مجلة كامبريدج للبحوث العلمية: مجلة علمية محكمة
تصدر عن مركز كامبريدج للبحوث والمؤتمرات–العدد الثالث والخمسون – آذار ٢٠٢٦– رمضان ١٤٤٧
ISSN–2536–0027

نوعية المياه الجوفية والعوامل المؤثرة في تذتذبها في غرب محافظة المثنى بأستخدام نظم المعلومات الجغرافية

م.د.حسن قاسم اوحيد الزيدي
المديرية العامة للتربية في محافظة ذي قار
hassenkasim52@ec.edu.iq
hassenkasim52@gmail.com

الملخص

تعد دراسة الخصائص النوعية للمياه الجوفية من الموضوعات المهمة في الدراسات الجغرافية التطبيقية التي يوليها المخططون والمختصون في مجال الموارد المائية والتنمية المكانية أهمية كبيرة، باعتبارها من الإمكانات الطبيعية المائية المهمة التي يعتمد عليها السكان وسكان البوادي في تلبيه احتياجاتهم البشرية المختلفة، اذ ان معرفة نوعية وخاصية المياه الجوفية الملائمة لتلك الاحتياجات تعد من الأسس والركائز التنموية الناجحة والسليمة لبناء التنمية المكانية، لما تتصف به هذه المياه من نوعيات وخصائص مكانية وزمانية متباينة في الأقاليم الجافة وشبة الجافة ولاسيما في بادية محافظة المثنى خلال شهر كانون الأول 2024 وكانون الثاني 2025، لذا فان هذه الدراسة تسعى الى نمذجة الخصائص النوعية (الفيزيائية والكيميائية) لمياه الابار في بادية المثنى، فقد اخذت عينات من مياه (18) بئراً موزعة توزيعاً عشوائياً، وتم تحليلها مختبرياً لتقييم مدى صلاحيتها والاستفادة منها للاستعمالات البشرية المختلفة بعد مقارنه نتائج التحاليل مع المعايير والمواصفات العراقية المعتمدة، اذ بوبت بياناتها ونمذجتها خرائطياً من خلال استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية ومنها برامج (ARCGIS10.3) والمتمثلة باستخدام أدوات الاشتقاق المكاني (spatial interpolation) بطريقة معكوس المسافة (IDW) لغرض الاشتقاق والمعالجة الرقمية والإخراج الخرائطي لنقاط العينات المختارة للمياه الجوفية في منطقة الدراسة

فقد توصلت الدراسة الى نمذجة خرائطية تتكون من ثلاثة مستويات ضم المستوى الأول مياهها ذات الملائمة الممتازة بحسب القيم المفترضة (أي ان مياه الابار فيها صالحة للاستهلاك البشري والاستعمالات الأخرى).اما المستوى الثاني فهي المياه ذات الملائمة المتوسطة (أي ان مياه ابارها لا تصلح للاستهلاك البشري وانما تصلح للاستعمالات الأخرى). اما المستوى الثالث فهي مياه الابار غير الملائمة للاستهلاك البشري والاستعمالات الأخرى .

المقدمة :

تُمثل المياه الجوفية مصدرًا حيويًّا في المناطق ذات الموارد المائية المحدودة، خاصة في ظل التحديات المتمثلة في شح المياه وتزايد الطلب بسبب النمو السكاني والتنمية المتسارعة (الخزرجي، 2012). تتأثر المياه الجوفية في المنطقة بعوامل طبيعية متنوعة، تشمل البنية الجيولوجية، والخصائص الطبوغرافية، والعناصر المناخية (كالأمطار، الإشعاع الشمسي، والتبخر) التي تتحكم في معدلات التغذية والاستنزاف (السامرائي، 2008). اذ تؤثر طبيعة التكوينات الصخرية ونفاذيتها على حركة المياه وتراكيز الأملاح الذائبة. ففي المناطق ذات التكوينات الرسوبية (كالحجر الجيري والطيني)، تزداد احتمالية ارتفاع الملوحة بسبب احتباس الأملاح (الحشماوي والطاهر ، 2022). كما أن وجود الفوالق والصدوع يسهل تسرب المياه السطحية المالحة إلى الخزانات الجوفية (عبد المقصود واخرون، 2022). كما تلعب العوامل البشرية دورًا محوريًا، يتمثل في

مجلة كامبريدج للبحوث العلمية: مجلة علمية محكمة
تصدر عن مركز كامبريدج للبحوث والمؤتمرات–العدد الثالث والخمسون – آذار ٢٠٢٦– رمضان ١٤٤٧
ISSN–2536–0027

الاستخراج المكثف للأغراض الزراعية والمنزلية، وطرق الري التقليدية التي تسبب هدرًا كبيرًا للمياه وارتفاعًا في ملوحة التربة (خليل، 2003). وقد أظهرت الدراسات السابقة أن الإفراط في استغلال الآبار يؤدي إلى تدهور نوعية المياه وتذبذب حاد في مناسيبها (الجبوري، 2013).

ان دراسة وتحليل الخصائص الهيدروجيوكيميائية للمياه الجوفية في منطقة الدراسة لها دورا مهما في فهم ووصف النظم الطبيعية والملوثات وتصميم عمليات المعالجات وتقييم جودة المياه ، من اجل تحديد استخداماتها فضلا عن الى تحديد مصدرها ومسارات تدفقها ولاسيما العوامل التي تؤثر فيها والعمليات الجيوكيميائية داخل الطبقات الحاوية للمياه الجوفية ونفاذية ومعدل التصاريف والتصرف والتسرب مقابل التسرب التصاعدي من طبقات المياه الجوفية المجاورة والتراكم الملحي ، جميع هذه العوامل مع الظروف المناخية السائدة تؤثر على فيزيائية وكيميائية المياه في منطقة الدراسة (faris , 2009).

يمتلك الماء مجموعة من الخصائص الفيزيائية تشمل اللون، ودرجة الحرارة، والعكورة، والرائحة، والطعم. وتختلف هذه الخصائص تبعًا للعوامل المناخية والبيئية، بالإضافة إلى كمية الرواسب التي تحملها المياه. وتُعد المياه النقية عديمة اللون، باستثناء ما تحتويه من مواد، لا سيما العضوية منها مثل الطحالب (ديوان، ٢٠١٠).

تتغير درجة حرارة الماء بمرور الزمن نتيجة لتأثير عناصر المناخ المختلفة، مثل الإشعاع الشمسي، وحركة الرياح، والرطوبة النسبية، وعمليات التبخر، مما يؤدي إلى تذبذب درجات الحرارة. فعلى سبيل المثال، ترتفع درجة حرارة المياه الجوفية خلال فصل الشتاء، بينما تنخفض نسبيًا في فصل الصيف. كما أن تحلل المواد العضوية في الماء يؤدي إلى تغير في الطعم وانبعاث روائح مميزة، مما يقلل من قابلية استخدامه للشرب. وتُعد العكورة مؤشرًا على نقاوة ونفاذية المياه السطحية، إذ ترتبط بوجود المواد العالقة مثل الطين والغرين، بالإضافة إلى المواد العضوية والكائنات المجهرية.

من الناحية الكيميائية، يتكون الماء من اتحاد ذرتين من الهيدروجين (H) مع ذرة واحدة من الأوكسجين (O)، مكوِّنًا بذلك الصيغة الجزيئية للماء (H_2O). وتمتاز المياه النقية والخالية من الشوائب بأنها عديمة اللون والطعم والرائحة (الأسدي، ٢٠١٤). وترتبط جزيئات الماء في الحالة السائلة بواسطة روابط هيدروجينية، وتزداد هذه الروابط في الحالة الصلبة عند تجمد الماء، مما يجعل الثلج أقل كثافة من الماء السائل. ولا تنفصل جزيئات الماء إلا عند درجات حرارة مرتفعة، بينما تعود إلى حالتها السائلة عند انخفاض درجة الحرارة.

ويحتوي التركيب الكيميائي للماء على مجموعة من المعادن، والأيونات، والمواد العضوية وغير العضوية التي تختلط بالمياه الجارية نتيجة تلامسها مع التكوينات الصخرية أثناء الجريان (الزيدي، 2021).

تم في هذه الدراسة الميدانية جمع (18) عينة من مواقع متعددة ضمن منطقة غرب محافظة المثنى، بهدف إجراء التحليل المختبري لها. وقد خضعت العينات لتحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية، بغرض تقييم مدى ملاءمتها للاستخدامات المختلفة، ولا سيما الشرب والري.

وقد تم تصنيف التحليلات إلى ثلاث مجموعات رئيسية:

1- المكونات غير العناصرية: وتشمل قياس الأس الهيدروجيني (pH)، والمواد الذائبة الكلية (TDS)، والعسرة الكلية (TH)، والتوصيلية الكهربائية (EC)، بالإضافة إلى نسبة امتزاز الصوديوم (SAR).

2- الأيونات الموجبة الأساسية: وتضم الكالسيوم (Ca^{+2})، والمغنيسيوم (Mg^{+2})، والصوديوم (Na^{+})، والبوتاسيوم (K^{+}).

3- الأيونات السالبة الأساسية: وتشمل الكربونات (CO_3^{-2})، والكلوريدات (Cl^{-1})، والنترات (NO_3^{-1})، والبيكربونات (HCO_3^{-1}).

هدف البحث

مجلة كامبريدج للبحوث العلمية: مجلة علمية محكمة
تصدر عن مركز كامبريدج للبحوث والمؤتمرات–العدد الثالث والخمسون – آذار ٢٠٢٦– رمضان ١٤٤٧
ISSN–2536–0027

يهدف البحث إلى دراسة ونمذجة الخصائص النوعية (الفيزيائية والكيميائية) للمياه الجوفية في بادية محافظة المثنى، من خلال تحليل عينات مياه الآبار وتقييم مدى صلاحيتها للاستعمالات البشرية المختلفة، وذلك بالاعتماد على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية ومقارنتها بالمعايير والمواصفات العراقية المعتمدة، بهدف دعم التخطيط المكاني والتنمية المستدامة في المنطقة.

مشكلة البحث

في غياب الدراسات المكانية الدقيقة التي توضح الخصائص النوعية للمياه الجوفية في بادية محافظة المثنى، وعدم وضوح مدى صلاحية مياه الآبار للاستعمالات البشرية المختلفة، فضلاً عن الحاجة إلى نمذجة خرائطية حديثة تعتمد على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية، بما يسهم في توجيه التخطيط المائي والتنمية المكانية بشكل علمي سليم.

فرضيات البحث

١. تختلف تتمثل الخصائص النوعية للمياه الجوفية في بادية محافظة المثنى مكانياً وزمانياً.
٢. ليست جميع مياه الآبار في منطقة الدراسة صالحة للاستهلاك البشري وفق المعايير العراقية المعتمدة.
٣. تسهم تقنيات نظم المعلومات الجغرافية في نمذجة وتحديد مستويات ملاءمة المياه الجوفية بدقة عالية.
٤. يمكن تصنيف مياه الآبار في منطقة الدراسة إلى مستويات مختلفة من حيث الملاءمة للاستعمالات البشرية.

أهمية البحث

تنبع أهمية البحث من كونه يتناول أحد أهم الموارد المائية في الأقاليم الجافة وشبه الجافة، وهي المياه الجوفية، التي يعتمد عليها السكان وسكان البوادي بشكل رئيس في تلبية احتياجاتهم. كما تسهم نتائجه في توفير قاعدة بيانات مكانية دقيقة تساعد المخططين وصنّاع القرار في إدارة الموارد المائية، وتحديد مناطق الملاءمة المائية، ودعم مشروعات التنمية المكانية في بادية محافظة المثنى.

منطقة الدراسة

تقع محافظة المثنى في أقصى جنوب غرب العراق، وتحدها من الغرب المملكة العربية السعودية، ومن الشرق محافظة ذي قار، ومن الشمال محافظة القادسية، ومن الجنوب محافظة البصرة. تمتد المحافظة بين دائرتي عرض ″12 ′06 °29–″96 ′72 °31 شمالًا وخطي طول ″73 ′84 °43 –″72 ′74 °46 شرقًا، ما يمنحها موقعًا صحراويًا ذا مناخ جاف وشبه قاحل، وهو عامل رئيسي في تكوين وتوزيع المياه الجوفية.

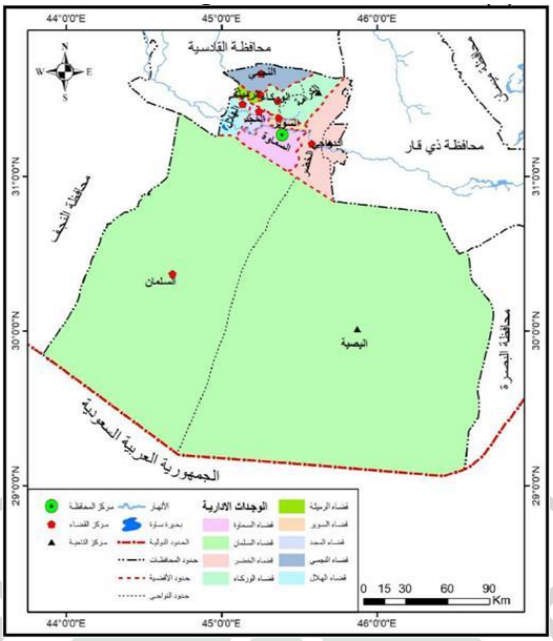
تبلغ مساحة محافظة المثنى 51740 كم²، أي ما يعادل 11.9% من مساحة العراق الكلية البالغة 434128 كم². الشكل 1 يمثل خريطة للوحدات الادارية لمحافظة المثنى.

الجزء الغربي من المثنى يتميز بطبوغرافيا شبه مستوية، مع وجود تموجات خفيفة وتلال رملية، ويقع ضمن نطاق الهضبة الغربية العراقية التي تتكون من تكوينات رسوبية وجيرية، وهي تكوينات ذات قابلية عالية لتخزين المياه الجوفية.

وتتميز هذه التكوينات بوجود طبقات مسامية تسمح بتخزين المياه الجوفية، خاصة في المناطق التي تتلقى تغذية من مياه الأمطار الموسمية أو من تسرب مياه السيول عبر الأودية الجافة.

تعاني المنطقة من انخفاض معدلات الأمطار السنوية، والتي لا تتجاوز في المتوسط 100– 150 ملم سنويًا، مما يجعل تغذية المياه الجوفية محدودة وتعتمد على التسرب البطيء من السيول الموسمية. كما أن ارتفاع درجات الحرارة وتبخر المياه السطحي يزيد من الضغط على الموارد الجوفية، ويؤثر على نوعيتها وتركيز الأملاح فيها.

مجلة كامبريدج للبحوث العلمية: مجلة علمية محكمة
تصدر عن مركز كامبريدج للبحوث والمؤتمرات–العدد الثالث والخمسون – آذار ٢٠٢٦– رمضان ١٤٤٧
ISSN–2536–0027



الشكل 1 خريطة الوحدات الادارية لمحافظة المثنى.

النتائج والمناقشة

الجدول 1 الخصائص الكيميائية لعينات المياه الجوفية .

رقم العينة	PH	EC (µs/cm)	TDS (ppm)	تركيز العناصر مقاسة بـ (ملغم/ لتر)							
				الايونات الموجبة				الايونات السالبة			
				Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^{+1}	K^{+1}	CL^{-1}	SO_4^{-2}	HCO_3^{-1}	NO_{-3}
S1	7.2	1087	927	119	85	291	3.8	471	637	112.6	14.2
S2	7	2917	3726	531	174	179	37.2	1282	763	719.2	25.4
S3	7.6	1839	4729	492	386	362	21.6	1127	854	498.3	23.8
S4	6.9	2018	5151	617	283	583	28.7	1365	1187	223.9	31.8
S5	7.4	5892	4273	337	146	462	8.2	618	829	217.4	22.5
S6	6.7	872	639	62	135	428	3.6	281	893	436.2	12.3
S7	7.8	5492	2303	749	79	259	8.5	945	931	149.6	3.9
S8	7.3	4913	729	683	218	271	3.4	874	1292	284.1	7.4
S9	7.9	5931	1151	571	173	192	5.7	1274	1083	389.0	6.3
S10	7.3	916	924	70	84	281	3.2	976	568	315.8	16

مجلة كامبريدج للبحوث العلمية: مجلة علمية محكمة
تصدر عن مركز كامبريدج للبحوث والمؤتمرات–العدد الثالث والخمسون – آذار ٢٠٢٦– رمضان ١٤٤٧
ISSN–2536–0027

S11	6.8	1296	931	53	209	41	7.1	65	84	72.4	26.3
S12	7.7	1365	892	239	33	294	21.3	386	718	213.1	30.8
S13	8.1	1058	1679	189	18	36	8.4	216	293	116.9	13.7
S14	7.1	802	504	311	113	77	13.9	786	854	68.2	28.2
S15	7.6	5731	817	397	158	372	11.6	1038	104	87.3	21.8
S16	6.9	2163	3216	387	127	438	28.3	937	361	11.7	39.2
S17	7.3	4713	2018	201	223	327	35.8	676	781	290.5	36.6
S18	7.8	5015	4381	336	21	283	11.7	387	481	176.3	12.5
WHO (MCL)	<9.5	1250	<1500	200	150	<200	20	600	<200	350	<50
IRQ-S	6.5-8.5	1000	1500	150	50	200	10	250	250	500	50

الأس الهيدروجيني (pH) للمياه الجوفية

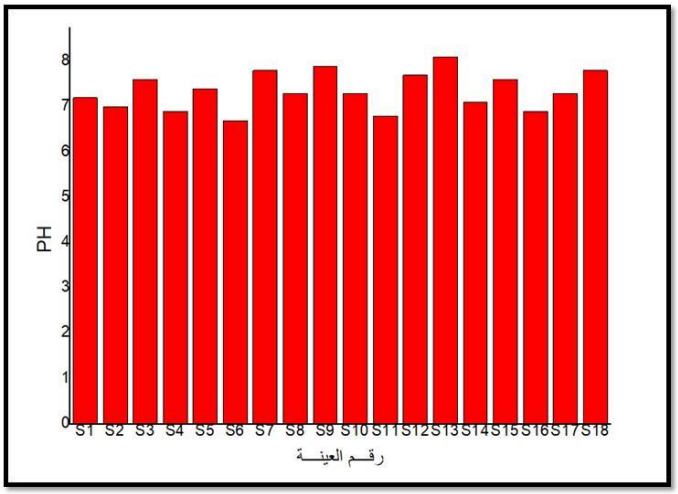
يمثل الأس الهيدروجيني (pH) مؤشراً أساسياً لتحديد درجة الحموضة أو القاعدية في المياه، إذ يُعرّف بأنه اللوغارتم السالب لتركيز أيون الهيدروجين الموجب. وتتراوح قيمته في الظروف الاعتيادية بين (0 - 14)، حيث تشير القيم الأقل من (7) إلى وسط حامضي، في حين تعكس القيم الأعلى من (7) وسطاً قاعدياً، أما القيمة (7) فتمثل حالة التعادل. وتؤثر قيمة الـ pH بشكل مباشر في خصائص المياه الجوفية، إذ يمكن أن ترتفع نتيجة وجود أيونات قلوية، أو تنخفض بسبب زيادة الأيونات الحامضية، بينما تبقى بعض المواد، مثل كلوريد الصوديوم، ذات تأثير متعادل نسبياً.

تشير نتائج التحاليل الكيميائية لعينات المياه الجوفية في منطقة الدراسة إلى أن قيم الأس الهيدروجيني تراوحت بين (6.7–8.1)، وكما موضح في الجدول 1 والشكل 2. اذ يُلاحظ أن الفروق بين هذه القيم محدودة نسبياً، مما يعكس استقراراً نسبياً في الخصائص الهيدروكيميائية للمياه الجوفية.

ويُعزى التباين في قيم الـ pH إلى مجموعة من العوامل، من أبرزها وجود أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم التي تسهم في تكوين بعض الأملاح غير المتعادلة، فضلاً عن طبيعة التكوينات الجيولوجية ونوعية الصخور التي تتلامس معها المياه الجوفية خلال مساراتها. كما تؤدي الظروف المناخية السائدة، لاسيما ارتفاع درجات الحرارة في منطقة الدراسة، إلى تعزيز معدلات التبخر وقد يؤدي الى رفع قيمة الـ pH ويجعل المياه أكثر ميلاً نحو القاعدية. وبالمقابل، تسهم مياه الأمطار والتغذية الجوفية الأفقية في تخفيف تراكيز الأيونات.

وعليه، يمكن الاستنتاج أن التغيرات في قيم الأس الهيدروجيني ضمن منطقة الدراسة ترتبط بعوامل جيولوجية ومناخية وهيدرولوجية متداخلة، إضافة إلى التأثيرات البشرية والصناعية، الأمر الذي يعكس الطبيعة الديناميكية للخصائص الكيميائية للمياه الجوفية.

مجلة كامبريدج للبحوث العلمية: مجلة علمية محكمة
تصدر عن مركز كامبريدج للبحوث والمؤتمرات–العدد الثالث والخمسون – آذار ٢٠٢٦– رمضان ١٤٤٧
ISSN–2536–0027

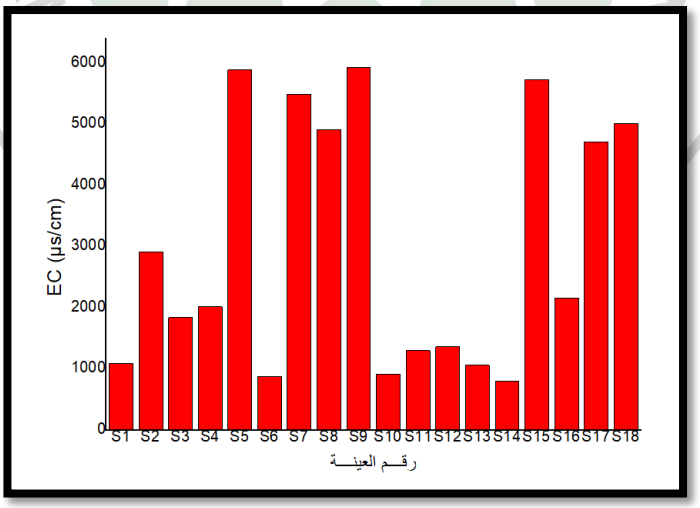


الشكل (2) الاس الهايدروجيني PH لعينات المياه الجوفية لمنطقة الدراسة.

التوصيلية الكهربائية (Electrical Conductivity, EC)

تُعدّ التوصيلية الكهربائية (EC) مؤشراً أساسياً لقياس قدرة المياه الجوفية على توصيل التيار الكهربائي، إذ تعتمد على تركيز الأيونات الذائبة في المحلول المائي مثل أيونات الصوديوم، الكالسيوم، المغنيسيوم، الكلوريد، الكبريتات والبيكربونات. وكلما ارتفعت تراكيز هذه الأيونات، ازدادت قدرة المياه على التوصيل الكهربائي. كما أن درجة الحرارة تُؤثر بشكل مباشر على قيم EC، إذ إن ارتفاعها يزيد من حركة الأيونات ويُحسن من قابلية التوصيل. وتقاس التوصيلية عادة بوحدة الميكروسيمنز/سم (µs/cm).

تشير نتائج التحاليل الكيميائية لعينات المياه في منطقة الدراسة إلى أن قيم التوصيلية الكهربائية EC تراوحت بين (802 – 5931 µs/cm)، وكما موضح في الجدول 1 والشكل 3. ووفق تصنيف (Detay, 1997)، تقع جميع العينات تقريباً ضمن فئة المياه "عالية التمعدن جداً" (Excessively Mineralized Water)، حيث تجاوزت القيم (1000 µs/cm) في معظم مواقع الدراسة.



الشكل (3) التوصيلية الكهربائية EC لعينات المياه الجوفية لمنطقة الدراسة.

مجلة كامبريدج للبحوث العلمية: مجلة علمية محكمة
تصدر عن مركز كامبريدج للبحوث والمؤتمرات–العدد الثالث والخمسون – آذار ٢٠٢٦– رمضان ١٤٤٧
ISSN–2536–0027

إن هذا المستوى المرتفع من التوصيلية يعكس ملوحة عالية للمياه الجوفية، ويرتبط بعدة عوامل أبرزها:
الطبيعة الجيولوجية للخزانات المائية، وخاصة الرواسب الطينية والغرينية في السهل الرسوبي ذات النفاذية المنخفضة، والتي تزيد من تراكم الأملاح.
البعد عن مناطق التغذية وقرب مناطق التصريف، حيث تميل المياه في مناطق التصريف إلى تسجيل قيم أعلى من التوصيلية نتيجة قلة التخفيف بمياه الأمطار.
تأثير درجات الحرارة المرتفعة التي تزيد من ذوبانية الأملاح.
الأنشطة البشرية وخاصة الري الزراعي، الذي يؤدي إلى إعادة جزء من الأملاح إلى الخزانات الجوفية بفعل الرشح.

الأملاح الذائبة الكلية (Total Dissolved Solids, TDS)

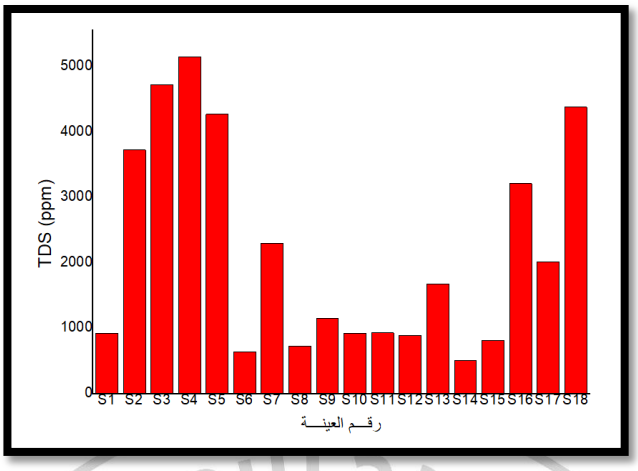
تُعدّ المواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS) من المؤشرات المهمة لجودة المياه الجوفية، إذ تمثل مجموع الأملاح والمعادن الذائبة في المياه سواء كانت متأينة (ملحية) أو غير متأينة، وتُقاس بوحدة الملغم/لتر (mg/L) أو جزء في المليون (ppm). ويُعد هذا المؤشر انعكاساً عاماً لنوعية المياه من حيث ملوحتها وقابليتها للاستخدامات المختلفة، كما أنه يرتبط ارتباطاً وثيقاً بطبيعة الصخور المكوِّنة للخزان الجوفي، ومدى تماسكها، إضافة إلى مدة التفاعل بين المياه الجوفية وتلك الصخور.

تشير البيانات الميدانية في الجدول (1) إلى أن تراكيز الأملاح الذائبة الكلية في مياه منطقة الدراسة تُظهر تبايناً مكانياً وزمانياً واضحاً. ويُعزى هذا التباين إلى عدة عوامل، أبرزها الطبيعة الجيولوجية غير المتجانسة للخزانات الجوفية، إذ تتكون غالباً من الصخور الجيرية الكربوناتية التي تتصف بضعف التماسك، مما يزيد من قابلية الذوبان. كما أن قرب أو بُعد مناطق التغذية ومساحة السطح المكشوف للصخور يُسهمان في تفاوت نسب الملوحة.

تراوحت قيم المواد الصلبة الذائبة الكلية TDS بين (504 – 5151) ، وكما موضح في الجدول 1 والشكل 4.
وفق تصنيف (Altoviski, 1962)، يمكن تمييز ثلاثة أصناف رئيسة من المياه الجوفية في المنطقة:
المياه العذبة: أقل من (1000 mg/L)، وقد سجلت في ثمان عينات ضمن منطقة الدراسة.
المياه قليلة الملوحة: (1000–3000 mg/L)، وقد سجلت في اربع عينات في منطقة الدراسة
المياه المالحة (متوسطة إلى عالية الملوحة): (3000–10000 mg/L)، وتشكل ست عينات من منطقة الدراسة.
من ناحية أخرى، فإن ارتفاع قيم TDS في بعض المواقع يرتبط أيضاً بالأنشطة البشرية، ولاسيما الري الزراعي الذي يؤدي إلى عودة جزء من الأملاح المذابة إلى المياه الجوفية بفعل الرشح، مما يسهم في زيادة ملوحتها. وعليه، فإن التباين في تراكيز الأملاح الذائبة الكلية في منطقة الدراسة يُعد نتاجاً لعوامل جيولوجية وهيدرولوجية ومناخية متداخلة، فضلاً عن التأثيرات البشرية.

ترتبط التوصيلية الكهربائية بعلاقة طردية مع تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS)، أي أن زيادة قيم EC تعكس زيادة في تركيز الأملاح الذائبة، مما يجعلها مؤشراً سريعاً ومهماً لتقدير درجة ملوحة المياه الجوفية وتقييم صلاحيتها للاستخدامات المختلفة. ان النتائج تؤكد الارتباط الوثيق بين قيم EC و TDS.

مجلة كامبريدج للبحوث العلمية: مجلة علمية محكمة
تصدر عن مركز كامبريدج للبحوث والمؤتمرات–العدد الثالث والخمسون – آذار ٢٠٢٦– رمضان ١٤٤٧
ISSN–2536–0027



الشكل (4) تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية TDS لعينات المياه الجوفية لمنطقة الدراسة.

الثالثا: الخصائص الكيميائية للمياه الجوفية في منطقة الدراسة

تصنف الأيونات السائدة في المياه إلى أيونات موجبة (Cations) وأيونات سالبة (Anions).

١- الأيونات الموجبة السائدة (Cation Major Ions)

تشتمل هذه المجموعة على الأيونات التالية: الكالسيوم (Ca^{2+})، المغنيسيوم (Mg^{2+})، الصوديوم (Na^{+})، البوتاسيوم (K^{+}). وسيتم تناول كل منها بالتفصيل فيما يلي:

أ- أيون الكالسيوم (Ca^{2+})

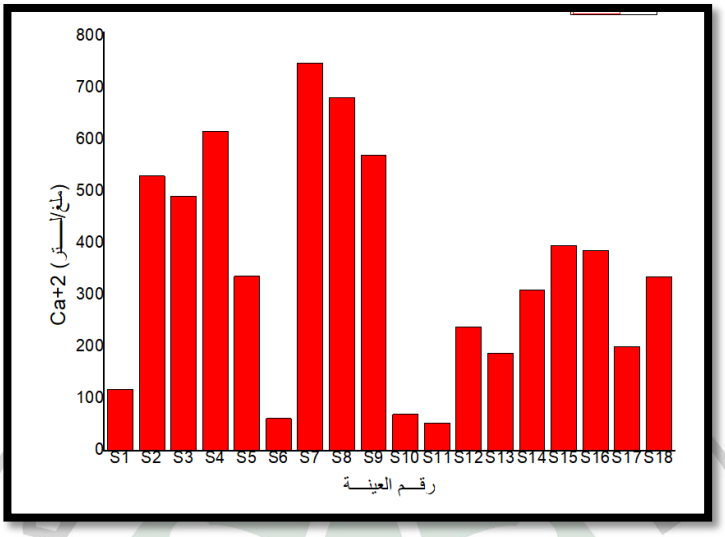
يُعد أيون الكالسيوم من الأيونات الموجبة الرئيسية في المياه الجوفية، اذ انه واحد من أكثر عناصر المجموعة القلوية الأرضية انتشاراً في الطبيعة. وهو خامس أكثر العناصر شيوعاً في التراكيب الكيميائية للمياه الطبيعية. تُعد الصخور الكلسية (Limestones) والصخور الدولوماتية (Dolomitic Limestones) من المصادر الغنية بأيون الكالسيوم، حيث ينشأ primarily من خلال عمليات التجوية الكيميائية للصخور والمعادن المحتوية عليه في تركيبها البلوري. تشمل هذه المعادن: الأمفيبول، والبيروكسين، والفلدسبارات في الصخور النارية؛ والكالسايت، والدولوميت، والأراغونيت، والجبس في الصخور الرسوبية. كما تُعد المعادن الطينية وصخور المتبخرات (مثل الجبس الثانوي Gypsum والأنهيدريت) مصادر رئيسية له نظرا لقابليتها للذوبان، مما يؤدي إلى تكوين أكسيد الكالسيوم وأملاح البيكربونات.

يُشارك أيون الكالسيوم بشكل أساسي، إلى جانب أيون المغنيسيوم، في تحديد العسرة الكلية للمياه (Total Hardness). يتفاعل مع أيونات البيكربونات (HCO_3^-) لتكوين بيكربونات الكالسيوم، والتي تُسهم في العسرة المؤقتة للمياه. وبالتالي، فإن ارتفاع تركيزه في مياه الآبار يقود إلى زيادة درجة العسرة. يتواجد الكالسيوم المذاب بتركيزات ملحوظة في معظم المصادر المائية السطحية والجوفية.

تراوحت التراكيز المسجلة لأيون الكالسيوم في مياه الآبار في منطقة الدراسة بين 53 إلى 749 ملغ/لتر، وكما موضح بالجدول 1 والشكل 5، مما يشير إلى تباين كبير. حيث سجلت أعلى التركيزات في آبار منطقة السهل الرسوبي ، بينما سُجلت الأدنى في آبار منطقة الحجارة قرب الحدود السعودية. يعزى هذا التباين إلى طبيعة الصخور المشكلة للخزان الجوفي في منطقة الدرسة، حيث يغلب الطابع الرسوبي في السهل مقابل الصخور الأقل قابلية للذوبان في منطقة الحجارة.

مجلة كامبريدج للبحوث العلمية: مجلة علمية محكمة
تصدر عن مركز كامبريدج للبحوث والمؤتمرات–العدد الثالث والخمسون – آذار ٢٠٢٦– رمضان ١٤٤٧
ISSN–2536–0027

لوحظ ايضا وجود تركيزات مرتفعة في المناطق الزراعية، وهو ما يُعزى إلى الممارسات الزراعية واستخدام الأسمدة الكيميائية الغنية بالكالسيوم، مما يشكل مصدراً أنثروبوجينياً يضاف إلى المصادر الطبيعية.



الشكل (5) تركيز أيون الكالسيوم Ca^{+2} لعينات المياه الجوفية لمنطقة الدراسة.

ب- أيون المغنيسيوم (Mg^{2+})

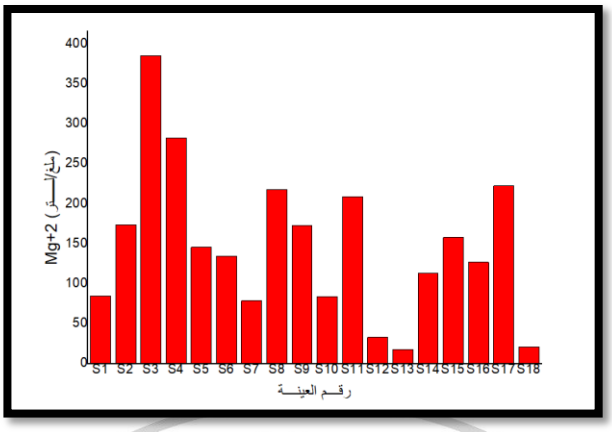
يُمثل أيون المغنيسيوم أحد الأيونات الموجبة الرئيسية في المياه الجوفية ، وينشأ بشكل اساسي من عمليات ذوبان المعادن والصخور الغنية بالمغنيسيوم، مثل:

· الدولوميت والكالسيت في الصخور الرسوبية
· المعادن الطينية والجبس
· معادن المغنيسيوم الحديدية مثل الأوليفين والبيروكسين والأمفيبول في الصخور النارية
· معادن الكربونات المغنيسيومية مثل المغنيسايت (كربونات المغنيسيوم) والبروسايت (هيدروكسيد المغنيسيوم) (Helstrup et al, 2007)

تُشير الدراسات إلى أن الصخور الرسوبية تحتوي في المتوسط على 4.7% من مركبات المغنيسيوم في تركيبها الكيميائي (Faure, 1998).

سجلت تراكيز أيون المغنيسيوم تبايناً واضحاً في منطقة الدراسة اذ ان أعلى التراكيز سجل (386) في منطقة السهل الرسوبي. وأقل التراكيز سجل (18) في آبار منطقة الحجارة، وكما موضح في الجدول 1 والشكل 6. يعزى هذا التباين إلى الاختلافات في التركيب الليثولوجي للخزانات الجوفية، حيث تزيد التراكيز في التكوينات الرسوبية الغنية بالمعادن المغنيسيومية. تلعب التجوية الكيميائية الدور الرئيسي، اذ تُعد عملية الذوبان الانتقائي للمعادن الغنية بالمغنيسيوم العامل الرئيسي في التحكم بتركيز هذا الأيون في المياه الجوفية.

مجلة كامبريدج للبحوث العلمية: مجلة علمية محكمة
تصدر عن مركز كامبريدج للبحوث والمؤتمرات–العدد الثالث والخمسون – آذار ٢٠٢٦– رمضان ١٤٤٧
ISSN–2536–0027



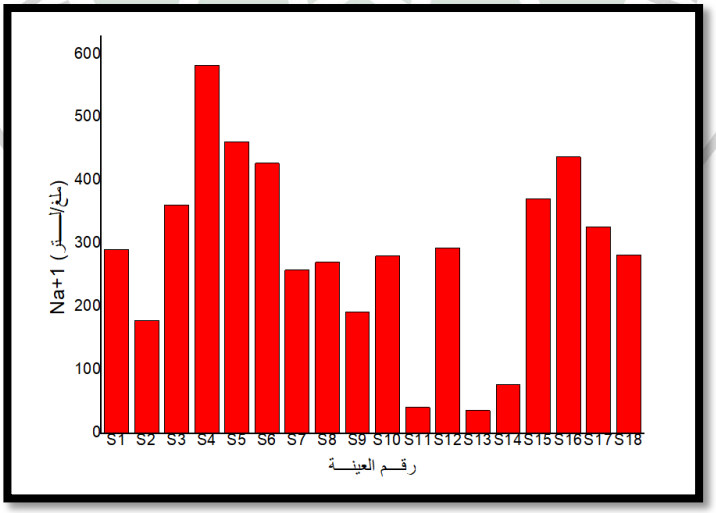
الشكل (6) تركيز أيون المغنيسيوم Mg^{+2} لعينات المياه الجوفية لمنطقة الدراسة.

ج- أيون الصوديوم (Na^{+})

يُمثل أيون الصوديوم (Na^{+}) أحد الأيونات الذائبة السائدة في الأنظمة المائية الطبيعية، ويتميز بقابلية ذوبان عالية وسلوك جيوكيميائي نشط. تتعدد مصادره لتشكل مزيجاً معقداً من المصادر الجيولوجية والأنثروبوجينية.

تم تحليل العينات المائية من آبار مراقبة ممثلة للمنطقة. سجلت تراكيز أيون الصوديوم مدى واسعا يتراوح بين (36 - 583) ملغ/لتر، وكما موضح في الجدول 1 والشكل 7. حيث ظهرت أعلى القيم منطقة السهل الرسوبي بينما سجلت أدنى القيم في آبار منطقة الحجارة.

ان اسباب ارتفاع ايون الصوديوم يمكن ان يعزى للهجرة الأيونية من صخور المتبخرات الغنية بالهاليت (NaCl). وعمليات الإحلال الأيوني في المعادن الطينية (Al-Hasnawi, 2009). وكذلك تسرب مياه الصرف الصحي والزراعي، الاستخدام المكثف للأملاح في الأنشطة البشرية، التأثير التراكمي للممارسات الزراعية غير المستدامة، ودور البنية الجيولوجية في توجيه جريان المياه الجوفية، و التفاعلات الكيميائية الصخر- ماء في الخزان الجوفي



الشكل (7) تركيز أيون الصوديوم Na^{+1} لعينات المياه الجوفية لمنطقة الدراسة.

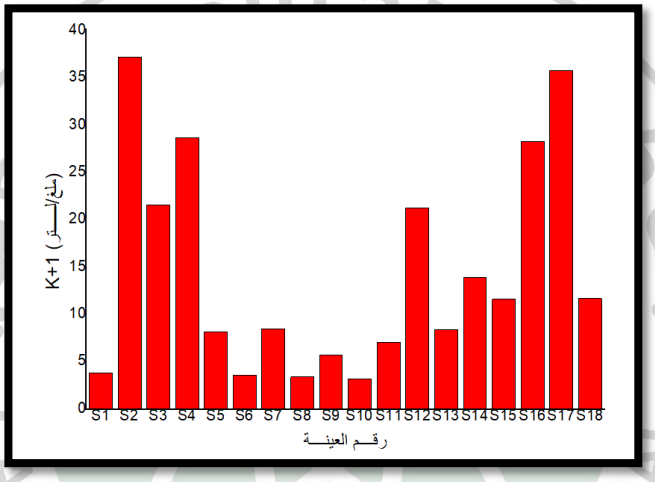
مجلة كامبريدج للبحوث العلمية: مجلة علمية محكمة
تصدر عن مركز كامبريدج للبحوث والمؤتمرات–العدد الثالث والخمسون – آذار ٢٠٢٦– رمضان ١٤٤٧
ISSN–2536–0027

د- البوتاسيوم (K^+)

يُعد البوتاسيوم من الأيونات الأقل شيوعًا في المياه الطبيعية مقارنةً بالصوديوم، إلا أنّه يُعد من العناصر الرئيسة في معظم الصخور الرسوبية. وتحتوي غالبية المياه الصالحة للشرب على تراكيز منخفضة منه لا تتجاوز (10) ملغم/لتر، باستثناء بعض الحالات التي ترتبط بتأثير الأسمدة الكيميائية التي تؤدي إلى رفع مستوياته.

تُعَدُّ الصخور السليكاتية مثل الفلسبار والمايكا من أهم المصادر الطبيعية للبوتاسيوم، إضافةً إلى الصخور الرسوبية الغنية بالمعادن الطينية المختلفة. كما تُسهم صخور المتبخرات، في رفد المياه الجوفية بأيونات البوتاسيوم. ومن الناحية الكيميائية، يتشابه أيون البوتاسيوم مع أيون الصوديوم من حيث وفرة مصادره وخصائصه العامة، إلا أن البوتاسيوم يتميز بسهولة امتصاصه من المعادن الطينية وبمقاومته النسبية للعوامل الكيميائية المؤثرة مقارنةً بالصوديوم.

أظهرت نتائج التحاليل في منطقة الدراسة أن تراكيز أيون البوتاسيوم تراوحت بين (3.2–37.2) ملغم/لتر ، كما هو موضح في الجدول (1) والشكل 8.



الشكل (8) تركيز أيون البوتاسيوم K^{+1} لعينات المياه الجوفية لمنطقة الدراسة.

أشارت نتائج إلى تباين ملحوظ في تراكيز البوتاسيوم بين الآبار المختلفة في المنطقة. فقد سُجِّل أدنى تركيز في منطقة الحجارة، في حين لوحظ أعلى تركيز في منطقة السهل الرسوبي.

تُظهر البيانات أن ارتفاع تراكيز البوتاسيوم يرتبط بعدة عوامل رئيسة، أهمها: استخدام الأسمدة الكيميائية من قبل المزارعين يسهم بشكل مباشر في رفع تركيز البوتاسيوم في المياه الجوفية. واختلاف طبيعة الصخور بين منطقة وأخرى يؤدي إلى تفاوت ملحوظ في تراكيز الأيونات. كما وتزداد التراكيز نسبيًا في مناطق التصريف مقارنةً بمناطق التغذية. تميل الترب الطينية والغرين إلى احتواء نسب أعلى من البوتاسيوم نتيجة تركيبها المعدني.

وبناءً على ما سبق، يمكن القول إنّ التوزيع المكاني لتركيز البوتاسيوم في منطقة الدراسة يعكس تداخل العوامل الطبيعية (الجيولوجية والهيدرولوجية) مع العوامل البشرية (النشاط الزراعي واستخدام الأسمدة).

٢- الأيونات السالبة السائدة (Anion Major Ions)

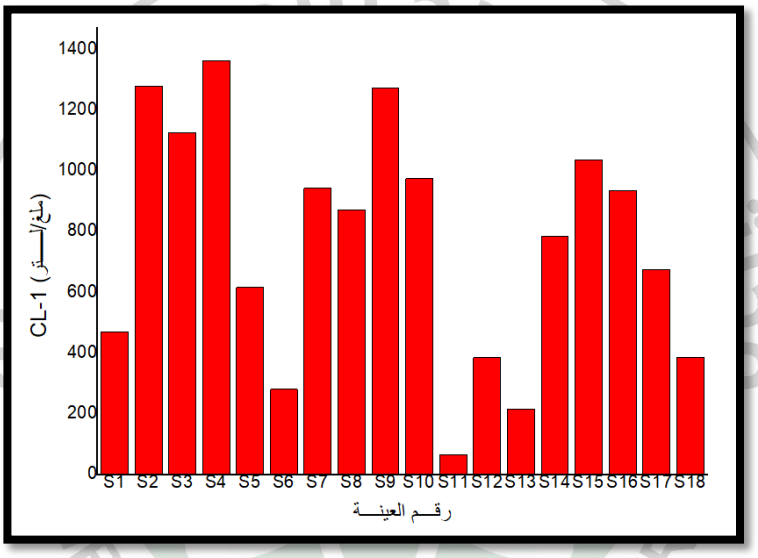
أ- أيون الكلوريد (Cl^-)

مجلة كامبريدج للبحوث العلمية: مجلة علمية محكمة
تصدر عن مركز كامبريدج للبحوث والمؤتمرات–العدد الثالث والخمسون – آذار ٢٠٢٦– رمضان ١٤٤٧
ISSN–2536–0027

يُعَدّ أيون الكلوريد من الأيونات السالبة الرئيسة في المياه الجوفية، ويُعطي للمياه الطعم المالح خصوصًا عند ارتباطه مع أيونات أخرى مثل المغنيسيوم والكالسيوم. تنشأ تراكيز الكلوريد في المياه من عدة مصادر طبيعية، من أبرزها ذوبان صخور المتبخرات كالملح الصخري (الهاليت NaCl)، إضافة إلى بقايا مياه البحر القديمة المترسبة في الطبقات الجيولوجية، فضلاً عن مساهمة مياه الأمطار. كما توجد مصادر أخرى مرتبطة بالأنشطة البشرية مثل استخدام الأسمدة والمبيدات الزراعية، والمخلفات العضوية كروث الحيوانات، إلى جانب التصريفات الصناعية ومياه الصرف الصحي (WHO, 1996)

تُظهر الدراسات أن ارتفاع نسبة الكلوريد في المياه يسبب آثارًا سلبية في البيئات المائية والنباتية، إذ يؤدي إلى إضعاف النمو النباتي، وتجمع الأملاح في الأنسجة النباتية، وما يترتب عليه من ذبول الأوراق وتراجع النمو في المراحل المتقدمة. كما أن زيادة تركيزه تُعدّ مؤشراً بيئياً مهماً نظرًا لتأثيره المباشر على صحة الإنسان.

أظهرت نتائج التحاليل لتراكيز أيون الكلوريد في مياه الآبار الجوفية ضمن منطقة الدراسة تبايناً واسعاً في قيمه، حيث تراوحت بين (65 – 1365) ملغم/لتر، وكما موضح في الجدول 1 والشكل 9.



الشكل (9) تركيز أيون الكلوريد Cl^{-1} لعينات المياه الجوفية لمنطقة الدراسة.

شير نتائج الدراسة إلى أن منطقة السهل الرسوبي تمثل الموقع الأكثر غنىً بأيون الكلوريد، مقارنةً بمناطق الحجارة. ويُعزى ذلك إلى التأثيرات الطبيعية و العوامل البشرية والعوامل الجيومورفولوجية. اذ تتمثل التأثيرات الطبيعية بذوبان صخور المتبخرات الحاوية على أملاح الكلوريد. ومساهمة مياه الأمطار في إذابة الأملاح من المكاشف الصخرية ونقلها إلى المياه الجوفية. والحركة الأفقية للمياه الجوفية باتجاه مناطق التصريف .

اما العوامل البشرية فتمثل الأنشطة الزراعية واستخدام الأسمدة والمبيدات. وتراكم المخلفات المنزلية والصناعية ومياه الصرف الصحي. في حين ان العوامل الجيومورفولوجية تعتمد على طبيعة تربة السهل الرسوبي الغرينية الغنية بالمعادن، والتي تسهم في رفع تراكيز هذا الأيون بفعل ترسبات الطين والغرين.

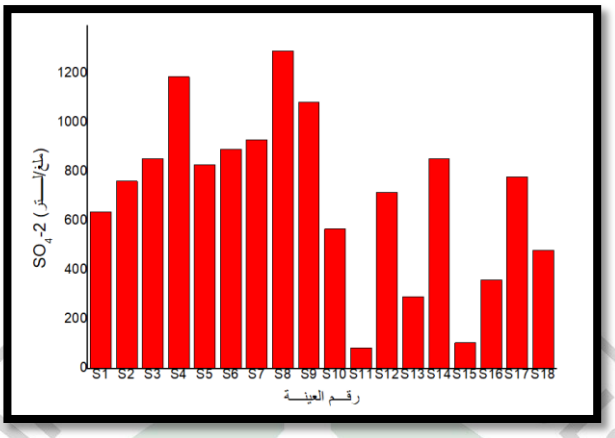
ب- أيون الكبريتات (SO_4^{-2})

يُمثل أيون الكبريتات (SO_4^{-2}) أحد الأيونات السالبة الرئيسية في الأنظمة المائية الجوفية، وينشأ من مصادر طبيعية وبشرية متعددة. تتمثل أهميته في تأثيره على جودة المياه وملوحتها، خاصة في الاستخدامات الزراعية. تتمثل المصادر الجيوكيميائية لأيون الكبريتات في أكسدة معادن الكبريتيد (البيريت والماركاسيت) وذوبان

مجلة كامبريدج للبحوث العلمية: مجلة علمية محكمة
تصدر عن مركز كامبريدج للبحوث والمؤتمرات–العدد الثالث والخمسون – آذار ٢٠٢٦– رمضان ١٤٤٧
ISSN–2536–0027

صخور المتبخرات (الجبس والأنهيدريت) و التحلل البيولوجي للمواد العضوية اضافة الى المصادر البشرية (الأسمدة والمخلفات المنزلية) (Todd, 2005).

تراوحت التراكيز (SO_4^{-2}) بين (84 - 1292) ملغ/لتر، حيث سجلت أعلى القيم في منطقة السهل الرسوبي وأدنى القيم في آبار منطقة الحجارة.



الشكل (10) تركيز أيون الكبريتات SO_4^{-2} لعينات المياه الجوفية لمنطقة الدراسة.

يمكن ارجاع العوامل المؤثرة في ارتفاع التراكيز (SO_4^{-2}) الى التركيب الليثولوجي المتمثل بالتكوينات الغنية بالكبريتات والديناميكية الهيدروجيولوجية المتمثل باتجاهات الجريان الجوفي اضافة الى العامل البشري المتمثل بالأنشطة الزراعية والمنزلية. حيث ان الآثار البيئية المترتبة على ذلك تتمثل بتأثير سلبي على جودة المياه للاستخدام الزراعي وتسريع عملية تملح الترب وإعاقة النمو النباتي عند تجاوز الحدود المسموحة.

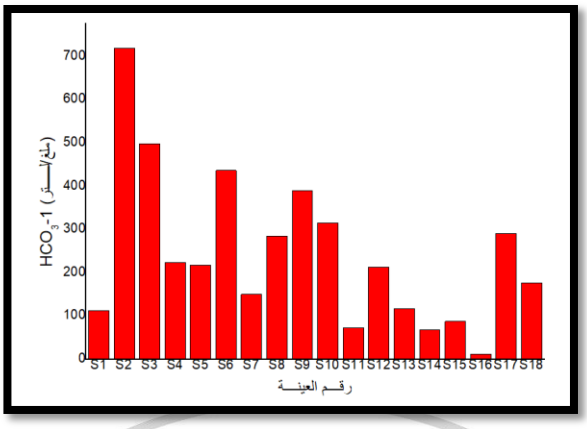
ج- أيون البيكربونات (HCO_3^{-1})

يُمثل أيون البيكربونات **(HCO_3^{-1})** أحد الأيونات السالبة الرئيسية في الأنظمة الهيدروجيولوجية، وينشأ من عمليات الذوبان الكربوناتي والتفاعلات الجيوكيميائية بين الماء والصخور. تلعب هذه الأيونات دوراً محورياً في تحديد خصائص القلوية والعسرة للمياه (الشديدات، 2003).

ان المصادر الهيدروجيوكيميائية لأيون البيكربونات **(HCO_3^{-1})** تتمثل بذوبان الصخور الجيرية والترسبات الكربوناتية و تفاعل ثاني أكسيد الكربون الجوي مع الماء والعمليات البيوجيوكيميائية في التربة تراوحت التراكيز بين (11.7 -719.2) ملغ/لتر، وكما موضح في الجدول 1 والشكل 11. حيث سجلت أعلى القيم في السهل الرسوبي وأدنى القيم في منطقة الحجارة.

يمكن ارجاع العوامل المؤثرة في تركيز (HCO_3^-) الى التركيب الليثولوجي المتمثل بالتكوينات الغنية بالكربونات و الظروف المناخية المتمثلة بمعدلات البخر والترسيب والعمليات الهيدروجيولوجية المتمثلة بمسارات الجريان الجوفي. ان الآثار التطبيقية لارتفاع تراكيز (HCO_3^-) تتمثل في تأثير على صلاحية المياه للري ومساهمة في عسرة المياه وتأثير على خصائص التربة عند الاستخدام الزراعي.

مجلة كامبريدج للبحوث العلمية: مجلة علمية محكمة
تصدر عن مركز كامبريدج للبحوث والمؤتمرات–العدد الثالث والخمسون – آذار ٢٠٢٦– رمضان ١٤٤٧
ISSN–2536–0027



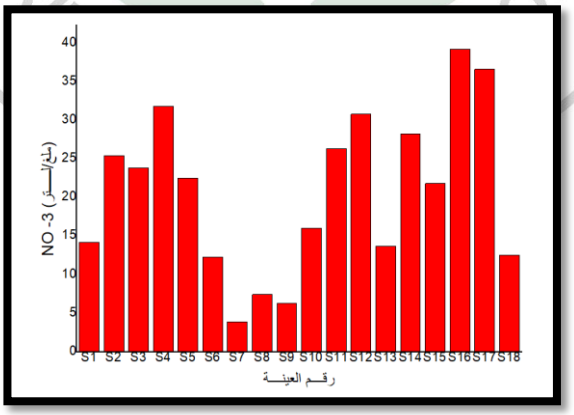
الشكل (11) تركيز أيون البيكربونات HCO_3^{-1} لعينات المياه الجوفية لمنطقة الدراسة.

د- أيون النترات (NO^{-3})

يُمثل أيون النترات (NO^{-3}) أحد الأيونات السالبة الرئيسية في المياه الجوفية، ويتكون من ذرة نيتروجين واحدة وثلاث ذرات أكسجين. يعتبر هذا المركب كيميائياً خاملاً حتى يتحول إلى نيتريت (NO^{-3}) عبر عملية الاختزال البكتيري التي تتم في الأمعاء لدى الإنسان والحيوانات، مما يجعله جزءاً أساسياً من دورة النيتروجين الطبيعية. تتعدد مصادر النترات في البيئة لتشمل المصادر الجوية (عوادم السيارات)، والمصادر الزراعية (الأسمدة الكيميائية والمخلفات العضوية)، بالإضافة إلى المصادر المنزلية والصناعية (المخلفات السائلة والفضلات الصناعية).

يلاحظ وجود علاقة عكسية بين عمق البئر وتركيز النترات. يعزى هذا التوزيع إلى حقيقة أن المصادر الرئيسية للتلوث بالنترات هي مصادر سطحية تنشأ من الأنشطة البشرية والزراعية، حيث تنتقل الملوثات العضوية عبر الطبقات الأرضية لتصل إلى الخزان الجوفي. وتجدر الإشارة إلى أن التكوينات الجيولوجية الحاملة للمياه لا تساهم بشكل مباشر في تركيز النترات.

أظهرت نتائج الدراسة في المنطقة المُبحَثة تبايناً مكانياً واضحاً في تركيزات النترات. تراوحت التركيزات بين (3.9 و31.8) ملغ/لتر وكما في الجدول 1 والشكل12. حيث سجلت أعلى القيم في الآبار الواقعة قرب المناطق الزراعية والمحاذية للمراكز السكانية.



الشكل (12) تركيز أيون النترات NO^{-3} لعينات المياه الجوفية لمنطقة الدراسة.

مجلة كامبريدج للبحوث العلمية: مجلة علمية محكمة
تصدر عن مركز كامبريدج للبحوث والمؤتمرات–العدد الثالث والخمسون – آذار ٢٠٢٦– رمضان ١٤٤٧
ISSN–2536–0027

يمكن تفسير هذه التغيرات من خلال عدة عوامل: زيادة استخدام الأسمدة خلال مواسم الزراعة، تأثير مياه الأمطار في نقل الملوثات إلى الخزان الجوفي، وتركز الأنشطة البشرية حول المراكز السكانية.
تؤكد هذه النتائج على الأهمية البالغة لمراقبة تركيزات النترات في المياه الجوفية، خاصة في المناطق الزراعية والمناطق المحاذية للمراكز السكانية، حيث تشكل المخاطر الصحية الناجمة عن ارتفاع تركيز النترات تهديداً مباشراً لصحة الإنسان والحيوان، كما قد تؤثر سلباً على الأنشطة الزراعية والصناعية.

الاستنتاجات

١. تدهور النوعية العامة: تعاني المياه الجوفية في غرب محافظة المثنى من تدهور عام في النوعية، حيث تتجاوز غالبية العينات المعايير المحلية والعالمية لكل من الاستخدام البشري والزراعي، وذلك بشكل رئيسي بسبب ارتفاع ملوحتها.
٢. أثر العوامل الطبيعية: تلعب الخصائص الجيولوجية (تركيب الصخور الرسوبية الغنية بالأملاح والكبريتات) والمناخية (انخفاض الهطول المطري وارتفاع معدلات البخر) دوراً محورياً في ارتفاع تراكيز الأيونات الذائبة وخاصة الكلوريد (Cl^-) والكبريتات (SO_4^{2-}) والصوديوم (Na^+).
٣. أثر العوامل البشرية: تساهم الأنشطة البشرية، وخاصة الزراعة المكثفة واستخدام الأسمدة الكيميائية ومياه الصرف، بشكل واضح في تدهور نوعية المياه، كما يتجلى من الارتفاع الملحوظ في تراكيز النترات (NO_3^-) والبوتاسيوم (K^+) بالقرب من المناطق الزراعية والسكنية.
٤. فاعلية التقنيات الحديثة: أثبتت تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وأداة التعريف الوزني (IDW) فاعليتها في نمذجة الخصائص النوعية للمياه الجوفية وكشف الأنماط المكانية لها، مما يجعلها أداة داعمة حاسمة في عمليات الرصد واتخاذ القرار.
٥. التوزيع غير المتجانس: يتميز توزيع نوعية المياه بعدم التجانس المكاني الواضح، مما يستدعي وضع خطط إدارة مائية تختلف من منطقة إلى أخرى ضمن نطاق الدراسة.

التوصيات

١. توصيات للإدارة والمراقبة:
· وضع خطة مراقبة دورية: إنشاء شبكة مراقبة دائمة للمياه الجوفية في المنطقة، مع أخذ عينات دورية وخاصة في فترات الذروة الزراعية، لمتابعة أي تدهور مستمر في النوعية.
· الرقابة على حفر الآبار: تنظيم عملية حفر الآبار الجديدة ومراقبة استخراج المياه من الآبار القائمة لمنع الاستنزاف الجائر الذي يؤدي إلى تداخل المياه المالحة.
· توعية المزارعين: تنظيم برامج توعية للمزارعين حول أساليب الري الحديثة (كالري بالتنقيط) وأنواع المحاصيل المتحملة للملوحة، والحد من الإفراط في استخدام الأسمدة الكيميائية والمبيدات.
٢. توصيات للدراسات المستقبلية:
· دراسات الهيدروجيولوجيا: إجراء دراسات أكثر تعمقاً للنظام الهيدروجيولوجي للمنطقة لتحديد اتجاهات حركة المياه الجوفية بدقة ومعدلات التغذية الطبيعية، مما يساعد على فهم أفضل لآليات التلوث.
· تتبع مصدر التلوث: إجراء دراسة مستقبلية تستخدم النظائر المستقرة (مثل نظائر النتروجين والأكسجين في النترات) لتحديد المصادر الرئيسية للتلوث (أسمنة حيوانية، أسمنة كيميائية، صرف صحي) بشكل قاطع.
٣. توصيات للمخططين وصناع القرار:

· بحث بدائل مصدرية: البحث عن مصادر مائية بديلة للمناطق التي صنفت مياهها على أنها غير ملائمة، مثل إنشاء محطات تحلية للمياه قليلة الملوحة أو مد خطوط أنابيب من مناطق أخرى ذات نوعية أفضل.

· معالجة المياه العادمة: العمل على إنشاء مشاريع معالجة للمياه العادمة (المنزلية والزراعية) قبل صرفها إلى البيئة للحد من تسرب الملوثات إلى الخزان الجوفي.

المصادر References

[1] الخزرجي ،قحطان رحيم حسين زبط ، التحليل المكاني للمياه الجوفية وأثرها في الاستثمار الزراعي في قضاء بلد، رسالة ماجستير، جامعة تكريت،2012

[2] قصي عبد المجيد السامرائي، مبادئ الطقس والمناخ، دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، عمان ، 2008.

[3] الحشماوي، مثال مبدر مصلح، الطاهر، جلال حسين، التمثيل الخرائطي للخصائص الطبيعية المؤثرة في ظاهرة التصحر لمحافظة كركوك باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (RS) والاستشعار عن بعد (Gis). مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية، 2022, 3، (9).

[4] عبد المقصود، أحمد أحمد جابر، الكومي، عبد الرازق بسيوني، المصري، ممدوح ناصف، النمذجة المكانية لأخطار المياه الجوفية على المواقع الأثرية بمحافظة الفيوم دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، المجلة العلمية بكلية الآداب العدد 44 لسنة 2022 .

[5] خليل، محمد احمد سيد، المياه الجوفية والابار، دار الحكمة العلمية للنشر والتوزيع، ط1، القاهرة، 2003.

[6] ضمياء ادهام حسين الجبوري، التحليل المكاني للمياه الجوفية في قضاء سامراء واستثماراتها، رسالة ماجستير، جامعة بغداد،2013 .

[7] faris , A.A. ,(2009) . Application of remote sensing and gis techniques for the zssessment of groundwater in kandukuru vagu basin , Nalgonda district , a.p.ph.d. Thesis (Unpublished), Osmania University , Hyderabad , India .

[8] مهدي حاتم ديوان ، دراسة في بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية المؤثرة على جودة مياه الشرب لمدينة بعقوبة ، مجلة ديالى للعلوم الصرفة ، المجلد (٦) ، العدد ٢ ، ٢٠١٠.

[9] صفاء عبد الامير رشم الاسدي ، جغرافية الموارد المائية ، الطبعة الاولى ، شركة الغدير للطباعة والنشر ، البصرة العراق ، 2014.

[10] الزيدي، حسن قاسم اوحيد، هيدرومورفومترية وديان شرق محافظة ميسان باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، اطروحة دكتوراه، جامعة بغداد، 2021.

[12] Detay,M: water wells-Implementation, maintenance and restoration ,John wiley and sons, London,1997 ,p379.

[13] Altoviski, M.E. Hand book of hydrogeology, Gosgeolitzdat Moscow,USSR, Russian, 1962, p614.

[14] Helstrup, T., Jørgensen, N. O., & Banoeng-Yakubo, B. (2007). Investigation of hydrochemical characteristics of groundwater from the Cretaceous-Eocene limestone aquifer in southern Ghana and southern Togo using hierarchical cluster analysis. .Hydrogeology Journal, 15(5), 977-989

ISSN–2536–0027

[15] Faure, G. (1998). Principles and Applications of Geochemistry (2nd ed.). Prentice Hall, 600.

[16] Al-Hasnawi, S.S. (2009). Groundwater Quality Index for Dammam Formation .in Al-Najaf Area. M.Sc. thesis, Baghdad University, p.189

[17] WHO, Guidelines for drinking water Quality, 2nd ed. Vol. ll, Geneva, 1996.

[18] Todd, D. K. (2005). Groundwater Hydrology (2nd ed.). John Wiley and Sons.

[19] الشديدات، فدرك محمد أرشيد. دراسة هيدروجيولوجية ونمذجة جريان المياه الجوفية في منطقة الكهرباء بناحية الموصل. رسالة ماجستير ، جامعة الموصل، (2003).