تقييم جودة المياه الجوفية وصلاحيتها للاستخدام البشري والزراعي لبعض آبار دلتا تبن محافظة لحج

ربا محمد عبد الله الصعو و د. ناصر احمد محمد جمباء

طالبة ماجستير

قسم التربة والهندسة الزراعية، كلية ناصر للعلوم الزراعية، جامعة لحج

Email: gambanasser@gmali.com Email: esseauommohmd@gmali.com

الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم جودة المياه الجوفية وصلاحيتها للاستخدام البشري والزراعي لبعض آبار في دلتا تبن محافظة لحج، من خلال دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية في اثنين موقعين وهي (أعلى الوادي، أسفل الوادي) في ثلاثة مواعيد مختلفة خلال الأشهر (يونيو2023م واكتوبر 2023م وفبراير 2024م)، وتم تحديد ثلاث آبار رئيسية لكل موقع وكررت ثلاث مرات، وتم تحليلها الخواص الفيزيائية (E.C، pH، TDS، TA، TH، CAH، MgH، CRbH، NCRH)، والخواص الكيميائية (وأيون الصوديوم (+Na)، وأيون البوتاسيوم (+K)، وأيون الكالسيوم (+Ca2)، وأيون المغنيسيوم (+Mg2)، وأيون الكبريتات (-SO42)، وأيون الكلوريد (-Cl)، وأيون الفلورايد (-F)، وأيون النترات (-NO3)، أظهرت النتائج بأن ارتفاع تركيز المواد الصلبة الذائبة (TDS) والتوصيل الكهربائي (EC) في جميع العينات ضمن الحدود المسموح بها وفقًا للمواصفات اليمنية والعالمية، وتراوحت درجة الحموضة ضمن الحدود المسموح بها، حيث سجل تراكيز النترات فروق معنويا على مواقع أعلى الوادي 35.60 mg/l، وأقل عند أسفل الوادي 23.80 mg/l، لاحظ بإن أيون الصوديوم كان معنوية في مياه دلتا تبن محافظة لحج، بينت نتائج التحاليل أن هذه المياه تصلح للأغراض الشرب والري حسب المواصفات التي تم اعتمادها.

الكلمات المفتاحية: جودة المياه الجوفية – الزراعة – الآبار– دلتا تبن – محافظة لحج

1. المقدمة:

الموارد المائية ما تمثله من أهمية محورية للأغراض البشري والزراعي في العالم وبخاصية على ضوء شحة هذه الموارد، يدعو إلى توجيه الاهتمام المناسب للتحليل والدراسة والبحث في كافة القضايا والجوانب التي من شأنها أن تساهم في تنمية تلك الموارد، وتحقيق أقصى مستويات ممكنة من نوعية وكفاءة الاستخدام الحياني، يعرب معيوب (2003)، تُعتبر المياه الجوفية عادةً مصدرًا جيدًا جدًا لمياه الشرب النقية، وهي خالية من الملوثات والبكتيريا. ومع ذلك، يمكن أن تتلوث نتيجة للعديد من العوامل، مثل التوسع الحضري، والانفجار السكاني، والتصنيع، والتخلص العشوائي من النفايات البشرية والزراعية ونفايات التعدين، والاستخدام غير المخطط للمواد الكيميائية الزراعية والأسمدة، وكذلك الاستغلال المفرط لموارد المياه الجوفية. كل هذه العوامل المذكورة أعلاه تسببت في تراكم مفرط للملوثات على الأرض وتلوث موارد المياه الجوفية السطحية المتاحة

تعد اليمن من أكثر الدول فقرًا وندرة في الموارد المائية (وزارة التخطيط والتعاون الدولي، 2005)، وذلك نتيجة لموقعها الجغرافي ضمن المناطق الاشد جفافًا، ناهيك عن ارتفاع درجة الحرارة وعدم وجود موارد مائية دائمة مثل الأنهار والبحيرات التي يمكن أن تغذي أحواض المياه الجوفية التي تعتمد عليها البلاد، ومع وجود ظروف أفضل في بعض مناطق من اليمن إلا أنها بدأت تعاني من شحة المياه وندرتها (حسن، 2002) و(لجنة السياحة والبيئة، 2003).

إن موارد المياه تمثل عاملًا مهمًا لاستقرار الإنسان، ويُعدُّ وادي تبن أحد الأودية التي تتغذى بمياه الأمطار التي تسقط على المرتفعات، إذ يصرف مياهه إلى الشرق في خليج عدن وتجري السيول خلال الفترة من يونيو وسبتمبر، جريانها في اليوم بمعدل 4 - 8 ساعة، وقد تمتد إلى يوم كامل إذا تواصل التساقط على سطوح التغذية، وتشكل المياه الجوفية موردًا له أهمية كبيرة، ويُعدُّ الخزان الجوفي لوادي تبن هو أكبر الأحواض الجوفية حيث تبلغ مساحته (1800) كيلو متر مربع وتقدر كمية المياه فيه (73 مليون متر مربع)، ويُعدُّ الممون الرئيس لمياه الشرب والمناطق التابعة لها فضلًا عن الأراضي الزراعية التي تقدر مساحتها (3000هكتار) والاستخدامات المنزلية والصناعية في ظل النمو السكاني المتزايد فيها وحيث توجد عدة حقول في حوض وادي تبن تمول مديرية تبن ومدينة عدن بالمياه حيث يمد حقل مغرس ناجي بالمياه عبر الشبكات الحديثة الداخلية الرئيسة والفرعية (حسن، 2002).

ذكر العماري وعبد العزيز، (2018) في دارسة لتقييم المياه الجوفية في أربع مناطق في ليبيا، أن جميع العينات التي تم تقييمها كانت ضمن الحدود المسموح بها بالنسبة لصفة اللون. بين Saleh and Al-Sallami، (2022) أن نتائج عينات الـ 20 عينة المأخوذة من المياه الجوفية من حقول بئر ناصر وبئر احمد في دلتا تبن محافظة لحج كان هنالك ارتفاع في العكارة تجاوزت الحد المسموح به. توصل حسن وآخرون، (1999) في دراستهم للخواص الفيزيائية لأبار مياه الشرب في عتق وما حولها في محافظة شبوة أن قيم الرقم الهيدروجيني للعينات المدروسة، تتراوح درجة الحموضة(pH) بين (6.67–8.11). أوضح Saleh and Al-Sallami (2022) أن نتائج فحص الـ 20 عينة من المياه الجوفية من حقول بئر

ناصر وبئر احمد في دلتا تبن محافظة لحج كانت متوافقة مع القياسات المحلية والعالمية في الرقم الهيدروجيني. كانت قيم التوصيل الكهربي 1576-1701 مكروسيمنز. ذكر Saleh and Al-Sallami (2022) ان نتائج العينات (20) عينة المأخوذة من المياه الجوفية من حقول بئر ناصر وبئر احمد في دلتا تبن محافظة لحج كان هناك ارتفاع بتراكيز الصوديوم تجاوز الحد المسموح به، إذ كان سبب التلوث قرب الآبار المدروسة من مناطق النفايات الزراعية والحيوانية والبشرية.

أوضح Saleh and Al-Sallami، (2022) أن نتائج العينات المأخوذة من المياه الجوفية من حقول بئر ناصر وبئر احمد في دلتا تبن محافظة لحج كان هنالك ارتفاع بتراكيز الكلور فيها والتي تتجاوز الحد المسموح به، وأوضح ان سبب ذلك هو التلوث لقرب الآبار المدروسة من مناطق النفايات الزراعية والمبيدات الكيماوية. بين Atta and Abdul Razzak، (2008) أن نتائج العينات المدروسة في محافظة الحديدة كانت قيم الاملاح الذائبة الكلية فيها تقع ضمن الحدود المسموح بها ماعدا في أحد الابار في منطقة الدراسة تجاوز الحد المسموح به بنسبة (1008.6-744.01) ملغم/ لتر. أوضح الأحمدي، (2016) أن تراكيز القلوية للعينات قيد الدراسة الضالع وضواحيها، تراوحت بين(152.3mg/l) كحد أدنى في العينة و(616.3mg كحد أعلى في العينة. وقد تعود أسباب التباين في قيم القاعدية إلى طبيعة التكوين الجيولوجي، ويرجح ارتفاع تراكيز قلوية المياه إلى ارتفاع نسبة الأملاح الذائبة في المياه المدروسة والتي تسبب القلوية العالية عن الحد المسموح به محليًا. أوضح المخلافي وصقران، (2006) أن قيم العسر الكلي كانت مرتفعة في مياه بئر كلية ناصر للعلوم الزراعية (649ملجم/لتر)، وبئر محمد (740ملجم/لتر)، وبئر عقيل (669ملجم/لتر)، جامع (671ملجم/لتر).

2. مواد وطرائق البحث:

•مواقع وجمع العينات:

تم النزول إلى منطقة الدراسة لعام 2023/ 2024م في اثنين موقعين وهي (أعلى الوادي، أسفل الوادي) في ثلاثة مواعيد مختلفة خلال الأشهر (يونيو2023م واكتوبر 2023م وفبراير 2024م)، وتم تحديد ثلاث آبار رئيسية لكل موقع وكررت ثلاث مرات، وأخذ العينات بعد عملية الجمع مباشرة إلى مختبرات مؤسسة المياه والصرف الصحي بعدن على الرغم من بعد المسافة من محافظة لحج إلى عدن، حيث وضعت العينات في ثلاجة يدوية خاصة لحفظ العينات لإجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه, تم استخدام أجهزة وطرق معايرة مختلفة لتلك الفحوصات حسب المواصفات اليمنية والعالمية، مواصفات وكالة حماية البيئة الأمريكية (USEP) (1975)؛ (HA.AWWA.WPCE,(1975؛ ومنظمة الصحة العالمية، (1981) و(1984) و(1993)؛ (AWWA.WPCE,(1985؛ (Vogel,(1988؛ ومواصفات الزراعة والأغذية,FAO (1989)؛ و(عبادي وآخرون، 1990)؛ و(مجلس حماية البيئة، 199) ؛ ودرويش (1997).

○ **التحاليل الفيزيائية:**

•قياس درجة الحموضة (PH):

وفق الطرق الواردة في Richard (1954) واستخدم جهاز (PH meter) موديل (Jencons 113) مزود بالكترود زجاجي مزدوج تمت معايرته بمحاليل منظمة حديثا بقوة حمضية (PH=4.00) و (PH=7.00).

•قياس التوصيل الكهربائية (Electrical conductivity):

فقد استخدم جهاز (meter Conductivity) موديل (Jencons 4010) مزود بخلية توصيل سبق معايرته بمحلول عياري (0.1 M : 25 C) من كلوريد البوتاسيوم النقي (KCL, A.R.) واجريت القياسات عند درجة حرارة الغرفة. وقد صنفت المياه حسب الموصلية الكهربائية (4).

○ **التحاليل الكيميائية:**

•الكاتيونات (Major Cations):

•تقدير نسبة ايونات الصوديوم والبوتاسيوم (Na & k):

استخدمت طريقة قياس طيف اللهب بواسطة جهاز (Flame Photometer) موديل (Digital Jencons PFP7) مزود بمرشحات الصوديوم، البوتاسيوم، الليثيوم، الكالسيوم، والباريوم.

•تقدير نسبة ايونات الكالسيوم والماغنسيوم (Ca&Mg):

استخدم محلول ثنائي امينو ايثيلين رباعي حامض الخليك ومحلول النشادر المنظم (PH=10) وكاشفي الايروكروم والميروكسيد (الاول عند PH=10 والثاني عند PH=12).

•تحديد تركيز ايونات النترات (NO3):

استخدم جهاز (Spectrophotometer) موديل(DR 2100) لقياس شدة اللون باستخدام كواشف جاهزة تحتوي على مركب ثنائي السلفونيك 4.2 (3-57-121) والمخصصة لمعايرة النترات. استخدم في التجربة المختبرية التصميم العشوائي الكامل (التام) وحللت النتائج احصائيا باستخدام برنامج الجينستات.

3. **النتائج والمناقشة:**

1.3. الخواص الفيزيائية للمياه الجوفية لبعض آبار دلتا تبن محافظة لحج:

1.1.3. الرقم الهيدروجيني pH:-

تشير النتائج في الجدول (1) ان قيم الرقم الهيدروجيني pH في مياه دلتا تبن محافظة لحج أظهرت وجود فروق معنوية بين مواقع الدراسة على هذه الصفة، حيث تراوحت القيم عند موقع أعلى الوادي pH 7.38، وعند موقع أسفل الوادي pH 7.42، يلاحظ أن هذه المياه صالحة للشرب والتي حددت مدى pH (6.5 - 8.5) للحدود المسموح بها لمياه الشرب وصالحة لاستخدام الزراعي وأنه لا توجد أي مشكلة في الري وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل إليه المواصفات وكالة حماية البيئة الأمريكية USEP,(1975) ومواصفات الزراعة الأغذية,FAO (1989) والحياني، (2003)، Al-Shargabi, (2015) و Saleh and AL-Sallami, (2022).

2.1.3. التوصيل الكهربائي EC:-

تشير النتائج في الجدول (1) ان قيم التوصيل الكهربائي وجود فروق معنوية فيما بينهم، حيث أعطت أعلى قيمة عند موقع أسفل الوادي (1885 US/Cm)، بينما بلغت أقل قيم عند موقع أعلى الوادي (1743 US/Cm)، هذا تتفق مع جاء به Al-Shargabi, (2015) والجهري وسعيدان، (2000).

3.1.3. الأملاح الذائبة الكلية TDS:-

توضح البيانات في الجدول (1) إلى وجود تأثير معنوية في خواص الأملاح الذائبة الكلية TDS لمياه دلتا تبن محافظة لحج، حيث سجلت ارتفاعا عند موقع أسفل الوادي 1239 mg/l، وانخفضت عند موقع اعلى الوادي 1099 mg/l، وهذه القيم تتناسب مع كمية الأملاح الذائبة الكلية وتعتبر ضمن الحدود المسموح بها لمياه الشرب وصالحة لاستخدام الزراعي، هذا تتفق مع جاء به حسب المواصفات وكالة حماية البيئة الأمريكية USEP,(1975) ومواصفات الزراعة والأغذية,FAO (1989)، الحياني، (2003) والعماري وعبد العزيز، (2018).

4.1.3. القاعد الكلية TA:-

تبين النتائج في الجدول (1) وجود فروق معنوية عالية بين الموقع حيث تفوقت القاعدة الكلية عند موقع أسفل من الوادي 287.10 mg/l، وانخفضت عند موقع اعلى الواديmg/l 191.30، وهذا يتفق معا ما توصل إليه الصوفي، (2014).

5.1.3. العسرة الكلية TH:-

تشير النتائج من خلال الجدول (1) بأن مياه دلتا تبن محافظة لحج وجود فروق معنوية بين مواقع الدراسة على هذه الصفة، ولقد أعطت عند موقع اعلى الوادي 431 mg/l، عينة عند موقع أسفل الوادي 465 mg/l)، وهذا يتفق مع ما توصل إليه حسن وآخرون، (1999).

6.1.3. عسرة الكالسيوم:-

تشير النتائج في الجدول (1) وجود تأثير معنوي على خواص عسرة الكالسيوم حيث تراوحت القيم عند موقع اعلى الوادي 198 mg/l، وعند موقع أسفل الوادي 214 mg/l، عند مقارنتها تفوقت عينة أسفل الوادي 214 mg/l، بينما عينة اعلى الوادي انخفضت حيث أعطت 198 mg/l، أن زيادة عسرة الكالسيوم يعود الطبيعة تكون طبقات الأرض الجيولوجية لمنطقة الدراسة، وهدا يتفق مع ما توصل إليه كل من حسن وآخرون، (1999)، الصوفي، (2014)، و Jalil, (2016) .

7.1.3. عسرة المغنيسيوم:-

توضح النتائج في الجدول (1) بإن عسرة المغنيسيوم في مياه دلتا تبن محافظة لحج إلى وجود فروق معنوية على هذه الصفة حيث تظهر عند موقع اعلى الوادي 233.60 mg/l، عند موقع أسفل الوادي 251.30 mg/l، من ناحية المقارنة تفوقت عينة موقع أسفل الوادي، تلها قيم عند موقع اعلى الوادي يعود سبب عسرة المغنيسيوم طبيعة الجيولوجية لمنطقة الدارسة، وتتفق هذه النتيجة مع كل من الصوفي، (2014) حسن وآخرون، (1999).

8.1.3. عسرة الكربونات:-

تظهر النتائج في الجدول (1) وجود تأثير معنوية على خواص عسرة الكربونات لمياه دلتا تبن محافظة لحج، حيث أعطت أعلى قيمة عند موقع أسفل الوادي 286.90 mg/l، وأقل قميه عند موقع أعلى الوادي 191.30 mg/l، وهذا يتفق مع ما توصل إليه الأحمدي، (2016).

9.1.3. عسرة البيكربونات:-

تشير النتائج في الجدول (1) إلى وجود فروق معنوية على خواص عسرة البيكربونات في مياه دلتا تبن محافظة لحج، حيث أعطت موقع أسفل الوادي 178 mg/l، وأقل تركيز عند موقع اعلى الوادي 240 mg/l، يلاحظ أن مياه الآبار هذه حسب المواصفات العالمية لصلاحية مياه الشرب لأنها لم تتجاوز الحدود القصوى المسموح بها وكذلك بالنسبة لصلاحيتها لمياه الري لم تتجاوز الحدود المسموح بها وتتفق هذه النتيجة مع كل من المواصفات وكالة حماية البيئة الأمريكية USEP,(1975) و مواصفات الزراعة والأغذية FAO,(1989)، Al-Shargabi, (2015) و Al-Aizari, (2017).

جدول رقم (1) الخواص الفيزيائية للمياه الجوفية لبعض آبار دلتا تبن محافظة لحج

الصفات / الموقع	أعلى الوادي	أسفل الوادي	LSD 5%	المواصفات اليمنية	المواصفات العالمية
درجة الحموضة pH	7.38	7.42	0.149	6.5-8.5	6.5-8.5
التوصيل الكهربائي EC (µs/ cm)	1743	1885	0.256	450-1000	-
المواد الصلبة الذائبة TDS (mg\ l)	1099	1159	144.4	1500	1500
القاعدة الكلي TA mg /l	191.3	287.1	19.01	-	-
العسرة الكلية TH mg /l	431	465	74.9	500	500
عسرة الكالسيوم mg /l	198	214	57.9	500	500
عسرة المغنيسيوم mg /l	233.6	251.3	42.42	500	500
عسرة الكربونات mg /l	191.3	286.9	18.87	500	500
عسرة البيكربونات mg /l	240	178	78.8	500	500

2.3. الخواص الكيميائية لمياه الجوفية لبعض آبار وادي دلتا تبن محافظة لحج

1.2.3. الصوديوم:

تشير النتائج في الجدول (2) وجود فروق معنوية، حيث أعطت أعلى القيمة عند موقع أسفل الوادي223.30 mg/l وتتفق هذه النتائج كلا من الصوفي، (2014) بن يحيى، (2005).

2.2.3. الكالسيوم: -

نجد من خلال النتائج في الجدول (2) بإن عنصر الكالسيوم في مياه دلتا تبن محافظة لحج كان معنويا، وقد تراوح القيم للكالسيوم بين لعينات الدراسة عند موقع اعلى الوادي79.10 mg/l، عند موقع أسفل الوادي 82.10 mg/l، يلاحظ أن مياه الآبار هذه حسب المواصفات العالمية لصلاحية مياه الشرب لأنها لم تتجاوز الحدود القصوى المسموح بها وكذلك بالنسبة لصلاحيتها لمياه الري لم تتجاوز الحدود المسموح بها وتتفق هذه الدراسة مع Jalil,(2016)، الحياني، (2003)، والمواصفات وكالة حماية البيئة الأمريكية USEP,(1975) و مواصفات الزراعة والأغذية FAO,(1989).

3.2.3. المغنيسيوم:-

تظهر النتائج في الجدول (2) إلى وجود فروق معنوية على أيون المغنيسيوم Mg في مياه دلتا تبن محافظة لحج، حيث سجلت أعلى تراكيز عند موقع أسفل الوادي 60.30 mg/l، و أقل تراكيز عند موقع اعلى الوادي 50.40 mg/l، كما يوضح ان نسبة ارتفاع المغنيسيوم تعتبر مثل الكالسيوم هما اكثر العناصر مسببة للعسرة ويرجع اختلاف تراكيز المغنيسيوم الى طبيعة المناطق الابار المدروسة وتكوين الجيولوجية ونوعية الصخور المحتوية على المياه كما تساهم المياه العادمة في زيادة نسبة المغنيسيوم في المياه وهذه التراكيز بالنسبة لعنصري الكالسيوم و المغنيسيوم ولجميع الآبار لم تتجاوز الحدود المحددة لصلاحية المياه الشرب وللري، وهذا يتفق مع جاء به حسب المواصفات وكالة حماية البيئة الأمريكية USEP,(1975) و مواصفات الزراعة والأغذية FAO,(1989) و الحياني، (2003)، بن يحيى، (2005).

4.2.3. البوتاسيوم: -

من خلال النتائج الجدول (2) يبين عنصر البوتاسيوم K في مياه دلتا تبن محافظة لحج إلى وجود فروق معنوية على أيون البوتاسيوم، حيث أعطت أعلى قيمة عند موقع أسفل الوادي 8.44 mg/l، وأقل قيمة عند موقع اعلى الوادي8.00 mg/l، يؤدي سبب الارتفاع البوتاسيوم في مناطق الابار المدروسة إلى الافراط في استخدام الأسمدة الزراعية ومياه الصرف الصحي وكذلك طبيعة منطقة التركيب الجيولوجي ونوعية الصخور المحتوية على المياه. وهذا يتفق مع جاء به مع حسن وآخرون، (1999) و(2008) ALSabahi,.

5.2.3. الكبريتات: -

تشير النتائج في الجدول (2) إلى وجود فروق معنوية بين عامل الدراسة على هذه الصفة، كذلك بينت قراءات عينات الدراسة عند موقع اعلى الوادي 282.80 mg/l، عند موقع أسفل الوادي 255.60 mg/l، حيث ارتفعت عند موقع اعلى الوادي وانخفضت عند موقع أسفل الوادي. وهذا الدراسة تتفق مع ما توصل اليه بن يحيى، (2005).

6.2.3. الكلور:

بينت النتائج في الجدول (2) وجود تأثير معنوية بين مواقع الدراسة على هذا العنصر، حيث ارتفعت القيم الكلور عند موقع أسفل الوادي 285.50 mg/L، وانخفضت عند موقع اعلى الوادي 273.10 mg/L وهذا يتفق مع توصل اليه بإعباد، (2014).

1.1.3. النترات:

تظهر النتائج من خلال الجدول (2) إلى وجود فروق معنوية لعامل الدراسة على خواص مركب النترات دلتا تبن محافظة لحج، حيث سجلت ارتفاعًا عند موقع اعلى الوادي 35.60 mg/l، وانخفضت عند موقع أسفل الوادي 23.80 mg/l، وهذا يتفق مع جاء به Shaif and Sallami (2022).

2.1.3. الفلور:

تشير النتائج في الجدول (2) إلى وجود فروق معنوية على عنصر الفلور في مياه دلتا تبن محافظة لحج الجدول، حيث سجلت ارتفاعا عند موقع اعلى الوادي 1.03 mg/l، انخفضت عن موقع أسفل الوادي 0.697 mg/l، هذا يتفق مع ما أشار الية في الدراسة جهري وسعيدان، (2000) والصوفي، (2014).

جدول رقم (2) التحاليل الخواص الكيميائية لمياه الجوفية لبعض آبار وادي دلتا تبن محافظة لحج

الصفات / الموقع		اعلى الوادي	أسفل الوادي	LSD 5%	المواصفات العالمية	المواصفات اليمنية
الكاتيونات	الصوديوم Na^+ mg/l	200.30	223.30	30.76	200	400 – 200
	الكالسيوم Ca^{2+} mg/l	79.10	82.10	27.23	200	200
	المغنيسيوم Mg^{2+} mg/l	57.9	60.30	10.73	50	150 - 30
	البوتاسيوم K^+ mg/l	8.00	8.44	3.56	12	12
الأيونات	الكبريتات SO_4^{2-} mg/l	282.80	255.60	40.21	400	400
	الكلور Cl^- mg/l	273.10	285.50	49.50	600	600
	النترات NO_3^- mg/l	35.60	23.80	9.42	45	60 – 45
	الفلور F^- mg/l	1.033	0.967	0.102	1.5	1.5

4. الاستنتاجات:

1.4. المياه في دلتا تبن قلوية بطبيعتها، ويتراوح الرقم الهيدروجيني بين 7.38و7.42، مع تفوق أسفل الوادي بالقيم الأعلى.

2.4. ارتفاع التوصيل الكهربائي والأملاح الذائبة الكلية في أسفل الوادي يعكس زيادة تركيز الأيونات الذائبة بسبب تأثير الجيولوجيا والأنشطة البشرية.

3.4. القاعدية الكلية والعسر الكلي وعسرة الكالسيوم والمغنيسيوم والكربونات كانت أعلى في أسفل الوادي، بينما عسرة البيكربونات سجل أعلى قيمة في أعلى الوادي، ما يدل على تأثير التكوين الجيولوجي والرسوبي على هذه الصفات.

4.4. أيونات الصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والكلور تركزت بشكل أكبر في أسفل الوادي، بينما الكبريتات والنترات والفلور كانت أعلى في أعلى الوادي، ما يشير إلى تأثير الأنشطة الزراعية ومياه الصرف على التوزيع الكيميائي للمياه.

5. التوصيات: -

1.5. بشكل عام تعتبر مياه دلتا تبن عسرة جداً وذات ملوحة مرتفعة تتجاوز المواصفات المعتمدة للشرب في كثير من الأحيان، خاصة في مناطق أعلى وأسفل الوادي. على الرغم من أن بعض الخصائص الأساسية مقبولة، إلا أن مؤشرات التلوث المرتفعة (خاصة الملوحة والنترات) تستدعي ضرورة المراقبة الدورية لجودة المياه واتخاذ

الإجراءات اللازمة لحماية الخزان الجوفي من التلوث، والنظر في تطبيق معالجات أولية للمياه (مثل التخفيف أو التحلية الجزئية)، قبل استخدامها للشرب لضمان السلامة الصحية للسكان.

2.5. توثيق البيانات المتعلقة بالخزانات الجوفية في المنطقة وتحديثها لكي يتسنى للباحثين دراستها ومتابعتها وتقيمها.

3.5. إجراء دراسات هيدرولوجية وجيوفيزيائية بالمنطقة وذلك للتعرف على حدود وأعماق وكميات المياه بالمنطقة.

4.5. الحفاظ على مياه الأمطار الموسمية من خلال وضع الحواجز والسدود التي تساعد على تغذية المياه الجوفية.

5.5. يجب المنع أو الحد من الحفر العشوائي للآبار، وأتباع القوانين العلمية والصحيحة لعملية الحفر وأماكن الحفر.

6. **المراجع: -**

- الأحمدي، باسم عبيد علي سيف. (2016). دراسة بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية لمناطق مختارة في مديرية الضالع – محافظة الضالع، اليمن، رسالة ماجستير، جامعة عدن، كلية التربية عدن، قسم الكيمياء.
- الجهري، محسن عبد الله، وأحمد محمد سعيدان (2000). دراسة أولية مقارنة لمواصفات مياه الشحر. مجلة جامعة عدن للعلوم التطبيقية، المجلد 4، العدد 1، مارس، ص: 51-61.
- الحياني، يعرب معيوف (2003)، تأثير نوعية المياه لبعض الآبار في خواص التربة. رسالة ماجستير كلية الزراعة – جامعة الأنبار – العراق.
- الصوفي، سالم. (2014). تقييم المياه الجوفية في آبار مياه الشرب في مديرية بيحان – م شبوه – اليمن. رسالة ماجستير في الكيمياء، كلية التربية عدن – جامعة عدن.
- العماري، خيري محمد، وعبد الرزاق مصباح (2018). استخدام مؤشر جودة المياه لتقييم نوعية المياه الجوفية بمنطقة النواحي الأربعة في ليبيا. مجلة علوم البحار والتقنيات البيئية، 4(2)، 27-34.
- باعباد، معاذ عبدالمجيد (2014) : دراسة تحليلية للوسط البيئي لنبات القات Catha edulis (Forskal) في مديرية الحصين محافظة الضالع، رسالة ماجستير – قسم الأحياء (تخصص نبات) كلية التربية عدن – جامعة عدن.
- بن يحي، عبد الرحمن علوي. (2004). جودة مياه الشرب في مدينة الغيضة، محافظة المهرة. مجلة جامعة عدن للعلوم الطبيعة والتطبيقية، دار جامعة عدن للطباعة والنشر، 9(2): 259-267.
- حسن، عبد الله عبد الجبار. (2002). أزمة المياه في اليمن وتأثيرها على التنمية. مركز عبادي للدراسات والنشر، صنعاء، ص (20-75).
- حسن، منصور محمد، أبوبكر، طه، بافياض، سعيد. (1999): التحليل الكيميائي والميكروبيولوجي لعينات من مياه الشرب في مدينة عتق وما حولها-شبوة، مجلة جامعة عدن للعلوم الطبيعية والتطبيقية، المجلد 3 العدد 1 مارس 53-68.
- درويش- ع. (1997): معالجة المياه – الطبعة الاولى – دار المعرفة – دمشق، ص: (9-27)، (20-75).
- سعد، رجب حمدو لشهب، عبدالمنعم موسى علي، وفائزة عوض أقدوره. (2019). دراسة بعض مؤشرات تلوث المياه الجوفية في نطاق مدينة المرج، مجلة العلوم والدراسات الإنسانية-كلية الآداب والعلوم–المرج، (60) 1-16.
- عبادي، سعاد عبد وحسن، محمد سليمان (1990): الهندسة العلمية للبيئة – فحوصات الماء، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة الموصل العراق، ص (220- 228).
- لجنة السياحة والبيئة، (2003): تقرير لجنة السياحة والبيئة نحو مفهوم جديد للبيئة في اليمن، نظرة مستقبلية. مجلس الشورى، صنعاء اليمن، ص (65-86).
- مجلس حماية البيئة، (1993): المواصفات القياسية اليمنية لمياه الشرب. الامانة الفنية، صنعاء اليمن، (4- 15).
- منظمة الصحة العالمية، (1981): المعايير الدولية لمياه الشرب (الطبعة الثالثة). المكتب الاقليمي لشرق البحر المتوسط، الاسكندرية، مصر: ص(41- 45).
- منظمة الصحة العالمية، (WHO)، (1984): دلائل جودة مياه الشرب، الجزء الاول، المكتب الإقليمي لشرق البحر المتوسط الاسكندرية.
- وزارة التخطيط والتعاون الدولي، (2005): الجمهورية اليمنية 15 عامًا من البناء والتطور، 1990-2005، كتاب خاص بمناسبة العيد الوطني الخامس عشر للجمهورية اليمنية، 22 مايو 2005 م. دائرة التوجيه المعنوي، صنعاء ص 19.

- AL Aizari, H., Lebkiri, A., Fadli, M., & Albaseer, S. S. (2017). Quality assessment of ground water in Dhamar City, Yemen. International Journal of Environment, 6(4), 56-71.
- ALsabahi, Esmail, Abdul Rahim s., wan Zuhaniri W.Y.,Fadh, AL Nozaily (2008): Assessment of ground water pollution at municipal Solid waste of lbb landfill in Yemen, Geological Society of Malaysia Bulletin55, November 2009.
- AL-Shargabi, W. A., & Ghanem, N. M. (2015). Environmental Contaminants and Their Impact on Some of Ground Water Quality, in Taiz, Yemen: Study Evaluation. American Journal of BioScience, *3*(2), 34-40.
- Ayers, R.S. and D.W. West cot. (1985). Water Quality for Agriculture. Irrigation and drainage paper (29 Rev.1). FAO. Rome Italy, pp.1-13.
- FAO (1989): Water Quality for Agriculture Irrigation and Drainage. Paper 29 Rev. 1 FAO, Rome. 147p.
- Jalil, A.A. (2016). *Environmental and Biological Study of Groundwater in Fallujah, Western Iraq*. Anbar Journal of Agricultural Sciences, 14(2), 133–146.
- Page, A. I. (Ed.). (1982). Methods of soil analysis. Agronomy, 9(Part 2): Chemical and mineralogical properties (2nd ed.). Madison, WI, USA: American Society of Agronomy.
- Richards, L.A. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S. Dept. of Agri. Handbook No.60., pp.69-82.
- Saleh, S. M. K., & Al-Sallami, A. M. A. (2022). Assessment of the level of physicochemical and microbiological contamination of groundwater in parts of Bir Nasser and Bir Ahmed water fields in Tuban Delta in Aden and Lahej Governorates - Yemen. Electronic Journal of University of Aden for Basic and Applied Sciences, 3(2), 101-158**.**
- U. S. Public Health Service Drinking Water Standards Public 969. Washington. D. C. 61p (1975).
- WHO Guidelines for Drinking Water Quality. 2. ed. Vol. 21. Geneva, Switzerland (1996).

Assessment of groundwater quality and suitability for human and agricultural use in selected wells of Delta Tuban at Lahej Governorate

Ruba Muhammad Abdullah Al-Sa'u and Dr. Nasser Ahmed mohammed Jumba

Master's student

Department of Soil & Agricultural Engineering,

Nasser's Faculty of Agricultural Sciences, University of Lahej

Email: esseauommohmd@gmali.com Email: gambanasser@gmali.com

Abstract

This study aims to evaluate the quality of groundwater and its suitability for human and agricultural use in selected wells within the Tuban Delta by examining the physical and chemical properties of water at two locations (Upper Valley and Lower Valley) during three different periods: June 2023, October 2023, and February 2024. Three main wells were selected at each site, with samples collected in triplicate. The analyzed physical properties included **pH, TDS, EC, A, TH, CAH, MgH, CRbH, and NCRH**, while the chemical properties included the ions **sodium (Na), potassium (K), calcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), sulfate (SO_4^{2-}), chloride (Cl^-), fluoride (F^-), and nitrate (NO_3^-).**

The results showed that the concentrations of Total Dissolved Solids (TDS) and Electrical Conductivity (EC) in all samples were within the permissible limits according to Yemeni and international standards. The pH values also fell within acceptable ranges. Nitrate concentrations exhibited significant differences, recording higher levels at the Upper Valley (35.60 mg/L) and lower levels at the Lower Valley (23.80 mg/L). Sodium ion also showed statistically significant variation in the groundwater of the Tuban Delta, Lahej Governorate. Overall, the analysis indicated that groundwater is suitable for drinking and irrigation purposes based on the adopted standards.

Keywords: Groundwater quality – Agriculture – Wells – Tuban Delta – Lahej Governorate.

ملحق رقم (1) مواصفات العالمية والأمريكية لتحديد صلاحية مياه الشرب

المعامل Parameter	مواصفات منظمة الصحة العالمية WHO ,1989 ملغم / لتر	مواصفات وكالة حماية البيئة الأمريكية USEPA ,1975 ملغم / لتر
TDS	1000	500
pH	8.5 – 6.5	-
TH	-	500
K^+	-	20
Na^+	200	125
Mg^{2+}	50	200
Ca^{2+}	200	200
Cl^-	250	250
SO_4^{2-}	250	250
HCO_3^-	-	250
NO_3^-	50	-

ملحق رقم (2) مواصفات الزراعة والأغذية (1989,FAO) لتحديد صلاحية مياه الري

طبيعة المشكلة	قيمة الحد الأدنى من الاستعمال		
	لا توجد	قليلة ـ متوسطة	شديد
الملوحة EC (µs/ cm)	0.7 >	3.0 - 0.7	3.0 <
مجموعة الاملاح الذائبة TDS (mg\ l)	450	2000 - 450	2000 <
نسبة امتزاز الصوديوم	قيمة التوصيل الكهربائي		
0 - 3	0.7 <	0.2 - 0.7	0.2 >
3 - 6	1.2 >	0.3 - 1.2	0.3 >
6 - 12	1.9 <	0.5 - 1.9	0.5 >
12 - 20	2.9 <	1.3 - 2.9	1.3 >
20 - 40	5 <	2.9 - 5	2.9 >
التأثيرات الجانبية للأيونات			
الصوديوم Na^+ mg/l الري السطحي	3 >	9 - 3	9 <
الصوديوم Cl^- mg/l الري السطحي	4 >	10 - 4	10 <
التأثيرات العرضية الأخرى			
النترات mg/l	0.5 <	30 - 5	30 <
البيكاربونات mg/l	1.5 <	8.5 - 1.5	8.5 <
درجة الحموضة pH	8.5 - 6.5	-	-