

العنوان باللغة العربية

استدامة عمليات الإنتاج لتحلية مياه البحر في المملكة العربية السعودية

إعداد الطالب/

محمد بن حميد بن عبيدالله الغانمي

٢٢٢٠٠١٨٢٠

إشراف/

د. وليد سليمان

د.رنا عبدالرؤوف

د. شيماء شعلان

د. سيرين زريق

د. عبدالحميد الفيصل

العام الدراسي:

٢٠٢٣

فهرس المحتوى

قائمة الجداول :	٣
قائمة الأشكال :	٣
المستخلص :	٤
١. المقدمة:	٤
• تقنية التناضح العكسي:	٦
٢. مشكلة الدراسة:	٦
٣. أهمية الدراسة:	٧
٤. أهداف الدراسة:	٨
5. تساؤلات الدراسة:	٨
٦. الدراسات السابقة:	٩
٧. التعليق على الدراسات السابقة:	١٣
٨. المنهجية وطرق البحث:	١٤
٩. أدوات الدراسة (أدوات جمع البيانات):	١٤
١٠. مجالات الدراسة:	١٤
١١. جمع البيانات:	١٤
• المعايير البيئية الوطنية:	١٤
• القياسات:	١٥
• مواقع تجميع عينات المياه البحرية:	١٥
• تجميع عينات المياه البحرية:	١٦
١٢. تحليل البيانات:	١٧
• نتائج التحاليل الكيميائية والفيزيائية لعينات المياه البحرية:	١٧
١٣. نتائج البحث:	٢١
١٤. التوصيات:	٢٢
١٥. الملخص:	٢٢
١٦. المراجع والمصادر:	٢٣

قائمة الجداول :

<u>جدول ١</u>	يوضح القيم و المعايير للمتغيرات الكيميائية لمياه الرجيع الملحي و القيم المسموح بها
<u>جدول ٢</u>	يوضح احداثيات نقاط جمع العينات للمياه
<u>جدول ٣</u>	نتائج التحاليل المخبرية للعينات التي تم جمعها

قائمة الأشكال:

<u>شكل ١</u>	آليه فلتره المياه باستخدام تقنية التناضح العكسي
<u>شكل ٢</u>	نقاط جمع العينات
<u>شكل ٣</u>	آلية جمع العينات لمياه البحر وعند نقاط تصريف الرجيع الملحي

المستخلص :

هذا البحث يستهدف تقييم الآثار البيئية لتصريف المحلول الملحي الناتج من عمليات التحلية بتقنية التناضح العكسي في المملكة العربية السعودية. يركز على تأثيرات زيادة الملوحة على النظم البيئية البحرية وصحة الأنواع البحرية. البحث يعرض تقييماً للممارسات الحالية ويستكشف بدائل لتصريف المحلول الملحي، مثل الحقن في الآبار العميقة. يهدف إلى تقديم توصيات لتحسين السياسات واللوائح البيئية لتقليل الأثر البيئي لتصريف المحلول الملحي وتعزيز استدامة عمليات التحلية.

النتائج و التي اعتمدت على دراسة جودة المياه المحيطة بمحطات تحلية مياه البحر و من نقاط تعتبر مراكز لتجمع مياه الرجيع الملحي و التي تمتاز بدرجة عالية من الملوحة مقارنة بالملوحة الطبيعية لماء البحر في حدود ال ٣٥ جزء من الألف للمواد المذابة. اشارت النتائج الى عدم تأثر جودة المياه المحيطة بمحطات التحلية المصدر الرئيس لمياه الرجيع الملحي.

أوصت الدراسة باستمرار مراقبة الأنشطة التي تصدر مياه الرجيع الملحي لمياه البحر و ملاحظة و رصد أي تغيرات قد تطرأ على البيئة البحرية جراء هذه الأنشطة التي قد يكون لها اثراً بيئياً ملحوظاً على المدى البعيد.

١. المقدمة:

الماء هو أهم مورد وفير على الأرض، حيث يغطي ثلاثة أرباع سطح الكرة الأرضية. ومع ذلك، فإن المياه العذبة، الضرورية لاحتياجات الإنسان، تشكل فقط ٠.٣٪ من إجمالي المياه على الأرض، بينما تشكل المياه المالحة النسبة المتبقية وهي ٩٧٪. علاوة على ذلك، حوالي ٧٠٪ من المياه العذبة الموجودة غير متاحة بسهولة. وبالتالي، فإن الجزء المتاح من المياه العذبة يبلغ حوالي ٣٠٪ من إجمالي المياه العذبة الموجودة. في الصورة الأكبر، المياه العذبة المتاحة فعلياً أقل من ١٪ من إجمالي موارد المياه في الكوكب.

الطلب العالمي على المياه العذبة يتزايد بسبب النمو السكاني وارتفاع مستويات المعيشة. نتيجةً لذلك، تواجه العديد من الدول ضغوطاً مائية شديدة، وهو مصطلح يستخدم لوصف الحالات التي يتجاوز فيها الطلب على المياه الكمية المتاحة منها أو عندما يقيد الاستخدام بسبب سوء جودة المياه. معظم الدول التي تعاني من الضغوط المائية تقع في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا وبالأخص بالمملكة العربية السعودية موضوع الدراسة حيث تبلغ وفرة المياه ٨٩ م٣ للفرد/ السنة في حين تعتبر مستويات ٥٠٠ م٣ للفرد/ السنة معيار عالمي لتصنيف الندرة المطلقة للمياه. تواجه هذه الدول العديد من المشاكل المتعلقة بقطاع المياه مثل نقص المياه، والاستهلاك العالي للمياه والاستخدام غير المستدام للمياه الجوفية. بالإضافة إلى ذلك، هناك احتمال كبير أن تصبح العديد من الدول أكثر جفافاً بسبب تأثيرات الاحتباس الحراري.

الموارد المحدودة والاحتياجات المتزايدة للمياه أدت، معاً، إلى إطلاق العديد من البحوث للبحث عن بدائل لإنتاج كميات كافية من المياه العذبة لتلبية الاحتياجات اليومية مثل الشرب، وري الزراعة، وتربية المواشي والعمليات الصناعية - بمعنى آخر، لسد الفجوة بين العرض والطلب على المياه العذبة. واحدة من أكثر البدائل المستخدمة على نطاق واسع لإنتاج المياه العذبة هي التحلية.

بدأت أولى الجهود لتحلية مياه البحر بالملكة العربية السعودية منذ ١١٦ عام أي في عام ١٩٠٧ م عندما نصبت وحدة تقطير وتكثيف لمياه البحر في مدينة جدة، ثم في عهد الملك عبدالعزيز آل سعود -طيب الله ثراه- أمر بإنشاء وحدة تقطير و تكثيف لتحلية مياه البحر في عام ١٩٣٠ م بعد أن لاحظ معاناة الحجاج و المعتمرين القادمين لمدينة جدة لقلّة موارد المياه و التي بالكاد تكفي ساكنيها. بدأت جهود تحلية مياه البحر باستخدام تقنيات كلاسيكية حيث وظفت الوقود الأحفوري كمصدر حراري لنزع الأملاح ثم تكثيفها و من ثم يتم معالجتها لتصبح صالحة للشرب و الاستهلاك الآدمي.

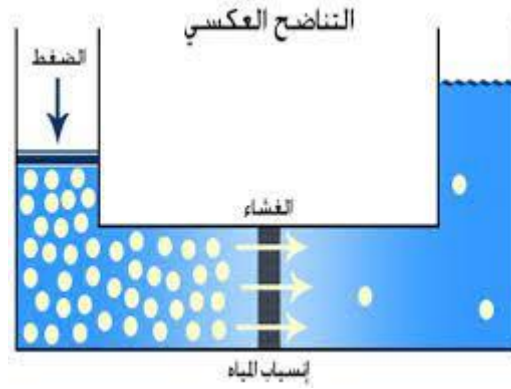
أصبحت تلك التقنيات غير مجدية اقتصادياً و ذات تأثير سلبي على البيئة ما حدا بكثير من الدول إلى انتهاج طرق أخرى ذات جدوى اقتصادية و ذات تأثير منخفض على البيئة. إحدى أكثر التقنيات المستخدمة في الوقت الحالي هي تقنية التناضح العكسي و التي أسهمت بشكل كبير في زيادة وفرة المياه بالملكة العربية السعودية و بقدرة إنتاجية حوالي ١٢ مليون متر مكعب من مياه البحر تشكل نسبة ما أنتج باستخدام تقنية التناضح العكسي ما يقارب ٧٦٪ من القدرة الإنتاجية اليومية.

ومع ذلك، قبل التطرق إلى تحلية المياه باستخدام تقنية التناضح العكسي بالتفصيل، يجب الاعتراف بأن تحلية المياه غالباً ما تُعتبر 'حلاً' قبل أن تبذل الجهات ذات الاختصاص جهوداً قصوى لتقليل استهلاك المياه للفرد في المقام الأول. يجب النظر في تقليل الاستهلاك - من خلال، على سبيل المثال، تقليل الهدر في جميع مجالات الحياة واستهلاك المياه، ومن خلال استخدام الأجهزة وعمليات التصنيع الأكثر كفاءة - ولا يعد هذا هو التركيز الرئيسي لهذا البحث ولكن يجب أن يأتي أولاً قبل اقتراح وبناء محطات تحلية جديدة. وبالمثل، يجب النظر في البدائل مثل استخدام مياه الصرف الصحي من محطات معالجة مياه الصرف الصحي للاستخدامات غير الصالحة للشرب مثل شطف المراحيض أو الري، وتقييمهما كأحد الخيارات قبل اختيار تحلية المياه كحل سريع وبأسعار معقولة.

بالرغم من كفاءة تقنية التناضح العكسي و مدى موثوقيتها كأحد مصادر للمياه العذبة الناتجة من تحلية مياه البحر إلا انها تشمل في بعض جوانبها التشغيلية مخاطر بيئية ذات تأثير سلبي مثل كفاءة استهلاك الطاقة حيث و نظراً لاعتماد هذه التقنية على مصادر طاقة خارجية مما تساهم و بشكل كبير في إنتاج الغازات الدفيئة و التي تلعب دوراً كبيراً في ظاهرة الاحتباس الحراري و التغير المناخي. احد الاثار الأخرى الناتجة من استخدام هذه التقنية و هي الرجيع الملحي، و هي ماء البحر الذي يعود مرة أخرى الى البحر محملاً بكميات هائلة من الاملاح تتجاوز ملوحة ماء البحر الطبيعية مشكلة تغيراً في البيئة البحرية مما قد يشكل تهديداً على الأحياء البحرية و بالتالي ضرراً على مجتمعات كجمتمع مهنة الصيد و أيضاً على محطات التحلية و التي تستقبل المياه بدرجات ملوحة معينة و قد تحد من إمكاناتها في إنتاج المياه المحلاة بكفاءة عالية.

• تقنية التناضح العكسي:

التناضح العكسي هو عملية تستخدم لتنقية المياه عن طريق إزالة الشوائب والأملاح المذابة من خلال استخدام غشاء نصف نافذ. هذا النوع من الغشاء يسمح بمرور جزيئات الماء الصغيرة ولكنه يحجب الجزيئات الأكبر حجماً مثل الأملاح والمعادن والشوائب. يعتمد التناضح العكسي على مبدأ التناضح الطبيعي، حيث يتحرك الماء في الحالة العادية من منطقة ذات تركيز منخفض للمواد المذابة إلى منطقة ذات تركيز عالٍ. في التناضح العكسي، يتم قلب هذا المبدأ عبر تطبيق ضغط ميكانيكي يتجاوز الضغط الأسموزي، مما يسمح بمرور الماء وحجز الأملاح والشوائب.



شكل ١ اليه فلتره المياه باستخدام تقنية التناضح العكسي

المكونات الرئيسية لأنظمة التناضح العكسي تشمل الغشاء النصف نافذ، وحدة الضغط (عادة مضخة) لتوليد الضغط المطلوب، وأنابيب وصمامات لنقل وتوجيه تدفق الماء. خلال عملية الترشيح، يتم دفع الماء المضغوط عبر الغشاء، حيث يتم فصل الماء النقي (التيار النافذ) عن الماء المحمل بالأملاح والشوائب (التيار المركز). يتطلب النظام صيانة دورية، خاصةً لتنظيف الغشاء من تراكم الشوائب، وكذلك مراقبة الضغط وتدفق الماء لضمان كفاءته وعمره الافتراضي.

يتم استخدام تقنية التناضح العكسي في العديد من التطبيقات مثل تحلية مياه البحر، تنقية المياه الصناعية، ومعالجة مياه الصرف. تتضمن التحديات التي تواجه هذه التقنية الاستهلاك العالي للطاقة والحاجة للصيانة المستمرة. إضافة إلى الآثار البيئية الناجمة عن تصريف مياه الرجيع الملحي للبحر.

٢. مشكلة الدراسة:

مشكلة البحث المركزية لهذه الدراسة هي استدامة عمليات إنتاج التناضح العكسي (RO)، وخاصة فيما يتعلق بالآثار البيئي لتصريف المحلول الملحي في البحر. هذه المسألة ملحة بشكل خاص في المناطق التي تعتبر فيها عمليات تحلية المياه بالتناضح العكسي المصدر الرئيسي للمياه العذبة، كما هو الحال في المملكة العربية السعودية موضوع الدراسة. إن تصريف المحلول الملحي، وهو منتج ثانوي شديد الملوحة لعملية التناضح العكسي، في البيئات البحرية يعد قلقاً بيئياً كبيراً. يمكن لهذا الماء عالي الملوحة أن يغير بشكل كبير التوازن الكيميائي لمياه البحر المحلية، مما قد يؤدي إلى

آثار سلبية على النظم البيئية البحرية. يمكن أن تسبب الملوحة المتزايدة في تعطيل التوازن الأسموزي للحياة البحرية، مما يؤدي إلى آثار سلبية على التنوع البيولوجي والصحة العامة للنظم البيئية المائية. تسعى هذه الدراسة إلى استكشاف مدى هذه الآثار البيئية، مع التركيز على التغيرات في التنوع البيولوجي البحري، وصحة النباتات والحيوانات البحرية، والآثار طويلة الأمد على النظم البيئية البحرية.

يشتمل جزء حاسم من هذا البحث على تقييم الممارسات الحالية لتصريف المحلول الملحي في عمليات التناضح العكسي (RO). يشمل ذلك فحص طرق وأماكن تصريف المحلول الملحي، بالإضافة إلى الإطار التنظيمي الذي يحكم هذه الممارسات. تهدف الدراسة إلى تحديد الفجوات في طرق التصريف الحالية والسياسات التنظيمية التي قد تسهم في المخاطر البيئية المرتبطة بتصريف المحلول الملحي.

يتطلب مواجهة تحدي تصريف المحلول الملحي استكشاف بدائل مستدامة وتحسينات في الممارسات الحالية. سوف يتناول هذا البحث أساليب محتملة لتقليل الأثر البيئي لتصريف المحلول الملحي، مثل تقنيات المعالجة المتقدمة التي تقلل من الملوحة أو تسترجع المعادن القيمة من المحلول الملحي. بالإضافة إلى ذلك، ستستكشف الدراسة جدوى طرق التصريف البديلة، مثل الحقن العميق في الآبار أو التصريف البري، وتأثيراتها المحتملة مقارنةً بتصريف البحر.

تكمن أهمية هذا البحث في إمكانية مساهمته في تطوير ممارسات تحلية المياه بالتناضح العكسي (RO) بشكل أكثر استدامة. من خلال التركيز على المخاوف البيئية المرتبطة بتصريف المحلول الملحي في البحر، تهدف الدراسة إلى تقديم رؤى قد تؤدي إلى تنفيذ ممارسات أكثر صداقة للبيئة، وبالتالي الحفاظ على النظم البيئية البحرية مع تلبية الطلب المتزايد على المياه العذبة. الهدف النهائي هو إيجاد توازن بين ضرورة إنتاج المياه العذبة من خلال تقنية التناضح العكسي والضرورة القصوى لحماية واستدامة البيئات البحرية.

٣. أهمية الدراسة:

دراسة وبحث تأثيرات الرجيع الملحي (المحلول الملحي الناتج عن عمليات التناضح العكسي) على البيئة تحمل أهمية كبيرة لعدة أسباب:

١. حماية النظم البيئية البحرية: المحلول الملحي يمكن أن يؤثر سلبيًا على التوازن البيئي في البحار والمحيطات. تركيز الملح العالي قد يضر بالحياة البحرية، بما في ذلك الأسماك والنباتات والكائنات الدقيقة، مما يؤدي إلى اختلال التوازن الطبيعي وتقليل التنوع البيولوجي.
٢. الأثر على جودة المياه: الرجيع الملحي يزيد من ملوحة المياه المحيطة، مما قد يؤثر على جودة المياه للأنشطة البشرية مثل الصيد والسياحة.
٣. الصحة العامة والسلامة الغذائية: الزيادة في ملوحة المياه قد تؤثر على الأسماك والمأكولات البحرية التي يتم استهلاكها من قبل البشر، مما يؤثر على الصحة العامة والسلامة الغذائية.
٤. تغير المناخ والاستدامة: فهم تأثير الرجيع الملحي ضروري لتطوير تقنيات تحلية مياه أكثر استدامة وصديقة للبيئة، مما يساعد في مكافحة التغير المناخي.

٥. التشريعات والسياسات البيئية: البحث في هذا المجال يساهم في تطوير تشريعات وسياسات بيئية أكثر فعالية للتحكم في التلوث البحري وحماية الموارد المائية.
 ٦. تعزيز الوعي العام: البحث يساهم في تعزيز الوعي العام حول الآثار البيئية للتناضح العكسي وأهمية الحفاظ على النظم البيئية البحرية.
 ٧. تطوير تقنيات جديدة: يمكن أن يحفز البحث في هذا المجال تطوير تقنيات جديدة لإدارة الرجيع الملحي بطريقة أكثر استدامة وأقل ضرراً للبيئة.
- بشكل عام، تُعد دراسة تأثيرات الرجيع الملحي على البيئة جزءاً حيوياً من جهود الحفاظ على البيئة وضمان استدامة الموارد الطبيعية.

٤. أهداف الدراسة:

تم صياغة أهداف البحث من أجل توجيه مسار البحث. الأهداف لهذه الدراسة هي:

١. تقييم العواقب البيئية لتصريف المحلول الملحي في البحر، مع التركيز بشكل خاص على آثار زيادة الملوحة على التنوع البيولوجي البحري وجودة المياه وصحة النظام البيئي.
٢. البحث في وثائق الأساليب الحالية لتصريف المحلول الملحي المستخدمة في عمليات التناضح العكسي عالمياً، مع التركيز بشكل خاص على دراسات الحالة في المناطق التي تعتمد بشكل كبير على التناضح العكسي للحصول على المياه العذبة.
٣. البحث وتقييم طرق تصريف المحلول الملحي البديلة، مثل الحقن في الآبار العميقة والتطبيقات الأرضية أو أنظمة عدم التصريف السائل، لتأثيرها البيئي وجدواها.
٤. استكشاف فرص تثمين المحلول الملحي - عملية استخراج مواد مفيدة أو توليد الطاقة من المحلول الملحي - لتقليل النفقات وخلق قيمة اقتصادية.
٥. تقديم رؤى وبيانات مدعومة علمياً يمكن أن تُعلم صانعي السياسات وأصحاب المصلحة في الصناعة لاتخاذ قرارات مستنيرة حول تشغيل محطات التناضح العكسي وإدارة البيئة.
٦. اقتراح تغييرات في السياسات أو تحسينات على اللوائح الحالية لمعالجة التحديات البيئية لتصريف المحلول الملحي بشكل أفضل.

٥. تساؤلات الدراسة:

١. ما هي الآثار البيئية لتصريف المحلول الملحي في البحار، خاصةً على التنوع البيولوجي البحري وجودة المياه وصحة النظام البيئي؟
٢. ما هي الطرق الحالية المستخدمة في تصريف المحلول الملحي في عمليات التناضح العكسي عالمياً وكيف تختلف هذه الطرق من منطقة لأخرى؟

٣. ما مدى فعالية وجدوى البدائل المقترحة لتصريف المحلول الملحي مثل الحقن في الآبار العميقة، التطبيقات الأرضية، أو أنظمة عدم التصريف السائل؟
٤. كيف يمكن استغلال المحلول الملحي بشكل إيجابي من خلال تثمينه، مثل استخراج المواد المفيدة أو توليد الطاقة؟
٥. ما هي البيانات والرؤى العلمية التي يمكن أن توجه صناع القرار والمعينين في الصناعة لتحسين إدارة البيئة وتشغيل محطات التناضح العكسي؟
٦. ما هي التوصيات لتغييرات السياسات أو تحسين اللوائح الحالية لمواجهة التحديات البيئية المتعلقة بتصريف المحلول الملحي؟

٦. الدراسات السابقة:

دراسة باناقوبلس (٢٠١٩) بعنوان "التأثيرات البيئية لتحلية المياه ومعالجة المحلول الملحي - التحديات وإجراءات التخفيف تركز على الجوانب البيئية لعملية تحلية المياه، خاصةً تأثيرات تصريف المحلول الملحي. تقيم الدراسة العواقب البيئية، بما في ذلك تأثيراتها على الحياة البحرية والنظم الإيكولوجية، وتقترح استراتيجيات للتخفيف من هذه الآثار. تؤكد الورقة البحثية على أهمية التخلص الفعال ومعالجة المحلول الملحي لتقليل الضرر البيئي وتسليط الضوء على التقدم التكنولوجي في هذا المجال. بالإضافة إلى ذلك، تناقش أهمية دمج الاعتبارات البيئية في تصميم وتشغيل محطات التحلية. خلصت الورقة البحثية إلى عدة نتائج منها:

١. تأثيرات على البيئة البحرية: يؤدي تصريف المحلول الملحي إلى تأثيرات محتملة على البيئة البحرية، خاصةً في النظم الإيكولوجية الحساسة. قوة التأثير تعتمد على خصائص المحلول الملحي والظروف الهيدروغرافية والبيولوجية للنظام الإيكولوجي الذي يتلقى التصريف.
٢. تغير في الكائنات البحرية: يحتوي المحلول الملحي على كثافة وملوحة أعلى من مياه البحر، مما قد يؤثر على الأنواع البحرية. يمكن أن تكون هذه التأثيرات أكثر حدة عندما تعمل العديد من محطات التحلية على نفس الساحل وتصرف المحلول الملحي دون إجراءات كافية.
٣. تأثيرات على النظم الإيكولوجية واستهلاك الطاقة: تشمل التأثيرات البيئية الهامة تأثيرات سلبية على كمية ونوعية الموارد الطبيعية بما في ذلك التربة والهواء والماء، التغيرات الكبيرة في النظم الإيكولوجية المائية، واستهلاك الطاقة العالي.
٤. التأثيرات السلبية على الكائنات البحرية: يمكن أن تتضمن الآثار السلبية وجود المعادن الثقيلة وبقايا المواد الكيميائية في المحلول الملحي، مما قد يؤثر سلبًا على الأنواع البحرية. على سبيل المثال، قد توجد المعادن الثقيلة مثل النحاس والنيكل في مناطق التصريف، خاصةً في التقنيات القائمة على الحرارة.

٥. الصدمة الأسموزية القاتلة للكائنات البحرية: تشير الدراسة إلى أن أكثر التأثيرات البيئية أهمية التي قد تحدث على الأنواع البحرية مثل الأسماك والعوالق والطحالب هي الصدمة الأسموزية القاتلة بسبب الجفاف غير القابل للعكس لخلاياها، مما قد يؤدي إلى انقراض طويل الأمد لهذه الأنواع.

دراسة (داوود، محمد) ٢٠١٢ بعنوان "التأثيرات البيئية لتحلية مياه البحر: حالة دراسة الخليج العربي" تستكشف التأثيرات البيئية لعمليات تحلية المياه في منطقة الخليج العربي. تركز على التأثيرات الناتجة عن تحلية المياه، خاصةً تصريف المحلول الملحي، على البيئة البحرية. تسلط الضوء على التحديات المرتبطة بزيادة الملوحة، تغيرات درجة الحرارة، تصريف المواد الكيميائية، وانبعاثات الغازات الدفيئة من محطات التحلية. تؤكد الدراسة على أهمية تقييمات الأثر البيئي وتقتراح تدابير للتخفيف مثل تخفيف المحلول الملحي قبل التصريف، استخدام الطاقة المتجددة، وإدارة فعالة للمحلول الملحي المرفوض. تدعو الدراسة إلى ممارسات تحلية أكثر استدامة وإلى البحث في تقنيات تحلية أكثر كفاءة في استخدام الطاقة. وفقاً للدراسة، تشمل أضرار تصريف المحلول الملحي الناتج عن عمليات تحلية المياه ما يلي:

١. زيادة ملوحة المياه البحرية: تؤدي عمليات تحلية المياه إلى إنتاج كميات كبيرة من المحلول الملحي، مما يؤدي إلى زيادة في درجة حرارة المياه وملوحتها. يحتوي هذا المحلول على بقايا مواد كيميائية من عمليات ما قبل التحلية ومنتجات تفاعلية وربما المعادن الثقيلة بسبب التآكل. يتم تصريف هذا المحلول ذو التركيز العالي من الملح إلى البحر، مما يؤدي إلى زيادة ملوحة المياه البحرية المحيطة بمحطات التحلية.

٢. تأثيرات سلبية على الحياة البحرية: يمكن أن تكون مستويات الملوحة العالية قاتلة للحياة البحرية وقد تسبب تغييرات دائمة في تكوين الأنواع وكثافتها في موقع التصريف. الكائنات البحرية قد تنجذب أو تنفر من الظروف البيئية الجديدة، وتلك الأكثر تكيفاً مع الوضع الجديد ستسود في نهاية المطاف. تؤثر تيارات الرقص من محطات التناضح العكسي (RO) والمحطات الحرارية على مجالات مختلفة من البحر، حيث ينتشر تركيز المحطات RO، الذي يكون أكثر كثافة من مياه البحر، على قاع البحر في المياه الساحلية الضحلة ما لم يتم تفريقه بواسطة نظام التشتيت. قد تتأثر المجتمعات القاعية مثل أحواض الأعشاب البحرية نتيجة للملوحة العالية وبقايا المواد الكيميائية.

دراسة (غرناوط، جمال) ٢٠٢٠ بعنوان "هندسة تحلية المياه: الآثار البيئية لتصريف المحلول الملحي وطرق السيطرة عليها" تستعرض الآثار البيئية لعملية تحلية المياه، مع التركيز على تصريف المحلول الملحي. تستكشف الدراسة مختلف طرق التحلية بما في ذلك الطرق الحرارية، والأغشية، والتقنيات الناشئة، وتأثيراتها البيئية. تؤكد الدراسة على ضرورة دمج معايير تصميم محددة وتحسين التكنولوجيات لتقليل هذه التأثيرات. كما تناقش تأثير مصدر المياه الخام على الآثار البيئية ودور مصادر الطاقة في التخفيف من هذه الآثار. تقترح الدراسة استخدام مصادر الطاقة المتجددة وطاقة النفايات لتقليل الآثار البيئية المرتبطة باستهلاك الطاقة. وبحسب الدراسة التي خلصت إلى عدة نتائج ومنها:

وفقاً للدراسة، تشمل الأضرار البيئية الناتجة عن تصريف المحلول الملحي لمياه البحر ما يلي:

١. تأثيرات كبيرة على البيئة البحرية: تتأثر البيئة البحرية بشكل كبير بعدة عوامل مرتبطة بتصريف المحلول الملحي، وتشمل هذه العوامل الملوحة، ودرجة الحرارة، والرقم الهيدروجيني، وبقايا المواد الكيميائية، ومنتجات التفاعلات، والمعادن الثقيلة. تُعتبر ملوحة المحلول الملحي ودرجة حرارته من العوامل الرئيسية التي تؤثر على البيئة البحرية، حيث يمكن أن تصل ملوحة المحلول الملحي إلى ٦٥ - ٨٥ جرام/لتر ودرجة حرارته إلى ٤٥ - ٥٠ درجة مئوية.
٢. المعادن الثقيلة وبقايا المواد الكيميائية: وجود المعادن الثقيلة وبقايا المواد الكيميائية في المحلول الملحي يمكن أن يكون له تأثير ضار على الأنواع البحرية. ترتبط وجود المعادن الثقيلة في مناطق التصريف بشكل أساسي بالتقنيات القائمة على الحرارة، مثل MSF أو MED، بسبب درجات الحرارة العالية للعملية التي قد تسبب تآكل بعض المعدات المعدنية.
٣. زيادة معدل الوفيات في الحياة البحرية وتغيير في التنوع البيولوجي: يمكن أن يؤدي تصريف المحلول الملحي إلى زيادة معدل الوفيات في الحياة البحرية وتغيير في بنية المجتمعات القاعية والتنوع البيولوجي. كما يؤثر على معدلات التمثيل الضوئي والنمو ويمكن أن يسبب تلوث المياه.

دراسة (هوبنر، توماس) ١٩٩٩ بعنوان "التأثير البيئي وتقييم الأثر البيئي لتحلية مياه البحر" توفر نظرة شاملة حول الآثار البيئية لعمليات تحلية المياه. تركز بشكل أساسي على الأثر الناتج عن تصريف المحلول الملحي والمواد الكيميائية في البيئة البحرية، انبعاثات الملوثات الجوية، ومتطلبات الطاقة. تؤكد على أهمية تقييمات الأثر البيئي لكل مشروع تحلية، مع مراعاة الموقع وخصائص المشروع الخاصة. توصي الدراسة بضرورة موازنة فوائد وأثر تحلية المياه مع الخيارات البديلة لتزويد المياه لضمان استخدام هذه التقنية بشكل مستدام. ومن نتائج هذه الدراسة ما يلي:

١. تأثير على البيئة البحرية وجودة المياه: الاهتمام الرئيسي يتركز على تصريف المحلول الملحي والمواد الكيميائية في البيئة البحرية، مما قد يضر بجودة المياه الساحلية ويؤثر على الحياة البحرية.
 ٢. آثار سلبية كبيرة على الموارد الطبيعية: تشمل الآثار السلبية الرئيسية على الكمية والنوعية للموارد الطبيعية بما في ذلك التربة والهواء والماء، وتغييرات كبيرة في النظم الإيكولوجية المائية وإعادة توطين السكان، والاستخدام المكثف للمواد الكيميائية بالقرب من المناطق الحضرية أو الريفية، ومخاطر على الصحة العامة بسبب كمية ونوعية الفضلات والانبعاثات أو البقايا، وتغيير المناظر الطبيعية.
- توصي الدراسة بضرورة إجراء تقييمات الأثر البيئي لكل مشروع تحلية بشكل محدد حسب الموقع والخصائص، وموازنة الفوائد والأثر بين خيارات تزويد المياه المختلفة لضمان استخدام مستدام لتقنية التحلية.

دراسة (حامد، إبراهيم) ٢٠١٩ بعنوان "تأثير تصريف المحلول الملحي من محطات تحلية مياه البحر على ملوحة الخليج الفارسي/العربي" تبحث في أثر تصريف المحلول الملحي ذي الملوحة العالية على ملوحة الخليج العربي. تكامل الدراسة معلومات حول المحلول الملحي مع الدوران المتبقي في الخليج لتقييم تأثيره على ملوحة الخليج على مستوى الحوض

والمنطقة. النتائج تكشف عن ارتفاع ملحوظ في الملوحة، خاصة بالقرب من الساحل العربي. تؤكد الدراسة على أهمية موقع تصريف المحلول الملحي في تحديد تأثيره الإقليمي وتقتصر ضرورة النظر بعناية في مواقع تصريف المحلول الملحي لتقليل الأثر البيئي.

وفقاً للدراسة "تأثير تصريف المحلول الملحي من محطات تحلية مياه البحر على ملوحة الخليج الفارسي/العربي"، تشمل الأضرار البيئية الناتجة عن تصريف المحلول الملحي ما يلي:

١. تأثيرات على النظم البيئية البحرية: تصريف المحلول الملحي يحتوي على معادن ومواد كيميائية غريبة على البيئة البحرية، مما قد يكون له تأثيرات سلبية على النظم البيئية البحرية.

٢. زيادة ملوحة المياه: تم تقدير تأثير المحلول الملحي على ملوحة الخليج على مستويات الحوض والمنطقة. أدى تراكم الأملاح إلى زيادة متوسط ملوحة الحوض السنوية (٤٠,٥ جرام/كجم) بمقدار ٠,٤٣ جرام/كجم فقط، مما يؤكد أن ملوحة الحوض ليست حساسة للمحلول الملحي. ومع ذلك، فإن الحساسية الإقليمية للمحلول الملحي ملحوظة، خاصة في المنطقة الجنوبية الغربية من الخليج بالقرب من الساحل العربي، حيث أدى أكبر تراكم للملح إلى زيادة الملوحة بحوالي ٤,٣ جرام/كجم.

تشير نتائج الدراسة إلى دور هام لموقع تصريف المحلول الملحي في تحديد تأثير المحلول الملحي على مستويات الملح الإقليمية.

دراسة (الحري، عمر) ٢٠١٢ بعنوان "تأثيرات تحلية المياه على البيئة الساحلية: الشقيق، السعودية" تركز على الأثر البيئي لعمليات تحلية المياه في منطقة الشقيق على ساحل البحر الأحمر السعودي. تضمنت الدراسة تحليل ٥٢ عينة من الترسبات من بيئات مختلفة مثل الشواطئ والكثبان الرملية والأودية. تم فحص خصائص الترسبات، تركيبها، وتوزيعها على الشاطئ لفهم تأثيرات تحلية المياه على البيئات الساحلية والبحرية. وجدت الدراسة تغيرات في أنواع وتركيبات الترسبات بسبب أنشطة التحلية. تؤكد الدراسة على ضرورة إجراء مزيد من البحوث لتقييم الآثار الأوسع لتحلية المياه على المناطق الساحلية المماثلة.

تشير الدراسة إلى أهمية إجراء تقييمات الأثر البيئي (EIA) لكل مشروع بشكل محدد حسب الموقع والخصائص. تركز على قضايا رئيسية مثل تأثيرات فتحات سحب المياه الخام، وتقتصر استخدام مجموعة من الشبكات المختلفة وانخفاض سرعة السحب لتقليل الاصطدام والانجراف للكائنات الكبيرة مثل الأسماك أو السلاحف، بينما يتم تقليل انجراف الكائنات البحرية الصغيرة مثل العوالق.

دراسة (جونز، إدوارد) ٢٠١٩ بعنوان "حالة تحلية المياه وإنتاج المحلول الملحي: نظرة عالمية لعام ٢٠١٩" تستعرض تطورات تقنيات تحلية المياه وإنتاج المحلول الملحي على مستوى العالم. تهدف الدراسة إلى تقديم تقييم للحالة الراهنة لمنشآت التحلية وتحليل كمية المحلول الملحي المنتج. تكشف الدراسة عن وجود ١٥٩٠٦ محطات تحلية عملائية حول العالم، مع التأكيد على أن إنتاج المحلول الملحي يشكل تحدياً كبيراً. توصي الدراسة بتطوير استراتيجيات لإدارة

المحلول الملحي وتقليل تأثيره البيئي والتكلفة الاقتصادية، مما يدعم توسع منشآت التحلية لضمان إمدادات المياه المستدامة. وخلصت الدراسة الى عدة أمور:

١. تأثير على البيئة البحرية: القضايا الرئيسية المثارة تتعلق بتصريف المحلول الملحي والمواد الكيميائية في البيئة البحرية، مما قد يضر بجودة المياه الساحلية ويؤثر على الحياة البحرية.
٢. انبعاثات الملوثات الجوية والطلب على الطاقة: يسهم تصريف المحلول الملحي في انبعاثات الملوثات الجوية بسبب استهلاك الطاقة في العمليات.
٣. آثار سلبية على الموارد الطبيعية: تشمل الآثار السلبية على الكمية والنوعية للموارد الطبيعية بما في ذلك التربة والهواء والماء، تغييرات كبيرة في النظم الإيكولوجية المائية، وإعادة توطين السكان، واستخدام كثيف للمواد الكيميائية بالقرب من المناطق الحضرية أو الريفية، ومخاطر على الصحة العامة بسبب كمية ونوعية الفضلات والانبعاثات أو البقايا، وتغيير المناظر الطبيعية.

٧. التعليق على الدراسات السابقة:

تشير الدراسات المختلفة حول التأثيرات البيئية لتحلية المياه وتصريف المحلول الملحي إلى عدة نقاط رئيسية:

١. تأثيرات على البيئة البحرية: تؤدي عمليات تصريف المحلول الملحي إلى تغييرات في النظم البيئية البحرية، خاصة في المناطق الحساسة. يزيد المحلول الملحي من الملوحة ودرجة حرارة المياه البحرية، مما يؤثر على الكائنات البحرية ويمكن أن يسبب تغييرات في تكوين الأنواع وكثافتها.
٢. تغيير في الكائنات البحرية: الكائنات البحرية قد تتأثر بالزيادة في الملوحة والتركيب الكيميائي للمياه، مما يؤدي إلى صدمة أسموزية قد تكون قاتلة لبعض الأنواع.
٣. التأثيرات على الموارد الطبيعية: تؤثر عمليات التحلية سلباً على الكمية والنوعية للموارد الطبيعية مثل التربة والهواء والماء، وتسبب في تغييرات كبيرة في النظم الإيكولوجية المائية والبرية.
٤. انبعاثات الملوثات الجوية: تساهم محطات التحلية في انبعاثات الملوثات الجوية بسبب الطلب العالي على الطاقة لعمليات التحلية.
٥. المعادن الثقيلة والمواد الكيميائية: وجود المعادن الثقيلة وبقايا المواد الكيميائية في المحلول الملحي يمكن أن يكون له تأثير ضار على الأنواع البحرية، خاصة في المناطق الساحلية.

الدراسات توصي بضرورة إجراء تقييمات الأثر البيئي لكل مشروع تحلية وضرورة دمج الاعتبارات البيئية في تصميم وتشغيل محطات التحلية. تشدد على أهمية تطوير خيارات فعالة لإدارة المحلول الملحي والتصريف للحد من الأثر البيئي وتخفيض التكلفة الاقتصادية، وتدعو إلى البحث في تقنيات تحلية أكثر كفاءة في استخدام الطاقة وأقل ضرراً على البيئة.

٨. المنهجية وطرق البحث:

سيتبع الباحث في هذه البحث على إجراء الدراسات الميدانية والتي تحوي في ثناياها اهم النقاط والمتغيرات التي ترتبط ارتباطاً وثيقاً في تحليل مياه البحر عن طريق القيام بالتحاليل الملائمة للمياه الخارجة من محطات تحلية مياه البحر التي من الممكن ان تتأثر بأي تغير في تكوينها ناتج من التغير في التركيبة الكيميائية للمياه بسبب الملوحة الزائدة من مياه الرجيع الملحي.

٩. أدوات الدراسة (أدوات جمع البيانات):

سيتم اخذ عينات ممثلة حول مخارج تصريف مياه الرجيع الملحي الخارجة من محطات تحلية مياه البحر وفحصها وتوثيق درجات الملوحة بها. يتم تعيين عدة نقاط حول المياه المحيطة بمحطة تحلية مياه البحر لقياس درجة الملوحة وفحص كافة المركبات المعدنية والكيميائية ومقارنتها بمياه البحر الطبيعية. سيتم رصد أي تغير في البيئات الحساسة تشمل الشعب المرجانية بالقرب من مخارج تصريف مياه الرجيع الملحي لرصد أي تغير ومقارنتها مع صور مرجعية سابقة لبناء محطة تحلية مياه البحر.

١٠. مجالات الدراسة:

تركز الدراسة على إجراء كافة التجارب الميدانية على القياسات ورصد التغيرات في البيئة البحرية لمحافظة رابغ في المملكة العربية السعودية لعام ٢٠٢٢.

١١. جمع البيانات:

● المعايير البيئية الوطنية:

يعتبر المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي المشرع الرئيس لكافة الأنظمة والقوانين البيئية الصادرة في المملكة العربية السعودية وهي أحد فروع وزارة البيئة و المياه و الزراعة و المعنية بسن كافة القوانين و الاشراف على كافة المواقع التجارية و الصناعية التي قد تشكل اثر بيئياً. أصدر المركز عدة قوانين تتعلق بالحفاظ على البيئة وتقوم بتحديثها حيث صدر اخر تحديث للقوانين من المركز بعامي ٢٠٢٠ و ٢٠٢١ و من ضمن هذه اللوائح هي اللائحة التنفيذية لحماية الأوساط المائية من التلوث و التي اسهبت في تفصيل جودة المياه و المقاييس المسموح بها لتصريفها في مياه البحر حيث تعتبر هذه المقاييس هي المرجع الرئيس لكافة المحطات العاملة بمجال تحلية مياه البحر و محطات انتاج الكهرباء و المصافي.



الملحق (٢) – مقاييس مياه الصرف المعالجة قبل تصريفها إلى المياه الساحلية والبحرية

المكون	المكون (بالإنجليزي)	الوحدة	الفترة المتوسطة	المقياس القيمة الوسطية (حد أقصى لأي عينة)
المقاييس الفيزيائية				
الدهون والزيوت والشحوم (الإجمالي القابل للاستخراج)	Fat Oil and Grease (FOG)	مج / لتر	عينة	(2)
العكارة	Turbidity	وحدة عكارة	عينة	(5)
فروقات درجة الحرارة ^(١)	Δ Temperature	Δ °C	عينة	(5)
مجموع المواد الصلبة العالقة	Total Suspended Solids (TSS)	مج / لتر	30 يوم	25 (40)
المقاييس الكيميائية				
الأكسجين المستهلك حيويًا	Biological Oxygen Demand (BOD ₅)	مج / لتر	30 يوم	10 (25)
الأكسجين المستهلك كيميائيًا	Chemical Oxygen Demand (COD)	مج / لتر	30 يوم	20 (50)
الأكسجين الذائب	Dissolved Oxygen (DO)	مج / لتر	عينة	(حد أدنى: 2.0)
نيتروجين الأمونيا	Ammoniacal Nitrogen (NH ₃ , NH ₄ -N)	مج / لتر	30 يوم	1.9
نيتروجين النترات	Nitrate Nitrogen (NO ₃ -N)	مج / لتر	30 يوم	10
الفوسفات	Phosphate (PO ₄)	مج / لتر	30 يوم	1
الكلور الحر	Free Chlorine	مج / لتر	عينة	(حد أدنى: 0.1)
الفينول (الإجمالي)	Phenols	مج / لتر	متوسط سنوي للعينات الشهرية	0.1
الأس الهيدروجيني	pH	-	عينة	(9 - 6.5)
الألومنيوم	Aluminium (Al)	مج / لتر	متوسط سنوي للعينات الشهرية	5

٣٤ - ٢٤

جدول ١ يوضح القيم والمعايير للمتغيرات الكيميائية لمياه الرجيع الملحي و القيم المسموح بها

• القياسات:

تم إجراء القياسات على مدار عامي ٢٠٢٢ على التوالي على البيئة البحرية المحلية لمحافظة رابغ و تم استخراج النتائج باستخدام أجهزة تمت معايرتها حسب الأنظمة و القوانين التي اصهرها المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي كالتالي:

• مواقع تجميع عينات المياه البحرية:

تم اختيار خمس مواقع لأخذ العينات وتوزيعها على طول منطقة الدراسة لتغطي منطقة الدراسة بأكملها الجدول ٢ والشكل ٢. الموقع الأول (S 1) منطقة السحب، الموقع الثاني (S 2) تغطي منطقة التفريغ ، الموقع الثالث (S 3) تغطي منطقة الخلط ١ ، الموقع الرابع (S 4) تغطي منطقة الخلط ٢ والموقع الخامس (S 5) نقطة مرجعية.

رقم الموقع	وصف المنطقة	الاحداثيات	
		الشمال	الشرق
S ₁	منطقة السحب	22° 38' 07.20"	39° 02' 08.11"
S ₂	منطقة التفريغ	22° 38' 12.58"	39° 02' 02.06"
S ₃	منطقة الخلط 1	22° 38' 06.69"	39° 01' 58.11"
S ₄	منطقة الخلط 2	22° 37' 59.52"	39° 01' 51.08"
S ₅	منطقة مرجعية	22° 38' 55.08"	39° 01' 42.09"

جدول ٢ يوضح احداثيات نقاط جمع العينات للمياه



شكل ٢ نقاط جمع العينات

• تجميع عينات المياه البحرية:

تم جمع خمس عينات من مياه البحر في منتصف العمق (متوسط عمق ٤ أمتار) باستخدام جهاز أخذ عينات مياه أفقي تم وضع علامات مسبقة على زجاجات العينات مع تحديد بيانات نقطة التجميع وتاريخ ووقت أخذ العينات. لم يتم شطف زجاجات العينة التي تحتوي على مواد حافظة قبل التعبئة. تم شطف الزجاجات التي لا تحتوي على مادة حافظة بنفس ماء العينة وتم ملؤها. عندما تم ملء جميع زجاجات

العينة؛ تم تخزين العينات في صندوق تبريد حتى تسليمها إلى المختبر لتحليلها. تم تسليم صندوق التبريد مع جميع العينات الموصوفة إلى المختبر مع أوراق سلسلة التتبع في نهاية يوم العمل.



شكل ٣ آلية جمع العينات لمياه البحر وعند نقاط تصريف الرجيع الملحي

١٢. تحليل البيانات:

• نتائج التحاليل الكيميائية والفيزيائية لعينات المياه البحرية:

تم إدراج المعلومات الفيزيائية والكيميائية لمياه البحر في النقاط المحددة ومقارنتها بالأرقام المرجعية الصادرة من المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي تحت خانة (MEWA) والتي أظهرت عدم وجود أي من التراكيز التي قد تشكل تهديدا على البيئة البحرية من ناحية التراكيز.

Date: 11 / 05 / 2022										
No.	Physical & Chemical Parameters	Unit	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	MEWA	Evaluation	Method Limit Of Detection
Physical Parameters										
1	Oil and Grease (FOG)	mg/l	<2	<2	<2	<2	<2	2	Pass	2
2	Turbidity	NTU	0.14	0.11	0.12	0.16	0.18	5	Pass	0.01
3	Temperature	°C	25	26	24	27	23	5	Pass	1
4	Total Suspended Solids (TSS)	mg/l	1	2	4	2	3	40	Pass	1
Chemical Parameters										
5	Biological Oxygen Demand (BOD ₅)	mg/l	<2	<2	<2	<2	<2	25	Pass	2
6	Chemical Oxygen Demand (COD)	mg/l	<5	<5	<5	<5	<5	50	Pass	5
7	Dissolved Oxygen (DO)	mg/l	6.58	6.47	6.96	6.98	6.74	>2	Pass	0.1
8	Ammonia (NH ₃ & NH ₄ -N)	mg/l	0.03	0.01	<0.01	0.02	0.02	1.9	Pass	0.01
9	Nitrate Nitrogen (NO ₃ -N)	mg/l	0.39	0.58	0.74	0.28	0.29	10	Pass	0.1
10	Phosphate (PO ₄)	mg/l	0.57	0.45	0.75	0.73	0.64	1	Pass	0.01
11	Free Chlorine	mg/l	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	>0.1	Pass	0.01
12	Phenols	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.1	Pass	0.01
13	pH	pH unit	8.24	8.22	8.15	8.16	8.14	6.5-9	Pass	0.1
14	Aluminum	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	5	Pass	0.001
15	Arsenic	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.036	Pass	0.001
16	Barium	mg/l	<0.001	<0.001	0.001	0.001	<0.001	1	Pass	0.001
17	Cyanide	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.05	Pass	0.01
18	Cadmium	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.005	Pass	0.001
19	Chromium	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01	Pass	0.001
20	Cobalt	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.05	Pass	0.001
21	Copper	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.5	Pass	0.001
22	Fluoride	mg/l	0.04	0.02	0.03	0.03	0.05	15	Pass	0.01
23	Iron	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	1	Pass	0.001
24	Mercury	mg/l	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.005	Pass	0.000
25	Lead	mg/l	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.008	Pass	0.001
26	Manganese	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.2	Pass	0.001
27	Nickel	mg/l	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	0.008	Pass	0.001
28	Selenium	mg/l	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.07	Pass	0.001
29	Zinc	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.08	Pass	0.001
30	Total Dissolved Solids	mg/l	36300	36400	36400	36300	36300	—	Pass	5
Microbiology										
31	Total Coliform	MPN/100ml	10	12	8	12	11	10	Pass	1
32	E. Coli	MPN/100ml	4	5	3	4	4	4	Pass	1

جدول ٣ نتائج التحاليل المخبرية للعينات التي تم جمعها

خلال فترة الدراسة كانت جميع المعلومات الفيزيائية والكيميائية لمياه البحر امام محطة راغب - ٣ ضمن النطاق المقبول ل المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي MEWA أو كانت أقل من حد طريقة الكشف. خلال فترة الدراسة كانت جميع المعلومات الفيزيائية والكيميائية لمياه البحر راغب ٣ ضمن النطاق المقبول لاشتراطات المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي أو كانت أقل من حد طريقة الكشف كما في الجدول.

- تركيزات الزيت والشحم <2 (FOG) و الطلب البيولوجي على الأكسجين <2.0 (BOD₅) مجم / لتر و الطلب على الأكسجين الكيميائي <5.0 (COD) مجم / لتر و الفينولات < ٠.٠١ مجم / لتر و الزرنيخ < ٠.٠٠١ مجم / لتر و السيانيد < ٠.٠١ و الكاديوم < ٠.٠٠١ مجم / لتر والكروم < ٠.٠٠١ مجم / لتر والزنك < ٠.٠٠٠١ مجم / لتر والنيكل < ٠.٠٠١ مجم / لتر والسيلينيوم < ٠.٠٠١ مجم / لتر أقل من حد طريقة الكشف .

• العكارة :

كانت القيمة القصوى للعكارة (S3) NTU ٠,١٨٠ بينما كانت القيمة الدنيا (S2) NTU ٠,١١٠. كان متوسط القيمة NTU ٠,١٤٤ بينما كانت قيمة الانحراف المعياري ٠,٠٢٤.

• درجة الحرارة :

كانت أقصى قيمة لدرجة الحرارة ٣٢,٠٠٠ درجة مئوية (SOut) بينما كانت أدنى قيمة ٢٣,٠٠٠ درجة مئوية (S5). كان متوسط القيمة ٢٦,٧١٤ درجة مئوية بينما كانت قيمة الانحراف المعياري ٣,٢٥١.

• إجمالي المواد الصلبة العالقة: (TSS)

كانت القيمة القصوى لإجمالي المواد الصلبة المعلقة ٤,٠٠٠ مجم / لتر (S3) بينما كانت القيمة الدنيا ١,٠٠٠ مجم / لتر (S1). بلغ متوسط القيمة ٢,٤٢٩ مجم / لتر بينما كانت قيمة الانحراف المعياري ٠,٩٧٦.

• الأكسجين المذاب: (DO)

كانت القيمة القصوى للأكسجين المذاب ٧,٠٥٠ مجم / لتر (SOut) بينما كانت القيمة الدنيا ٦,٤٧٠ مجم / لتر (S2). كان متوسط القيمة ٦,٨١١ مجم / لتر بينما كانت قيمة الانحراف المعياري ٠,٢٢٠.

• الأمونيا: (NH3 & NH4-N)

كانت القيمة القصوى للأمونيا 0.050 (NH3 & NH4-N) مجم / لتر (SOut) بينما كانت القيمة الدنيا ٠,٠١٠ مجم / لتر (S2) و (S3). كان متوسط القيمة ٠,٠٢٥ مجم / لتر بينما كانت قيمة الانحراف المعياري ٠,٠١٤.

• نترات نيتروجين: (NO3-N)

كانت أقصى قيمة لنيتروجين نيتروجين 0.740 (NO3-N) مجم / لتر (S3) بينما كانت أدنى قيمة ٠,١٢٠ مجم / لتر (SIN). كان متوسط القيمة ٠,٣٧٠ مجم / لتر بينما كانت قيمة الانحراف المعياري ٠,٢٢٠.

• الفوسفات: (PO4)

كانت القيمة القصوى للفوسفات 0.750 (PO4) مجم / لتر (S3) بينما كانت القيمة الدنيا ٠,٠٢٠ مجم / لتر (SIN). كان متوسط القيمة ٠,٤٦٣ مجم / لتر بينما كانت قيمة الانحراف المعياري ٠,٣٠٠.

• الكلور الحر:

كانت القيمة القصوى للكلور الحر ٠,٠٣٠ مجم / لتر (SOut) بينما كانت القيمة الدنيا ٠,٠١٠ مجم / لتر (S1 و S2 و S3). كان متوسط القيمة ٠,٠١٧ مجم / لتر بينما كانت قيمة الانحراف المعياري ٠,٠٠٨.

• الرقم الهيدروجيني :

كانت أقصى قيمة للرقم الهيدروجيني ٨,٢٤٠ وحدة أس هيدروجيني (S1) بينما كانت أقل قيمة ٧,٥٠٠ وحدة أس هيدروجيني (SOut). كان متوسط القيمة ٨,٠٥٩ وحدة أس هيدروجيني بينما كانت قيمة الانحراف المعياري

٢٥٨. خلال فترة الدراسة ، تقع قيم الأس الهيدروجيني لتركيز أيون الهيدروجين على الجانب القلوي في جميع المواقع وتراوح بين ٧,٥ و ٨,٢٤ و يبدو ان هذا يقع ضمن النطاق الطبيعي للبحر الأحمر.

• الألمنيوم :

كانت القيمة القصوى للألمنيوم ١,٥٨٠ مجم / لتر (SO_{Out}) بينما كانت القيمة الدنيا ٠,٩٩١ مجم / لتر (SIN). كان متوسط القيمة ١,٢٨٦ مجم / لتر بينما كانت قيمة الانحراف المعياري ٠,٤١٦.

• الباريوم :

كانت القيمة القصوى للباريوم ٠,٨٤٨ مجم / لتر (SIN) بينما كانت القيمة الدنيا < ٠,٠٠١ مجم / لتر (S2) و (S5). كان متوسط القيمة ٠,٤٠٠ مجم / لتر بينما كانت قيمة الانحراف المعياري ٠,٤٦٢.

• الكوبالت :

كانت القيمة القصوى للكوبالت ٠,٠١٨ مجم / لتر (S_{In}) بينما كانت القيمة الدنيا ٠,٠٠٧ مجم / لتر (SO_{Out}). كان متوسط القيمة ٠,٠١٣ مجم / لتر بينما كانت قيمة الانحراف المعياري ٠,٠٠٨.

• النحاس :

كانت القيمة القصوى للنحاس ٠,٣١٤ مجم / لتر (SIN) بينما كانت القيمة الدنيا ٠,٢٥٧ مجم / لتر (SO_{Out}). كان متوسط القيمة ٠,٢٨٦ مجم / لتر بينما كانت قيمة الانحراف المعياري ٠,٠٤٠.

• الفلوريد :

كانت القيمة القصوى للفلورايد ٠,٢٣٠ مجم / لتر (SO_{Out}) ، بينما كانت القيمة الدنيا ٠,٠٢٠ مجم / لتر (S2). كان متوسط القيمة ٠,٠٧٤ مجم / لتر ، بينما كانت قيمة الانحراف المعياري ٠,٠٧٦.

• الحديد :

كانت القيمة القصوى للحديد ٠,٧٤٩ مجم / لتر (SO_{Out}) بينما كانت القيمة الدنيا ٠,٧٣٦ مجم / لتر (SIN). كان متوسط القيمة ٠,٧٤٣ مجم / لتر بينما كانت قيمة الانحراف المعياري ٠,٠٠٩.

• الرصاص :

كانت القيمة القصوى للرصاص ٠,٠٠١ مجم / لتر (S2) بينما كانت القيمة الدنيا > ٠,٠٠١ مجم / لتر (محطات إعادة الضبط). كان متوسط القيمة ٠,٠٠١ مجم / لتر بينما كانت قيمة الانحراف المعياري ٠,٠٠٠.

• المنغنيز :

كانت قيمة المنغنيز القصوى ٠,٠٣٠ مجم / لتر (S_{In}) بينما كانت القيمة الدنيا < ٠,٠٠١ مجم / لتر (S1) و (S2) و (S3) و (S4). كان متوسط القيمة ٠,٠١٩ مجم / لتر بينما كانت قيمة الانحراف المعياري ٠,٠١٦.

• الزنك :

كانت القيمة القصوى للزنك ٠,٠١٠ مجم / لتر (SIn) بينما كانت القيمة الدنيا ٠,٠٠٤ مجم / لتر (SOut). كان متوسط القيمة ٠,٠٧٠ مجم / لتر بينما كانت قيمة الانحراف المعياري ٠,٠٠٤.

إجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS):

كانت القيمة القصوى لمجموع المواد الصلبة الذائبة ٥٤٢٠٠,٠٠٠ مجم / لتر (SOut) بينما كانت القيمة الدنيا ٣٦٣٠٠,٠٠٠ مجم / لتر (S1) و (S2) و (S5) و (SIn). كان متوسط القيمة ٣٨٨٨٥,٧١٤ مجم / لتر بينما كانت قيمة الانحراف المعياري ٦٧٥٣,١٣٠.

• مجموع القولونيات :

كانت القيمة القصوى ل Total Coliform 26.000 MPN / 100ml (SOut) بينما كانت الحد الأدنى ٧,٠٠٠ MPN / 100ml (SIn). كان متوسط القيمة ١٢,٢٨٦ MPN / 100ml بينما كانت قيمة الانحراف المعياري ٦,٣٤٣.

• بكتريا قولونية :

كانت أقصى قيمة ل E.coli 16.000 MPN/ 100ml (Sout) بينما كانت أقل قيمة هي 3.000 MPN / 100ml و كان متوسط القيمة ١٥,٥٧١ MPN/100ml

١٣. نتائج البحث:

على الرغم من الزيادة المضطربة في محطات تحلية مياه البحر في المملكة العربية السعودية و مدى المراقبة التي تقوم بها الجهات المسؤولة في المملكة العربية السعودية ممثلة بالمركز الوطني للمراقبة على الالتزام البيئي و التي تعكس الحرص المناسب للحفاظ على البيئة البحرية إلا ان الدراسة على جودة المياه المتمثلة في مياه الرجيع الملحي لا تشكل تهديداً كبيراً على المدى القريب و المتوسط. و في ضوء الدراسات السابقة التي اشارت الى العديد من الاضرار منها ما يخص الكائنات البحرية و طرق نموها في البيئة ذات التوازن الطبيعي لمياه البحر الا ان مياه الرجيع الملحي لم يتم ملاحظة اثارها في الاضرار بها. على الرغم مما خلصت اليه هذه الدراسة الا ان الباحث يعتقد بوجود الحاجة لمراقبة البيانات البحرية لمدى أطول وأكبر ليتم مقارنتها مع البيانات المرجعية والاستدلال بها على التغيرات التي قد تطرأ على البيئة البحرية.

١٤. التوصيات:

- ١- متابعة مراقبة البيئة البحرية لملاحظة أي تغيرات قد تطرأ على البيئة البحرية جراء تصريف مياه الرجيع الملحي و التي تتزايد بتزايد مشاريع محطات التحلية لمياه البحر في المملكة العربية السعودية.
- ٢- على الجهات المشرفة والمشرفة على المواقع التي تشكل تهديداً أو اثراً بيئياً على مياه البحر الالتزام بإجراء الفحوص و التدقيق البيئي اللازم لمراقبة التغيرات و انتهاج السبل المناسبة للحيلولة دون تدهور البيئة البحرية.
- ٣- حث كافة المنظمات و الجهات ذات العلاقة على تشجيع الابتكار في مجال تحلية مياه البحر لتقليل تصريف مياه الرجيع الملحي لمياه البحر و الاستفادة اقتصادياً منها عبر توظيفها كمصدر خام للمعادن الثمينة و التي يمكن استخدامها في مجالات صناعية.
- ٤- على الجهات ذات العلاقة توفير البيانات و تسهيل الحصول عليها للباحثين لإجراء الدراسات التي قد تسهم و بشكل كبير في مراقبة التغيرات على البيئة البحرية.
- ٥- تنمية الغطاء النباتي البحري في المناطق التي يتوقع منها تعرضها لأضرار بيئية حسب ما تقترحه دراسات المتابعة و المراقبة.

١٥. الملخص:

زيادة البحوث و الدراسات التي تبحث هذا الموضوع تشكل مطلباً هاماً للحفاظ على البيئة البحرية و تحقيقاً لرؤية المملكة ٢٠٣٠ التي تراعي جوانب الاستدامة و تطبيقها في كافة المناحي الصناعية و الجوانب البيئية. البيئة البحرية تعد مصدراً أساسياً لديمومة الحياة و الأمن المائي لشبان المملكة العربية السعودية و التي تشكل ٩٠٪ من اجمالي مصادر المياه الصالحة للشرب. حيث تعد المملكة اكبر منتج للمياه المحلاة من مياه البحر في العالم و بنسبة تقدر ب ١٦٪ من اجمالي انتاج المياه المحلاة. مع مراعاة ذلك يجب ان تترافق هذه الجهود بنفس المستوى من المراقبة و الوعي اللازم للمحافظة على البيئة البحرية. الاثار الاجتماعية و هي احد مظاهر الاستدامة قد تشكل تغيراً في حال نشوء أي تغير قد يطرأ بالبيئة البحرية نتيجة اختلال التوازن البيئي المهدد للحياة البحرية مما قد يضر بمصالح مجتمع الصيادين على سبيل المثال و التي قد تتجاوز اضرارها الى التأثير على نسبة البطالة في مجتمعهم.

- Hoepner T. and Lattemann S., (2002), "Chemical impacts from seawater desalination plants — a case study of the northern Red Sea", Desalination, Vol. 152, pp.133–140
- Panagopoulos A et al. (2019) Desalination brine disposal methods and treatment technologies-A review. Science of the Total Environment 639: 13354.
- Alharbi, O.A., Phillips, M.R., Williams, A.T., Gheith, A.M., Bantan, R.A. and Rasul, N.M. (2012) Desalination Impacts on the Coastal Environment: Ash Shuqayq, Saudi Arabia. Science of the Total Environment, 421-422, 163-172.
- Ghernaout, D. (2020). Desalination Engineering: Environmental Impacts of the Brine Disposal and Their Control. Open Access Library Journal, 7, e6777. <https://doi.org/10.4236/oalib.1106777>
- Lattemann, S., & Höpner, T. (2008). Environmental impact and impact assessment of seawater desalination. Desalination, 220, 1-15. DOI: 10.1016/j.desal.2007.03.009
- Panagopoulos, A., & Haralambous, K.-J. (2020). Environmental impacts of desalination and brine treatment - Challenges and mitigation measures. Marine Pollution Bulletin, 161, 111773. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111773>
- Dawoud, M. A., & Al Mulla, M. M. (2012). Environmental Impacts of Seawater Desalination: Arabian Gulf Case Study. International Journal of Environment and Sustainability, 1(3), 22-37. DOI: 10.24102/ijes.v1i3.96
- Jones, E., Qadir, M., van Vliet, M. T. H., Smakhtin, V., & Kang, S. (2019). The state of desalination and brine production: A global outlook. Science of the Total Environment, 657, 1343-1356. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.076>