

A STUDY OF THE POSSIBILITY OF COLD ENERGY UTILIZATION OF THE DEPTHS OF YEMEN REGIONAL SEA WATERS

Abdullah Ahmed Ba-Raadi

E.mail:Abdullah_raadi@yahoo.com

(Received July 22, 2009 Accepted September 24, 2009).

The results of our research work point to the possibility of introducing a new source of energy added to the other sources of renewable energy prevailing in Yemen. That is the energy of the cold waters at the depth of the sea (Exergy of cold water) in the Yemeni region of which the temperature reaches 2.6 °C at 2400 m deep.

Three maps were identified and put for some astronomical sites of Yemeni regional waters of Aden gulf for the objective of their study. The physico-thermal data relating to water surface up to 2400 m deep were studied and analyzed in order to define the sort of cooling media which can be used in the technology of this energy source.

For that purpose, the gases of Freon were chosen: R40, R142a, R22, R12, Cl₂ and the sea cold water depths H₂O_{SCW}. The study of the physical, therodynamical, hydrocrystalline and gaseous properties of these media make us able to put a suggestion for three individual systems working by the closed physico-thermal circle and combined with the temperature of the deep sea waters for each working medium. These suggested systems are as the following: The first system for air conditioning is working on the gaseous hydrocrystalline method and uses the media of Cl₂, R40, R142a, R22, and R12. The second system for air conditioning is working on the all water system and uses the medium H₂O_{SCW}. The third system is working on the gaseous hydrocrystalline method of sea water desalination and uses the media of Cl₂, R40, R142a, R22, R12. Depending on the mentioned above, we conclude that the second system is the least energy consumption and environmentally pure due to its direct use of the cold sea waters as a cooling medium.

دراسة حول ملائمة استخدام الطاقة الباردة من أعماق مياه البحر الإقليمية اليمنية

للتبريد وتكييف المباني

عبد الله احمد بارعدي

كلية الهندسة و البترول . جامعة حضرموت للعلوم و التكنولوجيا .

E.mail:Abdullah_raadi@yahoo.com

تشير نتائج البحث بإمكانية إدخال مصدر جديد إلى مصادر الطاقة المتجددة في اليمن ، وهي طاقة أعماق المياه الباردة الإقليمية اليمنية (اكسيرجيا الماء البارد) التي تصل أخفض درجة حرارة لمياهها عند

عمق 2400m إلى حوالي 2.6°C , حيث تمّ تحديد ووضع ثلاث خرائط لبعض المواقع الفلكية لأعماق المياه اليمينية الإقليمية لخليج عدن ودراستها وتحليل بياناتها الفيزيوجرافية بالنسبة لسطح وحتى عمق 2400m , لهدف تعيين نوع وسائط التبريد الممكن استخدامها في تكنولوجيا هذا المصدر الطاقى وقد لذلك تم اختيار غازات الفريون : R12,R22,R142a,R40 والكلور Cl_2 و مياه أعماق البحر الباردة $\text{H}_2\text{O}_{\text{scw}}$, إذ من خلال دراسة خواصها الفيزيائية والترموديناميكية و الهيدرولوجية الغازية لهذه الوسائط تمكنا من وضع اقتراح لثلاثة أنظمة منفردة تعمل بالدورة الفيزو ترموديناميكية المغلقة والمرتبطة بدرجة حرارة برودة مياه العمق لكل وسيط عامل وهي : النظام الأول لتكييف الهواء يعمل بالطريقة الهيدرولوجية الغازية و يستخدم الوسائط Cl_2 , R40, R142a, R22, R12 , والنظام الثاني لتكييف الهواء ويعمل بالماء الشامل النظام و يستخدم الوسيط $\text{H}_2\text{O}_{\text{scw}}$, أما النظام الثالث فيعمل على اعذاب مياه البحر بالطريقة الهيدرولوجية الغازية ويستخدم وسائط التبريد Cl_2 و R40, R142a, R22, R12 . كما استنتج من أن النظام الثاني هو الأكثر ترشيداً للطاقة و الأنظف للبيئة نظراً لاستخدامه المباشر لمياه البحر الباردة كوسيط تبريد .

الكلمات المفتاحية: مياه الأعماق الباردة , نظام الماء الشامل , طاقة متجددة , تكييف الهواء

**** المقدمة:**

تغطي مياه البحار و المحيطات مساحات واسعة من سطح الكرة الأرضية و تقدر بحوالي 361 مليون كيلومتر مربع. ففي الكثير من البحار الاستوائية تشير الأبحاث بان درجات الحرارة على عمق 300 m تتراوح فيها ما بين $5^{\circ}\text{C} - 4$, هذا الرقم ليس مطلقاً بطبيعة الحال ففي المياه الإقليمية للجمهورية اليمنية تؤكد الدراسات بان : درجة الحرارة عند هذا العمق تعادل 13°C , أما عند عمق ما بين 2000-2400m فتتخفض إلى $3.6-2.6^{\circ}\text{C}$, في حين تكون درجات حرارة سطح هذه المياه الإقليمية متقاربة لكثير من سواحل البلدان الأخرى و تتراوح ما بين $30-28^{\circ}\text{C}$. و حول مدى إمكانية استثمار برودة طاقة اعماق مياه البحر فقد نشر العالم الفرنسي جاك دارسونفال عام 1881م آراءه و أفكاره عن إنشاء محطات تعمل على الفوارق في درجات الحرارة في البحار , وتبعه في ذلك كل من المهندس الفرنسي جورج كلود 1930 م في القيام بتركيب محطة في خليج مانتزاس في جزيرة كوبا والباحث نيكولشن 1970م وغيرهم في العمل على التفكير في استثمار طاقة مياه الأعماق البحرية الباردة لأغراض التكييف الهوائي و توليد الطاقة الكهربائية و أعذاب المياه المالحة [1] [2] .

الجمهورية اليمنية يمكن ترشيحها في إطار مجموعة الأقطار المستثمرة لأعماق مياه البحر أو المحيط الباردة , فهي تقع فلكياً بين دائرتي عرض 12-20 درجة شمال خط الاستواء وخط طول 41 - 54 درجة شرق غرينتش , وتطل على كل من البحر العربي و المحيط الهندي و البحر الأحمر بسواحل 9 محافظات وتمتلك 112 جزيرة أهمها جزيرة سقطرى ومساحتها 3700 km^2 , شريطها الساحلي أطول من

2600 km , وعرضه يتراوح ما بين 30-60 km , ولها عمق إقليمي بحري يصل إلى حوالي 2400 m في الجزء الشرقي من خليج عدن الواقع على خط طول ما بين 50°C - 53°C , إذ سجل في هذا العمق أخفض درجات حرارة في المياه الإقليمية اليمنية التي بلغت 2.6°C , يقابل ذلك ارتفاع في درجة حرارة سطح مياه خليج عدن بما يعادل 31°C . [3] [4] [5]

هذا البحث لا يناقش استثمار طاقة فارق الانحدار الحراري بين السطح و عمق البحر , بل يتجه نحو الاستثمار المباشر لطاقة أو اكسيرجيا المياه الباردة المتواجدة في أعماق مياه البحر الإقليمية اليمنية , من خلال سحبها من العمق البارد و إعادة ضخها و توزيعها مباشرة بواسطة مضخات إلى الأماكن المراد تكييفها دون المرور بإجراء أي عمليات تبريد اصطناعي لهذه المياه باستخدام الوقود الأحفوري في تشغيل محطة التبريد المركزية كما جرت العادة . أي إنه يتم استخدام مياه العمق الباردة طبيعياً كعامل تبريد وسيط دون استهلاك أي وقود أحفوري لتبريده , هذه الطريقة يمكن إن نطلق عليها بالتكنولوجيا المتجددة لنظام الماء الشامل لتكييف الهواء , إذ أن التبادل الحراري في هذا النظام يتم مباشرة بين الماء البارد طبيعياً والمسحوب من عمق البحر مع هواء الغرفة المراد تكييفها .

و يرتكز عمل هذا النظام على إحدى الطرق التقنية المعروفة الآتية : (أ) طريقة وحدة ملف مروحيه (ب) طريقة وحدة تهويه (ج) طريقة وحدة ملف غير المروحية إذ أن هذه الطريقة "ج" تعتبر الأكثر ترشيحاً للتعامل مع تكنولوجيا نظام الماء الشامل لتبريد و تكييف الهواء بمياه أعماق البحر الباردة , نظر لما لها من بساطة في التركيب و الاستخدام والصيانة .

إن نجاح عملية استثمار طاقة مياه الأعماق الإقليمية البحرية الباردة اليمنية , يتطلب ضرورة تحديد للمواقع الفلكية البحرية المراد استثمار مياهها ومعرفة قيم درجاتها الحرارية عند أي عمق من أعماق مياهها الباردة الإقليمية ونسب تركيزها الملحي ابتداء من السطح وحتى أعماق طبقة فيها لهدف دراسة تلك البيانات لمعرفة نوع نظام التكييف الهوائي الممكن استثماره عند العمق المعني , لذا فإن حل هذه المسائل كان الهدف من إجراء هذا البحث.

**** مشكلة البحث:** إن الارتفاع المتزايد في استهلاك مصادر الطاقة التقليدية الناضبة و أهمها النفط والغاز الطبيعي المستخدمين في توليد الطاقة الكهربائية والحرارية لتغطية متطلبات تشغيل أنظمة تكييف الهواء والتبريد و المتزامن استثمارهما مع نضوب بعض آبارها وانخفاض كل من إنتاجها ومخزونها المحلي والعالمي الاحتياطي المؤكد من النفط وارتفاع لدرجة التلوث البيئي الهوائي والحراري في اليمن نتيجة احتراقهما و لفظ نفاياتها مسببه الكثير الأمراض و الكوارث سواء في اليمن أو في العالم. [6]

**** أهداف البحث:**

- البحث عن مصادر طاقة مجانية و متجددة و غير المدروسة في اليمن لغرض استثمارها أو لدمجها مع الوقود الاحفوري لترشيد استهلاكه لتشغيل أنظمة التكييف الهوائي بالطرق اللاتقليدية و غير المضرة على البيئة البشرية و الطبيعية و تعمل بكلفة اقتصادية منخفضة.

- دراسة و تحليل مدى إمكانية استثمار طاقة مياه الأعماق الباردة الإقليمية اليمنية.
- وضع خارطة لأعماق طبقات المياه البحر الإقليمية الباردة اليمنية , لهدف ربطها باستثمار طاقة المياه الباردة العميقة اليمنية في تكنولوجيا تكييف الهواء بطريقة نظام الماء الشامل .

- معرفة مدى إمكانية استيعاب طاقة المياه الباردة لهذه الأعماق على استثمار تكنولوجيا الغازات الهيدروبلورية في التكييف الهوائي و مقارنتها بطريقة نظام التكييف بالماء الشامل.

** عينة البحث : انحصرت عينة البحث من خلال تحليلها ومناقشتها لبيانات نتائج أبحاث مركز علوم البحار بعدن التابع لوزارة الثروة السمكية المخصصة لدراسة سلوكيات الأسماك في طبقات أعماق البحر و قياس غاز الأوكسجين الذائب في بعض مواقع مياهنا الإقليمية إذ حددت إحدائيات نقاط لمواقع الدراسة و منهجية الرصد و القيام بإجراء القياسات الدقيقة الموثوق بها بواسطة بعثة بحثية عالية التخصص من مركز أعالي البحار بعدن كما دعت نتائجها حديثاً بدراسة إضافية جادة متخصصة لبعض المواقع الفلكية في خليج عدن تعالج تأثير العوامل اللاحيوية على سلوكيات و غذاء الأحياء البحرية [2] [3] . و نحن هنا اقترحنا بان تكون تلك المواقع الفلكية ج المحددة و منهجية البعثة ركيزة لنماذج تطبيقية ومباشرة لمواقع أهداف هذا البحث و بياناته , لغرض جعل نتائج الدراسات متعددة الأغراض أكثر استثماراً من جهة والتقليص من الكلفة المالية لإجراء تلك القياسات و متطلباتها التي تقدر بالملايين من الريالات اليمنية . إذ قمنا بتصنيف و دراسة و تحليل أهم بيانات المتغيرات الأساسية الفيزيوجرافية الناتجة من تلك الأبحاث و المتعلقة بأعماق مياهنا الإقليمية اليمنية مثل درجات حرارة السطح المائي ودرجة الحرارة لكل طبقة من طبقات الأعماق المصنفة وتركيزها الملحي, و ربطها لهدف تطويعها لمعرفة مدى إمكانية الاستفادة من مؤشرات الفيزيوجرافية لخدمة متطلبات تكنولوجيا طاقة مياه الأعماق الباردة , ومن ثم استثمارها لخدمة شروط متطلبات هندسة التكييف الهوائي العامل بنظام الماء الشامل و بما يتناسب و شروط البحث.

** المواقع المقترحة للبحث :

اختيارنا لثلاثة مواقع لإجراء البحث , تمّ على أساس أن تكون هي نفس تلك المواقع التي اختيرت من قبل خبراء مركز علوم البحار بعدن [3] , نظراً لما لهم من خبرة وتكنولوجيا في تحديد أمثل المواقع الفلكية وامتلاكها لبيانات تفصيلية دقيقة لطبقات أعماقها و هي :

الموقع المقترح الأول وإحدائياته : الجزء الغربي من مياه خليج عدن 44° - 47° (اليمن).

الموقع المقترح الثاني وإحدائياته : الجزء المتوسط من مياه خليج عدن 47° - 50° (اليمن).

الموقع المقترح الثالث وإحداثياته : الجزء الشرقي من مياه خليج عدن 50° - 53 (اليمن).

** منهاج وأدوات البحث:

أرتكز منهاج البحث على المحورين الميداني والنظري التحليلي الإحصائي للبيانات , معتمدا في ذلك على نتائج و بيانات الدراسات و الإحصائيات و الأبحاث للمتغيرات الفيزيوقحرارية الجارية في أعماق مياه خليج عدن الباردة الإقليمية اليمنية [2] [3] , والعمل على تطويعها في استثمار ما يسمى بطاقة أعماق مياه البحر الباردة الإقليمية اليمنية في الكثير من المجالات وأهمها التبريد و تكييف الهواء والعمل على وضع اقتراحات نظرية لثلاث خرائط للعمق المائي للمواقع الآتفة الذكر , لتساعد على عكس العلاقة بين كل من درجات الحرارة و درجة تركيز الملوحة بالنسبة لأعماق تلك المياه والمحصورة ما بين السطح وحتى عمق 2400m , لغرض وضع التوصيات لتحديد نوع الدورات الترموديناميكية النظرية لتلك المحطات , وهذا بدوره يؤدي إلى وضع تصوّر خارطة بيانية تطبيقية تساعد على تحديد أنواع التكنولوجيا والوسيط التبريدي العامل التي يتناسب تصميمها ومعرفه مدى إمكانية اكسيرجيا المياه الباردة لكل طبقة من طبقات أعماق هذه المياه الإقليمية اليمنية لهدف الاستثمار . و قد نتيجة لذلك تم تقسيم منهجية البحث إلى النقطتين الآتيتين:

أولاً: تحديد المواقع و دراسة عمق كل طبقة من طبقاتها.

* تم تحديد المواقع الفلكية السابقة كمواقع مقترحة للقيام بتركيب محطات عائمة لسحب كميات المياه الباردة من الأعماق وذلك حسب شروط كل نوع من أنواع التكنولوجيا العاملة و من ثم ضخ تلك المياه الباردة إلى البر لمعالجتها للاستثمار .

* دراسة كل طبقة من طبقات أعماق مياه خليج عدن الباردة لتحديد علاقتها بكل درجة من درجات حرارة الأعماق في المياه الإقليمية لهدف استثمارها بما يتناسب و نوع الوسيط التبريد العامل في تكنولوجيا التبريد و التكييف الهوائي العاملة بطاقة مياه أعماق خليج عدن الباردة المباشرة و غير المباشرة المقترحة من قبلنا .

ثانياً : تحليل و تصنيف بيانات متغيرات درجات الحرارة و نسب تركيز الملوحة لكل العمق

• تحليل البيانات المتعلقة بدرجات الحرارة في أعماق المواقع الثلاثة لمياه خليج عدن الإقليمية اليمنية و خصوصا لتلك المياه المحصورة ما بين سطح البحر وحتى العمق 2400 m .

* تحليل البيانات المتعلقة بالتركيز الملحي في أعماق المواقع الثلاثة لمياه خليج عدن الإقليمية اليمنية و خصوصا ما بين سطح البحر حتى عمق 2400 m .

* وضع و لأول مرة على مستوى اليمن خرائط مائية بيانية لأعماقه تكون إحداثياتها درجات حرارة الأعماق ونسبة التركيز الملحي بالنسبة لأعماق المياه الإقليمية اليمنية لهدف استثمارها المباشر في

تكنولوجيا طاقة مياه الأعماق الباردة أو أكسিজيا المياه الباردة و بشكل خاص للعمق 2400m , لاستثمارها في التكييف الهوائي العامل بنظام الماء الشامل .

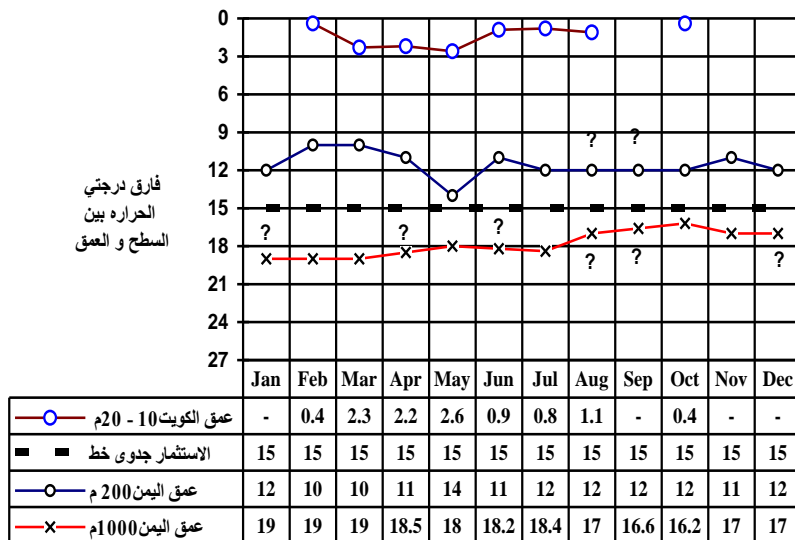
* وضع نماذج لأشكال بيانية تحدد مجالات درجات الحرارة العاملة لتكنولوجيا الاستخدام المباشر لمياه خليج عدن الباردة لتكييف الهواء بنظام الماء الشامل, ومقارنتها بتكنولوجيا الفارق الحراري بين السطح و العمق بالطريقة الهيدرولويه الكلورية أو الفريونية [7].

* وضع مخطط نظري أولي حول آلية استثمار مياه الأعماق اليمينية الإقليمية الباردة في عمليات الاستخدام المباشر لمياه الأعماق الباردة في التكييف الهوائي بدلا عن تبريده بالطرق التقليدية باستخدام طاقة الوقود الاحفوري ومن ثم استخدام في أنظمة التكييف الهوائي , خصوصا وإن المحلول الملحي العامل فيها يتم تبريده بواسطة محطات تبريد اصطناعية مركزيه تستهلك كميات ضخمة من مصادر الوقود الاحفوري الناضب.

لتغطية المتطلبات التقنية للنقاط السابقة لعمل محطات التبريد اللاتقليدية تم الاستفادة من نتائج البيانات التجريبية المتحصل عليها من مركز علوم البحار بعدن المرصودة من قبل البعثة السوفيتية بالاشتراك مع مركز علوم البحار بعدن 1984-1985, المحددة لدراسة الجوانب المختلفة الجارية ما بين السطح والأعماق 1000 m ; 500 ; 200 ; 75 و معرفة متغيراتها الفيزيوجرافية مثل درجات حرارة و الملوحة و كميات الغازات المذابة و التركيب الجيولوجي والكثافة النوعية في أعماق مياه خليج عدن في الأعوام ما بين 1984-1985 م في الجمهورية اليمنية . نتائج هذه البعثة نشرت في سلسلة أ , علوم المحيط العدد الأول, لعام 1987م [2] التي من خلالها قمنا بجمع ومناقشة وتحليل نتائج تلك البيانات وتصنيفها, والعمل على تطوير استنتاجاتنا لخدمة تكنولوجيا أعماق مياه خليج عدن الباردة الإقليمية اليمنية في استثمار طاقة مياه أعماق البحر الباردة المتجددة و طاقة فارق درجتي حرارة السطح البحر وعمقه , إذ استنتجنا من ذلك إلى إن أخفض درجة حرارة في مياهنا الإقليمية التي قد تم بلوغها تقدر حوالي 2.6°C في الجزء الشرقي من خليج عدن عند موقع $50^{\circ} - 53$, عند عمق يبلغ 2400m عن سطح مياه الخليج , و كذا حصولنا على وجود فارق لانحدار حراري اقتصادي استثماري بين السطح والعمق يتذبذب ما بين $15-28^{\circ}\text{C}$. هذه المؤشرات في نظر الجدوى الاقتصادية لاستثمار أكسিজيا مياه العمق الباردة أو طاقة الفارق الحراري تعتبر مقبولة جدا عند استثمارها في أنظمة التكييف الهوائي , إذ أن المطلوب تقنيا لاستثمار طاقة الانحدار الحراري ما بين سطح و عمق البحر وجود فارق حراري بينها يجب أن لا يقل عن 15°C , أو بلوغ عمق يجب أن لا تزيد درجة حرارة مياهه الباردة عن 4°C . هذه الشروط التقنية الضرورية للاستثمار نجدها تتوفر و بنسبة نجاح مرتفعة في أعماق مياه خليج عدن الإقليمية اليمنية حسب تحليلنا للبيانات السابقة.

تبين نتائج تحليل البيانات في الأشكال من 1 إلى 6 إلى إمكانية التكنولوجيا في الاستخدام المباشر لمياه أعماق خليج عدن الإقليمية الباردة للحصول منها على مصدر طاقة للبرودة الطبيعية المتجددة الممكن أن تستثمر في أنظمة التكييف الهوائي و خصوصا في محطات التبريد و التكييف الهوائي العاملة بطريقة نظام الماء الشامل , و نتيجة لذلك يمكن اعتبار هذا المصدر لهذه الطاقة المتجددة إضافة جديدة لتلك المصادر المتجددة المعروفة في اليمن كالطاقة الشمسية و طاقة الرياح و طاقة الكتل الحيوية و طاقة جوف الأرض الحرارية . ويتم استخدام طاقة مياه الأعماق الباردة لخليج عدن في تكنولوجيا التبريد و تكييف الهواء بطريقة نظام الماء الشامل من خلال الآلية الآتية : تسحب المياه الباردة من الأعماق إلى السطح البحر من خلال مرورها من طرف السفلي للأنبوب المغمور في المياه الباردة عند عمق 2400m ودرجة حرارة 2.6°C , وذلك بعد الحسابات اللازمة لتحديد قطره . أما قيمة معامل النقل الحراري K فتحسب بمعلومة قيمة معامل التبادل الحراري □ من جهة المياه العميقة الباردة بالنسبة للسطح الخارجي للأنبوب التي يمكن تحديدها كحاله لمقطع اسطواني مغمور عند عمق 2400m و المعادل لدرجة حرارة 2.6°C , كما يغمر سطحه الخارجي في هذا العمق بتيار مائي ينساب بسرعة وسطية V_x . أما سرعة تيار الماء البارد الصاعد داخل الأنبوب فتحدد قيمة قدرة المضخة لسحب المياه الباردة المتواجدة عند سطح طرف العلوي للأنبوب المغمور والمثبت طرفه الاسفل عند نقطه العمق المحدد بدرجة حرارة المياه الباردة وبما تتناسب و شروط نوع الاستثمار لهذا المصدر من الطاقة . مع الإشارة هنا إلى اننا لم نتعرض لحسابات هذه القيم كون البحث يعالج الدراسة النظرية و ليست التصميمية لمدى إمكانية استثمار طاقة المياه الباردة في أعماق خليج عدن في الاستخدام المباشر في تكنولوجيا التبريد و التكييف الهوائي بنظام الماء الشامل الطريقة "ج" إذ أن تبريد المياه لدرجة منخفضة البرودة اصطناعيا لغرض التكييف الهوائي يتطلب استهلاك عالٍ جدا من الطاقة و الوقود الاحفوري , وعلى العكس من ذلك فان تبريد هذه الكميات من المياه و لدرجات حرارة منخفضة جدا بآلية طبيعيه تصل إلى درجة حرارة 2.6°C (دورة التبريد الطبيعي للمياه الباردة في أعماق البحار و المحيطات) و دون استهلاك أي مصدر من مصادر الطاقة التقليدية الناضبة لتشغيل محطات التبريد المركزية لتبريد هذه الكميات من المياه اصطناعيا لتستخدم في التكييف الهوائي و حدوث أي تلوث حراري إضافي للبيئة البشرية و الطبيعية أو المساعدة في تخريب طبقة الأوزون يحمل مؤشر اقتصادي جيد يتطلب دراسة بعناية .

و لعرض المقارنة الاولية حول إمكانية استثمار المياه الإقليمية اليمنية في خليج عدن في استخدام تكنولوجيا الانحدار الحراري بين السطح و العمق و تكنولوجيا مياه الأعماق الباردة خلال اشهر العام ومقارنتها بالمياه الاقليمية لدولة الكويت نجدها تتسم بعدم الامكانية للاستثمار نظرا لعدم عمق مياهها مما يعطي اليمن خصوصية في ذلك , كما تؤكد بيانات الشكل 1.



شكل رقم 1 خارطة مائية تبين الفارق درجتي الحرارة بين السطح وعمق البحر الإقليمي والمسارات السنوية المثلى لاستثمار تكنولوجيا هذا الفارق حسب بيانات كل من شاطئ دولة الكويت و اعماق مياه خليج عدن بالجمهورية اليمنية . [3] [4] [8] .

علامة الاستفهام ؟ تعني أنها ليست قيم فعلية بل متوسط بين لرقمين لعدم توفرها من المصدر .

بيانات جدول رقم 1 التي قمنا بتصنيفها و تحليلها تبين العلاقة التي تربط بين درجتي الحرارة لكل من سطح وعمق مياه خليج عدن خلال أشهر السنة لعام 1984 - 1985 م , التي من خلالها أمكن استنتاج إمكانية قدرة المحطة على العمل دون توقف خلال اشهر العام . في حين يبين الجدول رقم 2 مواقع وبيانات المحطات الثلاث المقترحة في خليج عدن و نوع الوسائط العاملة فيها التي يجب إن تتناسب مع الصفات الفيزيوقحرارية و الهيدروبولورية لطبقات مياه الأعماق الباردة التي من نتائجها أمكن اختيار نوعين من التكنولوجيا : النوع الاولي تكنولوجيا الانحدار الحراري الهيدروبولوري في أعماق المياه الإقليمية اليمنية الباردة باستخدام غاز الكلور والفيونات من جهة و مجال عملها يمتد حتى بلوغ 6°C بعمق يصل إلى 1500m. أما النوع الثاني فاستخدام التكنولوجيا المباشرة لطاقة المياه الباردة العميقة في محطات التكييف الهوائي العاملة بنظام الماء الشامل وهذا يتطلب من إن تكون درجة حرارة مياه العمق اقل من 4°C , و هنا نجد إن العمق 2000m لذي تقابله درجة حرارة تصل إلى 2.6°C يستوفي يمكن إن يستوفي شرط عمل هذه التكنولوجيا . مع الإشارة من ان هذه البيانات تحدد و بدقة تسمية كل طبقة من طبقات مياه تلك الأعماق , مما يعطى صورة تفصيلية أوضح لإمكانية تعدد أنواع تكنولوجيا استثمار هذه الطاقة المتجددة الجديدة في اليمن ولكن بشروط هندسية خاصة تتناسب مع كل تكنولوجيا مختارة, و هو ما

ينعكس بدوره إيجابا في الارتفاع المحسوس لمردود الفعل المفيد لإنتاجه المحطة المعنية, أكانت في إطار هندسة التبريد أو تكييف الهواء بأنواعه كافة أو لأعذاب المياه في خليج عدن .

جدول 1 : العلاقة بين درجتي الحرارة لكل من سطح وعمق مياه خليج عدن و تغيراتها خلال كل شهر من أشهر السنة لعام 1985 - 1984 م . ([2] + تحليل وتصنيف الباحث للبيانات).

الشهر	درجة حرارة سطح البحر °C	درجة حرارة عمق 75m	درجة حرارة عمق 200m	درجة حرارة عمق 500m	درجة حرارة عمق 1000 m	عام الرصد
أكتوبر	30.09-25.64	15.38	14.51	12.65	10.84	1984
نوفمبر	26.92 - 25.59	15.71	14.46	12.9	10.5	1984
ديسمبر	26.74 - 26.14	22.52	14.42	12.17	-	1984
يناير	26.82 - 25.28	21.58	15.03	12.43	-	1985
فبراير	26.52 - 24.7	22.02	15.26	12.43	8.24	1985
مارس	26.42 - 24.46	21.5	14.69	12.38	8.5	1985
ابريل	28.79 - 25.94	19.47	15.37	12.38	-	1986
مايو	30.88 - 29.67	19.86	15.25	12.26	9.2	1986
يونيو	30.14 - 21.06	17.29	14.00	12.10	-	1986
يوليو	30.07 - 25.87	16.26	14.00	12.05	8.63	1986

([2] + تحليل وتصنيف الباحث للبيانات)

جدول 2 العلاقة بين الصفات الفيزيوقحرارية لطبقات أعماق مياه خليج عدن باليمن و نوع وسيط العامل المقترح استخدامه في المحطة أنظمة تكييف الهواء المتنوعة حسب العمق .

الموقع المقترح للمحطة الأولى وإحداثياتها: الجزء الغربي من مياه خليج عدن 44° - 47°

العمق *	درجة * الحرارة	نوع الوسيط	التركيز *	نوع	اسم	الفارق
مياه خليج عدن بالأمتار	مياه الخليج عدن °C	الهيدريلوري المقترح استخدامه في عمل محطة الأعماق **, ***	الملحي لمياه خليج عدن من الألف	حدود الأعماق *	الطبقة المائية *	الحراري الممكن استثماره ***
السطح	32.00 25.00	- -	36.80 36.00	العليا	م س	00.00 00.00
20 125	25.00 17.00	Cl ₂ R-21-,R-40	36.20 35.60	السفلى	م س	- 15.00
70 200	19.00 14.00	R-40,R-21 R-22	35.80 35.40	النواة	م ت س	- 18.00
150 450	16.5 13.5	R-22 R-22, R-124	36.80 35.95	السفلى	م ت س	15.50 18.50
500 900	17.50 13.50	R-21,R-22 R-142,R-22	37.65 36.15	النواة	م ب ح	- -
1000 1100	12.00 10.00	R-12 R-12	36.20 35.95	السفلى	م ب ح	20.00 22.00
1250 1500	9.80 6.00	R-12 R-11	35.80 35.10	النواة	م ق	23.20 26.00

الموقع المقترح للمحطة الثانية وإحداثياتها : الجزء المتوسط من خليج عدن ° 47 – 50

السطح	32.00 25.00	- -	36.45 35.90	العليا	م س	00.00 00.00
20 80	24.00 16.00	Cl ₂ R-22	36.00 35.40	السفلى	م س	- 16.00
70 250	18.00 14.50	R-40,R-21 R-22	35.70 35.30	النواة	م ت س	- 18.00
200 450	16.00 13.00	R-22 R-142a	36.10 35.50	السفلى	م ت س	16.00 19.00
450 750	15.00 12.00	R-22,R-21 R-12, R-22	----- -----	النواة	م ب ح	17.00 20.00
1200 1250	8.60 8.40	R-22,R142a R-12,R142a	35.80 35.50	السفلى	م ب ح	23.40 21.60
1800 2000	4.00 3.80	H ₂ O _{c.w} H ₂ O _{scw}	34.95 34.95	النواة	م ق	28.00 28.20

موقع المقترح للمحطة الثالثة وإحداثياتها : الجزء الشرقي من مياه خليج عدن ° 50 – 53

السطح	31.00 24.50	- -	35.30 36.60	العليا	م س	00.00 00.00
50 100	24.00 15.50	Cl ₂ R-22	35.85 35.45	السفلى	م س	7.--0 15.50

-	م ت س	النواة	35.60	R-21,R-22	17.00	150
18.20			35.25	R-12,R-22	12.80	250
16.50	م ت س	السفلى	35.80	R-21,R-22	14.50	250
18.50			35.50	R-142a,R-22	12.50	400
18.00	م ب ح	النواة	36.10	R-124a,R-22	13.00	450
20.50			35.75	R-124a,R-12	10.50	950
23.00	م ب ح	السفلى	34.85	R-124a,R-12	8.00	1200
24.00			34.80	R-124a,R-12	7.00	1300
28.00	م ق	النواة	34.82	H ₂ O _{scw}	3.00	2000
25.40			34.80	H ₂ O _{scw}	2.60	2400

المراجع : [3] + [4] + ** تحليل الباحث *** .

م س : مياه سطحه , م ت س : مياه تحت سطحه

م ب ح : مياه البحر الأحمر , م ق : مياه قاعية.

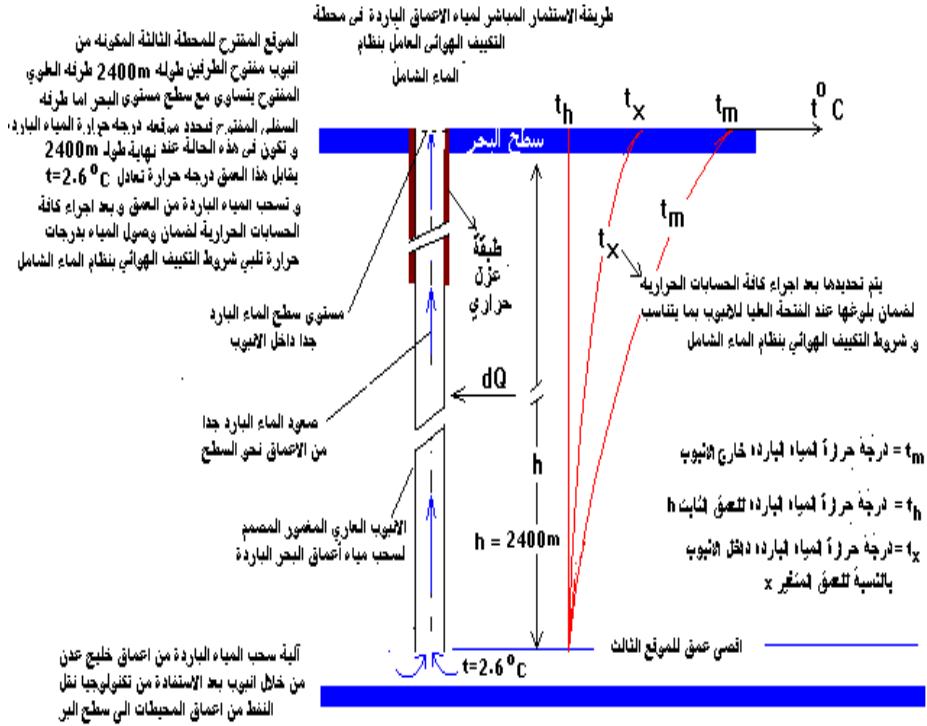
R : غازات فريونية , H₂O_{scw} : مياه أعماق خليج عدن الباردة المستخدمة مباشرة في المحطة العاملة بنظام الماء الشامل (هدف البحث)

* تركيز ملوحة مياه خليج عدن تتراوح ما بين 35.38 - 36.88 ppm .

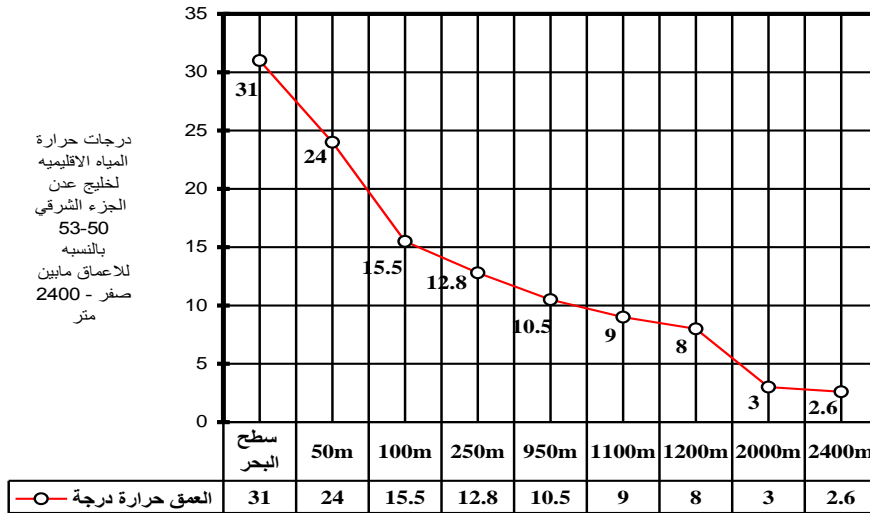
كما نشير من أن تحليل بيانات الجدول رقم 2 , تمت على اساس دراسة كل درجة من درجات الحرارة المنخفضة لكل طبقة من طبقات مياه أعماق خليج عدن بشكل منفرد وليس كفارق لانحدارها الحراري , و قد بينت نتائجه إلى إمكانية بروز نوع جديد من مصادر الطاقة المتجددة في اليمن يمكن إن يسمى بتكنولوجيا استخدام مياه خليج عدن الإقليمية العميقة الباردة التي تصل درجات حرارة عمقها في بعض المواقع المقترحة في البحث ما بين 3°C - 2.6 , هذا المجال لدرجات الحرارة تم رصده عند طبقات أعماق المياه التي تصل بين 2400 - 2000 m تحت سطح مياه خليج عدن [4]. ولأجل استثماره في هندسة التكييف الهوائي قمنا بدراسة مجموعة من أنظمة تكييف الهواء واستنتجنا من أن الاستثمار المباشر لمياهه الباردة كوسيط تبريد في تكنولوجيا تكييف الهواء يمكن أن يوصي باستخدامه في نظام الماء الشامل مقارنة بباقي أنظمة التكييف الهوائي المعروفة التي تستخدم وسائط تبريده صناعية و تضر بالبيئة . إضافة إلى كون نظام الماء الشامل يحمل جدوى اقتصادية و بيئية جيدة و يستخدم المياه الباردة مباشرة كوسيط تبريد وهذا يحقق احد أهداف البحث (شكل 2)

كما اشارت نتائج البحث المبينه في جدول 2 من امكانية استثمار مجال درجات الحرارة مياه الاعماق الباردة المحصورة ما بين 8-15.5 °C بصورة غير المباشرة من خلال الخلط الفيزيائي هذه المياه الباردة مع الغازات الفريونية أو الكلور لإنتاج الهيدرات البلورية اكان في فوق سطح اليابسة أو في عمق البحر شرط أن تتوفر الظروف الفيزيائية الخاصة لتوليد الهيدروبلورية وذلك لغرض تكييف الهواء ولإنتاج المياه

العذبة من مياه خليج عدن . وتتكون آلية عمل هذه التكنولوجيا (شكل 3) من سحب هذه المياه الباردة من العمق المعني بنوع التكنولوجيا عبر أنابيب طويلة يمكن إن يعزل جزءا من سطحها الخارجي بعازل حراري تحدد سماكته و طولها وغيرها من حسابات النقل والتبادل الحراري المرافقة لآلية السحب والتي يمكن أن يعالج بعضها معالجة مسائل تكنولوجيا التقييد ونقل النفط من أعماق المحيط . لذا فإننا نوصي بضرورة إجراء أبحاث إضافية تتعلق بذلك عند وضع التصميم التطبيقية.



شكل رقم 2 مخطط أولي يبين آلية سحب المياه الباردة من أعماق خليج عدن الإقليمية اليمنية، لاستثمارها لتكييف الهوائي العامل بنظام الماء الشامل ومنحنيات تغيرات درجات حرارة المياه الباردة المحتملة عند الأعماق المختلفة وحتى السطح .

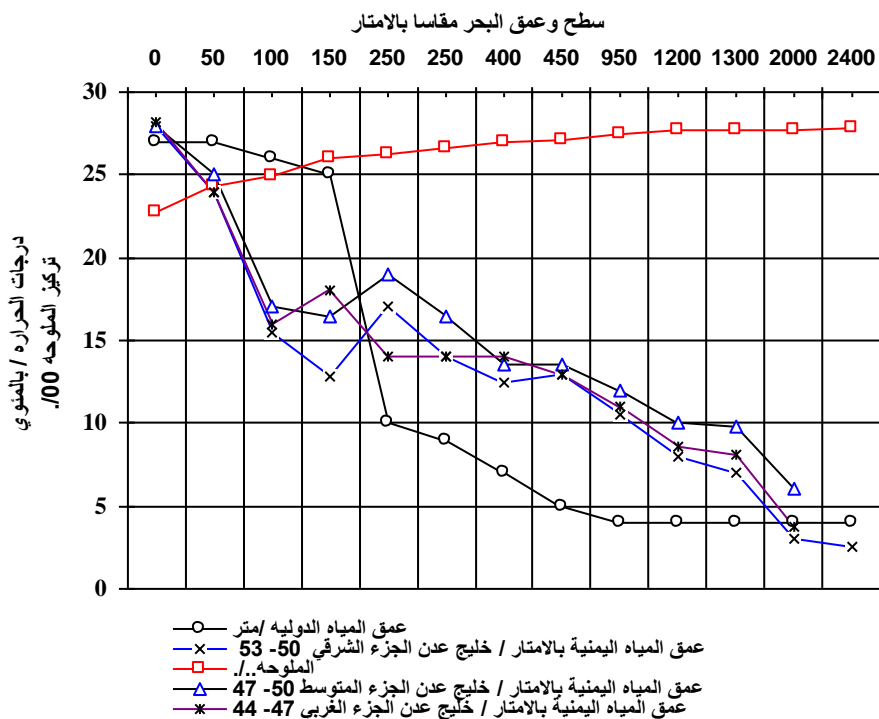
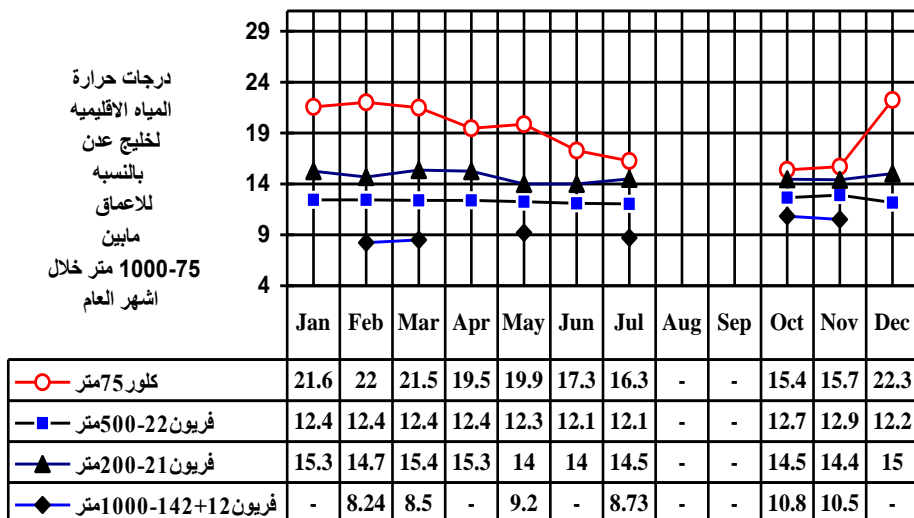


شكل رقم 3 الانحدار السلس لدرجات الحرارة بين السطح والعمق في الجزء الشرقي من المياه الإقليمية اليمنية لخليج عدن في اليمن و المحصورة بين سطح مياه خليج عدن و أعمق نقطة انخفاض 2400m. [3].

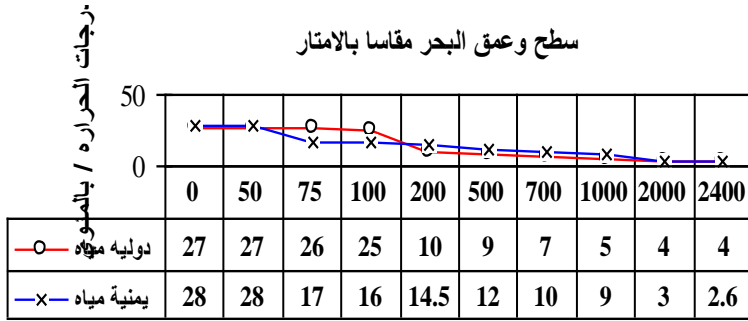
فيما يتعلق بدراسة مسار العلاقة الانحدارية بين درجات حرارة السطح و الأعماق في خليج عدن فقد استنتج بعد تحليل الكثير من البيانات [8] [2] , من أن متوسط درجة حرارة السطح المائي للمياه الإقليمية اليمنية تتراوح ما بين $24.5-31^{\circ}\text{C}$. وإن أعمق انخفاض تم بلوغه في المياه الإقليمية اليمنية كان في الجزء الشرقي من خليج عدن ويعادل 2400 m , يقابله درجة الحرارة تبلغ حوالي 2.6°C . نظرا لضرورة معرفة مدى إمكانية استمرار الثبوت النسبي لدرجات الحرارة عند العمق المعني لضمان عمل انتاجية المحطة خلال العام فان بيانات الشكل 4 تشير الى توفر هذا الشرط لبعض المحطات العاملة لتكييف الهواء بنظام الغازات الهيدروبلورية . كما أن بيانات الشكلين 3,4 بشكل عام يؤكدان من أن مجالات الانحدار لدرجات الحرارة بين طبقات المائية نحو العمق يقدم إمكانية أخرى للاستثمار طاقة البرودة خصوصا فيما يتعلق باستثمار تكنولوجيا الفارق لدرجات الحرارة ما بين العمق المعني والسطح لمياه خليج عدن بشكل مباشر أو غير المباشر .

شكل رقم 4 مسار تغير درجات الحرارة في طبقات عمق خليج عدن ما بين 75-1000 m , بالنسبة لتغيراتها خلال أشهر العام , ونوع الغاز الهيدروبلوري المقترح و درجة الحرارة المثلى والعامله عندها تكنولوجيا محطات الهيدروبلورية تبعا والشروط الفيزيائية البحرية الضرورية لتوليد الهيدرات البلورية.

ملحوظة: التقاطعات المشار إليها بين نقاط مسار المنحنيات في الشكل رقم 4 تبين عدم توفر البيانات من المصدر في تلك الأشهر من سنوات الرصد و التسجيل. [3] [4] [2]



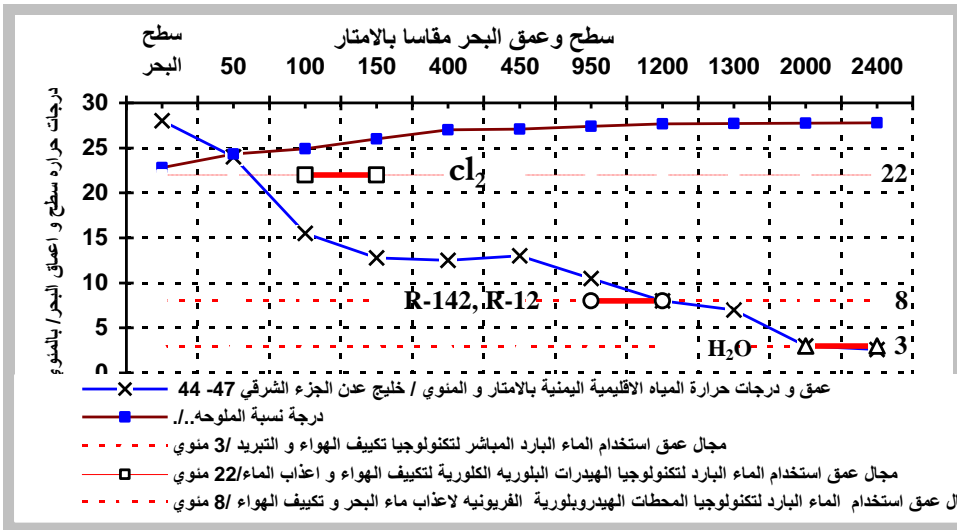
شكل رقم 5 الخارطة المائية للمواقع المدروسة لدرجات الحرارة و نوع عمق المياه لخليج عدن الجزء الغربي و المتوسط و الشرقي للمياه الإقليمية اليمنية [3] [4] [8].



شكل 6 مقارنة بين التدرج لانحدار درجات الحرارة في أعماق طبقات المياه اليمنية الإقليمية في خليج عدن والمياه الدولية [3] [8].

و لهدف تسهيل الاستفادة التطبيقية من القدرة العظمى على إنتاج الشغل من مياه أعماق خليج عدن الباردة (اكسيرجيا الماء البارد) تم تصنيف كل هذه نتائج و بما يتناسب لخدمة استثمارها في مجال تكييف الهواء إلى ثلاثة أنظمة هي: النظام الأول : التكييف الهوائي العامل بنظام الماء الشامل وباستخدام مياه الأعماق الباردة نموذج "ج" (هدف البحث) والنظام الثاني التكييف الهوائي العامل بغاز الكلور في المحطات الهيدرو البلورية الكلورية و والنظام الثالث التكييف الهوائي العامل بغازات الفريون في المحطات الهيدرو البلورية الفريونية لأعذاب المياه المالحة أو توليد الطاقة الكهربائية . بناء على تلك التصنيفات تم وضع خارطة مائية شاملة لأعماق مياه خليج عدن , ينعكس ذلك في مخطط الشكل رقم 7 الذي يوضح المسارات و المواقع المثلى المقترحة لعمل كل نظام من أنظمة التكييف الهوائي المذكورة

سابقا . [4]



شكل 7 : علاقة نوع الوسيط بمدى تدرج انخفاض درجات الحرارة بالنسبة لعمق المياه الإقليمية اليمنية

و مجالات استثمارها في تكنولوجيا التبريد والتكييف وأعذاب مياه البحر [4]

مع ضرورة الإشارة إلى نتائج و مناقشة تحليل بيانات شكل رقم 7 المدعمة بالبيانات التفصيلية التجريبية ذات العلاقة في الجدول رقم 2, يمكن عكسها في منحى مسار انحدار تغير درجات الحرارة نحو العمق المشار إليها بالعلامة x , الذي يشير إلى إمكانية استثمار درجات الحرارة حسب كل عمق من أعماق مياه خليج عدن الباردة فمثلا المجال العلوي المحصور بعلامة المربع يعكس درجة الحرارة والعمق الأمثل لعمل المحطات الكلور الهيدروبلورية , في حين يبين المجال الأوسط ذو العلامات الدائرية درجة الحرارة العمق الأمثل لعمل المحطات الفريونية الهيدروبلورية . و أما المجال الأسفل ذو العلامات المثلثية فيشير إلى إمكانية الاستخدام المباشر لمياه الأعماق البارد في تكنولوجيا نظام التكييف الهواء العامل بنظام الماء الشامل و النظام الجديد في البحث . في حين توصي بيانات الجدول 3 باختيار نوع الوسيط الناقل للبرودة من عمق المياه الإقليمية اليمنية الباردة لاستثماره في تشغيل أنظمة تكييف الهواء العامل بالطريقة الهيدروبلورية أو بنظام الماء الشامل.

جدول رقم 3 الوسيط الناقل للبرودة من عمق المياه الإقليمية اليمنية الباردة لاستثمارها في مجالات تكييف الهواء الهيدروبلوري أو بنظام الماء الشامل .

العمق بالأمطار	الحدود	الوسيط و نوع المحطة المقترح استخدامها في مياه الأعماق الباردة في خليج عدن	اسم عمق المياه
سطح البحر	العليا	-	مياه سطحيه
100 – 50	السفلى	$RF + W / R40 - Cl_2$	مياه سطحية
150 – 250	النواة	$RF + W / R40 + R22$	مياه تحت السطحية
250 – 400	السفلى	$RF + W / R40 + R22$	مياه تحت السطحية
450 – 950	النواة	$RF + W / R40 + R142$	مياه البحر الأحمر
1200 – 1300	السفلى	$RF + W / R142 + R12$	مياه البحر الأحمر
2000	النواة	$RF + W / R21 + R11$	المياه القاعية
2400	النواة	RF_c / H_2O_{scw}	المياه القاعية

RF : تعني تكييف الهواء يتم بواسطة النظام الهيدروبلوري .

RF_c : يعني تكييف الهواء يتم بواسطة نظام الماء الشامل .

W : يعني أن أعذاب المياه المالحة يتم بواسطة الطريقة الهيدروبلورية . [4] [9] [7]

H₂O_{scw}: يعني الوسيط الناقل للبرودة هو مياه أعماق خليج عدن الإقليمية الباردة

R40/ Cl₂ : يعني الوسيط التبريد العامل هو غاز الكلور Cl₂ أو الفريون R40 .

** النتائج و المناقشة:

أولاً : من تحليل نتائج البيانات بالنسبة لكل من درجات الحرارة و تركيز الملوحة و حدودها وكثافة ونوع طبقات عمق المياه الإقليمية لخليج عدن لكل من الجزء الشرقي 53° - 50° و الجزء المتوسط 47° - 50° و الجزء الغربي 47° - 44° . أمكن استنتاج بإمكانية استثمار طاقة المياه الأعماق الباردة الإقليمية في إطار سياسية اليمن العامة في البحث عن مصادر الطاقة البديلة و المتجددة لتعمل جنباً مع مصادر الوقود الاحفوري .

ثانياً : المتغيرات الفيزيوقرارية في أعماق مياه الإقليمية الباردة في اليمن ترشحها لتكون من المناطق الأكثر إمكانية لاستثمار هذه التكنولوجيا المتجددة الجديدة والاستفادة منها في عمليات أعذاب المياه المالحة أو توليد الطاقة الكهربائية أو تكييف الهواء و التبريد , و بالأخص في تكنولوجيا الاستخدام المباشر لمياه الأعماق الباردة فيها التي نطلق عليها بتكنولوجيا التكييف الهوائي العامل بنظام الماء الشامل المتجدد . إذ وجد أن أكسিজيا المتر المكعب من المياه الباردة عند فارق انحدار حراري يقدر بحوالي 13°C , يمكنه أن يمتلك (أكسিজيا) قدرة على إنتاج شغل يعادل $1.2\text{MJ}/\text{m}^3$, وإن كل m^3 1 من المياه المالحة لهذه الأعماق الباردة يمكن أن تعطى مايعادل 0.5 m^3 من الماء العذب [10].

ثالثاً : نتائج البحث تشير إلى التوصل ولأول مرة على مستوى البحث عن مصادر الطاقة البديلة في اليمن و إمكانياتها الاستثمارية من إدراج ما يسمى بطاقة أكسিজيا مياه أعماق البحر الإقليمية اليمنية الباردة, و ضمها لمصادر الطاقات البديلة المعروفة في اليمن كطاقة الشمس و طاقة الرياح و طاقة حرارة جوف الأرض و الكتل الحيوية .

رابعاً : يشير البحث إلى إمكانية استثمار التكييف الهوائي العامل على نظام الماء الشامل , الذي من شروطه التقنية التشغيله توفر درجات حرارة في موقع السحب لاتزيد عن 4°C للمياه العمق الباردة المستثمرة في هذه التكنولوجيا , وتؤكد نتائج تحليل البيانات السابقة بان : أعماق المياه الإقليمية اليمنية تمتلك درجات حرارة منخفضة تصل أخفضها إلى حوالي 2.6°C , وهو ما يدعم إمكانية استثمار أكسিজيا المياه الباردة في الأعماق اليمنية في إطار نظام التكييف الهوائي بنظام الماء الشامل .

خامساً : وضع تصوّر أولي هندسي يعمل على ربط تكنولوجيا طاقة أعماق المياه الباردة بالانحدار الحراري لمياه اليمن الإقليمية وبالأخص للمواقع الثلاثة المقترحة في خليج عدن , التي تبين مجالاتها إمكانية استخدام الوسائط المقترحة الناقلة للبرودة وهي : غاز الكلور و غاز الفريونات و مياه الاعماق الباردة وبما يتناسب وعمق موقع العمل و نوع المحطة و تكنولوجياها فكانت هيدروبلوريه لأعذاب المياه المالحة أو التبريد و التكييف أو التكييف الهوائي المباشر بنظام الماء الشامل .

سادسا: يعمل البحث على توفير و ترشيد الكثير من وقود التقليدي الناضب المستخدم في إنتاج الطاقة الكهربائية و الحرارية و يساهم في نظافة البيئة و يقلل من التلوث والاحتراق الحراري للارض من خلال خفض كميات الفريونات في محطات التكييف الهوائي , و يعمل على خفض رأس المال المخطط لشراء معدات و محطات تكنولوجيا تبريد المياه المعقدة , لغرض التكييف الهوائي و التبريد في اليمن , وهو ما ينعكس بشكل مباشر في إطالة عمر المخزون الاحتياطي والمؤكد من الغاز الطبيعي و النفط في اليمن و ترشيده و رفع مستوى المواطن المادي و الروحي .

** الخلاصة:

- تشير نتائج تحليل البيانات الفيزيوقرارية التطبيقية المدرجة في البحث ولأول مره في إطار أبحاث تكنولوجيا الطاقة المتجددة في اليمن من وجود إمكانية تقنية لاستثمار اكسيرجيا المياه الباردة في أعماق المياه الإقليمية اليمنية بصورها المباشرة في تكنولوجيا التكييف الهوائي بنظام الماء الشامل , أو في إطار ما يسمى بتكنولوجيا الهيدرو بلوريه لأعذاب مياه البحر ونستخلص من البحث النقاط الآتية :
- 1 : توفير مبالغ طائلة في البحث , نتيجة لاستخدامنا لبيانات ذات العلاقة المباشرة بأبحاث الثروة السمكية , وجعلها متعددة الأغراض والعمل على تطويعها و تصنيفها لانجاز أهداف البحث , وبأقل كلفة اقتصادية ممكنة و بجوى عاليه .
 - 2 : تؤكد الدراسة و لأول مره في اليمن , بإمكانية إدخال تكنولوجيا مياه الأعماق الإقليمية الباردة (اكسيرجيا الماء البارد) واستثمارها كطاقة متجددة و بديله وخصوصا في تكنولوجيا التكييف الهوائي بطريقه نظام الماء الشامل وضمها إلى كل من طاقة الشمس و الرياح و الحرارة الجوفية و الكتل الحيوية المدروسة مسبقا .
 - 3 : تمّ تحديد مواقع الفلكية لمصادر المياه الإقليمية العميقة الباردة اليمنية لهدف لإمكانية إنشاء محطات عائمة أو على اليابسة و ذلك لاستثمار طاقة مياه الأعماق الباردة مباشرة لأغراض تكييف الهواء بنظام الماء الشامل .
 - 4 : أخفض درجة حرارة تقنية في مياه الأعماق الاقليميه اليمنية بلغت 2.6°C , وذلك عند عمق 2004m من سطح البحر , بناء على تحليلاتنا لبيانات أبحاث مركز علوم البحار بعدن .
 - 5 : تم تحليل مجموعة كثير من وسائط التبريد العاملة لمعرفة ملائمتها للعمل في إطار تكنولوجيا مياه الأعماق الإقليمية الباردة في خليج عدن في الجمهورية اليمنية وقد اختير منها بالتحديد الوسائط الناقلة لبروده الآتية : وهي الفريونات : R-11, R-142a, R-12, R-22 R-21,R-40 , و غاز الكلور Cl_2 و مياه أعماق خليج عدن الباردة $\text{H}_2\text{O}_{\text{SCW}}$. وتوصية باستخدام مجموعة الفريونات و الكلور في المحطات الهيدروبلوريه لتكييف الهواء واعذاب المياه المالحة شرط أن يتوفر لها مجالات

لدرجات الحرارة تتذبذب ما بين $8-24^{\circ}\text{C}$. أما محطات التكييف الهوائي العاملة بنظام الماء الشامل فلكي تعمل لابد لها من استخدام مياه العمق الباردة طبيعيا ($\text{H}_2\text{O}_{\text{scw}}$) شرط أن لا تزيد درجة حرارة مصدر عمق المياه الباردة العاملة عن 4°C . علما بان أخفض درجة حرارة تم الحصول عليها في المياه الإقليمية العميقة هي 2.6°C .

6 : وضع خارطة تحليلية للعمق المائي الإقليمي اليمني , واستنتجنا منها إمكانية تشغيل التكنولوجيا العاملة على طاقة مياه الأعماق الباردة لغرض تكييف الهواء بنظام الماء الشامل أو العاملة على النظام الهيدرولوري الفريوني أو الكلوري لتكييف الهواء واعذاب مياه البحر

** المراجع :

1. نيكولشن د.ج , (1971) . " الحسابات الحرارية لأنظمة ضخ مياه الأعماق في البحار الاستوائية ، باللغة الروسية ,مجلة هندسة التبريد و التكنولوجيا , دار التكنولوجيا للنشر ، كيبف. ص 37 – 36 .
2. Saleh S.A., Subaih O.A., Gaddaf M., Spiridonov.V. (1987) " Study of Oceanographic Conditions in Composition of Water of PDRY For Years 1984 – 1985 . Sci .Invest . Gluf Aden– Series A., Oceanography No 1 .11.Hagen, A.W (1975) Thermal Energy From The Sea Noyes Data Corporation London, p.3.
3. صالح سالم عوض (1999) " تأثير العوامل اللاحيوية على سلوكيات وغذاء الإحياء البحرية " أوراق الندوة العلمية حول الأفاق المستقبلية للاستغلال الأمثل للثروة السمكية و الإحياء البحرية المنعقدة - 16 13 يوليو بجامعة حضرموت للعلوم و التكنولوجيا.
4. بارعدي .ع (1990) " طرق حساب الخواص الترموديناميكية للوسائط العاملة في محطات توليد الطاقة الهيدرولورية " رسالة الدكتوراه . معهد اوديسا للطاقة وتكنولوجيا درجات الحرارة المنخفضة جدا .
5. وثائق اللقاء التشاوري الموسع للقطاعات الصناعية في م/ حضرموت (2006) المنعقد في المكلا -20 18 ديسمبر . وزارة التخطيط و التعاون الدولي . اليمن , ص 248 .
6. إحصائيات النفط والغاز و المعادن (2007), وزارة و النفط المعادن . اليمن. ص 22
7. Nedostup V.I., Ba - Raadi A.A., (1989) "Thermodynamic cycles in solar energy for conditioning and sea water desalination. Proc of 6 th Conf. on Thermogrammetry and thermal engineering .Budapest, Hungary. P .521 – 524 .
8. عياش. سعود (1981) " تكنولوجيا الطاقة البديلة " سلسلة عالم المعرفة العدد 38 الكويت ص 72-73.
9. كتاب الإحصاء السنوي(2007), وزارة التخطيط والتعاون الدولي . اليمن. ص 99-103
10. شولكين ب.ب (1963) " فيزياء البحار " باللغة الروسية , دار النشر أكاديمية العلوم السوفيتية . موسكو .