة وشبه الجافة تشكل الموارد المائية الجوفية العصب الرئيسي لحياة ونشاط السكان. ونظرا لشحة الأمطار التي تعتبر المغذى الرئيسي والوحيد لهذه الموارد بات من الضرورة بمكان توجيه الاهتمام لبحث ودراسة كافة المحاور والمجالات التي عن طريقها يمكن المحافظة على هذه الموارد بل وزيادة تنميتها وتحقيق أقصى مستوى من كفاءة استخدامها (جناد،2005؛ اللجنة الفنية لدراسة الوضع المائي في ليبيا، 1999). إن زيادة معدل نمو السكان بهذه المناطق بل بمناطق المغرب العربي عامة أدى إلى زيادة الاستهلاك المائي مما نتج عنه انخفاض المخزون الرئيسي للمياه العذبة وعجزه على تلبية الاحتياجات الضرورية من المياه (جناد، 2005؛ اللجنة الفنية لدراسة الوضع المائي في ليبيا، 1999؛ العرابي، 2008). ولمواجهة هذا العجز المائي أخذت بعض ألاستراتيجيات التي تعتمد على استغلال الموارد المائية التقليدية المتاحة كاقتصاد الماء واستغلال الموارد المائية الغير تقليدية بعد معالجتها، كمياه الصرف الصحي وتحلية المياه المالحة ومياه البحر لتحقيق الأمن الغذائي (جناد، 2005؛ اللجنة الفنية لدراسة الوضع المائي في ليبيا، 1999؛ العرابي، 2008؛ أحمد، 2000). أفادت بعض الدراسات والبحوث العلمية إمكانية استخدام المياه المالحة في الري الزراعي تحت نظم إدارية جيدة يتم فيها استخدام الري المتناوب أو الري التكميلي أو باستخدام متطلبات غسل تتراوح بين 10-40% بالإضافة إلى اختيار أصناف زراعية تتحمل الملوحة، خلافا لذلك فإن الأملاح المضافة مع المياه ستؤدى إلى التراكم في قطاع التربة مسببةٌ الكثير من المشاكل (صقر، 2006). إن ليبيا هي أحد الدول التي تعاني شحة الموارد المائية وتعتبر المنطقة الوسطى بهذا البلد أحد صورها والتي يتراوح فيها معدل سقوط الأمطار أقل من 260 مم/سنة لمناطق الساحل وتقل كلما ابتعدنا عنه إلى أقل من 50 مم/سنة. 90 % من كمية الإمطار الساقطة تتركز في موسم التساقط (أكتوبر – مارس)، كما أن معدل البخر يزيد عن 2500 مم/سنة عند الساحل البحري ويزداد كلما ابتعدنا عنه (جناد، 2005؛ مصلحة الأرصاد الجوية مصراته، 2014). وتعتبر المياه الجوفية الملاصقة او القريبة من الشريط الساحلي بهذه المنطقة من مياه الحقب الرابع وهي مياه سريعة النضوب مقارنة بما يتم تعويضه عن طريق الأمطار كما إن ملوحتها تزداد كلما اشتد سحبها نتيجة تداخل مياه البحر (مصلحة الأرصاد الجوية مصراته، 2014؛ مخيمر وحجازي، 1996؛ خدام، 2004؛ بخيت، 2008). وتعتبر الموارد المتجددة

ISSN: 2413-5267

بهذه المناطق شحيحة والمخزون المائي المستثمر عن طريق الآبار متباين من منطقة الى أخرى وبنوعيات متباينة تتراوح من مياه عذبة الى مالحة جداً وإن غالبية المياه الجوفية الساحلية المأهولة بالسكان كمنطقة مصراتة ذات نوعيات رديئة (جناد، 2005؛ اللجنة الفنية لدراسة الوضع المائي في ليبيا، 1999). لذلك فإن المنطقة تعاني عجزاً مائياً كبيراً لا يفي بالمتطلبات المائية للزراعة ولا للاستهلاك البشري وعلى هذا الأساس توجهت الاهتمامات نحو جلب المياه من المناطق الصحراوية (مشروع النهر الصناعي) واستخدام الموارد المائية البديلة وذات النوعية الرديئة (المياه المالحة) لغرض التوسع الزراعي ولتأمين الأمن الغذائي ووضع استراتيجية ملائمة للاستخدام الاقتصادي لهذه المياه .لذا ووفقا لهذا السياق فالهدف هنا هو تحديد مدى ملائمة المياه الجوفية لمنطقة مصراتة لأغراض الري والشرب على ضوء المواصفات الليبية و العالمية حتى يتسنى تجريب الوسائل المناسبة لتقليل ملوحة هذه المياه للاستفادة منها في الري والشرب والاستخدامات الأخرى، ولعل تحديد مصدر الملوحة المتزايد من أهم العوامل التي تساهم في إيجاد الحلول التي تحد من تفاقم هذه المشكلة.

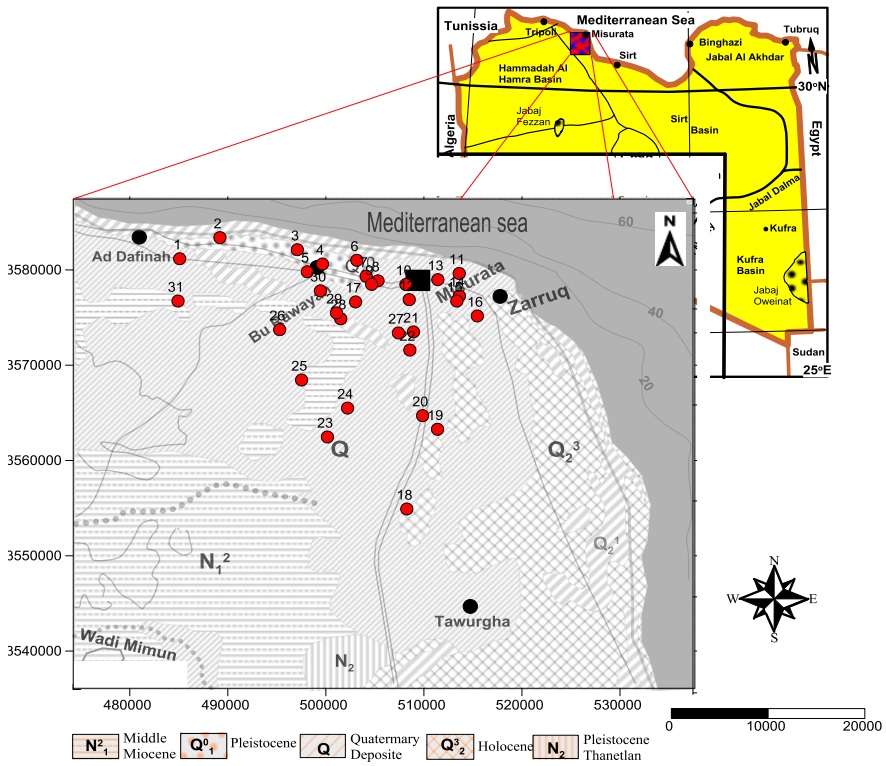
1.1. الموقع العام والوصف الجيولوجي

تقع منقطة الدراسة بالجزء الشرقي من النطاق الساحلي الشمالي الغربي لليبيا وتمتد على مساحة تقدر بـ3600كم^2. تقع بين خطى طول $^{//}47\ ^{/}36\ 140$ و$^{//}58\ ^{/}22\ 150$ شرقا ودائرتي عرض $^{//}48\ ^{/}23\ 320$ و $^{//}37\ ^{/}33\ 320$ شمالا, الشكل (1). تعتبر منطقة الدراسة سهلية رسوبية متدرجة الارتفاع من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي مع وجود بعض الانحدارات متوسطة الشدة في بعض المناطق وبشكل عام يعتبر التغير في الارتفاع تدريجي ولا يزيد عن 5% في معظم المناطق (مركز البحوث الصناعية، 1975؛ Gefli، 1793).

حظيت منطقة الدراسة بأهمية واضحة من حيث الدراسات الجيولوجية، نظرا لأهمية موقعها الجغرافي والاقتصادي، ومن خلال الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة بالشكل (1) يمكن تقسيم التكوينات الجيولوجية للمنطقة كما يلي:

تكوينات عصر الميوسين (Miocene)، يتكون من الحجر الجيري وحجر المارل والحجر الرملي وصخور المتبخرات (الملح الصخري، والجبس والأنهايدرات)، يغطى هذا التكوين الجزء الجنوبي الغربي من منطقة الدراسة بحوالي 35 % من مساحة منطقة الدراسة. أما الجزء المحاذي لساحل البحر لهذه المنطقة فيتمثل في رواسب الهولوسين (Holocene) وهي تكوينات من رواسب الوديان الحديثة، والرواسب الرياحية، ورواسب السبخات الحديثة، والرمال الشاطئية حيث تغطى حوالي 25% من المنطقة، كما أن الأجزاء الساحلية تضم تكوينات البلايوستوسين (Pleistocene) المتمثلة في رواسب السبخات القديمة، وتتألف هذه الرواسب من الغرين والرمال الناعمة، بالإضافة إلى الجبس، ويغطى هذا التكوين مساحة صغيرة من المنطقة لا تتعدى 6%. أما ترسيبات العصر الرابع (Quaternary Deposits) فهي تغطى معظم مساحة منطقة الدراسة وهي عبارة عن مزيج من الحصى، وقطع حجر جيري ومواد طينية وغرينية مترسبة بصورة غير منتظمة وتمتاز هذه الرواسب بقلة المادة الرابطة واختلاف سمكها (مركز البحوث الصناعية، 1975).

ISSN: 2413-5267



الشكل 1. الموقع العام لمنطقة الدراسة يوضح الوصف الجيولوجي ومواقع آبار الدراسة (مركز البحوث الصناعية، 1975).

2. المواد والطرق

1.2. هيدرولوجية منطقة الدراسة

تتميز منطقة الدراسة بوجود ثلاثة خزانات للمياه الجوفية هي:

خزان الحقب الرابع (خزان الأيوسين Eocene aquifer): يقع هذا الخزان ضمن تكوينات العصر الرابع المكون من طبقات من الحجر الجيري والدولوميت والجبس، ويمتد على طول الشريط الساحلي الشمالي، وبعض الأجزاء الجنوبية. تم الاعتماد عليه بشكل رئيسي في تغذية المنطقة بالمياه العذبة خلال فترة السبعينيات مما تسبب في تناقص إنتاجية أباره كما أن أجزاء واسعة منه تعرضت لتداخل مياه البحر (Gefli، 1973؛ الهيئة العامة للمياه، 1974).

خزان مزدة تِغْرِنَّة: يمتد في معظم منطقة الدراسة وهو معزول عن الخزان العلوي (خزان الحقب الرابع)، مياه هذا الخزان مستمرة التدفق بمعدل 2.0 م^3/ثانية من عين تاورغاء، وتعتبر عين تاورغاء المنفذ الرئيسي لمياه هذا الخزان. يبلغ سمك الخزان حوالي 50 م. وتصل كمية الأملاح الذائبة فيه إلى 4000 مجم/لتر (Gefli، 1973؛ الهيئة العامة للمياه، 1974، 2000؛ مصلحة المساحة الجيولوجية، 1964).

ISSN: 2413-5267

خزان كِكله الرملي: يوجد على أعماق بعيدة أسفل تكوينات خزان مزدة تِغْرِنَّة مباشرة، يتراوح سمكه بين 150–350م ويتواجد على أعماق من 600 إلى 800م، وتصل إنتاجيته من المياه من 100–400 م^3/ساعة، وتتراوح كمية الأملاح الذائبة من 800 إلى 1300 مجم/لتر، ويعتبر أفضل الخزانات الجوفية من حيث المعاملات الهيدروليكية (Gefli، 1973؛ الهيئة العامة للمياه، 1974، 2000).

2.2. العمل الميداني والتحاليل المخبرية

تم جمع 31 عينة مياه من آبار تراوحت أعماقها (30– 80 م) واقعة في منطقة الدراسة. وقد أخذت العينات في الفترة من (يناير–مارس، 2015) حيث تم قياس درجة الحموضة والموصلية الكهربية (EC) باستخدام العدادات الرقمية مباشرة بعد أخذ العينات. وتم إرسال عينات المياه الى مختبر المياه التابع لشركة الحديد والصلب، مصراته، لتحديد مجموع المواد الصلبة (APHA، 1975). تم حساب العسرة الكلية (TH) باستخدام المعادلة ($TH = 2.49Ca + 4.11Mg$). قُدرت الأيونات الرئيسية (الكاتيونات والأيونات) باستخدام الطريقة المعيارية لتحليلات المياه على النحو الذي اقترحته جمعية الصحة العامة الأمريكية (APHA، 1975). الجدول (1) يوضح طرق قياس الأيونات في المختبر.

الجدول 1. الطرق الرئيسية المستخدمة في تحليل أيونات عينات المياه الجوفية (APHA، 1975).

الأيونات القابلة للذوبان	الطريقة (أسلوب القياس)
Ca^{++} and Mg^{++}	المعايرة باستخدام EDTA
Na^{+} and K^{+}	مقياس الطيف الضوئي (Flame photometer)
HCO_3^{-}	المعايرة باستخدام H_2SO_4
Cl^{-}	المعايرة باستخدام $0.05N\ AgNO_3$
SO_4^{--}	مقياس الطيف الضوئي (Spectrophotometer)

فحصت كل عينة للتأكد من دقتها عن طريق حساب التوازن الأيوني IB ٪ كما يلي:

IB ٪= [(مجموع الايونات الموجبة – مجموع الايونات السالبة)/(مجموع الايونات الموجبة + مجموع الايونات السالبة)]×100

3.2. حساب وتقدير معاملات نوعية المياه

معاملات نسبة الصوديوم المدمص (SAR)، مؤشر (معامل) النفاذية (PI)، العسرة الكلية (TH)، نسبة الصوديوم المذاب (Na%) ونسبة الماغنيسوم المدمص (MAR) تم حسابها لتقدير ملائمة المياه الجوفية لعمليات الري بمنطقة الدراسة. وهذه المعاملات تستخدم في تصنيف المياه من حيث المشاكل التي تطرأ على المحاصيل الزراعية والترب النامية عليها من ملوحة، سمية وقلوية في التربة، وحسبت هذه المعاملات باستخدام المعادلة الموضحة بالجدول (2).

ISSN: 2413-5267

الجدول 2. الطرق الرئيسية لتقدير معاملات نوعية المياه الجوفية وملائمتها للري

معاملات الجودة	الرمز	المعادلة	المرجع
نسبة الصوديوم المدمص	SAR	$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$	USSL (1954)
مؤشر نفاذية	PI	$PI = \frac{Na^{2+} + \sqrt{HCO_3^-}}{Ca^{2+} + Mg^{2+}} \times 100$	Doneen (1964)
العسرة الكلية	TH	$TH = (2.49Ca^{2+}) + (4.11Mg^{2+})$	Ragunath (1987)
نسبة الصوديوم	%NA	$Na\% = \frac{Na^+ + K^+}{Na^+ + Ca^{2+} + K^+ + Mg^{2+}} \times 100$	Wilcox (1955)
نسبة المغنيسيوم	MAR	$MAR = \frac{Mg^{2+}}{Ca^{2+} + Mg^{2+}} \times 100$	Paliwal (1972)

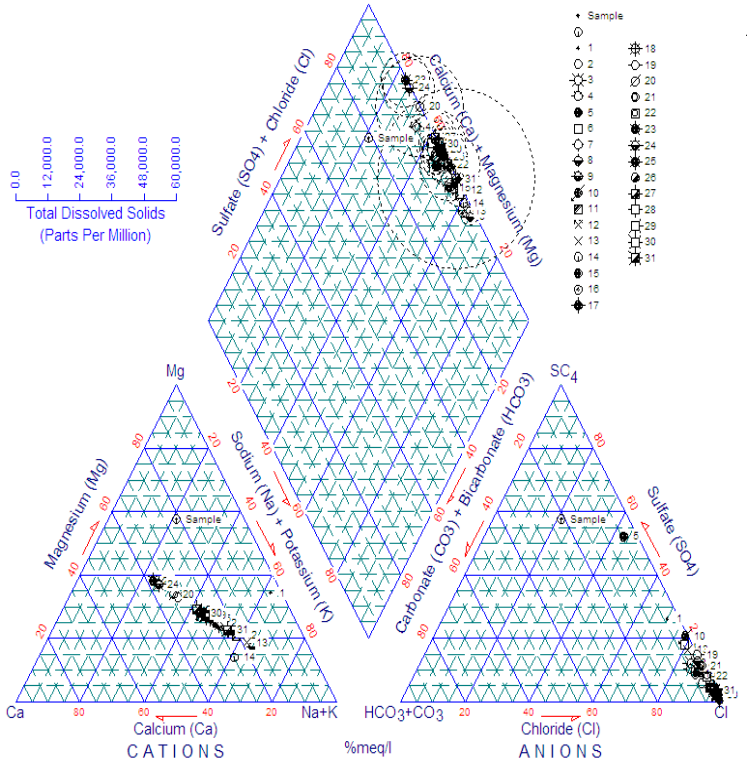
تركيز الايونات بوحدة *meq/l*

3. النتائج والمناقشة

1.3. السحنات الهيدروكيميائية (Hydrochemical Facies)

إن نوعية المياه الجوفية يمكن أن تحدد من خلال مكوناتها الكيميائية الأساسية و أن معطيات التحاليل الكيميائية لنماذج المياه الجوفية يساعد في تحديد فائدتها كمصدر للشرب والاستخدامات الأخرى وقد تم استخدام شكل (Piper), (محمد، 2004) لتوضيح تركيب الأيونات المهمة لنماذج المياه الجوفية كما هو موضح بالشكل (2) إن الغرض من هذا الشكل هو توضيح سحنات مياه منطقة الدراسة, والتي قسمت الى سحنتين, الأولى هي مجموعة أيونات الكالسيوم والماغنسيوم مع الكلوريدات *Ca.Mg-Cl*, والثانية هي مجموعة أيونات الصوديوم و الكالسيوم مع الكلوريدات *Cl-Na·Ca*.

ISSN: 2413-5267



الشكل 2. مخطط Piper لعينات المياه بموقع المنطقة

2.3. أصل المياه الجوفية في آبار منطقة الدراسة

تصنيف المياه الجوفية وفقاً لمنشئها وطريقة تشكلها مسألة في غاية التعقيد، ويعود ذلك لقابلية المياه للحركة وبالتالي إمكانية مزج مختلف أنماط المياه المختلفة النشأة وأيضا إلى تنوع التراكيب الكيميائية والخصائص الفيزيائية لمختلف التشكيلات الحاملة للمياه . عموماً تقسم المياه الجوفية وفق المنشأ إلى ثلاث فئات رئيسية: مياه جوية، مياه بحرية، ومياه عذرية (Sullin، 1946), وقد وضعت مخططات بيانية كثيرة من قبل المختصين لتصنيف المياه الجوفية وفق منشئها من أهمها تصنيف (Sullin، 1946) وتصنيف (Schoeller، 1962), اللذان يعتبران أكثر التصانيف استعمالا لمعرفة نوعية المياه الجوفية وأصلها، حيث أستخدم Sullinالنسب المئوية للأيونات الموجبة والسالبة بالمكافئ الغرامي لتكوين الأملاح الافتراضية ومن ثم بيان أصل المياه ونوعها في الأحواض الرسوبية القارية والبحرية . الجدول (3) يوضح مخطط لهذا التصنيف اعتمادا على تصنيفي Sullin – Schoeller معا حيث يشمل تراكيز الأيونات الموجبة والسالبة مقدرا بالنسبة المئوية لوحدة *meq/l*% و من هذا الجدول يمكن تصنيف مجوعة المياه و عوائلها. أستخدم Schoeller التمثيل البياني متعدد المتغيرات لإسقاط قيم تراكيز الأيونات المكونة للمياه والذي يتكوم من مثلثين متساويين الأضلاع رؤوسه تمثل الأيونات المتواجدة في المياه ورسم بداخله أعمدة على الأضلاع تمر بنقطة 50% منصفة لزوايا مكونة مجموعة مثلثات داخلية تمثل نسب الأيونات الموجودة في المياه بينما أستخدم Sullin النسبة المئوية للتراكيز

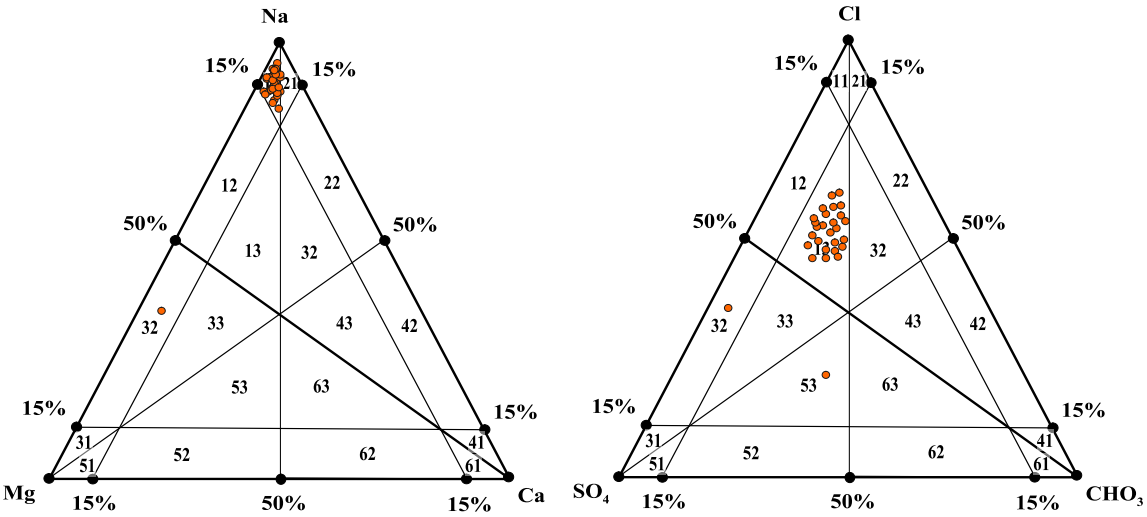
ISSN: 2413-5267

meq/l%. وطريقة Sullin – Schoeller تصنف نوعية المياه برقمين للدلالة على تركيز الأيونات الموجبة وأيضا برقمين للدلالة على تركيز الأيونات السالبة حيث يمثل العدد الأول على اليسار للأيونات الموجبة والسالبة أرقام مخطط Schoeller بينما الرقم الثانى على اليمين للأيونات الموجبة والسالبة تصنيف Sullin. الشكل (3) مخطط Sullin – Schoeller موضحا عليه نوعية المياه لآبار منطقة الدراسة.

الجدول 3. مخطط التصنيف اعتمادا على تصنيفىSullin – Schoeller معا

11	*rCl*	11	*rNa*
12	*rCl > rSO₄*	12	*rNa > rMg*
13	*rCl > rSO₄> rHCO₃*	13	*rNa > rMg > rCa*
21	*rCl*	21	*rNa*
22	*rCl > rHCO₃*	22	*rNa > rCa*
23	*rCl > rHCO₃ > rSO₄*	23	*rNa > rCa > rMg*
31	*rSO₄*	31	*rMg*
32	*rSO₄ > rCl*	32	*rMg > rNa*
33	*rSO₄ > rCl > rHCO₃*	33	*rMg > rNa > rCa*
41	*rHCO₃*	41	*rCa*
42	*rHCO₃ > rCl*	42	*rCa > rNa*
43	*rHCO₃ > rCl > rSO₄*	43	*rCa > rNa > rMg*
51	*rSO₄*	51	*rMg*
52	*rSO₄ > rHCO₃*	52	*rMg > rCa*
53	*rSO₄ > rHCO₃ > rCl*	53	*rMg > rCa > rNa*
61	*rHCO₃*	61	*rCa*
62	*rHCO₃ > rSO₄*	62	*rCa > rMg*
63	*rHCO₃ > rSO₄ > rCl*	63	*rCa > rMg > rNa*

ISSN: 2413-5267



الشكل 3. مخطط Sullin – Schoeller موضحا عليه نوعية المياه لآبار منطقة الدراسة (Schoeller، 1962)

إعتماداً على تصنيف Sullin – Schoeller فإن مياه آبار منطقة الدراسة يمكن أن يحدد منشأها كما هو موضح بالجدول (4)، وعليه فإنه يتضح أن حوالي 77% من مياه آبار منطقة الدراسة منشأها بحري بينما حوالي 16 % منشأها عذري والبقية منشأها جوى.

الجدول 4. نوعية المياه الجوفية وعوائل مجاميعها حسب تصنيف Sullin (1946) لمياه الآبار

الرمز	نوع المياه	رقم البئر	النسبة %	أصل المياه	المجموعة	العائلة
13 ,11	*Na > Mg > Ca* *Cl > SO4*	1-3 , 6-13-, 15- 19, ,21,22, 25-32	77.4	بحري	كلوريدات	الصوديوم
32 , 11	*Na> Ca > Mg* *Cl>SO₄*	14	3.2	جوي	كلوريدات	الصوديوم والكالسيوم
13 ,32	*Na > Mg > Ca* *SO₄ > Cl*	5	3.2	عذري	كبريتات	الصوديوم
53 ,11	*Mg> Ca> Na*	4, 20, 23, 24	12.9	عذري	كلوريدات	الماغنيسيوم

3.3. الخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه الآبار

تم تقييم نوعية المياه الجوفية لعينات المياه المأخوذة من منطقة الدراسة لغرض تحديد مدى ملائمة للشرب وأيضا تحديد مدى وملاءمتها للاستخدامات الزراعية. حيث استندت عملية تقييم ملائمة المياه للشرب بشكل أساسي على الحدود المسموح بها وفق

ISSN: 2413-5267

المعايير الليبية رقم 82 (LNCSDWS، 1992) ومعايير منظمة الصحة العالمية (WHO، 2006) وأيضا وفق معايير دائرة الصحة العامة للولايات المتحدة الامريكية (APHA، 1975).

أفادت القياسات الفيزيائية والكيميائية وأيضا تقديرات معاملات الري لعينات المياه بشكل عام أن مياه آبار منطقة الدراسة متباينة القيم، (الجدول 5). ولتوضيح هذا التباين فقد تم مناقشة هذه القياسات والتقديرات على النحو التالي:

1.3.3. الدالة الحامضية (pH)

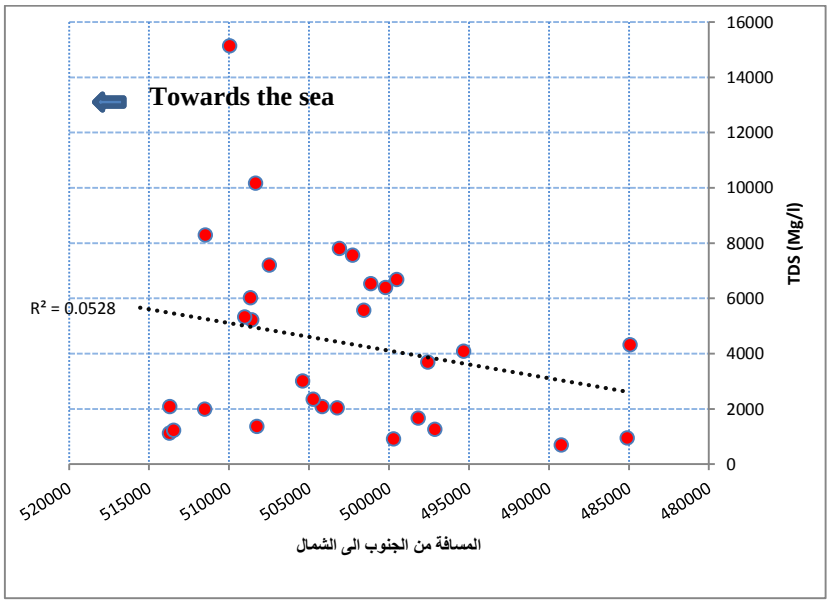
تراوحت قيم الدالة الحامضية لمياه الابار بين 7–8.2 بمعدل 7.4 ولهذا المعيار دور مهم في تحديد حامضية و قاعدية وسط التفاعل للمياه، حيث أنه عند عرض النتائج الموضحة في الجدول رقم (4) على مواصفات و معايير المركز الوطني الليبي لمياه الشرب (LNCSDWS، 1992) وعلى التصنيف المعتمد لمنظمة الصحة العالمية (WHO، 2006)، أوضحت أن قيم الدالة الحامضية الواقعة بين (6.5-8.5) صالحة للاستخدام البشرى و أيضا للاستخدام الزراعي وأنه لا توجد أي مشاكل في استخدام هذه المياه وفق هذه المعايير.

2.3.3. الأملاح الذائبة الكلية (TDS) والتوصيل الكهربائي (EC)

يلاحظ أن أعلى قيمة في نتائج التوصيل الكهربائي لعينات المياه كان عند البئر (18) وأدناها عند البئر (2) والتي تراوحت من (1056- 8320 ميكروموز/سم) وهذه القيم تناسبت مع كمية الاملاح الذائبة الكلية (TDS) عدا الارتفاع الحاصل في البئر (19) والذى تميز بأعلى قيمة للأملاح الذائبة الكلية وهذا راجعا إلى ارتفاع ايونات الكبريتات في هذا البئر بشكل رئيسي والتي قد يكون مصدرها ذوبان الجبس. و بعرض نتائج التوصيل الكهربائي والاملاح الذائبة الكلية على التصنيف المعتمد لمنظمة الصحة العالمية (WHO، 2006) وكذلك معايير الصحة العامة للولايات المتحدة الامريكية (APHA، 1975) وأيضا على مواصفات و معايير المركز الوطني الليبي لمياه الشرب (LNCSDWS, 1992)، والتي أظهرت أن جميع قيمها تقع فوق الحد المسموح به, عدى القيم عند الآبار (2, 4, 10, 14, 15, 20 و 26) والتي تبدو أنها ملائمة للشرب حسب المواصفات المذكورة.

وعند رسم تركيز الاملاح الذائبة مع المسافة يمكن أن نلاحظ زيادة تركيز الملاح الذائبة كلما اقتربنا من البحر. وهذا قد يعطى مؤشر على أن مصدر الاملاح الذائبة قد يكون بحريا كما هو موضح بالشكل (4).

ISSN: 2413-5267



الشكل 4. زيادة تركيز الـ TDS مع المسافة من الجنوب إلى الشمال (نحو اتجاه البحر).

3.3.3. العسرة الكلية (TH)

إن صخور الحجر الجيري و الدولوميت المكونتان للخزان المائي (Eocene aquifers) هما مصدر طبيعي لكربونات وبيكربونات الصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم في مياه هذه الآبار وتعتبر البيكربونات هي التي ينشأ عنها معظم المركبات القاعدية. وتفاعل الماء مع الصخور الجيرية ينتج عنه الاملاح الكلية لكربونات وبيكربونات مياه آبار منطقة الدراسة (غازي، 2010). ولقد تراوحت العسرة الكلية لمياه آبار هذه المنطقة من 606 مجم/لتر عند البئر (22) و 16,016 مجم/لتر عند البئر (28). وبذلك تكون قد تجاوزت الحد المسموح به وهو 500 مجم/لتر وتصنف مياه آبار هذه الدراسة على أنها مياه عسرة جداً حسب التصنيف المعتمد لمنظمة الصحة العالمية (غازي، 2010). وهذه الزيادة ربما حصلت نتيجة لذوبان بعض مكونات التربة في المياه أو نتيجة لتفاعل غاز ثنائي أوكسيد الكربون مع حجر الكلس لتكوين البيكربونات في هذه المياه.

تؤثر المركبات الرئيسة التي تسبب العسرة على طعم المياه وتجعله غير فعال لعملية التنظيف باستعمال الصابون كما أنها لها دوراً رئيسياً في نمو الطحالب وحماية البيئة المائية حيث تعتبر أيونات المغنيسيوم والكالسيوم من المواد غير المختزلة للتأثير السمي لبعض العناصر الثقيلة (غازي، 2010).

4.3.3. الكبريتات (SO_4^{2-})

إن مصادر الكبريتات في التربة ناتجة عن أكسدة الكبريتيد الذي يشتق من الصخور الطبيعية (البايرسيت) وكذلك من تكسر المواد العضوية الكبريتيدية ومن اختزال الكبريتات بواسطة البكتريا اللاهوائية، كذلك من المصادر الأخرى لكبريتات المياه الجوفية الطبيعية (LNCSDWS، 1992). ويلاحظ من مقارنة تراكيز مياه آبار الدراسة مع مواصفات صلاحية مياه الشرب (Schoeller،

ISSN: 2413-5267

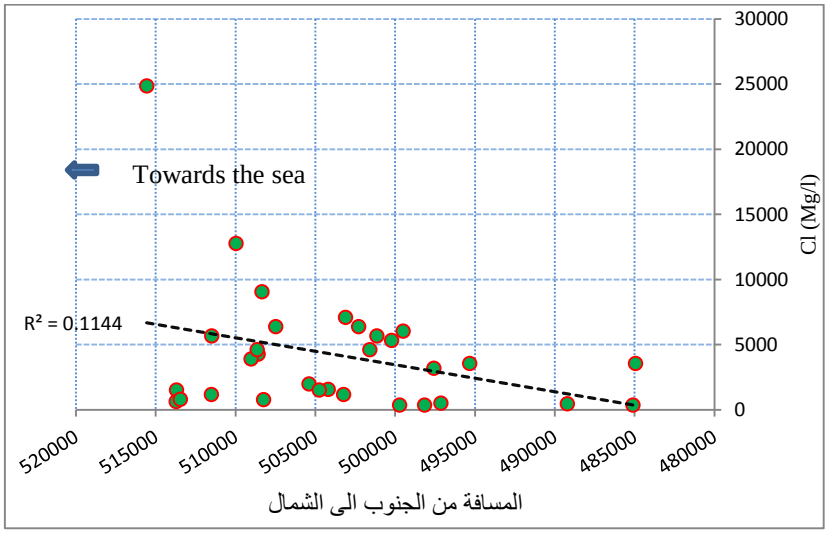
LNCSDWS 1962، 1992؛ WHO، 2006) أن مياه الآبار (5, 6, 16, 19 – 22) لا تصلح مياهاً للشرب لتجاوزها الحد المسموح به وهو 400 مجم/لتر.

5.3.3. الكلوريد (Cl^-)

يوجد الكلوريد في معظم المصادر المائية تحت الظروف الطبيعية نتيجة لذوبان الصخور الرسوبية والنارية في الماء. تراوح تركيز الكلوريد في آبار منطقة الدراسة من 355 مجم/لتر عند البئر (5) إلى 24850 مجم/لتر عند البئر (16). وحسب مواصفات صلاحية مياه الشرب (Ragunath، 1987؛ Wiclox، 1955؛ Paliwal، 1972) فإن مياه آبار منطقة الدراسة تعتبر متجاوزة للحد المسموح به لمياه الشرب والري ألا وهو 250 مجم/لتر. وتؤثر الكلوريدات على الكائنات الحية بشكل سلبي إذا ما تجاوزت الحد المسموح به كما أنها تجعل طعم المياه غير مستساغ (APHA، 1975). الجدول (5) يوضح أثر الكلوريد على نمو المحاصيل الزراعية، ومن خلال مقارنة تركيز الكلوريد مع المسافة الأفقية لآبار منطقة الدراسة عن ساحل البحر نلاحظ ازداد تركيز هذا العنصر كلما اقتربنا من الساحل وهذا ايضا قد يعطى مؤشراً على أن مصدر الملوحة نتاج من تداخل مياه البحر بمياه هذا الحوض (الشكل 5).

الجدول 5. أثر الكلوريد على نمو المحاصيل الزراعية (Hagen، 1987)

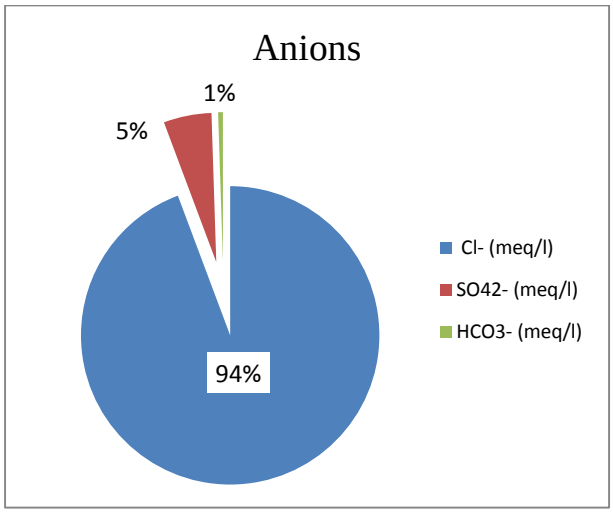
تركيز الكلوريد (ملي مكافئ /لتر)	تأثير الكلوريد
<2	جيد
24	قليل
8-4	متوسط التأثير على النباتات
>8	على التأثير على النباتات



الشكل 5. زيادة تركيز الـ Cl مع المسافة من الجنوب إلى الشمال (نحو اتجاه البحر).

ISSN: 2413-5267

كما أن الشكل (6) يوضح هيمنة عنصر الكلور على نسب بقية الأنيونات حيث تجاوزت نسبته الـ 94٪ من إجمالي الأنيونات في وحدة مللي مكافئ.



الشكل 6. متوسط قيم نسبة الأنيونات في عينات الدراسة

6.3.3. الكاتيونات الموجبة (K^{+}, Na^{+} , Mg^{+2}, Ca^{2+})

يعتبر الكالسيوم والمغنسيوم من العناصر المكونة للصخور ويتواجدان عادة في صخور الدولوميت والجبس. كما أن مصادرهما المياه الجوفية والاراضي الكلسية وتحتوي مياه البحر على تراكيز عالية نسبياً من المغنيسيوم بينما تحتوي المياه الطبيعية على نسب أقل من المغنيسيوم. يلاحظ من الجدول (6) أن أعلى تركيز للكالسيوم والماغنيسيوم هو 408 و 238 مجم/لتر على التوالي عند البئر (24) بينما أقل تركيز للكالسيوم 13.6 مجم/لتر عند البئر (1) و أقل تركيز للماغنيسوم 29.2 مجم/لتر عند البئر (2). وبمقارنة النتائج بموصفات (LNCSDWS، 1992؛ WHO، 1992؛ APHA، 1975) تعتبر تراكيز عنصري الكالسيوم والمغنيسيوم عند الآبار (16, 19, 20, 23 و 24) متجاوزة لحدود صلاحية مياه الشرب.

أما فيما يخص عنصري البوتاسيوم والصوديوم فإنهما يتواجدان في معادن الفلدسبار وفي المعادن القلوية. يتواجد البوتاسيوم اعتيادياً في المياه العذبة ويقل تركيزه عن تركيز الكالسيوم والصوديوم والمغنيسيوم. ويعتبر قياس تركيز الصوديوم من أهم العوامل المستخدمة في تحديد نوعية المياه وصلاحيتها للأغراض الحياتية خاصة إذا كانت التراكيز عالية (الحياني، 2009).

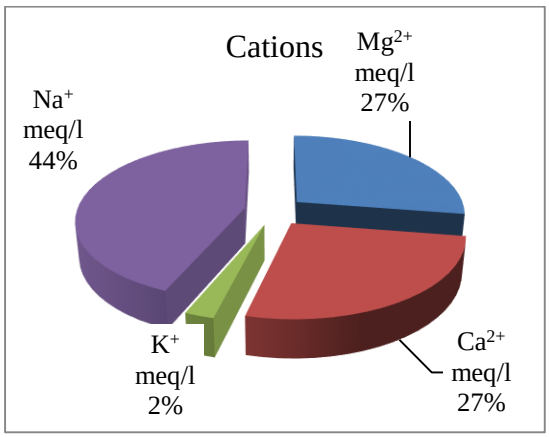
يلاحظ من الجدول 6 (أن تراكيز الصوديوم لمياه آبار منطقة الدراسة (16, 18, 19 , 20 و22) قد تجاوزت الحدود المسموح بها أي أنها لا تلائم استخدامات الشرب حسب مواصفات (LNCSDWS، 1992؛ WHO، 2006؛ APHA، 1975).

ISSN: 2413-5267

الجدول 6. الحد الأدنى ، المتوسط و والأعلى لقيم المعلمات الفيزيائية والكيميائية لعينات المياه الجوفية

Parameter	pH	*TDS (mg/l)*	*NO_3^- (mg/l)*	*Na^+ (mg/l)*	*K^+ (mg/l)*	*Ca^{2+} (mg/l)*	*Mg^{2+} mg/l*	*HCO_3^- (mg/l)*	*Cl^- (mg/l)*	*SO_4^{2-} (mg/l)*	*$CaCO_3$*
Maximum	7	27355	2.1	894	99	408	238	61	24850	1340	1340
Minimum	8.2	703	0.2	79	87.	13.6	29.2	15.3	355	40	40
Average	7.4	5171	0.85	311	29	164	102	40	4200	317	317

ويعتبر الصوديوم كغيره من الايونات الموجبة عند دخوله الى التربة من خلال مياه الري فأنه يترسب بواسطة التفاعلات المتبادلة مع المعادن الطبيعية الموجودة في التربة مسبباً بذلك ظروفاً فيزيائية غير مرغوب فيها خاصة إذا كان أيون الصوديوم هو الأيون المهيمن (44%) في المياه وهذا بالضبط ما هو حاصل بمياه منطقة الدراسة (الشكل 7). أما بالنسبة للبوتاسيوم فإن تراكيزه قد تجاوزت الحدود المسموح بها عند الآبار رقم (5، 8, 9, 16, 19, 20).



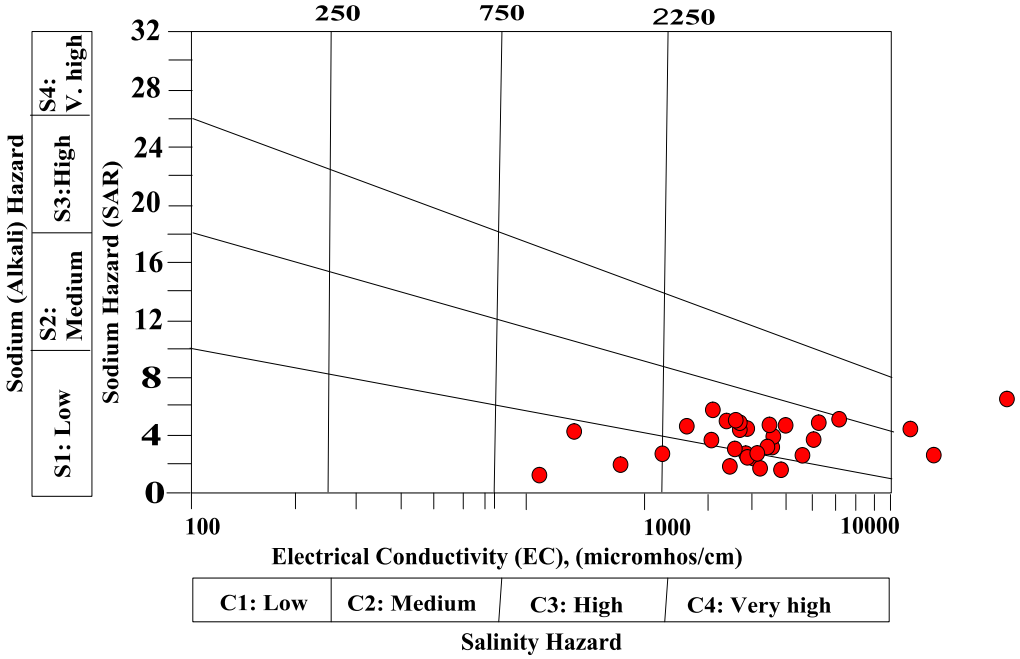
الشكل 7. متوسط قيم نسبة الكاتيونات في عينات الدراسة

4.3. معاملات نوعية المياه الجوفية وملائمتها للري

1.4.3. نسبة الصوديوم المدمص (SAR)

تعتبر نسبة إدمصاص الصوديوم من الأمور المهمة لتحديد صلاحية استخدام المياه لأغراض الري. لذلك تم رسم قيم الموصلية الكهربائية ونسبة إدمصاص الصوديوم على المخطط الموضوع من قبل المختبر الأمريكي لملوحة مياه الري (USSL، 1954) كما بالشكل (8). و استنادا على هذا المخطط لوحظ إن مياه الآبار 2، 10، 14 تقع ضمن صنف C_3S_1 (عالي الملوحة– قليل الصودية) فى حين أن مياه الآبار 16 ، 19 , 20 تقع خارج نطاق المخطط لارتفاع ملوحتها وايضا ارتفاع الصودية. أما بقية الآبار تقع ضمن صنفي C_4S_1 و C_4S_2 (عالي الملوحة جدا – قليل إلى متوسط الصودية). واعتمادا على هذا المخطط فإن مياه آبار منطقة الدراسة تقع في الحدود المنخفضة لملائمة مياه الري.

ISSN: 2413-5267



الشكل 8. مخطط الملوحة والصودية لتحديد ملائمة المياه للري (الحياني، 2009)

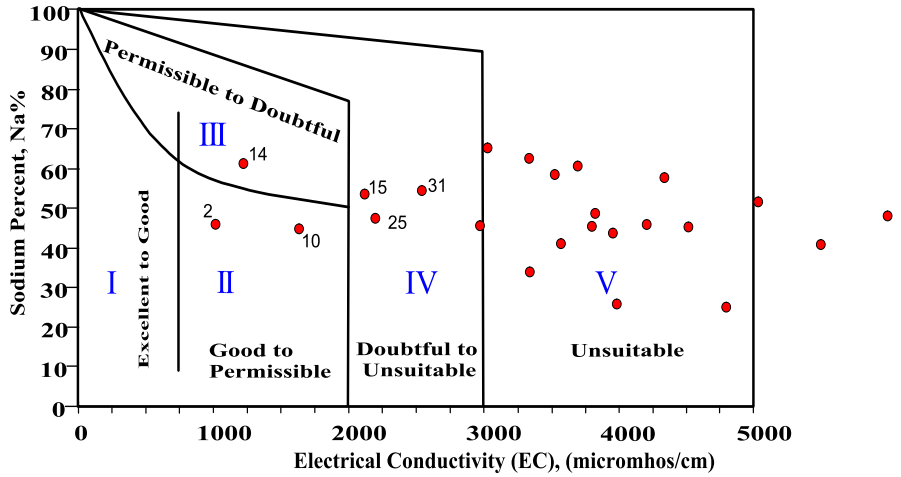
2.4.3. مؤشر النفاذية (PI)

تتأثر نفاذية التربة باستخدام مياه الري على المدى الطويل من خلال تأثير مكونات المياه من صوديوم وكالسيوم ومغنيسيوم وبيكربونات في محتويات التربة (Doneen، 1964). أوضحت نتائج معامل النفاذية (PI) أن 90% من آبار مياه منطقة الدراسة والذي تم حسابه بالمعادلة الموضحة بالجدول 2 بأنها من الدرجة الثالثة أي تقع بين 40 – 80% حسب تصنيف معامل النفاذية لـ Doneen. مما يعني أن مياه منطقة الدراسة غير ملائم لأغراض الري. الآبار رقم 4, 22 و23 والتي تصنف من الدرجة الثانية أي أن نسبة النفاذية تتراوح بين 20 – 40% وهذه أيضا تعتبر رديئة او منخفضة المائتة لمياه الري.

3.4.3. نسبة الصوديوم الذائب (*Na* %)

يلعب الصوديوم دورا رئيسياً في صلاحية مياه الري، فالنسبة المئوية لأيون الصوديوم تعد من أهم الخواص التي عن طريقها يمكن تصنيف مياه الري. ولقد صنف Wilcox (1955) ملائمة المياه الى 5 أقسام، ومن خلال تمثيل عينات منطقة الدراسة بمخطط Wiclox المبين بالشكل (9). يلاحظ أن عينات المياه في الآبار (2, 10) تقع في صنف المياه جيدة الى ملائمة الاستخدام اذ تراوح محتوى الصوديوم من (40– 60%), وبذلك يمكن استخدام مياه هاذين البئرين كون تلك النسبة مسموح بها او مقبولة. أما بقية مياه الآبار الاخرى تقع في تصنيف المشكوك في استخدامها إلى غير الملائمة لاستخدام مياهها في الري.

ISSN: 2413-5267



الشكل 9. مخطط Wilcox , توزيع عينات المياه على التقسيمات وفق صلاحيتها للري (Wiclox، 1955)

4.4.3. نسبة المغنيسيوم (MAR)

يعتبر محتوى المياه من المغنيسيوم واحدة من أهم المعايير النوعية في تحديد ملائمة المياه لأغراض الري. وبشكل عام فإن تواجد الكالسيوم والمغنيسيوم يحافظان على حالة من التوازن في معظم المياه إلا إن زيادة نسبة المغنسيوم في المياه تؤثر سلبا على المحاصيل الزراعية حيث تصبح التربة أكثر ملوحة (Kovda، 1955). في هذه الدراسة تم حساب نسبة إدمصاص المغنيسيوم باستخدام المعادلة المبينة بالجدول (2)، ونتائج هذه الحسابات أوضحت أن 99% من مياه آبار منطقة الدراسة تقع فوق 50% من نسبة المغنيسوم المدمص وعينة واحدة فقط (بئر 14) لم تتجاوز هذه النسبة. واستنادا على هذه النتائج فإن مياه منطقة الدراسة غير ملائمة لأغراض الري وذلك لأن نسبة امتصاص المغنيسيوم عالية الأمر الذي قد يؤدى إلى تأثير ضار على التربة.

4. الاستنتاجات والتوصيات

1.4. الاستنتاجات

من خلال التحاليل الفزيائية والكيميائية يتضح أن المناخ ونوع صخور الأم والنشاط البشري هو المؤثر الرئيسي على التباين الحاصل للأيونات الذائبة في المياه. كما تهيمن الكلوريدات على مجموعة الأنيونات بينما يهيمن الصوديوم على مجموعة الكاتيونات. وسُجلت أعلى قيم لتراكيز الايونات لكل من الكلوريد والصوديوم وذلك لان منطقة الدراسة تقع ضمن مكاشف ذات الطبيعة الصخرية المتكونة من الحجر الجيري والدولوميت والجبس وايضا وقوعها قرب الساحل البحري الذي يُرجح حصول تبادل او خلط في مكونات المياه. كما دل تصنيف Schoeller – Sullin على أن حوالي 77 % من مياه أبار منطقة الدراسة من نوع كلوريدات الصوديوم ذات الأصل البحري و الآبار 4, 5, 20, 23, 24 من نوع كلوريد المغنسيوم وكلوريد الكالسيوم

ISSN: 2413-5267

والمغنيسيوم ذات الأصل العذري. كما أن الدراسة قد أفادت بأن مياه منطقة الدراسة غير صالحة للشرب حسب المعايير الدولية والعالمية.

أشارت معاملات نوعية المياه كالـ (SAR) أن معظم الآبار تقع ضمن صنفي C_4S_1 و C_4S_2 (عالي الملوحة جدا – قليل الى متوسط الصودية). واعتمادا على هذا المخطط فإن مياه آبار منطقة الدراسة تقع في الحدود المنخفضة لملائمة مياه الري، وحسب تصنيف معامل النفاذية لـ Doneen تقع أبار منطقة الدراسة بالدرجة الثالثة أي تقع بين 40 – 80% وهذا يؤكد بأن مياه منطقة الدراسة غير ملائم لأغراض الري. أوضح مخطط Wilcox بأنه يمكن استخدام البئر 2, 10 فقط وذلك لانخفاض نسبة الصوديوم الذائب فيهما. أما نسبة المغنيسيوم الذائب أوضح أن 99% من مياه آبار منطقة الدراسة تقع فوق 50% من نسبة المغنيسوم المدمص. واستنادا على هذه النتائج فإن مياه منطقة الدراسة غير ملائمة لأغراض الري.

2.4. التوصيات

تعتبر ظاهرة تلوث المياه الجوفية بالسواحل الليبية مشكلة فاقة التوقعات، لذا يجب التركيز على أجراء دراسات دورية ومراقبة خزانات المياه وحمايتها من التلوث. وأعداد خرائط هيدرولوجية تساهم فيها جميع القطاعات لتحديد مستوى ومصادر التلوث للخزانات الجوفية. كما أنه يجب إعدام بعض الآبار التي قد تساهم في خلط المياه الجوفية بين الخزانات.

المراجع

قائمة المراجع باللغة العربية

أحمد، ج.ط. (2000). الموارد المائية في الجماهيرية الليبية حجم العجز المائي وحصة الأجيال المستقبلية. بحث غير منشور.

الحياني, ع. (2009). تقييم المياه الجوفية لبعض آبار قرية الخفاجية في محافظة الأنبار. مجلة جامعة الأنبار للعلوم والمعرفة, 3(2).

العرابي، ع. (2008). المصادر المائية في المغرب العربي وامكانية تطوير استغلالها بما يخدم التنمية المستدامة. دليل استعمال المكتبة المغاربية المصغرة, اليونسكو, الرباط.

اللجنة الفنية لدراسة الوضع المائي في ليبيا (1999). دراسة الوضع المائي للجماهيرية والاستراتيجية الوطنية لإدارة الموارد المائية للفترة من 2000 إلى 2025. اللجنة الشعبية العامة , تقرير غير منشور.

الهيئة العامة للمياه (1974). تقرير عن مصادر المياه الجوفية بمناطق زليطن– مصراتة – تاورغاء، على ضوء دراسة جيفلي.

الهيئة العامة للمياه (2000). تقرير عن مياه الشرب بمنطقة مصراتة والوضع المائي للخزانات الجوفية بالمنطقة، فرع المنطقة الوسطى.

بخيت, ن. (2008). المياه العربية : الواقع والتحديات. مجلة الغرى للعلوم االإقتصادية والإدارية، 10(2): 91-108.

ISSN: 2413-5267

جناد، أ. (2005). أنشطة المركز العربي لدراسة المناطق الجافة والأراضي القاحلة في حصاد المياه. حلقة عمل حول حصاد مياه الأمطار والتغذية الاصطناعية، طرابلس، ليبيا (10-13 أكتوبر).

خدام، م. (2004). المياه العربية الازمة والمشكلات والحلول. مجلة الحوار المتمدن، العدد 939.

صقر, إ و معروف، إ. (2006). مصادر تلوث المياه الجوفية في الساحل السوري نتيجة الأنشطة البشرية وانعكاساته. المؤتمر الدولي الثاني للموارد المائية والبيئة الجافة.

غازي, ع. (2010) . البيئة الصناعية تحسينها وطرق حمايتها. دار دجلة، جمهورية العراق.

محمد، أ. م.(2004) . التقييم الهيدروجيوكيميائي للمياه الجوفية المتوضعة في الصخور الكربوناتية. مجلة بحوث جامعة تشرين, سوريا، 26(1).

مخيمر، س. و حجازي ، خ. (1996). أزمة المياه في المنطقة العربية :الحقائق والبدائل الممكنة. سلسلة كتب عالم المعرفة، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب ، الكويت.

مركز البحوث الصناعية (1975). لوحة مصراتة, رقم (ش.ذ. 33-15)، الكتيب التفسيري، خريطة ليبيا الجيولوجية بمقياس رسم: 1:250,000.

مصلحة الأرصاد الجوية مصراتة (2014)، بيانات غير منشورة.

مصلحة المساحة الجيولوجية (1964). خرائط المياه الجوفية للمملكة الليبية. وضع جميس جونز، تقرير مفتوح.

قائمة المراجع باللغة الإنجليزية

APHA (1975). *Standard methods for the examination of water and waste water*. American Health Association, 14th. Ed. Washington DC.

Doneen L.D. (1964). *Notes on Water Quality in Agriculture*. Water Science and Engineering Paper 4001. Department of Water Sciences and Engineering, Univ. of California.

Gefli (1973). Groupement D'Etude Francais En libye Siege Social. *Survey for the development of the central wadi zone and Gulf of Sirt*. 8 rue Jean Goujon 75008 Paris.

Hagen (1987). Irrigation of agricultural land. *Agronomy series*, 11: 10-14.

Kovda V.A. (1973). Irrigation , Drainage and salinity, Hutchinson Co., London , England.

LNCSDWS (Libyan National Center for Specifications and Drinking Water Standards). No. 82, (1992).

Paliwal K.V. (1972). *Irrigation with Saline Water*. ICARI Monograph No. 2 (New Series). New Delhi., India.

ISSN: 2413-5267

Ragunath H.M. (1987). *Groundwater*. Wiley Eastern Ltd., New Delhi, India.

Schoeller H. (1962). *Lex eaux souterraines, hydrologic dynamique et Evaluation Des Resources*, Masson and C, Paris.

Sullin V.A. (1946). Oil water in the system of natural groundwater. *Gostopichezdat*, Moscow USSR, 215, 30(1): 37-45.

USSL (United States Salinity Laboratory), (1954). *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. Agricultural Handbook, vol. 60. USA.

WHO (2006). *Guidelines for Drinking-water Quality*. Incorporating First Addendum to Third Edition. Recommendations, Geneva, Switzerland.

Wilcox L.V. (1955). *Classification and use of irrigation water*. USDA, Circular, Washington, DC, USA.