دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه المصاحبة للنفط بحقل مسلة النفطي

عبدالسلام عبدالله مكاري[1]، مريم يونس البهلول[2]،
ناصر مولود عبدالسلام[3]، مجدي مصباح السنوسي[4]
كلية الآداب والعلوم مزده – جامعة غريان كلية العلوم – جامعة صبراتة–
كلية الهندسة – جامعة صبراتة [3]، كلية الآداب والعلوم مزدة– جامعة غريان [4].

الملخص

المياه المصاحبة للنفط تمثل أكبر التحديات التلوث البيئي والاقتصادي التي تواجه عمليات استخراج النفط، وتهدف هذه الدراسة الى تقييم الأثر البيئي لحقل مسلة النفطي نظراً لما تسببه المياه المصاحبة لعمليات أنتاج النفط والغاز من أثار غير جيدة للبيئة من تلوث ضار بالتربة والمياه الجوفية والصحة و مؤثرة على المناطق القريبة من مناطق عمليات أنتاج النفط ، حيث تم دراسة بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية للمياه المصاحبة للنفط، حيت تم جمع عدد 13 عينة من أحواض تجميع المياه المصاحبة للنفط بحقل مسلة شهر يوليو سنة 2019م وتم فيها تقييم بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية التي شملت الأس الهيدروجيني PH، التوصيل الكهربائي E.C، الأملاح الذائبة الكلية T.D.S، الملوحة Salinity، القاعدية الكلية Total alkalinity، العسر الكلي Total hardness، عسرتي الكالسيوم والمغنيسيوم، أيونات الصوديوم Na^{+} والبوتاسيوم k^{+} والكالسيوم Ca^{++} والمغنيسيوم Mg^{++}، وأيـونات البيكربونات HCO_3^{-} والكبريتات SO_4^{-2} ، كبريتيد الهيدروجين H_2S، بالإضافة إلى تقدير تركيز بعض العناصر الثقيلة (السترونشيوم Sr والحديد Fe

والباريوم Ba) ، أظهرت النتائج أن متوسط تراكيز كلاً من الأس الهيدروجيني، الكبريتات، الباريوم ضمن حدود المواصفة القياسية الليبية رقم 766 لسنة 2020م حيث سجلت متوسط تركيز قدره 6.1، 204.2 ملغرام/لتر 0.96 ملغرام /لتر على التوالي، بينما سجلت مجموع الأملاح الذائبة الكلية، كبريتيد الهيدروجين، السترونشيوم والحديد قيم أعلى من حدود المواصفات القياسية الليبية رقم 766 لسنة 2020م حيث سجلت متوسط تركيز قدره 74846.38ملغرام/لتر، 228ملغم/لتر، 0.75 ملغم/لتر، 56.69 ملغم/لتر على التوالي ، بينما لم تذكر المواصفة القياسية الليبية قيماً دلالية لباقي العناصر والأيونات حيث سجّلت تراكيز كلاً من الموصلية الكهربية، الملوحة، القاعدية الكلية، العسر الكلي، عسرتي الكالسيوم والمغنيسيوم، أيوني الصوديوم والبوتاسيوم، الكالسيوم والمغنيسيوم، البيكربونات القيم الآتية: 116947.46ميكروموز/سم، 2.38جزء من ألف، 205ملغم/لتر، 27965 ملغم /لتر، 24496.7ملغم/لتر، 6909.7ملغم/لتر، 163610.8ملغم/لتر، 434ملغم/لتر، 270.54ملغم/لتر، 97.34ملغم/لتر، 127.9ملغم/لتر علي التوالي .

الكلمات المفتاحية: المياه المصاحبة للنفط ، الخصائص الفيزيائية والكيميائية ، التلوث، العناصر الثقيلة، مسلة.

abstract

Water associated with oil represents the greatest environmental pollution challenges facing oil extraction operations. This study aims to evaluate the environmental impact of masla oil field ,Due to the negative effects that water oil and gas production processes causes to the environment pollution is harmful to soil , groundwater, and health affecting areas close to areas of oil production operations where some physical and chemical properties of the water associated with the oil were studied. For this purpose, 13 samples were collected from the water collection basins associated with the oil in the masla field in July 2019.some physical and chemical properties were evaluated

,which included pH, electrical conductivity E.C, total dissolved salts T.D.S, salinity, total alkalinity, total hardness, calcium and magnesium hardness, sodium ions Na^{+}, potassium k^{+}, calcium Ca^{++}, magnesium Mg^{++}, bicarbonate ions HCO_{-3} and sulfate SO_4^{-2}. Hydrogen sulfide H_2S, in addition to estimating the concentration of some heavy elements (strontium Sr, iron Fe, and barium Ba).Through the results obtained, the average concentrations of each pH ,sulfates, and barium were shown within the permissible limits according to Libyan Standard No. 766 of 2020 AD, where the concentrations were 6.1, 204.2 mg/L, and 0.96 mg/L respectively While the, total dissolved salts, hydrogen sulfide ,strontium, iron, recorded values higher than the permissible limits according to Libyan Standard No. 766 of 2020 AD, were recorded, as it recorded 74846.38mg/L ,228mg/L,.75mg/L and 56.69mg/L respectively. However, the Libyan standard did not mention indicative values for the rest of the elements and ions, as the concentrations of electrical conductivity, salinity, total alkalinity, total hardness, calcium and magnesium hardness, sodium and potassium ions, calcium and magnesium, and bicarbonate recorded the following values: 116947.46 µs/cm, 2.38 ppt, 205 mg/L, 27965 mg/L24496.7 mg/L, 6909.7 mg/L, 163610.8 mg/L, 434 mg/L, 270.54 mg/L, 97.34 mg/L, and 127.9 mg/L, respectively.

Keywords: oil associated water, physical and chemical properties, pollution, heavy metals, Masala.

المقدمة والدراسات السابقة

تلعب صناعة النفط والغاز دوراً حاسماً في الاقتصاد العالمي، تعتبر صناعة الطاقة مصدراً رئيسياً للدخل لمليارات الأشخاص للعديد من البلدان ويساهم قطاع النفط والغاز في الناتج المحلي الإجمالي العالمي، بتقديرات تتراوح بين 5% الى 10% (Ahmad et al., 2023)، إن أهمية النفط والغاز تتجاوز مجرد إنتاج الطاقة، لتؤثر على جميع الجوانب

للمجتمع الحديث حيث أن الدول التي لديها احتياطيات وفيرة من هذه الموارد غالبا ما ترى المالية الناجحة باستخدام إمداداتهم لتمويل الدخل والحصول على فوائد إستراتيجية ومع ذلك إنتاج النفط والغاز يسبب مخاوف بيئية كبيرة من التلوث البيئي نتيجة انبعاثات الكربون والتأثيرات على تغير المناخ (Wang et al.2023, Fetisov et al. 2023, Priya et al. 2023) ، إن التحول العالمي نحو خيارات الطاقة المتجددة يؤكد ضرورة البدائل المستدامة ومع ذلك فإن التأثير الفوري وبعيد المدى للنفط والغاز على الاقتصاد والمجتمعات يؤكد أهميته المستمرة في الطاقة الحالية وتحتوي المياه المصاحبة للنفط والغاز عادة على مجموعة متنوعة من المواد الكيميائية مثل الهيدروكربونات والمعادن الثقيلة والأملاح والمواد المضافة التي يتم استخدامها أثناء عملية استخراج النفط والغاز. **(Ossai et al., 2020, Atoufi and Lampert, 2020, Olajire, 2020, Eldos et al., 2022, Farnan et al., 2023, Gangwar et al., 2024).**

وعندما يتم صرف المياه المصاحبة للنفط التي تحتوي على هذه المواد الى البيئة والمياه الجوفية ومياه البحر فإنها تكون ضارة بالتربة والمياه والكائنات المائية علاوة على ذلك فان المياه المصاحبة عادة ما تكون مالحة ويمكن أن يكون كذلك تركيز الملح أعلى بكثير من البيئة المحيطة (Atoufi and Lampert, 2020) وإذا تم صرفه على الأرض فقد يتسبب في أن تصبح التربة مالحة للغاية مما يمكن أن تضر بالنباتات وتخل بالتوازن الطبيعي للنظام البيئي للتربة وهناك العديد من الجهود المبذولة لتحديد الأساليب والتأثيرات البيئية للمياه المصاحبة للنفط وإنشاء وتنفيذ لوائح صارمة واستخدام أساليب متقدمة لمعالجة المياه والتخلص من المياه المصاحبة للنفط والغاز (Yazdan et al., 2020, Okeke et al., 2022, Eyitayo et al.,2023, Gangwar et al., 2024) ، وأيضا معالجة المياه المصاحبة وإعادة استخدامها للأغراض الصناعية يقلل من كمية المياه التي تحتاج الى التخلص منها وبالتالي يقلل من تأثير المياه المصاحبة لإنتاج النفط والغاز على البيئة العامة

كما يسلط الباحتان الضوء على الآثار السلبية لإنتاج النفط والغاز على مستويات الملوثات في الرواسب (Atoufi and Lampert in 2020). بينما قام ,.Echchelha et al) (2019 بتحقيق الاستدامة البيئية لاستخدام المياه المصاحبة لإنتاج النفط والغاز في ري الأراضي الجافة، (Jiménez et al., 2018) ناقشت أحدث طرق العلاج للمياه المصاحبة للنفط أثناء إنتاج النفط والغاز كما ذكر أن المياه المصاحبة تحتوي على مكونات ضارة، مثل المركبات العضوية والمواد الصلبة الذائبة والمواد الكيميائية المضافة أثناء الإنتاج، تتضمن الطرق التقليدية استخدام الفواصل والمرشحات والأعاصير لتلبية أنظمة التفريغ الأساسي، ومع ذلك ووفقا للوائح كل بلد هناك العديد من التحديات للتعامل مع المياه المصاحبة بشكل صحيح وفي ليبيا يقترح (,.Danilovic et al) 2016نموذجا جديداً لمعالجة المياه المصاحبة في حقل أمل النفطي حيث يتم حاليا استخدام الحفر الأرضية لتخزين المياه المصاحبة للنفط، الأمر الذي يثير مخاوف بيئية بسبب إمكانية تلوث التربة ومصادر المياه. كما أقترح الباحث نموذجاً يعطي الأولوية للسلامة البيئية أثناء النظر الى العوامل الاقتصادية وأنها تنطوي على معالجة المياه المصاحبة للنفط والغاز من خلال نظام صهاريج التخزين، فواصل، مرشح خاص لإزالة محتوى الزيت ويمكن بعد ذلك أن تكون هذه المياه المعالجة آمنة ويتم التخلص منها في الحفر الموجودة أو حتى إعادة حقنها مرة أخرى في التكوين الجيولوجي يقدم النموذج حلاً لحقل أمل النفطي للامتثال للوائح البيئية الأكثر صرامة مع وضع التكاليف التشغيلية في الاعتبار (Radelyuk et al., 2021) حيث ناقش بالتفصيل العلاقة بين تلوث المياه والتنمية المستدامة، عمليات تكرير النفط تنتج المياه المصاحبة للنفط التي تحتوي على مواد ضارة مثل الهيدروكربونات والمواد الكيميائية، وبهذا يمكن أن تؤدي المياه المصاحبة الى تلويث المسطحات المائية بشكل كبير إذا لم يتم معالجتها بشكل فعال، ذكر الباحث أن الدول المتقدمة عموماً لديها معايير بيئية أكثر صرامة ولوائح وتقنيات

معالجة للمياه المصاحبة أكثر تقدماً، مما يؤدي الى كميات اقل من المياه الملوثة الناجمة عن مصافي التكرير مقارنة بالدول النامية. بينما درس (Smeda et al., 2023) طريقة متكاملة لإدارة المياه المصاحبة لإنتاج النفط والغاز مع التركيز بشكل خاص على حقل زلطن النفطي في ليبيا، حيث تم تصميم النظام المقترح بواسطة الباحث الذي يجمع بين العديد من تقنيات المعالجة، بما في ذلك المعالجة الأولية، والترشيح الغشائي، التناضح العكسي ووجد الباحثون أن الجمع بين هذه التقنيات يمكن أن تقلل المعالجات من التعكر وتلبي معايير جودة المياه لمنظمة الصحة العالمية بنسبة تزيد عن 95% من الطلب على الأكسجين الكيميائي (COD) ومحتوى الزيت، يشير هذا البحث أن النهج المتكامل مع أغشية UF و NF موجود كحل واعد للإدارة المستدامة والمسئولة بيئيا لإنتاج المياه في حقل زلطن النفطي والبيئات المماثلة المحتملة.

في هذا البحث تم تحديد حقل مسلة لإجراء هذه الدراسة والتي تم فيها تسليط الضوء على الملوثات الناتجة من المياه المصاحبة للنفط، والتي تشمل أيونات الأملاح والعسر الكلي وبعض الأيونات الموجبة مثل الصوديوم البوتاسيوم بالإضافة إلي تركيز كلا من السترونشيوم والحديد والباريوم، حيث تم اختيار حقل مسلة للنفط كحالة للدراسة وذلك لوجود المياه المصاحبة بكميات كبيرة تم اكتشاف حقل مسلة النفطي في عام 1963 م من القرن الماضي حيث يقع في الجزء الجنوبي الشرقي من حوض سرت على بعد 40 كم شمال غرب حقل السرير النفطي، يضم الحقل مئات الآبار المنتجة.

مشكلة الدراسة: ليبيا من الدول المصنعة للنفط والغاز في كل مراحله من الاستكشاف، والحفر، والإنتاج، والنقل، والاستهلاك والتصدير ، وهذا الأمر ينتج عنه أنواع عديدة من الملوثات من أهمها المياه المصاحبة للنفط والتي تزداد بزيادة العمر الافتراضي للآبار موضوع الدراسة ، حيث تعتبر هذه المياه غير صالحة للاستعمال البشري وكذلك الزراعي

نظرا لوجود الأملاح بها بصورة عالية جدا، بالإضافة الى وجود بعض العناصر الثقيلة والمواد الكيميائية المضافة أثناء عمليات الحفر والإنتاج مسببةً تلوثاً في المنطقة المحيطة ناهيك عن تسربها للمياه الجوفية ومن هذا المنطلق أجريت هذه الدراسة لمعرفة بعض الخصائص الفيزيائية والكيمائية لهذه المياه ومقارنتها بالمواصفات القياسية الليبية رقم 766 لسنة 2020م.

أهداف الدراسة:

1- تهدف الدراسة لتحديد قيم بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه المصاحبة للنفط في حقل مسلة النفطي ومقارنتها بالمواصفات القياسية الليبية مثل:

(PH, EC, TDS, Salinity, Total alkalinity, Calcium Hardness, Magnesium Hardness, Na^{+}, k^{+}, Mg, HCO_3^{-}, $SO4^{-2}$, H_2S,)

2- تحديد قيم بعض العناصر الثقيلة في المياه المصاحبة للنفط في حقل مسلة النفطي مثل (السترانشيوم، الباريوم، الحديد) ، والتنبؤ بمستوى التلوث المحتمل الناجم عنها.

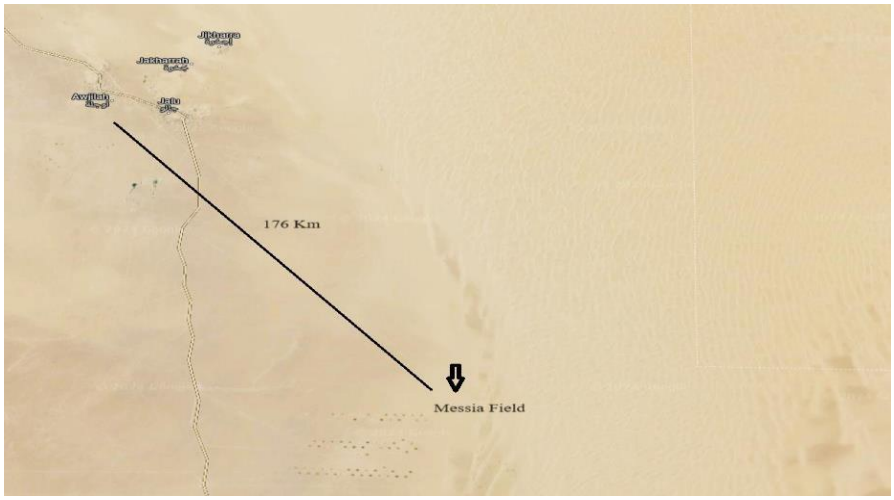
3- معرفة مدى جدوى تقنيات معالجة المياه المصاحبة للنفط والغاز في حقل مسلة النفطي.

أهمية الدراسة:

من أهم الملوثات للبيئة المياه المصاحبة للنفط وذلك لملوحتها العالية واحتوائها على مواد هيدروكربونية ووجود نسبة من العناصر الثقيلة وتكمن أهمية الدراسة في تقدير تركيز مكونات هذه المياه لمعرفة مدى تلوثها وأثرها على البيئة والمياه الجوفية والتربة وعلى هذا الأساس تم اختيار حقل مسلة الذي ينتج كميات كبيرة من المياه المصاحبة للنفط .

منطقة الدراسة: يقع حقل مسلة النفطي التابع لشركة الخليج العربي النفطية لغرض استكشاف وإنتاج النفط جيولوجياً في الجزء الجنوبي الشرقي من حوض سرت الجيولوجي على بعد 40 كم شمال غرب حقل السرير النفطي، ويبلغ إنتاج الحقل أكثر من 100 إلف

برميل يوميا من 100 بئر إنتاجية،ويقع الحقل جنوب شرق مدينة أوجلة بحوالي 157 كم كما هو مبين بالشكل (1).



شكل (1) يوضح منطقة الدراسة

جمع العينات: تم تجميع العينات بزيارة ميدانية شهر يوليو لسنة 2019م حيث تم أخذ عدد 13 عينة من الأحواض التي تصرف فيها المياه المصاحبة في قنينات بلاستيكية سعة 250مل وبعدد ثلاث مكررات لكل عينة حيث تم قياس كلاً من الموصلية الكهربية E.C، الأس الهيدروجيني pH، الأملاح الذائبة الكليةT.D.S ، الملوحة Salinity حقلياً. وتم حفظ العينات حسب الجدول المبين أدناه حتى وصولها للمختبر ليتم إجراء باقي التحاليل فيما بعد بمختبرات شركة السديم (طرابلس–جنزور).

جدول(1) يوضح الطرق التي تم إتباعها في حفظ العينات.

الاختبار	الحفظ	العلبة الحاوية	أقصى وقت
T.D.S, pH, Salinity, E.C	غير مطلوب	بولي ايثيلين	تحليل فوري
Hardness	HNO3 to pH<2,H2SO4 to pH<2	بولي ايثيلين	6 أشهر
Sr, Fe,Ba	HNO3 to pH<2	بولي ايثيلين	6 أشهر
Na^+,k^+	-	بولي ايثيلين	-
Sulphate	Cool, 4 ^{0}C	بولي ايثيلين	28 يوم
Bicarbonate	Cool, 4 ^{0}C	بولي ايثيلين	28 يوم
Sulfide	Cool, 4 ^{0}C, add zinc acetate plus sodium hydroxide to pH>9	بولي ايثيلين	7 أيام
Alkalinity	Cool, 4 ^{0}C	بولي ايثيلين	14 يوم

المواد وطرق العمل:

الأس الهيدروجينيpH: تم قياس الأس الهيدروجيني لعينات المياه المصاحبة للنفط حقلياً طبقاً لطريقة Hach 8156 وذلك بإستخدام جهاز HQ40D من شركة Hach.

التوصيلا لكهربائي E.C:

مقياس التوصيلا لكهربائي لعينات المياه المصاحبة حقلياً حسب الطريقة Hach 8160 وذلك بإستخدام جهاز HQ40D من شركة Hach وعبر عن النتائج بوحدات مايكرو موز/سم.

المواد الصلبة الذائبة الكلية T.D.S: قيست المواد الصلبة الذائبة الكلية حقلياً حسب الطريقة Hach 8160 حيث تم استخدم جهاز HQ40D من شركة Hach وعبر عن النتائج بوحدات ملغم/لتر.

الملوحة Salinity:

تم إجراء اختبار الملوحة حقلياً حسب الطريقةHach 8160حيث تم استخدام جهاز HQ40D من شركة Hach وعبر عن النتائج بوحدات جزء من ألف.

الصوديوم Na^+ والبوتاسيوم K^+: قدِّر تركيز كلاً من الصوديوم والبوتاسيوم لعينات المياه المصاحبة للنفط بإستخدام جهاز مطيافية اللهب من نوع BWB Flame photometer وعبرّ عن النتائج بوحدات ملغم/لتر.

القاعدية الكلية Total alkalinity: تم قياس القاعدية الكلية بواسطة المعايرة وذلك حسب الطريقة Hach 8203بإستخدام سحاحة رقمية من شركة (Digital Titrator 16900 Hachوعبر عن النتائج بوحدات ملغم/لتر.

العسرة الكلية Total hardness: تم تقدير العسرة الكلية بواسطة المعايرة بإستخدام محلول EDTA وذلك حسب الطريقة Hach 8213 بواسطة سحاحة رقمية من شركة Hach (Digital Titrator 16900) وعبر عن النتائج بوحدات ملغم/لتر.

عسرة الكالسيوم Calcium hardness: تم تقدير العسرة الكلية بواسطة المعايرة بإستخدام محلول EDTA وذلك حسب الطريقة Hach 8204 بواسطة سحاحة رقمية من شركة Hach (Digital Titrator 16900) وعبر عن النتائج بوحدات ملغم/لتر.

الكالسيوم Ca^{+2} والمغنيسوم Mg^{+2} وعسرة المغنيسوم: تم تقدير تركيز كلا من أيوني الكالسيوم والمغنيسوم وعسرة المغنيسوم عن طريق الحساب (Calculations) وعبَّر عنهم بوحدات ملغم/لتر.

Mg hardness = total hardness – calcium hardness

Ca^{+2} = Calcium hardness x 0.4004

Mg^{+2} = magnesium hardness x 0.2428

البيكربونات HCO^{-3}: تم تقدير تركيز البيكربونات بواسطة المعايرة حسب الطريقة Hach 8203 بواسطة سحاحة رقمية من شركة Hach (Digital Titrator 16900) وعبر عن النتائج بوحدات ملغم/لتر.

الكبريتات $SO4^{-2}$: تم قياس تركيز أيون الكبريتات طبقاً للطريقة Hach 8051وذلك بإستخدام جهاز DR 3900^{TM} Spectrophotometer من شركة Hach وعبر عن النتائج بوحدات ملغم/لتر.

كبريتيد الهيدروجين H_2S: قيس تركيز كبريتيد الهيدروجين حسب الطريقة Hach 8131 وذلك بإستخدام جهاز DR 3900^{TM} Spectrophotometer من شركة Hach وعبر عن النتائج بوحدات ميكروغرام/لتر.

العناصر الثقيلة (Sr، Fe، Ba): تم قياس كلا من السترانشيوم والحديد الباريوم بواسطة جهاز مطيافية الامتصاص الذري (Contra AA700) من شركة Analytic Jena GMBH وعبر عن النتائج بوحدات ملغم/لتر.

النتائج والمناقشة:

جدول (2) يوضح نتائج تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات المياه المصاحبة للنفط بحقل مسلة.

العينة القياس	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	قيم المواصفة القياسية الليبية
PH	7.58	7.69	7.48	7.66	7.17	4.89	5.12	9-6
E.C (µs/cm)	2620.00	1474.00	2860.00	1453.00	13810.00	190200.00	187700.00	-
TDS (mg/L)	1676.80	943.36	1830.40	929.92	8838.40	121728.00	120128.00	2500
Salinity (ppt)	1.20	0.60	1.40	0.60	8.10	-	-	-
Total alkalinity (mg/L)	260.10	155.56	200.17	170.80	150.95	55.12	240.18	-
Total	1601.44	1601.44	900.81	400.36	4003.60	51045.90	50047.11	-

								hardness (mg/L)
-	39252.83	40037.80	2001.80	300.27	600.54	1000.90	1000.90	Calcium hardness (mg/L)
-	10794.28	11008.10	2001.80	100.09	300.27	600.54	600.54	Magnesium hardness (mg/L)
-	42710.00	46050.00	1821.60	200.20	339.90	366.30	366.30	Sodium Na^{+} (mg/L)
-	670.31	780.12	53.90	19.80	33.10	41.80	41.80	Potassium k^{+} (mg/L)
-	330.10	145.12	130.22	120.23	240.46	160.30	400.76	Calcium (mg/L)
-	124.12	32.23	66.21	24.30	72.91	145.81	145.81	Magnesium (mg/L)
-	144.11	33.07	90.57	102.48	120.10	156.06	156.06	Bicarbonate HCO^{-3} (mg/L)
1000	208.00	169.00	214.00	110.00	214.00	216.00	216.00	Sulfate $SO4^{-2}$ (mg/L)
10	124.00	30.00	14	5.00	5.00	5.00	5.00	Hydrogen Sulfide (µg/L)
0.5	1.21	2.07	0.56	0.09	0.97	0.99	0.87	Strontium (mg/L)
50	77.51	127.27	2.79	0.02	0.20	0.02	0.20	Iron (mg/L)
5	2.09	1.44	0.65	0.23	0.45	0.66	0.78	Barium (mg/L)

جدول (3) يوضح نتائج تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات المياه المصاحبة للنفط بحقل مسلة.

قيم المواصفة القياسية الليبية	W13	W12	W11	W10	W9	W8	العينة القياس
9-6	5.22	5.10	5.18	4.94	5.93	5.92	PH
-	194300.00	168600.00	189700.00	185600.00	191500.00	190500.00	E.C (µs/cm)
2500	124352.00	107904.00	121408.00	118784.00	122560.00	121920.00	TDS (mg/L)
-					-	-	Salinity

							(ppt)
-	248.63	215.00	242.74	237.49	245.04	243.76	Total alkalinity (mg/L)
-	51806.89	215.74	50580.38	49487.18	51060.32	50793.68	Total hardness (mg/L)
-	40633.06	35258.54	39671.08	38813.67	40047.51	39838.38	Calcium hardness (mg/L)
-	11173.83	969587	10909.30	10673.51	11012.81	10955.30	Magnesium hardness (mg/L)
-	44211.79	38363.91	43165.09	2591.53	43574.67	43347.12	Sodium Na^{+} (mg/L)
-	693.88	602.10	677.45	662.81	683.88	680.31	Potassium k^{+} (mg/L)
-	398.99	399.11	380.32	250.66	390.20	170.55	Calcium (mg/L)
-	142.22	130.23	145.78	53.22	88.25	94.32	Magnesium (mg/L)
-	149.18	129.44	145.64	142.50	147.03	146.26	Bicarbonate HCO^{-3} (mg/L)
1000	215.31	186.83	210.22	205.67	212.21	211.10	Sulfate $SO4^{-2}$ (mg/L)
10	343.00	558.00	279.00	539.00	386.00	671.00	Hydrogen Sulfide (µg/L)
0.5	1.11	0.44	0.51	0.09	0.43	0.45	Strontium (mg/L)
50	80.24	69.62	78.34	76.64	79.08	78.67	Iron (mg/L)
5	0.23	0.56	0.78	0.89	1.67	2.09	Barium (mg/L)

جدول (4) يوضح التحليل الإحصائي لعينات المياه المصاحبة للنفط بحقل مسلة.

قيم المواصفة القياسية الليبية	المتوسط	أقل قيمة	أعلى قيمة	العينة / القياس
9-6	6.1	4.89	7.69	PH
-	116947.46	1453.00	194300.00	E.C (µs/cm)
2500	74846.38	929.92	124352.00	TDS (mg/L)

-	2.38	0.60	8.10	**Salinity (ppt)**
-	205	55.12	260.10	**Total alkalinity (mg/L)**
-	27965	215.74	51806.89	**Total hardness (mg/L)**
-	24496.7	300.27	40633.06	**Calcium hardness (mg/L)**
-	6909.7	100.09	11173.83	**Magnesium hardness (mg/L)**
-	163610.8	200.20	46050.00	**Sodium Na^{+} (mg/L)**
-	434	19.80	780.12	**Potassium k^{+} (mg/L)**
-	270.54	120.23	400.76	**Calcium (mg/L)**
-	97.34	24.30	145.81	**Magnesium (mg/L)**
-	127.9	33.07	156.06	**Bicarbonate HCO^{-3} (mg/L)**
1000	204.2	110.00	216.00	**Sulfate $SO4^{-2}$ (mg/L)**
10	228	5.0	671.00	**Hydrogen Sulfide (µg/L)**
0.5	0.75	0.09	1.21	**Strontium (mg/L)**
50	56.69	0.02	127.27	**Iron (mg/L)**
5	0.96	0.23	2.09	**Barium (mg/L)**

تم اختبار 13 عينة من المياه المصاحبة للنفط والغاز في حقل مسلة النفطي كما موضح في الجدول رقم (2،3) الذي يظهر النتائج المتحصل عليها بعد أجراء التحاليل على العينات ومقارنتها بالمواصفات الليبية القياسية للمياه المصاحبة للنفط، و من خلال النتائج المبينة أعلاه في الجدول (2،3)، والجدول (4) نجد أن متوسط قيم الأس الهيدروجيني (pH) لعينات المياه المصاحبة للنفط هي 6.1 حيث تراوحت قيم الحامضية بين 4.89-7.69 وتعتبر هذه القيم ضمن الحدود المسموح بها حسب المواصفة القياسية الليبية رقم 766 لسنة

2020م. أما قابلية التوصيل الكهربائي (E.C) فقد تراوحت بين1453–194300مايكرو موز/سم وبمتوسط قدره 116947.46 مايكرو موز/سم، في حين أظهرت النتائج أن تراكيز المواد الصلبة الذائبة الكلية (T.D.S) فقد تراوحت قيمها بين 929.92–124352ملغم/لتر وبمتوسط 74846.38 ملغم/لتر وهذه القيم أعلى من الحدود المسموح بها حسب المواصفة القياسية الليبية رقم 766 لسنة 2020م، أما تراكيز الملوحة (Salinity) لعينات المياه المصاحبة للنفط تراوحت بين 0.60 –8.10 ملغم /لتر وسجلت متوسط قدره 2.38 ملغم /لتر كما أظهرت نتائج التحاليل المبينة في الجدولين (3،2) وكذلك الجدول (4) أن تراكيز القاعدية الكلية (Total Alkalinity)، العسرة الكلية (Total Hardness)، عسرة الكالسيوم (Calcium hardness)، عسرة المغنيسوم (Magnesium hardness) كانت بمتوسط 205ملغم/لتر، 27965ملغم/لتر، 24496.7ملغم/لتر، 6909.7 ملغم/لتر على التوالي، أما تركيز كلاً من أيوني الصوديوم (Na) البوتاسيوم (K) فقد سجلت متوسط تركيز قدره 163610.8ملغم/لتر، 434ملغم/لتر على التوالي وغالبا ما يكون تركيز أيون الصوديوم أعلى من البوتاسيوم وهذا الارتفاع سببه أن ملوثات الصناعات النفطية لها دور كبير في رفع قيم أملاح الصوديوم والبوتاسيوم النفطية والعوالق ومركبات الكبريت، في حين أن الكالسيوم (Ca)والمغنيسوم (Mg) فكان متوسط تركيزهما 270.54ملغم/لتر، 97.34ملغم/لتر على التوالي، ومتوسط تركيز البيكربونات($HCO3^-$) 127.9 ملغم/لتر وتركيز الكبريتات($SO4^-$) فقد تراوحت بين 110–216 ملغم/لتر، بمتوسط 204.2 ملغم/لتر وهذه القيم ضمن الحدود المسموح بها حسب المواصفة القياسية الليبية رقم 766 لسنة 2020م.في حين تراوحت تراكيز كبريتيد الهيدروجين (H_2S) بين 5 –671 ميكروغرام/لتر وبمتوسط قدره 228ميكروغرام/لتر، و هذه القيم أعلى من الحدود المسموح بها حسب المواصفة القياسية الليبية رقم 766 لسنة 2020م.

وبالنسبة للعناصر الثقيلة السترانشيوم والحديد فقد كانت أعلى من الحدود المسموح بها حيث كان متوسط تراكيزها 0.75ملغم/لتر 56.69ملغم/ لتر على التوالي في حين كان متوسط تركيز الباريوم 0.96ملغم/لتر و هذه القيم ضمن الحدود المسموح بها حسب المواصفة القياسية الليبية رقم 766 لسنة 2020م ، إن المصير النهائي للمعادن الثقيلة في المياه هو امتزازها على العوالق أو شكل رواسب في ترسبات المصدر المائي ولذا فإن دراسات مراقبة التلوث البيئي للمياه بالمعادن الثقيلة لابد أن تعتمد في جزء كبير منها على قياس تركيز المعادن الثقيلة في الترسبات إلا إن بعض العوامل قد تؤثر على إعادة إذابة هذه العناصر وإعادتها للماء مجدد ومن بين هذه العوامل هي الدالة الحامضية.

الخلاصة: من خلال التحاليل التي تم إجرائها لدراسة الخواص الفيزيائية والكيميائية لعينات المياه المصاحبة للنفط بحقل مسلة النفطي أن تركيز كلاً من الأس الهيدروجيني، تبين أن تركيز الكبريتات، الباريومضمن حدود المواصفة القياسية الليبية رقم 766 لسنة 2020م حيث سجلت متوسط تركيز قدره 6.1 ،204.2 ملغرام/لتر 0.96 ملغرام /لتر على التوالي، بينما سجلت مجموع الأملاح الذائبة الكلية، كبريتيد الهيدروجين، السترونشيوم والحديد قيم أعلى من حدود المواصفات القياسية الليبية رقم 766 لسنة 2020م حيث سجلت متوسط تركيز قدره 74846.38ملغرام/لتر، 228ملغم/لتر، 0.75 ملغم/لتر، 56.69 ملغم/لتر على التوالي. بينما لم تذكر المواصفة القياسية الليبية قيماً دلالية لباقي العناصر والأيونات حيث سجّلت تراكيز كلاً من الموصلية الكهربية، الملوحة، القاعدية الكلية، العسر الكلي، عسرتي الكالسيوم والمغنيسيوم، أيوني الصوديوم والبوتاسيوم، الكالسيوم والمغنيسيوم، البيكربونات.

القيم الآتية: 116947.46ميكروموز/سم، 2.38جزء من ألف، 205ملغم/لتر، 27965ملغم/لتر، 24496.7ملغم/لتر، 6909.7ملغم/لتر، 163610.8ملغم/لتر،

434ملغم/لتر، 270.54ملغم/لتر، 97.34ملغم/لتر، 127.9ملغم/لتر علي التوالي، وقد خلصت هذه الدراسة الى أن تراكيز كلاً من مجموع الأملاح الذائبة الكلية، كبريتيد الهيدروجين، السترونشيوم والحديد في المياه المصاحبة لحقل مسلة النفطي أعلى من قيم حدود المواصفات القياسية الليبية رقم 766 لسنة 2020م ومن هذه النتائج يمكن استخلاص أن المياه المصاحبة للنفط في حقل مسلة النفطي مصدر تلوث هام على البيئة المحيطة، و أن عمليات معالجة المياه المصاحبة التي تقوم بها شركة الخليج العربي غير ذات جدوى أذا كانت هناك بالفعل تقنيات وعمليات معالجة لهذه المياه والذي يمكن ملاحظته بشكل واضح في ارتفاع قيم الملوثات المختلفة والعناصر الثقيلة التي تؤثر بشكل مباشر على البيئة المحيطة.

التوصيات:

1- إلزام الشركات العاملة في ليبيا بالمحافظة على البيئة وبناء منشآت متطورة و خاصة لمعالجة المياه الملوثة المصاحبة للنفط بما يتيح إمكانية استغلالها في أغراض الري والتقليل من التلوث النفطي وتحقيق الحماية البيئية.

2- ضرورة إجراء تعديلات في معايير إدارة الشركات النفطية العاملة في ليبيا حول مخلفات الصناعات النفطية المسببة للتلوث.

3- إلزام الشركات النفطية للعمل على بذل مزيد من الجهود في مجال تطوير تقنيات الصناعات النفطية لمواكبة التطورات التقنية العالمية في مجال الصناعات النفطية وحماية البيئة.

4- توفير أجهزة قياس ومراقبة التلوث في الشركات النفطية، وتدوين نتائج القياسات في سجلات خاصة ليتسنى لوزارة البيئة الحصول عليها وذلك لاتخاذ القرارات اللازمة للحد من التلوث النفطي.

5- دعوة الجامعات و المؤسسات البحثية المختصة لتخصيص جانب من الدراسات البحثية حول التلوث النفطي وإقامة مؤتمرات بشكل دوري لزيادة تطوير التقنيات المستخدمة ومعرفة مدى الجدوى منها في الحد من التلوث النفطي .

المراجع العربية:

1- المواصفة القياسية الليبية رقم 766 لسنة 2020، المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية.

المراجع الأجنبية:

1- Ahmad, K., Younas, Z. I., Manzoor, W., &Safdar, N. (2023). Greenhouse gas emissions and corporate social responsibility in USA: A comprehensive study using dynamic panel model. Heliyon, 9(3), e13979.

2- Wang, Q., Guo, J., Li, R., & Jiang, X. (2023). Exploring the role of nuclear energy in the energy transition: A comparative perspective of the effects of coal, oil, natural gas, renewable energy, and nuclear power on economic growth and carbon emissions. Environmental Research, 221, 115290.

3-Fetisov, V., Gonopolsky, A., Davardoost, H., Ghanbari, A. R., &Mohammadi, A. H. (2023). Regulation and impact of VOC and CO 2 emissions on low-carbon energy systems resilient to climate change: A case study on an environmental issue in the oil and gas industry. Energy Science & Engineering, 11(4), 1516– 1535.

4-Priya, A., Muruganandam, M., Rajamanickam, S., Sivarethinamohan, S., Reddy, M. K., Velusamy, P., Gomathi, R., Ravindiran, G., Gurugubelli, T. R., &Munisamy, S. K. (2023). Impact of climate change and anthropogenic activities on aquatic ecosystem – A review. Environmental Research, 238, 117233.

5-Ossai, I. C., Ahmed, A., Hassan, A., & Hamid, F. S. (2020). Remediation of soil and water contaminated with petroleum

hydrocarbon: A review. Environmental Technology and Innovation, 17, 100526.

6- Atoufi, H. D., &Lampert, D. J. (2020). Impacts of oil and gas production on contaminant levels in sediments. Current Pollution Reports, 6(2), 43–53.

7- Olajire, A. A. (2020). Recent advances on the treatment technology of oil and gas produced water for sustainable energy industry-mechanistic aspects and process chemistry perspectives. Chemical Engineering Journal Advances, 4, 100049.

8- Eldos, H. I., Khan, M. A., Zouari, N., Saeed, S., & Al-Ghouti, M. A. (2022). Characterization and assessment of process water from oil and gas production: A case study of process wastewater in Qatar. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, 6, 100210.

9- Farnan, J., VandenHeuvel, J. P., Dorman, F. L., Warner, N. R., & Burgos, W. D. (2023). Toxicity and chemical composition of commercial road palliatives versus oil and gas produced waters. Environmental Pollution, 334, 122184.

10 -Gangwar, A., Rawat, S., Rautela, A., Yadav, I., Singh, A., & Kumar, S. (2024b). Current advances in produced water treatment technologies: a perspective of technoeconomic analysis and life cycle assessment. Environment, Development and Sustainability.

11-Yazdan, M. M. S., Ahad, T., Jahan, I., &Mazumder, M. (2020). Review on the evaluation of the impacts of wastewater disposal in hydraulic fracturing industry in the United States. Technologies (Basel), 8(4), 67.

12- Okeke, E. S., Ezeorba, T. P. C., Okoye, C. O., Chen, Y., Mao, G., Feng, W., & Wu, X. (2022). Environmental and health impact of unrecovered API from pharmaceutical manufacturing wastes: A review of contemporary treatment, recycling and management strategies. Sustainable Chemistry and Pharmacy, 30, 100865.

13- Eyitayo, S. I., Watson, M., &Kolawole, O. (2023). Produced Water Management and Utilization: Challenges and future directions. SPE Production & Operations, 38(03), 367–382.

14- Echchelh, A., Hess, T., Sakrabani, R., De Paz, J. M., & Visconti, F. (2019). Assessing the environmental sustainability of irrigation with oil and gas produced water in drylands.Agricultural Water Management, 223, 105694.

15- Jiménez, S. B., Micó, M. M., Arnaldos, M., Medina, F., & Contreras, S. (2018). State of the art of produced water treatment. Chemosphere, 192, 186–208.

16- Danilović, D., Maricic, V. D. K., Elhaddad, N. E., &Leković, B. (2016). An oilfield in Libya: A new model to enhance waste water disposal. Energy & Environment, 27(6–7), 704–712.

17- Radelyuk, I., Tussupova, K., Klemeš, J. J., &Persson, K. M. (2021). Oil refinery and water pollution in the context of sustainable development: Developing and developed countries. Journal of Cleaner Production, 302,
126987.

18- Smeda, A., Kraiem, Z., Sdiri, A., Elleuch, B., Kallel, M., &Sadik, C. (2023). An efficient integrative method for a sustainable environmental management of produced water: Application on the Zelten oil field, sirte basin, Libya. Kuwait Journal of Science100140.