



جمهورية العراق  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة واسط - كلية الزراعة  
قسم علوم التربة والموارد المائية

## تقييم نوعية المياه الجوفية لبعض الإبار في شرق محافظة واسط

رسالة تقدمت بها

**بان فراس جليل حسين الساعدي**

الي

**مجلس كلية الزراعة - جامعة واسط**

**وهي جزء من متطلبات نيل شهادة الماجستير في العلوم  
الزراعية**

بإشراف

**أ. د جمال ناصر عبد الرحمن**

**أ.م. د ليث سليم سلمان**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

"وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً بِقَدَرٍ فَأَسْكَنَّاهُ

فِي الْأَرْضِ وَإِنَّا عَلَى ذَهَابٍ بِهِ

لِقَادِرُونَ"

صدق الله العلي العظيم

المؤمنون(18)

## توصية الاستاذين المشرفين

نشهد أن إعداد هذه الرسالة الموسومة (تقييم نوعية المياه الجوفية في شرق محافظة واسط) المقدمة من قبل الطالبة (بان فراس جليل حسين الساعدي) قد جرت بأشرافنا في كلية الزراعة- جامعة واسط – قسم علوم التربة والموارد المائية، وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم التربة والموارد المائية.

التوقيع

الاسم: أ.م. د ليث سليم سلمان

التوقيع

أ. د جمال ناصر عبد الرحمن

توصية رئيس القسم

بناءً على الشروط و التوصيات المتوافرة أرشح هذه الرسالة للمناقشة.

رئيس قسم علوم التربة والموارد المائية

م. د علي جواد كاظم

التوقيع:

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## إقرار لجنة المناقشة

نشهد إننا اعضاء لجنة المناقشة اطلعنا على هذه الرسالة وقد ناقشنا الطالبة في محتوياتها وكل ما يتعلق بها, وكانت جديرة بالقبول لنيل درجة الماجستير في العلوم الزراعية / علوم التربة والموارد المائية .

أ.م. د ليث سليم سلمان

أ.م. د مهدي وسمي صhib

جامعة واسط / كلية الزراعة

جامعة واسط / كلية الزراعة

عضواً ومشرفاً

رئيساً

أ.م. د وسام ثامر جبار

أ.د جمال ناصر عبد الرحمن

جامعة واسط / كلية الزراعة

جامعة واسط / كلية الزراعة

عضواً

عضواً ومشرفاً

أ.م. د ضياء فليح حسن

جامعة القاسم الخضراء/كلية الهندسة

عضواً

صدقنا هذه الرسالة من قبل مجلس كلية الزراعة / جامعة واسط

الاستاذ المساعد الدكتور

حكيم سلطان عبد الركابي

عميد كلية الزراعة/ جامعة واسط

# الإهداء

الى من بعث رحمة للعالمين . . . محمد (صلي الله عليه واله وسلم)

الى من احمل اسمه بكل افتخار الى صاحب الجود الذي واقته المنية قبل إعداد رسالتي فبكت كل

ورقة فيها فسالت كلمتها دمعا وصار حبرها الاسود حزنا . . . أبي الغالي (رحمه الله)

الى داعمي الاول ووجهتي التي استمد منها القوة التي كانت دائما تسير معي الى ان

اصل لوجهتي وتحيطني بدعواتها لولاها لم تمسك اناملتي القلم . . . امي الحبيبة (اطال الله بعمرها

وامداها بالصحة والعافية)

الى رمز الوفاء والعطاء سندي ورفيقي في الحياة وعنوان سعادتني . . . (زوجي

الغالي)

الى مصدر الامان نور عيني وامي الثانية الى من كانت يدي اليمنى . . .

(اختي حبيتي)

## الشكر والامتنان

الحمد لله القائل ﴿ ولئن شكرتم لأزيدنكم ﴾ ، فله الحمد و له الشكر على فضله و نعمائه، الذي أمدني بالصحة و العافية ، و منّ علي بالصبر و القوة ، لإنجاز هذا البحث .

أتقدم بعظيم الشكر والعرفان الى أساتذتي المشرفين الأستاذ المساعد الدكتور ليث سليم سلمان الشحمانى و الأستاذ الدكتور جمال ناصر عبد الرحمن السعدون على جهودهما التي بذلها و متابعتهما المستمرة في مرحلة البحث ؛ فكان لهما الاثر الواضح في تقويم هذا العمل فجزاهما الله خير الجزاء .  
وأعرب عن جزيل شكري للسادة رئيس لجنة المناقشة و اعضاءها؛ لتفضلهم بقبول مناقشة رسالتي والاستزادة من خبراتهم و توجيهاتهم و آرائهم القيمة ، التي ستغني هذه الرسالة .

ولا أنسى أهل الفضل : عمادة كلية الزراعة ، و أتقدم بالشكر الجزيل إلى رئاسة قسم علوم التربة و الموارد المائية و جميع اساتذتي الفضلاء و زملائي من طلاب الدراسات العليا و العاملين في القسم .  
و اتوجه بالشكر الجزيل الى أساتذة قسم الجغرافيا في كلية التربية للعلوم الانسانية و رئيس قسمها الدكتور حسين كريم حمد الساعدي على جهودهم المبذولة في امدادي بما احتجت اليه من معلومات طيلة مدة الدراسة .

و اتقدم بالشكر و التقدير الى مدير فرع واسط للمياه الجوفية الدكتور أرشد و هب عبد الرحيم العنزى لمساعدته ايادي و بذله النصح و المشورة فجزاه الله عني خير الجزاء

وأسدي بالغ امتناني الى جناب المهندس المدني ماجد حسن دويج / مدير الموارد المائية في قضاء بدرية الذي منحني الكثير من وقته ، وكان لرحابه صدره و سمو خلقه و اسلوبه المميز أثر كبير في متابعة الرسالة و اتمام هذا العمل .

ويسرني ان اتقدم بالشكر لزميلتي الوفيتين : ريام مزهر و الحوراء حيدر رفيقتي دربي في تحقيق حلمي .

و أخص بالشكر م.م علي سليم و م.م علي حسين و الست أطيفاف فرج لتعاونهم معي و وافر شكري الى كل من مد يد العون و المساعدة في اثناء الدراسة و البحث و الكتابة بالكلمة او بحرف فجزى الله الجميع خير جزاء .

**الباحثة : بان فراس جليل**

## المستخلص

اجريت دراسة لتقييم نوعية المياه الجوفية في شرق محافظة واسط ضمن منطقتي ( بدرة و زرباطية) ل21 بئر نظامي وشملت 7 ابار في أراضي منطقة زرباطية و14 بئراً في أراضي بدرة ، جمعت عينات من مياه الآبار في اربعة مواسم لمنطقة الدراسة ثم وضعت العينات في قناني بلاستيكية وتم تحديد مناسيب الآبار (الثابتة والمتحركة) والطاقة الانتاجية للآبار وتقدير الايصالية الكهربائية والاس الهيدروجيني ودرجة حرارة مياه الآبار والعسرة الكلية والعكورة ومجموعة المواد الصلبة الذائبة والمواد الصلبة العالقة الكلية وحساب الايونات الموجبة (  $Na^{+2}$  ,  $Ca^{+2}$  ,  $Mg^{+2}$  ,  $K^{+}$  ) ، والايونات السالبة (  $Cl^{-}$  ,  $No_3$  ,  $So_4^{-2}$  ,  $Hco_3^{-}$  ,  $Po_4$  ) ، فضلاً الى قياس العناصر الثقيلة ( النحاس Cu , الرصاص Pb , الكاديوم Cd , الكروم Cr , الكوبلت Co ) . ثم جرى تقييم نوعية المياه في منطقة الدراسة وللمواسم الأربعة حسب المعايير والمحددات العراقية والعالمية لنوعيات المياه المتبعة، وقد تضمنت النتائج التي تم الحصول عليها من الدراسة ما يلي:

1- تباين المناسيب الثابتة لآبار منطقة الدراسة ضمن منطقة بدرة في الموسم الخريفي، وكانت قيمها تتراوح بحدود 5.46-22 م وبمتوسط العام لقيم المناسيب الثابتة 11.37 م، إذ كانت اعلى قيمة 22 في البئر S7 واقل قيمة 5.46 في البئر S5 على حين كان منسوب الماء الجوفي الثابت في ابار الدراسة لمنطقة زرباطية في الموسم نفسه يتراوح من 5-9.23 م وبمتوسط العام لقيم المناسيب الثابتة 7.53 م ،اذ كانت اعلى قيمة 9.23 م في البئر S15 واقل قيمة 5 م في البئر S19. اما بالنسبة للموسم الربيعي لمنسوب الماء الجوفي الثابت في ابار الدراسة ضمن منطقة بدرة فقد وجدت قيمها تتراوح بحدود 5.22 - 15.61 متر و بمتوسط العام لقيم المناسيب الثابتة 21.74 م وقد كانت اعلى قيمة 15.61 م في البئر S13 واقل قيمة 5.22 م في البئر S5 على حين كان منسوب الماء الجوفي الثابت في ابار الدراسة لمنطقة زرباطية في الموسم نفسه كانت فقيمه تتراوح من 4.85 - 9.63 م وبمتوسط العام لقيم المناسيب الثابتة 7.37 م لقيم إذ كانت اعلى قيمة 9.63 م في البئر S20 واقل قيمة 4.85 م في البئر S19.

2- اما بالنسبة للمناسيب المتحركة لآبار لمنطقة بدرة في الموسم الخريفي كانت قيمها تتراوح بحدود من 5.64 - 36.00 م ومتوسط العام لقيم المناسيب المتحركة 21.74 م إذ ان اعلى قيمة 36.00 م في البئر S2 واقل قيمة 5.64 م في البئر S10 لمنطقة بدرة، اما في زرباطية فتراوح قيم منسوب

الماء الجوفي المتحرك 14 - 36.31 م ومتوسط العام لقيم المناسيب المتحركة 26.55م، إذ بلغت اعلى قيمة 36.31 م في البئر S18 واقل قيمة 14 م في البئر S20. اما في الموسم الربيعي لمنسوب الماء الجوفي المتحرك في ابار الدراسة ضمن منطقة بدرة فأن قيمها تتراوح بين 15.75 - 35.94 م ومتوسط العام لقيم المناسيب المتحركة 23.30 م. إذ كانت اعلى قيمة 35.94 م في البئر S9 واقل قيمة 15.75 م في البئر S12، على حين كان منسوب الماء الجوفي المتحرك لآبار منطقة الدراسة لمنطقة زرباطية يتراوح من 13.65 - 36.26 م ومتوسط العام لقيم المناسيب المتحركة 26.39 م. إذ بلغت اعلى قيمة 36.26 م في البئر S17 واقل قيمة 13.65 م في البئر S20.

3- قيم الانتاجية لآبار منطقة الدراسة ضمن موقع بدرة في الموسم الخريفي تراوحت بحدود 4 - 10 لتر ثا<sup>-1</sup> ومتوسط العام لقيم التصاريف 7.35 لتر. ثا<sup>-1</sup>، وقد بلغت اعلى قيمة 10 لتر. ثا<sup>-1</sup> في البئر S5 واقل قيمة 4 لتر ثا<sup>-1</sup> في البئر S9. وفي الموسم نفسه لمنطقة زرباطية كانت الطاقة الانتاجية للآبار تتراوح بين 6 - 8 لتر ثا<sup>-1</sup>. ومتوسط العام لقيم التصاريف 7.07 لتر. ثا<sup>-1</sup> إذ سجلت اعلى قيمة 8 لتر ثا<sup>-1</sup> في البئر S15 واقل قيمة بلغت 6 لتر ثا<sup>-1</sup> في البئر S18. اما بالنسبة للموسم الربيعي، فقد ظهر ان انتاجية الآبار لمنطقة بدرة تتراوح بحدود 4.23 - 10.3 لتر ثا<sup>-1</sup> ومتوسط العام لقيم التصاريف قد بلغ 7.542 لتر. ثا<sup>-1</sup> إذ ان اعلى قيمة للانتاجية بلغت 10.3 لتر ثا<sup>-1</sup> في البئر S5 واقل قيمة 4.23 لتر ثا<sup>-1</sup> في البئر S9. اما لمنطقة زرباطية وللموسم الربيعي فقد كانت الطاقة الانتاجية للآبار المدروسة تتراوح بحدود 6.1 - 8.15 لتر ثا<sup>-1</sup>. ومتوسط العام لقيم التصاريف 7.16 لتر. ثا<sup>-1</sup> وقد بلغت اعلى قيمة 8.15 في البئر S20 واقل قيمة 6.1 لتر ثا<sup>-1</sup> في البئر S17.

4- تراوحت درجة حرارة مياه الآبار في مواسم الدراسة بين (18.2-37.5) م° اما قيم العكورة فكانت (2.3-15.5) NTU، بينما كانت قيم الايصالية الكهربائية (3.06-5.06) ديسيمنز متر<sup>-1</sup>، اما الاملاح الذائبة الكلية فتتراوحت بين (1803-2989) مليغرام لتر<sup>-1</sup>، على حين كانت قيم الاس الهيدروجيني (7.18-7.61)، وقد بلغت قيم المواد الصلبة العالقة الكلية بين (68-299) مليغرام لتر<sup>-1</sup>، اما العسرة الكلية فسجلت قيم مياه الآبار (600-1599) مليغرام لتر<sup>-1</sup>.

5- قدرت متوسطات الايونات السالبة والموجبة لمياه الآبار في مواسم الدراسة فكانت قيمها تتراوح لأیوني الكالسيوم والمغنسيوم في مياه الآبار (221-375) مليغرام لتر<sup>-1</sup> و (98-165) مليغرام لتر<sup>-1</sup> على التوالي، و ايوني الصوديوم والبوتاسيوم (271-433) مليغرام لتر<sup>-1</sup> و (10-26) مليغرام لتر<sup>-1</sup>

<sup>1</sup> على التوالي ، كانت متوسطات تراكيز ايون الكلوريد (201-853) مليغرام لتر<sup>-1</sup> ، ومتوسطات ايون الكبريتات (433-721) مليغرام لتر<sup>-1</sup>، بينما كانت متوسطات ايون البيكاربونات (203-358) مليغرام لتر<sup>-1</sup>، اما متوسطات ايون النترات فسجلت (8.7-30) مليغرام لتر<sup>-1</sup> ، وايون الفوسفات (0.19-0.53) مليغرام لتر<sup>-1</sup> . وأظهرت نتائجنا عند مقارنتها مع المواصفات القياسية العالمية والعراقية لمياه الشرب، أن قيم الأس الهيدروجين وتراكيز أيونات النترات كانت ضمن الحدود المسموح بها، على حين تجاوزت قيم المواد الصلبة الذائبة الكلية وتراكيز أيون الصوديوم والكالسيوم والكلوريد والبيكاربونات المستويات المسموح بها، بينما كانت تراكيز أيون المغنيسيوم والبوتاسيوم ضمن الحدود المسموح بها باستثناء ثلاث آبار. كما ان تراكيز أيون الكبريتات تجاوزت الحدود المسموح بها، باستثناء بئر واحدة، بينما بقيت تراكيز الفوسفات ضمن الحدود باستثناء أربع آبار.

6- بلغت متوسطات تراكيز العناصر الثقيلة الكلية للعناصر الخمسة المدروسة (النحاس Cu، الرصاص Pb، الكاديوم Cd، الكروم Cr، الكوبلت Co) في مياه الآبار (0.093-0.486)، (0.089-0.605)، (0.09-0.175)، (0.169-0.483)، (0.091-0.147) مليغرام لتر<sup>-1</sup> على التوالي. أظهرت نتائج أيون الكاديوم أنها تجاوزت حدود منظمة الصحة العالمية ووكالة حماية البيئة الأمريكية والصحة الكندية وبقي ضمن المحددات العراقية. أما أيون الكوبلت فكان ضمن الحدود العراقية. اما الكروم والرصاص فقد تجاوزا جميع المواصفات الدولية والعراقية، أما تراكيز النحاس فقد انخفضت عن الحدود المسموح بها دولياً لكنها تجاوزت المواصفات العراقية.

7- بينت نتائج الدراسة ان كل مياه الآبار تقع ضمن صنف فقير C4S1 وبحسب تصنيف (1954) Richard تبين ان كل مياه الآبار تقع ضمن صنف فقير ويكون استخدام هذه المياه محصوراً بالتراب ذات نفاذية جيدة وفي انتاج المحاصيل التي تتحمل الملوحة العالية كما ان قيم TDS كانت مرتفعة ولا تصلح للشرب في جميع الأحوال الا بعد اجراء المعالجة لها. كما ان تصنيفات المياه لقيم Total Hardness فان نوعية المياه كانت جميعها تقع تحت صنف (very hard) ، اما التصنيفات العالمية الخاصة بقيم TDS فكانت ضمن صنف (Slightly -Brackish Water)

## قائمة المحتويات

الصفحة	العنوان	ت
ج	المستخلص	....
1	المقدمة	1
3	مراجعة المصادر	2
3	جيولوجية منطقة الشرقية لمحافظة واسط	1-2
5	نوعية المياه	2-2
6	المياه الجوفية	3-2
10	تقييم نوعية المياه الجوفية	4-2
11	خصائص المياه الجوفية	5-2
14	مناسيب المياه الجوفية	6-2
15	منسوب الماء الجوفي المستقر	1-6-2
15	منسوب الماء الجوفي المتحرك	2-6-2
15	الطاقة الانتاجية	3-6-2
15	الصفات الهيدرولوجية لنظم المياه الجوفية	7-2
17	حركة المياه الجوفية	8-2
18	حركة العمودية	1-8-2
18	حركة الافقية	2-8-2
18	تلوث المياه الجوفية	9-2
19	الماء الارضي	10-2
20	اهم الخصائص المياه الجوفية التي يعتمد عليها في تحديد نوعيتها	11-2
20	درجة الحرارة	1-11-2
21	العكورة	2-11-2
21	الاس الهيدروجيني	3-11-2
21	الايصالية الكهربائية	4-11-2
22	العسرة الكلية	5-11-2
22	الاملاح الكلية الذائبة	6-11-2
23	الايونات الموجبة والسالبة	7-11-2
25	العناصر الثقيلة	12-2
30	النحاس Cu	1-12-2
32	الكاديوم Cd	2-12-2
34	الرصاص Pb	3-12-2
35	الكروم Cr	4-12-2
36	الكوبلت Co	5-12-2
38	المواد وطرائق العمل	3
38	منطقة الدراسة	1-3
39	العمل الميداني وجمع العينات	2-3
40	قياس اعماق تصريف المياه الجوفية	3-3

40	قياس المنسوب المستقر او الثابت	1-3-3
41	قياس المنسوب المتحرك او المتغير	2-3-3
41	قياس التصريف \ الانتاجية	3-3-3
41	ايجاد اعماق الآبار	4-3-3
42	قياس وتقدير خصائص الكيميائية والفيزيائية للمياه الجوفية في الآبار	4-3
42	الايصالية الكهربائية	1-4-3
42	الاس الهيدروجيني	2-4-3
42	العسرة الكلية	3-4-3
42	العكورة	4-4-3
42	الاملاح الكلية الذائبة	5-4-3
42	المواد الصلبة العالقة الكلية	6-4-3
43	ايونات الكالسيوم والمغنسيوم	7-4-3
43	ايونات الصوديوم والبوتاسيوم	8-4-3
43	ايون الكلور	9-4-3
44	ايونات الكربونات والبيكربونات	10-4-3
44	ايون الكبريتات	11-4-3
44	ايون النترات	12-4-3
44	ايون الفوسفات	13-4-3
45	نسبة امتزاز الصوديوم	14-4-3
45	قياس العناصر الثقيلة الذائبة في المياه الجوفية	5-3
45	التحليل الاحصائي	6-3
46	النتائج والمناقشة	4
46	المنسوب الثابت للمياه الجوفية في ابار منطقة الدراسة	1-4
48	المنسوب المتحرك للمياه الجوفية في ابار منطقة الدراسة	2-4
49	الطاقة الانتاجية للآبار	3-4
50	التباين بين المنسوب الثابت والمتحرك في الآبار	4-4
51	الخصائص الكيميائية والفيزيائية لمياه ابار منطقة الدراسة	5-4
51	درجة الحرارة	1-5-4
52	العكورة	2-5-4
54	الاس الهيدروجيني	3-5-4
55	المواد الصلبة العالقة الكلية	4-5-4
56	المواد الصلبة الذائبة	5-5-4
58	العسرة الكلية	6-5-4
60	الايصالية الكهربائية	7-5-4
62	ايونات الكالسيوم	8-5-4
64	ايونات المغنسيوم	9-5-4
65	ايونات الصوديوم	10-5-4
67	ايونات البوتاسيوم	11-5-4
69	ايونات الكلوريد	12-5-4

71	ايونات الكبريتات	13-5-4
72	ايونات البيكاربونات	14-5-4
74	ايونات النترات	15-5-4
75	ايونات الفوسفات	16-5-4
77	نسبة امتزاز الصوديوم	17-5-4
78	تركيز العناصر الثقيلة في المياه الجوفية	6-4
78	عنصر الرصاص Pb	1-6-4
80	عنصر النحاس Cu	2-6-4
81	عنصر الكاديوم Cd	3-6-4
84	عنصر الكروم Cr	4-6-4
85	عنصر الكوبلت Co	5-6-4
87	تصنيف نوعية مياه الآبار لمنطقة الدراسة وتحديد صلاحيتها للاستخدامات المختلفة	7-4
87	صلاحية المياه الجوفية للأغراض الشرب	1-7-4
91	صلاحية المياه الجوفية للأغراض الزراعية	2-7-4
100	الاستنتاجات والتوصيات	5
100	الاستنتاجات	1-5
101	التوصيات	2-5
102	المصادر	6
102	المصادر العربية	1-6
110	المصادر الاجنبية	2-6
125	الملاحق	7

## قائمة الجداول

رقم الجدول	العنوان	الصفحة
1	جدول حدود المنظمات العالمية لتراكيز العناصر الثقيلة للمياه الشرب ومياه الري	29
2	جدول يمثل أسماء واحداثيات الآبار ضمن منطقة الدراسة	40
3	جدول المناسيب الثابتة والمتحركة والعمق الحقيقي والتصميمي والتصريف لآبار منطقة الدراسة	47
4	متوسطات قيم درجة الحرارة (م) لمياه ابار منطقة الدراسة	51
5	متوسطات قيم العكورة Turbidity لمياه ابار منطقة الدراسة	53
6	متوسطات قيم الاس الهيدروجيني لمياه ابار منطقة الدراسة	54
7	متوسطات قيم المواد الصلبة العالقة TSS لمياه ابار منطقة الدراسة	56
8	متوسطات قيم المواد الصلبة الذائبة TDS لمياه ابار منطقة الدراسة	58
9	متوسطات قيم العسرة الكلية T.H لمياه ابار منطقة الدراسة	59
10	متوسطات قيم الايصالية الكهربائية EC لمياه ابار منطقة الدراسة	61
11	متوسطات قيم ايون الكالسيوم Ca لمياه ابار منطقة الدراسة	63
12	متوسطات قيم ايون المغنسيوم Mg لمياه ابار منطقة الدراسة	65
13	متوسطات قيم ايون الصوديوم Na لمياه ابار منطقة الدراسة	66
14	متوسطات قيم ايون البوتاسيوم K لمياه ابار منطقة الدراسة	68
15	متوسطات قيم ايون الكلوريد Cl لمياه ابار منطقة الدراسة	70
16	متوسطات قيم ايون الكبريتات So4 لمياه ابار منطقة الدراسة	71
17	متوسطات قيم ايون البيكاربونات HCO3 لمياه ابار منطقة الدراسة	73
18	متوسطات قيم ايون النترات No3 لمياه ابار منطقة الدراسة	74
19	متوسطات قيم ايون الفوسفات Po4 لمياه ابار منطقة الدراسة	76
20	متوسطات قيم نسبة امتزاز الصوديوم SAR لمياه ابار منطقة الدراسة	78
21	متوسطات قيم عنصر الرصاص Pb لمياه ابار منطقة الدراسة	79
22	متوسطات قيم عنصر النحاس Cu لمياه ابار منطقة الدراسة	81
23	متوسطات قيم عنصر الكاديوم Cd لمياه ابار منطقة الدراسة	83
24	متوسطات قيم عنصر الكروم Cr لمياه ابار منطقة الدراسة	85
25	متوسطات قيم عنصر الكوبلت Co لمياه ابار منطقة الدراسة	86
26	جدول الحدود القياسية لمياه الشرب العراقية والدولية	87
27	تصنيفات المياه الخاصة ب.. Total Hardness	88
28	جدول يمثل تصنيفات المياه الخاصة ب. TDS (ppm)	88
29	جدول يمثل المواصفات القياسية لصلاحية المياه الجوفية لأغراض الشرب حسب المقاييس العراقية والعالمية	89
30	جدول يمثل قدرة المحاصيل الزراعية على تحمل التراكيز الملحية حسب تصنيف Todd (2007)	92
31	جدول يمثل تحديد المياه الجوفية على وفقاً لتصنيف (Richard1954)	92
32	جدول يمثل انواع المياه على وفق تصنيف (Richard1954)	93
33	جدول يمثل صلاحية المياه للأغراض الزراعية على وفق تصنيف (Richard1954) للمياه مليغرام لتر <sup>-1</sup> وحسب (SAR) و (EC) لآبار منطقة الدراسة في الموسم الصيفي	94

95	جدول يمثل صلاحية المياه للأغراض الزراعية على وفق تصنيف (Richard1954) للمياه مليغرام لتر <sup>-1</sup> وحسب ( SAR ) و ( EC ) لأبار منطقة الدراسة في الموسم الخريفي	34
96	جدول يمثل صلاحية المياه للأغراض الزراعية على وفق تصنيف (Richard1954) للمياه مليغرام لتر <sup>-1</sup> وحسب ( SAR ) و ( EC ) لأبار منطقة الدراسة في الموسم الشتوي	35
97	جدول يمثل صلاحية المياه للأغراض الزراعية على وفق تصنيف (Richard1954) للمياه مليغرام لتر <sup>-1</sup> وحسب ( SAR ) و ( EC ) لأبار منطقة الدراسة في الموسم الربيعي	36
98	جدول يمثل المواصفات القياسية لمنظمة الاغذية والزراعة العالمية (FAO) لصلاحية المياه للاستهلاك الحيواني	37

### قائمة الاشكال

الصفحة	العنوان	ت
12	تمثل الخزان الجوفي الحر للمياه	1
13	تمثل المكمن الجوفي شبه المحصور	2
13	تمثل المكمن الجوفي المحصور	3
14	تمثل المكمن الجوفي المنعزل	4
38	خارطة تبين منطقة الدراسة في شرق محافظة واسط	1-3

### قائمة الصور

الصفحة	العنوان	الرقم
130	تمثل الدراسة الميدانية في منطقة الدراسة	1
132	تمثل صور من العمل المختبري	2

## قائمة الاختصارات

الرمز	المعنى
WHO	World Health Organization
USEPA	United States Environmental Protection Agency
GPS	Global Positioning System
APHA	American Public Health Association
FAO	Food And Agriculture Organization
IQS	Iraqi Quality Standards

تعد مشكلة الشحة المائية من اهم مشاكل العصر حالياً والتي تواجه معظم دول العالم وخاصة المناطق الجافة والشبه الجافة وذلك بسبب التغيرات المناخية ، فقد اتسعت مساحة هذه المشكلة لتشمل مناطق جديدة، كما تعد منطقة الشرق الأوسط وبضمنها العراق من اكثرها تعرضاً لمثل هذه المشكلة في الوقت الحالي، فقد تم الاتجاه لإيجاد حلول لحل هذه المشكلة وذلك من استثمار الموارد المائية الأخرى وخاصة المصادر البديلة ومن ضمنها المياه الجوفية، لكونها أحد مصادر المياه الاحتياطية في بلدنا وهي مصدر اساسي في الكثير من دول العالم وقد تتواجد في بعض البلدان بكميات هائلة وتعد احتياطاً استراتيجياً للمياه في ذلك البلد(الجبوري،2013).

وتشكل المياه الجوفية مورداً مهماً من الموارد المائية إذ تمثل حوالي 71.7% من المياه الصالحة للشرب في العالم وتشمل مياه الآبار والينابيع والعيون التي تنشأ على الاغلب من مياه الامطار او من مياه الري التي تتسرب في الارض وتُخزن في طبقات غير مسامية مكونة خزانات المياه الجوفية (Doglioni وآخرون، 2013). تتعرض المياه الجوفية لعدة مخاطر منها التلوث نتيجة لفترات الجفاف الطويلة والنشاطات البشرية المختلفة بالأخص في المناطق الجافة وشبه الجافة (AL-Assaf وآخرون، 2020).

تتسرب الاملاح والعناصر الثقيلة الى المياه الجوفية، إذ تأتي من طرق المياه الأرضية او تنتقل لمسافات طويلة مع حركة المياه الجوفية في باطن الأرض وفي نهاية المطاف تنتقل هذه العناصر مع المياه الى خزانات المياه الجوفية وقد يحدث لها تلوث عند الجريان السطحي (Innocent وآخرون، 2006). إذ ان زيادة تراكيز الايونات الموجبة والسالبة في المياه يسبب تغير في نوعية المياه وكذلك يسبب تلوثاً عند زيادة العناصر الثقيلة السامة وقد ينشأ هذا التلوث من عدة مصادر مختلفة مثل عمليات التجوية وانحلال الرواسب المعدنية والانشطة البركانية وانشطة التعدين وحرق الفحم والمياه العادمة السائلة (Abdur وآخرون، 2018).

وتعد منطقة شرق محافظة واسط ذات اهمية خاصة لاستثمار الموارد المائية وبصورة خاصة المياه الجوفية، إذ ان اغلب السنوات الممطرة تشهد تلك المنطقة الحدودية مواسم سيول وكذلك مواسم جفاف ذات أوقات طويلة، كما ان قلة المياه السطحية فيها من جهة وضعف تنمية المشاريع والتخطيط

لمياه السيول من جهة اخرى، أدت الى حفر الآبار بوصفه أحد الحلول الرئيسية لمواجهة شحة المياه. إذ ازداد الطلب على ماء الارضي ومياه الجوفية في المناطق الجافة وشبه الجافة في الآونة الأخيرة ، وذلك بسبب الشحة المائية الشديدة فضلاً عن محاولة توسعة الرقعة الزراعية في تلك المناطق بسبب الزيادة السكانية، مما ازداد الطلب في انشاء الآبار في مناطق متعددة خاصه المناطق التي تكون فيها نوعية المياه مرغوبه لذلك ازداد حفر الآبار وبكميات مفرطة وخاصة في المناطق التي يكون الماء السطحي فيها معدوما وخاصة في المناطق المحاذية للحدود العراقية الإيرانية ، إذ زاد فيها حفر هذه الآبار بدون الرجوع الى تحديد نوعية هذه المياه من الناحية الكيميائية وبالخصوص تركيبها الايوني ومدى تلوثها بالمعادن الثقيلة او تركيز بعض الملوثات الاخرى فيها، لذلك يتوجب على المزارعين والباحثين والجهات المعنية البحث في موضوع نوعية مياه الآبار في تلك المناطق لغرض تحديد جودة هذه المياه بحسب المعايير المعتمدة في بلدنا او المعايير العالمية.

ان أهمية المياه الجوفية للاستخدامات المختلفة والسبل الكفيلة لإدارتها بأسلوب يضمن استدامتها يستوجب دراسة مكامن المياه الجوفية والخزانات ومواقع وجودها ونوعية المياه فيها إذ يتطلب ذلك زيادة الاعتناء في دراسة المياه الجوفية والتعرف على خصائصها وانواعها من حيث الكمية والنوعية والعمق وحركة المياه في باطن الأرض ومصادر تغذيتها، فضلا عن أهمية حساب التكلفة المرتفعة لأنشاء بئر واحد ومدى القدرة على استغلالها ومدى تعرضها للنضوب وزيادة نسبة الملوحة.

#### تهدف الدراسة الحالية الى:

- دراسة التباين المكاني لآبار منطقة الدراسة ويتضمن أعماق الآبار، مناسبتها الثابتة، مناسبتها المتحركة، إنتاجية البئر (التصريف).
- تحديد بعض الصفات الفيزيائية و الكيميائية لمياه الآبار.
- تصنيف نوعية مياه الآبار لمنطقة الدراسة وتحديد صلاحيتها للاستخدامات المختلفة.
- إيجاد مدى تلوث مياه الآبار ببعض العناصر الثقيلة(النحاس، الرصاص ، الكاديوم ، الكروم ، الكوبلت).

## 2-1 جيولوجية المنطقة الشرقية لمحافظة واسط

إن تحديد جيولوجية المنطقة امرٌ مهم يساعد على فهم طبيعة شبكة التصريف المائي والمظاهر الأرضية، وله علاقة في مكونات التربة وطبيعة الغطاء النباتي السائد، لذلك ان التعرف على التكوينات الجيولوجية السائدة في المنطقة امر فائق الاهمية، اذ يلاحظ تواجد تكوينات جيولوجية متنوعة ومتباينة التي تكون منتشرة في المنطقة الشرقية لمحافظة واسط (الغرابي، 2021).

ان التكوينات الصخرية ذات اهمية هائلة في تحديد وتشكيل سطح الارض وظواهره التضاريسية، والصخرية (Lithology) وهي خصائص الصخر الكيميائية والفيزيائية وتجانس اشكالها واحجامها، وهذه الخصائص تقوم بتحديد مدى تأثير الصخور مع عمليات التجوية والتعرية وامكانية تحللها وذوبانها، فضلاً عن بنية الصخر (Structure) ومدى ترسب الصخور التي لها دور كبير، إذ تترسب الصخور الرسوبية على شكل طبقات نحيفة او سميكة وتتركب من صخور هشة و صلبة، اما ميل الطبقات (Slope) فله دور في تسهيل عمليات تعرية الطبقات بشكل افقي او عمودي (ابو العينين، 1976) وتحتوي المنطقة الشرقية لمحافظة واسط على صخور قديمة تعود الى الزمن الجيولوجي الثالث، اما التكوينات الجيولوجية فهي تختلف في هذه المنطقة من مكان الى مكان اخر من إذ الزمن الجيولوجي والتركيب وهي من الاقدم الى الاحداث. وبذلك فأنها تشتمل على التكوينات الجيولوجية الاتية:

## 1- تكوين الفتحة Fatha Formation (المايوسين الاوسط)

يرجع العمر الجيولوجي لهذا التكوين الى عصر المايوسين الذي تم تحديد تاريخه ب 20 مليون سنة (العمري وآخرون، 1985). ان ترسبات تكوين الفتحة تكونت فيها دورة الترسيبات التبخرية المحتوية على الحجر الجيري والجبس والمارل وقليل من الرمل والغرين والانهدرايت (Jassim و Buday، 1980). وهذا التكوين مهم من الناحية الاقتصادية كونه يعد مستودعاً من النفط، ومصادر للصخور الصالحة لصناعة الاسمنت (السياب وآخرون، 1985).

## 2- تكوين انجانة InJana Formation (المايوسين الاعلى)

يتألف هذا التكوين من الحجر الرملي البني والرصاصي والحجر الطيني البني فضلاً عن الحجر الغريني المحمر، وتظهر أجزاءه السفلية منطقة انتقالية تحتوي فضلاً عن تلك المكونات على طبقة خفيفة من الجبس الابيض والحجر الجيري، إذ يعكس لنا هذا التكوين بيئة مياه النهر العذبة (Jassim و Buday، 1980). ويحتوي تكوين انجانة زيادة في حجم الحبيبات نحو الاعلى بينما في الاجزاء السفلى يحتوي الحبيبات الناعمة البحرية والمكونات الكلسية (بشو، 2004).

## 3- تكوين المقدادية Mukdadiya Formation (المايوسين الاعلى - البلايوسين)

يعود تكوين المقدادية الى عصر المايوسين الاعلى (Upper Miocene) ويتكون من عدة دورات ترسيبية، إذ ان الدورة الواحدة تتكون من حجر رملي وحجر حصوي وحجر طيني وحجر غريني، بصورة عامة يتزايد حجم الحبيبات نحو الاعلى (Barwari, 1991)، إذ ان هذا التكوين يغطي مساحات كبيرة في الاجزاء الشرقية من منطقة الدراسة المكونة نوعاً ما من الارض الرديئة (Bad Land) والمدرجات، كما يتواجد هذا التكوين في السلاسل الجبلية ويتألف من طبقة سميكة من المدملكات الخشنة ويتغير الى طبقة سميكة من الحجر الطيني البني وطبقة خفيفة اخرى من الحجر الرملي (العناد، 2007).

## 4- تكوين باي حسن Bai Hassan Formation ( البلايوسين )

يعود هذا التكوين الى عصر البلايوسين وينكشف من الاجزاء الشمالية الشرقية والشرقية، صخرية تكوين باي حسن عبارة عن حجر رملي طيني وحصي والطين الغريني والغرين الرملي (بشو، 2004). و هذا التكوين متكون من حبيبات خشنة تمتد على شكل شريط بمحاذاة جانب الاراضي الايرانية من جهة الشمال الشرقي، تكوين باي حسن هو المصدر الرئيسي للمياه الجوفية للآبار قرب الحدود الإيرانية (Parsons, 1955).

تعد نوعية المياه مقياساً لمدى صلاحية وملاءمة المياه لعدة استعمالات من قبل الانسان والحيوان والنبات، إذ ان الاسس التي تم الاعتماد عليها لأجل تقييم نوعية مياه الري تعتمد أساسا على المخاطر التي تسببها تلك المياه للإنسان، اذ يستهلك النباتات المنتجة من تلك التربة المروية بالمياه وكذلك الحيوانات (Diwan، 2018).

واشار العمر (2000) إلى ان اهم المسببات التي تؤدي لتلوث المياه هي التغير في بعض الخصائص الكيميائية (الاملاح والمركبات الكيميائية) وبعض الخصائص الفيزيائية (الحرارة والاشعاع) وقسم من النشاطات الحياتية (الكائنات الحية) والتغير في الصفات الحسية (الطعم واللون والرائحة) (Hirsch وآخرون، 2006).

وضح السعدي(2017) في دراسته لتطوير الدليل العراقي لنوعية المياه في العراق ان الانهار الرئيسية في العراق (دجلة والفرات) تراوحت نوعية المياه فيها بين جيد جدا الى الرديء جدا، كما بين ان نوعية مياه نهر دجلة تتجه بشكل كبير الى الأسوء بعد الثرثار، إذ ايدت ذلك نتائج نوعية المياه المقاسة في وسط ونهاية مجاري نهري دجلة والفرات، ويعود السبب الى كثرة مخلفات المصانع والمنازل والأراضي الزراعية على طول الانهر مما اثرت في نوعية المياه.

وذكر AL-Mayah (2018) ان هنالك عدة مؤثرات مختلفة الاشكال تؤثر في نوعية مياه الانهار في العراق بفعل الفعاليات البشرية مثل مخلفات الصرف الصحي ومخلفات المدن والمصانع والمعامل إذ تتدفق على مجاري الانهار بدون أي معالجة وكذلك ان عمليات ادارة الموارد المائية غير صحيحة، كما يجدر الاشارة الى ان الاستعمال غير صحيح للأسمدة وازادتها بكميات غير مدروسة للمحاصيل تسهم بشكل غير مباشر في رداءة نوعية المياه.

وبين داوود (2022) ان المؤشرات الفيزيوكيميائية والبيولوجية تعد من ضمن اهم المؤثرات لتحديد نوعية المياه الناتجة من مخلفات الصرف الصحي وفعاليات استخدام الاراضي الزراعية من قبل الانسان ومن اهم هذه المؤشرات : درجة الحرارة ونسبة الاوكسجين المذاب ومقياس العكارة للمياه ومخلفات المصانع الثقيلة. في السنوات الاخيرة تم الاعتماد على عدة تصانيف لغرض تصنيف نوعية

المياه وعلى سبيل المثال تصنيف منظمة الغذاء والزراعة الدولية (FAO) بحسب ما ذكر في Rhoades وآخرون (1992).

## Ground Water

## 3-2 المياه الجوفية

تعرف المياه الجوفية بشكل عام على انها جميع المياه الموجودة في باطن الارض داخل التربة وبين الشقوق والفراغات وتجاويف الصخور وتخرج اما بشكل طبيعي على سطح الارض او بشكل اصطناعي (بالواسطة)، وتعمل تراكيب القشرة الارضية الحاوية على المياه الجوفية كقنوات لانتقال الماء او مستودعات لخزنها بعدها تظهر الى سطح التربة بفعل الجريان الطبيعي نتيجة لفرق المنسوب او تستخرج من قبل الانسان، كما توفر تراكيب القشرة الارضية مصادر كبيرة من الماء لسعتها في خزن المياه الجوفية (الجبوري، 2013).

وتنقسم المياه الجوفية الى نوعين، مياه متجددة تتمثل بالمياه التي تتسرب عبر الصخور بشكل طبيعي وتخزن في داخل طبقات المياه الجوفية لأجل سد النقص الذي يحصل في المياه بسبب الاستخدام البشري، اما المياه الجوفية غير المتجددة فهي التي تخزن في طبقات المياه الجوفية منذ مدة زمنية طويلة ولم يتم امدادها بالمياه الكافية لتعويض النقص الحاصل عن الاستخدام البشري لها (العبادي ووفاء، 2020).

ويوجد نوعان من الآبار، ابار حكومية تم حفرها من قبل الدولة وتكون نظامية و ابار اهلية تم حفرها من قبل اهالي القرى والارياف وذلك بسبب شحة او عدم وجود مياه سطحية في المنطقة إذ للمياه الجوفية اهمية بالغة في سقي مزارع الفلاحين وشرب المواشي (الحيالي، 2022).

وتعد السواقط من اهم المصادر الاساسية التي تجهز مكامن المياه الجوفية بالمياه، وهناك اهمية بالغة للمياه الجوفية في المناطق التي تقل فيها سقوط الامطار وعدم وجود المياه السطحية فيها، لذلك قد يتطلب زيادة الاعتناء في دراسة المياه الجوفية والتعرف على خصائصها وانواعها من إذ الكمية والعمق، وتتطلب كلفة عالية لأجل حفر الآبار (Sohail وآخرون، 2023).

وتختلف نوعية المياه الجوفية بحسب طبيعة او نوعية الصخور واعماقها المتباينة فضلا عن خصائصها الكيميائية والفيزيائية التي لها دور في اذابة بعض المعادن او الاملاح فيها، اذ تتواجد المياه الجوفية في داخل المسامات الصخرية المتصلبة والترسبات غير المتصلبة وعادة ما تكون حركة المياه الجوفية بطيئة الى اقصى حد على العكس من ترسبات الحصى والكهوف والشقوق التي تكون مساماتها كبيرة تكون حركة المياه الجوفية فيها سريعة (الخشاب وآخرون،1983).

ونظرا للشحة المائية في البلد بسبب التغيرات المناخية نتيجة لقلّة سقوط الامطار في السنوات الاخيرة أدى ذلك الى انخفاض مستويات نهري دجلة والفرات وزاد الطلب على المياه الجوفية وازداد حفر الآبار في العراق لتلبية احتياجات الشرب والري (Jawad و Nassif، 2013).

ان ازدياد الاهتمام البالغ بالمياه الجوفية أسهم بإجراء العديد من الدراسات على خصائص المياه الجوفية ومكانها ونوعياتها واسباب تلوثها في عدة مناطق متباينة من العراق من طريق اجراء التحليلات المطلوبة الكيميائية والفيزيائية ومراقبة نوعية هذه المياه وكمياتها بشكل دوري بوصفها المورد الثاني للمياه في البلد. ومن اهم الدراسات التي اجريت قيام الحياي (2010) بدراسة المياه الجوفية داخل مدينة الموصل وضواحيها في محافظة نينوى، و هدفت هذه الدراسة الى تحديد نوعية مياه الآبار من اجراء التحاليل الكيميائية والفيزيائية، فضلا عن تحديد مدى صلاحية هذه المياه لغرض الاستخدامات المختلفة، وقد اختيرت ست عشرة بئرا وجمعت نماذج المياه على مدى اربعة اشهر ابتداء من شهر نيسان لغاية شهر تموز، وقد اظهرت نتائج الدراسة ان نوعية المياه كانت عسرة الى عسرة جدا واعتبرت غير صالحة للشرب وللأغراض الصناعية بحسب المواصفات العالمية لأنظمة الري وصنفت اغلب مياه هذه الآبار ضمن C3S1, C4S1 وكانت نسبة الصوديوم في جميع الآبار اقل من 70%.

بين القره غولي (2014) ان ادخال التقنيات الحديثة (نظم المعلومات الجغرافية) مع البيانات المقاسة تكون ذات اهمية في تقدير ملوثات المياه الجوفية وتحديد التوزيع المكاني لها وتعد هذه التقنية تغييراً من الاسلوب التقليدي الحالي الى الاساليب التقنية الحديثة، وذلك من طريق انشاء قاعدة بيانات جغرافية للخصائص الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية للمياه الجوفية وتمكننا من تقييم النتائج وتحليلها باعتماد نظم المعلومات الجغرافية (GIS).

واجرى حاشوش وآخرون (2015) دراسة طبيعة الخصائص الكيميائية والفيزيائية للمياه الجوفية في قضاء الشطرة - محافظة ذي قار، و تم الاعتماد في هذه الدراسة على تحليل تراكيز الايونات الموجبة والسالبة وتراكيز مجموع الاملاح الذائبة وقيم الاس الهيدروجيني pH والايصالية الكهربائية فضلاً عن العسرة الكلية ونسبة امتزاز الصوديوم وقد تمت نمذجة البيانات من ادوات التحليل المكاني لنظم المعلومات الجغرافية (GIS)، كما توصل الى ان المياه غير صالحة لشرب الانسان وغير صالحة لري المزروعات باستثناء النباتات المقاومة للملوحة وبحسب المواصفات العالمية.

وتناولت دراسة اجراها عبد الجليل والخفاجي (2016) للمياه الجوفية لتسع ابار في غرب العراق تحديداً لمدينة الفلوجة وبينت نتائج دراستهم ان مياه الآبار غير صالحة للشرب، و اظهرت ان هنالك فروقات قليلة في درجات حرارة مياه الآبار وان قيم كل من  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Na^+$ ,  $SO_4$ , EC, TDS كانت مرتفعة في معظم مياه الآبار، وان مدى التغير في قيم pH متقاربة والسبب يعود الى كون السعة التنظيمية "Buffering Capacity" للمياه الجوفية عالية بسبب احتوائها على مركبات البيكربونات.

وتضمنت دراسة قام بها الياسري (2016) لتحديد مدى تلوث المياه الجوفية في بعض المناطق الممتدة بين جدول الكفل وشط الهندية، و هدفت الدراسة لتوضيح تأثير المخلفات الزراعية والبشرية على تلوث المياه الجوفية في المنطقة وتقييم صلاحيتها للاستخدامات الاخرى واعتمدت هذه الدراسة على جمع وتحليل خمسة نماذج للمياه الجوفية ضمن المنطقة المحددة بين جدول الكفل وشط الهندية واستنتج من هذه الدراسة أن نماذج المياه كانت غير ملوثة وصالحة للاستخدام اعتماداً على عشرة عوامل كيميائية وفيزيائية.

وقامت أخشيف (2016) بدراسة المياه الجوفية في محافظة واسط وسبل استثمار الخصائص العامة للآبار من إذ اعماقها ومناسبتها الثابتة والمتحركة والتصريف (انتاجية البئر) لأجل تصنيف تلك المياه حسب صلاحيتها للأغراض الزراعية والبشرية من طريق قياس تراكيز العناصر الكيميائية فيها ومقارنتها مع الحدود الحرجة للمعايير العالمية.

واجريت دراسة قام بها Mohammed (2016) لتقييم بعض المعادن الثقيلة وقسم من المعايير الفيزيوكيميائية والبيولوجية للمياه الجوفية في جنوب محافظة النجف الاشراف لدراسة 20 بئراً لغرض

تقييم مستويات العناصر الثقيلة (Cu,Cd,Co,Cr,Pb,Zn,Fe,Mn)، و اوضحت الدراسة وجود اختلافات كبيرة في تراكيز العناصر الثقيلة لكل من المنغنيز والحديد والكروم والنحاس والزنك وبصورة اعلى من الحدود المسموح بها من قبل منظمة الصحة العالمية لمعايير شرب المياه وتشير النتائج الى إمكانية استعمال مياه الآبار للري فقط.

وجد حسين (2018) عند تقييم صلاحية المياه الجوفية في بادية السماوة ان مياه الآبار كانت غير مطابقة لمعايير منظمة الصحة العالمية (WHO) والمعايير العراقية، وفسر ذلك ان نسب كل من الاملاح الذائبة TDS و قيم الايصالية الكهربائية EC وقيم الأيونات السالبة والموجبة (الكبريتات والكلوريد والصوديوم Na والمغنيسيوم Mg والبوتاسيوم ) كانت جميعها مرتفعة ، وقد صنف المياه بانها غير صالحة للشرب ماعدا 3 ابار كانت مياهها جيدة النوعية ومطابقة لمعايير منظمة الصحة العالمية والمعايير العراقية للاستعمالات الزراعية على العكس من بقية الآبار، اذ لم تكن صالحة للزراعة بشرط الاعتناء بالتربة.

اوضح غالي (2021) عند اجراء تحليل لموارد المياه الجوفية في شرق محافظة واسط، اذ انها كانت بحاجة للتغذية وان ادارتها امر بالغ الاهمية، ويتم ذلك من طريق تقدير التغذية الموسمية والسنوية للمياه الجوفية في المنطقة، وضرورة القيام بتطوير نموذج رياضي للخران الجوفي العلوي لنمذجة تدفق المياه الجوفية.

وبينت كاكي (2022) من بحثها التحليل الهيدرولوجي للمياه الجوفية في شرق محافظة واسط باستخدام نظم المعلومات الجغرافية عند دراسة خمسة عشر نمودجا لمياه الآبار من عدة مواقع مختلفة من المحافظة، اذ لوحظ انتشار التركيز الملحي والنترات في المياه الجوفية للمكمن المفتوح فضلا عن انتشار التراكيز الملحية فقط في مياه المكمن المحصور، وقد اعتمدت نماذج التحليل على مكتب المسح الجيولوجي في محافظة واسط لأجل الحصول على نتائج التحليل للعينات، واطهرت هذه النتائج انتشار التلوث الهيدروكيميائي بالملوحة وايون النترات في المياه السطحية في نهر كلال بدره وترساخ والشهابي ايضا، اذ إستنتجت ان تركيز ايون النترات في مياه النهر عند دخوله الاراضي العراقية يرتفع وبعدها ينخفض تدريجيا باتجاه منطقة اسفل الوادي، وكذلك ان ارتفاع تركيز الملوحة والذي يحتمل ان يتأثر بالبيئة الزراعية والجيولوجية داخل الاراضي العراقية والايروانية.

وبينت العطايفي (2023) عند دراستها لإعداد خرائط التحليل الهيدروولوجي والطبوغرافي لمنطقة شرق محافظة واسط باستعمال نظم المعلومات الجغرافية GIS، باختبار 28 بئراً لجمع عينات المياه لأجل دراسة خصائص مياه الآبار، و توصلت الدراسة الى ان هذه الآبار كانت غير صالحة لشرب الانسان، ويعود السبب الى ارتفاع نسب تراكيز الاملاح والعناصر الرئيسية فيها، صنفت هذه المياه ضمن الصنف الفقير جدا C3S4 والفقير C4S4 ، ومن الناحية الزراعية استخدامها ينحصر فقط للنباتات المقاومة للملوحة العالية.

#### 4-2 تقييم نوعية المياه الجوفية Groundwater quality assessment

لأجل الحفاظ على صحة الانسان والتربة والنبات والاحياء الأخرى من التغيرات التي تحدث في نوعية المياه والتحكم بها بأسلوب إدارة يتلاءم مع المتغيرات يستوجب اجراء تقييم دوري ومنتظم لنوعية المياه سواء كانت مياهًا سطحية او مياهًا جوفية (Matsuo وآخرون، 2015) و (Shukla، 2017).

وتعد الانشطة البشرية من اهم المسببات الرئيسية لتلوث المياه الجوفية والتي تجعل نوعية المياه غير صالحة للاستعمال البشري (العبدلي وآخرون، 2020). اذ ان المياه الجوفية تمثل مورداً من الموارد الطبيعية المهمة، فاذا لم يتم استغلالها بصورة صحيحة وعقلانية وعدم الاهتمام بحمايتها من مصادر التلوث فسيؤدي ذلك الى سوء رداؤها ونوعيتها ومن ثم يؤثر بشكل سلبي في الموارد الاقتصادية والبيئية (WHO، 2011).

واعتمد البعض في جودة المياه بصورة أساسية على الطعم والنقاء والرائحة والصفات الحسية الأخرى التي تجعله صالحاً للشرب، لكن هناك صفات اهم منها على سبيل المثال، انها يجب ان لا تحتوي على نسبة من الاملاح الذائبة وان المياه الجوفية تكون مثل المياه السطحية تحتوي على احياء مجهرية ومواد عضوية وغير عضوية، الا ان الماء الجوفي يميل الى ان يكون أكثر عسراً من الماء السطحي، إذ ان الملوحة تزداد مع العمق، كما ان العوامل الرئيسية المؤثرة في نوعية وجودة المياه الجوفية تنحصر في تركيب ونوعية الطبقات الجيولوجيا الحاملة للمياه (داوود، 2022)، اذ ان في المناطق الرطبة تكون تغذية المياه الجوفية مستمرة من الطبقات نتيجة الامطار المستمرة كما تمتاز

بجودة عالية للمياه الجوفية، على حين تمتاز في المناطق الجافة بتدني جودة المياه الجوفية نتيجة الى ندرة الامطار (الخطيب، 2012).

يتم تصنيف المياه الجوفية بحسب صلاحيتها للأغراض الزراعية والبشرية بقياس تراكيز العناصر الكيميائية فيها ومقارنتها مع الحدود الحرجة للمعايير الدولية لتركيز هذه العناصر لمعايير منظمة الصحة العالمية WHO والمعايير الكندية والمعايير العراقية.

## 5-2 خصائص المياه الجوفية Groundwater properties

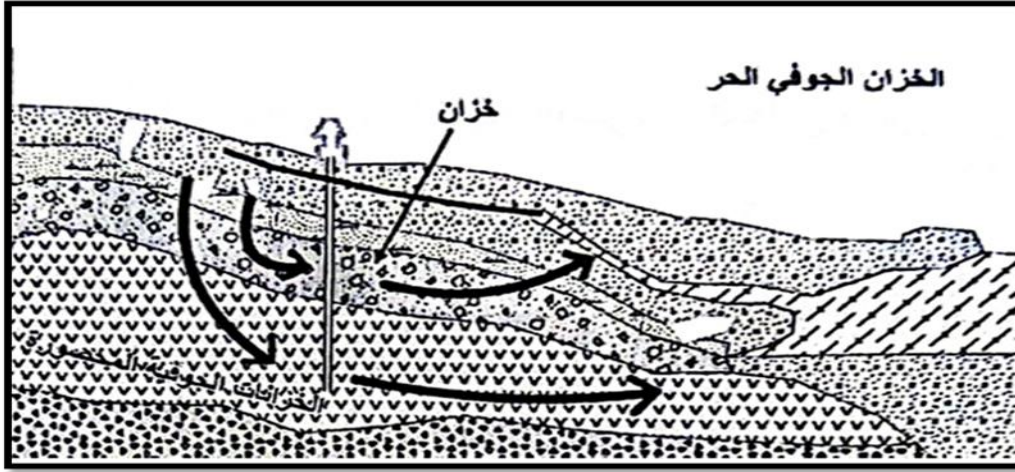
ان المياه التي تقع تحت سطح الارض داخل طبقات الصخور تدعى بالمياه الجوفية، ويمكن الحصول عليها اما بحفر الآبار او الإنفاق او تتدفق بشكل طبيعي الى سطح التربة بواسطة النز او على شكل ينابيع (Karandish وآخرون، 2025).

ومعظم المياه الجوفية تتكون بفعل رشح المياه التي تتواجد فوق سطح التربة الى الأسفل ويشترط ان تكون الصخور تحت السطحية ذات نفاذية عالية بما يكفي لنقل هذه المياه، اما سرعة الرشح فيجب ان تكون كافية لأجل اشباع سمك معين من الصخور (الجبوري، 2013).

وحركة المياه الجوفية تكون بطيئة الى ابعد الحدود وفي اغلب الأحيان، تكون اقل من 10 م سنة<sup>-1</sup> في مسامات الصخور المتصلبة والترسبات غير المتصلبة، بينما تكون حركة هذه المياه أكثر سرعة إذا كانت تتواجد بين الشقوق الكبيرة التي تنتج عن الازابة وفي الكهوف والترسبات الحصوية، وتتواجد هذه المياه بين الصخور المسامية التي تمتلك نفاذية عالية Highly Porous and Permeable rocks وتعرف باسم الصخور المخزنة (Reservoir Rocks) ، اما بالنسبة الى التركيب العام المكون من هذه الصخور الخازنة والذي يحتوي على كمية معينة ومحددة من المياه الجوفية في منطقة معينة فقد اطلق عليها تسمية مكنن المياه الجوفية (Reservoir Ground Water) او الحشرج (الصحاف، 1985) وهنالك عدة تقسيمات لمكامن المياه الجوفية فقد تم تقسيمها بالاعتماد على مستوى المياه الموجودة وموقع الطبقات الصماء و على النحو الآتي:

## 1 - المكمن الجوفي الحر Unconfined Aquifer

يمتاز هذا النوع من المكامن بوجود طبقة صماء أسفله، اما من الاعلى فيكون مفتوحاً ومتصلاً اتصالاً مباشراً بالضغط الجوي، وهذا الاتصال يكون له صلة وثيقة بطبقات التربة وخصائصها ويتأثر بصورة أساسية بماء الري والامطار، اذ يحده من الاعلى منسوب الماء الارضي (هاشم، 2012) ويتم تغذية هذه المكامن من سطح التربة نزولاً الى المكمن بالاعتماد على خصائص مسامات طبقات التربة والرشح العميق، وفي الغالب يحدث تذبذب في مستوى المياه في هذه المكامن، و يعود السبب الى اختلاف الضغط الجوي لكونها من النوع المفتوح وبسبب تغير كمية المياه التي تنفذ اليها كما في شكل (1)، وهذا النوع من المكمن يتواجد بالقرب من سطح الارض إذ ان قيمة الضغط الهيدروليكي فيه يقارب قيمة الضغط الجوي (Adil, 2001).

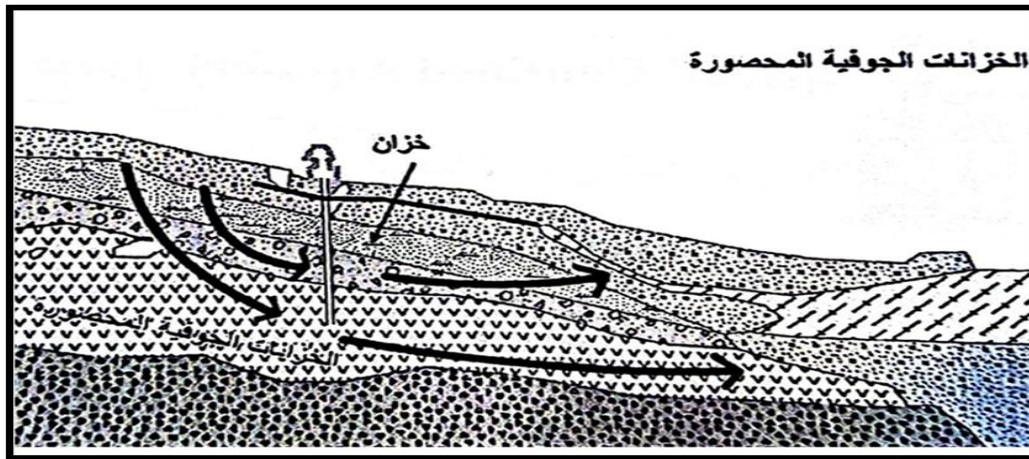


شكل (1) تمثل الخزان الجوفي الحر للمياه (الجبوري، 2013)

## 2- المكمن الجوفي المحصور Confined Aquifer

يتكون هذا النوع من الخزانات من طبقات صماء غير نافذة للمياه تحده من الأعلى، بينما تحده من الاسفل الطبقات الحاملة للمياه، إذ تكون المياه تحت ضغط كبير داخل الخزان ومنعزلة عن الماء السطحي، ان مصدر هذه المياه بعيد جداً فقد تكون من الجبال، فإذا كان الضغط البيزومتري لهذه الطبقات اعلى من سطح الارض عندها يسمى بخزان ارتوازي (Artesian Aquifer)(هاشم، 2012)، اما سمك هذا النوع من المكامن فيكون محدداً ومشبعاً بالمياه والضغط الهيدروليكي اعلى من الضغط الجوي وبالتالي يرتفع مستوى الماء في البئر الى مستوى الطبقة الحاملة للماء الجوفي ليصل الى اعلى مستوى المكمن المحصور كما في الشكل (2) وعندها يسمى مستوى الماء بعد ارتفاعه

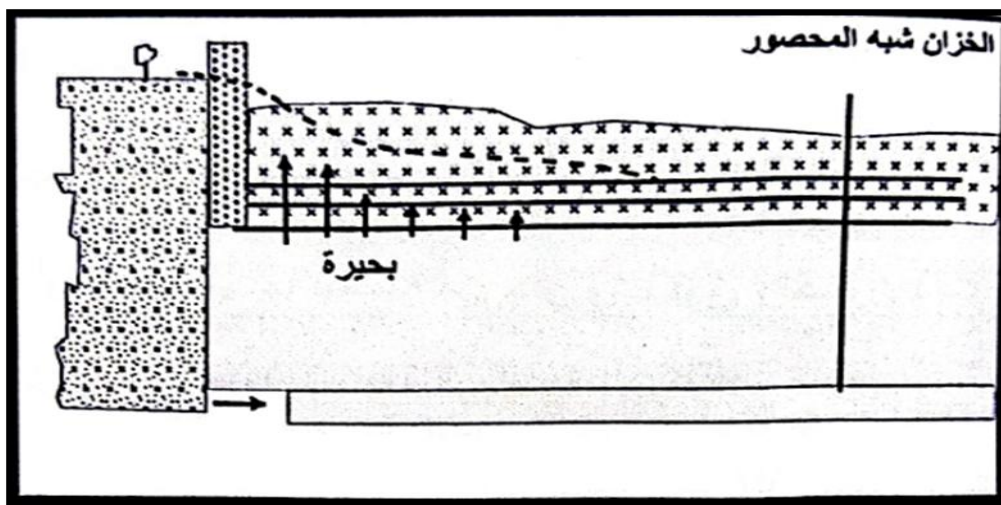
بالمنسوب البيزومتري (Piezometric Level) والمقصود بالضغط البيزومتري هو عبارة عن منسوب وهمي يتفق مع الضغط الهيدروليكي للمياه في التكوين المائي، فإذا كان مستوى هذا المنسوب اعلى من سطح الارض فأن هذه ابار ارتوازية ( المرعاوي، 2012).



الشكل (2) المكنم الجوفي المحصور (الجبوري 2013)

### 3- المكنم الجوفي شبه المحصور semi-confined aquifer

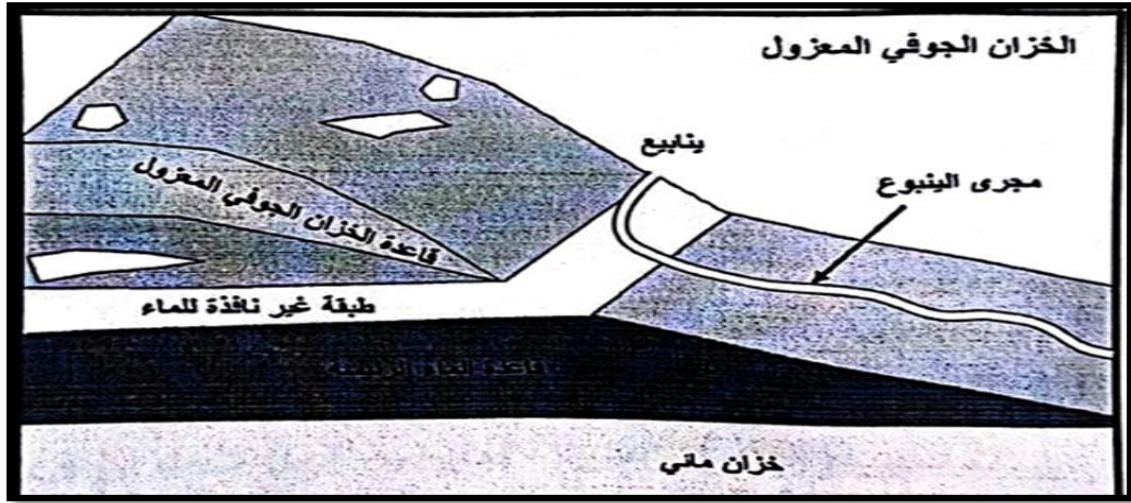
يكون هذا النوع من الخزانات مشابهاً للخزان الجوفي المحصور إذ تكون إحدى الطبقات التي تحده اما من الاعلى او من الاسفل وتكون نفاذيته قليلة جداً ومنه يتم تسرب المياه الى الطبقات الخارجية او اليها، ويعرف احيانا (Leaky) (هاشم، 2012). كما في الشكل (3)



الشكل (3) المكنم الجوفي شبه المحصور (الجبوري، 2013)

#### 4- المكنم الجوفي المنعزل Perched Water

يتكون هذا النوع من الخزانات بفعل التراكمات الجيولوجية، إذ إنه يتكون نتيجة للارتفاعات والانخفاضات في الطبقات غير النفاذة، وعند حصول الانخفاضات تنحصر المياه الجوفية وهذه الحالة يكون هذا الخزان محدوداً وغير متصل بالخزانات الأخرى، إن مصدر هذا الخزان إما سطحياً أو نتيجة التسرب البطيء من الخزانات التي تحته (هاشم، 2012) ويكون المكنم المعزول أكثر عرضة للتلوث من المصادر السطحية مقارنة بالأنواع الأخرى من المكنم كما في الشكل (4).



الشكل (4) المكنم الجوفي المنعزل (الجبوري، 2013)

#### Groundwater Levels

#### 2-6 مناسيب المياه الجوفية

تتباين مناسيب المياه الجوفية بحسب سعة الخزان الجوفي، إذ يعود هذا التباين إلى طبيعة السطح في المنطقة المحيطة سواء من التربة والصخور فضلاً عن الطبقات الخازنة للمياه الجوفية، كما تختلف أعماق وابعاد المياه الجوفية عن سطح الأرض تبعاً لطبيعة المظهر الطبوغرافي العام، فضلاً عن تأثير القرب والبعد عن مصادر التغذية بالمياه السطحية، أما بالنسبة لدور العامل البشري فيتمثل بعمليات الحفر المتزايد للآبار، إذ إن استمرار عمليات الضخ واستهلاك كميات كبيرة تتجاوز الإيرادات الطبيعية للمياه يؤدي إلى انخفاض منسوب المياه الجوفية (الدوري، 2013). كما إن المصدر الأساسي لتغذية المياه الجوفية هي الأمطار الساقطة في فصل الشتاء إذ يرتفع منسوب الماء الجوفي وينخفض في فصل الصيف و يؤدي جفاف المنطقة إلى انحسار الماء الجوفي بفعل عمليات الارواء (Boo وآخرون، 2024).

كما توجد بعض الاصطلاحات التي ترتبط مع مناسيب المياه الجوفية في الأرض وهي: -

### 2-6-1 منسوب الماء الجوفي المستقر او الثابت Stable Groundwater Level

يُعرف منسوب الماء الجوفي المستقر (الثابت) بأنه عبارة عن مستوى تستقر عنده المياه الجوفية في الآبار إذ يتعادل فيه الضغط الجوي مع الضغط الهيدروليكي (Hydraulic Pressure) والمقصود به الضغط الذي تسببه الموائع المتواجدة في أماكن معينة وبالأخص ضغط الماء (Xie وآخرون، 2022).

### 2-6-2 منسوب الماء الجوفي المتغير او المتحرك Variable Groundwater Level

يُعرف منسوب الماء الجوفي المتغير (المتحرك) بأنه عبارة عن مستوى يتغير بعد سحب المياه الجوفية من البئر ويستقر عند مستوى معين (Wei وآخرون، 2024) ويقصد بالمنسوب المتحرك وضع الماء في البئر في حالة تشغيل المضخة، إذ يلاحظ أن هذا المنسوب يتعرض بصورة مستمرة للانخفاض عند استمرار عمليات الضخ وسحب الماء حتى حدوث ما يسمى استنفاد المخروط (الزبيدي، 2011).

### 2-6-3 الطاقة الانتاجية (التصريف) Production Capacity\Discharge

تُعرف الطاقة الانتاجية بأنها عبارة عن كمية المياه المتدفقة من الآبار سواء بالطرق الآلية (الضخ) او التدفق الذاتي وان عملية التدفق في منطقة الدراسة تقاس بوحدة لتر<sup>-1</sup>ثا، إذ أن للعوامل الطبيعية دوراً في اختلاف كميات انتاجية الآبار في منطقة الدراسة، وتعتمد انتاجية اي بئر من الآبار على الصفات الصخرية للمكمن الجوفي من المسامية والنفاذية (الساعدي واخرون، 2023).

## 2-7 الصفات الهيدرولوجية لنظم المياه الجوفية

### (Hydrological Characteristics of Ground Water Systems)

يعتمد نظام المياه الجوفية على وجود كمية الماء الجوفي من حيث الموقع وعوامل اخرى كالمناخ وعوامل تكوين التربة وهيدرولوجية وجيولوجية وطبوغرافية المنطقة وعوامل بيئية كلها تتداخل بعضها مع بعض مكونة النظام الحركي للمياه، ونتيجة لهذا التداخل فأنها تعطي فكرة واضحة عن

حركة النظام، واصبح من الممكن تقييم دراسة هذه العوامل المشار اليها وعلاقة هذه العوامل فيما بينها لأجل تقييم المياه الجوفية واستثمارها، ومن المفترض أنه يجب النظر الى هذا النظام على انه نظام حركي (Dynamic System) إذ يقوم بامتصاص الماء من سطح الارض ومن ثم يعود الماء الى السطح نفسه (Hao وآخرون، 2025).

ان مستوى المياه الجوفية وكميتها ونوعيتها قابل للتغير عبر مرور السنوات، كما ان التغيرات الحاصلة في الوصفيات المائية الجوية تؤثر بالماء الجوفي وقريبة الصلة بالنظام المائي في اليابسة، ان العوامل المناخية تعتبر هي المتحكمة في هذا النظام بالأخص كميات تساقط الامطار، ففي السنوات الرطبة والتي تزداد فيها الامطار نجد مستوى المياه الجوفية يبدأ بالارتفاع، اما في سنوات الجفاف فيبدأ مستوى المياه بالانخفاض بسبب قلة سقوط الأمطار (Kuang وآخرون، 2024).

يتكون نظام المياه الجوفية في اي مكان من سطح الارض من طبقات حاملة للماء (Aquifers) وطبقات عازلة فيما بينها (Confining beds) كمثل هذا النظام يحقق هدفين الاول: يعد وسيطاً لنقل المياه من منطقة التغذية الى منطقة التصريف والثاني: خزن واحتفاظ بالمياه الى اقصى حد ممكن في داخل المسامات ولهذا يعد نظام المياه الجوفية خزاناً مائياً وقناة مائية في الوقت نفسه (Alharbi وآخرون، 2021).

واشار مقدار (1999) هنالك ثلاث طبقات التي تتحكم بالمياه الجوفية بكميات متفاوتة:

1. الطبقات الحاملة للمياه (Aquifer) وهي الطبقات التي تتميز بنفاذية عالية ونقل جيد للمياه، وتصبح الطبقات مشبعة بالماء إذا توفرت ظروف الترشيح، فهي تتألف على الاغلب من عدة انواع متباينة من الصخور الرسوبية وبخاصة الصخور الرملية.
2. الطبقات الصخرية ذات مسامية ونفاذية قليلة وهي الطبقات الصخرية ذات قابلية واطئة للاحتفاظ بالمياه وتدعى (Aqniclude) وتتألف هذه الطبقات من حجر الطفل (Shale) او الطين او معاً.
3. الطبقات الارضية كثيمة ذات المسامية الدقيقة جداً او تكون معدومة حركة المياه وذات قدرة محدودة جداً وتسمى (Aquifuge).

تعتمد حركة المياه الجوفية وسرعتها على طبيعة الصخور من حيث النفاذية والانحدار الهيدروليكي، الذي هو حاصل قسمة الارتفاع بين نقطتين من الماء على المسافة بينهما، إذ إن حركة المياه الجوفية إما تكون بصورة مستمرة أو غير مستمرة إلا إن سرعة المواجهة للجريان لا تتأثر ولا تتغير مع الزمن (Majumder، 2024).

تحديد اتجاه حركة المياه الجوفية تعتمد على الظروف الهيدرولوجية والتركيبية، وهي لها دور أساسي في حركة هذه المياه في الوسط المسامي، فضلاً عن عوامل الطبوغرافية والانحدار الهيدروليكي يعتمد على مستويات الاجهادات المائية من المكامن الجوفية، وكذلك تعتمد على الانحدار الطبوغرافي إذ تكون حركة المياه من مناطق عالية الارتفاعات باتجاه مناطق منخفضة الارتفاعات أي منبسطة وتتخذ حينها مجريين إما تكون دائمية كالأنهار أو موسمية كالوديان (ارزوقي، 2008).

مسامية الصخور وطبيعتها تؤثر في نوعية المياه الجوفية، فحين تسرب المياه السطحية في الأسفل داخل الطبقات حيث تذيب في مسارها بعض اجزاء الصخور والاملاح التي يمكن ان تصادفها، وتتوقف سرعة الذوبان بحسب نوعية الصخور وكمية ونوعية الاملاح وكذلك على ما تحويه من غازات، إذ تختلف كمية ونوعية الاملاح في المياه الجوفية من مكان الى اخر (الجبوري، 2012). ان حركة المياه الجوفية تتأثر بعدة متغيرات أهمها:

- 1) الطبقات الصخرية المنحدرة الحاوية على المياه.
- 2) التراكيب الجيولوجية كالصدوع، الفواصل، الشقوق، واتجاهات محاور التحدب.
- 3) المسامية الصخرية وقدرتها على الانفاذ.

ويعبر عن هذه الحركة والتي تكون متخذة اتجاهين ما يسمى بقانون دارسي إذ ينص على ان معدل حركة المياه يتناسب طردياً مع فرق ارتفاع الضغط ويتناسب عكسياً مع طول مسافة الانسياب.

## Vertical Movement 1-8-2 الحركة العمودية

تكون الحركة العمودية اما حركة صاعدة نحو الاعلى وتوجد هذه في مناطق التصريف (Discharge Area) او تكون هابطة نحو الاسفل وتوجد هذه في مناطق إعادة الشحن او التغذية (Recharge Area).

## Horizontal Movement 2-8-2 الحركة الأفقية

تدعى الحركة الأفقية احيانا بالحركة الجانبية (Lateral Flow) إذ تكون هذه الحركة اهم من الحركة العمودية وذلك لما لها من تأثير في اختلاف كمية ونوعية المياه من منطقة الى اخرى.

## Groundwater Pollution 9-2 تلوث المياه الجوفية

تخضع المياه الجوفية للكثير من التغيرات بناءً على موقعها الجغرافي وحجم البئر والتغيرات المناخية، والتي تؤثر في حركتها، اذ كلما كانت الحركة بطيئة زاد التلامس بين الصخور والماء، ومن ثم يزداد تركيز المواد الذائبة في المياه الجوفية (السعدي وآخرون، 2017).

وتعاني مصادر المياه من مشاكل الندرة والاستنزاف، فضلا ان للتلوث اشكالا متعددة، اذ أصبح تلوث المياه أحد أكبر الازمات لذلك يستوجب علينا اعتماد مؤشرات جودة المياه لأجل تحسين نوعية المياه (Talabi و Kayode، 2019). كذلك من اهم مصادر تلوث المياه الجوفية غير مباشرة هي الملوثات الناتجة عن الانشطة الزراعية إذ تعد المبيدات الزراعية والحشرية ومخلفات الحيوانات ملوثات المياه الجوفية باستخدام الاسمدة بأنواعها بطريقة عشوائية فتتلوث المياه الجوفية نتيجة لتأثير زيادة المواد الضارة مثل النتروجين والكلوريد وغيرها (Bob وآخرون، 2016)، فضلا عن الملوثات الناتجة من النشاط السكني في مواقع الطمر والردم، والتسرب من صهاريج التخزين عند التخلص من الفضلات. نظام التخلص من الفضلات وتسرب المواد الكيميائية يمكن ان يشكل مصدرا للكثير من الملوثات، مثل الفيروسات والبكتيريا والنترات والمواد العضوية وان المياه المستخدمة في المنازل والتي تدخل نظام الصرف الصحي او نظام التخلص من الفضلات (Septic System)، تحتوي على الكثير من الملوثات، مثل المنظفات المستخدمة في عمليات الغسيل والمركبات العضوية والبكتيريا الممرضة (Kacholi و Sahu، 2018).

ويمكن ان تسبب ملوثات المصانع والمعامل في إطلاق مركبات ومواد كيميائية في مصادر المياه الجوفية على شكل نواتج ثانوية للعمليات الصناعية بسبب قرب الآبار من المصانع والمعامل، فضلاً عن ان العديد من الدول النامية لا تقوم بالمعالجة الجيدة للفضلات والتسرب من صهاريج تخزين المنتجات النفطية يعد تلوثاً صناعياً سواء كانت فوق او تحت سطح الارض، واحتمالية حدوث تآكل الانابيب وبالتالي ينتج الأحماض والمواد الكيميائية التي تؤدي الى تلوث المياه الجوفية، كما ان النشاط التعدين واستخراج المعادن ايضا يعد تلوثاً للمياه الجوفية (المهناوي، 2023).

ويعتقد الكثير من العلماء ان مياه الآبار المستخدمة في الري قد تلوثت بفعل تجميع مخلفات الصرف الصحي (Septic System) والجريان السطحي الذي يحمل المبيدات والاسمدة وهذا الامر لن يقتصر على المياه الجوفية وحده بل سوف يتعداه الى المياه السطحية (الخطيب، 2012)، وقد اعلنت منظمة حماية البيئة الامريكية USEPA (2007) ان المسبب الاول لتلوث المياه الجوفية هو الزراعة.

## 10-2 الماء الارضي Water Table

عرفت المياه الارضية بانها عبارة عن مياه تكونت بفعل الري وتتواجد في مسامات التربة القريبة من سطح التربة، اذ لا تخلو من الاملاح، اذ تكون فيها نسبة الاملاح مرتفعة جداً، عندما تكون قريبة من سطح التربة فأنها ترتفع من طريق الخاصية الشعرية وتتبخر على سطح التربة تاركة املاحاً وبمرور الزمن تتجمع هذه الاملاح في التربة وتزيد من ملوحتها، كما تعد دراسة نوعية المياه الارضية وربطها بالمياه الجوفية امراً بالغ الأهمية وذلك لكون الماء الأرضي يسهم برفد المياه الجوفية بالمياه والاملاح والملوثات فضلاً عن دوره في تغيير نوعية المياه الجوفية وخاصة في الاراضي التي تكون فيها تراكيز الاملاح مرتفعة (الزبيدي، 2014).

واشار Haggerty وآخرون (2023) الى ان الماء المالح يتحرك الى الاعلى في المواقع التي يكون الماء الارضي قريباً من سطح التربة وخاصة عندما تكون كمية التبخر عالية، مما يؤدي الى زيادة سرعة عملية التملح. كما يختلف الماء الارضي بحسب كميات تراكم الاملاح واختلافات الاعماق وتراكيزه الملحية، وبشكل عام ان الزيادة في اعماق المياه الارضية تقلل من ملوحة مقد التربة، وكذلك الحال عند انخفاض التراكيز الملحية فيها (Ndehedehe وآخرون، 2023).

ويعتمد مدى العلاقة بين الماء الأرضي والمياه الجوفية بالدرجة الأولى على طبيعة طبقات التربة التي تربط بين المياه الجوفية من جهة والمياه الأرضية من جهة أخرى وطبيعة خصائص الطبقات الحاملة ونوعيات المياه أيضاً، كما ان اغلب الملوثات الزراعية والصناعية كالمبيدات والاسمدة والمخلفات وغيرها تنتقل للماء الأرضي أولاً ومن ثم الى الماء الجوفي، إذ بعض الترب تحتاج الى اوقات طويلة تمتد الى عشرات السنين لكي تصل الملوثات من فيها الى المياه الجوفية (Polubarinov, 2015).

## 2-11 اهم خصائص المياه الجوفية التي يعتمد عليها في تحديد نوعيتها:

إن دراسة الصفات الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية مهمة، ومن خلالها يمكن معرفة نوعية المياه ومصادرها الصالحة للاستخدامات الزراعية والصناعية فضلاً عن أهميتها في الاستعمالات البشرية، إذ يتوقف تصنيف صلاحية المياه الجوفية على عدة عوامل منها طبيعة ومحتوى الايونات الذائبة الموجبة والسالبة والمركبات العضوية ودرجة الحرارة وملوحة المياه والرقم الهيدروجيني وغيرها (عبد الله، 2014) و يحتاج تقدير بعض خصائص المياه الجوفية الى قياسات سريعة وانية على سبيل المثال كدرجة الحرارة والرقم الهيدروجيني للمياه الجوفية بسبب تغيرها السريع مع الزمن، إذ يجب اجراء القياس والتحليل وتحديد النتائج مباشرة بعد اجراء عملية جمع العينات، بسبب انها تفقد خصائصها في حالة التأخر، وتتم عملية تحليل المياه بواسطة أجهزة وأدوات متعددة قسم منها أدوات بسيطة وقسم معقدة منها كهربائية ذاتية التحكم ومنها يدوية (صباح، 2013)، ومن اهم الخصائص في تحديد نوعية المياه الجوفية هي:

### 2-11-1 درجة الحرارة Temperature

تعد درجة الحرارة واحدة من العوامل الرئيسية والفعالة في العمليات الايضية للكائنات الحية، مثل التنفس وتفاعلات الانزيمية (السعدي، 2017)، وقد اعلنت منظمة الصحة العالمية WHO (2011) بأن المدى المثالي لدرجات حرارة المياه يتراوح بين (5-25) درجة سيليزية.

ان درجة حرارة الماء الجوفي تختلف عن درجة حرارة الماء السطحي ويعود هذا التباين الى ان المياه الجوفية ثابتة قدر الامكان ولا تتغير درجة حرارتها الا بعد مدة من الزمن، إذ كلما كانت المياه الجوفية بعيدة عن سطح الارض كان التأثير بالتقلبات الجوية قليلاً، على العكس من الطبقات القريبة

من سطح الارض فأن التأثير بدرجة حرارة الغلاف الغازي يزداد فتكون درجة حرارتها أكثر من الغلاف الجوي وذلك بسبب الفقد البطيء لدرجة حرارة المياه وتباينها بين الفصول (Riedel، 2019).

## 2-11-2 العكورة Turbidity-NTU

عُرفت العكورة بأنها حالة المياه التي يترتب عليها وجود مواد صلبة وعالقة مثل حبيبات الطين او مواد عضوية ولا عضوية عالقة ويعود السبب الى تواجد كائنات حية مجهرية ومواد غروية وبقايا من المواد العضوية والهائمات النباتية (Hamilton وآخرون، 2019). كما تعتمد شدة العكورة على تركيز وكمية المواد العالقة في الماء إذ تكون شدتها منخفضة في المياه الجوفية والمياه الراكدة (المهناوي، 2023) وأشارت منظمة الصحة العالمية WHO (2006) الى ان الحد الحرج للعكورة والذي يكون مقبولاً للمستهلكين هو 50 NTU.

## 3-11-2 الاس الهيدروجيني pH

عُرف بانه اللوغاريتم السالب لتركيز أيونات الهيدروجين في الوسط المائي او المحلول، وهو قيمة رياضية يمكن احتسابها بمعادلة لوغاريتمية وهو مقياس لدرجة حموضة او قاعدية المياه، ويكون مقياسه من 0 - 14، وقد حددت منظمة الصحة العالمية WHO (2006) القيم المسموح بها للاس الهيدروجيني، اذ تتراوح بين 6.5-8.5 إذ يمكن ان يكون صالحاً وملائماً للشرب ضمن تلك الحدود. كذلك فان في اغلب الأحيان توجد علاقة عكسية بين الحموضة والملوحة، إذ كلما ارتفعت نسبة ملوحة المياه اتجهت درجة الاس الهيدروجيني للانخفاض نحو الحموضة، اذ تتأثر بعدة عوامل منها درجة الحرارة وتراكيز ايونات الكالسيوم وتركيز ايوني البيكربونات والكربونات (كاظم، 2015).

ان قيمة الاس الهيدروجيني من اهم المؤشرات الكيميائية المهمة والتي تنعكس على بعض الخصائص المهمة، اذ تؤثر في ترسيب وجاهزية العديد من العناصر كما تؤثر بالنشاطات الاحيائية في المياه، مما يكون لها تأثير على طبيعة المياه الجوفية ونوعيتها (Al-Shihmani، 2022).

الإيصالية الكهربائية هي مقياس لمعرفة درجة الملوحة في التربة أو المياه (القريشي، 2022). وتعبر قيمة الإيصالية الكهربائية عن تركيز الأيونات الموجبة أو السالبة في المياه والتربة (نادية، 2006) وتعتمد قيم الإيصالية الكهربائية على عاملين هما درجة الحرارة أثناء القياس وتركيز الأملاح الذائبة في الماء، وذلك بسبب أنها تكون ذات تأثير مباشر على نشاط وفعالية وحركة الأيونات المختلفة (النداوي، 2010)، إذ ترتبط الإيصالية الكهربائية مع درجة الحرارة ارتباطاً طردياً، أي عند زيادة درجة حرارة المياه درجة مئوية واحدة ترتفع من قيمتها (القريشي، 2022).

**(T.H) Total Hardness****5-11-2 العسرة الكلية**

تعرف العسرة على أنها مقدار ما تحتويه المياه من أيونات الكالسيوم والمغنسيوم، فضلاً عن الأملاح القلوية مثل الباريوم والسترونتيوم وتعد العسرة الكلية أهم الخصائص التي تحدد صلاحية المياه للأغراض البشرية المختلفة (Aolito و Herman، 1985). إن العسرة من أهم المؤشرات المهمة لتحديد نوعية المياه وتكون العسرة على نوعين العسرة المؤقتة والعسرة الدائمة (Chavhan و Sangle، 2025). إن أيون الكالسيوم يتواجد في الماء العسر على شكل كربونات الكالسيوم  $CaCO_3$  أو كبريتات الكالسيوم  $CaSO_4$  (Etikala، 2020).

وبين سعد الله وآخرون (2013) أن أسباب ارتفاع تراكيز العسرة في المياه يعود إلى ارتفاع تراكيز أيونات الكالسيوم والمغنسيوم بسبب التبخر وكثرة التلوث، وكذلك مياه المجاري التي تطرح بدون معالجة والمياه المبرولة من الأراضي الزراعية.

**Total Dissolved Salts (TDS)****6-11-2 الأملاح الذائبة الكلية**

الأملاح الذائبة الكلية يعبر عنها بعدة مفاهيم منها أنها كمية الأملاح الكلية الذائبة Total Dissolved Salts، ويمكن كذلك أن يعبر عنها بالإيصالية الكهربائية (EC) Electrical Conductivity بعد تحويلها من قيمة TDS إلى قيمة Ec (Su وآخرون، 2022)، وتأتي أهميتها من أن تقدير المواد الصلبة الذائبة يعد أحد المؤشرات المهمة لقياس ملوحة المياه (الصفراوي، 2018). تمثل المواد الذائبة الكلية للمياه الجوفية مجموعة من التراكيز الكيميائية التي تكون مذابة بالمياه، كما

ان تركيز الاملاح الكلية الذائبة في المياه الجوفية منخفض ومقبول للعديد من الاستخدامات عندما يكون اقل من 1000 مليغرام لتر<sup>-1</sup> (العبيدي، 2011).

وتعتمد نوعية وتراكيز الاملاح الذائبة الكلية في المياه الجوفية على البيئة المحيطة بها واصل الحوض ونظام حركة الماء الجوفي ويتم التعبير عنها بوحدة ملي غرام لكل لتر في الماء (سعود، 2009). ان المعادن والايونات التي تذوب في الماء عند مرورها عبر التربة والصخور والانابيب المنقولة تمثل كمية املاح ذائبة، إذ يتم امتصاص الجسيمات الى الماء (KENT Health Care، 2020).

## 2-11-7 الايونات الموجبة والسالبة

يعد عنصر الكالسيوم من اهم العناصر الكيميائية التي تكون عند اذابتها ايونات ثنائية موجبة، ومن اهم المصادر الاساسية لأيون الكالسيوم في المياه الجوفية هي معادن الصخور الرسوبية والجيرية وصخور الكلس، فضلاً عن هذا العنصر في تراكيب الصخور النارية مثل معادن الفلدسبار ومعادن البيروكسين (Kudryashove وآخرون، 2021)، ويعد عنصر الكالسيوم من اهم العناصر الغذائية المهمة لصحة الانسان ويتم استخدامه بشكل كبير في المجال الزراعي لتحسين نمو النباتات وفعالية التربة، إذ يعمل على تقليل تأثير الصوديوم المضر.

ويعد عنصر المغنسيوم من العناصر المهمة والضرورية لنمو النباتات وتكوين الكلوروفيل، ويمكن ان يسبب تأثير سلبي اذا زاد عن حده على صلاحية المياه للاستخدامات المختلفة (APHA، 2017). ويتواجد ايون المغنسيوم بنسب متفاوتة ما بين الصخور النارية والصخور الرسوبية والصخور المتحولة، وعموما ان المياه الجوفية معظمها تحتوي على كميات قليلة من ايون المغنسيوم، اذ ينتج عن اذابة الصخور الحاوية على معادن الدولومايت ومعادن كربونات الكالسيوم وبعض المعادن الطينية والجيرية (Al-Subiai وآخرون، 2025).

ان اهم مصادر تواجد ايون الصوديوم في المياه الجوفية يأتي من ذوبان الاملاح قابلة للذوبان او الملح الصخري او الحجر الصفائحي والطيني فضلاً عن ان هنالك مجموعة من المعادن الحاوية على الصوديوم مثل معدن الدولومايت ومعدن الهالاييت والفلدسبار الصوديومي وهي مسؤولة عن وجوده في التكوينات الحاوية للمياه الجوفية (Arthurh، 1979). ويعد الصوديوم من أكثر العناصر القلوية

انتشاراً ويشكل حوالي 2.6% من القشرة الأرضية وهو من اهم محددات نوعية المياه ومن المحددات لجودة المياه بالطبيعة (Hem,1989).

يتواجد البوتاسيوم في المياه الجوفية من الازابة او تجوية لبعض المعادن السيليكاتية وخاصة معادن الفلدسبار البوتاسي ومعدن المايكا (البيوتايت)، كما يؤدي ترسب الجبس والكبريتات الى انطلاق تركيز عنصر البوتاسيوم في المياه الجوفية (Al-Hatmi وآخرون،2025).

ويتواجد ايون الكلوريد بوصفه أحد الايونات السالبة الأحادية الشحنة الاساسية في المياه الطبيعية، ويعطي طعماً مالحاً للمياه بالأخص إذا تواجد مترسباً كملح مع الصوديوم لتكوين ملح الطعام (الحمداني،2020). كما يتواجد الكلوريد في المياه الجوفية نتيجة ذوبان الصخور النارية والرسوبية في المياه، كذلك من المصادر الأخرى ويأتي كذلك من عمليات بزل الاراضي الزراعية (Karroum وآخرون، 2019).

وأحد مصادر ايون الكبريتات في المياه الجوفية هو نتيجة لتأكسد الكبريت وبعض الكبريتات تكون موجودة ومنتشرة في الصخور النارية والرسوبية، إذ ان رواسب المتبخرات كالجبس والانهداريت وكبريتات الصوديوم من اهم مصادر الكبريتات في المياه الجوفية، ان تراكيز الكبريتات في المياه الجوفية تتراوح ما بين (200-400) مليغرام لتر<sup>-1</sup> (Boumaiza، وآخرون 2025).

ان المصدر الرئيسي لمركبات النترات القابلة للذوبان بالمياه وفي التربة هي الاسمدة النيتروجينية، إذ تحمل هذه المركبات بعيداً من طريق الجريان السطحي في المياه الجوفية، مما يزيد تلوث المياه ويؤثر في جودة مياه الشرب (Shukla و Saxena،2020). يعد وجود النترات من اهم ملوثات المياه الجوفية في جميع انحاء العالم ويمكن ان يؤثر بشكل هائل في توفير المياه النظيفة عندما ترتفع مستويات النترات في المياه الجوفية (Wagh وآخرون،2020).

ووجد ان مصادر الكربونات والبيكاربونات في المياه الجوفية ناتج من ذوبان المواد الكربونية وثاني اوكسيد الكربون، إذ يعتمد مقدار الكربونات والبيكاربونات على مقدار ثاني اوكسيد الكربون وعلى تركيز الهيدروجين pH في المياه، إذ يتراوح تركيز الكربونات من (10-800) مليغرام لتر<sup>-1</sup> والمياه الجوفية التي يكون فيها مجموع الكربونات والبيكاربونات حوالي (500) مليغرام لتر<sup>-1</sup> يمكن

استعمالها للشرب، يعد وجود البيكاربونات في المياه الجوفية ضرورياً عند استعمال المياه للري (Hanor وآخرون، 2023).

يعد ايون الفوسفات من المغذيات ذات الجاهزية المنخفضة في الماء، وغالباً ما يكون محدداً للإنتاجية الحيوية فيها (Asadi وآخرون، 2007). كما ان المصدر الاساسي للفسفور في التربة هو صخور الفوسفات كمعدن الاباتيت وغالباً ما يتم العثور عليها على شكل مركبات متباينة والمركب يستفاد منه الكائن الحي (Rutter، 2020)، وكذلك المبيدات والاسمدة ومواد التنظيف من اهم اسباب تواجد الفوسفات بالمياه (السراج وآخرون، 2014).

## Heavy Elements

## 2-12 العناصر الثقيلة

ان مصطلح العناصر الثقيلة ليس له تعريف قياسي وبشكل عام ان العناصر الثقيلة تشمل العناصر التي تمتلك كثافة نوعية اعلى من 6 غم سم<sup>-3</sup> واعدادها الذرية اكثر من 20 كما تسمى بالعناصر النزرة (Trace Elements) وذلك بسبب انها تكون بتراكيز اقل من 100 ملغرام كغم<sup>-1</sup>، إذ تبلغ العناصر الثقيلة 38 عنصراً، تحدث سمية لبعض العناصر وتحت ظروف خاصة جدا بسبب عمليات الترسيب والامتزاز وهم الرصاص والكوبلت والكاديوم، ويعد عنصراً الرصاص والكاديوم من العناصر التي لها قابلية الامتصاص من قبل النبات، ومن ثم دخولها في السلسلة الغذائية (Zaikov وآخرون، 2017).

وعرف بعض العلماء العناصر الثقيلة بأنها تلك العناصر التي تزداد كثافتها أكثر من كثافة المياه بخمس مرات، كما تتصف بأنها ثابتة أي لا تستهلك من قبل الانسان إذ لا تدخل في السلسلة الغذائية، تبقى هذه العناصر سامة حتى لو كانت بتراكيز منخفضة لكن بعضاً من هذه العناصر مثل الحديد والنحاس والزنك والمنغنيز له اثرٌ في النظام الحيوي، والبعض الاخر منها مضره بالصحة كالزئبق والرصاص والزرنيخ والكاديوم، اما العناصر الاساسية فعندما تكون ذوات تراكيز مرتفعة عن الحد المسموح به تصبح ذوات تأثير سام (هميل وآخرون، 2016).

وتأتي اهم مصادر العناصر الثقيلة من الانشطة الصناعية وتصريف المياه الزائدة عن الاستعمالات اليومية، والانشطة الزراعية من استعمال المبيدات السامة ومن ثم كل هذه الانشطة تعد عوامل اساسية مهمة في زيادة تراكيز هذه العناصر، مما تسبب تلوثا في البيئة سواء بالتربة او المياه (عبيد، 1988)،

كما تتوافر هذه العناصر بتركيز ضئيلة جدا وكميات صغيرة تقاس في الغالب بأجزاء المليون (ppm) او اجزاء البليون (ppb) ( الغراوي،1999).

واشار Hussain (2016) الى أن التربة تعد الخزان الرئيسي للعناصر الثقيلة فضلاً عن قدرتها على الامتزاز على سطوح المعادن الطينية وتختلف حركة العناصر الثقيلة بحسب نوع التربة وبحسب نسب مفضولات التربة فيها.

وتتواجد العناصر الثقيلة بصيغ كيميائية مختلفة وكميات ضئيلة في مختلف البيئات ، إذ يمكن ان تكون بصيغة ايونية او مترسبة على الدقائق المعدنية او العضوية، كما يتأثر تواجدها وانتشارها بعدة مصادر طبيعية كالصخور وانواعها، والانشطة البشرية كالمخلفات الصناعية والعمرانية وعمليات التقيب والعمليات الزراعية وغيرها، على الرغم من ذلك فأنها تتواجد بنسب او تراكيز ضئيلة، وذلك لعدم قدرة الأنشطة البيولوجية في تحليلها، ولذلك قد تتراكم مع مرور الزمن وتسبب تأثيرات سلبية تكون ضارة وغير مرغوبة على الكائنات الحية والبيئة (فتيحة ونجوى،2022).

ان العناصر الثقيلة اساسا غير قابلة للتحليل البيولوجي على العكس من المواد العضوية، كما وان وجودها في التربة يستمر اوقاتاً طويلة وتنتج الى التراكم بالبيئة وفي داخل انسجة الكائنات الحية وهو ما يعرف بالتراكم الحيوي (Ail وآخرون،2016).

وتتواجد المعادن الثقيلة في البيئة من مصدرين اساسين، الاول مصدر طبيعي ناتج من العمليات الجيولوجية اما المصدر الثاني فيتعلق بالأنشطة البشرية (Khadidja،2017) وتتواجد داخل الصخور والمعادن في الطبيعة ويتم اطلاقها عند تجوية الصخور والمعادن وان التركيز الطبيعي للمعادن الثقيلة يختلف حسب طبيعة الصخر وموقعه وعمره والمصادر الطبيعية تشمل عمليات التجوية والتعرية والنشاط البركاني وحرائق الغابات والانبعاثات الحيوية من الغطاء النباتي (Lakhdai و Ziouchi،2014). ازداد الاهتمام في الآونة الاخيرة بالمسببات الصحية السلبية المترتبة على تراكم العناصر الثقيلة داخل التربة و عملية انتقالها الى مصادر المياه الجوفية، وخصوصا في المناطق التي تكون ذات مستوى الماء القريب من سطح الأرض والمعتمدة على تلك المياه كمصادر مخصصة للشرب، وفي السنوات العشرة الاخيرة الماضية زاد الوعي البيئي وتركزت معظم الابحاث على مصادر التلوث بالعناصر الثقيلة وتأثيرها الخطر في البيئة وحياة الانسان وبالفعل أصبح هناك اهتمام بحركة العناصر

الثقيلة في داخل التربة لأجل فهم آليات حركتها والتفاعلات التي تحصل بينها وبين التربة المحيطة بها (عبد المنعم والتركي، 2012).

تلوث المياه له عدة اسباب اهمها ان هنالك كميات هائلة من المواد الكيميائية الخطرة الحاوية على العناصر الثقيلة التي تطرح الى الانهار في العالم والسبب يعود الى النمو السكاني المضطرد عالميا والتطور الصناعي والزراعي (Islam وآخرون، 2014)، وكذلك المناطق الحضرية التي تتواجد فيها الانهار التي تعاني من مشاكل في نوعية المياه بسبب طرح الفضلات الصناعية والمنزلية غير المعالجة وبالنتيجة ترتفع مستويات العناصر الثقيلة في مياه النهر (Venugopal وآخرون، 2009؛ صديق، 2020).

واهم القضايا التي اتجه اليها الباحثون في الحقبة الاخيرة هو تلوث المياه لتقليل والحد من مخاطرها، إذ اعتبروا ان وجود العناصر الثقيلة في المياه تسبب اضراراً في صحة الكائنات الحية وخصوصاً على الانسان اذ تسبب اثاراً خطيرة في حال تجاوزها عن الحدود المسموح بها عالمياً ( ; Abdullah, 2013 Elhdad).

طبيعة مياه الانهار في العراق المتمثلة بحركتها واتجاهها وسرعتها وكمية المياه فيها له اثر كبير في التأثير على انخفاض او زيادة تراكيز العناصر الثقيلة ، إذ تتركز مستويات العناصر الثقيلة المرتفعة في المناطق الجنوبية مع اتجاه حركة مياه الانهار من الشمال الى الجنوب، مما يسهم في زيادة تراكيز العناصر الثقيلة، فقد شهدت مناطق جنوب العراق مؤشرات عالية في تلوث المياه بالعناصر الثقيلة ، اذ يرجع ذلك الى عدة عوامل منها طرح مياه المجاري بدون معالجة والانشطة الزراعية من مثل استعمال الاسمدة والمبيدات وبعض المخلفات الصناعية ومحطات توليد الطاقة الكهربائية وتسرب المشتقات النفطية في مياه الانهار الجارية والتربة، مما يؤدي الى ارتفاع مؤشرات التلوث وزيادة تراكيز العناصر الثقيلة فيها (الصباح، 2007).

وشهدت المناطق في جنوب العراق مقاييس للتلوث في المياه بسبب عدة عوامل مختلفة مثل استخدام المياه في تبريد محطات توليد الكهرباء، ونتيجة لذلك أثر سلبياً في خصائص تلك المياه وتراكيز العناصر الثقيلة (فرحان، 2020).

ويعد سلوك العناصر الثقيلة في البيئة المائية معقداً جداً، ولذلك يعود الى تواجد تلك العناصر بعدة اطوار مختلفة وهي طور غروي او دقائق وطور ذائب والذي يتواجد بمستويات واطئة مقارنة بالطور الدقائق، إذ تم الاعتماد عليه في كل المواصفات للمياه الدولية والمحلية، اذ لم يتم الاشارة الى الجزء العالق من المياه والذي يحتوي على مستويات مرتفعة من العناصر الثقيلة في الماء ( Chojnacka و Saeid، 2018).

تعتمد حركة العناصر الثقيلة بالترب على عدة عوامل منها درجة تفاعل التربة pH وطبيعة امتزاز العناصر والقوة الايونية وكمية الايونات غير العضوية التي ترتبط مثل النترات والكلوريدات والفوسفات (الغالبى، 2016)، اما الرواسب النهرية للأراضي المجاورة للمناطق المغمورة بالمياه كالأهوار، فتكون ترسباتها حاوية على غرويات معدنية وعضوية مختلفة إذ إن التكوين والاحجام والكمية ومن ثم تؤثر في طبيعة تفاعلاتها مع العناصر الثقيلة الموجودة بالترب (حسين وآخرون، 2018).

وضح AL-Mansory وآخرون (2004) في دراسة قام بها في محافظة البصرة لتحديد مستوى العناصر الثقيلة لتقويم مدى التلوث البيئي لرواسب منطقة الجزء الشمالي من شط العرب في خمسة عناصر ملوثة (الرصاص، النحاس، الكاديوم، النيكل والزنك)، بين ان منطقة الدراسة ملوثة جدا بعناصر الرصاص والكاديوم والنيكل ومعتدلة التلوث بعنصر الزنك والنحاس.

وقامت الدريساوي (2023) بتقييم حالة التلوث للتربة والمياه الأرضية ببعض العناصر الثقيلة من الغازات المنبعثة من معامل الاسفلت في محافظة واسط، واوضحت بها ان المعدل العام لتراكيز العناصر الثقيلة للرصاص والكاديوم والنيكل والكوبلت والكروم لعينات المياه المدروسة التي تبعد (500) متر عن مصدر التلوث بالجزء الجنوبي الشرقي اعلى القيم ، اذ بلغت (0.172 , 1.713, 0.229, 0.482, 0.819 ) مليغرام لتر<sup>-1</sup> على التوالي ، وقد تجاوزت الحدود المسموح بها مقارنة بمعاملة المقارنة (3000) م التي سجلت (0.172 ، 0.002 ، 0.024 ، 0.019 ، 0.001 ) مليغرام لتر<sup>-1</sup> للعناصر المذكورة على التوالي.

وقد تم وضع حدود من قبل المنظمات العالمية لتراكيز العناصر الثقيلة لمياه الشرب ومياه الري كما موضح في الجدول (1)

جدول (1) حدود تراكيز العناصر الثقيلة لمياه الشرب ومياه الري حسب المنظمات العالمية (مليغرام لتر<sup>-1</sup>)

مياه الشرب				مياه الري FAO (Duncan وآخرون، 2009)		العنصر
نظام صيانة الأنهار والمياه العمومية من التلوث (1967)	Health Canada (2014)	USEPA (2009)	WHO (2011)	على المدى القريب (> 20 سنة)	على المدى البعيد (< 20 سنة)	
—	—	0.2	0.2	20.0	5.0	الالمنيوم (Al)
0.05	0.01	0.01	0.01	2.0	0.10	الزرنيخ (As)
—	—	2.0	0.012	0.50	0.10	البريليوم (Be)
0.005	0.005	0.005	0.003	0.05	0.01	الكاديوم (Cd)
0.5	—	—	—	0.10	0.05	الكوبلت (Co)
0.1	0.05	0.10	0.05	1.0	0.10	الكروم (Cr)
0.1	1.0	1.3	2.0	5.0	0.20	النحاس (Cu)
1.0	1.5	4.0	1.2	42.0	1.0	الفلورايد (F)
0.5	0.3	0.3	0.3	10.0	0.20	الحديد (Fe)
—	—	—	—	2.5	2.5	الليثيوم (Li)
0.1	0.05	0.05	0.5	10.0	0.20	المنغنيز (Mn)
—	—	—	0.07	0.05	0.01	الموليبدنم (Mo)
0.1	—	0.1	0.07	2.0	0.20	النيكل (Ni)
0.1	0.01	0.015	0.01	5.0	2.0	الرصاص (Pb)
0.05	0.05	0.05	0.01	0.05	0.02	السيلينيوم (Se)
—	—	—	—	0.50	0.10	الفناديوم (V)
5.0	5.0	5.0	3.0	5.0	2.0	الزنك (Zn)

أكدت رزوقي (2023) اثناء دراستها للتقييم البيئي لنوعية المياه الجوفية لبعض القرى في قضاء الحمدانية في محافظة نينوى ان مياه الآبار في هذه المناطق ذات ملوحة قليلة وتميل الى القاعدية وكانت تراكيز عنصري النحاس والكاديوم فيها بحدود (0.00-0.089) مليغرام لتر<sup>-1</sup> و(0.00001-0.00787) مليغرام لتر<sup>-1</sup> على التوالي وكانت مياه الآبار لجميع مواقع الدراسة صالحة للسقي حسب المواصفات القياسية الخاصة بجودة مياه الري ولكنها غير صالحة للشرب حسب مؤشر جودة المياه (WQI).

وبينت طعمة (2024) ازدياد تراكيز العناصر الثقيلة الرصاص والكاديوم والنحاس والكوبلت والكروم في الماء الارضي واوضحت ان تراكيز العناصر الثقيلة في الاتجاه الجنوبي الشرقي من معامل الطابوق في مركز الكوت بمحافظة واسط في شهر نيسان اعلى مقارنة بشهر آب، إذ بلغت اعلى القيم في شهر نيسان 2024 وكانت 0.387، 0.209، 0.513، 0.152، 0.236 مليغرام لتر<sup>-1</sup> للعناصر الخمسة على التوالي.

## 2-12-1 النحاس Cu

يتواجد عنصر النحاس بشكل طبيعي حولنا في البيئة، وقد استخدمه الانسان على مدى واسع منذ القدم في عدة مجالات منها الصناعية والزراعية وحتى يومنا هذا، وعلى مر العقود الماضية تم زيادة انتاج النحاس لزيادة الطلب عليه وتوفره ، كما ان معدن النحاس يترسب في المياه والتربة وتبقى مركباته القابلة للذوبان هي الاكثر خطورة على الانسان وصحته مثل نترات النحاس وكبريتات النحاس وكلوريد النحاس (عبد المنعم والتركي،2012)، اما اشكال النحاس الضعيفة الذوبان فأنها تترسب في الماء المعتدل مثل كربونات النحاس وهيدروكسيدات النحاس (الحايك،2017).

تصل الحدود المسموح بها لعنصر النحاس Cu في المياه 2 ملغم لتر<sup>-1</sup> وفي التربة 2-50 ملغم كغم<sup>-1</sup>، اما في النبات 10 ملغم كغم<sup>-1</sup> مادة جافة(Rehman وآخرون،2019). فأن معادن النحاس الاساسية هي الاكاسيد مثل معدن Chalcocite ,Chalcopyrite ,Cuprite وقد يحتوي على السلفات(كبريتات) مثل معدن Azorite ومعدن Malachite ، يتوزع النحاس في القشرة الارضية بطريقة متباعدة بمعدل حوالي 50 ppm، اذ انه قد يكون متواجداً بصورة عنصر رئيسي (Rankama و Sahama,1950).

والنحاس أحد العناصر المهمة للحيوانات والنباتات، اذ لا يمكن لأي كائن حي ان تستمر عملية نموه بشكل كامل من دونه ولا يمكن ان يستبدل او يتعوض بأي عنصر اخر، وكذلك يؤثر بشكل مباشر في جسم الانسان ويسهم بعملية التمثيل الغذائي (Belabed، 2018). ويعد النحاس اساسياً لكثير من الانزيمات التي تشارك في تشكيل خضاب الدم وايضا في عملية الاكسدة ومنها CuZn (Superoxide dismutase) وانزيمات (Cytochrome) التي تؤدي دورا مهما في عملية التنفس الخلوي (Dutta& Mukat,2012; ATSDR,2004).

للنحاس عدة استخدامات منها في الزراعة يستعمل مبيدات للحشرات والفطريات والطحالب، وكذلك في صناعة الاسمدة الطرفية الحاوية على النحاس مثلا الاسمدة التالية TSP يحتوي (ppm32) MAP و (ppm32) NPK و (ppm14) AL-) Bradi et al., 2005; (Qaraqhuli,2005).

ان قابلية النحاس على الترسب في البيئة المائية تعتمد على وجود العناصر الاخرى في الوسط المائي وخصائصه، مثل درجات الحرارة وكمية الاوكسجين والعسرة ونوعية الاملاح الاخرى المذابة وان كربونات النحاس عادة تترسب في المياه العسرة وتمت ملاحظة وجود بعض العناصر الاخرى في المياه مثل الزنك والكلور الحر والكاديوم والزنك تزيد من سمية النحاس في البيئة المائية (الحايك،2017).

ان التأثيرات السلبية للنحاس على النباتات تحدث عند زيادة تراكيزه عن الحد المسموح به إذ يبطئ نمو الجذور ويسبب اصفرار الاوراق ويؤدي الى تساقطها وتشوه لونها، كذلك فإن التراكيز العالية من النحاس سوف تعمل على تدمير غشاء الخلايا وتشكيل مستويات عالية من الجذور الحرة (ROS) بسبب امتصاص النباتات لهذه التراكيز القوية في التربة، ومن ثم هناك تأثير سلبي على انتاجية المحاصيل الزراعية (الريبيعي والسماوي،2021)، وفي الجانب الزراعي تم اضافة عنصر النحاس بكميات محددة في الاسمدة مثل MAP يحتوي على 32 ppm و NPK 14 ppm و ppm 32TSP (AL-Qareqhuli,2005).

هنالك بعض الابحاث العلمية التي كشفت ان التعرض المطول لتراكيز عالية من النحاس يسبب انخفاض القدرة الذهنية للأطفال والمراهقين إذ يرافق التعرض الصناعي لأدخنة النحاس الى اصابة

الانسان بمرض يدعى حمى الدخان المعدنية ( Metal fume fever ) وتغير الأغشية المخاطية  
للأنف، التعرض المزمن للنحاس يصيب الانسان بمرض ويلسون ( Wilson disease ) وتتمثل  
اعراضه بالتليف الكبدي وتلف خلايا المخ وامراض الكلى وتراكم بالقرنية ( ATSDR,2005;  
.Barile,2010

يمكن ان يرافق التعرض المطول للنحاس التسبب في تهيج الانف والفم والعين، ويسبب الصداع  
والغثيان والاسهال وآلام المعدة، إذا تم تناوله بكميات هائلة يوميا بشكل متعمد فقد يزيد من احتمالية  
الاصابة بضمور الكلى والكبد وفي الحالات الشديدة يؤدي الى الوفاة، ولم يتم الى الان الوصول الى  
استنتاجات معينة ومحددة بخصوص ارتباط النحاس بالسرطان (US EPA،2015).

## Cd 2-12-2 الكاديوم

يتواجد عنصر الكاديوم في جميع انواع التربة طبيعيا وتتراوح كمية عنصر الكاديوم بالتربة  
بحدود 0.1-1 ملغم كغم<sup>-1</sup> ، يعتمد تواجده على عدة عوامل ومنها نوع الصخرة الام ، اذ ان محتواه  
في الصخور الرسوبية يكون اعلى من محتوى سائر الصخور ، وكذلك حسب الاعماق فالتربة  
السطحية ذات محتوى عالٍ من الكاديوم مقارنة بالتربة تحت السطحية ، ولهذا العنصر اهمية في  
المجال الزراعي إذ يدخل في تركيب بعض الاسمدة الزراعية وخاصة الاسمدة الفوسفاتية وبعض  
المبيدات ويعتبر عنصراً ساماً لجميع الكائنات الحية عند تجاوز الحد المسموح له حتى وان كان  
بكميات منخفضة، ولم يتم معرفة وظيفة عنصر الكاديوم الحيوية حتى الان (Popove و Tran,  
2013).

ان لعنصر الكاديوم العديد من الصور أهمها الجاهز القابل للامتصاص من قبل جذور النباتات  
والذي يكون بالتربة ذائباً ،اذ يتعرض الى العديد من التفاعلات منها تفاعلات الاكسدة والاختزال  
( Oxidation and Reduction ) والامتزاز ( Adsorption ) وتكون المعقدات  
(Complexation) والترسيب (Precipitation) والخلب (Chelation) وتعد الصورة الذائبة هي  
القابلة للامتصاص من قبل النبات واحياء التربة مباشرة ،ويشكل الكاديوم الذائب نسبة قليلة من  
الكاديوم الكلي، اذ يعتمد ذلك على المحتوى الكلي للتربة من الايونات الموجبة المتبادلة والمحتوى  
الرطوبي (عطية والشويمي،2017).

يعد الكاديوم عنصراً من العناصر لغير اساسية في نمو النبات ويكون ساماً عند تواجده بكميات عالية، إذ يعمل على تلف البلاستيدات الخضراء المايكوكونديريا والخلايا النباتية ويؤثر في امتصاص الحديد للنبات مما يؤثر في عملية البناء الضوئي (Zeng وآخرون، 2022)، كما يسبب Cd عند تراكمه في جسم الانسان ودخوله الى الكلية والجهاز العصبي الى اضرار والى تلف الخلايا العصبية (عبد اللطيف، 2016).

ووجود عنصر الكاديوم قليل جدا في الطبيعة إذ يبلغ متوسط وجوده في القشرة الارضية 0.16 ميكروغرام غم<sup>-1</sup> وفي التربة 0.05-0.10 ميكروغرام غم<sup>-1</sup> ، اما في مياه الانهار والمياه الجوفية فيكون اقل من 0.01 ميكروغرام لتر<sup>-1</sup>، ويتواجد ايضا في الترب الفوسفاتية والكربونية والكبريتية (الجبوري، 2016).

والكاديوم من العناصر السامة خصوصا عند تراكمه في جسم الانسان او الحيوان ويتراكم داخل انسجة وخلايا النباتات بانتقاله من التربة الى النبات من طريق الجذور، ان العدد الذري لعنصر للكاديوم 48 والوزن العنصر له 112.411 وكثافته 8.6 ميكا غرام م<sup>-3</sup> ويكون تواجده في التربة في اتحاده مع عناصر اخرى مثل الاوكسجين والكلور والكبريت إذ يتكون اوكسيد او كلوريد او كبريتيد الكاديوم وله صفات فلزية قابلة للتوصيل (عبد الجبار ومحمد، 2017).

وضحت دراسة قامت بها الحسون (2015) زيادة تركيز الكاديوم في مواقع الدراسة في هور الحمار القريبة من المنشآت النفطية ومناطق تجمع النفايات التي تصب بالأهوار لتعويض نقص المياه في موسم الجفاف وايام الصيف الحارة وقلّة تساقط الامطار، فقد اشارت الى ان متوسط تركيز الكاديوم كان بحدود 3-4 ملغم كغم<sup>-1</sup> وان هذه الحدود اعلى من الحدود العراقية المسموح بها وهي ايضا اعلى من الحدود الحرجة بحسب منظمة الصحة العالمية WHO (2011).

وذكر البصام (2011) عند دراسة الرواسب المنقولة من نهر الفرات وبالأخص الجزء الطيني ان متوسط تركيز الكاديوم بلغ 3.50 و3.70 ملغم كغم<sup>-1</sup> لموقعي الدراسة بالمقارنة مع المتوسطات العالمية لعنصر الكاديوم في الرواسب النهرية والبالغة 0.16 ملغم كغم<sup>-1</sup>، وهذا يدل على تجاوزه الحد الحرج وزيادة التلوث بالكاديوم بشكل كبير عن المتوسط العالمي نتيجة لتطور الصناعات وما تسببه من مخلفات ومطروحات ترمى في مياه الصرف الصحي.

## 3-11-2 الرصاص Pb

يعد الرصاص من العناصر الثقيلة التي تتواجد في القشرة الارضية بهيئة فلزية وبكميات قليلة بما يقارب 0.0016 %، كما يتواجد في مياه البحار بنسبة 0.000004 % ، ويكون ذا لون ازرق رمادي او فضي ، ويمتلك عدداً ذرياً يقدر 82 وكتلته الذرية 207.2 ويتواجد عنصر الرصاص بأربع حالات مؤكسدة هي  $Pb^{2+}$  ,  $Pb^{+}$  ,  $Pb^0$  ,  $Pb^{4+}$  ، كما يتواجد الرصاص في البيئة بصورة طبيعية، وذلك عندما يتحرر من الصخور الحاوية عليه نتيجة لعمليات التجوية لسنوات متعددة ،ويعد هذا العنصر من اكثر العناصر انتشاراً ويسبب ضرراً على معظم الكائنات الحية ، وتستخدم مركبات الرصاص بشكل واسع في مجالات الصناعة وخاصة في تكرير البنزين (الربيعي وآخرون،2016).

ان عنصر الرصاص من أقدم العناصر التي اكتشفها الانسان عند استخراجها للمعادن من باطن الارض(الخطيب،2008)، وقد ازداد استخدامه وذلك بسبب التطور الكبير الحاصل في العالم والانشطة البشرية كاستخدام محطات التوليد الكهربائي والاستهلاك المتزايد للوقود سواء من السيارات والصناعات المختلفة والتعدين، كما استخدم الرصاص في انتاج البطاريات المتنوعة وكذخيرة الاسلحة وفي الصناعات المعدنية مثل انابيب المجاري واللحام، واجهزة الوقاية من خطر الاشعة السينية (Adriano, 2001؛ عباس وحسين ،2018).

اما من الناحية الزراعية والبيولوجية فان عنصر الرصاص ليس له دور في تغذية الكائن الحي وهو عنصر سام حتى إذا وجد بتراكيز منخفضة وله تأثير سلبي مباشر على احياء التربة الدقيقة، وبالتالي سوف يعطل دور هذه الاحياء الفعالة في التربة بالتحلل وتفكك المواد العضوية والنتيجة وغيرها من العمليات الحيوية المهمة في التربة (Wongsasuluk،2021).

وبين Steinnes (2013) ان انتقال عنصر الرصاص من التربة الى النبات قليل جدا الا في حالة ان تكون تراكيز الرصاص مرتفعة في التربة، وان النبات يتعرض للتلوث بالرصاص من طريق الترسيب الجوي بشكل رئيسي وفي تساقط الامطار، كما ويعد عنصر الرصاص أحد العناصر الثقيلة قليلة الحركة بسبب العدد الذري للعنصر (Ware و Whitacre، 2007).

وبين الساعدي وآخرون (2016) انه عند وصول عنصر الرصاص الى البيئة فإنه لا يتحلل وانما مركباته تتعرض الى بعض التغييرات بسبب وجود العناصر الاخرى، إذ ان لسرعة الرياح دوراً في

انتقال الرصاص الى مسافات بعيدة قبل نزوله الى التربة مسببة في تلوثها، وان الرصاص يلتصق مباشرة بالتربة وخصوصا بالجسيمات ذات الدقائق الكبيرة مؤدياً الى تلوثها عند تجاوزه الحد الحرج، وجزء قليل من الرصاص ينزل الى اعماق طبقات التربة السفلى وصولاً الى المياه الارضية والجوفية اثناء تساقط المطر.

ووضح Saalidong (2022) ان تواجد عنصر الرصاص Pb في المياه والتربة يعتمد على درجة تفاعل المياه والتربة إذ ان انخفاض قيمة الالاس الهيدروجيني pH يعمل على زيادة تركيز عنصر الرصاص في المياه والتربة.

وذكر احمد (2019) مخاطر عنصر الرصاص من الناحية الصحية لكونه شديد السمية، اذ لا يتم هضمه بالأمعاء ويتراكم في الكبد، وليس له دور في اي نشاطات مهمة للكائن الحي او في بناء خلاياه، وكذلك يسبب في الاصابة بفقر الدم عند الانسان كونه يساهم في ازالة الكالسيوم من العظام، وبالتالي يسبب في موت خلايا الدم الحمراء ويؤدي الى الفشل الكلوي، يؤثر بشكل مباشر على الجهاز العصبي والدماغ ويسبب الوفاة.

## Co 4-12-2 الكوبلت

يعد أحد العناصر الثقيلة، يمتلك عدداً ذرياً 27 وكثافته تصل 8.9 غرام سم<sup>-3</sup> اما الكتلة الذرية 58.93 غرام مول<sup>-1</sup>، وهو أحد العناصر النادرة الاحتياج من قبل النبات بكميات قليلة جداً، اذ لا تتجاوز الجزء بالمليون مقارنة بالعناصر الرئيسية، ومن معادنه الشائعة هو الكوبالتيت (CoAsS) والسمالتايت (CoAs<sub>2</sub>)، كذلك فان المخلفات الناتجة عن صهر خامات الرصاص Pb والنيكل Ni والكوبلت Co اهم مصادر هذا العنصر (Carmen, 2016). يبلغ معدل تركيز عنصر الكوبلت في القشرة الارضية حوالي 25 ملغم كغم<sup>-1</sup>، وفي التربة بحدود بين 1 الى 40 ملغم كلغم<sup>-1</sup>، اما في مياه الانهار ومياه الشرب فيكون نادر التواجد بحدود بين 0.1 - 5 مايكرو غرام لتر<sup>-1</sup> (Leyssens وآخرون، 2017).

للكوبلت فائدة في تغذية النبات تعود الى حاجة الاحياء المجهرية المثبتة للنتروجين بالأخص بكتيريا الرايزوبيا Rhizobia والطحالب المثبتة للنتروجين مثل Anabaena، إذ يعد الكوبلت عنصراً مهماً في عملية نمو حيوانات الرعي (الماشية-grazing) (الضيفان والريس، 2018)، كما لا يخفى

علينا أن عنصر الكوبلت يتميز بسميته الواطئة مقارنة بسائر العناصر الأخرى لكن يعد أحد العناصر المسرطنة Emsley،(1998).

اشار Havlin (2014) الى ان هنالك تأثيراً واضحاً لعنصر الكوبلت على اوراق النباتات إذ تمتص النباتات ذات الاوراق العريضة والبقوليات وبعض انواع الشجيرات عنصر الكوبلت بصورة أكبر مقارنة بأنواع النباتات العشبية الأخرى، ان صناعة الالصبغ والاسمدة اهم مصادر التلوث بعنصر الكوبلت.

وجد الدليمي (2011) اثناء دراسته لتراكيز عنصر الكوبلت في عينة مياه نهر الفرات فقد كانت تراكيزه تتراوح ما بين (0.007-0.022) ملغم لتر<sup>-1</sup>، ومن في النتائج التي بينت تأثير مياه المجاري في رفع نسبة تركيز عنصر الكوبلت في مياه نهر الفرات ضمن منطقة الدراسة.

اشار بنيان (2014) بنتائج دراسته الى ان نسبة تركيز عنصر الكوبلت في عينة المياه كانت تتراوح ما بين 0.01-0.03 ملغم لتر<sup>-1</sup>، اما في عينة التربة فكانت تراكيز الكوبلت تتراوح ما بين 0.008-0.02 ملغم كغم<sup>-1</sup>، وتعود زيادة تراكيز الكوبلت Co الى قرب مواقع منطقة الدراسة من محطة تجمع مياه الصرف الصحي ومخلفات المصانع والمستشفيات.

## 2-12-5 الكروم Cr

يعد أحد العناصر الثقيلة ويتصف بلونه الرمادي او الفضي وهو لمعان براق ويمتلك صلابة عالية ويكون عديم الطعم والرائحة (Mishra, 2016). ويمتلك عدداً ذرياً 52 وكثافته النوعية تبلغ 7.18 غرام سم<sup>-3</sup> وهو عنصر خامل كيميائياً (Pietrzyk و Frank، 1974). يتواجد بصور مؤكسدة تتراوح ما بين 2<sup>+</sup> و 6<sup>+</sup> واكثرها تواجداً الكروم الثلاثي والكروم السداسي، إذ يعتمد تواجده بصور مؤكسدة على التأثيرات البيولوجية للكروم (صكر، 2005 و Cefaulu و Hu، 2004). ان الكروم مرتبط بشكل رئيسي مع الصخور النارية القاعدية وقليل المحتوى من الكروم بالصخور الحامضية إذ يمتلك الكروم ميزة المقاومة لعمليات التجوية (Oze وآخرون، 2004). ان المصدر الرئيسي للكروم Cr في المياه السطحية هو مخلفات المدن والمخلفات الصناعية، إذ ان الكروم السداسي اغلبه متواجد بفعل الفعاليات البشرية (ESPA، 1998). يعد الكروم السداسي عالي السمية عند ما يكون بتراكيز عالية (Liang وآخرون، 2021)، وبالرغم من وجود الكروم بالتربة لكن احتياج النبات له تكون بنسبة

ضئيلة، اذ لم يعرف على انه من العناصر الرئيسية المغذية (APHA، 2007)، اما الكروم الثلاثي فيكون متواجداً اما بصورة هيدروكسيد او ثنائي هيدروكسيد ورباعي هيدروكسيد (WHO، 2011).

وقد أصبح تلوث الكروم (Cr) في المياه الجوفية والترربة أحد أهم المخاوف البيئية في جميع أنحاء العالم في البيئة الطبيعية، ويوجد الكروم بشكل أساسي في حالتي أكسدة: Cr (VI) و Cr (III) من بين هذه الحالات، يتميز Cr (VI) بقدرته العالية على الحركة، وقابليته للذوبان في المحاليل المائية، ومقاومته للتحلل البيولوجي الطبيعي، مما يجعله ملوثاً خطيراً بشكل خاص (Hu وآخرون، 2025).

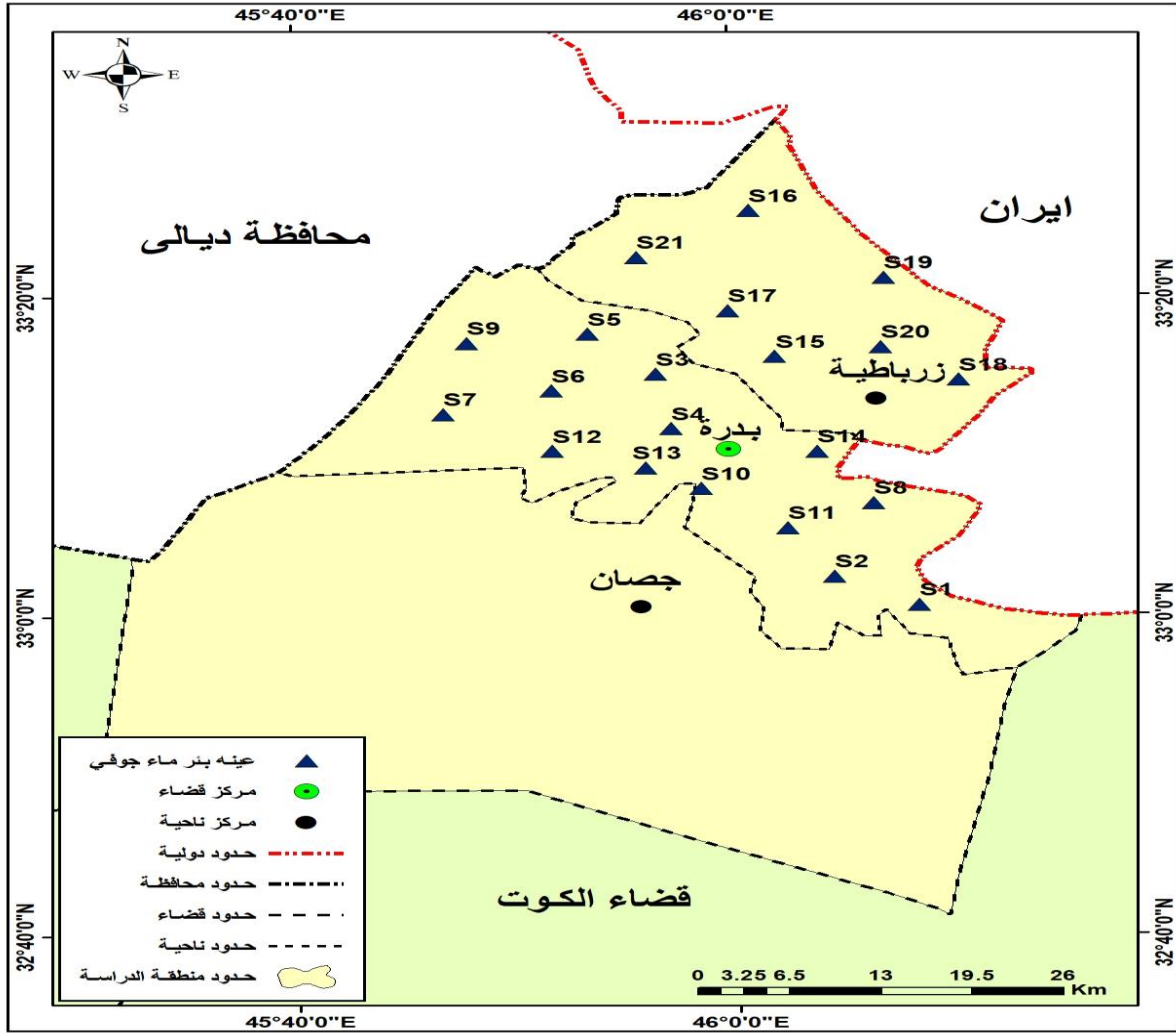
ويعد الكروم الثلاثي أحد العناصر الأساسية للإنسان بسبب اهميته الوظيفية إذ ان نقصانه او غيابه يؤدي الى ارباك حقيقي وتخریب عمليات الايض والبناء من جهة ومن جهة أخرى عند زيادته فقد يتراكم في اعضاء جسم الكائن الحي مسببا تباطؤ وظائف الأعضاء مؤديا الى حدوث امراض عديدة (صكر، 2005) والكروم من العناصر الأساسية عند الانسان إذ يتم اخذه من في الطعام بمعدل يتراوح ما بين 50-200 ملغم. لتر<sup>-1</sup> اليوم (صكر، 2005 و Tuberosa، 2005).

وأوضح بنیان (2014) من نتائج دراسته ان كمية الكروم في المياه تتراوح ما بين 0.01-0.05 ملغم لتر<sup>-1</sup> وان سبب زيادة الكروم يعود الى قرب مواقع الدراسة من اماكن معرضة للتلوث من مثل محطة تجمع مياه الصرف الصحي ومخلفات المصانع والمستشفيات.

واضاف Carmen (2016) ان استخدامات الكروم تدخل في صناعات متنوعة منها صناعة الاسمنت والورق والسبائك المعدنية، كما ان التعرض لعنصر الكروم حتى وان كان بتركيز منخفض فقد يسبب تقرح الجلد وتهيجه، وإذا كان لأوقات طويلة فإنه يعمل على التأثير في اعضاء جسم الانسان فهو يسبب الكثير من الامراض لدى الانسان من مثل أمراض الكلى والدورة الدموية وامراض الكبد.

## 3-1 منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة جغرافياً ضمن محافظة واسط، في قضاء بدرية وجزء من ناحية زرباطية، إذ تقع ناحية زرباطية في الشمال الشرقي من بدرية وهي تمثل الحدود الفاصلة بين محافظة واسط والجمهورية الإسلامية الإيرانية وتبلغ مساحة منطقة الدراسة حوالي (6500) كم<sup>2</sup>، والمسافة بين منطقتي بدرية وزرباطية هي 18 كم<sup>2</sup> إذ تشهد تلك المساحة حالياً مراحل مهمة من البناء والتعمير والاستثمارات للقطاع الزراعي والصناعي والسياحي وتقع المنطقة فلكياً بين خط الطول (0°E) و (46°20' شرقاً ودائرة العرض (0°N \ 33°30') وكما موضحة في الشكل (1-3)



شكل (1) خارطة منطقة الدراسة في شرق محافظة واسط

### 3-2 العمل الميداني وجمع العينات:

تم اجراء زيارات ميدانية متعددة لاستكشاف منطقة الدراسة والوقوف على طبيعتها الجغرافية والزراعية وتحديد مساحة منطقة الدراسة وأماكن وجود الآبار فيها، فقد وجد عدد كبير من الآبار الرسمية وغير الرسمية بعضها متقاربة وبعضها الاخر متباعدة، والاعلأ لهذه الآبار يستخدم لأغراض الري والفلاحة وشرب الحيوانات والماشية، وقد تم تحديد 21 بئراً متواجدة ضمن منطقة الدراسة وكانت موزعة بشكل عشوائي ووقع الاختيار عليها وذلك لتحديد بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية ومدى صلاحية المياه الجوفية للاستخدامات المختلفة الأخرى، وتم تحديد مواقعها بواسطة جهاز تحديد المواقع (GPS)، وقد تم جمع نماذج من مياه الآبار لمنطقة الدراسة بعد تشغيل المضخات المنصبة عليها، اذ تم اخذ العينات بعد اجراء ضخ متواصل لمياه الآبار والذي استمر اكثر من نصف ساعة لضمان التخلص من المياه الراكدة الى الوصول الى نقطة استقرار منسوب مياه الآبار، وقد وضعت العينات بقناني بلاستيكية مخصصة ذات سعة 1.5 لتر، وقد تم تحديد أوقات لجمع العينات ضمن أربعة مواعيد وفي مواسم مختلفة من فصول السنة، اذ تم تحديد مواعيد لإجراء اربع زيارات ميدانية الى منطقة الدراسة يتم فيها جمع العينات واجراء القياسات الأخرى لعمق الماء الجوفي وتحديد مناسيبه الثابتة والمتغيرة وقياس بعض الصفات حقلية والتي يتم اجراؤها بصورة مباشرة وجمع عينات المياه أيضاً، وقد تم تحديدها، اذ كان الموعد الأول ابتداءً من تاريخ 2024\8\15 والموعد الثاني كان بتاريخ 2024\11\15 والموعد الثالث بتاريخ 2025\1\15 اما الموعد الرابع فقد كان بتاريخ 2025\3\15 وهو الموعد الأخير لجمع العينات، وتم تسجيل كل من تاريخ اخذ العينة وعمق البئر والمنسوب الثابت والمنسوب المتحرك وانتاجية البئر (التصريف) وتسجيل كذلك درجة حرارة المياه بشكل مباشر بواسطة محرار الكتروني وتحديد موقع كل بئر من ناحية خطوط الطول ودوائر العرض في سجل خاص، والجدول (2) يمثل بعض أسماء واحداثيات الآبار .

## جدول (2) يمثل أسماء واحداثيات الآبار ضمن منطقة الدراسة

الاحداثيات		موقع البئر	اسم البئر المسجل لدى الدولة	رمز البئر
(X)	(Y)			
45,946734	33,108695	بدرة	حازم عباس مجيد	A1
45,960295	33,112428	بدرة	سامي شراد	A2
45,948708	33,1107278	بدرة	عماد سلمان برفي	A3
45,951841	33,19453	بدرة	علي هاشم	A4
45,57,569	33,8319	بدرة	علي علوان عبد الصاحب (1)	A5
45,57632	33,80308	بدرة	علي علوان عبد الصاحب (2)	A6
45,57 366	33,80503	بدرة	علي علوان عبد الصاحب (3)	A7
45,97956	33,12516	بدرة	خضير مانع	A8
45.9266	33.1091	بدرة	قاسم عبد الواحد بوري	A9
45,97514	33,12838	بدرة	عبد الحسين فرحان	A10
45,98268	33, 12408	بدرة	حسن لفته اسد	A11
45,96340	33,11232	بدرة	لكن انصار	A12
45,95288	33,11595	بدرة	عبد الرزاق عبد الرؤوف	A13
45,95445	33,11495	بدرة	باسل عبد الرزاق	A14
45,98208	33,15026	زرباطية	ايداد احمد فرج	A15
-	-	زرباطية	عبد الصاحب عبد الكريم(1)	A16
46,055739	33,145387	زرباطية	جاسم محمد جاسم	A17
46,07801	33,139294	زرباطية	عبد الصاحب عبد الكريم(2)	A18
45,9266	33,1091	زرباطية	وهاب كريم	A19
46,564889	33,148528	زرباطية	الوالدة	A20
46,0593569	33,1481198	زرباطية	حسين هادي	A21

### الإجراءات والقياسات المطلوبة:

### 3-3 قياس اعماق وتصاريح المياه الجوفية

#### 3-3-1 قياس المنسوب الثابت Measurement of stable level

يتم هذا الاجراء من حساب منسوب الماء الجوفي الثابت في البئر وذلك عند ما يكون الماء في البئر في حالة السكون اي عندما تكون المضخة متوقفة عن العمل لمدة طويلة والأفضل تكون المدة اكثر من 24 ساعة، والمقصود به هو إيجاد مستوى الماء الذي تستقر عنده المياه الجوفية، إذ يتم ذلك من انزال حبل رفيع مربوط بتقل في داخل البئر من فوهة البئر الى ان يصل الى اسفل مستوى سطح الماء الجوفي داخل البئر، وبعد ذلك يتم حساب طول الحبل غير مبتل من المسافة الممدودة من فوهة البئر الى الأسفل وصولاً الى نقطة الابتلال ومن ثم يتم طرح مقدار ارتفاع فوهة البئر عن مستوى سطح الأرض من المسافة الكلية من فوهة البئر الى نقطة الابتلال وذلك لحساب عمقه وهو في حالة ساكنة.

### 2-3-3 قياس المنسوب المتحرك Variable level measurement

يتم هذا الاجراء من حساب منسوب الماء الجوفي المتحرك من البئر بعد تشغيل المضخة مدة من الزمن لا تقل عن ساعة والافضل الى ان يستقر عمق للماء عند منسوب ثابت في نقطة معينة إذ يبقى مستوى الماء الجوفي مستقراً بوجود مضخة الماء مشغلة وهي تسحب المياه من البئر الى ان يستقر الماء الجوفي عند مستوى معين، وبعد ذلك يتم إنزال الحبل الرفيع المربوط بثقل لغرض تحديد عمق الماء في داخل البئر وكما في الطريقة السابقة عند قياس المنسوب الثابت ونفس الخطوات السابقة) (Wei واخرون، 2024)

### 3-3-3 حساب التصريف Discharge measurement

يطلق عليها أيضا بالطاقة الانتاجية للبئر ويقصد بها كميات المياه التي تتدفق من المضخة التي تعمل في البئر فقد جرى بالعادة في اغلب الأحيان ان يتم تنصيب مضخات مياه ذات تصاريح تتلاءم مع الطاقة الإنتاجية للبئر من المياه المتدفقة من الطبقات الحاملة للماء ويتم حساب تصريف المضخة بطريقة القياس المباشر (Direct Measurement Methods) والمتبعة لحساب تصاريح مضخات المياه باعتماد قياس المدة الزمنية اللازمة لملئ حاوية ذات حجم معلوم وتكون سعة الحاوية 1- 5 كالون ويتم تكرار العملية من 3 - 5 مرات للوصول إلى معدل تدفق موثوق لكل وحدة زمنية. إذ يتم حساب حجم الماء المتدفق في وحدة زمن معينة ومن ثم يتم حسابها من حاصل قسمة حجم الماء المتدفق بوحدة اللتر او الكالون في الزمن اما ثانية او دقيقة. وبحسب ما مذكور في (Taghvaeian، 2017).

### 4-3-3 إيجاد اعماق الآبار Finding the depths of wells

تمت الاستعانة بدائرة المياه الجوفية في محافظة واسط في ايجاد وحساب مقدار عمق كل بئر من سطح الأرض الى النقطة التي جرى الوصول اليها عند حفر البئر ولكل موقع على حدة. إذ ان الآبار المدروسة هي ابار حكومية مسجلة مواصفاتها عند مؤسسات الدولة المعنية.

### 4-3 قياس وتقدير بعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية للمياه الجوفية في الآبار

#### 1-4-3 الايصالية الكهربائية (EC) Electrical Conductivity

تم قياس الايصالية الكهربائية في المياه الجوفية للآبار باستخدام جهاز EC – meter نوع (COND) وعند درجة حرارة 25 °م. وكما ورد في (Jackson,1958).

#### 2-4-3 الاس الهيدروجيني (pH) :

تم قياس قيمة الاس الهيدروجيني في المياه الجوفية للآبار باستعمال جهاز pH –meter وكما ورد في الطريقة المتبعة في (Jackson,1958).

#### 3-4-3 العسرة الكلية Total Hardness

قدرت العسرة الكلية في المياه الجوفية للآبار باستعمال مادة الاثلين الامين رباعي حامض الخليك (EDTA) بحسب الطريقة الواردة في (APHA,1999). وكما في المعادلة التالية:-

$$\text{Total Hardness} = \text{Vol. EDTA} * 50 * 1000 / \text{Vol. of sample} \dots\dots(1)$$

#### 4-4-3 العكورة Turbidity

قدرت العكورة في المياه الجوفية للآبار باستعمال جهاز قياس العكورة (Turbidity meter)، بوحدة NTU كما ورد في (Jackson,1958).

#### 5-4-3 مجموعة الاملاح الذائبة الكلية Total Dissolved Solids (TDS)

تم قياس مجموعة الاملاح الذائبة في المياه الجوفية للآبار TDS باستخدام جهاز قياس TDS بوحدة مليغرام لتر<sup>-1</sup>.

#### 6-4-3 المواد الصلبة العالقة الكلية Total Suspended Solids (TSS)

قدرت TSS في المياه الجوفية للآبار بترشيح 100 مل من عينة لمياه الآبار على ورقة ترشيح بفطر فتحاته 0.45 مايكرون معلومة الوزن (B) باستخدام جهاز الترشيح الدقيق Milipore Filtration Apparatus، إذ تجفف الورقة بالفرن بين درجة حرارة 103-105°م لمدة ساعة، بعد التجفيف تُوزن

(A) بحسب الطريقة المذكورة في APHA (2007) و احتسبت المواد العالقة الصلبة الكلية بوحدات مليغرام لتر<sup>-1</sup> وبحسب القانون الاتي: -

$$TSS = \frac{(A-B) \times 1000}{100ml \text{ of sample}} \dots\dots(2)$$

A= وزن الورقة بعد الترشيح. (غم)

B= وزن الورقة قبل الترشيح. (غم)

### 7-4-3 تقدير ايونات الكالسيوم والمغنسيوم: Calcium and Magnesium Ions

تم تقدير ايونات الكالسيوم في المياه الجوفية للآبار بطريقة التسحيح مع الفرسنيت (EDTA) باستخدام محلول بعيارية (0.01) وبوجود دليل الميروكسايد، كما قدر الكالسيوم مع المغنسيوم بطريقة التسحيح مع الفرسنيت (EDTA) باستخدام محلول بعيارية (0.01) وبوجود دليل EBT لتقدير الكالسيوم والمغنسيوم، اذ نحصل على قيم المغنسيوم من طرح قيم كالسيوم من قيم الكالسيوم مع المغنسيوم وكما في الطريقة الواردة في (Page وآخرين, 1982).

### 8-4-3 قياس ايونات الصوديوم والبوتاسيوم الذائبين: Sodium and Potassium Ions

تم قياس تركيز ايونات الصوديوم والبوتاسيوم في المياه الجوفية للآبار باستخدام جهاز اللهب الضوئي (Flame Photometer) مثلما ورد في (Page وآخرين, 1982).

### 9-4-3 تقدير ايون الكلور: Chlorine Ion

تم تقدير ايون الكلور في المياه الجوفية للآبار بطريقة المعايرة (التسحيح) مع نترات الفضة AgNO<sub>3</sub> وباستعمال دليل كرومات البوتاسيوم وكما جاء في (Page وآخرين, 1982).

### 10-4-3 تقدير ايونات الكربونات والبيكاربونات: Carbonate and bicarbonate Ions

تم تقديرها في المياه الجوفية للآبار بطريقة المعايرة (التسحيح) مع حامض الكبريتيك ذي العيارية (0.01) عياري وقد استعمل دليل الفينولفثالين عند تقدير الكربونات والمثل البرتقالي دليلاً عند تقدير البيكاربونات واستناداً لما ورد (Page وآخرين, 1982).

### 11-4-3 تقدير ايون الكبريتات : Sulfate Ions

قدرت في المياه الجوفية للآبار من طريقة العكارة (Turbidity) والقياس بجهاز المطياف الضوئي (Spectrophotometer) كما جاء في (Black, 1965).

### 12-4-3 ايون النترات : Nitrate ions

قدرت أيونات النترات في المياه الجوفية للآبار باستخدام 2 مل من حامض الهيدروكلوريك بعيارية N1، اذ اضيف الى 5 مل من العينة بعد تخفيفها ب 50 مل من الماء المقطر، وقد تم القياس باستخدام جهاز قياس الطيف فوق البنفسجي عند طول موجة 220 نانومتر وتم تسجيل النتائج بوحدّة ملغم لتر<sup>-1</sup> (APHA, 1999).

### 13-4-3 ايون الفوسفات: Phosphate Ions

قدر ايون الفوسفات في المياه الجوفية للآبار بحسب الطريقة التي وصفتها (APHA, 1985)، وقد تم ذلك من إضافة 5 مل من العينة إلى 100 مل من الماء المقطر للتخفيف، وتم إضافة 5 مل من الكاشف بوجود كل من حامض الهيدروكلوريك، كلوريد الصوديوم، الكلسرين، الكحول، والماء، ويضاف حوالي 0.15 ملغم من مسحوق - كلوريد الباريوم  $BaCl_2$ ، وتم قياسه باستخدام جهاز قياس الطيف للأشعة فوق البنفسجية عند طول موجي 420 نانومتر، وتم التعبير عن النتائج - بوحدات ملغم لتر<sup>-1</sup>.

### 3-4-14 نسبة امتزاز الصوديوم SAR:

تم حساب نسبة امتزاز الصوديوم Sodium Adsorption Ratio (SAR) في المياه الجوفية للآبار بعد تقدير ايونات الكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم بوحدة (ملي مول شحنة لتر<sup>-1</sup>)<sup>1/2</sup> وذلك من استخدام المعادلة الآتية: والمذكورة في (Richard, 1952).

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{+2} + Mg^{+2}}{2}}} \dots\dots(3)$$

### 3-5 قياس العناصر الثقيلة الذائبة في المياه الجوفية

تم قياس العناصر الثقيلة الخمسة في الماء للآبار المدروسة التي هي (الرصاص، النحاس، الكاديوم، الكروم، الكوبلت) بواسطة جهاز طيف الامتصاص الذري اللهبى Flame Atomic Absorption Spectrophotometer استناداً لما ورد في (APHA, 2017)

### 3-6 التحليل الاحصائي:

استعمل البرنامج الإحصائي SAS - Statistical Analysis System (2018) في تحليل البيانات لدراسة تأثير المواسم والموقع (زرباطية وبدرة) وتداخلهما في الصفات المدروسة وعلى وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (Randomized completely block design-RCBD)، وقورنت الفروق المعنوية بين المتوسطات باختبار اقل فرق معنوي (Least Significant Difference -LSD)، كما تم استخراج معامل الارتباط (Correlation coefficient-r) بين المتغيرات المختلفة.

## 4- النتائج والمناقشة Results and Discussion

### 4-1 المنسوب الثابت للمياه الجوفية في ابار منطقة الدراسة

يتضح من قيم الجدول (3) ان منسوب الماء الجوفي الثابت في ابار الدراسة ضمن منطقة بدره اثناء الموسم الخريفي كانت قيمها تتراوح بحدود 22-5.46 م وبمعدل 11.37 م إذ كانت اعلى قيمة 22 في البئر S7 و اقل قيمة 5.46 في البئر S5 على حين كان منسوب الماء الجوفي الثابت في ابار الدراسة لمنطقة زرباطية في الموسم نفسه تتراوح من 5-10 متر وبمعدل 7.53 م إذ كانت اعلى قيمة 10م في البئر S 20 و اقل قيمة 5 م في البئر S19.

اما بالنسبة للموسم الربيعي فيتبين من قيم الجدول (3) لمنسوب الماء الجوفي الثابت في ابار الدراسة ضمن منطقة بدره ان قيمها تتراوح بحدود 5.22 - 15.61 متر وبمعدل 9.31، إذ كانت اعلى قيمة 15.61م في البئر S13 و اقل قيمة 5.22م في البئر S5، على حين كان منسوب الماء الجوفي الثابت في ابار الدراسة لمنطقة زرباطية في نفس الموسم كانت قيمته تتراوح من 4.85 - 9.63 م وبمعدل 7.37 م و كانت اعلى قيمة 9.63 م في البئر S20 و اقل قيمة 4.85 م في البئر S19.

ويتضح من النتائج ان قيم أعماق المياه الجوفية في منطقة زرباطية كانت اقل عمقا عن سطح الأرض مما في منطقة بدره وقد يعود ذلك الى طبيعة طبوغرافية المنطقة وارتفاع مناسيب سطح الارض عن مستوى سطح البحر والتي اثرت في عمق الماء الجوفي للطبقات الحاملة للمياه الجوفية في باطن الأرض. او قد يعود الى كثرة استغلال المياه الجوفية في بدره مقارنة بزرباطية او قد يعود الى قرب منطقة زرباطية من مصادر المياه الجوفية التي تأتي من المناطق الجبلية لإيران او قريبة من الأنهار السطحية، اذ من المحتمل ان المياه الجوفية متصلة في منطقة الدراسة (Ostad وآخرون، 2021، 2024, Majumder ; 2024) اما بالنسبة للتباين بين المواسم فيتضح ان مناسيب الماء الجوفي كانت اقل عمقا في الآبار للمنسوب الثابت في الموسم الربيعي مقارنة بالموسم الخريفي في كلا الموقعين سواء في بدره او زرباطية وقد يعود ذلك الى كون الموسم الربيعي يواجه موسم سقوط الامطار والسيول والتي هي تعد مرحلة التغذية والتخزين للماء الأرضي والماء الجوفي بمياه الامطار والسيول، على حين ان الموسم الخريفي يمثل موسم الجفاف والشحة والطلب المتزايد على الماء

الجوفي، اذ ان طابع التربة المتمثل بوجود بعض الحجارة والحصى والتراب الخشنة يسهل من حركة مياه السطح سواء السيول ام الامطار الى المياه الجوفية (Nwankwoala و Ngah , 2013).

جدول (3) المناسيب الثابتة والمتحركة والعمق الحقيقي والتصميمي والتصريف لأبار منطقة الدراسة لموسمين مختلفين

الموسم الربيعي 2025					الموسم الخريفي 2024					العمق (م)	رمز البئر	منطقة الدراسة
درجة الحرارة (°م)	الانتاجية (التصريف) لتر/ثا	الفرق بين المنسوبين (م)	المنسوب المتحرك (م)	المنسوب الثابت (م)	درجة الحرارة (°م)	الانتاجية (التصريف) لتر.ثا <sup>-1</sup>	الفرق بين المنسوبين (م)	المنسوب المتحرك (م)	المنسوب الثابت (م)			
26.7	7.15	9.01	16.76	7.75	31.8	7.00	9.00	17.00	8.00	60	S1	شركة
25.7	8.2	24.32	31.32	7.00	31.9	8.00	24.33	31.66	7.33	54	S2	
25.8	8.1	9.98	23.58	13.60	32.5	8.00	10.00	24.00	14.00	60	S3	
25.5	9.3	14.02	21.73	7.71	28.8	9.00	14.00	22.00	8.00	60	S4	
27.9	10.3	16.54	21.76	5.22	36.5	10.00	16.54	22.00	5.46	60	S5	
29.7	5.18	13.02	21.79	8.77	34.4	5.00	13.00	22.00	9.00	60	S6	
31.5	10.21	16.35	21.90	5.55	33.2	10.00	16.36	5.64	22.00	60	S7	
28.9	6.19	11.5	19.33	7.83	32.8	6.00	11.5	19.5	8.00	60	S8	
24.9	4.23	26.49	35.94	9.45	32.1	4.00	26.5	36.00	9.5	54	S9	
25.2	7.08	9.01	17.92	8.91	33.5	7.00	9.00	9.00	18.00	67	S10	
25.3	7.14	7.99	19.65	11.66	33.5	7.00	8.00	20.00	12.00	60	S11	
24.9	7.22	6.97	15.75	8.78	31.1	7.00	7.00	16.00	9.00	60	S12	
22.1	7.16	13.98	29.59	15.61	32.5	7.00	14.00	30.00	16.00	60	S13	
24.7	8.05	16.65	29.20	12.55	31.5	8.00	16.61	29.61	13.00	60	S14	
22.1	4.23	6.97	15.75	5.22	28.8	4.00	7.00	5.64	5.46	-		اقل قيمة
31.5	10.3	26.49	35.94	15.61	36.5	10.00	26.5	36.00	22.00	-		اعلى قيمة
26.34	7.542	13.99	23.30	9.31	32.57	7.35	13.98	21.74	11.37	-		المعدل
27.2	8.00	23.27	32.36	9.09	37.5	8.00	23.27	32.5	9.23	60	S15	زراعة
23.4	6.6	30.12	35.62	5.5	35.7	6.5	30.12	35.71	5.59	60	S16	
27.4	6.1	30.61	36.26	5.65	33.6	7.00	19.35	27.35	8.00	48	S17	
24.9	7.00	19.35	27.26	7.91	35	6.00	30.6	36.31	5.71	60	S18	
28.5	7.10	19.98	24.83	4.85	35.3	7.00	20.00	25.00	5.00	60	S19	
23.5	8.15	4.02	13.65	9.63	33.8	8.00	4.00	14.00	10.00	55	S20	
29.3	7.20	5.79	14.79	9.00	34.3	7.00	5.8	15.00	9.20	60	S21	
23.4	6.10	4.02	13.65	4.85	33.6	6.00	4.00	14.00	5.00	-		اقل قيمة
29.3	8.15	30.61	36.26	9.63	37.5	8.00	23.27	36.31	10	-		اعلى قيمة
26.31	7.16	19.02	26.39	7.375	35.02	7.07	19.02	26.55	7.53	-		المعدل

ويتضح من النتائج أيضا ان التغير بالمنسوب الثابت بين الموسمين لنفس المنطقة كان أكبر في بكرة مقارنة بزرباطية بين الموسمين، اذ ان الفرق الكبير في المنسوب الثابت في بكرة مقارنة بزرباطية قد يعود كما ذكرنا الى قرب منطقة الدراسة من مصادر تجهيز الماء الجوفي او تباين في مقدار استخدام هذه المياه او الى تباين طبيعة طبقات المياه الجوفية الحاملة من ناحية قدرتها على تجهيز الماء (Sohail وآخرون، 2023).

#### 4-2 المنسوب المتحرك للمياه الجوفية في ابار منطقة الدراسة

يتبين من الجدول (3) ان مناسيب الماء الجوفي المتحرك للآبار لموقع بكرة في الموسم الخريفي كانت قيمها تتراوح بحدود من 5.64 - 36 م وبمعدل 21.74 م اذ ان اعلى قيمة 36 م في البئر S9 واقل قيمة 5.64 م في البئر S7 لمنطقة بكرة، اما في زرباطية فتتراوح قيم منسوب الماء الجوفي المتحرك بين 14 - 36.31 م وبمعدل 26.55 إذ بلغت اعلى قيمة 36.31 م في البئر S18 واقل قيمة 14 م في البئر S20.

اما في الموسم الربيعي فيتبين من قيم الجدول (3) لمنسوب الماء الجوفي المتحرك في ابار الدراسة ضمن منطقة بكرة ان قيمتها تتراوح بين 15.75 - 35.94 م وبمعدل 23.30. إذ كانت اعلى قيمة 35.94 م في البئر S9 واقل قيمة 15.75 م في البئر S12 , على حين كان منسوب الماء الجوفي المتحرك لآبار منطقة الدراسة لمنطقة زرباطية يتراوح من 13.65 - 36.26 م وبمعدل 26.39. إذ بلغت اعلى قيمة 36.26 م في البئر S17 واقل قيمة 13.65 م في البئر S20.

يتضح من في نتائج مناسيب المياه الجوفية المتحركة ان أعماق المياه فيها كانت اعلى في زرباطية مقارنة بمنطقة بكرة في كلا الموسمين وقد يعود ذلك الى طبيعة جيولوجية المنطقة وتباين في مناسيب منطقة الدراسة عن مستوى سطح البحر فضلاً عن القرب او البعد عن منطقة التغذية لطبقات المياه الحاملة للماء (Wei وآخرون، 2024). كما يتضح هنالك تباين بين الموسمين لمنسوب الماء المتحرك وخاصة في منطقة بكرة إذ كان الانخفاض في منسوب الماء المتحرك اكثر في فصل الربيع مقارنة بفصل الخريف ، وقد يعود ذلك الى التباين الكبير في درجات حرارة المياه بين الموسمين وقد كانت درجات الحرارة اكبر في فصل الخريف عن فصل الربيع بفارق واضح في الجدول 3 ذلك ان انخفاض درجات الحرارة يؤثر في لزوجة المياه وتزيد منها، مما يؤثر في الايصالية المائية للطبقات

الحاملة والمغذية للبئر ومن ثم ينخفض منسوب الماء داخل البئر في المواسم الباردة بسبب انخفاض الايصالية المائية للطبقات التي تغذيه (Xie وآخرون، 2022).

#### 4-3 الطاقة الانتاجية للآبار

يتضح من الجدول (3) ان قيم الانتاجية للآبار منطقة الدراسة ضمن موقع بدره في الموسم الخريفي تراوحت بحدود 4 - 10 لتر ثا<sup>-1</sup> وبمعدل 7.35 لتر ثا<sup>-1</sup>، إذ بلغت اعلى قيمة 10 لتر ثا<sup>-1</sup> في البئر S5 و اقل قيمة 4 لتر ثا<sup>-1</sup> في البئر S9. وفي نفس الموسم لمنطقة زرباطية كانت الطاقة الانتاجية للآبار تتراوح بين 6 - 8 لتر ثا<sup>-1</sup>. وبمعدل 7.07. فقد سجلت اعلى قيمة 8 لتر ثا<sup>-1</sup> في البئر S15 و S20 و اقل قيمة بلغت 6 لتر ثا<sup>-1</sup> في البئر S18. اما بالنسبة للموسم الربيعي فقد ظهر ان انتاجية الآبار لمنطقة بدره تتراوح بحدود 4.23 - 10.3 لتر ثا<sup>-1</sup> وبمعدل 7.542، إذ ان اعلى قيمة للانتاجية بلغت 10.3 لتر ثا<sup>-1</sup> في البئر S5 و اقل قيمة 4.23 لتر ثا<sup>-1</sup> في البئر S9. اما لمنطقة زرباطية وللموسم الربيعي فقد كانت الطاقة الانتاجية للآبار المدروسة تتراوح بحدود 6.1 - 8.15 لتر ثا<sup>-1</sup> وبمعدل 7.16. فقد بلغت اعلى قيمة 8.15 في البئر S20 و اقل قيمة 6.1 لتر ثا<sup>-1</sup> في البئر S17.

ويتضح ان هنالك اختلافاً في انتاجية الآبار من المياه من بئر الى بئر اخر ضمن منطقة بدره او ضمن زرباطية، وقد يعود ذلك الى تباين في تنصيب وتصميم المضخات على الآبار وفضلا عن اختلاف في نوع وقدرة وحجم المضخات التي تستخدم لأجل سحب المياه من الآبار فضلاً عن تباين في أعماق منسوب المياه الثابتة والمتحركة في الآبار (Benghanem وآخرون، 2014)، اما بالنسبة للتباين بين معدلات قيم الإنتاجية بين الموقعين وفي الموسمين أيضا فلم نجد هنالك فروقات كبيرة او واضحة بالرغم من وجود تغيرات في المناسيب الثابتة والمتحركة وغيرها من العوامل الأخرى التي سبق ذكرها، وقد يعود سبب عدم حصول تباين في المتوسطات الى تداخل أكثر من مسبب في التأثيرات سواء كان المسبب ايجابياً او سلبياً في زيادة او انخفاض الإنتاجية ، فعلى سبيل المثال انخفاض درجات الحرارة يزيد لزوجة الماء يرافقها انخفاض في المنسوب المتحرك وهذه الصفتان متضادتان في إنتاجية المضخة والعكس صحيح.

#### 4-4 التباين بين المنسوب الثابت والمتحرك في الآبار

ان قياس الفرق بين المنسوب الثابت والمنسوب المتحرك يشير الى عدة أمور منها مقدرة البئر على تغذية المضخة بالمياه والتي تعكس كمية المياه للطبقات المجهزة للماء مع العمق فضلاً عن موقع هذه الطبقات مع العمق والايصالية المائية لها أيضاً.

ويتضح من قيم الفرق بين المنسوب الثابت مع المنسوب المتحرك (جدول،3) ان القيم كانت في موقع ابار بدرة في الموسم الخريفي بحدود 7-26.5 م وبمعدل 13.98 م، اذ كان اقل فرق بين العمقين في البئر S12 وأكبر فرق كان في البئر S9 ، اما بالنسبة لموقع زرباطية وضمن الموسم نفسه فقد كانت القيم بحدود 4-30.6 م وبمعدل 19.02 م، اذ ان اقل فرق في البئر S20 واعلى فرق كان في البئر S18. اما بالنسبة للموسم الربيعي فقد كانت قيم الفرق بين المنسوبين لآبار بدرة تتراوح 6.97-26.49 م وبمعدل 13.99 م على حين كان في الموسم نفسه ولآبار زرباطية بحدود 4.02-30.61 م وبمعدل 19.02 م

ويتضح مما سبق ان هنالك تبايناً لقيم فرق المنسوبين بين ابار الموقع الواحد في كلا الموقعين فضلاً عن وجود تباين لقيم فرق المنسوبين بين ابار المواقع (بدره وزرباطية) في الموسم الواحد. وقد يعود ذلك التباين بين المواقع سواء بين ابار الموقع نفسه او بين ابار الموقعين الى اختلافات عديدة منها تصميمية خاصة بإنشاء البئر او المضخة وكفاءتها وقدرتها الإنتاجية، وهذا ما بينته لنا قيم الإنتاجية، فضلاً عن ان سبب التباين قد يعود وكما ذكرنا سابقا الى طبيعة الايصالية المائية للطبقات المجهزة للماء للآبار من سمكها وخصائصها الهيدرولوجية واعدادها مع العمق ومواقعها أيضاً ( Aberg وآخرون،2021).

ومن جهة أخرى فقد بينت النتائج عدم وجود تباين مع المواسم، اذ ان متوسطات القيم للفرق بين المنسوبين للموقع الواحد سواء في بدره او زرباطية لم تتباين ما بين المواسم، اذ يعود ذلك الى ان المنسوب الثابت يزداد ارتفاعه في الربيع بسبب الامطار ومدة التخزين وقلة الاستعمال للآبار، على حين يقل المنسوب المتحرك في الربيع الا ان العملية عكسية في الخريف وللمنسوبين وقد وضحنا سبب ذلك سابقا وهذا التباين المختلف بين المنسوب الثابت والمنسوب المتحرك بين المواسم هو سبب عدم ظهور تباين في الفرق بين المنسوبين بين المواسم.

#### 4-5 الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الآبار لمنطقة الدراسة

ان المياه الجوفية لا توجد بحالة نقية بل تحتوي على مواد ذائبة ومواد عالقة بنسب متفاوتة إذ تحدد نوعيتها وان جميع العمليات والتفاعلات التي اثرت في المياه الجوفية منذ لحظة تكاثفها في الجو ولحين خروجها من باطن الارض بواسطة الآبار تكون هي المسؤولة عن الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية (Muthulakshmi وآخرون، 2013). لذلك من الضروري دراسة خصائصها (Ashiyani وآخرون، 2015).

#### 4-5-1 درجة الحرارة Temperature

تشير النتائج الخاصة بقيم درجات حرارة المياه الجوفية في جدول (4) وملحق (1) الى وجود اختلافات معنوية لقيم درجات حرارة المياه الجوفية بحسب المواقع وكذلك بحسب المواسم فضلاً عن وجود التداخل بينهما عند مستوى معنوية 0.05، اذ تبينَ النتائج في جدول (4) الخاصة بمتوسطات قيم درجات الحرارة حصول ارتفاع معنوي في درجات حرارة مياه الآبار في منطقة زرباطية، اذ كانت قيمته (27.57م°) مقارنة بمنطقة بدرية إذ كانت (25.98م°)، فضلاً عن تأثير عدة عوامل اهمها تباين في اعماق الطبقات المائية المجهزة للآبار بين المواقع وكذلك الى اختلافات في مصادرها ونوعيات المياه ايضاً (Riedel، 2019).

#### جدول (4) متوسطات قيم درجة الحرارة (م) لمياه ابار منطقة الدراسة

المعدل	الموقع		الموسم
	بدرية	زرباطية	
33.8	32.58	35.02	الصيف
25.03	23.66	26.40	الخريف
21.93	21.33	22.53	الشتاء
26.33	26.34	26.31	الربيع
---	25.98	27.57	المعدل
الموقع: 0.847 * ، الموسم: 1.125 * ، التداخل: 1.69 * .			LSD قيم
* (P≤0.05).			

اذ ان المياه الجوفية التي تكون عميقة فأن درجات الحرارة ترتبط بعامل التركيب الجيولوجي والحركات البنائية (الساعدي،2017)، كما تتباين درجات الحرارة مع العمق أو بحسب مدى البعد والقرب عن سطح الأرض، إذ ان درجة حرارة القشرة الارضية تزداد بمقدار درجة مئوية واحدة مع كل زيادة بالعمق مقدارها 33 متراً وبحسب طبيعة التكوينات الجيولوجية (Eppelbaum وآخرون،2014).

ويلاحظ عدم وجود اختلاف كبير في درجات حرارة المياه بين الآبار ضمن المنطقة الواحدة سواء في بكرة او زرباطية وقد يعود ذلك بسبب وجودها في الرقعة الجغرافية نفسها ، اذ ان التغيرات الضعيفة لا تؤثر، فضلاً عن ان الماء يتميز بثبوت درجات حرارته تقريباً عند المسافات القريبة بسبب الايصالية الحرارية للماء (Ramires وآخرون،1995).

اما بالنسبة للتباين الحاصل بين المواسم في قيم درجات الحرارة في جدول (4) فيتضح ان اعلى درجة حرارة بلغت في فصل الصيف (33.8م°) بينما كان اقل مستوى في فصل الشتاء (21.93م°) ويعود ذلك الى التأثيرات المناخية وانعكاسها على درجات حرارة المياه (Kumer،2012)، وذلك لان طبيعة المناخ العراق يكون قارياً حاراً جافاً صيفاً بارداً في الشتاء والى التباين الكبير السنوي واليومي في درجات الحرارة.

اما التداخل بين المواسم والمواقع فهناك فروق معنوية، اذ سُجلت اعلى قيمة في فصل الصيف في منطقة زرباطية (35.02م°) وفي منطقة بكرة كانت اعلى قيمة ايضاً في فصل الصيف (32.58م°)، يلاحظ ان مستوى الارتفاع في درجات الحرارة في موقع زرباطية في فصل الصيف كان بنسبة (27.02%) قياسياً بالمعدل العام، اما في موقع بكرة فأرتفع عن المعدل العام بنسبة (25.4%)، إذ ان التداخل بين الموقع والموسم في الحرارة يعود للعوامل السابقة التي تم ذكرها.

#### 4-5-2 العكورة (NTU) Turbidity

تسمى بالكدره ايضاً وهي من الصفات الضوئية الهامة في المياه التي تكون ذات علاقة وثيقة بالشفافية، إذ تعد دليلاً على وجود المواد العالقة في الماء من الطمي والطين والغرين وتشير النتائج الخاصة لقيم العكورة في جدول (5) وملحق (1) الى وجود فروق معنوية في قيم العكورة بين الموقعين والتداخل بين العكورة والموسم عند مستوى احتمالية 0.05، الا انه ليس هنالك فروق

معنوية للعكورة بين المواسم. تبين النتائج في جدول (5) لمتوسطات قيم العكورة وجود ارتفاع واضح في قيمها في مياه ابار منطقة زرباطية إذ كانت NTU (10.32) مقارنة مع مياه ابار منطقة بدرية NTU (6.19) ، وقد تعود اسباب كون قيم العكورة منخفضة في جميع ابار الدراسة الى ان المياه الجوفية بصورة عامة تتميز بنقاوة عالية وعكورتها تكون قليلة نتيجة لعملية الترشيح التي تتعرض لها مياه الآبار في طبقات التربة وايضاً كمية الحصى الناعم المتواجد حول الآبار وبذلك تتخلص من المواد العالقة وتكون المياه الجوفية في حالة سكون وبطيئة الحركة ، إذ ان وجود الطحالب او الترسبات الناعمة جدا الغرينية والطينية وبالخصوص الغروية وبكميات كبيرة في المياه سيؤدي الى عكرتها(الفراجي،2022)، وهذا يتفق مع نتائج المهناوي (2023)، وقد يعود السبب في تباين قيم العكورة بين الموقعين الى تباين سطح الأرض من طبيعة الغطاء النباتي والتضاريس الجيولوجية للمنطقة وكذلك الى تباين الانشطة البشرية بما في ذلك الزراعية والصناعية والتي تسهم بحركة الغرويات الناعمة الى أسفل طبقات التربة بالأمطار، اذ تعد الجسيمات العالقة والرواسب مثل الطين والأتربة والمواد العضوية وغير العضوية والهائمات النباتية من اهم العوامل التي تسهم في ارتفاع عكورة المياه (العبيدي،2011)، لكن من اهم الأسباب في التباين بين الموقعين قد يعود الى التراكم الجيولوجية لطبقات التربة وتباين محتواها من الغرويات وتباين عمليات التجوية التي قد تحدث فيها ضمن المنطقتين والتي تنعكس على مقدار تجهيزها من الغرويات فضلاً عن التباين في عمق الانابيب ومواصفات المضخات وابعاد الآبار والذي ينتج منها تباين في الاضطرابات للمياه الراكدة اثناء سحب المياه مما تسهم برفع المواد العالقة مع الماء المسحوب.

جدول (5) متوسطات قيم العكورة Turbidity لمياه ابار منطقة الدراسة

المعدل	الموقع		الموسم
	بدرية	زرباطية	
8.15	5.86	10.44	الصيف
8.4	6.29	10.51	الخريف
7.69	5.68	9.71	الشتاء
8.78	6.93	10.63	الربيع
---	6.19	10.32	المعدل
الموقع: 0.961 * ، الموسم: 1.28 غ.م. ، التداخل: 1.92 * .			قيم LSD
* (P≤0.05).			

#### 3-5-4 الاس الهيدروجيني pH

يتضح من نتائج جدول(6) وملحق (1) الخاصة بقيم الاس الهيدروجيني ان قيم الاس الهيدروجيني لمياه الآبار في جميع المواقع كانت تتراوح (7.31-7.42)، كما لم يلاحظ هنالك فروق معنوية لقيم الاس الهيدروجيني بين ابار مواقع الدراسة جميعا ولا توجد فروقات معنوية لقيم الاس الهيدروجيني بين المواسم فضلاً عن ان التداخلات لم تكن معنوية أيضاً على مستوى 0.05 ، وقد لوحظ ان قيم الاس الهيدروجيني في مياه الآبار كان ضمن المتعادل وتتجه نحو القاعدية، إذ كانت جميع قيمه أكبر من 7، وقد يعود السبب في ذلك الى كون ترب منطقة الدراسة ترب كلسية كما ان الصخور المصدرية في العراق تغلب عليها المكونات الكلسية ، اذ ان كربونات الكالسيوم تعمل على جعل الرقم الهيدروجيني يميل الى القاعدية ( Al-Shihmani وآخرون 2024 )

جدول(6) متوسطات قيم الاس الهيدروجيني pH لمياه ابار منطقة الدراسة

المعدل	الموقع		الموسم
	بدره	زرباطية	
7.36	7.42	7.31	الصيف
7.37	7.41	7.33	الخريف
7.36	7.42	7.31	الشتاء
7.35	7.39	7.32	الربيع
---	7.41	7.31	المعدل
الموقع: 0.12 غ.م، الموسم: 0.27 غ.م. ، التداخل: 0.322 غ.م .			قيم LSD
غ.م. غير معنوي.			

#### 4-5-4 المواد الصلبة العالقة الكلية TSS

تشير النتائج الخاصة بقيم TSS المواد الصلبة العالقة الكلية لمياه الآبار في منطقة الدراسة الموضحة في جدول (7) وملحق (1) الى وجود اختلافات معنوية بين قيم المواد الصلبة العالقة الكلية بين الموقعين على مستوى 0.05، كما لا توجد فروق معنوية لقيم المواد الصلبة العالقة الكلية لمياه الآبار في المواسم، اما التداخل بين المواسم والمواقع للمواد الصلبة العالقة الكلية لمياه الآبار فكان معنوياً.

ونلاحظ من نتائج جدول (7) لمتوسطات قيم المواد الصلبة العالقة الكلية TSS هنالك تباين معنوي، اذ لوحظ ارتفاع واضح في قيم المواد الصلبة العالقة الكلية لمياه الآبار ضمن منطقة زرباطية فقد كانت قيمة المتوسط (217.46) مليغرام لتر<sup>-1</sup>، إذا ما قورن مع قيم متوسطات منطقة بدره (181.12) مليغرام لتر<sup>-1</sup>

ويعود سبب التباين بين قيم المواد الصلبة العالقة الكلية في ابار الموقعين الى اختلافات في تصميم الآبار من إذ ابعاد البئر وعمق المضخة داخل البئر والطاقة الإنتاجية للبئر وحجم المضخة المنصبة، إذ ان التباين في كل ما سبق قد يسبب اختلافات في شدة حدوث اضطراب للرواسب المترسبة داخل البئر عند تشغيل المضخة ومن ثم قد تسحب المضخة الرواسب مع المياه فتظهر مع المياه المتدفقة من البئر (Ikramov وآخرون، 2021)، فضلاً عن ذلك فقد يعود ايضاً الى التباين في طبيعة التكوين المعدني او محتوى الرواسب في الطبقات الحاملة للمياه الجوفية، إذ قد تحوي بعض الطبقات المجهزة للمياه الجوفية في داخلها على رواسب ناعمة بين طبقاتها وان هذه الترسبات التي تكون محصورة بين الطبقات المغذية تتحرك مع تدفق الماء من الطبقات الحاملة للماء الى داخل البئر (Kirsch، 2006). ومن ثم فان هذه الرواسب يتم سحبها بالمضخة اثناء سحب الماء.

جدول (7) متوسطات قيم المواد الصلبة العالقة TSS (مليغرام لتر<sup>-1</sup>) لمياه ابار منطقة الدراسة

المعدل	الموقع		الموسم
	بدره	زرباطية	
201.28	178.86	223.71	الصيف
204.82	189.50	220.14	الخريف
192.68	175.50	209.86	الشتاء
198.39	180.64	216.14	الربيع
---	181.12	217.46	المعدل
الموقع: 20.44 * ، الموسم: 27.26 غ.م. ، التداخل: 40.80 * .			LSD قيم
*(P≤0.05).			

#### 4-5-5 المواد الصلبة الذائبة TDS

ان المواد الصلبة الذائبة TDS تعد احد المعايير المهمة لنوعية المياه سواء أكانت سطحية ام جوفية وتحدد التركيز الكلي للمواد الصلبة الذائبة وتكون معظمها املاحاً غير عضوية ذائبة في المياه. وتشير النتائج الخاصة بقيم المواد الصلبة الذائبة TDS في مياه الآبار لمنطقة الدراسة كما في جدول (8) وملحق (1) الى وجود فروق معنوية لقيم المواد الصلبة الذائبة في مياه الآبار بين الموقعين وكذلك بين المواسم فضلاً عن ان التداخل بينهما كان معنوياً وعلى مستوى 0.05. يتضح من نتائج الجدول (8) الخاص بمتوسطات قيم TDS هنالك ارتفاع معنوي لقيم TDS ما بين الموقعين إذ كانت القيم اعلى في ابار بدره مقارنة بزرباطية، اذ بلغ متوسط قيمة TDS في منطقة بدره 2362.82 مليغرام. لتر<sup>-1</sup> بينما بلغ متوسط قيمة TDS في منطقة زرباطية 2173 مليغرام لتر<sup>-1</sup>. وهذا قد يعود الى تباين في مصادر المياه الجوفية ومحتواها بين الموقعين بسبب تباين العمليات الكيميائية الطبيعية مثل تآكل الصخور والمعادن، وتباين في تفاعل المياه مع الصخور وطبيعة عمليات التكوين المعدني والتركيب الكيميائي للصخور في كلتا الموقعين فضلاً عن تباين النشاطات البشرية لكلا المنطقتين كاختلاف الإدارة المتبعة في كلا المنطقتين من إذ استخدامات الأراضي والري وصرف المياه، اذ ان تسرب مياه الصرف في الخزانات الجوفية يؤدي الى زيادة تراكيز الاملاح الذائبة (Mohammed وآخرون، 2016)، كما ان السبب قد يعود الى تباين في ادارة التربة والمياه من إذ إضافة الأسمدة

الكيميائية التي تستخدم للزراعة، إذ أن تلك الأسمدة قد تسبب في زيادة كمية الاملاح الذائبة في المياه الجوفية(عبد الحمزة،2015)و(Su وآخرون،2022).

ويتضح من الجدول (8) وجود تباين معنوي في قيم TDS الاملاح الصلبة الذائبة في المواسم الاربعة، إذ أن اعلى مستوى سُجل في فصل الشتاء إذ كان 2340.82 مليغرام لتر<sup>-1</sup> ، بينما كان اقل مستوى في فصل الربيع، إذ بلغ 2233.25 مليغرام لتر<sup>-1</sup> . النتائج المستحصل عليها هي عكس المتعارف عليه، إذ كما هو معتاد فإن المناخ الجاف والنقص في تجهيز الخزانات الجوفية في الصيف أو الخريف تؤدي الى زيادة تراكيز قيم TDS في مواسم الجفاف في المياه الجوفية (الحيالي،2022) و(المهناوي،2023)، الا ان نتائجنا جاءت معاكسة، إذ قد يعود ذلك الى ورود سيول سطحية محملة بالمياه المالحة من الدول المجاورة وتسربت الى المياه الجوفية في منطقة الدراسة او في مناطق ربما لا تكون بعيدة عن منطقة الدراسة سواء في كلال بدرة او زرباطية ثم انتقلت بالرشح للمياه الجوفية في اثناء الشتاء (Miotlińsk وآخرون، 2012).

اما التداخل ما بين المواقع والمواسم فهناك تداخل معنوي، إذ سجل اعلى مستوى للألاح الذائبة في الموقعين في فصل الشتاء 2436.64 مليغرام. لتر<sup>-1</sup> في منطقة بدرة وفي الموسم نفسه اعلى مستوى للألاح الذائبة 2245 مليغرام. لتر<sup>-1</sup> في منطقة زرباطية، يلاحظ ان مستوى الاملاح الذائبة في بدرة في اثناء فصل الشتاء ارتفع عن المعدل العام بنسبة 3.1% اما في موقع زرباطية فأرتفع عن المعدل العام بنسبة 3.3%.

جدول (8) متوسطات قيم المواد الصلبة الذائبة TDS (مليغرام لتر<sup>-1</sup>) لمياه ابار منطقة الدراسة

المعدل	الموقع		الموسم
	بدره	زرباطية	
2245.03	2349.21	2140.86	الصيف
2252.53	2372.36	2132.71	الخريف
2340.82	2436.64	2245.00	الشتاء
2233.25	2293.07	2173.43	الربيع
---	2362.82	2173.00	المعدل
الموقع: 74.84 * ، الموسم: 99.79 * ، التداخل: 149.7 * .			قيم LSD
*(P≤0.05).			

ان دراسة تراكيز الاملاح الذائبة من اهم الصفات للمياه الجوفية ولا يمكن فصلها عن الايصالية الكهربائية فكل منهما يعد مقياساً لكمية الاملاح الذائبة للمياه (كاظم ومنصور، 2015)، إذ ان هنالك ترابطاً واضحاً في النتائج بين انخفاض وارتفاع قيم الايصالية الكهربائية وانخفاض وارتفاع قيم الاملاح الذائبة في الماء (Meded، 2016).

#### 4-5-6 العسرة الكلية T.H

تعد العسرة الكلية عاملاً مهماً يُحدد استخدام المياه الجوفية، إذ تنقسم الى نوعين: العسرة الدائمة فتتجم عن وجود ايونات الكبريتات والكلوريدات التي لا تترسب بالغليان، اما العسرة المؤقتة فتتجم عن وجود ايونات الكالسيوم والبيكربونات ويمكن ان تُزال بواسطة الغليان (Chavhan and 2025, Sangle).

وتشير النتائج الخاصة بقيم العسرة الكلية في جدول (9) والملحق (1) الى وجود فروق معنوية لقيم العسرة الكلية T.H بين الموقعين كما أن هنالك فروقاً معنوية لقيم العسرة الكلية T.H بين المواسم فضلاً عن ان التداخلات كانت معنوية على مستوى 0.05.

وتبين نتائج متوسطات قيم العسرة الكلية T.H في جدول (9) الى ارتفاع معنوي ما بين الموقعين، اذ كانت القيمة في ابار بدرة اعلى من ابار زرباطية، فقد بلغ متوسط قيمة العسرة الكلية في منطقة بدرة 1002.05 مليغرام لتر<sup>-1</sup> اما في منطقة زرباطية فقد بلغ متوسط قيمة العسرة الكلية 918.18 مليغرام لتر<sup>-1</sup>، وقد يعود ذلك الى تباين في التركيب الكيميائي للصخور الجوفية ومحتواها من الاملاح القابلة للذوبان وخاصة التي تحوي على ايونات الكلوريدات، الكبريتات، الكربونات والكالسيوم (Kudryashove وآخرون، 2021)، فزيادتها تسبب ارتفاع قيم العسرة الكلية للمياه الجوفية فضلاً عن تأثير تباين عمليات التجوية الحاصلة للتراكيب الجيولوجية المكونة لطبقات التربة.

جدول (9) متوسطات قيم العسرة الكلية T.H (مليغرام. لتر<sup>-1</sup>) لمياه ابار منطقة الدراسة

المعدل	الموقع		الموسم
	بدرة	زرباطية	
1214	1275.29	1152.71	الصيف
1232.04	1288.79	1175.29	الخريف
715.39	745.64	685.14	الشتاء
679.03	698.50	659.57	الربيع
---	1002.05	918.18	المعدل
	الموقع: 39.15 * ، الموسم: 52.19 * ، التداخل: 78.29 * .		قيم LSD
*(P≤0.05).			

اذ تحدد طبيعة المركبات التي يمكن ان تذوب بالماء، إذ عندما تمر المياه الجوفية من خلال طبقات الصخور والتربة فمن الممكن ان تتفاعل مع المعادن والمركبات التي تحتويها وتشمل هذه المكونات فضلاً عن ما ذكرنا من ايونات الكالسيوم والمغنسيوم والكبريتات والكلوريدات وغيرها وهذا يتفق مع رزوقي(2023)، كما ان التركيب الجيولوجي للأرض له تأثير على تراكيز العسرة ، إذ يمكن ان تحتوي بعض الآبار على ترسبات غنية بحجر الكلس وكبريتات الكالسيوم التي تعد مصدراً مهماً للعسرة، كما قد تعود اسباب التباين والاختلاف ما بين قيم العسرة الكلية T.H في المياه الجوفية من موقع الى موقع اخر الى عمليات سحب وضخ المياه الجوفية واستخدامها للأغراض المتعددة، اذ يمكن

ان تؤثر على تراكيز العسرة ( Verma وآخرون،2023)، وقد كانت قيم العسرة في ابار الدراسة اعلى من نتائج كل من الجنابي(2020) و داوود(2022).

يتضح من جدول (9) وجود تباين في قيم متوسطات العسرة الكلية في المواسم الاربعة، اذ اعلى تركيز سُجل في فصل الخريف 1232.04 مليغرام لتر<sup>-1</sup>، بينما كان اقل تركيز في فصل الربيع 679.03 مليغرام لتر<sup>-1</sup>. ان سبب انخفاض قيم العسرة في فصل الربيع قد يعود الى تأثير ارتفاع الايصالية الكهربائية وقيم ال TDS للأسباب التي تم ذكرها انفاً، إذ يمكن ان يعود ذلك الى ارتفاع تراكيز ايون الصوديوم في المياه في الموسم الربيعي مقارنة بتراكيز الكالسيوم والمغنسيوم، مما يساهم بخفض العسرة وذلك لان الصوديوم لا يسبب العسرة ( Etikala،2020).

اما التداخل ما بين الموقع والموسم فهناك فروق معنوية، إذ سُجل اعلى مستوى للعسرة الكلية في منطقة بدرة وزرباطية في فصل الخريف وبلغ 1288.79 مليغرام لتر<sup>-1</sup> و 1175.29 مليغرام لتر<sup>-1</sup> على التوالي، ويلاحظ ان مستوى العسرة الكلية في فصل الخريف ارتفع عن المعدل العام بنسبة 28.6% في منطقة بدرة اما في منطقة زرباطية فقد ارتفع عن المعدل العام بنسبة 28%.

#### 4-5-7 الايصالية الكهربائية (EC) Electric conductivity

تمثل الايصالية الكهربائية مؤشراً على قدرة المحلول على التوصيل الكهربائي اي تعد كمصطلح عددي، وتتأثر بتركيز الايونات وتكافؤ الايونات ودرجات الحرارة، كما تعد إحدى المواصفات القياسية في تحديد نوعية المياه بسبب ارتباطها ارتباطاً وثيقاً بمستوى الملوحة، إذ ان EC ترتبط ارتباطاً طردياً مع TDS، اذ كلما زادت EC كان مؤشراً على زيادة نسبة الاملاح الذائبة وتعد وسيلة سريعة في تقدير مستوى الملوحة من طريق العلاقات الرياضية التي تربطها معاً (الدوري،2013).

وتشير النتائج الخاصة بقيم EC في جدول (10) وملحق (1) الى وجود فروق معنوية بين الموقعين وبين المواسم والتداخل بينهما على مستوى 0.05. اذ تبين النتائج في جدول (10) لمتوسطات قيم الايصالية الكهربائية EC ارتفاعاً واضحاً للملوحة في منطقة بدرة (4.005) ديسيمنز م<sup>-1</sup> مقارنة مع 3.67 ديسيمنز م<sup>-1</sup> في منطقة زرباطية ، وقد يعود سبب ارتفاع قيم الايصالية الكهربائية الى وجود تباين في المحتوى المعدني والتركيب الكيميائي للتكوينات الجيولوجية للطبقات الحاملة للمياه في كلا الموقعين وتباين في نوعية وتركيز الاملاح الذائبة في كلتا المنطقتين

نتيجة لتفاعل الماء مع هذه المكونات، مما يؤدي الى تباين في درجة ذوبان الاملاح والمعادن الموجودة في التكوينات الجيولوجية، اذ ان التباين في العمليات الجيوكيميائية مثل عمليات التبادل العكسي والتفاعلات ما بين الصخور والمياه تؤثر في محتوى المياه الجوفية (الطائي،2004).

**جدول (10) متوسطات قيم الايصالية الكهربائية EC (ديسيمنز م<sup>-1</sup>) لمياه ابار منطقة الدراسة**

المعدل	الموقع		الموسم
	بدره	زرباطية	
3.735	<b>3.98</b>	<b>3.49</b>	الصيف
3.74	<b>3.90</b>	<b>3.58</b>	الخريف
4.025	<b>4.14</b>	<b>3.91</b>	الشتاء
3.84	<b>4.00</b>	<b>3.69</b>	الربيع
---	4.005	3.67	المعدل
الموقع: 0.148 * ، الموسم: 0.197 * ، التداخل: 0.295 * .			قيم LSD
* (P≤0.05).			

فضلاً عن قرب او بعد الآبار عن مصادر تغذيتها من المياه السطحية او المصادر المائية الأخرى، اذ كلما زاد مسار المياه الجوفية زادت عمليات ذوبان الاملاح، مما يؤدي الى زيادة الايصالية الكهربائية (AL-Zobaidy، 2022) وتتفق هذه النتائج مع رزوقي (2023)، وقد يعود ذلك أيضا الى تباين في الانشطة البشرية التي من الممكن ان تؤثر في زيادة الاملاح الذائبة ومن ثم زيادة في EC (Salman و Elnazer، 2015).

اما قيم الملوحة للمواسم الاربعة فيتضح ان اعلى مستوى للملوحة في جدول المتوسطات سُجل في فصل الشتاء 4.025 ديسيمنز<sup>-1</sup>، بينما كان اقل مستوى في فصل الخريف 3.74 ديسيمنز<sup>-1</sup>. يتضح ان النتائج المتحصل عليها هي عكس المتعارف عليه، اذ كما هو معتاد فان المناخ الجاف والنقص في تجهيز الخزانات الجوفية في الصيف او الخريف والطلب المتزايد على المياه الجوفية في تلك المواسم تؤدي الى زيادة قيم الايصالية الكهربائية في مواسم الجفاف في المياه الجوفية (الحيالي،2022) و(المهناوي،2023)، الا ان نتائجنا جاءت معاكسة، اذ قد يعود ذلك الى ورود سيول

سطحية محملة بالمياه المالحة من الدول المجاورة وتسربت في المياه الجوفية في منطقة الدراسة او في مناطق ربما لا تكون بعيدة عن منطقة الدراسة سواء في كلال بدرة او زرباطية ثم انتقلت بالرشح للمياه الجوفية في الشتاء (Singh، 2022).

اما التداخل بين المواقع والمواسم فهناك تداخل معنوي اذ سُجل اعلى مستوى للملوحة في الموقعين في فصل الشتاء 3.91 ديسيمنز<sup>-1</sup> في منطقة زرباطية و4.14 ديسيمنز<sup>-1</sup> في منطقة بدرة، ويلاحظ ان مستوى الملوحة في منطقة بدرة في فصل الشتاء ارتفع عن المعدل العام بنسبة 3.3%، اما في منطقة زرباطية فقد ارتفع عن المعدل العام بنسبة 6.5% وهذا مؤشر ان منطقة زرباطية هي أكثر تعرضا الى تباين بين المواسم والمواقع.

#### 4-5-8 ايونات الكالسيوم Ca

تشير النتائج الخاصة بقيم ايونات الكالسيوم في جدول (11) وملحق رقم (1) الى ان هنالك فروقاً معنوية ما بين المواقع وغير معنوية ما بين المواسم لكن هنالك فروق معنوية للتداخل ما بين المواقع والمواسم.

واظهرت النتائج لمتوسطات القيم في جدول (11) لأيونات الكالسيوم وجود ارتفاع واضح في منطقة بدرة 295.79 مليغرام لتر<sup>-1</sup> مقارنة بمنطقة زرباطية 274.78 مليغرام لتر<sup>-1</sup> ، ويعتقد ان سبب سيادة الايون في العديد من النماذج المائية بنسب مرتفعة الى ذوبان معادن الكربونات والكالسيوم التي تتركز في مناطق واسعة من منطقة الدراسة والتي تتحدد بالطبيعة الجيولوجية لكل منطقة وموقع كل بئر في منطقة الدراسة ( بدرة و زرباطية) نتيجة الى اختلاف في التركيب الكيميائي للصخور الجوفية ومحتواها من الاملاح القابلة للذوبان وخاصة التي تحتوي على الجبس واملاح الكالسيوم (Kudryashove وآخرون، 2021). اذ يعد ايون الكالسيوم من الايونات الموجبة المهمة التي تتواجد في المياه الجوفية ويأتي هذا الايون من ناتج التجوية الكيميائية للصخور الجبسية والصخور الرسوبية والكربونية (الزبيدي، 2011).

جدول (11) متوسطات قيم ايون الكالسيوم (مليغرام. لتر<sup>-1</sup>) لمياه ابار منطقة الدراسة

المعدل	الموقع		الموسم
	بدرة	زرباطية	
<b>280.78</b>	294.57	267.00	الصيف
<b>286.28</b>	297.43	275.14	الخريف
<b>293.21</b>	303.43	283.00	الشتاء
<b>280.85</b>	287.71	274.00	الربيع
---	<b>295.79</b>	<b>274.78</b>	المعدل
الموقع: 11.94 * ، الموسم: 15.92 غ.م.، التداخل: 23.88 *.			قيم LSD
*(P≤0.05).			

وعلاوة على ذلك فإن تباين المدة الزمنية (مدة دورة المياه في الطبيعة الممتدة من دخول المياه الى الماء الجوفي الى سحبها الى سطح التربة) لبقاء الماء الجوفي داخل الأرض من الممكن ان تؤثر ايضاً في تراكيز الايونات ومن ضمنها الكالسيوم (سعيد وآخرون، 2018).

واظهرت نتائج الدراسة عدم وجود فروق معنوية بين المواسم ، وقد يعزى ذلك الى التأثير المتشابه للعوامل على المياه الجوفية بين المواسم في التأثير على الايونات، إذ يسهم الري والتساقط المطري في المواسم المعتدلة والباردة بتجهيز المياه الجوفية بالأيونات، اذ تتجمع المياه على سطح الارض وتتسرب بشكل تدريجي في طبقات الارض، ومن ثم في هذه العملية يحدث عملية تفاعل ما بين الماء والصخور وهذا التفاعل قد يؤدي الى تحلل معادن الكالسييت  $CaCO_3$  او الجبس الموجودة في الصخور وهذا يتفق مع ( كاظم ومنصور، 2015) و( المهناوي، 2023). كما ان ارتفاع درجات حرارة مياه الآبار في المواسم الحارة يسهم بزيادة ذوبانية الصخور الحاوية على الكالسيوم فيكون ذا تأثير مشابه لباقي المواسم ويلاحظ ان مستوى الارتفاع في قيم ايون الكالسيوم في منطقة بدرة في فصل الشتاء كان بنسبة 2.5% قياساً بالمعدل العام، اما في منطقة زرباطية فقد ارتفع عن المعدل العام بنسبة 2.99%، وهذا مؤشر ان منطقة زرباطية هي أكثر تعرضاً الى تباين بين المواسم والمواقع.

ان الفروق المعنوية للتداخل بين المواقع والمواسم يعود الى تأثير كل من الأسباب التي ذكرت سابقاً فضلاً عن أسلوب إدارة الآبار والأراضي والترب المجاورة للآبار، إذ على سبيل المثال عند استخدام الاسمدة الكيميائية فان تأثيرها قد يسهم في اذابة او تراكم في الكالسيوم داخل المياه الجوفية التي تتدفق في منطقة الدراسة (Atta وآخرون، 2016)، وقد كانت نتائج الدراسة أدنى من النتائج التي توصل اليها حمادي (2020) واعلى من النتائج التي توصل اليها منصور (2021).

#### 4-5-9 ايون المغنسيوم Mg

ويعد المغنسيوم من الايونات الموجبة الشائعة في المياه الجوفية ويأتي بعد الكالسيوم من إذ الأهمية والمغنسيوم أكثر قابلية للذوبان من الكالسيوم، كما يتواجد في المياه الجوفية اما بصورة ذائبة او بهيئة املاح او صخور مثل الدولومايت، وان سبب حدوث العسرة في المياه الجوفية يمكن ان يعزى الى تواجد كلا من ايونات الكالسيوم والمغنسيوم.

تشير النتائج الخاصة بقيم ايون المغنسيوم في جدول (12) وملحق (1) الى وجود فروق معنوية بين المواقع وبين المواسم والتداخل بينهما على مستوى احتمالية 0.05، اذ تبين نتائج متوسطات قيم ايون المغنسيوم (الجدول 12) وجود ارتفاعاً واضح لأيون المغنسيوم في مياه ابار منطقة بدره وبلغ 131.62 مليغرام لتر<sup>-1</sup> مقارنة بمنطقة زرباطية 120.36 مليغرام لتر<sup>-1</sup>، قد يعزى ارتفاعه في المياه الجوفية الى وجود معادن الدولومايت (Dolomite) في الطبقات الجيولوجية والتركيب المعدني للصخور والترب لمنطقة بدره ومحتواها من الصخور الرسوبية من كربونات الكالسيوم والمغنسيوم  $Ca Mg (CO_3)_2$ ، وهذا ما يفسر تواجد ايون المغنسيوم في المياه الجوفية.

واظهرت نتائج الدراسة زيادة في ايون المغنسيوم في فصل الشتاء في اربعة مواسم، ففي فصل الشتاء بلغ اعلى متوسط لأيون المغنسيوم 130.07 مليغرام لتر<sup>-1</sup> اما اقل متوسط في فصل الربيع فبلغ 123.56 مليغرام لتر<sup>-1</sup>، وقد يعود ذلك الى حدوث بعض الأمور المهمة التي تؤدي الى تغذية المياه الجوفية من مصادر متعددة وخاصة عند سقوط الامطار واجراء الري وورود سيول سطحية التي تكون محملة بالمياه من الدول المجاورة، اذ تعويض معظم هذه المياه السابقة الى داخل الأرض باتجاه المياه الجوفية في منطقة الدراسة في فصل الشتاء (Singh, 2022).

جدول (12) متوسطات قيم المغنسيوم Mg (مليغرام لتر<sup>-1</sup>) لمياه ابار منطقة الدراسة

المعدل	الموقع		الموسم
	بدره	زرباطية	
125.18	132.21	118.15	الصيف
125.14	131.57	118.71	الخريف
130.07	135.43	124.71	الشتاء
123.56	127.28	119.85	الربيع
---	131.62	120.36	المعدل
الموقع: 4.33 * ، الموسم: 5.78 * ، التداخل: 8.67 * .			قيم LSD
*(P≤0.05).			

اما التداخل ما بين المواقع والمواسم فهناك فروق معنوية، اذ سجل اعلى مستوى لأيون المغنسيوم في الموقعين سواء في بدره او زرباطية في فصل الشتاء 135.43 مليغرام لتر<sup>-1</sup> و 124.71 مليغرام لتر<sup>-1</sup> على التوالي. ويلاحظ ان مستوى الارتفاع في قيم ايون المغنسيوم في منطقة بدره في فصل الشتاء كان بنسبة 2.8% قياساً بالمعدل العام، اما في منطقة زرباطية فقد ارتفع عن المعدل العام بنسبة 3.6%، وقد يعود الى ان تغذية المياه الجوفية من الامطار والسيول في منطقة الدراسة في الشتاء ادى الى زيادة تركيز الايونات في المياه الجوفية (Alikhan وآخرون، 2020).

#### 4-5-10 ايون الصوديوم Na

يتكون عنصر الصوديوم من التجوية الكيميائية للصخور النارية والرسوبية، كما أن بعض الاملاح والمعادن الطينية الناتجة من عمليات التجوية هي المصدر الاساسي لأيون الصوديوم (الجنابي، 2020).

وتشير النتائج الخاصة بقيم ايون الصوديوم في جدول (13) وملحق (1) الى وجود فروق معنوية بين المواقع وبين المواسم وكذلك التداخل بينهما على مستوى احتمالية 0.05. وتشير النتائج في جدول (13) لمتوسطات قيم ايون الصوديوم الى وجود ارتفاع واضح لقيم متوسطات أيون الصوديوم في

منطقة بدرة 337.55 مليغرام لتر<sup>-1</sup> بينما بلغ متوسط قيم ايون الصوديوم في منطقة زرباطية 317.82 مليغرام لتر<sup>-1</sup> ، وقد يعزى ارتفاع ايون الصوديوم في منطقة بدرة مقارنة بزرباطية الى طبيعة التركيب الكيميائي للتربة والصخور ومدى احتوائها على عنصر الصوديوم وتباين التركيب الايوني والملحي لها فضلاً عن قابلية ذوبانية املاح الصوديوم وصيغة الاتحاد الايوني للأملاح ودرجة التحلل الكيميائي للمعادن التي تحوي على ايون الصوديوم مثل معدن الفلدسبار الصوديومي ومعدن الهايلايت الذي يؤدي الى انطلاق ايونات الصوديوم في المياه الجوفية، كما ان تباين الانشطة البشرية مثل استخدام الاسمدة والمبيدات واتباع إدارة الري في كلتا المنطقتين قد تؤدي الى زيادة في تركيز ايون الصوديوم في المياه الجوفية (Liu وآخرون، 2020).

جدول (13) متوسطات قيم ايونات الصوديوم (مليغرام لتر<sup>-1</sup>) لمياه ابار منطقة الدراسة

المعدل	الموقع		الموسم
	بدرة	زرباطية	
325.78	<b>338.00</b>	<b>313.57</b>	الصيف
331.75	<b>343.93</b>	<b>319.57</b>	الخريف
335.21	<b>345.71</b>	<b>324.71</b>	الشتاء
318	<b>322.57</b>	<b>313.43</b>	الربيع
---	337.55	317.82	المعدل
الموقع: 12.17 * ، الموسم: 16.23 * ، التداخل: 24.33 *.			قيم LSD
* (P≤0.05).			

واظهرت نتائج الدراسة زيادة في ايون الصوديوم في فصل الشتاء في أربعة مواسم، ففي فصل الشتاء بلغ اعلى متوسط لأيون الصوديوم 335.21 مليغرام لتر<sup>-1</sup>، اما اقل متوسط في فصل الربيع فبلغ 318 مليغرام. لتر<sup>-1</sup> ، ويعزى هذا الارتفاع الى زيادة الايصالية الكهربائية التي حصلت في فصل الشتاء مما انعكست على زيادة قيم الايونات في المياه الجوفية وخصوصا ايون الصوديوم بسبب العلاقة الطردية بين الصوديوم والايصالية الكهربائية (الشحمانى، 2015) ، وكما اشرنا مسبقا الى ان حدوث الزيادة في الشتاء كان بسبب الامطار والري والتسميد والسيول التي تنشط في فصل الشتاء، إذ

كان لها الدور الأكبر في امداد المياه الجوفية بالمياه المحملة بالأيونات ومن ضمنها الصوديوم، كما ان إضافة الاسمدة الكيميائية في الزراعة مثل نترات الصوديوم يمكن ان تؤدي الى تراكم املاح الصوديوم في التربة والتي قد تتسرب مع المياه الى أسفل الطبقات الجوفية (AL-Kilabi،2013) عند الري المتكرر الذي له تأثير في اذابة املاح الصوديوم وبالأخص اذا كانت بتراكيز مرتفعة في التربة ومن ثم تنتقل الى المياه الجوفية (أخشيف،2016).

اما التداخل ما بين المواقع والمواسم فهناك فروق معنوية اذ سُجل اعلى معدل لأيون الصوديوم في الموقعين سواء في بدرة او زرباطية في فصل الشتاء 345.71 مليغرام لتر<sup>-1</sup> و 324.71 مليغرام لتر<sup>-1</sup> على التوالي، الا ان مستوى الارتفاع في قيم ايون الصوديوم في منطقة بدرة اثناء فصل الشتاء كان اكثر بنسبة 2.4% قياساً بالمعدل العام، اما في منطقة زرباطية فقد ارتفع عن المعدل العام بنسبة 2.16% وذلك يعود الى تأثير تداخل الأسباب السابقة والتي تم ذكرها والتي قد تسفر عن إيضاح التأثيرات الأكثر معنوية بإذ تظهر بشكل تداخلات معنوية.

#### 4-5-11 ايون البوتاسيوم K

ان تركيز البوتاسيوم في المياه الجوفية يكون اقل بكثير من تركيز الصوديوم على الرغم من ان وجود البوتاسيوم في القشرة الارضية يكون مقارباً لوجود الصوديوم فيها، الا ان هذا الفارق في التركيز سببه الانتقالية العالية للصوديوم والاستقرارية النسبية للبوتاسيوم نتيجة دخوله في تركيب المعادن الطينية اثناء عمليات التجوية(حمادي،2020). ان المصدر الرئيسي الطبيعي للبوتاسيوم في المياه الجوفية هو التجوية الكيميائية للصخور والمعادن الحاوية عليه، فضلاً عن اسهامات الأنشطة البشرية المتمثلة بالزراعة والصرف الصحي، كما ان عملية تحلل المواد العضوية المظمورة قد تطلق ايون البوتاسيوم في التربة، مما يمكنه أن يُنقل إلى المياه الجوفية لاحقاً (جواد ونصيف،2015).

وتشير النتائج الخاصة بقيم ايون البوتاسيوم في جدول(14) وملحق (1) الى وجود فروق معنوية بين الموقعين والمواسم والتداخل بينهما على مستوى 0.05، كما تبين نتائج متوسطات قيم ايون البوتاسيوم في جدول (14) وجود ارتفاع واضح لأيون البوتاسيوم في منطقة بدرة بمعدل 15.75 مليغرام لتر<sup>-1</sup> مقارنة بمنطقة زرباطية 13.11 مليغرام لتر<sup>-1</sup>، اذ يمكن ان يعود هذا الارتفاع لأيون البوتاسيوم في المياه الجوفية الى عمليات تجوية الصخور الرسوبية التي توجد في منطقة الدراسة فيتم

تحللها وتفككها، ومن ثم يؤدي الى انطلاق المعادن والعناصر الكيميائية الموجودة فيها، بما في ذلك عنصر البوتاسيوم، اذ ان ما يتحرر من المعادن الطينية مثل معدن الميكا كالبيوتايت (Biotite) والموسكوفيت (Muscovite) يمكن ان يؤدي اثراً في زيادة تراكيز ايون البوتاسيوم في منطقة بدرة كما ان معادن الرمل والغرين كما في معدن الفلدسبار البوتاسيومي من مثل معدن الأورثوكليز (Orthoclase) والميكروكلين (Microcline) قد تتحلل ببطء بفعل عمليات التجوية الكيميائية (مثل التحلل المائي)، وتطلق أيونات البوتاسيوم في الماء، ويؤدي أسلوب إدارة الأراضي الزراعية كما في اضافة الأسمدة البوتاسية مثل كلوريد البوتاسيوم وكبريتات البوتاسيوم دور في تسرب البوتاسيوم إلى باطن الأرض ثم إلى المياه الجوفية في المناطق ذات الزراعة المكثفة أو الري الزائد (رزوقي، 2023)

جدول (14) قيم المتوسطات ايون البوتاسيوم (مليغرام لتر<sup>-1</sup>) لمياه ابار منطقة الدراسة

المعدل	الموقع		الموسم
	بدرة	زرباطية	
16.33	18.65	14.00	الصيف
13.86	15.14	12.57	الخريف
14.85	14.86	14.85	الشتاء
12.68	14.35	11.00	الربيع
---	15.75	13.11	المعدل
الموقع: 0.839 * ، الموسم: 1.118 * ، التداخل: 1.68 * .			LSD قيم
*(P≤0.05).			

واظهرت نتائج الدراسة زيادة لأيون البوتاسيوم في فصل الصيف في اربعة مواسم، ففي فصل الصيف بلغ اعلى متوسط لأيون البوتاسيوم 16.33مليغرام لتر<sup>-1</sup> ، اما اقل متوسط في فصل الربيع فبلغ 12.68مليغرام لتر<sup>-1</sup> ، وقد يعزى هذا الى تأثير درجات الحرارة العالية في فصل الصيف في زيادة حاصل اذابة صخور واملاح البوتاسيوم، كما ان انخفاض تراكيز الايونات في المياه الجوفية لمنطقة الدراسة بسبب انخفاض الايصالية الكهربائية للمياه الجوفية في الصيف قد اسهم بزيادة قدرة المياه على اذابة الاملاح والمعادن الموجودة في طبقات المياه الحاملة للمياه الجوفية والتي رافقها

ارتفاع حرارة الماء الجوفي في الصيف، كذلك تأثير الاسمدة الكيميائية المستعملة في الزراعة قد يحتوي على نسبة من عنصر البوتاسيوم ومن ثم يتراكم في التربة (Al- Hatmi وآخرون، 2025).

#### 4-5-12 ايون الكلوريد Cl-

يتواجد ايون الكلور في المياه بشكل طبيعي وبنسب مختلفة إذ يكون قليلاً في المياه العذبة وكما انه قليل في القشرة الارضية لكون قابلية ذوبانيته عالية جداً، ان ارتفاع تركيزه قد يشير إلى تملح التربة أو تدهور جودة المياه الجوفية ومن اهم مصادر الطبيعية هو انحلال المعادن والصخور المحتوية على كلوريد مثل معدن الهاليت NaCl ، كما ان بعض أنواع الأسمدة مثل سماد كلوريد البوتاسيوم KCl يحتوي على عنصر الكلور، وتؤدي إلى زيادته في التربة ثم غسله مع ماء الري او الامطار للمياه الجوفية، كما ان مياه الصرف الصحي والصناعي تحتوي على نسب عالية من ايون الكلوريد وتسربها في الأرض فإنها تلوث المياه الجوفية.

وتشير النتائج الخاصة بقيم ايون الكلوريد في جدول (15) وملحق (1) الى وجود فروق معنوية في قيم ايون الكلوريد بين الموقعين والتداخل بين الكلوريد والمواسم على مستوى احتمالية 0.05، الا انه ليس هنالك فروق معنوية لأيون الكلوريد بين المواسم. وبينت نتائج متوسطات قيم ايون الكلوريد في جدول (15) وجود ارتفاع واضح لأيون الكلوريد في منطقة بدره، اذ بلغ 666.36 مليغرام لتر<sup>-1</sup> مقارنة بمنطقة زرباطية التي بلغ 623.25 مليغرام لتر<sup>-1</sup>، وقد يعزى هذا الاختلاف في تراكيز ايون الكلوريد في مياه الآبار بين مناطق الدراسة الى تباين طبيعة التركيب المعدني والصخري للطبقات الحاملة لها من الصخور ومقدار محتواها من معادن الهاليات ، فضلاً عن تباين في شدة عمليات التجوية التي من الممكن ان تحدث في الصخور والتربة في مواقع الدراسة، مما قد تنقل نواتج عمليات التجوية الى المياه الجوفية من طريق الترشيح الى الخزانات الجوفية (Abed AL-Ridah وآخرون، 2021)، فضلاً عن اختلاف في التركيب الملحي للتربة في كلتا المنطقتين وتباين أسلوب إدارة الأراضي وطرق استغلالها سواء في الجانب الزراعي او في مجالات أخرى، كما ان مناطق الدراسة اغلبها اراضٍ زراعية قد تختلف في أسلوب المكافحة الحشرية والمعاملة بالمبيدات الحاسوبية على مركبات الكلوريد العضوية ومختلف أنواعها قد تتسبب في زيادة تركيز الكلور في منطقة على أخرى (ثامر، 2014).

جدول (15) قيم المتوسطات ايون الكلوريد (مليغرام لتر<sup>-1</sup>) لمياه ابار منطقة الدراسة

المعدل	الموقع		الموسم
	بدره	زرباطية	
627.64	655.57	599.71	الصيف
660.14	691.14	629.14	الخريف
652	664.43	639.57	الشتاء
639.43	654.29	624.57	الربيع
---	666.36	623.25	المعدل
الموقع: 29.79 * ، الموسم: 39.73 غ.م ، التداخل: 59.60 *.			قيم LSD
*(P≤0.05).			

وتوضح نتائج الدراسة الحالية ان هنالك تبايناً في تراكيز ايون الكلوريد في مياه الآبار ما بين المواسم إذ سُجل اعلى مستوى في فصل الخريف 660.14 مليغرام لتر<sup>-1</sup> ، اما اقل متوسط فيبلغ في فصل الصيف 627.64 مليغرام لتر<sup>-1</sup> ، وقد يعود سبب زيادة ايون الكلوريد في فصل الخريف الى تأثير عمليات الفلاحة والري الاولي فضلاً عن الامطار، مما قد يتسبب بغسل الكلوريد بسرعة مقارنة بالأيونات الأخرى لكونه من الايونات سريعة الغسل بالتربة (الحسني،2007)، اذ ان تخفيف مياه الآبار بمياه الامطار الساقطة والري الاولي في الخريف هو احد الاسباب المحتملة إذ ان كلا من التربة والتكوينات الجيولوجية المحتوية على معدن الهالايت (كلوريد الصوديوم) كملح سريع الذوبان في الماء ويتعرض الى الحركة بالغسل باتجاه المياه الجوفية (الفراجي،2022).

#### 4-5-13 ايون الكبريتات $SO_4$

يتكون ايون الكبريتات في المياه الجوفية نتيجة لذوبان معادن الكبريتات المتواجدة في الصخور الجبسية وفضلاً عن اشتقاقه من تحلل المواد العضوية والاسمدة المستعملة في الزراعة والتي غالباً ما يكون تركيزها في المياه يؤدي الى جعل طعمها مر المذاق (عبد العزيز، 2022).

وتشير النتائج الخاصة بقيم ايون الكبريتات في جدول (16) وملحق (1) الى وجود فروق معنوية في قيم ايون الكبريتات بين المواقع والتداخل بين المواقع والمواسم على مستوى احتمالية 0.05 الا انه ليس هنالك فروق معنوية لأيون الكبريتات بين المواسم. اذ بينت نتائج متوسطات قيم ايون الكبريتات في جدول (16) حصول ارتفاع واضح لأيون الكبريتات في منطقة بدره ،اذ بلغ 575.63 مليغرام لتر<sup>-1</sup> مقارنة بمنطقة زرباطية الذي بلغ 527.75 مليغرام لتر<sup>-1</sup> ، وقد يعزى هذا الاختلاف الى الطبيعة الجيولوجية لمنطقة بدره كونها غنية برواسب مركبات الكبريت مثل معادن الجبس والانهدرايت والتي قد تعد من المصادر المهمة في امداد المياه الجوفية بأيون الكبريتات، فضلاً عن اختلافات في عمليات الإدارة واستعمالات الأراضي في كلتا المنطقتين، اذ من المحتمل استعمال الأسمدة الكيمائية والكبريت الزراعي او الجبس ومن ثم ادى الى زيادة تراكيز ايون الكبريتات كون منطقة الدراسة مناطق زراعية وفضلاً عن استعمال المبيدات والأسمدة العضوية (Alikhan وآخرون، 2020).

جدول (16) قيم المتوسطات ايون الكبريتات (مليغرام لتر<sup>-1</sup>) لمياه ابار منطقة الدراسة

المعدل	الموقع		الموسم
	بدره	زرباطية	
532.4	<b>566.93</b>	<b>497.86</b>	الصيف
553.79	<b>584.57</b>	<b>523.00</b>	الخريف
568.64	<b>582.14</b>	<b>555.14</b>	الشتاء
551.93	<b>568.86</b>	<b>535.00</b>	الربيع
---	575.63	527.75	المعدل
	الموقع: 28.45 * ، الموسم: 37.94 غ.م ، التداخل: 56.91 *.		قيم LSD
*(P≤0.05).			

ويتضح من النتائج ان هنالك زيادة غير معنوية لأيون الكبريتات في فصل الشتاء، وقد كان التداخل بين المواقع والمواسم معنوياً، فقد بلغ اعلى معدل للكبريتات 584.57 مليغرام. لتر<sup>-1</sup> في فصل الخريف في بدرة، بينما بلغ اقل متوسط في فصل الصيف 497.86 مليغرام. لتر<sup>-1</sup> في منطقة زرباطية، بسبب تأثير تداخل كل من العوامل المؤثرة في تجهيز المياه الجوفية بأيون الكبريتات والمتمثلة بالمناخ وتأثيره بدرجات حرارة المياه الجوفية وذوبانية الصخور والاملاح في فصل الصيف، فضلاً عن تأثير عمليات الري والامطار في فصل الشتاء ومن ثم تتم اذابة مركبات كبريت واكاسيد الكبريت في ماء الري او المطر، كما ان تباين أساليب استعمال الأراضي وطرق ادارتها وخصائص المنطقة المحيطة بالآبار والية تصريف الفضلات الزراعية والصناعية التي تكون حاوية على ايون الكبريتات التي تنتج من الاسمدة الكيميائية (الفقي،2016)، كما يؤدي النشاط البكتيري في طبقات التربة دوراً في تفاعلات الاكسدة والاختزال لأطوار الكبريت التي تحدث نتيجة التفاعلات الكيميائية بين المواد الكيميائية الموجودة في المياه الجوفية والمواد الصلبة الاخرى كالصخور والرواسب (Al-Tameemi، 2020).

#### 4-5-14 ايون البيكاربونات HCO<sub>3</sub>

ان المصدر الرئيسي لأيون البيكاربونات الذائبة في الماء هي الصخور الكربونية والتساقط إذ يحتوي على ثنائي اوكسيد الكربون الناتج عن الفعاليات العضوية التي تحصل في التربة وعند تلامسه مع المياه الارضية او الجوفية سوف يحصل تفاعل مكوناً حامض الكربونيك المخفف، وبالتالي يتفاعل مع الصخور الكربونية مؤدياً الى ذوبانها ويرفع تراكيز ايون البيكاربونات في المياه الجوفية (ثامر،2014). ويعد وجود ايون البيكاربونات امراً ضرورياً في المياه الجوفية الا ان مساوى ارتفاع تراكيزه هو تجمع وزيادة ايون الصوديوم وكذلك يعمل على إضعاف حركة المغذيات الواصلة للنبات وعرقلة نموه (الحياي،2022).

وتشير النتائج الخاصة بقيم ايون البيكاربونات في جدول (17) وملحق (1) الى وجود فروق معنوية بين الموقعين وبين المواسم والتداخل بينهما على مستوى 0.05. وبينت نتائج قيم متوسطات ايون البيكاربونات في جدول (17) ان هنالك زيادة واضحة لأيون البيكاربونات في منطقة بدرة فقد بلغ معدل ايون البيكاربونات 282.62 مليغرام لتر<sup>-1</sup>، بينما في منطقة زرباطية بلغ معدل ايون البيكاربونات 264.67 مليغرام لتر<sup>-1</sup>، ويعود هذا التباين الى قيمة الاس الهيدروجيني pH ففي منطقة

بدرة كانت قيم الاس الهيدروجيني اعلى من منطقة زرباطية إذ يقوم ايون الهيدروجين بالاتحاد مع ايون الكربون ويتحول الى بيكاربونات (الجنابي،2020).

واظهرت نتائج الدراسة في جدول (17) ان قيم متوسطات ايون البيكاربونات بلغ اعلى متوسط 294.36 مليغرام لتر<sup>-1</sup> في فصل الصيف، بينما بلغ اقل متوسط لأيون البيكاربونات 257.14 مليغرام لتر<sup>-1</sup> في فصل الخريف، وقد يعود ذلك الى ارتفاع القاعدية الكلية في المياه، إذ يترتب على ذلك زيادة قيم الاس الهيدروجيني فوق 7، اذ رافق ذلك انخفاض قيم الايصالية الكهربائية والذي اسهم بزيادة ذوبانية معادن وصخور كربونات الكالسيوم (CaCO<sub>3</sub>) أو الدولومايت (CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)، اذ اذابت البيكاربونات فقط مع كميات قليلة من الكاتيونات مثل الكالسيوم والمغنسيوم، مما يؤدي إلى ارتفاع تركيز ايون البيكاربونات في المياه الجوفية، كما ان تأثير درجات الحرارة العالية في فصل الصيف زادت من ذوبانية صخور الكلس او الدولومايت (الحيالي،2022).

اما التداخل ما بين المواقع والمواسم فهناك فروق معنوية اذ سُجّل اعلى معدل لأيون البيكاربونات في الموقعين سواء في بدرة او زرباطية في فصل الصيف 297 مليغرام لتر<sup>-1</sup> و 291.71 مليغرام لتر<sup>-1</sup> على التوالي. الا ان مستوى الارتفاع في قيم ايون البيكاربونات في منطقة بدرة في فصل الصيف كان أكثر بنسبة 5% قياساً بالمعدل العام، اما في منطقة زرباطية فقد ارتفع عن المعدل العام أكثر بنسبة 10.2%

جدول (17) قيم المتوسطات لايون البيكاربونات (مليغرام. لتر<sup>-1</sup>) لمياه ابار منطقة الدراسة

المعدل	الموقع		الموسم
	بدرة	زرباطية	
294.36	297.00	291.71	الصيف
257.14	270.71	243.57	الخريف
275.57	284.43	266.71	الشتاء
267.54	278.36	256.71	الربيع
---	282.62	264.67	المعدل
الموقع: 12.09 * ، الموسم: 16.12 * ، التداخل: 24.17 *.			قيم LSD
*(P≤0.05).			

### 4-5-15 أيون النترات No3

أيون النترات له تأثير مهم في تقييم مدى صلاحية المياه للاستعمال البشري وخاصة في الشرب وهناك مصادر متعددة لأيون النترات في المياه الجوفية منها الفضلات العضوية وغير العضوية للإنسان والحيوان والأسمدة الكيميائية، (Yu وآخرون، 2020). ويمتاز هذا الأيون بسرعة ذوبانيته في مياه الري أو مياه الأمطار التي تنتقل إلى طبقات المياه الجوفية ومن ثم زيادة تركيز أيون النترات داخل المياه الجوفية (WHO، 2011).

وتشير النتائج الخاصة بقيم أيون النترات في جدول (18) وملحق (1) إلى وجود فروق معنوية بين الموقعين وبين المواسم والتداخل بينهما على مستوى 0.05. كما بينت نتائج جدول (18) لمتوسطات قيم أيون النترات أن هنالك زيادة في تركيز النترات في منطقة بدرية والذي بلغ 14.51 مليغرام لتر<sup>-1</sup> مقارنة بمنطقة زرباطية الذي بلغ 12.57 مليغرام لتر<sup>-1</sup>، وقد يعزى ذلك إلى كثرة الأنشطة الزراعية في بدرية إذ قد تستخدم الأسمدة النيتروجينية أو بقايا المخلفات الحيوانية والأسمدة العضوية أو بفعل تسرب مياه الصرف الصحي والتخلص غير السليم من النفايات غير المعالجة فضلاً عن زيادة الأنشطة الصناعية التي تطلق مركبات النتروجين في البيئة.

جدول (18) قيم المتوسطات أيون النترات (مليغرام. لتر<sup>-1</sup>) لمياه ابار منطقة الدراسة

المعدل	الموقع		الموسم
	بدرية	زرباطية	
17.89	19.21	16.57	الصيف
13.38	14.55	12.21	الخريف
12.36	12.92	11.79	الشتاء
10.54	11.36	9.71	الربيع
---	14.51	12.57	المعدل
الموقع: 1.256 * ، الموسم: 1.67 * ، التداخل: 2.51 * .			قيم LSD
*(P≤0.05).			

واظهرت نتائج الدراسة الحالية ان هنالك تبايناً ما بين المواسم الأربعة فقد بلغ اعلى متوسط لأيون النترات في فصل الصيف 17.89 مليغرام لتر<sup>-1</sup>، بينما اقل متوسط في فصل الربيع 10.54 مليغرام لتر<sup>-1</sup>. إذ لوحظ ارتفاع لأيون النترات في فصل الصيف الجاف، وذلك بسبب ارتفاع درجات الحرارة وزيادة تحلل المادة العضوية وإطلاق النتروجين بصيغة نترات (رزوقي، 2023) و(المهنأوي، 2023)، فضلاً عن ان ارتفاع الحرارة قد تسرع البكتريا التي تحول الأمونيا إلى نترات، كما انه في بعض الحالات في الصيف لا يوجد الغطاء النباتي الذي يستهلك كميات كبيرة من النترات، مما يترك فائضاً قابلاً للغسل نحو المياه الجوفية إذ توجد فقط المخلفات العضوية للنباتات والتي تزيد نشاط الاحياء المجهرية في تحلل بقايا النباتات طالقة النتروجين بهيئة نترات (الحيالي، 2020).

اما التداخل ما بين المواقع والمواسم فهناك فروق معنوية اذ سُجل اعلى معدل لأيون النترات في الموقعين سواء في بكرة او زرباطية في فصل الصيف 19.21 مليغرام لتر<sup>-1</sup> و16.57 مليغرام لتر<sup>-1</sup> على التوالي. الا ان مستوى الارتفاع في قيم ايون النترات في منطقة بكرة في فصل الصيف كان أكثر بنسبة 32.39% قياساً بالمعدل العام، اما في منطقة زرباطية فقد ارتفع عن المعدل العام بنسبة 31.8%.

#### 4-5-16 ايون الفوسفات PO<sub>4</sub>

يعد الفسفور من اهم العناصر المغذية والضرورية اللازمة لنمو النباتات، وهو يتواجد على شكل ايونات ذائبة في المياه ويتواجد في الصخور الرسوبية والبركانية، وفي الترسبات التي تحتوي على العظام الحيوانية وصخور الاباتيت، عندما تتعرض هذه الصخور والترسبات للمياه يحدث انحلال للفسفور ويزداد تركيزه في المياه الجوفية، فضلاً عن ذلك ان تسرب ما يتحلل من الفضلات الحيوانية في المياه الجوفية ايضاً يسهم في زيادة تراكيز الفسفور فيها (Latha و Rao، 2010).

وتشير النتائج الخاصة بقيم ايون الفوسفات في جدول (19) وملحق (1) الى وجود فروق معنوية بين الموقعين وبين المواسم والتداخل بينهما عند مستوى 0.05، كما بينت نتائج متوسطات القيم لأيون الفسفور في جدول (19) ان هنالك فروقاً معنوية بين موقعي بكرة وزرباطية إذ بلغ تركيز الفوسفات في منطقة بكرة 0.377 مليغرام لتر<sup>-1</sup> مقارنة بمنطقة زرباطية التي بلغ 0.307 مليغرام لتر<sup>-1</sup>.

جدول (19) قيم المتوسطات ايون الفوسفات (مليغرام لتر<sup>-1</sup>) لمياه ابار منطقة الدراسة

المعدل	الموقع		الموسم
	بدره	زرباطية	
0.387	<b>0.403</b>	<b>0.370</b>	الصيف
0.329	<b>0.355</b>	<b>0.302</b>	الخريف
0.349	<b>0.373</b>	<b>0.325</b>	الشتاء
0.305	<b>0.378</b>	<b>0.232</b>	الربيع
---	0.377	0.307	المعدل
الموقع: 0.025 * ، الموسم: 0.033 * ، التداخل: 0.049 *.			قيم LSD
*(P≤0.05).			

وقد يعزى هذا التباين بين الموقعين الى تأثير منطقة بدره بالسيول الواردة من الامطار والتباين في طبيعة التركيبات الجيولوجية ومحتوى الطبقات الصخرية الحاملة للمياه ومحتواها من المعادن والصخور الرسوبية الحاوية على معادن الأباتيت (Apatite) ، مع تجوية هذه الصخور يتحرر الفسفور ويصل إلى المياه الجوفية، كذلك تباين في محتوى المواد العضوية المتحللة ، اذ ان عملية التحلل للمخلفات النباتات المدفونة في التربة بفعل الكائنات الدقيقة قد يطلق كميات من الفسفور العضوي والتي قد تصل إلى الماء الجوفي فضلاً عن الاستخدام المكثف للفوسفات في الأسمدة الكيميائية يؤدي إلى تسرب الفسفور في التربة ومن ثم إلى المياه الجوفية، اذ ان استخدام الاسمدة الفوسفاتية بكثرة في زراعة الحقول المحيطة بجانب الآبار قد يحصل غسل بفعل سقوط الامطار او الري المتكرر والمفرط ، مما يؤدي الى اذابة وترشيح الفوسفات باتجاه خزان الماء الجوفي، وفضلاً عن ان الفوسفات أحد مكونات التربة والصخور، او بسبب استعمال بعض المنظفات والمساحيق التي تحتوي على مركبات ايون الفوسفات الثلاثي (Triphosphate) ، ومن ثم عندما يتفاعل مع الماء ويتحول الى ايون الفوسفات عند استخدام هذه المنتجات وغسلها وتصريفها في الصرف وعندئذ تنتسرب ايون الفوسفات في المياه الجوفية (الصفراوي، 2018).

واظهرت نتائج الدراسة الحالية لتراكيز ايون الفوسفات مواسم للأربعة فكانت اعلى معدل في فصل الصيف فقد بلغت 0.387 مليغرام لتر<sup>-1</sup>، اما اقل معدل فكان في فصل الربيع 0.305 مليغرام

لتر<sup>-1</sup> ، يعزى ذلك الى تأثير درجات الحرارة في الصيف بزيادة اذابة معادن الفوسفات، مما يؤدي الى زيادة تحلل المادة العضوية، مما قد يتسبب بزيادة الفوسفور بالتربة ، ومن جهة أخرى فان سبب انخفاض قيم الفوسفات في المواسم الأخرى قد يعود الى قابلية الفوسفات للترسيب بشكل فوسفات الكالسيوم فضلاً عن قد يحصل امتزازه على اسطح معادن الطين، مما يقلل من انتقاله الى المياه، كما ان لقيمة الاس الهيدروجيني pH تأثير في صور ايون الفوسفات ، إذ له اثر مهم في جاهزية وذوبانية الفسفور وغيره من العناصر (AL-Hussein واخرون، 2023).

اما التداخل ما بين المواقع والمواسم فهناك فروق معنوية اذ سُجّل اعلى معدل لأيون الفوسفات في الموقعين سواء في بدرة او زرباطية في فصل الصيف 0.403 مليغرام لتر<sup>-1</sup> و0.370 مليغرام لتر<sup>-1</sup> على التوالي. الا ان مستوى الارتفاع في قيم ايون الفوسفات في منطقة بدرة في فصل الصيف كان أكثر بنسبة 6.8% قياساً بالمعدل العام، اما في منطقة زرباطية فقد ارتفع عن المعدل العام بنسبة 20.5%.

#### 4-5-17 نسبة امتزاز الصوديوم SAR

تعد نسبة امتزاز الصوديوم (SAR) من اهم الخصائص الكيميائية لتقييم نوعية المياه الجوفية لأغراض الري والزراعة بسبب علاقتها المباشرة مع ايونات الكالسيوم والمغنسيوم. يتضح من نتائج جدول (20) وملحق (1) ان قيم نسبة امتزاز الصوديوم لمياه الآبار في جميع المواقع كان يتراوح من 3.45- 5.77 (ملي مول شحنة لتر<sup>-1</sup>)<sup>1/2</sup> ، كما لم تلاحظ هنالك فروق معنوية لقيم نسبة امتزاز الصوديوم بين ابار مواقع الدراسة جميعاً ولا توجد فروقات معنوية لقيم نسبة امتزاز الصوديوم SAR بين المواسم فضلاً عن ان التداخلات لم تكن معنوية أيضاً عند مستوى 0.05.

ان سبب عدم وجود تباين في قيم نسبة امتزاز الصوديوم للمياه الجوفية، قد يعود الى تأثير الاختلاف في تراكيز كل من ايونات الكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم في المواقع والمواسم أيضاً، والذي قد انعكس في تأثيره على قيم نسبة امتزاز الصوديوم في المياه الجوفية في منطقة الدراسة.

جدول (20) قيم المتوسطات SAR (ملي مول شحنة لتر<sup>-1</sup>)<sup>1/2</sup> لمياه إبار منطقة الدراسة

المعدل	الموقع		الموسم
	بدره	زرباطية	
3.99	4.04	3.94	الصيف
4.08	4.11	4.05	الخريف
4.08	4.05	4.11	الشتاء
3.91	3.97	3.85	الربيع
---	4.04	3.98	المعدل
الموقع: 0.134 غ.م. ، الموسم: 0.179 غ.م. ، التداخل: غ.م.			قيم LSD
غ.م. غير معنوي.			

#### 4-6 تركيز العناصر الثقيلة في المياه الجوفية

##### 4-6-1 تركيز عنصر الرصاص (Pb)

يتواجد الرصاص (Pb) في الطبيعة متحداً مع الكبريت في معدن الغالينا (PbS) galena ومن اهم مصادر تلوث الرصاص هي غازات العوادم لمحركات البنزين وتشكل حوالي 80% من اجمالي الرصاص في الهواء (Sherene ، 2010).

تشير النتائج الخاصة بقيم عنصر الرصاص في جدول (21) وملحق (1) الى وجود فروق معنوية في قيم عنصر الرصاص بين المواقع والتداخل بين الرصاص والمواسم على مستوى احتمالية 0.05 الا انه ليس هنالك فروق معنوية لعنصر الرصاص بين المواسم. وبينت نتائج قيم متوسطات عنصر الرصاص (جدول 21،) ارتفاعاً معنوياً في قيم الرصاص في منطقة زرباطية إذ بلغت 0.386 مليغرام لتر<sup>-1</sup> مقارنة بمنطقة بدره التي بلغت 0.267 مليغرام لتر<sup>-1</sup>، وقد يعزى ذلك الى عدة اسباب منها اختلاف الطبيعة الجيولوجية، اذ ان بعض أنواع الصخور كالصخور الرسوبية المحتوية على معادن ثقيلة والتي تحتوي على كميات طبيعية من الرصاص، فعند تفاعل المياه الجوفية مع هذه الصخور قد يحدث نوبان أو إطلاق للرصاص في الماء بفعل العمليات الجيوكيميائية، فضلاً عن الاختلاف في مصادر التلوث.

جدول (21) قيم متوسطات الرصاص (Pb) مليغرام لتر<sup>-1</sup> لمياه إبار منطقة الدراسة

المعدل	الموقع		الموسم
	بدره	زرباطية	
0.325	<b>0.265</b>	<b>0.384</b>	الصيف
0.325	<b>0.264</b>	<b>0.386</b>	الخريف
0.324	<b>0.261</b>	<b>0.387</b>	الشتاء
0.333	<b>0.278</b>	<b>0.387</b>	الربيع
---	0.267	0.386	المعدل
الموقع: 0.052 * ، الموسم: 0.069 غ.م ، التداخل: 0.103 *.			قيم LSD
*(P≤0.05).			
0.01 مليغرام.لتر <sup>-1</sup>			WHO(2011)
0.01 مليغرام.لتر <sup>-1</sup>			IQS(2009)

اذ ان غالبية المخلفات الحربية كانت في منطقة زرباطية اثرت في زيادة الرصاص إذ كانت تكتنات عسكرية في الثمانينيات من القرن المنصرم، وحدثت فيها معارك في الحرب العراقية الإيرانية والتي استمرت ثماني سنوات من المرابطة للقطعات العسكرية في منطقة زرباطية، مما قد تتسرب بقايا هذه المخلفات التي تحمل عنصر الرصاص في المياه الجوفية (المنهاوي،2023).

اما بالنسبة الى تصنيف عنصر الرصاص بحسب معايير منظمة الصحة العالمية WHO(2011) والمواصفات العراقية(2009) فقد تجاوزت المعايير ولا تعد المياه صالحة للشرب\* ملحق رقم(2).

## 4-6-2 تركيز عنصر النحاس (Cu) ppm

يعتمد ترسيب عنصر النحاس في المياه بشكل عام على وجود العناصر الأخرى في الوسط المائي وخصائصه مثل كمية الأوكسجين ودرجة حرارة المياه والعسرة الكلية ونوعية الأملاح الأخرى المذابة (الحايك، 2017).

وتشير النتائج الخاصة بقيم عنصر النحاس في جدول (22) وملحق (1) الى وجود فروق معنوية في قيم عنصر النحاس بين الموقعين والتداخل بين النحاس والمواسم على مستوى احتمالية 0.05، الا انه ليس هنالك فروق معنوية لعنصر النحاس بين المواسم. وبينت نتائج قيم متوسطات ايون النحاس في الجدول (22) وجود فروق معنوية لأيون النحاس بين الموقعين ففي منطقة زرباطية بلغت 0.326 مليغرام لتر<sup>-1</sup> مقارنة بمنطقة بدرية التي بلغت 0.264 مليغرام لتر<sup>-1</sup>، كما يتضح من جدول (22) وجود فروق مكانية بين مواقع الدراسة، ويمكن ان يعود سبب الانخفاض في تراكيز النحاس الى وجود نسب قليلة من النحاس والتي قد ترسبت في القاع وهذا ما اتفق عليه (المشهداني، 2019) و(المنهاوي، 2023)، كما ان المعادن المكونة لعنصر النحاس في القشرة الارضية قليلة وتمتاز بدوبانية منخفضة فضلاً عن احتمالية امتزاز الصيغ الايونية للنحاس بواسطة المعادن الطينية او اتحادها مع المركبات مثل كبريتيد النحاس بسبب تباين تواجد الكبريت بين المنطقتين وفضلاً عن ذلك قد يتأثر عنصر النحاس بوجود الظروف القاعدية للمياه (السعيد والعبودي، 2014).

اما سبب زيادته في منطقة زرباطية فقد يعود الى زيادة نسبه في التكوينات الجيولوجية التي تحتوي على معادن النحاس مثل البازلت أو الصخور النارية والمتحولة التي تحتوي على كبريتيدات النحاس، فضلاً عن تباين درجة الحموضة (pH) إذ تزداد الذوبانية في الاتجاه الأقل قاعدية، لذا فإن المياه ذات pH المنخفض تُذيب النحاس أكثر من المياه القلوية كما ان الظروف المؤكسدة قد تزيد من ذوبانية بعض أشكال النحاس في المياه والتي يمكن ان تتفاعل مع المياه الجوفية وتطلق عنصر النحاس، فضلاً عن عمليات استخراج المعادن والتعدين إذ يؤدي الى تسرب النحاس في المياه الجوفية، كذلك اهم اسباب التلوث بالنحاس هو المخلفات الحربية او استخدام الأسمدة والمبيدات الكيميائية لأجل زيادة انتاجية الحقول والمزارع، كما ان الظروف الهيدروجيولوجية قد تؤثر في حركة المياه الجوفية في تراكم النحاس (صديق، 2020).

اما بالنسبة الى تصنيف عنصر النحاس بحسب معايير منظمة الصحة العالمية (WHO 2011) والمواصفات العراقية(2009) فإنه لم يتجاوز الحدود المسموح بها بالنسبة للمواصفات الدولية وتعد صالحة للشرب في حالة إجراء معالجة للمياه ولكنه متجاوز الحدود المسموح بها ضمن المواصفات العراقية \*ملحق (2).

جدول(22) المتوسطات قيم لعنصر النحاس (Cu) مليغرام لتر<sup>-1</sup> لمياه ابار منطقة الدراسة

المعدل	الموقع		الموسم
	بدره	زرباطية	
0.306	<b>0.273</b>	<b>0.338</b>	الصيف
0.287	<b>0.259</b>	<b>0.315</b>	الخريف
0.289	<b>0.256</b>	<b>0.322</b>	الشتاء
0.297	<b>0.266</b>	<b>0.328</b>	الربيع
---	0.264	0.326	المعدل
الموقع: 0.039 * ، الموسم: 0.052 غ.م ، التداخل: 0.078 *.			LSD قيم
*(P≤0.05).			
2.0 مليغرام.لتر <sup>-1</sup>			WHO(2011)
0.03 مليغرام.لتر <sup>-1</sup>			IQS(2009)

#### 4-6-3 تركيز عنصر الكاديوم (Cd)

يتواجد عنصر الكاديوم في الطبيعة بحالته المعدنية (Cd) ويكون نادر التواجد على شكل كاتيونات (Cd<sup>+2</sup>) والتي تكون سائدة في معظم الرواسب الطبيعية، ان معادن الكاديوم ليس لها القابلية للذوبان في المياه، الا انه يمكن ان يدخل الى البيئة من طريق العمليات الطبيعية كالتجوية والاحتراق الطبيعي للبراكين وحرائق الغابات كما ان املاحه يمكنها ان تذوب بسهولة (Southernland, 2016)، كما قد يأتي من العمليات البشرية مثل التعدين والزراعة وتدفق النفايات الصناعية ورماد الفحم والوقود الاحفوري وعمليات الصرف الصحي (Rini و Charles, 2018).

وتشير النتائج الخاصة بقيم عنصر الكاديوم في جدول (23) وملحق (1) الى وجود فروق معنوية في قيم عنصر الكاديوم بين المواسم والتداخل بينهما عند مستوى 0.05 ، الا انه ليس هنالك فروق معنوية لعنصر الكاديوم ما بين المواقع، إذ بينت نتائج متوسطات قيم ايون الكاديوم في الجدول (23) عدم وجود للفروق المعنوية بين المواقع، إذ يوجد هنالك تفاوتاً قليل غير معنوي في تراكيز عنصر الكاديوم، مما يشير الى عدم وجود اختلاف جوهري في كمية الملوثات التي تحتوي على مركبات الكاديوم في الطبيعة ما بين المواقع ولا يوجد تباين للاستعمالات الزراعية والبشرية للأسمدة والملوثات البشرية المحتوية على عنصر الكاديوم ما بين المواقع أيضاً وفي المياه الجوفية (الحمداي، 2020).

وبينت نتائج الجدول (23) ان هناك فروقاً معنوية ما بين المواسم لعنصر الكاديوم (Cd) في مدة الدراسة إذ وجد ان اعلى معدل كان في فصل الربيع لعنصر الكاديوم فقد بلغ 0.196 مليغرام لتر<sup>-1</sup> واقل معدل كان في فصل الخريف إذ بلغ 0.117 مليغرام لتر<sup>-1</sup>، وقد يعزى ذلك الى الامطار الغزيرة التي سقطت في فصل الربيع، مما يؤدي الى زيادة تدفق المياه السطحية الى المياه الجوفية ومن ثم يمكن ان تحمل هذه المياه السطحية عنصر الكاديوم من عدة مصادر مختلفة كالأنشطة الزراعية والتصريف الصناعي في الربيع، كما قد يرتفع منسوب المياه الجوفية بفعل التغذية الطبيعية، مما يؤدي إلى تحلل بعض المعادن الثقيلة من الصخور أو التربة ودخولها في المياه الجوفية. او قد يعود الى زيادة النشاط البشري في الموسم الزراعي في الربيع إذ يزداد استخدام الأسمدة والمبيدات، مما يرفع احتمالية تسرب الكاديوم في المياه الجوفية، فضلاً عن ذلك فان في الربيع قد تزداد كميات الأمطار وترافقها السيول مما قد تجرف او تغسل الأسمدة والمبيدات الحشرية ومخلفات المعادن الثقيلة من التربة السطحية إلى طبقات المياه الجوفية. (Chowdhury وآخرون، 2025).

جدول 23: قيم المتوسطات لعنصر الكاديوم (Cd) مليغرام.لتر<sup>-1</sup> لمياه ابار منطقة الدراسة

المعدل	الموقع		الموسم
	بدره	زرباطية	
0.134	<b>0.131</b>	<b>0.137</b>	الصيف
0.117	<b>0.120</b>	<b>0.114</b>	الخريف
0.128	<b>0.124</b>	<b>0.132</b>	الشتاء
0.196	<b>0.130</b>	<b>0.261</b>	الربيع
---	0.126	0.161	المعدل
الموقع: 0.039 غ.م. ، الموسم: 0.052 * ، التداخل: 0.079 * .			LSD قيم
*(P≤0.05).			
0.03 مليغرام.لتر <sup>-1</sup>			WHO(2011)
1 مليغرام.لتر <sup>-1</sup>			IQS(2009)

اما التداخل ما بين المواقع والمواسم فهناك فروق معنوية اذ سُجل اعلى معدل لعنصر الكاديوم في الموقعين في فصل الصيف 0.131 مليغرام لتر<sup>-1</sup> و 0.126 مليغرام لتر<sup>-1</sup> في زرباطية في فصل الربيع، إذ كان مستوى الارتفاع في قيم عنصر الكاديوم في منطقة بدره في فصل الصيف اكثر بنسبة 3.9% قياساً بالمعدل العام، اما في منطقة زرباطية فقد ارتفع تركيز الكاديوم في فصل الربيع عن المعدل العام بنسبة 62.11%.

ان قيم ايون الكاديوم تجاوزت الحدود المسموح بها بحسب منظمة الصحة العالمية (2011) WHO الا انها لم تتجاوز الحدود المسموح بها للمواصفات العراقية (2009) IQS \*ملحق (2).

#### 4-6-4 تركيز عنصر الكروم (Cr) ppm

اصبح تلوث الكروم (Cr) في المياه الجوفية والتربة أحد أهم المخاوف البيئية في جميع أنحاء العالم في البيئة الطبيعية، يوجد الكروم بشكل أساسي في حالتي أكسدة: Cr (VI) و Cr(III) من بين هذه الحالات، يتميز Cr(VI) بقدرته العالية على الحركة، وقابليته للذوبان في المحاليل المائية، ومقاومته للتحلل البيولوجي الطبيعي، مما يجعله ملوثاً خطيراً بشكل خاص (Hu وآخرون، 2025).

وتشير النتائج الخاصة بقيم عنصر الكروم في جدول (24) وملحق (1) الى وجود فروق معنوية في قيم عنصر الكروم بين الموقعين والتداخل بين الكروم والمواسم على مستوى احتمالية 0.05، الا انه ليس هنالك فروق معنوية لعنصر الكروم بين المواسم.

وأظهرت نتائج جدول (24) انه سُجل اعلى معدل لعنصر الكروم في منطقة زرباطية فقد بلغ 0.353 مليغرام لتر<sup>-1</sup>، بينما في منطقة بدرية سُجل 0.315 مليغرام لتر<sup>-1</sup>، وقد يعزى هذا الى اسباب عدة منها قد تكون منطقة زرباطية تحتوي على بعض الصخور او المعادن التي تحتوي على تركيزات اعلى من الكروم بشكل طبيعي او بسبب استعمال الاسمدة الزراعية والمبيدات الحشرية الحاوية على تراكيز الكروم التي تؤدي الى زيادة تراكيزه، فضلا عن الظروف الهيدروجيولوجية كمعدل تدفق المياه الجوفية والمسامية والتركيب الكيميائي للتربة التي تؤثر في حركة عنصر الكروم وتوزيعه في المياه الجوفية (Rini و Charles، 2018).

ان قيم ايون الكروم فانه قد تجاوزت الحدود المسموح بها لكل مواصفات مياه الشرب العالمية WHO (2011) والعراقية (2009) IQS ولا يصلح للشرب في جميع الاحوال\*ملحق(2)

جدول: 24 قيم المتوسطات لعنصر الكروم (Cr) مليغرام لتر<sup>-1</sup> لمياه ابار منطقة الدراسة

المعدل	الموقع		الموسم
	بدره	زرباطية	
0.344	<b>0.329</b>	<b>0.358</b>	الصيف
0.325	<b>0.308</b>	<b>0.342</b>	الخريف
0.329	<b>0.307</b>	<b>0.351</b>	الشتاء
0.339	<b>0.317</b>	<b>0.361</b>	الربيع
---	0.315	0.353	المعدل
الموقع: 0.029 * ، الموسم: 0.040 غ.م ، التداخل: 0.048 * .			LSD قيم
*(P≤0.05).			
0.05 مليغرام.لتر <sup>-1</sup>			WHO(2011)
0.05 مليغرام.لتر <sup>-1</sup>			IQS(2009)

#### 4-6-5 تركيز عنصر الكوبلت (Co)

يتواجد عنصر الكوبلت في المياه الجوفية بعدة اشكال بما في ذلك الايونات الذائبة والجسيمات الغروية والمعقدات العضوية، ومع ذلك فأن ايونات الكوبلت الذائبة هي الاكثر شيوعاً ويمكنه التفاعل مع المواد العضوية لتكوين المعقدات، مما تزداد قابلية حركته في المياه الجوفية (Havlin، 2014).

وتشير النتائج الخاصة بقيم عنصر الكوبلت في جدول (25) وملحق (1) الى وجود فروق معنوية بين المواقع وبين المواسم والتداخل بينهما على مستوى احتمالية 0.05، كما بينت نتائج قيم متوسطات عنصر الكوبلت في الجدول (25) ارتفاعاً معنوياً في منطقة زرباطية إذ بلغت 0.124 مليغرام.لتر<sup>-1</sup> مقارنة بمنطقة بدره التي بلغت 0.113 مليغرام.لتر<sup>-1</sup>، وقد يعزى ذلك الى عدة اسباب منها تباين في التكوينات الجيولوجية وما تحتويه من مصادر للكوبلت ما بين المواقع، إذ تتواجد بعض الصخور او المعادن الغنية بالكوبلت مثل البازلت والصخور الفلزية في منطقة بصورة اعلى من المنطقة الاخرى

والتي قد تتسرب في المياه الجوفية مما يحدث اختلافاً، كما ان تباين طبيعة وشدة الانشطة الصناعية والزراعية والتعدين ما بين المواقع يؤدي الى اختلاف الكمية المتحررة من الكوبلت بينهما، وتباين الظروف الكيميائية التي تؤثر في تواجد عنصر الكوبلت مثل درجة حموضة ووجود المواد العضوية والاكسدة والاختزال في المياه الجوفية على سلوك الكوبلت وقابليته للحركة بين المواقع (الضيفان والرئيس،2018).

جدول: 25 قيم المتوسطات لعنصر الكوبلت (Co) مليغرام لتر<sup>-1</sup> لمياه ابار منطقة الدراسة

المعدل	الموقع		الموسم
	بدره	زرباطية	
0.117	<b>0.111</b>	<b>0.123</b>	الصيف
0.114	<b>0.106</b>	<b>0.121</b>	الخريف
0.117	<b>0.112</b>	<b>0.122</b>	الشتاء
0.126	<b>0.124</b>	<b>0.128</b>	الربيع
---	0.113	0.124	المعدل
الموقع: 0.0074 * ، الموسم: 0.009 * ، التداخل: 0.015 *.			قيم LSD
*(P≤0.05).			
-----			<b>WHO (2011)</b>
<b>0.5 مليغرام.لتر<sup>-1</sup></b>			<b>IQS (2009)</b>

تشير نتائج الدراسة الحالية الى وجود فروق معنوية ما بين المواسم الاربعه كما موضح في جدول(25)، اذ بلغ اعلى معدل لعنصر الكوبلت(Co) في موسم الربيع فقد سجل 0.126 مليغرام لتر<sup>-1</sup> بينما في موسم الخريف بلغ اقل معدل 0.114 مليغرام لتر<sup>-1</sup>، وقد يعود ذلك الى زيادة هطول الامطار في فصل الربيع، إذ يزداد تدفق المياه عبر التربة والصخور، مما يزيد من قدرة المياه على اذابة الكوبلت من الصخور والمعادن يرافقها مرحلة النشاط الزراعي من طريق الري والتسميد والمكافحة وبدايات ارتفاع درجات الحرارة والتي تنعكس على زيادة تجهيز الكوبلت ضمن هذا الموسم

اما قيم ايون الكوبلت فلم يتم العثور على معايير عالمية خاصة به، وذلك لكون لم يتم الإعلان عن اي من المعايير الدولية للحدود المسموح بها بشكل رسمي بالرغم من ان الكوبلت عنصر يعد ساماً اذا كان بتركيز عالية، الا ان قيمه لم تتجاوز الحدود للمواصفات العراقية\*ملحق(2).

#### 7-4 تصنيف نوعية مياه الآبار لمنطقة الدراسة وتحديد صلاحيتها للاستخدامات المختلفة.

#### 1-7-4 صلاحية المياه الجوفية لأغراض الشرب

جدول (26) الحدود القياسية لمياه الشرب العراقية والدولية

Parameters	Iraqi Specifications 2009 (IQS)	WHO (2018)	European specifications	Canadian specifications	USA specifications	Irrigation	Living aquatic	Present study Minimum & Maximum
Temperature(C°)		25	-	-	-	-	-	37.5-18.2
PH	6.5-8.5	-8.5 6.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-9	7.61-7.18
EC(μs/cm)	1530	1500	-	-	-	2250	-	5.06-3.06
Turb <sub>NTU</sub>	5	5	4	5	1-5	-	5	15.5-2.3
TH(mg/l)	500	500	-	-	-	-	-	1599-600
TSS(mg/l)	51.34	-	-	-	-	-	-	299-68
TDS(mg/l)	1000	1000	-	500	500	-	500	2989-1803

صنفت مياه الآبار من ناحية صلاحيتها لشرب الانسان باعتماد بعض المعايير المعتمدة كما في الجدول (26) فعند مقارنتها مع المحددات العالمية والعراقية والخاصة بالحدود القياسية لمياه الشرب العراقية والدولية يتبين ان قيم الايصالية الكهربائية وقيم TDS كانت مرتفعة ولا تصلح للشرب في جميع الأحوال الا بعد اجراء المعالجة لها. كما يتبين من الجدول (27) والخاص بتصنيفات المياه لقيم Total Hardness نجد ان نوعية المياه كانت جميعها تقع تحت صنف (very hard)

اما نوعية المياه وحسب التصنيفات العالمية الخاصة بقيم TDS وكما موضحة في الجدول (28) فيتضح ان تصنيف مياه الآبار في المنطقة كان ضمن صنف (Slightly –Brackish Water) وتتفق

النتائج السابقة مع ما توصل اليه الجبوري(2013)و القريشي(2022)

جدول (27) تصنيفات المياه الخاصة حسب Total Hardnes

Type water	Altoviski-1962	Boyd - 2000	Todd - 2007
Soft	0 - < 75	0 - 50	0 – 60
Moderate Hard	75 - < 175	50 - 150	60 - 120
Hard	175 - < 300	150 - 300	120 – 180
Very hard	> 300	> 300	> 180

جدول(28) تصنيفات المياه الخاصة ب. TDS (ppm)

Water Class	Altoviski (1962)	Drever (1997)	Todd (2007)
Fresh Water	0 - 1000	<1000	10 - 1000
Slightly - Brackish Water	1000 – 3000	1000 - 2000	-----
Brackish Water	3000 - 10000	2000- 20000	1000 - 10000
Salty Water	10000 - 50000	35000	10000 - 100000
Brine Water	> 50000	> 35000	> 100000

وقد اعتمد بشكل أساسي عند تقييم صلاحية المياه الجوفية لأغراض شرب الانسان على بعض الخصائص ومن أهمها معرفة تراكيز العناصر الرئيسية للأملاح الذائبة وبالخصوص تراكيز الايونات الموجبة والسالبة، اذ يجب معرفة مدى مطابقة خصائص المياه الجوفية مع المقاييس العالمية والمحلية ومن اهم هذه المقاييس هو مقياس منظمة الصحة العالمية (WHO) والمواصفات القياسية العراقية (IQS) كما في جدول (29) ادناه .

جدول (29) المواصفات القياسية لصلاحية المياه الجوفية لأغراض الشرب بحسب المقاييس العراقية والعالمية

المواصفات العراقية (2009،IQS)	المواصفات العالمية (WHO،2011)		العناصر مليغرام لتر <sup>-1</sup>
	الحد الاعلى	الحد الادنى	
200	200	50	Na <sup>+2</sup>
150	150	50	Mg <sup>+2</sup>
200	200	75	Ca <sup>+2</sup>
0	20.4	1.4	K <sup>+</sup>
8.5	8.5	6.5	PH
1500	1500	500	TDS
600	600	200	CL
400	400	200	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>
0	285	45	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
----	*0.5	----	PO <sub>4</sub>
50	*50	----	NO <sub>3</sub>

وعند مقارنة خصائص المياه الجوفية لمنطقة الدراسة مع المواصفات العالمية والعراقية يتضح ما يلي:

1- قيم الالاس الهيدروجيني (pH) كانت في جميع ابار منطقة الدراسة تتراوح بين (7.18-7.61) مواسم لأربعة وهي ضمن الحدود المسموح بها للمعايير السابقة.

2- قيم (TDS) في جميع مياه ابار منطقة الدراسة لأربعة مواسم تراوحت بحدود (1803-2989) مليغرام لتر<sup>-1</sup> وهي غير صالحة للشرب بالنسبة للمواصفات العالمية والعراقية فقد تجاوزت الحدود المسموح بها.

3- قيم ايون الصوديوم ( $Na^{+2}$ ) في جميع مياه ابار منطقة الدراسة لأربعة مواسم تراوحت بين (271-433) مليغرام لتر<sup>-1</sup> وهي غير صالحة للشرب فقد تجاوزت الحدود المسموح بها.

4- قيم ايون الكالسيوم ( $Ca^{+2}$ ) في جميع مياه ابار منطقة الدراسة في أربعة مواسم تراوحت بحدود (221-375) مليغرام لتر<sup>-1</sup> لذا فهي غير صالحة للشرب بالنسبة للمواصفات العالمية والعراقية فقد تجاوزت الحدود المسموح بها.

5- قيم ايون المغنسيوم ( $Mg^{+2}$ ) في معظم مياه الآبار لمنطقة الدراسة في أربعة مواسم تراوحت بحدود (98-166) مليغرام لتر<sup>-1</sup>، إذ كانت جميع الآبار ضمن الحدود المسموح بها ماعدا البئر الاولى في بدرة في مواسم الصيفي والخريفي والشتوي والبئر الثالثة في بدرة في موسمين الصيفي والشتوي والبئر الرابعة في بدرة في موسم الخريفي والتي تقع خارج الحدود المسموح بها.

6- قيم ايون البوتاسيوم ( $K^{+}$ ) في معظم مياه الآبار لمنطقة الدراسة في أربعة مواسم تراوحت بين (10-26) مليغرام لتر<sup>-1</sup>، إذ كانت جميع الآبار ضمن الحدود المسموح بها ماعدا ثلاث ابار تقع خارج الحدود المسموح بها التي تشمل ابار بدرة (الاول والثالث والثالث عشر في الموسم الصيفي).

7- قيم ايون الكلوريد (CL) في معظم مياه الآبار لمنطقة الدراسة في أربعة مواسم بين (201-853) مليغرام لتر<sup>-1</sup>، إذ كانت جميع الآبار غير صالحة للشرب وقد تجاوزت الحدود المسموح بها.

8- قيم ايون الكبريتات ( $SO_4^{-2}$ ) في جميع مياه الآبار لمنطقة الدراسة في أربعة مواسم تراوحت بين (433-721) مليغرام لتر<sup>-1</sup>، لذا فهي غير صالحة للشرب بالنسبة للمواصفات العالمية والعراقية فقد

تجاوزت الحدود المسموح بها ماعدا بئر التاسعة في بدرة في الموسم الشتوي لم يتجاوز الحدود المسموح بها.

9- قيم ايون البيكاربونات ( $\text{HCO}_3^-$ ) في جميع مياه الآبار لمنطقة الدراسة في أربعة مواسم تراوحت بحدود (203-380) مليغرام لتر<sup>-1</sup>، لذا فمعظمها غير صالحة للشرب بالنسبة للمواصفات العالمية والعراقية فقد تجاوزت الحدود المسموح بها ولكن هنالك 49 قياساً لمياه الآبار في المواسم الأربعة لم تتجاوز الحد الأعلى للحدود المسموح بها للبيكاربونات بحسب مواصفات (WHO، 2011) والبالغة 285 مليغرام لتر<sup>-1</sup>.

10\_ قيم ايون الفوسفات ( $\text{PO}_4$ ) في جميع مياه الآبار لمنطقة الدراسة في مواسم أربعة تراوحت بحدود (0.19-0.53) مليغرام لتر<sup>-1</sup>، إذ كانت اغلبية الآبار صالحة للشرب وضمن الحدود المسموح بها ماعدا البئر الاول في بدرة في موسمين الصيفي والشتوي والبئر الثالثة في بدرة في الموسم الصيفي والبئر الثالث عشر في الموسم الربيعي كونها اباراً تقع خارج الحدود المسموح بها.

11- قيم ايونات النترات ( $\text{NO}_3$ ) في جميع مياه الآبار لمنطقة الدراسة في مواسم أربعة تراوحت بحدود (8.5-30) مليغرام لتر<sup>-1</sup>، لذا فهي صالحة للشرب بالنسبة لمواصفات العالمية والعراقية وهي ضمن الحدود المسموح بها.

#### 4-7-2 تصنيف المياه الجوفية للأغراض الزراعية

يتضح من قيم الايصالية الكهربائية لجميع ابار الدراسة وللمواسم الأربعة انها كانت تتراوح بين (3060-5060)  $\mu\text{S cm}^{-1}$  وعند مقارنتها بقيم الجدول (30) الخاص بقدرة المحاصيل الزراعية على تحمل التراكيز الملحية بحسب التصنيف المعتمد من قبل Todd (2007) فأنتنا نجد ان مياه الآبار تصلح لري جميع المحاصيل والخضروات، الا انها لا تصلح لجميع الفواكه وبالأخص الفاكهة المنخفضة التحمل للملوحة (الليمون، الخوخ، الكمثرى، المشمش، البرتقال، التفاح). كما ان اهم المعايير المستخدمة لتصنيف المياه للأغراض الزراعة هو تصنيف Richard (1954) ويعد من اهم التصنيف التي تم الاعتماد عليها لأجل التعرف على نوعية المياه الجوفية، وهذا التصنيف يعتمد على متغيرين هما الايصالية الكهربائية (EC) وقيم (SAR) كما موضح في جدولي (31) و (32).

جدول (30) قدرة المحاصيل الزراعية على تحمل التراكيز الملحية بحسب تصنيف Todd (2007)

Crop Division	EC					
	Low Salt Tolerance crops		Medium Salt Tolerance crops		High Salt Tolerance	
Fruit Crops	(0 – 3000) ( $\mu\text{S/cm}$ )	Limon, Peach, Pear Apricot, Orange, Apple.	(3000 – 4000) ( $\mu\text{S/cm}$ )	Cantaloupe, Olive, Figs, Pomegranate.	(4000 – 10000) ( $\mu\text{S/cm}$ )	Date palm
Vegetable Crops	(3000 – 4000) ( $\mu\text{S/cm}$ )	Green beans, Celery, Radish.	(4000 – 10000) ( $\mu\text{S/cm}$ )	Cucumber, Peas, Onion, Carrot, Potatoes, Lettuce, Cauliflower, Tomato.	(10000 – 120000) ( $\mu\text{S/cm}$ )	Spinach, beets
Field Crops	(4000 – 6000) ( $\mu\text{S/cm}$ )	Field beans	(6000 – 10000) ( $\mu\text{S/cm}$ )	Sunflower, Corn, Rice, Flax, Sorghum	(10000 – 16000) ( $\mu\text{S/cm}$ )	Cotton, Sugar beet, Barley (grains)

جدول (31) تصنيف المياه الجوفية على وفقاً لتصنيف Richard (1954)

SAR	الدليل	EC مايكرو موز سم <sup>-1</sup>	الدليل
0-10	S1	<250	C1
10-18	S2	250-750	C2
18-26	S3	750-2250	C3
>26	S4	2250-5000	C4

جدول (32) انواع المياه على وفق تصنيف Richard (1954)

الرمز	صنف المياه	الرمز	صنف المياه
C1 S1	ممتاز	C3 S1	مسموح به
C1 S2	جيد	C3 S2	يمكن استخدامه
C1 S3	مسموح به	C3 S3	يمكن استخدامه
C1 S4	فقير	C3 S4	فقير
C2 S1	جيد	C4 S1	فقير
C2 S2	جيد	C4 S2	فقير
C2 S3	مسموح به	C4 S3	فقير جداً
C2 S4	فقير	C4 S4	فقير جداً

بعد تطبيق تصنيف Richard كما في الجداول (33) (34) (35) (36) تبين ان كل مياه الآبار تقع ضمن صنف فقير ويكون استخدام هذه المياه محصوراً بالترب ذات نفاذية جيدة وفي انتاج المحاصيل التي تتحمل الملوحة العالية ويستوجب الحذر عند استخدام هذا النوع من المياه لأجل منع تراكم الاملاح ومن الضروري وجود مبالز واستخدام متطلبات الغسل وحصر استخدام هذه المياه في الترب ذات النسجات الخفيفة.

جدول (33) نوعية مياه الآبار وصلاحتها للري في الموسم الصيفي وفق تصنيف Richard  
(1954).

الوصف Richard	الصف Richard	EC	SAR	رمز البئر
فقير	C4 S1	3.06	4.11	S1
فقير	C4 S1	3.86	4.05	S2
فقير	C4 S1	3.51	3.79	S3
فقير	C4 S1	3.40	4.02	S4
فقير	C4 S1	3.13	3.76	S5
فقير	C4 S1	3.78	3.96	S6
فقير	C4 S1	3.70	3.92	S7
فقير	C4 S1	4.97	4.34	S8
فقير	C4 S1	3.82	3.94	S9
فقير	C4 S1	4.71	4.55	S10
فقير	C4 S1	4.23	4.17	S11
فقير	C4 S1	3.92	3.91	S12
فقير	C4 S1	3.97	3.95	S13
فقير	C4 S1	3.74	4.07	S14
فقير	C4 S1	3.43	3.71	S15
فقير	C4 S1	3.30	3.72	S16
فقير	C4 S1	3.38	3.98	S17
فقير	C4 S1	3.69	3.95	S18
فقير	C4 S1	4.00	3.88	S19
فقير	C4 S1	4.36	4.18	S20
فقير	C4 S1	4.30	4.22	S21

جدول (34) نوعية مياه الآبار لمنطقة الدراسة في الموسم الخريفي وصلاحيتها للأغراض الزراعية

وفق تصنيف (Richard 1954)

Richard الوصف	Richard الصنف	EC	SAR	رمز البئر
فقير	C4 S1	4.20	4.30	S1
فقير	C4 S1	3.39	3.79	S2
فقير	C4 S1	3.45	3.88	S3
فقير	C4 S1	3.31	4.36	S4
فقير	C4 S1	3.69	4.11	S5
فقير	C4 S1	3.55	3.96	S6
فقير	C4 S1	3.50	3.94	S7
فقير	C4 S1	4.88	4.46	S8
فقير	C4 S1	3.80	4.19	S9
فقير	C4 S1	4.27	4.27	S10
فقير	C4 S1	4.93	4.50	S11
فقير	C4 S1	3.60	3.93	S12
فقير	C4 S1	3.59	3.90	S13
فقير	C4 S1	3.57	3.87	S14
فقير	C4 S1	3.35	3.76	S15
فقير	C4 S1	3.49	3.82	S16
فقير	C4 S1	3.66	3.86	S17
فقير	C4 S1	3.83	4.05	S18
فقير	C4 S1	3.92	4.10	S19
فقير	C4 S1	3.56	4.41	S20
فقير	C4 S1	4.15	4.37	S21

جدول (35) نوعية مياه الآبار وصلاحياتها للري في الموسم الشتوي وفق تصنيف (Richard 1954)

الوصف Richard	الصف Richard	EC	SAR	رمز البئر
فقير	C4 S1	4.94	5.77	S1
فقير	C4 S1	3.52	3.77	S2
فقير	C4 S1	3.64	3.82	S3
فقير	C4 S1	3.48	3.74	S4
فقير	C4 S1	3.85	3.79	S5
فقير	C4 S1	4.04	4.03	S6
فقير	C4 S1	3.92	3.85	S7
فقير	C4 S1	5.06	4.46	S8
فقير	C4 S1	4.21	4.22	S9
فقير	C4 S1	4.87	4.77	S10
فقير	C4 S1	4.18	4.2	S11
فقير	C4 S1	3.6	3.83	S12
فقير	C4 S1	3.66	3.89	S13
فقير	C4 S1	4.36	4.23	S14
فقير	C4 S1	3.5	3.78	S15
فقير	C4 S1	3.58	3.76	S16
فقير	C4 S1	3.71	3.85	S17
فقير	C4 S1	4.09	3.98	S18
فقير	C4 S1	4.22	4.06	S19
فقير	C4 S1	4.56	3.54	S20
فقير	C4 S1	4.33	4.13	S21

جدول (36) نوعية مياه الآبار وصلاحياتها للري في الموسم الربيعي وفق تصنيف (Richard 1954)

الوصف Richard	الصف Richard	EC	SAR	رمز البئر
فقير	C4 S1	4.33	4.23	S1
فقير	C4 S1	3.48	3.75	S2
فقير	C4 S1	3.4	3.72	S3
فقير	C4 S1	3.42	3.74	S4
فقير	C4 S1	3.73	3.85	S5
فقير	C4 S1	3.83	3.8	S6
فقير	C4 S1	3.66	3.88	S7
فقير	C4 S1	4.45	5.75	S8
فقير	C4 S1	4.05	4.03	S9
فقير	C4 S1	4.62	3.83	S10
فقير	C4 S1	4.14	3.96	S11
فقير	C4 S1	3.51	3.77	S12
فقير	C4 S1	3.9	3.85	S13
فقير	C4 S1	3.87	3.78	S14
فقير	C4 S1	3.44	3.71	S15
فقير	C4 S1	3.55	3.8	S16
فقير	C4 S1	3.58	3.82	S17
فقير	C4 S1	3.96	3.83	S18
فقير	C4 S1	4.12	3.98	S19
فقير	C4 S1	4.69	3.53	S20
فقير	C4 S1	4.16	3.95	S21

#### 4-7-3 تصنيف المياه الجوفية للأغراض الاستهلاك الحيواني

اما بخصوص المواصفات القياسية لمنظمة الاغذية والزراعة العالمية (FAO) والخاصة بصلاحية المياه للاستهلاك الحيواني وكما في الجدول (37) فقد يتضح من هذه القيم ما يلي :

جدول (37) المواصفات القياسية لمنظمة الاغذية والزراعة العالمية (FAO، 1992) لصلاحية المياه للاستهلاك الحيواني

TDS	CL	Mg <sup>+2</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Na <sup>+2</sup>	صنف المياه
3000	900	150	350	800	مياه جيدة جداً
5000	2000	350	700	1500	مياه جيدة
7000	3000	500	800	2000	مياه مسموح بها
10000	4000	600	900	2500	مياه يمكن استخدامها

1- قيم ايون الصوديوم تراوحت بين (271-433) مليغرام لتر<sup>-1</sup>، إذ ان جميع ابار منطقة الدراسة لأربع مواسم ضمن صنف مياه جيدة جداً.

2- قيم ايون الكالسيوم تراوحت بين (221-375) مليغرام لتر<sup>-1</sup>، إذ ان وجد هنالك (3) ابار تقع ضمن صنف المياه الجيدة اما سائر الآبار فهي ضمن صنف مياه جيدة جداً.

3- قيم ايون المغنسيوم تراوحت بين (98-166) مليغرام لتر<sup>-1</sup>، إذ ان هنالك (19) بئراً تقع ضمن صنف المياه جيدة و(2) ابار ضمن صنف مياه جيدة جداً.

4- قيم ايون الكلوريد تراوحت بين (201-853) مليغرام لتر<sup>-1</sup>، إذ ان جميع ابار منطقة الدراسة لأربعة مواسم ضمن صنف مياه جيدة جداً.

5- قيم TDS تراوحت بين (1803-2989) مليغرام لتر<sup>-1</sup>، إذ ان جميع ابار منطقة الدراسة لأربعة مواسم ضمن صنف مياه جيدة جداً.

صنفت وكالة حماية البيئة الأمريكية نوعيات المياه الجوفية وطبيعة استخدامها للحيوانات كما في التصنيف في الجدول (38) والخاص بصلاحية المياه الجوفية لشرب الحيوانات وتبعاً للتصنيف الخاص بوكالة حماية البيئة الأمريكية (USEPA، 2007) فإن مياه الآبار تصلح للشرب ولجميع الحيوانات باستثناء بعض المحاذير من استخدامها للدواجن وخاصة في الاوقات التي ترتفع فيها عن الحدود غير مرغوبة.

## 5 الاستنتاجات والتوصيات

### 1-5 الاستنتاجات:

- تعاني مياه الآبار في منطقتي بدرة وزرباطية من تدهور في نوعيتها وذلك بسبب العوامل الطبيعية والبشرية، وبعض المصادر التي تتعلق بالتغذية الجوفية، كما ان النشاط الزراعي والصناعي، وأساليب الإدارة واستعمال الاراضي، كان لها سبب في جعل المياه الجوفية غير مناسبة للاستهلاك البشري، لكنها قد تبقى مورداً مائياً مفيداً للزراعة والثروة الحيوانية، بشرط المراقبة والمعالجة الدورية وكما ان الأنشطة الزراعية (أسمدة، مبيدات) والأنشطة الصناعية القريبة والمخلفات الحربية، ادت الى ارتفاع تراكيز الكاديوم، الكروم، والرصاص مع انخفاض النحاس.
- اثرت التكوينات الجيولوجية والطبقات الحاملة للمياه على نوعية المياه الجوفية. كما قد تأثرت هذه المياه بالظروف المناخية والتسربات الزراعية والأنشطة البشرية والتي أدت الى جعل مياه الآبار معتدلة إلى قاعدية وذات ملوحة شديدة وعسرة عالية، مع ارتفاع واضح في أيونات الصوديوم والكالسيوم والكبريتات.
- منطقة الدراسة في زرباطية أقرب لمصادر التغذية للمياه الجوفية (جبال إيران أو الانهار السطحية) كما ان طبوغرافية زرباطية المرتفعة أثرت في ضغط المياه وعمقها، مما انعكس على أعماق ونتاجية الآبار.
- زيادة استغلال المياه الجوفية في بدرة وتأثير الاختلافات الجيولوجية وطبيعة الخزان الجوفي جعل مناسيب المياه المتحركة أقل عمقاً في بدرة.
- تفاوت أعماق المياه الثابتة والمتحركة والاختلاف في تصميم المضخات المستخدمة، ونوعها وحجمها اثر في اختلاف إنتاجية المياه من بئر إلى آخر.
- يكون استخدام هذه المياه محصوراً بالترتب ذات النفاذية الجيدة وفي انتاج المحاصيل التي تتحمل الملوحة العالية ويستوجب الحذر عند استخدام هذا النوع من المياه لأجل منع تراكم الاملاح ومن الضروري وجود مبالز لطرح الماء الفائض. وكانت هذه الآبار غير صالحة لأغراض شرب الانسان بسبب ارتفاع تراكيز الاملاح والعناصر الرئيسية فيها، الا انها تصلح لري المزروعات باستثناء محاصيل الفاكهة الحساسة جدا للملوحة كما انها تصلح لشرب الماشية باستثناء بعض محددات للدواجن وخاصة في بعض الآبار.

## 2-5 التوصيات:

- استمرارية اجراء الدراسات والفحوصات المختبرية والقياسات الدورية للمياه الجوفية لمعرفة التداخل بين مياه الآبار والمحاصيل المزروعة.
- الاهتمام بالأبحاث والدراسات للمعادن الثقيلة لتلك الآبار في منطقتي بدره وزرباطية لتقييم مستوى التلوث فيها والبحث عن الحلول المناسبة.
- توعية المزارعين بضرورة تقليل استعمال الاسمدة الكيميائية والمبيدات والاكتفاء بإضافة الكميات الموصى بها للمكافحة لان الافراط في استعمال هذه الاسمدة والمبيدات الحشرية يؤدي الى زيادة نسبة العناصر الثقيلة في المياه الجوفية على المدى البعيد.
- على الجهات المعنية إعطاء المياه الجوفية الاهتمام الكافي بأجراء التقييم المستمر اي تقييمات دورية لجودة مياه الآبار مع التركيز على تحديد مصادر التلوث المحتملة.
- توصية المزارعين بزراعة النباتات ذات القابلية العالية لتحمل الملوحة.
- توصي الدراسة بخزن وجمع المياه الواردة من سيول الدول المجاورة في مسطحات مائية لغرض تغذية المياه الجوفية وسد حاجات النقص الحاصل في المناطق التي لا تحتوي على مياه سطحية فيها.
- تقنين استعمال مياه الآبار وعدم هدر المياه واتباع طرق ومعدات الري الحديثة مثلاً استخدام الري بالتنقيط.

## 6 المصادر

### 1-6 المصادر العربية

- ابو العينين, حسن سيد أحمد, 1976 ،اصول الجيومورفولوجيا, الطبعة السادسة، الدار الجامعية للطبع والنشر، بيروت. الجبوري، حاتم خضير،(2005) ،هيدروجيولوجية وهيدروكيميائية لوحة الكوت (NI- 38 - 15) ذات المقياس 1: 250000 .
- أحمد، نايف بكر (2019). تأثير استخدام مياه وادي الدنفيلي على التلوث بالعناصر الثقيلة في الأراضي الزراعية الواقعة في منطقة جسر ديالى. المجلة العراقية لبحوث السوق وحماية المستهلك، مجلد 2، عدد 3، ص104-116.
- أحشيف، شيماء مهدي شريف (2016). المياه الجوفية في محافظة واسط وسبل استثمارها. رسالة ماجستير، كلية التربية للعلوم الانسانية - ابن الرشد - جامعة بغداد.
- بشو، ضياء يعقوب، 2004 ، التحريات الهيدروجيولوجية ميسان تقرير غير منشور ، تحريات القاطع/9 ، المرحلة السادسة، وزارة الموارد المائية، مديرية حفر الآبار المائية.
- بنيان، شاكرا العيبي (2014). تأثير المياه العادمة في تلوث المياه والترتّب الواقعة على جانبي نهر ديالى ببعض العناصر الثقيلة. رسالة ماجستير، كلية الزراعة - جامعة بغداد.
- بوبكر العبدلي، محمد الدراوي الغائب، عبد الحميد خليفة الزربي (2020). تقييم جودة المياه الجوفية بمنطقة برسس الجبل الأخضر - ليبيا. المجلة الليبية لعلوم والتكنولوجيا البيئية.
- ثامر، محمد بهجت(2014). التباين المكاني للمياه الجوفية في سهل السليفاني وامكانية استثمارها باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، اطروحة دكتوراه، كلية التربية ابن الرشد- جامعة بغداد.
- الجبوري، دلي خلف حميد (2012). هيدروجيومورفولوجية سهل الحويجة. أطروحة دكتوراه ،جامعة الموصل، كلية التربية.
- الجبوري، دنيا عبد الرزاق عباس (2016). دراسة المعايير الكمية المختلفة للتلوث بعناصر الكاديوم والرصاص والزنك والنيكل لترتّب ونباتات جوانب الطرق في محافظة بغداد. أطروحة دكتوراه. كلية الزراعة - جامعة بغداد.

- الجبوري، صباح مصطفى علي (2013). التحليل الجغرافي لخصائص وتوزيع المياه الجوفية في قضاء بيجي رسالة ماجستير، جامعة تكريت.
- الجبوري، هاجر تحسين (2013). نظم المياه الجوفية في حوض الفرات بين هيت وحديثة. رسالة ماجستير، كلية التربية-ابن رشد-جامعة بغداد.
- الجنابي، محمد عبد الله جاسم. (2020). دراسة بيئية على مياه بعض الآبار ونهر الزاب الأسفل في ناحية الزاب مقارنة تأثيرها في نوعية وكمية حليب الأغنام. رسالة ماجستير، كلية التربية للعلوم الصرفة علوم حياة، جامعة تكريت.
- الحايك، نصر (2017). مدخل الى كيمياء المياه (تلوث- معالجة-تحليل)، المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا، الجمهورية العربية السورية، ص122.
- الحديثي، عصام خضير ويأس خضير، احمد مدلول الكبيسي(2010). تقانات الري الحديثة ومواضيع اخرى في المسألة المائية. جامعة الانبار. كلية الزراعة. ص40.
- الحسني ، علي عباس (2007). انتقال وحركات الكلوريد في غسل تربتين مختلفتي النسجة ومتأثرة بالأملاح أطروحة دكتوراه - كلية الزراعة - جامعة بغداد .
- الحسون، سميرة ناصر (2015). امتزاز وتحرير الكادميوم والزنك في الترب المتأثرة بالأملاح والمتعددة لمناطق الاوار وتأثيرها في نمو حاصل الحنطة. اطروحة دكتوراه. كلية الزراعة - جامعة بغداد.
- حسين، أثير (2018). تقييم صلاحية المياه الجوفية لأغراض الشرب والاستعمالات الزراعية في القسم الجنوبي من الهضبة الصحراوية الغربية للعراق (بادية السماوة). المؤتمر العلمي الثالث للبيئة والتنمية المستدامة، المجلد (36)، العدد الخاص (3).
- حسين، منى علي، ياسمين حسين عويد، وسمي الجبوري (2018). تأثير مياه الفضلات الصناعية المعالجة وغير المعالجة على نبات الذرة الصفراء Zea mays L. مجلة الكوفة للعلوم الزراعية، مجلد 10، عدد 1، ص184-197.
- حمادي، عدنان جاسم (2020). تقييم نوعية المياه الجوفية والصيغة الهيدروكيميائية لآبار مختارة من محافظة النجف / العراق . مجلة الدراسات التربوية والعلمية-كلية التربية-الجامعة العراقية، العدد الخامس عشر- المجلد الاول.

- الحمداني، نور أحمد سعدون (2020). تطبيق مؤشرات جودة المياه لتقييم نوعية مياه عدد من الآبار في الساحل الأيسر لمدينة الموصل. رسالة ماجستير، كلية علوم البيئة وتقاناتها، جامعة الموصل.
- الحياي، عفاف خليل عبد الله. (2010). دراسة نوعية مياه الآبار في مدينة الموصل وضواحيها ومدى صلاحيتها للشرب والري. مجلة التربية والعلم. كلية العلوم/ قسم علوم الحياة مجلد(23)، العدد(3).
- الحياي، نصار غني صبري(2022). تطبيق المؤشر الكندي لتقييم جودة المياه الجوفية للاستخدامات المختلفة في قضاء البعاج/ محافظة نينوى. رسالة ماجستير، كلية العلوم-علوم الحياة، جامعة تكريت.
- الخشاب، وفيق حسين وآخرون (1983). الموارد المائية في العراق. كلية الآداب، جامعة البصرة، مطبعة جامعة بغداد.
- الخطيب، السيد احمد (2008). تلوث الاراضي. منشأة المعارف بالإسكندرية، جمهورية مصر العربية.
- الخطيب، السيد احمد (2012). تلوث المياه، المكتبة المصرية للطباعة والنشر والتوزيع. جامعة الإسكندرية-كلية الزراعة.
- داوود، إيلاف محمد حارز. (2022). دراسة نوعية المياه الجوفية في قضاء الدور / محافظة صلاح الدين كلية العلوم جامعة تكريت.
- الدريساوي، حوراء كريم كاهر. (2024). تقييم حالة التلوث ببعض العناصر الثقيلة الناتجة من الغازات المنبعثة من معامل الاسفلت في محافظة واسط . رسالة ماجستير- كلية الزراعة- جامعة واسط.
- الدليمي، أحمد محمد جواد (2011). تأثير مياه مجاري الفلوجة في التلوث الكيميائي لمياه نهر الفرات والتربة والنبات. رسالة ماجستير، كلية الزراعة - جامعة الأنبار.
- الدوري، أحمد ظاهر خسارة حسين (2013). الحفر المتزايد وأثره على استنزاف المياه الجوفية في قضاء الدور. جامعة تكريت، كلية التربية.

- الربيعي، حازم عزيز حمزة، هادي ياسر عبود الجنابي، علي أكرم عبد اللطيف (2016). القدرة التراكمية لنبات الفلفل *Capsicum annuum* لعنصر الرصاص في تربتين مختلفتي النسجة. مجلة الفرات للعلوم الزراعية، مجلد 7، عدد 4، ص 415-423.
- رزوقي، رانيا رائد نجيب (2023). تقييم بيئي لنوعية المياه الجوفية في بعض قرى قضاء الحمدانية في محافظة نينوى، رسالة ماجستير. جامعة تكريت - كلية العلوم - علوم حياة.
- الزبيدي، سندس محمد علوان (2011). المياه الجوفية في قضاء المحمودية وسبل استثمارها جغرافياً. رسالة ماجستير، جامعة بغداد - كلية التربية للبنات، قسم الجغرافية.
- الزبيدي، محمد مالك حامد (2014). تأثير تذبذب الماء الأرضي في التركيب الملحي لتربة وحدة نخيل أبو سديرة. جامعة بابل - كلية الزراعة. رسالة ماجستير.
- الساعدي، حسين علي (2017). علم البيئة والتلوث. المكتبة الوطنية - بغداد. جامعة بغداد.
- الساعدي، حسين كريم حمد، علي راضي محسن العتابي (2023). هيدرولوجية المياه الجوفية في حوض وادي كاني شيخ شرقي محافظة ديالى وإمكانية استثمارها. جامعة واسط. <https://www.semanticscholar.org/venue?name=Journal%20of%20Education%20College%20Wasit%20University>
- الساعدي، نصير عبد الجبار وكمال برزان ندا ومنير ناجي احمد (2016). التوزيع الجيوكيميائي للعناصر الثقيلة في ترب محافظة واسط. مجلة الانبار للعلوم الزراعية مجلد 41. عدد: 2 ص 26-35.
- السراج، إيمان سامي، جانكيز، منى حسين، الراوي، ساطع محمود (2014). بعض المؤشرات النوعية لمياه نهر دجلة في مدينة الموصل - دراسة استدلالية. مجلة علوم الرافدين، 25(1): 1-22.
- السعدي، حسين علي (2017). البيئة المائية، دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، عمان الاردن. ص 33.
- السعيد، صباح ناهي والعبودي، فاضل جواد (2014). دراسة بيئية لبعض الخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه بعض الاهوار في محافظة ذي قار - جنوب العراق. مجلة علوم ذي قار، 21(7): 20-27.

- السياب، عبد الله، و السنوي، سهل ، والأنصاري، نضير، (1985) ، جيولوجيا العراق، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل، ص141.
- الشحمانى، ليث سليم سلمان (2015) غسل تربة ملحية (سبخة ) باستخدام نوعيات من المياه وتأثيرها في بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية للتربة، رسالة ماجستير/ كلية الزراعة / جامعة القاسم الخضراء.
- الصباح، بشار جبار جمعة (2007). دراسة السلوك الفيزيوكيميائي للعناصر المعدنية الملوثة لمياه ورواسب شط العرب. أطروحة دكتوراه، كلية الزراعة، جامعة البصرة.
- الصحاف، مهدي محمد علي ، عدنان النقاش (1985). الجيومورفولوجية (علم أشكال سطح الأرض). جامعة بغداد.
- صديق،افنان جنكيز فائق(2020). دراسة تحليلية حيوية لمدى تلوث مياه الآبار بعض القرى- المحيطة بمحافظة كركوك، رسالة ماجستير ، كلية العلوم – قسم الكيمياء ، جامعة كركوك.
- الصفاوي، عبد العزيز يونس طليع(2018). تطبيق المؤشر الكندي(CCME WQI) لتقييم جودة المياه لاغراض الشرب: دراسة حالة جودة المياه الجوفية في ناحية المحلبية/ محافظة نينوى ، مجلة علوم الرافدين ، المجلد 27، العدد5، ص193-202.
- الضيفان، طارق عبد الرحمن، صادق أحمد الريس (2018). الدليل الإرشادي في تفسير ودلالة قياسات تحليل التربة والمياه. المكتبة الزراعية الشاملة للري والمياه – كتب الزراعة.
- الطائي، ميس عبد الحكيم محمد (2004). دراسة عن نوعية بعض آبار المياه السطحية في مدينة بغداد، رسالة ماجستير، كلية التربية – ابن الهيثم، جامعة بغداد.
- طعمة، وفاء عواد(2024).تأثير الانبعاثات الناتجة من معامل الطابوق في مدينة الكوت على بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية وتلوث التربة والمياه والنبات في بعض العناصر الثقيلة.رسالة ماجستير \_ كلية الزراعة \_ جامعة واسط.
- العبادي، رحمة ووفاء، باقما. (2020). الممارسات الزراعية وخطر تلوث المياه الجوفية بالنترات في المحيط الفلاحي مراقن. رسالة ماجستير، جامعة أحمد دراية-أدرار، كلية العلوم والتكنولوجيا، علوم الطبيعة والحياة، الجزائر.
- عباس، أحمد كريم، حامد حسين رجب الجبوري (2018). تقييم معايير التلوث بالرصااص والنيكل والكادميوم والمتسبب من المخلفات الصناعية لمعملي الفرات للمواد الكيميائية وأسمنت

السدة في ترب زراعية في محافظة بابل. المجلة الراقية لعلوم التربة، مجلد 18، عدد 1، ص70-78.

- عبد الجبار، رياض عباس وسميرة فيض الله محمد (2017). تقدير تراكم العناصر بطريقة عامل التركيز الحيوي من في تقدير تراكيز بعض العناصر الثقيلة في الترب والنبات المشتركة في بيئات مختلفة من مدينة كركوك. مجلة جامعة تكريت للعلوم الزراعية. مجلد (17)، العدد:3 ص103-121.
- عبد الجليل، عبد الله والخفاجي، اياد خير الله حردان. (2016). دراسة بيئية وبيولوجية للمياه الجوفية في مدينة الفلوجة غرب العراق. مجلة الانبار للعلوم الزراعية. مجلد (14)، العدد(2).
- عبد الحمزة ، جبار سلال(2015).مقارنة انظمة التصنيف العالمية للمياه لبعض مياه الابار في محافظة القادسية/ العراق، مجلة القادسية للعلوم الزراعية،5(2)،62-72.
- عبد العزيز، سوزان موفق(2022). المياه الجوفية في قضاء مخمور واستثماراتها، كلية التربية الاساسية، جامعة صلاح الدين - اربيل مجلة الاداب 140: 335-362.
- عبد اللطيف، علي أكرم (2016). تأثير إضافة الحمأة في تلوث التربة والنبات بعنصري الرصاص والكاديوم. رسالة ماجستير. كلية الزراعة. جامعة القاسم الخضراء.
- عبد الله، عفاف خليل (2014). الخصائص الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية لمياه الآبار التابعة لناحية سنجار وصلاحيتها لأغراض الشرب والري والصناعة. مجلة التربية والعلم - العلوم الصرفة.
- عبد المحسن ، سعد الله شهاب واخرون(2013). توزيع الخصائص النوعية للمياه الجوفية في مناطق مختارة من محافظة نينوى باستعمال الخرائط الكنتورية ثلاثية الابعاد، مجلة تكريت للعلوم الهندسية، المجلة20 العدد3 ص20.
- عبد المنعم، عصام محمد والتركي، احمد بن إبراهيم. (2012). العناصر الثقيلة مصادرها وأضرارها على البيئة. مركز الأبحاث الواعدة في مكافحة الحيوية والمعلومات الزراعية، جامعة القصيم، السعودية. ص3-4.
- عبيد، فتحي احمد (1988). طرائق التحليل الآلي. مطبعة دار الكتاب. جامعة الموصل.
- العبيدي، هلال حمود هايس حسن (2011). دراسة خصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية في قضاء الشرقاط، مجلة تكريت لعلوم الصرف، المجلد (16)، العدد (3).

- العطافي، علياء عبد الحسين حسن (2023). إعداد خرائط الهيدرولوجي والطبوغرافي لمنطقة شرق محافظة واسط باستعمال نظم المعلومات الجغرافية GIS. رسالة ماجستير، كلية الزراعة - جامعة واسط.
- العمر، مثنى عبد الرزاق (2000). التلوث البيئي. دار وائل للنشر. عمان - الأردن.
- العمري، فاروق صنع الله، والجاسم جاسم علي، و عوض، سمير احمد، (1985) ، الجيولوجيا الطبيعية والتاريخية، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل.
- عناد، طارق حامد، 2007 ، تكوين المقدادية في منطقة بدر، دراسة رسوبية، اطروحة ماجستير غير منشورة، جامعة بغداد، كلية العلوم، ص 137 .
- الغالبي، ضي مهدي صالح (2016). دور بعض المنشآت الصناعية في مدينة بغداد في تلوث التربة والمياه والنبات ببعض العناصر الثقيلة. رسالة ماجستير. كلية الزراعة- جامعة بغداد.
- غالي، حسن جميل (2021). نمذجة إعادة تغذية المياه الجوفية للجزء الشرقي لمحافظة واسط في العراق. رسالة ماجستير، كلية الهندسة - جامعة واسط.
- الغرابي، حمزة جاسم عباس(2021). التحليل الهيدرولوجي لشبكة الاودية وتحديد مواقع انشاء السدود و استثمارها الاقتصادية شرق محافظة واسط باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS ، اطروحة دكتوراه ، فلسفة في جغرافية ، كلية الاداب - جامعة بغداد .
- فتيحة، رواق ونجوى، رواق. (2022). تحديد تركيز بعض المعادن الثقيلة في عدد من النباتات الطبية المحلية الجزائرية رسالة ماجستير. كلية الرياضيات وعلوم المادة قسم الكيمياء، جامعة قاصدي مرباح ورقلة.
- الفراجي، احسان علي حمود(2022). تقييم بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية وتحديد المسارات الطبيعية للمياه الجوفية في جنوب مدينة سامراء ، رسالة ماجستير، كلية العلوم- علوم الحياة، جامعة تكريت.
- فرحان، باسم حسين (2020). دراسة تلوث التربة والمياه والنبات ببعض العناصر الثقيلة من المخلفات الصناعية في محافظة واسط. أطروحة دكتوراه. كلية العلوم الهندسة الزراعية. جامعة بغداد.

- الفقي، صويد(2016).تقييم المياه الجوفية الضحلة ( طبقة حاوية غير المحصورة) لبعض ابار منطقة مصراته ومدى ملائمتها للشرب والري. مجلة علوم البحار والتقنيات البيئية. مجلد2 العدد (2).مصراته-ليبيا.
- القره غولي، عباس فاضل عبيد(2014).التحليل المكاني للمياه الجوفية واستخداماتها في محافظة القادسية، اطروحة دكتوراه ، كلية التربية-الجامعة المستنصرية.
- القرشي، امجاد سالم مشعان(2022). المياه الجوفية وتأثيرها بالعمليات الانتاجية لحقل بدرة النفطية في محافظة واسط باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS. جامعة واسط - كلية التربية للعلوم الانسانية - قسم الجغرافية.
- كاظم، رعد جواد محمد(2015). العلاقات الاحصائية لبعض خصائص التربة الفيزيائية ومحتواها العضوي، مجلة جامعة الكوفة للعلوم الزراعية، المجلد(7).
- كاظم، وسن محمد عمي ومنصور، نغم. (2015). دراسة خصائص النوعية للمياه الجوفية في محافظة كركوك وسبل استثمارها. مجلة الأستاذ، المجلد الأول، العدد (214).
- كاكي، لقاء جبار (2022). التحليل الهيدرولوجي للمياه الجوفية في شرق محافظة واسط باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. مجلة الأستاذ للعلوم الإنسانية والاجتماعية مجلد(61)، العدد(2).
- محناية، جود، ندى التجي، محمد منهل الزعبي وعبد الغني الخالدي (2022). دراسة التلوث ببعض المعادن الثقيلة لمياه مجرى نهر قويق المجاور لمحطة المعالجة في مدينة حلب. المجلة السورية للبحوث الزراعية 9(2): 295-305.
- المرعاوي، قاسم أحمد رمل درج (2012). المياه الجوفية وإمكانية استثمارها في منطقة الجزيرة، محافظة الأنبار باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. أطروحة دكتوراه ، كلية التربية، جامعة الأنبار.
- المشهداني ، محمد حازم صبري(2019). الواقع البيئي لمياه نهر الخوصر وبعض تقانات المعالجة، اطروحة دكتوراه كلية التربية للعلوم الصرفة. جامعة الموصل.
- مقداد حسين علي، خليل إبراهيم محمد (1999). السمات الأساسية للبيئات المائية. دار الشؤون الثقافية العامة. بغداد - العراق.

- منصور ، اسيل حاكم مهدي(2021). دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبايولوجية وامكانية معالجة مياه بعض الابار ضمن محافظة كركوك ،رسالة ماجستير ، كلية العلوم حياة، جامعة تكريت.
- المهناوي، ندى جبار شيال (2023). دراسة مستويات بعض العناصر الثقيلة في مياه الآبار والتراب واستخدام نبات العاقول كمؤشر حيوي للتلوث. رسالة ماجستير، كلية العلوم - جامعة القادسية.
- نجيبان، حسن سوادى ,وسام حمود حاشوش. (2015). استخدام ادوات التحليل المكاني في تقنية نظم المعلومات الجغرافية في نمذجة وتحليل خصائص المياه الجوفية في قضاء الشطرة وتقييم صلاحيتها للاستخدامات المختلفة. مجلة كلية التربية جامعة واسط, كلية التربية للعلوم الانسانية- جامعة ذي قار.
- هاشم محمد صالح (2012). المياه الجوفية والآبار. مكتبة المجتمع العربي للنشر. عمان - الأردن. ص242-243.
- هميل، عبد السلام وجبريل، خديجة وحسيبة الورفلي (2016). دراسة تركيز العناصر الثقيلة في فاكهة الدلاع. كلية العلوم- جامعة سبها. ص8.
- هند فاروق أرزوقي (2008). استثمار المياه الجوفية في حوض بدره وجصان في محافظة واسط. رسالة ماجستير ، كلية الآداب، جامعة بغداد.
- الياسري، كفاية حسن ميثم (2016). تلوث المياه الجوفية لبعض المناطق بين جدول الكفل وشط الهندية. مجلة العلوم الإنسانية / كلية التربية للعلوم الإنسانية / المجلد 23 / العدد الأول.

- Abdullah ,E.J.(2013). Evolution of Surface Water Quality Indices for Heavy Metals of Diyala River-iraq,3 (8),pp.63-70.
- Abdur R., Dong-Xing G., Abida F., Sardar K., Salman Z., Shah J., Seema A. Khattak, Muhammad S. Khan, and Raees K. (2018). Fluoride prevalence in groundwater around a fluorite mining area in the flood plain of the River Swat, Pakistan. *Science of the Total Environment*, 635, 203.
- Abed Al-Ridah, Z., Naje, A.S., Hassan, D.F., Al-Zubaid, H.A.M. (2021). Environmental Assessment of Groundwater Quality for Irrigation Purposes: A Case Study of Hillah City in Iraq. *Pertanika J. Sci. & Technol.* 29 (3): 1579-1593.
- Åberg, S., Åberg, A., & Korkka-Niemi, K. (2021). Three-dimensional hydrostratigraphy and groundwater flow models in complex Quaternary deposits and weathered/fractured bedrock: evaluating increasing model complexity. *Hydrogeology journal*, 29(3), 1043-1074.
- Adil, Ali, Bilal, Al- Hamadani, Ground water Quality of Al-Mahed Residential assemblage (Environmental Study), *Iraqi Journal of desert studies*, Issn: 1994-7801,Vol.3,No.,1,2001.
- Adriano, D.C. 2001. Trace elements in terrestrial Environments Biogeochemistry bioavailability, and risks of metals, 2" edition. Springer-Verlag, New York.
- Adriano, D.C. 2001.Trace elements in terrestrial Environments Biogeochemistry bioavailability, and risks of metals, 2nd edition. Springer- Verlag, New York.
- Al Hatmi, F., Embong, Z., & Gismelseed, A. (2025). Assessment of radiological hazards due to natural radioactivity in groundwater from Al

Masaraat aquifer, Oman. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 104012.

- Al Zobaidy, Z. A. A. and Al Azzo, O. N. A. (2022). Monitoring Seasonal Variation in Ground Water Quality and Evaluation of Its Suitability for Irrigation in The Nimrud Area South-East of Mosul - Iraq. *Mesopotamia Journal of Agriculture*, Vol. 50, No. 4, pp. (90-106).
- AL-Assaf, A. Y. R., Talat, R. A. and AL-Saffawi, A. Y. T. (2020) Suitability of water for irrigation and livestock watering purpose using IWQI model: the case study Groundwater quality of some quarters of Mosul city. *Iraq plant Archives* 20(1):1797-1802.
- Al-Hussein, A. I. A., Al-Shaker, Y. M. S., Al-Saffawi, A. Y. T. (2023). Health safety of drinking water: A study of the groundwater case of Wana district, northern Iraq. *A Journal for New Zealand Herpetology*. Vol. 12, Issue 03, pp. 4429-4438.
- Ali, M.; M.L. Ali; S. Islam and Z. Rahman .2016. Preliminary assessment of heavy metals in water and sediment of Karnaphuli River, Bangladesh. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management* 5, 27-35..
- Ali, R, R. L. Elliott, J. E. Ayars, and E. W. Stevens (2000 ). Soil Salinity Modeling Over Shallow Water Table. II: Application of LEACHC *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Vol.126,No. 4, pp.234-242.
- Alikhan, H. A., Hussein, A. K. & Alshukri, A. S. (2020). Groundwater quality assessment using water quality index: A case study of Al Najaf City, Iraq. *PEN* Vol. 8, No. 3, pp. 1482-1490.
- Al-Kilabi, J. A. H. (2013). Hydrogeochemistry of groundwater and the probable effect of Kirkuk irrigation project on its quality in Al-Hawija area, Iraq, PhD thesis, University of Baghdad, 178p.

- Al-Manssory, F.A., M.A., Abdul Kareem and M.M., Yassen. 2004. An assessment of environmental pollution by some trace Metals in the northern part of Shatt al-arab sediments, southern Iraq. *Iraqi jour. Earth sci.* 4 2 : 11-22.
- Al-Mayah. W. T.J (2018) Evaluating of Water Quality in Al-Gharraf River Southern of Iraq Using Different Environmental Indices, Remote Sensing Technique, and Geographical Information System. Ph.D. Thesis. College of Science, University of Baghdad, Iraq.
- Al-Shihmani, L. S. S. (2022). A study of the distribution of the Tigris River sediments and the variation of their chemical, physical and mineral properties and the effect caused by Kut Dam.
- Al-Shihmani, L. S. S., Al-Shammary, A. A. G., Fernández-Gálvez, J., & Caballero-Calvo, A. (2024). Physicochemical and mineral properties of suspended sediments of the Tigris and Euphrates rivers in the Mesopotamian Plain. *Science of the Total Environment*, 915, 170066.
- Al-Subiai, Sherai. "Enhancing the performance of *Litopenaeus vannamei* nursery and grow-out by modifying Mg/Ca ratios in biofloc systems using low-salinity groundwater of Kuwait Desert." *Aquaculture* 594 (2025): 741405.
- Al-Tameemi, I. M., Hasan, M. B., Al-Mussawy, H. A. & Al-Madhhachi, A. T. (2020). Groundwater Quality Assessment Using Water Quality Index Technique: A Case Study of Kirkuk Governorate, Iraq. 3rd International Conference on Sustainable Engineering Techniques (ICSET 2020). doi:10.1088/1757-899X/881/1/012185
- Altovisiki, M. E., 1962: Hand book of hydrogeology. Geogoelitzet, Moscow, USSR (In Russian), 614 P.

- APHA (1999). American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed., American Public Health Association. Washington
- APHA (American Public Health Association) (2017). Standard Methods for the Examination of Water and wastewater, 23th Edition A.P.H.A.1015 Fifteen Street, N.W., Washington DC.USA.
- APHA, (2007). "Standard Methods for the Examination of Water and
- Arthurh. Browhiow,1979-Geo. Chemistry, Prentice, Cltauine Enqlewood-Cliff. U.s.A. 1979.P.180.
- Asadi,S.S., Vuppala, P., and Reddy, A. (2007). Remote sensing GIS techniques for evaluation of Groundwater quality in Municipal Corporation of Hyderabad (Zone. V) India. Environmental Research and Public Health. 4(1), 45-52.
- Ashiyani, N., Parekh, F., & Suryanarayana, T. M. V. (2015). Analysis of Physico-chemical properties of groundwater. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 4(3), 1094-1098.
- Atta, R., Abida, F., Sajid, M., & Khadim, H. (2016): Arsenic in groundwater and its health risk assessment in drinking water of Mailsi, Punjab, Pakistan, Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal. Vol. 22, No. 1, pp. 32-45.
- Benghanem, M., Daffallah, K. O., Alamri, S. N., & Joraid, A. A. (2014). Effect of pumping head on solar water pumping system. Energy conversion and management, 77, 334-339.
- berg, S., Åberg, A., & Korkka-Niemi, K. (2021). Three-dimensional hydrostratigraphy and groundwater flow models in complex Quaternary deposits and weathered/fractured bedrock: evaluating increasing model complexity. Hydrogeology journal, 29(3), 1043-1074.

- Bhuyana, S.; M. A. Bakar; A. Akhtara; M. B. Hossain; M. Ali and Md.S. Islam .(2017). Heavy metal contamination in surface water and sediment of the Meghna River, Bangladesh. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management* 8 , 273-279.
- Bob,M., Rahman, N. A., Elamin, A. and Taher , S.(2016). Assessment of groundwater suitability for irrigation in Madinah City ,Saudi Arabia. *Arabian Journal of Geoscience* ,9(38) :1-11.
- Boo, Kenneth Beng Wee, et al. (2024) "Groundwater level forecasting with machine learning models: A review." *Water Research* 252: 121249.
- Boumaiza, Lamine, et al. (2025) "Multiple environmental tracers combined with a constrained Bayesian isotope mixing model to elucidate nitrate and sulfate contamination in a coastal groundwater system." *Science of The Total Environment* 959: 178265.
- Boyd, C. E., (2000): *Water quality an introduction*, Kluwer Academic publisher, USA. 330 P.
- Bradi, B. H. (2005). *Heavy metals in the environment*. (In): Hubbard,(Ed.) *Interface Science and Technology*, Vol. 6. CAIB Head office. (2021).Wallingford, UK.
- Carmen Cristina Elekes .(2016). *Environmental Risk Assessment of soil contamination*.
- Charles, C. and Rini, D. S. (2018). *Cadmium Contamination and the Role of Bioaccumulator Plant as a Remediation Agent*. *International Conference on Science and Applied Science (ICSAS)*.
- Chavhan, S. M., & Sangle, P. S. (2025). *Comparative Assessment of Water Quality In Terms Of Total Hardness from Godavari and Darna River, Nashik (MS) India*.
- Chojnacka K. and A. Saeid(2018). *Recent Advances in Trace Elements*. John Wiley & Sons Ltd.

- Chowdhury, Ali Newaz, et al. (2025) "Heavy metal (Pb, Cd and Cr) contamination and human health risk assessment of groundwater in Kuakata, southern coastal region of Bangladesh." *Geosystems and Geoenvironment* 4.1: 100325.
- Diwan, V., Hanna, N., Purohit, M., Chandran, S., Riggi, E., Parashar, V., Tamhankar, A. J., & Stalsby Lundborg, C. (2018). Seasonal variations in water quality, antibiotic residues, resistant bacteria, and antibiotic resistance genes of *Escherichia coli* isolates from water and sediments of the Kshipra River in Central India. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(6), 1281
- Doglioni, A., Galeandro, A., Guerricchio, A., Fortunato, G., Guglielmo, E., Ponte, M., & Simeone, V. (2013). Analysis of the rainfall preceding the activation of the large Maierato landslide in 2010. In *Landslide Science and Practice* (pp. 107–114). Springer.
- Drever, J.I., 1997: *The geochemistry of natural water, surface and*
- Elhdad ,A.M.A.(2019). Assessment of surface water quality ,raw versus treated, for different uses at Dakahlia Governorate, EGYPT ,EGYPTIAN JOURNAL of Chemistry, pp. 1517-1529.
- Emsley .J.(1998).*the elements* (3 rd ed.),Clavendon Press ,Oxford, London,p292.
- Eppelbaum, L., Kutasov, I., & Pilchin, A. (2014). *Applied geothermics* (p. 267). Springer Berlin Heidelberg.Great Britaingroundwater environments, (3rded.), Prentice Hall, USA, P. 436.
- FAO, (1992) *Waste water treatment and use in agriculture irrigation and Daring*. Food and Agriculture Organization of United Nations, Peper 47. Roma, Italy.
- groundwater environments, (3rded.), Prentice Hall, USA, P. 436.

- Haggerty, Ryan, et al. (2023) "Application of machine learning in groundwater quality modeling-A comprehensive review." *Water Research* 233: 119745.
- Hamilton, K., Reyneke, B., Waso. M., Clements, T., Ndlovu, T., Khan Ahmed, W. (2019). A global review of the microbiological quality a health risks associated with roof-harvested rainwater tanks. *Nature pa (npj), Clean Water* 2(1): 1-18.
- Hanor, Jeffrey S., and F. Colleen Wendeborn. (2023) "Origin of sodium bicarbonate groundwaters, Southern Hills Aquifer System, USA by silicate hydrolysis." *Applied Geochemistry* 148: 105512
- Hao, Haiyang, et al. (2025): "Different hydrogeological characteristics of springs associated with abandoned coal mines in well-developed karst area." *Journal of Hydrology* 653 132683.
- Harry, T., Asuaiko, E., Akata, N., and Akpan, N. (2020). 1. Department of Geology, Akwa Ibom State University, Ikot Akpaden, AKS 2. Diviem Nigeria Ltd, Victoria Island, Lagos, Nigeria
- Havlin, J.L. (2014). Soil Fertility and Nutrient Management in *Encyclopedia of Natural Resources: Land* 460-469.
- Health Canada. (2013). Minister Ambrose Addresses the 146th Canadian Medical Association Meeting – Working Together for Real Outcomes. Retrieved February 1, 2014. <<http://news.gc.ca/web/article-en.do?nid=765229>>.
- Hem, J. D. (1989) Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water, v. 3 US Geological Survey Water Supply Paper 2254: Washington. DC, US Goy't Printing Office.
- Hirsch, R.M., P.A. Hamilton, T.L. Miller. (2006). "U.S Geological Survey perspective on water-quality monitoring and assessment." *Journal of Environmental Monitoring* 8:512-518.

- Hu, Dongjie, et al. (2025) "ZVI and ball milling co-modified biochar for chromium (Cr (VI)) removal from groundwater: Performance optimization and mechanisms." *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 714: 136574.
- Huang, Q., Chen, W. and Guo, X. 2002. Sequential fractionation of Cu, Zn and Cd in soils in the absence and presence of rhizobia. 17th WCSS, Thailand, paper no. 94039)
- Hussain ,K.S.(2016). Determination of Heavy Metals in Two Regions from Kirkuk City Using Sequential Extraction: *Journal of Geoscience and Environment Protection* ,v.04,no.02,p.38-45.
- Ikramov, N., Majidov, T., Kan, E., & Akhunov, D. (2021). The height of the pumping unit suction pipe inlet relative to the riverbed bottom. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1030, No. 1, p. 012125). IOP Publishing.
- IQS,2009Standards of Water Quality (Iraqi guideline)
- Iraqi standards for drinking water, 2009. No. (417), second update, Ministry of Planning and Development Cooperation, Central Organization for Standardization and Quality Control, Republic of Iraq.
- Islam, M.; M.K. Ahmed and H. AlMamun (2015) Determination of heavy metals in fish and vegetables in Bangladesh and health implications. *Hum Ecol Risk Assess* ; 21 (4) :986-1006.
- Jackson, M. L. (1958). *Soil chemical analysis*. Englenwood Cliffs N.J. Prentice Hall. Inc
- Jawad, M.A and Nassif, D.M, (2013) Study of the chemical and physical properties of some groundwater well sand the extent of their pollution in the city of Samarra. *Diyala Journal for Pure Sciences*: 11 (4): 15-23

- Kacholi, D. S. and Sahu, M. (2018). Levels and Health Risk Assessment of Heavy Metals in Soil, Water, and Vegetables of Dar es Salaam, Tanzania. *Journal of Chemistry*, Article ID 1402674, 9 pages.
- Karandish, Fatemeh, Sida Liu, and Inge de Graaf. (2025) "Global groundwater sustainability: A critical review of strategies and future pathways." *Journal of Hydrology*: 133060
- Karroum, L., El Baghdadi, M., Barakat. A Oumenskou, H., and Ennaji W. (2019) quality evaluation of the Srou River and drinking and agricultural purposes. *Dwt*, 146. 152-164.
- Khadidja, B. (2017) Effect of heavy metals (lead, copper, zinc, and cadmium) on biometric characteristics and chlorophyll synthesis in *ElAtriplex canescens*," Master's thesis, University of Mostaganem.
- Kirsch, R. (Ed.). (2006). *Groundwater geophysics: a tool for hydrogeology*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Kuang, Xingxing, et al. "The changing nature of groundwater in the global water cycle." *Science* 383.6686 (2024): eadf0630.
- Kudryashova, O. S., Elokhov, A. M., Khayrulina, E. A., & Bogush, A. A. (2021). Composition for rock grouting based on insoluble calcium salts for groundwater protection. *Environmental Earth Sciences*, 80, 1-8.
- Kumar, C. P. (2012). Climate change and its impact on groundwater resources. *International Journal of Engineering and Science*, 1(5), 43-60.
- Latha S. and Rao N. (2010). Assessment and spatial distribution of groundwater quality in Zone-II and III, greater Visakhapatnam, India using water quality index (WQI) and GIS. *Int. J. Environ. Sci.* 1 (2): 198-212.
- Leyssens ,L., Vinck , B., Van Der Straten, C., Wuyts, F.,&Maes ,L.(2017).Cobalt toxicity in human-A review of the potential sources and systemic health effects. *Toxicology*, 387,43-56.

- Liang, J., Huang, X., Yan, J., Li, Y., Zhao, Z., Liu, Y., ... & Wei, Y. (2021). A review of the formation of Cr (VI) via Cr (III) oxidation in soils and groundwater. *Science of The Total Environment*, 774, 145762.
- Liu, J., Peng, Y., Li, C., Gao, Z., and Chen, S. (2020). Characterization of the hydrochemistry of water resources of the Weibei Plain, Northern China, as well as an assessment of the risk of high groundwater nitrate levels to human health. *Environmental Pollution*.
- Majumder, A. (2024). Exploring groundwater dynamics through change point detection in static water level in the alluvial plain of Purba Bardhaman district, West Bengal, India. *Bulletin of Mathematical Sciences (ISSN NO: 0007-4497)*, 47(12).
- Marcellin, M. C., Pavur, G., Loose, D. C., Cardenas, J. J., Denehy, D., Almashhadani, M., ... & Lambert, J. H. (2024). Systems analysis for energy assets of Iraq influenced by water scarcity. *Environment Systems and Decisions*, 44(2), 259-279.
- Matsuo, K., C. wonwiwatchal. and M. yaskiro. (2015). Alternative tillage system for soil conservation, enhancement of crop growth and increasing working efficiency, japan intentional research center for agriculture sciences. (JIRCAS). 1-1 Ohwashi. Tsukuba. 305-8686. Japan.
- Meded, H. J. (2016). Assessment the Risk of Sewage waste water at AL-Khassa River its impact on Soil and Plants located in the region. M.Sc. Thesis, College Science, University Tikrit. Iraq.
- Miotliński, K., Postma, D., & Kowalczyk, A. (2012). Variable infiltration and river flooding resulting in changing groundwater quality—A case study from Central Europe. *Journal of Hydrology*, 414, 211-219.
- Mohammed, Ahmed J. (2016). Evaluation of Heavy Metals with Some Physiochemical and Biological Parameters for Groundwater in South of Najaf City, Iraq, *Journal of Humanitie College*. No. 6)

- Muthulakshmi L., Ramu A., Kannan.N.,Murugan (2013). “Application of Correlation and Regression Analysis in Assessing Ground Water Quality”. International Journal of Chem Tech Research Vol.5, No.1, pp 353-361.
- Ndehedehe, Christopher E., et al. "Understanding global groundwater-climate interactions." Science of the Total Environment 904 (2023): 166571.
- Ngah, S. A., & Nwankwoala, H. O. (2013). Assessment of static water level dynamics in parts of the Eastern Niger Delta. The International Journal of Engineering and Science, 2(11), 136-141.
- Ostad-Ali-Askari, K., & Shayannejad, M. (2021). Quantity and quality modelling of groundwater to manage water resources in Isfahan-Borkhar Aquifer. Environment, Development and Sustainability, 23(11), 15943-15959.
- Ragab, R. and A. Fathi (1989). Predicting water table contribution to crop evapotranspiration in central Nile data by CUF model. Journal of Rural Engineering and Development (Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung) 30: 217-222.
- Ramires, M. L., Nieto de Castro, C. A., Nagasaka, Y., Nagashima, A., Assael, M. J., & Wakeham, W. A. (1995). Standard reference data for the thermal conductivity of water. Journal of Physical and Chemical Reference Data, 24(3), 1377-1382.
- Rehman, M., Liu, L., Wang, Q., Saleem, M., Hamzah, B., Saqib, U. and Sana, P. (2019) Copper environmental toxicology, recent advances, and future outlook: a review' Environmental Science and Pollution Research, 26(18), pp. 18003-18016. Available at : .
- Richard. L.A. (1954) , Diagnosis and Improvement of saline and Al kali soils, Agric. H and book to, US Dept of Agric, wishing ton, D.C., P.16.

- Riedel, T. (2019). Temperature-associated changes in groundwater quality. *Journal of hydrology*, 572, 206-212.
- Ruttner, F. (2020). *Fundamentals of Limnology*. Walter de Gruyter GmbH & Co KG.
- Saalidong, B. M., Aram, S. A., Otu, S., and Larthey, P. O. 2022. Examining the dynamics of the relationship between water pH and other water quality parameters in ground and surface water systems. *PloS one*, 17 1, e0262117.
- Salman, A.S. and Elnazer, A.A. (2015). Evaluation of groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural uses in SW Qena Governorate, Egypt. *Adv. Nat. Appl. Sci.* 9(5): (2015) 16-26.
- SAS. 2018. *Statistical Analysis System, User's Guide*. Statistical. Version 9.6th ed. SAS. Inst. Inc. Cary. N.C. USA.
- Sherene, T. (2010). Mobility and transport of heavy metals in polluted soil environment. *Biological Forum - An International Journal*, 2(2): 112-121.
- Shukla, and M. K. Lal, R. (2017). *Principles of Soil Physics* Marcel Dekker, New York. 716 pp.
- Shukla, S., and Saxena, A (2020). Sources and leaching of nitrate contamination in groundwater. *Current Science*, 118(6):883-891.
- Singh, A. (2022). Groundwater recharge assessment and long-term simulation for managing the threat of salinization of irrigated lands. *Journal of Hydrology*, 609, 127775.
- Sohail, M. T., Manzoor, Z., Ehsan, M., Al-Ansari, N., Khan, M. B., Shafi, A., ... & Elbeltagi, A. (2023). Impacts of urbanization, LULC, LST, and NDVI changes on the static water table with possible solutions and water policy discussions: A case from Islamabad, Pakistan. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1018500.

- Southerland, E. (2016). U.S. EPA, Aquatic Life Ambient Water Quality Criteria, Office of Water, Office of Science and Technology.
- Su, F., Wu, J., Wang, D., Zhao, H., Wang, Y., & He, X. (2022). Moisture movement, soil salt migration, and nitrogen transformation under different irrigation conditions: Field experimental research. *Chemosphere*, 300, 134569.
- Talabi ,A.O. and Kayode ,T .J. (2019). Groundwater Pollution and Remedia *Journal of Water Re-source and Protection* 1161-19..
- Todd, D. K., 2007: Groundwater hydrology third edition, Jhon Wiley and Sons, Third Reprint. Inc. India. 535p.
- Tran. T. A and Popova. L. P. (2013). Functions and toxicity of cadmium in plants: recent advances and prospects. *Turkish Journal of Botany*. Vol. 37, pp: 1-13.University, Adrar..
- USEPA (United States Environmental Protection Agency) (2015).Protocol for Developing Pathogen TMDLs, EPA 841-R-00-002.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). (2007). National recommended water quality criteria. Office of water, Office of Science and Technology (4304T).
- Venugopal, T.; L. Giridharan; M. Jayaprakash and P.M. Velmuruga (2009). A comprehensive geochemical evaluation of the water quality of River Adyar, India. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 82, 211-217.
- Verma, K., Manisha, M., Santrupt, R. M., Anirudha, T. P., Goswami, S., Sekhar, M., ... & Rao, L. (2023). Assessing groundwater recharge rates, water quality changes, and agricultural impacts of large-scale water recycling. *Science of the Total Environment*, 877, 162869.
- Wagh, V.M., Panaskar, D.B., Mukate, S.V., Aamalawar, M.L., Laxman Sahu, U. (2020). Nitrate associated health risks from groundwater of

Kadava river basin Nashik, Maharashtra, India. *Hum. Ecol. Risk Assess. Int. J.*, 26: 654-672.

- Ware, G.W. and D.M. Whitacre. (2007). *Reviews of environmental Contamination and toxicology*. Springer Science, Business Media, LLC. Wastewater". 21st ed., publishers, USA. *Water Environ. Technol.* 12, 109-121..
- Wastewater". 21st ed., publishers, USA.
- Wei, Y., Chen, Y., Cao, X., Xiang, M., Huang, Y., & Li, H. (2024). A critical review of groundwater table fluctuation: formation, effects on multifeilds, and contaminant behaviors in a soil and aquifer system. *Environmental Science & Technology*, 58(5), 2185-2203.
- WHO (2018). A global overview of national regulations and standards for drinking water quality.
- WHO, (2006). world health organization. *Guideline for drinking water quality health criteria and other supporting information*. Vol. 2.
- WHO, (World Health Organization) (2007) *Trihalomethanes in drinking water: background document for development of WHO guidelines for drinking water quality*, World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- WHO, World Health Organization.(2011). "Guidelines for drinking water quality" . Geneva, Switzerland. Master Tree Grower Program Melbourne, Australia.
- Wongsasuluk, P., Chotpantararat, S., Siritwong, W., & Robson, M. (2021). Human biomarkers associated with low concentrations of arsenic (As) and lead (Pb) in groundwater in agricultural areas of Thailand. *Scientific Reports*, 11(1), 13896.
- Xie, Y., Liu, G., Chen, Y., Yang, M., Xia, C., & Huang, X. (2022). The effects of temperature, pressure and concentration on the hydraulic

conductivity of deep groundwater-bearing layers. *Hydrogeology Journal*, 30(4), 1295-1313.

- Zaikov G. E.;L. I. Weisfeld;E. M. Lisitsyn and S. A. Bekuzarova .2017. *Heavy Metals and other Pollutants in the Environment*. by Apple Academic Press, Inc.
- Zeng, Q.; Khan, A.; Deslauriers, A.; Rossi, S. (2022). May Temperature Drives CambialResumption in the Boreal BlackSpruce. *Forests* 13, 2168.
- Ziouchi, K. And Lakhdai, L. (2014). *Study Of Air Pollution by Tsp, Pm, And Heavy Metals in The Center of Alger*. Master's thesis. Ahmed Draï.

7 الملاحق  
ملحق (1)

نتائج تحاليل مياه الآبار لمنطقتي زرباطية وبدرة للموسم الصيفي (الأول)

العناصر الثقيلة ( PPM )					الايونات الذائبة الموجبة والسالبة ( ملغ / لتر )								dslm		ملغ / لتر		/ NTU		C°			
Co	Cr	Cd	Cu	Pb	SAR	PO4	NO3	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO4 <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	K+	Na+	Mg+	Ca+	EC	T.H	TDS	TSS	ph	عكاره	TEM	nb
0.145	0.412	0.161	0.439	0.549	4.11	0.39	19	291	619	718	15	354	139	325	3.06	1383	2504	269	7.39	12.5	37.5	1
0.106	0.195	0.101	0.108	0.122	4.05	0.42	21	299	518	648	16	330	127	283	3.86	1229	2270	118	7.41	3.4	35.7	2
0.097	0.179	0.09	0.099	0.095	3.79	0.38	17	316	489	523	13	300	113	256	3.51	1104	2046	78	7.28	2.6	33.6	3
0.095	0.356	0.127	0.314	0.268	4.02	0.35	15	296	456	532	12	299	109	238	3.40	1043	1976	281	7.23	14.2	35	4
0.147	0.51	0.157	0.491	0.58	3.76	0.27	10	203	433	541	11	271	98	221	3.13	955	1803	289	7.18	15.5	35.3	5
0.144	0.463	0.163	0.479	0.573	3.96	0.4	18	286	510	640	15	322	124	279	3.78	1207	2219	274	7.36	13.6	33.8	6
0.129	0.395	0.159	0.44	0.506	3.92	0.38	16	351	460	596	16	319	117	267	3.70	1148	2168	257	7.32	11.3	34.3	7
0.098	0.216	0.091	0.094	0.086	4.34	0.53	30	326	725	832	26	414	163	375	4.97	1607	2936	69	7.61	2.3	31.8	1
0.115	0.420	0.123	0.363	0.342	3.94	0.37	19	289	532	634	17	321	125	285	3.82	1226	2245	233	7.46	704	31.9	2
0.109	0.187	0.134	0.125	0.107	4.55	0.51	27	320	695	793	24	413	156	345	4.71	1503	2814	101	7.59	3.0	32.5	3
0.128	0.368	0.151	0.407	0.375	4.17	0.49	24	300	617	698	20	359	140	315	4.23	1362	2507	278	7.51	10.3	28.8	4
0.105	0.381	0.139	0.371	0.352	3.91	0.38	20	272	581	640	18	327	130	293	3.92	1266	2308	243	7.42	8.5	36.5	5
0.110	0.271	0.129	0.230	0.213	3.95	0.39	22	278	586	647	19	331	134	296	3.97	1290	2341	130	7.45	3.7	34.4	6
0.113	0.316	0.135	0.255	0.302	4.07	0.36	19	262	513	641	17	322	122	271	3.74	1179	2196	156	7.35	4.1	33.2	7
0.103	0.263	0.106	0.113	0.096	3.71	0.31	17	311	460	528	15	294	111	248	3.43	1076	2007	84	7.30	2.9	32.8	8
0.107	0.317	0.135	0.301	0.321	3.72	0.29	11	231	451	568	13	277	106	241	3.30	1038	1912	178	7.29	4.6	32.1	9
0.111	0.428	0.118	0.325	0.271	3.98	0.32	12	291	453	529	14	296	107	235	3.38	1027	1960	249	7.23	9.7	33.5	10
0.108	0.322	0.140	0.269	0.276	3.95	0.35	18	358	494	548	18	312	120	270	3.69	1168	2161	162	7.33	4.3	33.5	11
0.112	0.293	0.132	0.246	0.218	3.88	0.44	21	296	570	662	19	329	137	301	4.00	1315	2360	151	7.41	3.9	31.1	12
0.108	0.401	0.143	0.314	0.335	4.18	0.46	15	315	634	733	21	369	144	329	4.36	1414	2590	209	7.52	5.5	32.5	13
0.132	0.424	0.154	0.415	0.423	4.22	0.45	14	309	626	725	20	368	142	320	4.30	1383	2552	261	7.46	11.9	31.5	14
كوبلت	كروم	كاديوم	نحاس	رصاص																		

زرباطية

بدرة

نتائج تحاليل مياه الآبار لمنطقتي زرباطية وبدرة للموسم الخريفي (الثاني)

العناصر الثقيلة ( PPM )					الايونات الذائبة الموجبة والسالبة ( ملغ / لتر )										dslm	ملغ / لتر			/	NTU	C°	
Co	Cr	Cd	Cu	Pb	SAR	PO4	NO3	HCO <sup>-3</sup>	SO4 <sup>-</sup>	Cl-	K+	Na+	Mg+	Ca+	EC	T.H	Tbs	TSS	ph	عكاره	TEM	nb
0.141	0.391	0.148	0.413	0.513	4.30	0.37	16	292	614	726	16	365	139	315	4.20	1358	2508	281	7.42	12.9	26.2	1
0.113	0.206	0.059	0.121	0.131	3.79	0.28	10	229	494	593	11	293	112	253	3.39	1092	2011	132	7.38	4.1	27.4	2
0.091	0.188	0.086	0.103	0.091	3.88	0.29	11	232	498	607	12	300	114	256	3.45	1108	2048	84	7.32	3.2	26.1	3
0.089	0.319	0.109	0.301	0.302	4.36	0.26	9.5	219	482	590	10	345	107	294	3.31	1174	1968	269	7.27	13.8	27.5	4
0.142	0.483	0.124	0.461	0.567	4.11	0.33	14	256	544	648	14	321	125	279	3.69	1211	2191	273	7.21	14.9	27.0	5
0.138	0.439	0.137	0.389	0.605	3.96	0.30	13	240	518	621	13	307	118	266	3.55	1150	2112	256	7.40	13.0	24.8	6
0.133	0.371	0.141	0.420	0.493	3.94	0.29	12	237	511	619	12	306	116	263	3.50	1134	2091	246	7.29	11.7	25.8	7
0.092	0.196	0.089	0.096	0.089	4.46	0.34	15	332	733	850	17	423	161	375	4.88	1599	2933	79	7.58	2.9	22.2	1
0.103	0.388	0.115	0.352	0.329	4.19	0.39	16	262	553	658	15	330	126	285	3.80	1230	2262	214	7.42	6.7	19.5	2
0.096	0.169	0.124	0.139	0.126	4.27	0.42	17	296	627	738	16	369	145	320	4.27	1396	2563	121	7.55	3.9	25.0	3
0.121	0.347	0.137	0.371	0.41	4.50	0.45	18	338	741	853	18	424	165	380	4.93	1628	2965	290	7.47	11.2	25.8	4
0.114	0.359	0.128	0.346	0.363	3.93	0.33	14	245	525	626	15	311	120	269	3.60	1165	2144	261	7.38	9.3	26.4	5
0.103	0.260	0.116	0.209	0.207	3.90	0.32	13	243	523	625	14	309	119	270	3.59	1164	2135	147	7.49	4.5	25.3	6
0.119	0.293	0.122	0.218	0.286	3.87	0.31	12	241	521	623	13	308	118	267	3.57	1152	2119	173	7.33	5.0	26.8	7
0.095	0.229	0.094	0.136	0.093	3.76	0.27	9.8	226	490	588	10	295	110	249	3.35	1075	1994	101	7.27	3.6	27.9	8
0.099	0.328	0.123	0.279	0.346	3.82	0.29	11	233	505	617	11	305	115	260	3.49	1186	2073	162	7.25	4.1	18.2	9
0.105	0.386	0.106	0.295	0.250	3.86	0.32	14	250	538	635	15	316	122	273	3.66	1184	2177	239	7.20	8.9	23.4	10
0.113	0.291	0.132	0.252	0.245	4.05	0.35	16	267	562	668	16	338	127	289	3.83	1245	2281	182	7.31	5.2	21	11
0.108	0.276	0.121	0.236	0.235	4.10	0.39	15	271	574	676	17	342	130	292	3.92	1264	2343	168	7.46	4.4	21.2	12
0.093	0.386	0.129	0.329	0.312	4.41	0.43	17	309	681	791	18	377	152	325	3.56	1437	2738	217	7.55	6.1	24.0	13
0.126	0.406	0.142	0.381	0.411	4.37	0.36	16	277	611	728	17	368	132	310	4.15	1318	2486	299	7.48	12.3	24.6	14
كوبلت	كروم	كادميوم	نحاس	رصاص																		

زرباطية

بدرة

نتائج تحاليل مياه الآبار لمنطقتي زرباطية وبدرة للموسم الشتوي (الموسم الثالث)

العناصر الثقيلة ( PPM )

الايونات الذائبة الموجبة والسالبة ( ملغ / لتر )

dslm

ملغ / لتر

/

NTU C°

Co	Cr	Cd	Cu	Pb	SAR	PO4	NO3	HCO <sup>-3</sup>	SO4 <sup>-</sup>	Cl-	K+	Na+	Mg+	Ca+	EC	T.H	TDS	TSS	ph	عكاره	TEM	nb
0.139	0.42	0.175	0.421	0.528	5.77	0.44	15	302	660	743	16	376	145	336	4.94	801	2623	275	7.37	11.7	23.9	1
0.11	0.199	0.103	0.128	0.126	3.77	0.26	11	243	508	588	13	298	114	258	3.52	626	2052	125	7.41	3.9	22.3	2
0.094	0.182	0.089	0.105	0.093	3.82	0.28	10	256	523	611	15	309	118	267	3.64	648	2130	76	7.29	2.5	21.9	3
0.092	0.327	0.132	0.317	0.285	3.74	0.27	9.5	239	496	584	14	296	112	251	3.48	613	2027	253	7.3	13	23.5	4
0.151	0.496	0.141	0.479	0.576	3.79	0.31	11	270	558	650	15	325	126	290	3.85	694	2270	264	7.19	14.1	23.1	5
0.14	0.45	0.143	0.395	0.591	4.03	0.39	14	281	581	655	16	337	130	295	4.04	714	2335	249	7.36	12.3	20.4	6
0.131	0.386	0.138	0.413	0.511	3.85	0.33	12	276	560	646	15	332	128	284	3.92	700	2278	227	7.27	10.5	22.6	7
0.09	0.208	0.096	0.093	0.092	4.46	0.52	18	348	757	838	19	425	166	285	5.06	917	2989	68	7.53	2.3	20.6	1
0.112	0.406	0.119	0.349	0.316	4.22	0.46	13	289	640	693	17	403	139	371	4.21	797	2494	206	7.39	5.8	19.5	2
0.105	0.175	0.128	0.131	0.115	4.77	0.49	17	337	721	811	18	433	160	347	4.87	869	2876	112	7.51	3.3	21.1	3
0.132	0.401	0.136	0.366	0.418	4.2	0.45	12	292	621	707	14	349	137	325	4.18	761	2475	269	7.44	10.9	20.6	4
0.126	0.346	0.133	0.361	0.319	3.83	0.22	9	252	515	603	12	296	116	274	3.6	644	2094	243	7.41	9	23.4	5
0.112	0.276	0.119	0.215	0.221	3.89	0.25	9.4	259	531	625	11	307	120	280	3.66	663	2162	132	7.52	3.8	22.7	6
0.116	0.289	0.128	0.224	0.295	4.23	0.42	13	296	652	740	16	374	143	330	4.36	789	2590	158	7.39	4.5	21.4	7
0.099	0.21	0.098	0.129	0.089	3.78	0.21	8.5	235	516	598	10	299	113	263	3.5	625	2060	96	7.31	2.8	21.7	8
0.095	0.31	0.129	0.268	0.338	3.76	0.23	12	246	119	201	11	298	117	270	3.58	645	2091	149	7.29	3.7	22.3	9
0.113	0.369	0.112	0.29	0.246	3.85	0.29	11	249	529	607	14	301	119	273	3.71	655	2124	218	7.22	8.2	21.3	10
0.121	0.286	0.131	0.246	0.239	3.98	0.38	13	283	603	691	15	343	134	313	4.09	741	2418	171	7.28	4.7	20.8	11
0.114	0.261	0.128	0.242	0.226	4.06	0.43	14	288	628	710	16	359	140	317	4.22	768	2501	155	7.48	4	23.6	12
0.102	0.362	0.134	0.313	0.307	3.54	0.46	16	309	675	749	18	288	148	269	4.56	772	2668	199	7.59	5.2	20.1	13
0.128	0.411	0.151	0.366	0.426	4.13	0.42	15	299	643	729	17	365	144	331	4.33	793	2571	281	7.5	11.4	19.5	14
الكوبلت	الكروم	الكاديوم	النحاس	الرصاص																		

زرباطية

بدرية

نتائج تحاليل مياه الآبار لمنطقتي بدرية وزرباطية للموسم الربيعي (الرابع)

## العناصر الثقيلة ( PPM )

## الايونات الذائبة الموجبة والسالبة ( ملغ / لتر )

dslm

ملغ / لتر

/ NTU

C°

Co	Cr	Cd	Cu	Pb	SAR	PO4	NO3	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO4 <sup>-</sup>	Cl-	K+	Na+	Mg+	Ca+	EC	T.H	TDS	TSS	ph	عكاره	TEM	nb .
0.147	0.426	0.171	0.441	0.541	4.23	0.19	8.7	297	650	741	10	374	143	330	4.33	789	2590	281	7.39	13.2	27.2	1
0.114	0.201	0.19	0.132	0.124	3.75	0.21	9.9	238	495	583	12	297	113	249	3.48	616	2024	132	7.45	4.6	23.4	2
0.098	0.186	0.901	0.102	0.099	3.72	0.2	9.6	240	491	581	11	293	110	247	3.4	603	2018	82	7.33	3.2	27.4	3
0.095	0.349	0.141	0.322	0.275	3.74	0.23	9	243	489	585	10	291	109	250	3.42	600	2021	259	7.27	13.8	24.9	4
0.158	0.512	0.138	0.486	0.581	3.85	0.26	10	248	529	607	13	303	119	274	3.73	656	2126	278	7.23	15	28.5	5
0.146	0.461	0.149	0.389	0.581	3.8	0.31	11	271	558	652	11	327	125	288	3.83	689	2273	258	7.32	13	23.5	6
0.139	0.39	0.141	0.426	0.51	3.88	0.23	9.8	260	533	623	10	309	120	280	3.66	664	2162	223	7.24	11.6	29.3	7
0.093	0.215	0.093	0.099	0.089	5.75	0.43	11.5	302	659	745	16	379	146	337	4.45	805	2629	76	7.49	3.8	26.7	1
0.118	0.412	0.126	0.352	0.346	4.03	0.4	11.2	280	581	655	15	335	130	297	4.05	715	2335	213	7.42	6.4	25.7	2
0.112	0.183	0.137	0.14	0.119	3.83	0.46	13	256	523	611	17	310	118	268	4.62	648	2130	119	7.48	4.5	25.8	3
0.137	0.413	0.142	0.39	0.506	3.96	0.45	12	283	605	693	15	346	133	315	4.14	738	2421	255	7.4	11.6	25.5	4
0.129	0.352	0.138	0.37	0.325	3.77	0.29	10	244	509	588	11	298	115	259	3.51	631	2052	239	7.38	10	27.9	5
0.117	0.281	0.123	0.218	0.229	3.85	0.38	10.5	277	561	647	14	334	127	285	3.9	696	2278	140	7.56	4.8	29.7	6
0.203	0.293	0.125	0.237	0.298	3.78	0.36	11	270	559	651	13	326	126	290	3.87	695	2269	169	7.35	6	31.5	7
0.116	0.218	0.106	0.141	0.099	3.71	0.24	8.5	235	491	582	12	291	110	246	3.44	602	2021	103	7.29	4	28.9	8
0.108	0.326	0.137	0.275	0.352	3.8	0.27	9.3	249	521	598	13	290	114	270	3.55	633	2069	157	7.26	5.3	24.9	9
0.122	0.375	0.122	0.295	0.261	3.82	0.31	9.8	252	515	603	12	296	116	274	3.58	644	2095	226	7.19	9.7	25.2	10
0.126	0.293	0.139	0.258	0.25	3.83	0.33	10.3	275	559	647	14	331	129	286	3.96	704	2281	188	7.24	6.2	25.3	11
0.112	0.283	0.133	0.252	0.263	3.98	0.39	13	282	601	693	15	342	135	313	4.12	746	2418	166	7.45	5.7	24.9	12
0.109	0.375	0.141	0.319	0.322	3.53	0.51	15	312	677	752	18	289	149	271	4.69	778	2678	208	7.54	6.5	22.1	13
0.136	0.422	0.159	0.381	0.419	3.95	0.48	14	380	603	695	16	349	134	317	4.16	744	2427	270	7.46	12.6	24.7	14
	الكوبلت	الكروم	الكاديوم	النحاس	الرصاص																	المعدل

زرباطية

بدرية

ملحق (2) تصنيف المياه الجوفية بالنسبة للعناصر الثقيلة للمعايير العالمية والمحلية  
(ppm)

Present Study	IQS (2009)	Health Canada(2013)	USEPA (2007)	WHO (2011)	العناصر الثقيلة
0.175-0.059	1	0.005	0.005	0.03	الكاديوم(Cd)
0.203-0.09	0.5	-----	-----	-----	الكوبلت(Co)
0.512-0.169	0.05	0.005	0.10	0.05	الكروم(Cr)
0.491-0.093	0.03	1.0	1.3	2.0	النحاس(Cu)
0.605-0.089	0.01	0.01	0.015	0.01	الرصاص(Pb)

صورة (1) الدراسة الميدانية في منطقة الدراسة





صورة (2) صور من الجانب المختبري



## **Abstract:**

A study was conducted to evaluate the quality of groundwater in the eastern part of Wasit Governorate within the areas of (Badra and Zurbatiyah) for 21 regular wells, 7 identification wells were distributed in the lands of Zurbatiyah area and 14 wells in the lands of Badrah. Samples of well water were collected during four seasons starting from 15\8\2024 to 15\3\2025 for the study area. Then the samples were placed in plastic bottles and the levels of the wells (Stable and Variable) and the production capacity of the wells were determined and the electrical conductivity, pH and temperature of the well water were estimated using an electronic thermometer, total hardness, turbidity, total dissolved solids and total suspended solids were calculated, and positive ions ( $K^+$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Na^{+2}$ ) and negative ions ( $Hco3^-$ ,  $So4^{-2}$ ,  $Cl$ ,  $No3$ ,  $Po4$ ) were calculated, in addition to measuring heavy elements (copper Cu, lead Pb, cadmium Cd, chromium Cr, Cobalt (Co)). The water quality in the study area was then evaluated for the four seasons according to Iraqi and international standards and specifications for water quality. The results obtained from the study included the following:

1- The fixed levels of the wells in the study area within the Badra region varied during the autumn season, and their values ranged from 5.46-22 m, with an annual average of fixed level values of 11.37 m. The highest value was 22 m in well 7S and the lowest value was 5.46 m in well 5S. Meanwhile, the fixed groundwater level in the study wells of the Zarbatia region during the same season ranged from 5-9.23 m, with an annual average of fixed level values of 7.53 m. The highest value was 9.23 m in well S15 and the lowest value was 5 m in well S19. As for the spring season, the stable groundwater level in the study wells within the Badra area was found to range between 5.22 and 15.61 meters, with an annual average of 21.74 meters. The highest value was 15.61 meters in well 13S, and the lowest value was 5.22 meters in well 5S. Meanwhile, the stable groundwater level in the study wells of the Zarbatia area in the same season ranged from 4.85 to 9.63 meters, with an annual average of 7.37 meters. The highest value was 9.63 meters in well S20, and the lowest value was 4.85 meters in well 19S.

2-As for the water table fluctuations in the Badra area wells during the autumn season, their values ranged from 5.64 to 36.00 meters, with an annual average of 21.74 meters. The highest value, 36.00 meters, was recorded in well S2, and the lowest, 5.64 meters, was recorded in well S10 in the Badra area. In

Zurbatiyah, the water table fluctuations ranged from 14 to 36.31 meters, with an annual average of 26.55 meters. The highest value, 36.31 meters, was recorded in well S18, and the lowest, 14 meters, was recorded in well S20. During the spring season, the water table fluctuations in the study wells within the Badra area ranged from 15.75 to 35.94 meters, with an annual average of 23.30 meters. The highest value was 35.94 m in well S9 and the lowest value was 15.75 m in well S12, while the moving groundwater level in the wells of the study area in Zarbatia ranged from 13.65 to 36.26 m, with an overall average of 26.39 m. The highest value was 36.26 m in well S17 and the lowest value was 13.65 m in well S20.

3- The productivity values of the wells in the study area within the Badra site during the autumn season ranged from 4 to 10 liters per second (L/s), with an annual average discharge value of 7.35 L/s. The highest value of 10 L/s was recorded in well S5, and the lowest value of 4 L/s was recorded in well S9. During the same season in the Zurbatiya area, the productivity of the wells ranged from 6 to 8 L/s, with an annual average discharge value of 7.07 L/s. The highest value of 8 L/s was recorded in well S15, and the lowest value of 6 L/s was recorded in well S18. As for the spring season, the productivity of the wells in the Badra area ranged from 4.23 to 10.3 liters per second, with an average annual flow rate of 7.542 liters per second. The highest productivity was recorded at 10.3 liters per second in well S5, and the lowest at 4.23 liters per second in well S9. For the Zurbatiya area, the productivity of the studied wells ranged from 6.1 to 8.15 liters per second during the spring season, with an average annual flow rate of 7.16 liters per second. The highest flow rate was recorded at 8.15 liters per second in well S20, and the lowest at 6.1 liters per second in well S17.

4- The temperature of the well water during the study seasons ranged between (18.2-37.5) m°. Turbidity values were (2.3-15.5) NTU, while electrical conductivity values were (3.06-5.06) decimeters-1. Total dissolved salts ranged between (1803-2989) milligrams L-1, while pH values were (7.18-7.61). Total suspended solids values ranged between (68-299) milligrams L-1, while total hardness values for well water were (600-1599) milligrams L-1.

5-The averages of negative and positive ions of well water were estimated during the study seasons. The values for calcium and magnesium ions in well water ranged from (221-375) mg L-1 and (98-165) mg L-1 respectively, and sodium and potassium ions ranged from (271-433) mg L-1 and (10-26) mg L-

1 respectively. The average concentrations of chloride ions were (201-853) mg L<sup>-1</sup>, and the average concentrations of sulfate ions were (433-721) mg L<sup>-1</sup>, while the average concentrations of bicarbonate ions were (203-358) mg L<sup>-1</sup>. The average concentrations of nitrate ions were (8.7-30) mg L<sup>-1</sup>, and phosphate ions were (0.19-0.53) mg L<sup>-1</sup>. Our results, when compared with international and Iraqi drinking water standards, showed that pH levels and nitrate ion concentrations were within permissible limits. However, total dissolved solids (TDS) and sodium, calcium, chloride, and bicarbonate ion concentrations exceeded permissible levels. Magnesium and potassium ion concentrations were within permissible limits except in three wells. Sulfate ion concentrations exceeded permissible limits except in one well, while phosphate concentrations remained within limits except in four wells.

6- The average total heavy metal concentrations of the five studied elements (copper (Cu), lead (Pb), cadmium (Cd), chromium (Cr), and cobalt (Co) in well water were (0.093-0.486), (0.089-0.605), (0.09-0.175), (0.169-0.483), and (0.091-0.147) mg/L, respectively. Cadmium ion levels exceeded the limits set by the World Health Organization (WHO), the US Environmental Protection Agency (EPA), and Health Canada, but remained within Iraqi limits. Cobalt ion levels were also within Iraqi limits. Chromium and lead levels exceeded all international and Iraqi standards, while copper concentrations were below internationally permissible limits but still exceeded Iraqi standards.

7- The study results showed that all well water falls within the poor category C4S1. According to Richard's 1954 classification, all well water is classified as poor and its use is limited to well-permeable soils and the production of crops that tolerate high salinity. Furthermore, TDS values were high and unsuitable for drinking in all cases without treatment. In terms of total hardness, all water quality falls under the category of "very hard," while international classifications for TDS values place it in the category of "slightly brackish water."

**Republic of Iraq  
Ministry of Higher Education and  
Scientific Research  
University of Wasit - College of  
Agriculture  
Department of Soil Sciences and  
Water Resources**



# **Evaluation of Groundwater Quality in Eastern Wasit Governorate**

**Letter I Submitted**

**Ban Firas Jalil Hussein Al-Saadi**

**Bachelor of Agricultural Sciences in Soil and Water  
Resources Sciences**

**to**

**Council of the Faculty of Agriculture -Wasit University**

**It is part of the requirements for a Master's degree in  
Agricultural Sciences**

**Supervised by**

**Assistant Prof. Dr. Layth Saleem Salman**

**Prof. Dr. Jamal Nasser Abdul Rahman**

**1447AH**

**2025 AD**