الفصل الأول

1-1مقدمة:

لقد أصبحت البيئة الآن محددا عالميا يفرض نفسه ويؤثر علىالتعاملات الاقتصادية والتجارية والعلاقات الدولية المعاصرة،كما أصبحت تهتم بها أهم المقاييس لتقييم حضارة الدولة وتقدمها،والعالم اليوم يواجه تحديا يتمثل في كيفية خلق توازن بين التنمية المستدامة وبين الحفاظ على البيئة. وعلى الرغم من أن الإنسان قطع شوطا كبيرا في مجال العلوم التقنية إلا أنه مازال يعتمد على مصادر الطاقة التقليدية وينهل منها وكأنها نبع لا ينضب، ومن جهة أخرى يقف عاجزا أمام إيجاد بدائل ذات كلفة رخيصة لهذه الطاقات غير المتجددة،الأمر الذي سيخلف تداعيات ستعاني منها الأجيال القادمة من جراء هذا الاستنزاف ،ناهيك عن الأضرار التي تخلفها هذه الطاقات التقليدية المستخدمة في المصانع والتي ينتج عنها ملوثات هوائية وحرارية وا ٍشعاعية وضوضائية تؤثر على البيئة وعلى صحة الإنسان، لذا يجب على الدول المنتجة للبترول أن تعيد إستراتيجيتها بخصوص الطاقات التقليدية كالنفط والغاز الطبيعي،لان تلك الطاقات مهدده بالنضوب آجلا أم عاجلا الأمر الذي سيضعها في مأزق يتعذر معه الوفاء باحتياجاتها المستقبلية. وحيث أن ضروريات المستقبل تستدعي البحث عن طاقات بديلة متجددة ونظيفة تتسم بالاستمرارية وتخدم معطيات البيئة، فكان لزاماً أن تستغل هذه الطاقات الاستغلال الأمثل وذلك عن طريق تذليل العقبات الاقتصادية والتقنية لهذه الثروات **الطبيعية** الكامنة

وقد اهتدى العلماء على عدة مصادر متجددة في الطبيعة تتوفر فيها الشروط السابقة الذكر مثل طاقة الرياح، الشمس، والمد والجزر، الكتلة الحيوية (البيوماس)، والحرارة الجوفية.

ومنذ ذلك الحين والدول في سباق مع الزمن لتطوير هذه الطاقات والوصول بها إلى ابعد مدى في استغلالها.

وهنا في وطننا السودان رغم المساحات الشاسعة وتوفر مصادر الطاقة المتعددة بدءا بالنفط وطاقة المساقط **المائية**ومرورا بالطاقة الشمسية وطاقة الرياح وإنتهاءاً بطاقة الكتلة الحيوية وطاقة باطن الأرض،إلا أننا نعاني من أزمة طاقة كبيرة ظهرت آثارها مؤخرا في ارتفاع أسعار المحروقات وترجع أسباب هذه الأزمة لقلة العمل والتمويل في أبحاث الطاقة التي مافتئت تقدم لنا مصادر جديدة ورخيصة اقتصاديا لتدير عجلة الحضارة في ربوع هذا الوطن المترامي الأطراف وضغوط هذه الأزمة التي كانت المحرك الأساسي الذي دفعنا لاختيار إحدى الطاقات المتجددة الفعالة جدا لتكون موضوع بحثنا هذا إلا وهي طاقة باطن الأرض.

وسنحاول في عملنا هذا أن نتطرق إلى واقع باطن الأرض في السودان مستندين في ذلك على أربعه عناصر وهي:

أهميتها،مصادر استخراجها،جغرافيه السودان ومدى استعدادها لمثل هذه الطاقات، والعائد منها،وما توفر ه من الدخل القومي للطاقة.

الطاقات المتجددة هي وسيلة لنشر المزيد من العدالة في العالم بين دول العالم الغني ودول العالم الفقير. وهي ليست حصراً علي الذين يعيشون اليوم، فالحد الأقصى من استعمال الشمس والرياح اليوم لن يقلل من فرص الأجيال القادمة. بل على العكس، فعندما نعتمد على الطاقة المتجددة سنعل مستقبل أولادنا وأحفادنا أكثر أمناً.

فالطاقة المتجددة بأنواعها من طاقة شمسية وطاقة رياح وطاقة هيدروليكية وطاقة عضوية وغيرها من الطاقات "الطبيعية" تعتبر بالفعل الأمل في توفير الطاقة في المستقبل. من ناحية لأنها طاقة لا تنضب، ومن ناحية أخرى لأنها غير ملوثة للبيئة. بالإضافة إلى ذلك تطبيق التقنيات الحديثة لتوليد هذه الأنواع من الطاقات سيوفر فرص عمل متعددة للشباب.

2-1 أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث في أنه يفتح نافذة جديدة من نوافذ الطاقة المتجددة والبديلة في السودان.

3-1 مشكلة البحث:

إن مشكلتي نضوب مصادر الطاقة التقليدية وتلوث البيئة الناشئة عن شراهة الدول الصناعية في حرق النفط والفحم ناهيك عن ارتفاع أسعارها وما ترتب على ذلك من مشاكل اقتصادية وخيمة لدول العالم النامي ومن أهم ما يدعونا إلى ضرورة الالتفات إلى ما أنعم الله به على بلادنا من مصادر الطاقة المتجددة وضرورة استغلالها.

4-1 أهداف البحث:

- التعرف على حرارة باطن الأرض وآلية إستخراها .
- دراسة جغرافيا السودان ومدى استعدادها لتوليد طاقة حرارة باطن الأرض.
- حساب تكلفة إنشاء محطات توليد الطاقة من حرارة باطن الأرض ونسبة مساهمتها في إقتصاد السودان.

5-1 منهج البحث:

استخدمت الدراسة المنهج الوصفي الذي يصف ظواهر المشكلة ويجمع المعلومات ويفسرها ويحللها للوصول إلى نتائج يمكن تعميمها لتنفيذ محطات لتوليد الطاقة من باطن الأرض في السودان.

6-1 محتوى البحث:

يحتوي البحث على أربعة فصول الفصل الأول مقدمة والفصل الثاني مفهوم الطاقات المتجددة ومصادرها ومزاياها والفصل الثالث طاقة حرارة باطن الأرض ومعاييرها والفصل الرابع دراسةس جغرافيا السودان.

الفصل الثاني

الطاقات المتجددة

2-1 المقدمة:

هذا الفصل هومحاولة متواضعة من أجل التعريف بهذه الطاقات التي لا تنضب من شمس ورياح وحرارة أرضية ومحيطات وبحار ومد وجزر ومساقط المياه.

2-2 مفهوم الطاقات المتجددة:

الطاقة المتجددة هي الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التي تتجدد أوهي التي لايمكن أن تنفذ.(الطاقة المستدامة).

2-3 مصادر الطاقات المتجددة:

أولا:الطاقة الشمسية:

الشمس زينة مجموعة الكواكب التي تعد الأرض واحداً من أفرادها ويكفي أن يكرمها الإنسانبصور ة خاصة. والشمس بدورها كانت ومازالت محور الاهتمام على مر تاريخ الإنسانية الطويل وحضارات الشرق الأقصى القديم تعاملت مع الشمس بمنطق التكريس. وتعد الشمس كأبر مصادر الضوء والحرار ة الموجودةعلى وجه الأرض،

وتتوزع هذه الطاقة المتولدة من تفاعلات الاندماج النووي داخل الشمس على الأرض حسب قربها من خط الاستواء وهي المنطقة التي تحظي بأكبر نصيب من تلك الطاقة. وترتحل الطاقة من الشمس إلي الأرض في شكل إشعاع كهرومغناطيسي شبيه بموجات الراديو لكن في نطاق مختلف. وفي يوم صافي يكون مقدار الإشعاع الشمسي المتوفر عادة على سطح الأرض في اتجاه الشمس(1000وات) علي المتر المربع. وفي أي وقت تكون الطاقةالشمسيةالمتوفرةمتوقفةبالدرجة الأولى على مدى إرتفاع الشمس من السماء والحالة الراهنة للغيوم.

وهناك طرق عديدةلإستغلال الطاقةالشمسية بفاعلية ويمكن تصنيفها في ثلاث فئات رئيسية وهي:التطبيقات الحراريةلإنتاج الكهرباء والعمليات الكيميائية.

والتطبيقات الأوسع إستعمالاً هي في مجال تسخين المياه،ويتزايد توليد الكهرباء حالياًبواسطة النظم الفوتوفولتيه والتكنولوجياالحراريةالشمسية. وتعتبر إمكانات الموارد الطاقيةالشمسيةممتازة في بلدان الشرق الأوسط وشمال أفريقيا وخاصة السودان.حيث يتراوح الإشعاع الشمسي السنوي 4و8 كيلو وات ساعة على المتر المربع . وتحظى المنطقةأيضابمستوى عالٍ من الإشعاع الشمسي المباشر و إنخفاض في معدل تواجد الغيوم.

وقد أولت معظم الدول إهتماماً كبيراً بإستثمار الطاقةالشمسية لكونها طاقة نظيفة صديقة للبيئة،بالإضافة إلى مساهمتها الفعالة في توفير الإستهلاك المحلي من الطاقات التقليديةعلاوةً على أن الطاقةالشمسية هي طاقة المستقبل فهي لا تنفذ ولايرتفع سعرها مع إرتفاع أسعار مصادرالطاقات الأخرى.

وقد أستخدمت الطاقةالشمسية لتوليد الكهرباء في تطبيقات عديدة منها محطات توليد الكهرباء وتحليه المياه وتشغيل إشارات المرور لإنارة الشوارع وتشغيل بعض الأجهزة الكهربائية والآلات الحاسبة وتشغيل الأقمار الصناعية والمركبات والمحطات الفضائية

ومؤخراً سيارات تسير بالطاقةالشمسية تصل سرعتها 60 ميلا في الساعة . وظهرت أهميةالطاقةالشمسية مجدداً كعامل مهم في الإقتصاد العالمي وفي الحفاظ على البيئة مع إستخدام السخانات الشمسية في معظم دول العالم وحتى الغنية منها لتسخين المياه لمختلف الأغراض، وقد زاد في أهميتها نجاحها في التطبيقات العملية وسهولة تركيبها وتشغيلها.

وقد عكف الباحثون عبر سنوات القرن العشرين على سبل التوصل إلىإستغلال أشعة الشمس كمورد للطاقة لا سيما بعد إنعقاد أول وربما أهم مؤتمر عالمي بشأن (موارد الطاقةالبديلةوالمتجددة)في نيروبي كينيا عام 1981م تحت إشراف الأمم المتحدة. وكان في مقدمة هذه الموارد إمكانات الطاقةالشمسية وتطوير سبل الإفادة منها،ولم تكد تمضي ست سنوات حتى سجلت مكاتب الإختراع في ولايةويسكون سون الأمريكية جهاز كان الأحدث من نوعه في مجال واحد من تلك الاستخدامات وبالتحديد في سبتمبر 1987م تحت بند(إستخدام أشعة الشمس لإنتاج الطاقة) وكان مخترعا الجهاز هما "توماس بيرنز" و"سينثيا بيرنز" اللذان طرحا وقتها ما أصبح يعرف باسم (الفرن الشمسي) وقامت فكرته على إستقبال الأشعةالشمسية على ألواح خاصة ضمن حيز التسخين الحراري الذي كان مزوداً بباب من الزجاج المعتم و الطاقةالحرارية المتولدة عن أشعة الشمس يستفاد منها عبر تحويلها إلىطاقةكهربائيةبواسطة الخلايا الشمسية.[1]

❖ **الخلايا الشمسية:**

الخلايا الشمسيةعبارة عن ألواح زجاجيه حرارية توضع بزاوية مائلة على الأسطح وعند سقوط أشعة الشمس على الألواح تقوم بتحويلها إلى تيار كهربائي يتم نقله عبر أسلاك كهربية وموصلات ذات مواصفات خاصة لنقل التيار،يتم توصيلها بعد ذلك مع أجهزه منظمات الشحن التي تقوم بتنظيم زيادةأونقص التيار الكهربي الذي يتجه بعد ذلك إلى البطاريات وتقوم البطاريات بالمهمة الرئيسية في الاحتفاظ بالطاقةالكهربية وبعد ذلك

ينتقل التيار الكهربي إلى محولات خاصة بتحويل التيار المستمر القادم من بطاريات الشحن إلى تيار متردد حيث تعمل غالبيةالأجهز ةالكهربية على التيار المتردد.
ويعتمد النجاح في استخدامالطاقةالشمسية على عديد من العوامل المتكاملة يذكر منها:

- الموقع الجغرافي (قو ة الإشعا ع الشمسي ودرجةالحرارةو سرعة الرياح).
- ملائمة النظام الشمسي مع حجم التطبيق.
- نوعية المنتج (النظام الشمسي).
- التقنيةالمستخدمة في تصنيع المنتج (النظام الأساسي).
- جودة وكفاءة المكونات المستخدمة.
- طريقة التركيب والتشغيل.
- خدمة الصيانة والمتابعة.[1]

ثانياً: طاقة الرياح:

لقد بدأإستخدام طاقة الرياح منذ القدم ومع بدايات التاريخ حيث إستخدمها الفراعنة في تسير المراكب في نهر النيل كما إستخدمها الصينيون عن طريق طواحين الهواء لضخ المياه الجوفية. ومع نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين كان هناك الملايين من تربينات الرياح منتشرة في نعظم أنحاء العالم سواء لضخ المياه الجوفيةأو لطحن الغلال، وفي أربيعينات القرن الماضي أصبحت تر بينات الرياح من الأساليب العتيقة، نتيجة الإنتشار الواسع للوقود اللأحفوري "النفط" لإ تاحته بتكلفةأقل من تكلفة تشغيل تلك التر بينات.

وفي السبعينات كانت هنالك عودةلإستخدام طاقة الرياح عندما أدى نقص البترول في الدول الغربيةإلى البحث عن طاقات بديلة ومنذ ذلك الوقت يحاول التقديمالتكنولوجي ودراسات تخفيض التكلفة مساعده تلك الطاقة لتوسيع انتشارها كطاقة نظيفة ورخيصة.[1]

❖ **طواحين الهواء:**

استخدمت طواحين الهواء في الكثير من الأماكن في العالم كوسيلة للإنتاجإلا أنها لها فضلاً كبيراً في إزدهار هولندا التي كانت السابقة بإستخدامها لنشر الخشب.وكانت شركة الهند الشرقية الهولندية تحتاج لكثير من الألواح الخشبية لبناء السفن بعدها استخدمت آلاف الطواحين لضخ المياه من الأراضي من أجل تجفيفها. وقد بنيت أول طاحونة من هذا النوع في مدينة "الكمار" منذ أكثر400 عام، وهذا هو السبب في تسميته عام 2007 م "بعام الطواحين ". وقد اختفت الكثير من الطواحين في هولندا حيث تم الاستغناء عن خدماتها بعد الثور ةالصناعية واستخدمت الآلات البخارية. وكان في هولندا في الماضي حوالي تسعةألفطاحونةهوائية، هدمت معظمها عام 1900 م.

❖ **تربينات الهواء:**

طاقة الرياح المستقلة هي الطاقة المتولدة من تحريك أذرع كبيرة مثبتة بأماكن مرتفعة بفعل الهواء ويتم إنتاج الطاقةالكهربية من الرياح بواسطة محركات "تربينات" ذات ثلاثةأذرع دوار ة تحمل على عمود تعمل على تحويل الطاقة الحركية للرياح إلىطاقةكهربية، فعندما تمر الرياح على الأذرع تخلق دفعة هواء ديناميكية تتسبب في دورانها، وهذا الدوران يشغل التربينات فتنتج طاقةكهربية، كما تجهز تلك تربينات بجهاز تحكم في دوران الألواح لتنظيم معدلات دورانها ووقف حركتها إذا لزم الأمر.

وتعتمد كميةالطاقة المنتجة من توربين الرياح علىسرعة الرياح وقطر الذراع، لذلك توضع التربينات التي تستخدم لتشغيل المصانع أو الإر ة فوق أبراج، لأن سرعة الرياح تزداد عادة بالإرتفاع عن سطح الأرض، وقد يتم وضع تلك التربينات بأعداد كبيرة على مساحات واسعة من الأرض لإنتاج أكبر كمية من الكهرباء. وغير إنتاج الطاقةالكهربية

فإن توربينات الرياح مكنها إنتاج طاقة ميكانيكية تستخدم في عدد من التطبيقات، مثل ضخ المياه والري وغيرها.[1]

سمات طاقة الرياح:

لطاقة الرياح العديد من المميزات أهمها:

- تمثل طاقة محليةمتجددةينتج عنها غازات تسبب التلوث مثل ثاني وأكسيد النتريك أو الميثان.
- معظم الأراضي المستخدمة كحقول للرياح يمكن إستغلالها كأغراض أخرى كالزراعة والرعي.
- أظهرت دراسات حديثةأن كل بليون كيلو وات ساعة من إنتاج طاقة الرياح السنوي يوفر400إلى 460 فرصة عمل.

إلاأن لها **عيوب:**

التأثير البصري لهوان التربينات والضوضاء الصادر ة عنها قد تزعج الأشخاص القاطنين بجوار حقول الرياح، ولتقليل هذه التأثيرات يفضل إنشاء حقول الرياح في مناطق بعيده عن المناطق السكنية.[1]

ثالثاً : طاقةأمواج البحار والمحيطات:

تأتي هذه الطاقة من سخونة مياه المحيطات حيث تقوم أشعة الشمس بتسخين المياه السطحية في المناطق الاستوائيةأو إذابة الثلوج في القطبين وهذا يؤدي إلى خلق تيارات مائية باردة في أعماق المحيطمما يحدث تبايناً في درجات حرارة طبقات المياه يمكن إستخدامة في إنتاج طاقة حرارية.[1]

رابعاً : طاقة المد والجزر:

المد والجزر يحدث رإفاع يومي في مياه البحار والمحيطات وهذه الظاهر ة تحدث نتيجة لقوة الجذب بين الأرض والقمرفي الأساس ويمكن توليد طاقةكهربائية من عملية المد والجذر .[1]

خامساً :الكتلةالحيوية:

الناتجة عن المخلفات البشرية والحيوانية والنباتية وهي طاقةجيدةلأنها تخلص البيئة من النفايات والملوثات البيئية.[1]

سادساً : طاقة حرارة باطن الأرض:

مصدرها تحلل العناصر المشعة مثل اليورانيوم الموجودة في باطن الأرض وإ حتكاك الأجزاء الداخلية للأرض. وتسبب هذه الحرارة غليان المياه الجوفية التي يمكن أن تخرج إلي سطح لأرض في صور ة بخار أو ماء ساخن أو عيون.[1]

سابعاً : طاقة مساقط المياه:

وهي من الطاقات الصديقة للبيئة وتنتج عن تحويل مسار الأنهار أو عمل سدود في مسار المياه في الأنهار.

الطاقةالمائية مصدر متجدد يعتمد في طُبله على الدور ةالطبيعية للماء التي تشمل التبخر والتكثف في الهواء والسقوط على الأرض وجريان المياه بفعل الجاذبية.والمكونات الرئيسية مرفق كهربائي يعتمد على الطاقةالمائية لينتج طاقة كهرومائيةهي السد وحجر ةالطاقة التي تحتوي المعدات الميكانيكية والكهربائية ومجاري المياه. ويتم التحكم بالمياه القادمةمن بحير ةأونهر بواسطة سد، تصرف المياه منه لتشغيل تربينات تدير المولدات التي تنتج الكهرباء.

ويمكن توليد الطاقةالكهربية من المساقط المائية خلال السدود التي تبنى عليها. وللسدود المستخدمةلإنتاج الطاقة الكهربائية بشمال أفريقيا فوائد عديدةأهمها:

- معظم السدود في شمال أفريقيا متعددة الأغراض مثل الري و الطاقة الكهربائيةالمائية والتحكم في الفيضانات والجفاف.
- الطاقة الكهربائيةالمائية قابلة للنمؤ الاقتصادي كأحد المشاريع الإستثمارية.
- لها تكلفة تشغيلية منخفضة مقارنة بأنواع الطاقات الأخرى.
- مشاريع الطاقة الكهربائيةالمائيةالكبرى قابلة للتطور والربط الإقليمي.
- مشاريع الطاقة الكهربائيةالمائية تدعم تنمية الزراعة والصناعة في شمال أفريقيا بصور ةمباشر ة وتخفيف حد الفقر كأحد أهداف الألفية للتنمية.

من الآثار السلبية التي قد تنجم عن السدود سعتها التخزينية التي قد تحدث تغيرات في البيئة.[1]

4-2 مزاياالطاقةالمتجددة:

- تعد صديقاً للبيئةفضلاً عن كونها تلعب دوراً أساسياً في تخفيف التغيرات الم ناخية.
- متوافر ة بكثرة في جميع أنحاء العالم .
- تقلل الإعتماد على واردات الطاقة وتوفير بديلاً محلياً.
- تمثل الأساس لإمداد الدول الصناعية والنامية بالطاقة بشكل مستدام.
- واحدة من الأسواق التي تشهد نمواً معتبراً في العالم.
- إقتصادية في كثير من الإستخدامات وذات عائد إقتصادي كبير يتلاءم مع واقع تنمية المناطق النائية والريفية واحتياجاتها.
- مصدر محلي لا ينتقل.
- تتطلب مستوى تكنولوجي رفيع لا يملكه حتى وقتنا الحالي.
- تتمتع مصادر الطاقة المتجدة بالديمومة و التجدد.
- الشمس والرياح والمد والجزر ونشاطات الطاقة الجوفية كلها مصادر متجددة ومجانية.

- لن تشعر بالهدر اتجاهإستخدامك للطاقة المتجددة فبالقدر الذي تحتاج من الطاقة سوف تولدها أنت.

إمدادات النفط والغاز وكل المصادر التي نستخرجها من المراجع أنها ستزول يوما ما لكن إذا قمنا بإنشاء بنية تحتية لتوليد الطاقة من المصادر المتجددة قبل ذلك الوقت فإننا يمكننا الإعتماد على طاقة جديدة لا نهاية لها.

5-2 عيوب الطاقات المتجددة:

كلفةإنشاء الطاقة المتجددة على المستوى الشخصي قد تكون أمر مكلفا.[1]

6-2 مشاكل استخدام الوقود التقليدي

1-6-2 إرتفاع درجات حرارة الكره الأرضية.

تتمثل معظم المشاكل الناتجة من الاستخدام المتزايد لمصادر الطاقة التقليدية في المشاكل البيئيةو أهمها:

ارتفاع درجات حرارة الوسط المحيط الذي نعيش فيه. ويعتقد معظم العلماء أن درجه الحرارة ترتفع بمعدل 0.3 درجة مئوية في كل عقد وذلك نتيجةلزيادة تركيز بعض الغازات في الجو. ويزعم الباحثين أن أكثر الغازات سبباً في رفع درجةالحرارة هو غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يتحرر نتيجة حرق الوقود الأحفوري. إلا أن هناك نظريات حديثة تشير إلى أن الأشعة الكونية المرتبطة بدورة النشاط الشمسي هي أحد الأسباب الرئيسيةلإرتفاع مناخ الأرض وان حرارته ستشهد إنخفاضاً يليه إرتفاع وهكذا دواليك.

2-6-2 الأمطار الحمضية:

من المخاطر الجانبية لحرق الوقود الأحفوري تساقط المياه الحمضية فبعض الغازات التي تتحرر عند احتراق الوقود وبالأخص ثاني أكسيد الكبريت و أكسيد النتروجين، تتحد مع الماء في الجو مكونة حمض الكبريتيك وحمض النتريك ونتيجة لهذا فإن أي مطر

يتساقط على منطقةما سيكون حمضياً ويسبب ذلك تلفاً للنباتات وتعطيلاً لنمؤ الغابات وتفتيت بعض أجزاء الأبنية وصدأ للمعادن.

3-6-2 تلوث البحار بالنفط:

يمكن لمحطات توليد الطاقة الكهربائية ومصافي النفط والمصانع الكبيرةأن تكون أكثر الملوثات للمنظور ةوذلك بسبب روائحها المميز ة . وليست كل الملوثاتالضار ة بالبيئة سببها الوقود ولكن هناك مسببات أخري مثل نقل النفط عبر البحار.[1]

دواعي إستخدام الطاقات البديلة:

يأخذ البحث عن مصادر بديلة للطاقة أبعاداً سياسية و اقتصادية وبيئية و اجتماعية لايمكن تجاهلها أهمها:

- التخلص من عبء إرتفاع أسعار البترول وطفراته الحادة على مافي ذلك من تداعيات سيئةإقتصادياً و إجتماعياً و أمنياً .
- منع تكرار إستخدام النفط سلاحاً إقتصادياً وسياسياً وسلب الدول النفطية لاسيما العر بيةوعلي ر أسها تلك الدول المهتمة بدعم الإرهاب لإمتيازاً هاماً ومؤثراً .
- القلق العالمي المتزايد من نضوب البترول أو نفاذ إحتياطياته وماسيترتب على ذلك من تداعيات لن تستطيع المدنيةالحديثة تحمل تبعاتها.
- التخلص من المشاكل البيئية المترتبة على إنتاج وحرق الوقود الأحفوري "البترول والغاز الطبيعي والفحم" مثل التلوث وزيادة درجة الحرارة على سطح الأرض وتدمير الموائع الطبيعية للكائنات الحية وهي مشاكل مقلقةيعاني منها كل العالم حالياً .[1]
- **الطاقة البديلة مخرج من إدمان النفط:**

اعتبرت الولايات المتحدة تنمية مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة مخرجاً من إدمانها علي النفط كمصدر رئيس للطاقة ويظهر ذلك من الإحصائيات التي تشير إلىأنها أنفقت على تطويرها خلال السنوات الماضية نحو 10 مليارات دولار. كما أعتقد الرئيس

الأمريكي السابق جورج بوش "مبادرةالطاقة المتطور ة " والتي تتضمن رصيد ملياري دولار لتطوير الإستفادة من مخزون الفحم المحلي و150 مليون دولار لتطوير خلايا إنتاج الطاقةالشمسية وكذلك زيادة إنتاج سيارات أقل إستهلاكاً للطاقة في إطار من الشراكة بين القطاعين الخاص والعام.

- **دور الطاقة البديلة :**

يرى الخبراء أن لدى دول العالم أسباباً منطقية للبحث عن مصادر بديلة للطاقة غير النفط، وتقوم هذه الأسباب على اعتبارات سياسيةواقتصاديةو اجتماعية وبيئية من بينها التخلص من عبء ارتفاعأسعار البترول وتداعياته السيئةاقتصادياو اجتماعيا و أمنياً ،وخاصة بعد تكرار التهديد باستخدام سلاح النفط و انخفاضاحتياطيات النفط بمرور السنين وهو مايجعل الطاقة البديلة واقعاً لا مناض عنهعاجلاً أم آجلاً . وقد حققت الدول الصناعية الكبرى مثل الولايات المتحدةواليابان و ألمانيا وبريطانيا نجلحاً في سعيها الى التحرر من عبودية النفط وخلصةً في مجال إنتاج الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحيوية.

ويقول الخبراء أنه يوجد بالفعل مايقارب 270 بديلاً غير النفط لإنتاج الوقود، لكن بعض الأنواع لا تستطيع تلبية سوى قدر ضئيل من الطلب، كالوقود العضوي الذي لايغطي أكثر من 2% من الطلب علي البنزين والديزل. ويتوقع الخبراء أن تصل نسبة الوقود المباع ذي الأصول الحيويةإلى6% مع حلول عام 2010م.

وتحتل ألمانيا المرتبة الأولى في العالم من حيث الوقود إلا أن الناتج المحلي منه لايكفي سوى 7.3% من حاجة البلاد إليالوقود،وفق وزار ة الماليةالألمانية. كما يتطلب إستخلاص الهيدروجين من الماء كميات هائلة من الطاقة الكهربائية،وهذا م جعل الخبراءيتوقعون الإعتماد على طاقة الهيدروجين لن يغطي أكثر من %(2-5) من إحتياجات سوق الوقود بحلول عام 2020م.[1].

الفصل الثالث

طاقة حرارة باطن الأرض

1-3 مقدمة:

استخدمت المياه الساخنة من الينابيع الدافئة من زمن كحمامات لأغراض العلاج . واظهرت السنوات الحديثةإستخداماً متزايدا للبخار الأرضي الحراري ومصادر المياه لتوليد القدرة،والتدفئةالسكنية والصناعية، الزراعية، والصوبيات الزراعية، وصناعةالأخشاب والورق والتعدينوا إنتاج الملح وكثيرا من الاستخدامات المحلية. تمتلك ايطاليا ونيوزلندا والولايات المتحدة وحدات قدره بخاريه تقدر بحوالي**500mw**لكل منهم. وفي كاليفورنيا ونيفادا والبقع الساخنةالأر ى توجد محطات قدر ة**100mw** مشغلة.

يتكون قلبي الكر ةالأرضية من حديد ونيكل عند درجةحرارة حوالي ^{0}**4500C** وتتكون القشر ةالأرضيةإلي عمق حوالي**50Km**. ماجما Magm . مكونه من **Fe-Si** درجه حرارتها حوال^{0}**1400C**. وللاستفادة من درجه حرارتها نبحث عن الصخور الساخنة الجافة القريبة من السطح القابلة للثقب الذي يمتد حوالي**(2-6)** كيلو متر وبمجرد تغطيس الأعمدةإلى عمق الأرض، يحقن الماء صناعيا ويحضر الحرارةإلى السطح

حيث يستخدم التفجير النووي للفتح السريع لخزانات الغاز الطبيعي ويستخدم أيضاً لثقب مصادر الطاقةالحراريةالأرضية.

الأعماقالقابلة للحفر حتى**10Km** يكون تدرج الحرارة الأرضية مابين_**50)C°\Km10)** ولكي تكون متاحة اقتصاديا فان التدرج يجب أن يكون عاليا في حدود**C°\Km40**الصخور المسامية بجوار المنطقةالنشطة بركانيا لديها درجات حرارة مابينC^{o}(**340_70**)ولتوليد القدرة يجب أن تزداد من^{0}**150C**إلى وقريبا من **200C**^{0}.

ضغط البخار الصادر من الماء المضخ لهذه الصخور الجافةبسخاناتها يتعدى **1MPa** (**10**جوي) تعتبر المراكز البركانيةالصغير ةأفضل المصادر.

توجد مصادر الطاقةالحراريةالأر ضية في العالم في الأماكن التالية:

آسيا: التبت،وجنوب جبال سيبيريا،اليابان،اندونيسيا،الفلبين، وتايون وغيرها

أوربا:أيسلندا، ايطاليا،جنوب روسيا، جورجيا وغيرها

أفريقيا:أثيوبيا والصومال.

أمريكا الشمالية: يلستون وكاليفورنيا ونيوزلندا.[2]

2-3 معايير موارد الطاقة الحرارية الأرضية:

1-2-3 درجات الحرارة الجوفية:

تعتب د جات الحرارة المرتفعة شرط أساسي لموارد الحرارة الجوفية عادة تكون حقول الحرارةالأرضية ذات درجات حرارة تتراوح بين**200**إلى**300**درجةمئوية من اجل إنتاج بخار ذو محتوى حراري كافي لإنتاج الكهرباء بصور ةاقتصادية. درجات الحرارة المنخفضة التي تصل إلى**150** درجه مئوية قد تكون كافية في بعض الحالات.

2-2-3 عمق ومدى مصدر الطاقة الحرارية:

المناطق ذات درجات الحرارة المرتفعة يجب أن تكون قريبة من السطح بما فيه الكفاية للسماح بالاستغلال الاقتصادي. ومعظم موارد الحرارةالجوفية توجد في أعماقأكثر من **1000**متر وقد أظهرتالتجربة انه من غيرالعملي تطوير الحقول التي تكون أعماقهاأكثر من **3000**إلى**4000**متر

.

3-2-3 نفاذية طبقةالأرض:

تشكل نفاذيةالأرضأهمية حاسمة يجب أن تكون الكتلة الصخرية ذات نفاذية بما يكفي للسماح للسوائل الحرارية بالانتقال من الأجزاء العميقة للنظام لأعماق الحفر الاقتصادية. وأيضا يجب أن تكون النفاذية عالية بما فيه الكفاية للسماح بإعادة شحن كل من الحرارة و الماء للنظام الطاقة الحرارية الأرضية خلال فترة الاستغلال.[2]

3-3 أنواعالطاقةالحراريةالأرضية Type of Geothermal Energy

كما نعلم فان الكتلةالمصهور ة من الأرض تسمى الماجما سمك قشرة الأرضية فوق الماجما هي حوالي **23Km** في المتوسط وبسبب الهزات الأرضيةتأتي الماجما قريبا من سطح الأرض في أماكن معينة. وتسبب الماجما الساخنة بالقرب من السطح براكين نشطة وعيون ساخنة وفوارات مياه ساخنة "geysers" حيث يوجد الماء. ويسبب أيضا خروج تيارات متدفقة من خلال التصدعات على هيئةطاقةحراريةأرضية.

خزانات الطاقةالحرارية الأرضيةإماأن تكونسائدةالسيولةوا ٍماأن تكون سائدة البخار وبعضها يكون صخور ساخنة فقط حيث لايوجد مياه أرضية. ومصادر حرارةالأرض هي:

1. أنظمة هيدروليكية حرارية.
2. أنظمة الضغط الأرضي.

3. أنظمةبتر وحرارية.

1-3-3 الأنظمة الهيدروحرارية Hydrothermal System

يسخن الماء بواسطة الصخور الساخنة وهي :يمكن أن تكون نظم سائدة السيولة Liquid dominated وسائده البخار Vapor dominated

- **الأنظمة سائدةالسيولة: Liquid dominated**

يحجز الماء الساخن تحت الأرض عند درجةحرار ة(**315_174Cº**) ويحضر هذا الماء إلىأعلى م بحفر آبارأو ضخةإلىأعلى . ونتيجة لهبوط الضغط يتحول الماء الساخنفجأةإلى خليط من طورين ذات جوده منخفضة ويحتوي الماء على تركيز عالية من المواد الصلبة المذابة ويصبح إنتاجالقدر ة صعبا بسبب القشور المتكونة في الأنابيب والمبادلات الحرارية . الأنظمة سائدة السيولةأكثروفر ة.

- **الأنظمة سائدةالبخار:Vapor dominated**

في هذه الأنظمة يتحول الماء إلي بخار يصل إلى سطح الأرض عند ضغط **8**par ودرجةحرارةCº**205** وفي ظروف جافة يمكن أن يستخدم البخار لإنتاجقدر ةبواسطة دور ة رانكلين بأقل تكليف مع ذلك فان البخار يكون مرتبط مع مواد آكلة وحاتة مثل هذا النظام نادر جدا في العالم.[2]

2-3-3 أنظمة ضغط الأرضGeo pressured systems

نظم ضغط الأرضعبارة عن ماء ساخن أو محلول ملحي عند حواليCº**160** تحت الأرض عند عمق حوالي (**9100_2400**)متر الضغط يكون اكبر من**1000par** بالرغم من أن لديه إمكانياتحرارية وميكانيكيه كبيرةلتوليد القدر ة،إلاأنها بسبب درجات الحرارة المنخفضة والعمق الكبير ، يمكن أن لايكون اقتصادي الحفر من اجل هذا

المحلول المحلي ولكن هذا المحلول الملحي معه ميثان يستخلص ويمكن أن يكون من الاقتصاد توليد كهرباء تشمل احتراق الميثان وأيضاً الحرارة المستمدة من المحتويات الحرارية للماء.

3-3-3 الأنظمةالبتر وحراريةPetro thermal system

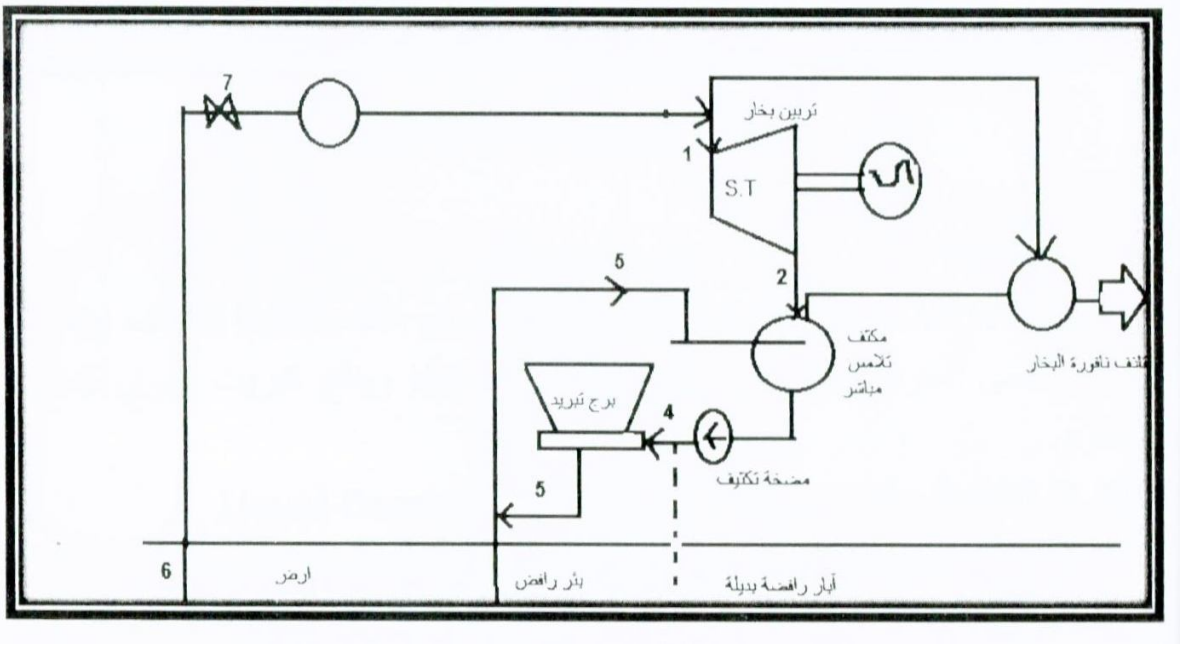
عند عدم وجود ماء تحت الأض يوجد صخور ساخنة جافه عند درجةحرارةC^o(**298_150**) قريب من سطح الأرض وهذه الطاقة تسمى طاقةبترو حرارية وتقدر بحوالي **85%** من المصدر الأرضي الحراري . ويضخ الماء إلىالأرض ويعود ساخنا إلى السطح .طرق الكسر لحفر آبار في الصخور يمكن تكون.

- ماء عالي الضغط.
- التفجيرات النووية.

4-3 وحدات توليد القدرة بالبخار السائد Vapor Dominated Power Plant

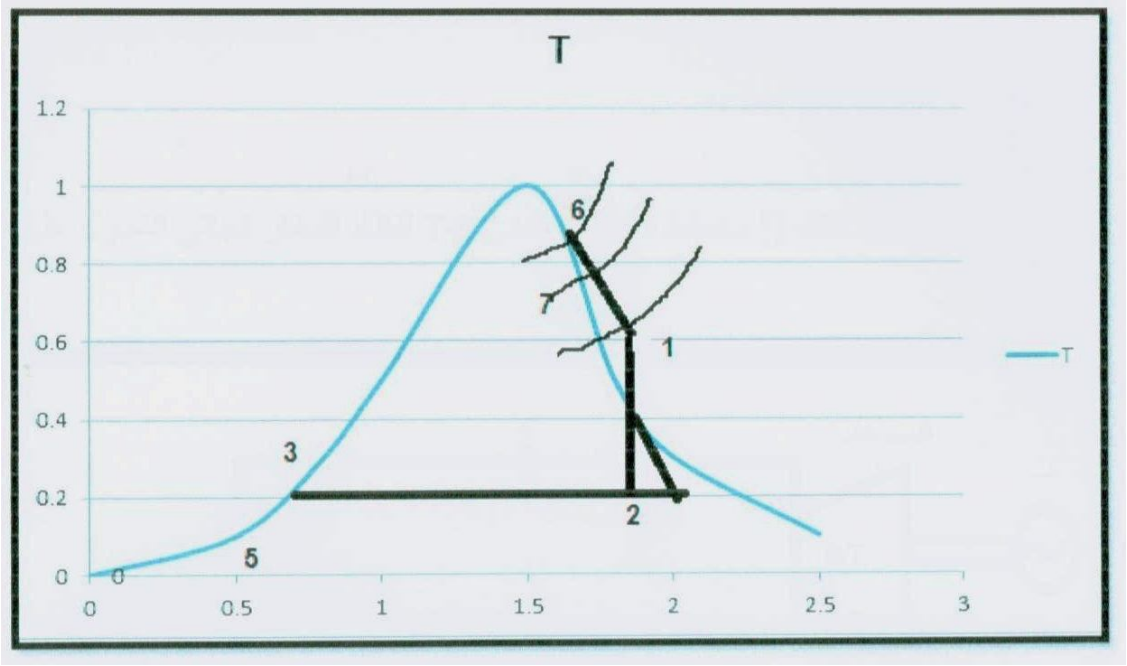
يعتمد تحويل الطاقة فيوحدات توليد القدرة بالحرارة الأرضية على دورة رانكلين.

ويوضح الشكل (**3-1**) والشكل (**3-2**) التخطيط الأساسي ومنحنى **T-S** لوحدات توليد القدرة بالحرارة الأرضية سائدة البخار بالترتيب وهذا الترتيب أكثر ملائمة لتوليد الكهرباء مع أقل تكلفة وأقل عدد من المشاكل الخطيرة. ولكن الشكل أقل ندرة من الأنظمة الحرارية الأرضية ومن أمثلتها المسخنات في USA لارديريللو في ايطاليا زومتوكاوا في اليابان.



شكل (**3-1**) : مخطط وحدة توليد القدرة سائدة البخار

والبخار الجاف المتاح عند **35**bar**200**C^{o} في قاع البئر يسخن تسخيناً زائدا بسبب هبوط الضغط إلى**bar 7**. وتفصل المواد الشائبة في فاصل يعمل بالطرد المركزي. العمليات **7-16-7**هي عمليات خنق throttling حتى تبقى إنثالبي البخار ثابتة. وبعد المرور من خلال توربين البخار والمكثف يعاد حقنه الأرض مرة ثانية.



شكل (3-2) : منحنى T-S

5-3 إزالة H_2S

في تنظيم البيئة الحديث، يزال H_2S السام والضار في مكثف الأنبوبة والغلاف بواسطة عملية تسمى "سترتفورد" ويزال حوال **92%** من H_2S وينتج كبريت تجري كمنتج ثانوية

6-3 الأنظمة سائدة السيولة Liquid-Dominated Systems

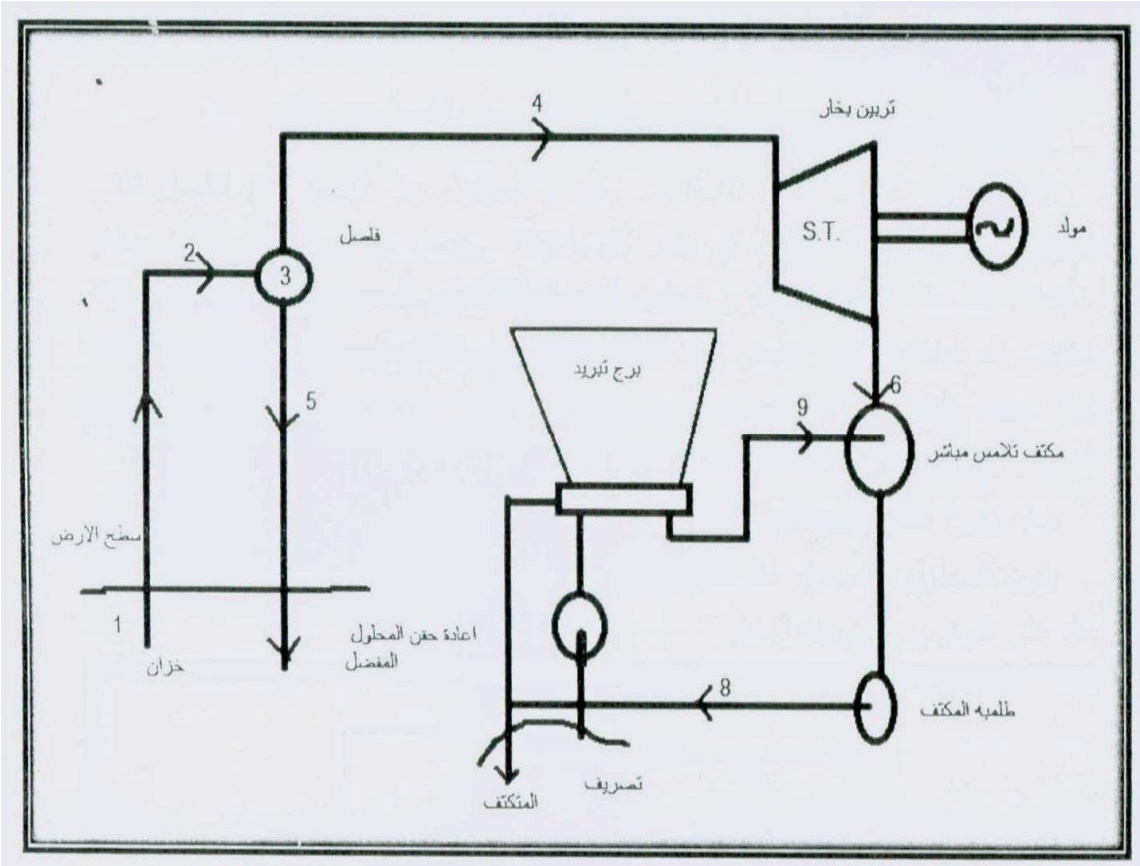
الأنظمة سائدة السيولة متاحة بوفرة ولا تتطلب تطوير تقنيات خاصة. وسنناقش الأنواع التالية من القدرة:

1. نظام البخار فجائي التحول.
2. الدوار الثنائية.
3. نظام التدفق الشامل.

1-6-3 نظام البخار فجائي التحول The flashed-steam system

الماء الساخن متاح تحت الأرض فوق **(150-315)C°** وعند سحبه، يمكن أن يتدفق طبيعياً تحت الأرض.

هبوط الضغط يسبب تحوله المفاجئ إلى بخار جزئياً وبذلك يتاح خليط من الماء والبخار منخفض الجودة، سائد السيولة عند رأس البر. ويحتوي الماء على مواد صلبة ذائبة وعالقة. ويوضح الشكل أدناه **(3-3)** مخطط التدفق ومنحنى T-S لنظام البخار فجائي التحول على الترتيب.



شكل (3-3) يوضح وحدة توليد القدرة ومفردة البخار المفاجئ

يصل الماء إلى الساخن من الخزان (1) إلى رأس البر (2) الضغط P2 عند (2) يكون اقل من الضغط P1 عند (1) وتكون العملية 1-2 هي عملية خنق ثابت الانثالبي . الخليط المكون من طورين ذو الجودة المنخفضة (2) يمر من خلال فاصل (3) جودة البخار تكون اعلي عند النقطة (3) ويتمدد البخار الجاف المشبع (3) الموجود عند الضغط 8 par في تربين البخار. ويعاد حقن المحلول المفصول (5) إلىالأرض.

ويخطط البخار العادم مع مياه التبريد في مكثف مباشرة . ويبرد الخليط في برج التبريد.

2-6-3 نظام البخار مفاجئ التحول المحسنة improved flashed seta system

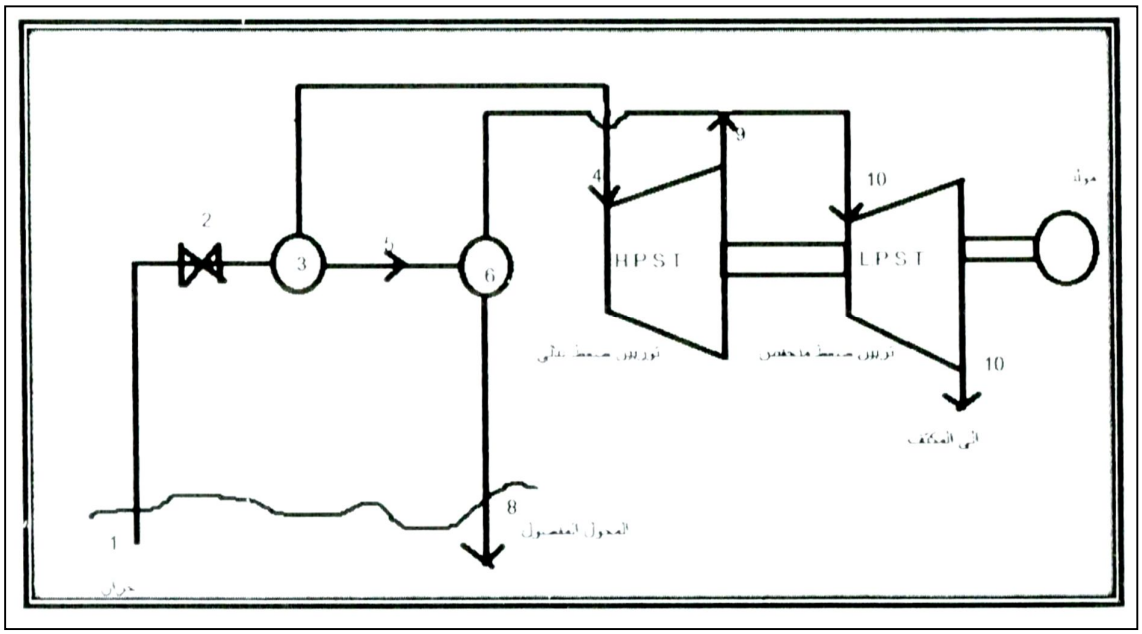
لكي نستعيد كمية كبيرة من الطاقة الحرارية من المحلول عند النقطة (5) تم تنفيذ بعض التحسينات في الدورة كالآتي:

أ/ نظام التحول المفاجئالمزدو جDouble flash system

اعتمادا على شروط المياه الأصلية، يخضع المحلول عند النقطة (5) لفاصل ثنائي منخفض الضغط، حيث يتحول إلى بخار اقل ضغطاً. ويصل هذا البخار إلى تربين بخار منخفض الضغط LPST ويحتوي محلول الضغط المنخفض الجديد على طاقة أقل ولذلك ينخفض فقد الطاقة للدورة. منحنى T-S المقابل موضح في الشكل (3-2) وهو يستخدم مكثف بخار جديدا ونظاماً لاستخلاص الغاز وتربين بخار ثنائي. وكمثال لنظام التحول المفاجئ المزدوج هو وحدة توليد قدرة هتشوبان MW **50** في كيوشو باليابان.

ب/ تربين المياهwater Turbine

يكون المحلول المفصول عند النقطة (5) عند ضغط عال ويمكن استخدامه لإدارة مضخة مياه على التوازي مع تربينه البخار.



شكل (3-4) يوضح وحدة توليد القدرة مزدوج البخار المفاجئ

ج/ تربين الفاصل الدوار: Rotary separator Turban

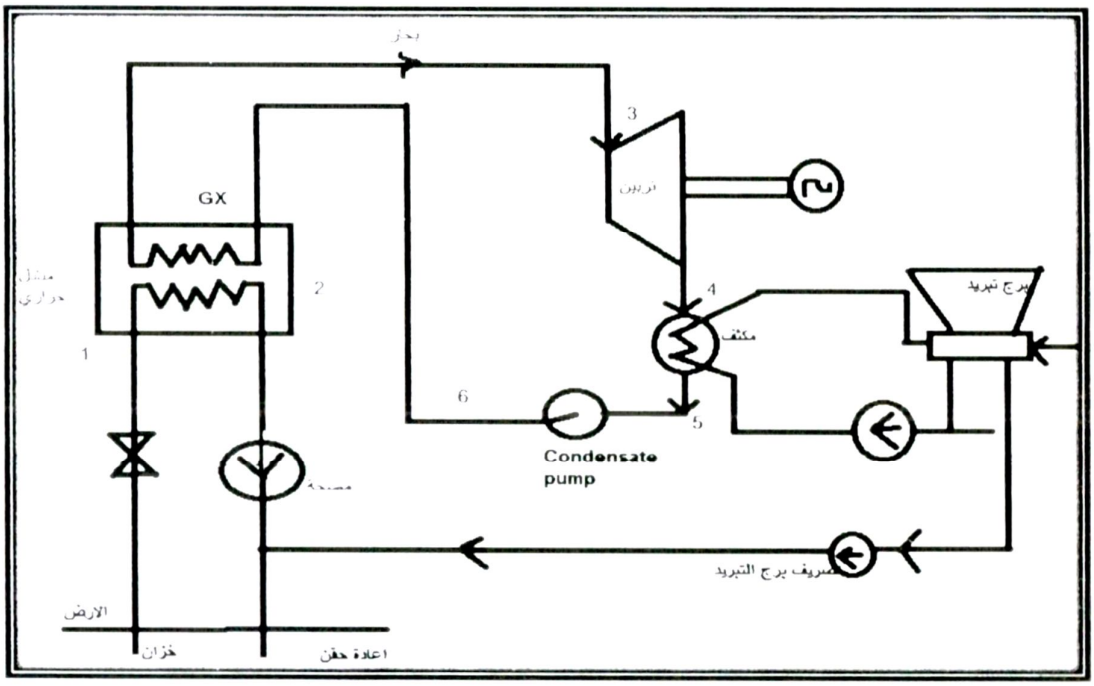
يكون المائع الراحل من رأس البئر (2) خليط 2 طور من البخار والماء وهو يتمدد جزئيا في فوهة. وتزداد جودة وطاقة حركة المائع. وهذا يساعد أيضا في فصل الطورين ويحدث فصل في دار ةالتدوير بواسطة فعل الطرد المر كزي.

ويغذى البخا إلى تربين البخار كما يستخدم الماء عالي السرعة في تربين سائل خاص. التفريغ من التربين يعاد حقنه إلىالأرض.[2]

3-6-3 الدورة الثنائي : Binary Cycle

لا يناسب الماء منخفض درجة الحرارة إنتاج الطاقة. ويمكن استخدامه مباشرة لعمليات التسخين المنزلية الصناعية. ويمكن أن يستخدم أيضاً في تسخين مائع عضوي ذي

نقطة غليان منخفضة ويمكن استخدامه لإدارةدورةر انكلين ومائع التشغيل يمكن أن يكون الايزوبيوتان فريون -12 الأمونياأوالبروبان.



شكل (3-5) يوضح نظام الدورة الثنائية

يدور المحلول الملحي من الخزان الأرضي خلال مبدل حراري HX ويضخ مرة أخرى إلىالأرض يسخن المائع العضوي إلى بخار فوق ساخن يستخدم في دورة رانكلين قياسية مغلقة ويري البخار التربينية ثم يكثف على مكثف سطح. ويبرد المكثف من مصدر مياه طبيعي أو برد تبريد أي مشاكل للصدأ أو التقشير في مكونات دورة العمل.

4-6-3 وحدة توليد قدرة التدفق الإجمالي Total-Flower plant

يخنق throttled المحلول الملحي الساخن ويتمدد التدفق كله في موسع expander2طور ونجد أنه يمكن تحويل أقصى طاقة متاحة ثيرموديناميكإلى شغل ميكانيكي.

المقارنة التحليلية لأنظمة السيولة السائدة الحرارية الأرضية المختلفة معطاة في شكل(5-3) وينتج نظام التدفق الإجماليأعلىقدر ة نوعية لكل وحدة من معدل تدفق التكلفة عند رأس البئر وتعتمد هذه الحسابات على الفروض التالية:

- درجة حرارة المكثف =$45C^{O}$
- كفاءة التوربين = 85%
- مطلب القدرة الداخلية = [2]30% .

7-3 الأنظمةالبتر وحرارية Petrothermall systems

تستخرج الطاقة الحرارية للصخور الجافة الساخنة لضخ المياه أو أي مائع آخر خلال بئر محفور إلى الجزء الأسفل من الصخر المثقوب وتدفق الماء خلال البئر المثقوب الأول ثم يسخن أثناء ذلك ويعود إلىأعلى خلال البئر المثقوب الآخر.

ويستخدم الماء الساخن لإنتاج الكهرباء كما في حال نظام الحرارة الأرضية سائد السيولة وهو يقدم مرونة أكثر في التصميم والتشغيل ويمكن التحكم في معدل تدفق الماء ودرجات الحرارة لأي موقع بالحفر إلىأعماق مختلفة ويمكن لمشغل الوحدة تغير ضغط الضخ وبالتالي معدلات التضخم لتتناسب مع ظروف الحمل.

قيود الأنظمةالبتر وحرارية هي:

1. تسرب المياه تحت الأرض.
2. ضرورة الحصول على مياه جاهزة من مصادر فوق الأرض.
3. تأثير المياه على تكوينات الصخور.

4. المواد العالقة مع المياه.

5من الضروري أجراء دراسات مفصلة من الثرموديناميكية والجوانب الاقتصادية قبل بدء الاستقلال التجاري.[2]

8-3 الأنظمة الهجين Hybrid Systems

يمكن استخدام الحرارة المرتفعة لأنظمة احتراقالوقود الحفري في الطرف عالي درجة الحرارة لدور ة رانكلين والحرارة المنخفضة للحرارة الأرضية في الطرف منخفض درجة الحرارة لوحدات القدرة التقليدية.

مثل هذه الأنظمة الهجين تجمع الكفاءة العالية لدوره درجة الحرارة العالية مع المصادر الطبيعية للحرارة لجزء من إضافة الحرارة.

وبالتالي يمكن تخفيض استهلاك الوقود الحفري مرتفع الثمن غير المتجدد وهنالك تنظيمان ممكنان للوحدات الهجين.

أ/ النظام الهجين الحراري الأرضي السابق تسخينه

Geothermal preheat Hybrid Systems

تستخدم الحرارة الأرضية منخفضة درجة الحرارة في تسخين ماء التغذية في وحدات البخار التقليدية ويكون غير مطلوب نزف اي بخار من المراحل المنخفضة الضغط لتوربين البخار وتسخين مياه التغذية ينفذ باستخدام المحلول الملحي الارضي.

ب/ نظام الهجين الحفري

Fossil-Superheat Hybrid Systems

يمكن تسخين المائع تحت الأرض تسخيناً في مسخن مفرط التسخين (محماة) يعمل بالوقود الحفري ويوضح الشكل (3-4) والشكل (3-5) مخطط تدفق ومنحنى T-S بمثل هذه الوحدات. [2]

9-3 المياه الحر مائية:

يقصد بها المياه الساخنة في القشرة الأرضية والتي تذاب من الصخور عند درجات الحرارة العالية يمكن أن تبقى المواد المذابة في المحلول طالما بقيت المياه ساخنة.
ولكن بمجرد أن تصل المياهالحر مائيةإلى سطح الأرضفإنها تبرد بسرعة وترسم مختلف المعادن مثل الاوربال والكالسيت أو الاراجونيت. كما تتكون قشرة من كربونات الكالسيوم عند بعض الينابيع الحارة والتي تكون صخرة الترافرتين وهو صخر خيري دقيق التبلور ابيض أو كريمي اللون يستخدم أحيانا كصخر مصقول في أعمال البناء.

وتكون المياه الحرمائية مسئولة عن ترسيب عديد من الخامات الفلزية في العالم عندما يهاجر هذه المحاليل في القشرة الأرضية ثم تبرد. والمصدر الأساسي لمعظم المياه الحرمائية في القارات هو المياه السطحية.

التي تخللت إلى المناطق العميقة من القشرة الأرضية. وقد تكون بعض المياه الجوية قديمة جدا تصل إلىأكثر من 400 سنة.

المصدر الآخر للمياه الحرمائية هو الماء الهارب من الصهارة ففي مناطق النشاط الناري تتسرب المياه الجوية في الأرض وتقابل كتلا من الصخور الساخنة لتصبح ساخنة ثم تختلط على هيئة ينابيع حارة أو فوارات (جيزارات) فبينما تنساب الينابيع الحارة باستمرار فان الفورارات (الجيزارات) تخرج منها المياه الساخنة والبخار بصورة متقطعة.

ونتشأ اليتابيع الحارة الاخرى من الماء الجوي الذي تحرك لأسفل في مكونات الصخور نتيجة ضغط بخار الماء المتجمع ثم تعود على هيئة لارتفاع درجة الحرارة طبيعيا مع العمق الخامات الفلزية ورواسب معدنية أخرى في الصخور الرسوبية بعيدا عن أي نشاط ناري.

تنشأ المياه الجوفية أساسا بالتخلل بمعدل أبطأ كثيرا من انسياب المياه السطحية الملحو ي المائية فوق سطح الأرض.

منسوب الماء الجوفي هو الحد الأعلى لنطاق التشبع في المناطق الرطبة قد يكون قريبا إلى حد كبير من سطح الأرض[2]

الفصل الرابع

مصادر طاقة حرارة باطن الأرض بالسودان

1-4 مقدمة :

هنالك العديد الدراسات السابقة تحدثت عن مصادر حرارة باطن الأرض بالسودان ونأخذ منها خطة ودراسة شركة **acres** الأنجليزية التي أجريت بواسطة الهيئة القومية للكهرباء عام 1993م

تم إجراء دراسة شاملة لإمكانيات الطاقة الحرارية الأرضية في السودان . واستدلت على استعراض التقارير والخرائط الجيولوجية والصور الجوية والوثائق التي تم الحصول عليها في كندا في مكاتب الهيئة القومية الكهربية في السودان وهيئةالأبحاث الجيولوجية السودانية وقد قامت الشركة بزيارة الموقع من قبل الجيولوجييناإلى حقل جبل مرة البركاني خلال أكتوبر1991م.

وكانت نتائج الدراسة متمحورة حول مناقشة الجيولوجيا الإقليمية للسودان، واستعراض إمكانية الطاقة الحرارية الأرضية في المناطق.

البركانية وفي مناطق الصدوع في وسط السودان ومناطق السهل الساحلي في البحر الأحمر وعرض الاستنتاجات والتوصيات. [3]

(4-2) المناطق ذات إمكانية الطاقة الحرارية الأرضية:

السودان لديه العديد من المناطق التي يمكن أن تكون ملائمة الناحية الجيولوجية لموارد الحرارة الجوفية تشمل هذه المناطق:

1.الحقول البركانية من الحقبة الثالثة والحديثة في الغرب والوسط والمناطق الشرقية من البلاد.

2. السهل الساحلي بالقرب من منطقة تصدع البحر الأحمر.

3 .الصدوع في مناطق وسط السودان وجنوب وسط السودان.

(4-2-1) الحقول البركانية في غرب وشرق السودان (جبل مرة، مرتفعات التاغبو، حقل بيوضة البركاني)

تحدث الصخور البركانية من الحقبة الثالثة إلى الحديثة على طول الحدودالأثيوبية وعلى طول الخط الشمالي الشرقي بين جبل مرة والبحر الأحمر. يكون تطوير إمكانية الطاقة الحرارية الجوفية بصورة في مناطق البراكين الحديثة. هناك عدد من الحقول البركانية المنفصلة في السودان التي تم تحديدها ووصفها على النحو التالي:

- **منطقة جبل مرة:**

ويعتقد أن جبل مرة به إمكانات جيدةالحصول على الطاقة الحرارية الأرضيةالميزةالأساسية للمنطقة هي ارتفاع جبل مرة الذي يبلغ ارتفاعه حوالي 2000 مترا يأخذ جبل مرة شكله سلسلة تمتد باتجاه الشمال والجنوب وهو حوالي 140 كيلو مترا من 50 كيلومترا. الجبل الرئيسي هو عبارة عن مجمع من المراكز البركانية حيث يحدث عدد من المخاريط البركانية المعزولة وتدفقات الحمم البركانية على هضبة (Precambrian)

شرق وجنوب الجبل يوجد في المنطقة عدداً من المزايا التي تشير إلى وجود بيئة مواتية لموارد الحرارة الجوفية. تشير الأدلةإلى الجيولوجية إلى النشاط البركاني من العصر الحديثوالأقرب للحديث على نطاق واسع في المنطقة على أن بركان جبل مرة يعتبر في حالة خاملة وتجد أدلة للنشاط البركاني الحديث في المنطقة على وجود أخشاب متفحمة يرجع تاريخها إلى3250 سنة مضت تم العثور عليها شكلأحجار أسفنجية مترسبة على الجبل توجد في المنطقة الينابيع الساخنة fumaroles في حفرة دربا derbies درجات حرارة الينابيع الساخنة بين 65 درجة مئوية إلى85 درجة مئوية.

- **مرتفعات التاغبو والميدوب:**

مرتفعات التاغبو والميدوب عبارة عن تجمع من المراكز البركانية المعزولة والحمم البركانية في ولاية شمال دارفور. يعتقد أن هذه بقايا المحافظة أوسع نطاقا في السابق

تمتد حتى جبل مرة، وقد امتدت على بعد نحو 500 كيلو متر من الشمال إلى الجنوب هناك عدد من المراكز البر كانية تتكون من الفوهات المتفجرة. الأدلةالجيولوجية تشير إلىأن العديد من المراكز البركانية هي من العصور الحديثة والأقربإلى العصور الحديثة. هذا النشاط البركاني هو أحدث النشاطات البركانية الموثوقة في السودان. لم يتم التعرف على مظاهر حرارية للسطح. هناك إشارةإلى وجود بحيرة مالحة صغيرة على أرضية حفرة في المويلح وعلى الرغم من وجود هذه البحيرة فانه يمكن الحصول على المياه العذبة في الآبار في أرضية الحفرة. تمثل صحراء بيوضة الحد الشمالي الشرقي من شذوذ الجاذبية الذي يمتد عبر البلاد من جبل مرة يعتقد أنالأدلة الجيولوجية والطوبوغيرافية تشير إلىأن القشرة الأرضية تغطي بقية هذه المنطقة قد يكون غطاء حقل بيوضة البركاني ينحرف على مجرى نهر النيل، مما تسبب في طوق ابوحمد حول عطبرة، أبوحمد ومروي، يظهر أن هناك بعض إمكانية الطاقة الحرارية الأرضية في هذه المنطقة. نظراً لقربها من تنمية الطاقة الكهرومائية والمقترحة في مروي ونظام توزيع الكهرباء المخطط فان لهذه المنطقة جاذبية خاصة للاستكشاف عن الطاقة الحرارية الأرضية وينبغي أن تعطي بيوضة أولوية عالية في كل دراسات الطاقة الحرارية في المستقبل في السودان. تقع مرتفعات التاغبو والميدوب في الجانب الشرقي للجاذبية السالبة الشاذة و هذا يعني أن مصادر الحرارة القريبة من السطح الأرضية بيد أنها تقع على مسافة كبيرة من نظام توزيع الكهرباء الموضوع في الخطة.

- **حقل بيوضة البركاني:**

يقع حقل بيوضة البركاني في صحراء بيوضة بالقرب من نهر النيل على بعد حوالي 200 كلم إلى350 كلم مال الخرطوم والي الجنوب مباشرة من مروي ويغطي حوالي

520 كيلو متر مربع ويحتوي علىأكثر من 100 من مخاريخ السكوريا الحديثة الصغيرة والحمم البازلتية المرتبطة بها توزيع البراكين الحديث يتم السيطرة عليه جزئياً بواسطة التدخلات الكبيرة من حلقة حواجز من الجرانيت الأصغر من العضل ما قبل Cambrianالمتأخرأو الحقب القديمة الأقل عمراً .

هنالك اثنين من المراكز البركانية المعزولة بالقرب من أمدرمان غرباً أمدرمان وعمر البراكين في هذه المنطقة غير معلوم بعد السجلات التي لم تنشر عند هيئة البحوث الجيولوجية السودانية تتحدث عن ينابيع ساخنة بالقرب من جبل أولياء وموقع هذه الينابيع غير معلوم بسبب مدى النشاط البركاني المحدود في هذه المنطقة فان إمكانياتالطاقة الحرار ية الأرضية منخفضة إلى متوسطة بسبب قربها مركز (أم درمان / الخرطوم) لتوزيع الكهرباء فان هذه المنطقة ذات آفاق مستقبلية مثيرة للاهتمام لتنمية الطاقة الحرارية الأرضية المحدودة وهناك الينابيع الساخنة في hamman akash في نهر النيل في مصب بحيرة دال هذه المنطقة تبعد حوالي 330كيلومتر شمال شرق حقل بيوضة البركاني. [3]

2-2-4 السهول الساحلية المجاورة لمنطقة الصدوع الصخرية للبحرالأحمر:

تمتد الصدود الآفروعربية على طول محور البحر الأحمر تعتبر هذه الميزة حالياًنشأة وتفصل الأراضي العربية من القارة الإفريقية يتكون نظام الصدوع من سلسلة من المجمعات المترعة والتي أنشأتتجويف البحر الأحمر. يشكل السهل الساحلي للسودان الحافة الجنوبية الغربية لمنطقة الصدوع وهي مغطاة بطبقة رقيقة نسبيا من الرمال والحصى تتميز منطقة الصدوع بقلة سمك القشرة الأرضية وسريان حراري عالي والذي يكون أعلى في وسط البحر الأحمر، تعتبر المنطقة جذابة لتطوير النفط والغاز وقد تم حفر أكثر من 25 بئر استكشافية في قاع البحر الأحمر وعلى طول الساحل على حافة السهل الساحلي للسودان واجهت بعض هذه الآبار مناطق ذات درجات حرارة

عالية في حالة هي منطقة ضغط جغرافية للماء الساخن مختلف الباحثين بيانات درجات الحرارة لهذه الآبار وبعض النتائج التي توصلوا إليها ملخصة في الفقرات الآتية:

1/ بيانات درجات الحرارة:

درجات الحرارة الجيدة عموما أعلى في الحفرة الواقعة بالقرب من وسط البحر الأحمر ودرجات الحرا ة القريبة من الساحل متغيرة الآبار التي تم حفرها في البئر الرئيسي للسهل الساحلي ذات تدريجات منخفضة لدرجة الحرارة حيث كانت بيانات درجة الحرارة للآبار الاستكشافية كما يلي:

- آبار Dung nab،mar fit تم حفرهما في البئر الرئيسي للسهل الساحلي كل من هذه الآبار ذات تدريجات حرارة منخفضة **5.34** و**22.7** درجة مئوية لكل كيلو متر على التوالي هذه الآبار ضحلة نسبياً وتعتمد على التدريجات في الحرارة لذلك لا يبدو أن هناك أي احتمال لوجود طاقة حرارة لباطن الأرض في أي من الموقعين.
- تم حفر بئر maghersum في جزيرة صغيرة على بعد كيلومترات من شاطئ السهل الساحلي حوالي **180** كيلومتر شمال بور تسودان لهذه البئر درجة حرارة حوالي **100** درجة مئوية وتدرج**34.5** درجة مئوية لكل كيلومتر على الرغم من أنها مرتفعةنسبياً فان بيانات درجة الحرارة لا تشير إلى مصادر طاقة بحرارة باطن الأرض في عمق معقول.
- تقع بئرdurwara على حدود جزيرة durwara على بعد بضعة كيلومترات من الشاطئ و170 كيلومتر جنوب شرق بور تسودان هذه البئر يمكن أن تنتج طاقة حرارة باطن الأرض ذات درجات حرارة تصل حتى 193 درجة وتدرج حراري حوالي 40 درجة مئوية لكل كيلومتر في النصف الأسفل للبئر. بئرbashayer،

soakingاللتان تم حفرهما في قاع البحر على بعد عدة كيلومترات في الشمال الشرقي والجنوب الشرقي على التوالي ذات درجات حرارة مرتفعة ومتشابهة مما يعني وجودة منطقة شاملة.

- الآبار البحرية ذات حرارة عالية أكثر من 200 درجة مئوية علي سبيل المثال فان بئر bashayer، soaking لهما درجات حرارة 196 درجة مئوية و216 درجة مئوية على التوالي التدريجات في الحرارة في هذه الآبار متغيره مع العمق وتصل إلى81 درجة مئوية لكل كيلومتر وبسبب مواقعها البحرية فان الآبار البحرية ذات احتمال ضئيل لإنتاج طاقة حرارة باطن الأرض.

2/ بيانات تدفق الحرارة:

أجريت حسابات تدفق الحرارة من قبل العديد من الباحثتين ووجد أن هنالك ثلاثة آبار تقع على الساحل على بعد نحو 140 حتى 180 كلم شمال بور تسودان وهي maghersumو abu shagaralو dunganتمت إضافة مصادفة ارتفاع قيم تدفق الحرارة حيث أن متوسط تدفق الحرارة في الآبار الثلاثة هو(2-mwm19+96) الابار المحفورة دون 500 قامة (مقياس لعمق المياه) الكنتورية في قاع البحر الأحمر بها قيم لتدفق الحرارة تتراوح(2-mwm37)حتى 3306 ومتوسط حوالي (2-mwm116)

3/ إمكانات الطاقة الحرارية الأرضية:

تظهر منطقة ضغط جغرافية بها درجة حرارة كافية للإنتاج طاقة من باطن الأرض في مناطق كبيرة على ساحل البحر الأحمر لسوء الحظ فان توليد طاقة حرارة باطن الأرض من تحت البحار تعتبر تقنية جديدة وليست مجدية اقتصادية وعلى أساس البيانات المتوفرة فان جزيرة درواره توجد بها وفرة جيدة من مناطق البحر الأحمر هذه الجزيرة تقع على البر على بعد 170 كلم جنوب بور تسودان على الأقل توجد بئر واحدة يمكن تطويرهالإنتاج طاقة حرارة باطن الأرض. [3]

3-2-4 مناطق الصدوع الصخرية بوسط وجنوب شرق السودان:

نبذة عامة:

تمتد منطقة الصدوع بوسط السودان على الرغم من معظم شرق وسط وجنوب السودان ونسبة لطريقة بنائها التكتونية فان مناطق الصدوع بوسط السودان مناسبة جيولوجية لاستضافة مصادر طاقة حرارة باطن الأرض وقد تم تنفيذ عمليات واسعة للتنقيب في أجزاء واسعة من هذه المنطقة تحتوي على خرائط جيولوجية ، المسحات الجيوفيزيائية ، والحفر الاستكشافي كان العمل أكثر كثافة في مناطق الصدوع ببحر العرب حيث تم اكتشاف عدد من الاكتشافات النفطية الواعدة (النفط في حوض المجلد) مساحات كبيرة من مناطق الصدوع بوسط السودان لا تزال تحت الامتياز والكثير من بيانات الاستكشاف من هذه المساحات سرية. [3]

3-4 المظاهر السطحية:

لا توجد مظاهر سطحية مذكورة عن نشاطات طاقة حرارة باطن الأرض ضمن مناطق الصدوع بوسط السودان هناك تقرير تم فيه إثباتوجود زلازل وشذوذ في تدفق الحرارة في مناطق جبل أولياء (50-40) كيلومتر جنوب الخرطوم وقد تمت ملاحظة وجود بعض الحمم العالية والرباعية في المنطقة تقع هذه المنطقة على بعد كيلومترات إلى الشمال الغربي من نهاية شمال غرب منطقة الصدوع بالنيل الأزرق. [3]

4-4 بيانات التدرج في درجات الحرارة:

- تم حفر الآبارلأعماق من 1640 متر حتى 4257 متر ذات درجات حرارة سفلية من 60 حتى 136 درجة مئوية التدرج في درجات الحرارة التي تتراوح بين 17 مئوية لكل كيلو و28 درجة مئوية لكل كيلومتر (بافتراض متوسط درجة حرارة

سطحية 29 درجة مئوية) أعلى درجة حرارة سجلت 136 على عمق 3865 متر في منطقة الصدوع ببحر العرب، تم تنفيذ دراسة تفصيلية لانحدار في درجات لعدد 50 بئر نفطية معظم هذه الآبار تقع في مناطق ما تزال تحت الامتياز وتوصلت هذه الدراسة لاستنتاجات التالية:

- التدرج في درجات الحرارة لكل الآبار معتدل ويتراوح بين20 درجة مئوية لكل كيلومتر 30 درجة مئوية لكل كيلو متر هذه القيم اقل من او تساوي المتوسط في جميع أنحاء العالم للأحواض الرسوبية حوالي 30 درجة مئوية لكل كيلومتر وتجدر الإشارةإلى معظم المناطق استغلال طاقة حرارة باطن الأرض تمتاز بتدرج أكبر من 45 درجة مئوية لكل كيلومتر.
- 43 من الآبار المدروسة تقع في مجمع حوض المجلد داخل منطقة الصدوع ببحر العرب التدريجات هي 20 درجة مئوية لكل كيلومتر إلى30 درجة لكل كيلومتر.
- في حوض النيل الأزرق تم ملاحظة تدريجاتأعلى من المألوف في الأقسام الرسوبية المحتوية على طبقات الملح.
- تم دراسة بعض الآبار في حوض مالوت بمنطقة الصدوع بالنيل الأبيض وحوض النيل الأزرق بمنطقة الصدوع بالنيل الأزرق تظهر بيانات هذه الآبار نفس نزعة حوض المجلد. [3]

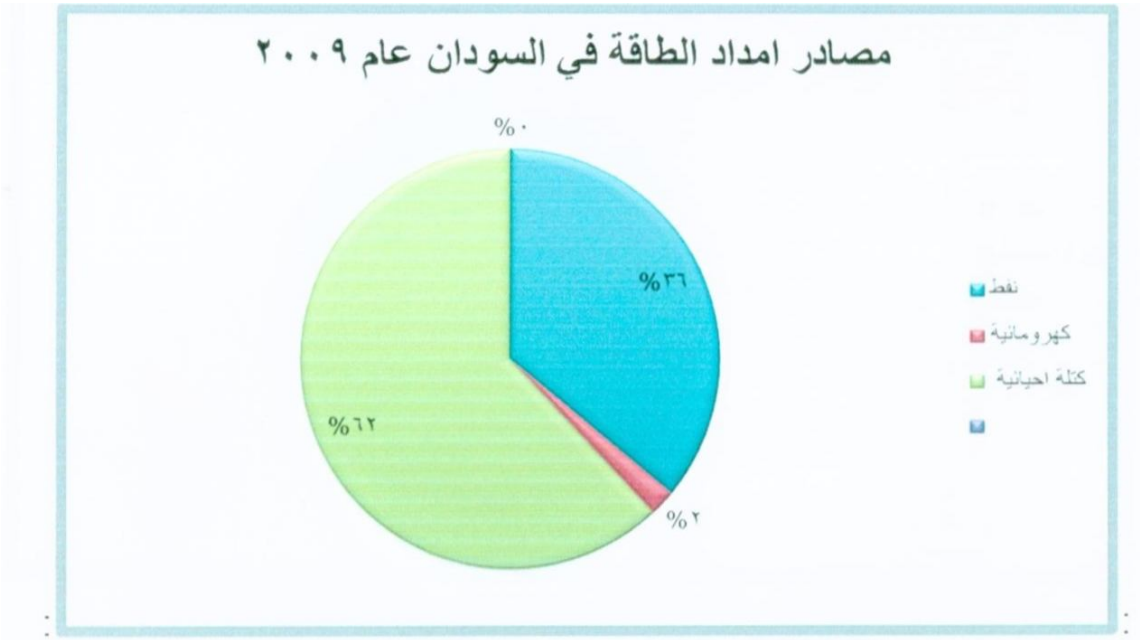
5-4 الطاقة الكامنة لحرارة باطن الأرض:

بسبب بيئتها الجيولوجية فان مناطق الصدوع بوسط السودان جذابة نظرياللحصول على طاقة حرارة باطن الأرض ومع ذلك فان بيانات درجة حرارة الحفر لا تشير إلى مدى سمك القشرة الأرضية في هذه المنطقة أو وجود مناطق ذات حرارة باطن الأرض كامنة

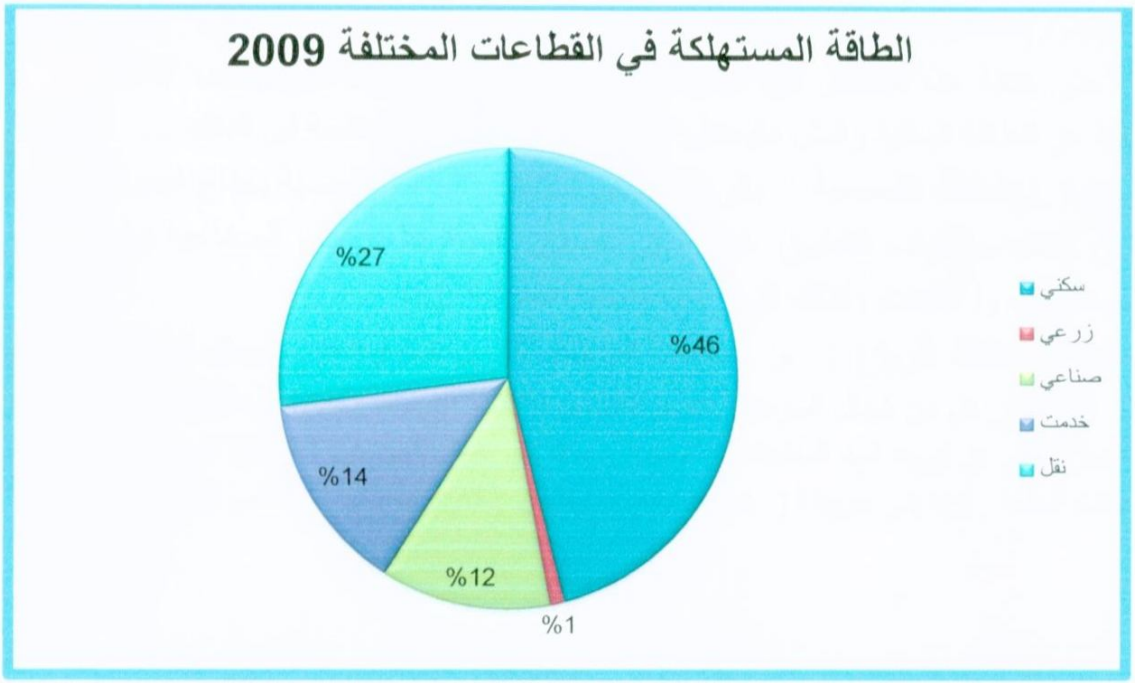
بها بالقرب من السطح تشير البيانات في الواقع إلىأنالتدريجات في درجة الحرارة السطحية متساوية أو اقل من متوسط الأرقام لمختلف أنحاء العالم للأحواض الرسوبية. بيانات التدرج في درجات الحرارة لا تظهر بعد الاتجاهات المثيرة للاهتمام والتي يمكن ان تستند عليها الدراسات المستقبلية ومع ذلك لم تسجل درجات حرارة اكبر من 136 درجة مئوية في الآبار ذات أعماق حتى 4000 متر وهي اقل بكثير من درجات الحرارة 200إلى300 درجة مئوية المطلوبة لإنتاج بخار ذا محتوى حراري عالي للتوليد الكهربائي. [3]

6-4 موارد الطاقة المتجددة في السودان:

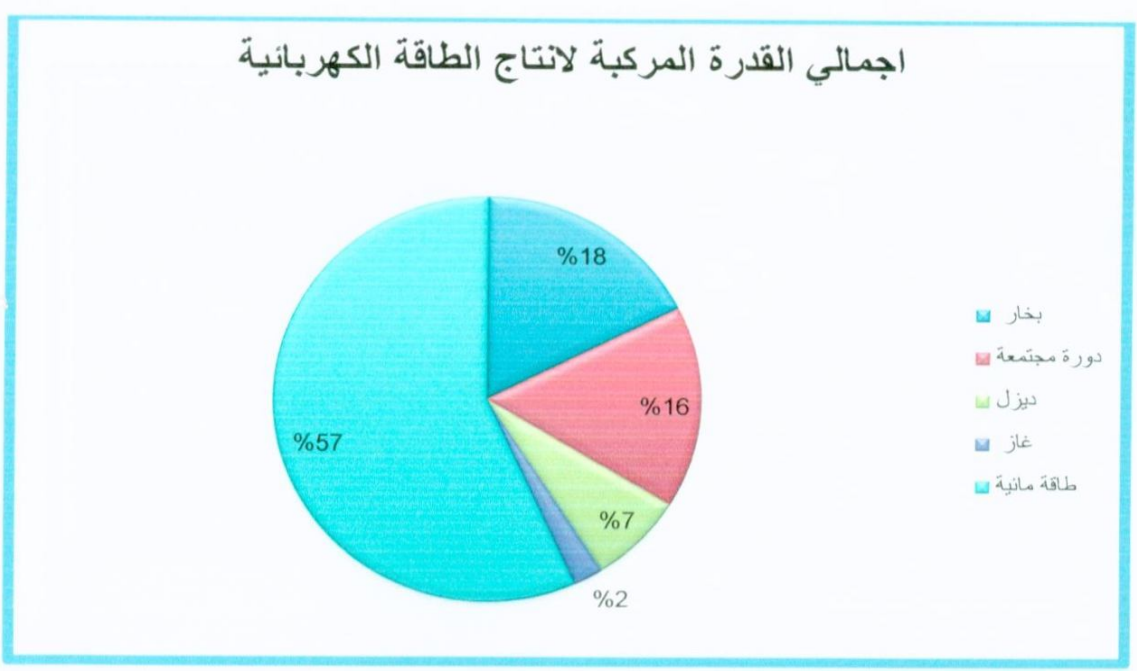
إنأزمة الطاقة الحالية تتضح في الفرق في العرض والطلب فتتعدد مظاهر وآثار هذه الفجوة حسب مصادر وأنواع الطاقة المختلفة فبالنسبة للبترول فتتضح الفجوة في نظام الحصص الدائم وبالنسبة للكهرباء نجد فصل الحملة ونظام القطع المبرمج وازدياد التوليد الذاتي بصورة سريعة في الأعواماالأخيرة أما الغابات فقد انحسرت بسرعة شديدة نتيجة الطلب المتزايد علي الفحم والحطب ولعدم التشجير والشكل(4-1)يوضح إمدادات الطاقة في السودان من القطاعات الرئيسية:



شكل (4-1) يوضح مصادر إمدادات الطاقة في السودان لعام 2009[5]



شكل (4-2) يوضح الطاقة المستهلكة في القطاعات المختلفة لعام 2009[5]



شكل (4-3) يوضح إجمالي القدرة المركبة لإنتاج الطاقة الكهربائية[5]

إجمالي الطاقة المنتجة هي 2232 ميغا وات

(4-7) معدلات استخدام السودان للطاقات المتجددة:

حتى كتابة هذه الأسطرأن المصدر الوحيد للطاقة المتجددة الذي يعتمده السودان لتوليد الطاقة هو الطاقة المائية وتمثل ما يعادل 2% من الطاقة الكلية الكلبية المنتجة في البلاد.

(4-7-1) الطاقة الشمسية: بالرغم من أن استغلال الطاقة الشمسية يحتاج لبحوث مكثفة إلاأن هناك إمكانيات للتطبيق خاصة في تسخين المياه للأغراض الصناعية وفي الفنادق والمستشفيات والتكنات وكذلك في الاستخدامات المنزلية. [5]

(4-7-2) طاقة الرياح: من معلومات الأرصاد الجوي المتوفرة فان استعمال الطواحين الهوائية لتوليد الطاقة في كل من شمال السودان،البحر الأحمروالإقليمالأوسط وشمالكرد فان ودارفور يمكن إن يتم بنجاح على أن توجه لسد الحاجات الأساسية، مثلا في ضخ المياه في المناطق المعزولة من الخدمات العامة.[4]

طاقة باطن الأرض:

- تكلفة إنشاء محطة صغيرة (اقل من 300 كيلوات)

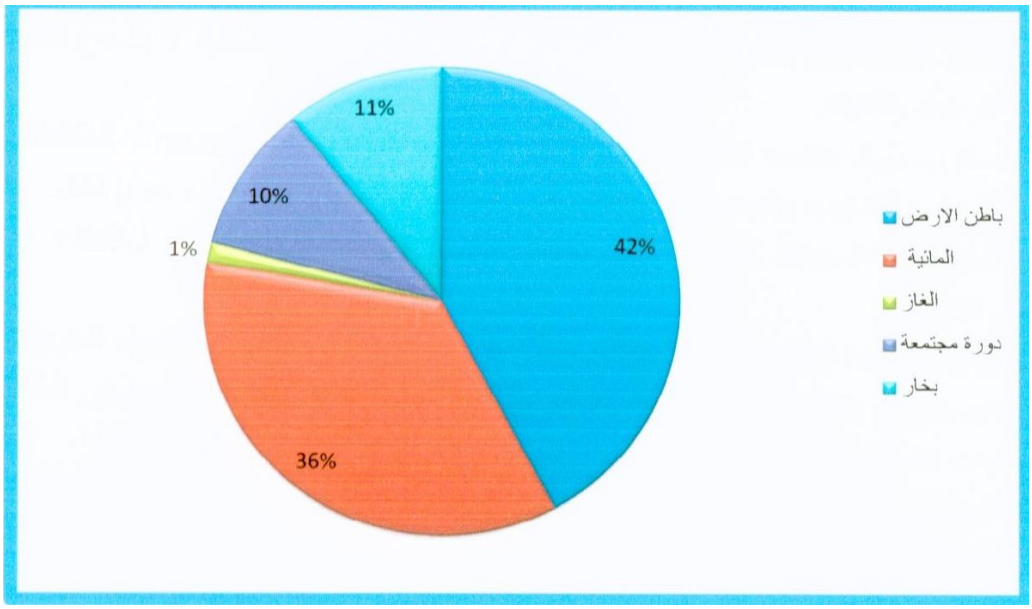
رأس المال الكلي للآلاف الدولارات$US	1300
	50%من رأس المال الكلي
محطة الكهرباء	50%من رأس المال الكلي
الإنتاج السنوي (MWH)	2100
تكلفة الكيلوات ساعة ($US)	0.089

- تكلفة إنشاء محطة لتوليد طاقة حرارة باطن الأرضذو السعات الكبيرة (50MW)

البند	**الحدالأدنى للتكلفة لآلاف الدولارات (US$000)**	**الحد الأعلى للتكلفة لآلاف الدولارات (US$000)**
الإيجار	50	500
الاستكشاف لكل بئر	750	2500
الاستكشاف الكلي	3000	6000
تطوير المشروع ودراسة الجدوى	250	2300
تطوير البئر الحقلي	28000	32000
الآبار المنتجة (10)	20000	20000
الآبار الحقن (2)	4000	4000
احتياطي الطوارئ		4000
تكلفة التوليد	50000	60000
الفائدة أثناء التركيب	5628	7978
رأس المال الكلي	86878	108278
لتشغيل وصيانة	4344	5414
التكلفة السنوية	15421	19219

[3]

التصوير العام للطاقة إذااستثمرت طاقة الأرض بمعدل ثلاث محطات في ثلاث مناطق مختلفة (محطات كبيرة)



شكل (4) يوضح التصور العام للطاقة إذا استثمرت طاقة باطن الأرض بمعدل ثلاثمناطق مختلفة (محطات كبيرة)[4]

(8-4) اعتبارات البيئة: Environment Consideration

الماء والبخار الصادر من أي نظام هيدروحراري يحتوي الآتي:

- مواد صلبة مذابة في الماء
- جسيمات صلبة عالقة.
- غازات غير قابلة للتكلفة (H_2، CO_2، N_2، NH_3،H_2S)
- رمال.

ويجب إزالة المواد الصلبة السابقة والغازات غير المكثفة قبل استخدام البخار أو الماء لتوليد القدرة وهذا يخلق المشاكل البيئية التالية:

- دخل الغازات غير القابلة للتكثيفإلى المعدة مع المائع وتهرب جزئيا إلى الهواء الجوي عبر فاصلات الجسيمات الطاردة المركزية ، طاردات المكثف وأبراج التبريد.
- يجب أن يصمم طارد الغازات تصميما خاصاللتعامل مع كميات كبيرة من الغازات غير القابلة للتكثيف مقارنة مع وحدات قدرة البخار التقليدية.
- الفعل الأكال لهذه الغازات في الظروف المبللة بتطلب استخدام صلب لا يصدع لتداول البخار الرطب وتكثيفه.
- مطلوب مواد خاصة للإنشاءات لتربينات البخار، الفوهات nozzles، المكثفات، أبراج التبريد، الأنابيب والصمامات والإنشاءات المفتوحة بسب وجود هواء جوي أكال.
- تحتاج كل المعدات الكهربية إلى نحاس محمي لمواجهة الفعل الأكال لـH2S على النحاس العاري.
- H_2S،NH_3 آكلان وسامان ولذلك هناك اعتراض على هروبهما إلى الهواء الجوي.
- الاستخراج الكبير للموائع الحراريةالأرضيةوا ٍعادة الحقن إلىالأرض يعرض المنطقة لاضطرابات السيزمية.
- العوادم، تصريفات الماء والرواسب وفصل الطرد المركزي هي مصادر للتلوث الضوضائي ولذلك يجب تركيب كاتمات للصوت.
- الماء المدفوع من باطن الأرض يحمل كميات كبيرة من الرمال التي تؤدي إلى تآكل متزايد ومشاكل تقشر. [2]

المقترحات والتوصيات:

- السودان به عدد من المناطق المواتية جيولوجيالتنمية الطاقة الحرارية الأرضية.
- لا يمكن قياس موارد هذه المناطق كمياً في الوقت الحاضر بسبب عدم توفر البيانات الكافية.
- الطاقة الحرارية الأرضية تعتبر بديلا قابلا للتطبيق ولا سيما في ظل نظام كنظام السودان الذي يعتمد اعتمادا كبيرا على المنتجات النفطية المستوردة بنسبة كبيرة من الطاقة.
- الاستعراض الحالي للطاقة الحرارية الأرضية يشير إلى العديد من المناطق التي ينبغي أن تعطي أولوية عالية للإجراء تحقيقات في المستقبل. وتشمل هذه المناطق كل من مجمع جبل مر ة البركاني والمناطق المتاخمة له، الحقل البركاني في صحراء بيوضة، منطقة سواكن على ساحل البحر الأحمر.
- المناطق الأخرى من الصخور البركانية التي من المحتمل أن بها بعض الإمكانيات البركانية القريبة من الحدود الأثيوبية أن هذه المناطق قد تكون لتنمية الطاقة الحرارية الأرضية ولكن بسبب محدودية مداها أوأنها مواقع نائية فهي تعتبر كأهداف اقل جاذبية للاستكشاف.
- بيانات درجات الحرارية الموجودة في مناطق الصدوع الوسطي في السودان لا تؤيد جدا فقد نفذت عمليات الحفر في مناطق قليلة فقط المزيد من الدراسات لها ما يبررها في هذه المناطق على الرغم من أنها ينبغي أن تعطي أولوية اقل من المناطق البركانية والمناطق الساحلية بالبحر الأحمر المذكورة أعلاه.
- لا توجد بيانات كافية للسماح بإدراج موارد الحرارة الجوفية في أي من مخططا التوليد طويل المدى لتوليد الطاقة.

المراجع والمصادر:

[1]نظم الطاقات المتجددة(التكنولوجيا – الحسابات) -تأليف:Volker quashing - ترجمة: د.م بسام حمود-مراجعة: م.نزيه يأنس-المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر (دمشق) -الطبعة الثالثة 2004م.

[2] مصادر وأنظمة الطاقات الجديدة و المتجددة -تأليف: م.وجيد مصطفى أحمد - دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع(القاهرة) -الطبعة الأولي 2009م.

[3]مصادر طاقة حرارة باطن الأرض في السودان -وزارة الكهرباء والسدود- إدارة الطاقات المتجددة والبديلة – قسم باطن الأرض -مايو2011م.

[4]موارد ومشاريع الطاقة المتجددة في السودان – ورشة عمل حول توسيع نطاقات استخدام الطاقات المتجددة في المناطق الريفية للبلدان الأعضاء في الاسكوا.

م. قصي محجوب محمد-بيروت لبنان-فبراير 2012 م.

[5] الخطة القومية للطاقة – مكتب شؤون الطاقة 1985م.

[6] الطاقات المتجددة والبديلة وآفاق استخدامها في العالم العربي.

د. سيد عاشور أحمد - مطبعة جامعة أسيوط