الطاقات المتجددة

المحاضرة (٨)

الطاقة الجوفية الحرارية

نظري

الدكتور داود ملوك

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الطاقة الجوفية الحرارية

تعتبر الأرض خزانا ضخما للحرارة التي يُعتقد بأن لها مصدرين :الأول هو أن الأرض كانت كتلة غازية ساخنة جدا ومع مرور الزمن بردت قشرتها وتصلبت نتيجة تماسها المباشر مع الفضاء الخارجي، أما الجزء الداخلي فمازالت حرارته عالية جدا. والاحتمال الثاني هو أن حرارة الأرض هي الحرارة الناتجة عن الإشعاعات الصادرة من المواد المشعة، ولهذا السبب يسمي بعض العلماء الطاقة الجوفية الحرارية بالطاقة النووية الإحفورية (Fossil Nuclear Energy).

يرجع تاريخ وجود الطاقة الجوفية الحرارية إلى زمن نشأة الأرض، حتى أن أسمها مشتق من كلمة "Geo" وتعني أرض، أما "Thermal" فتعني الحرارة، وبالتالي فإن الترجمة الحرفية "Geothermal" هي حرارة الأرض.

عرف الإنسان الطاقة الجوفية الحرارية أو طاقة باطن الأرض أو كما تسمى في بعض المراجع الطاقة الجيوحرارية، منذ ألاف السنين واستخدمها لتلبية بعض أغراضه بشكل يتلاءم مع ومستوى المعرفة التي يمتلكها الإنسان في ذلك الوقت، على سبيل المثال – لا الحصر – فقد عرف الإنسان فوائد الاستشفاء في الينابيع الحارة منذ فترات بعيدة ومازالت هذه الينابيع موجودة وقيد الاستعمال لأغراض السياحة والاستشفاء في انحاء مختلفة من العالم، فلو نظرنا إلى العالم العربي لوجدنا توفر هذه الينابيع فى فلسطين والعراق ومصر والجزائر، أما خارج العالم العربي فهناك أوربا حيث توجد الينابيع الحارة في هنغاريا وإيطاليا وأيسلندا.

أدى التطور التكنولوجي الهائل الذي شهده العالم بالإضافة إلى ازدياد حاجات الإنسان للطاقة إلى بناء أول محطة لتوليد الطاقة الكهربائية تستخدم البخار المندفع من باطن الأرض لتدوير التوربينات في إيطاليا عام 1904. اما الأن فهناك العديد من الدول التي تستخدم طاقة باطن الأرض لتوليد الكهرباء ويبين الجدول (١) كميات الطاقة الكهربائية المتولدة في مختلف دول العالم /الجدول للاطلاع/. أما الدول التي استخدمت الطاقة الحرارية مباشرة لأغراض التدفئة والزراعة هي اليابان، والصين، وجورجيا وداغستان. بالإضافة إلى أنه تم تطوير تقنيات متقدمة في فرنسا وبعض الدول الأوربية.

وعلى الرغم من أن بعض المختصين يعتقدون أن الطاقة الحرارية الباطنية غير متجددة بسبب فتور الينابيع وتوقف نفثها للبخار، إلا انها تشترك مع مصادر الطاقة غير التقليدية بكونها نظيفة وطبيعية وتختلف عن المصادر التقليدية مثل النفط والغاز.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الدولة	الانتاج عام 1995 بـ MW	الانتاج عام 2000 بـ MW	الدولة	الانتاج عام 1995 بـ MW	الانتاج عام 2000 بـ MW
الولايات المتحدة	2817	2228	كينيا	45	45
الفلبين	1227	1909	كواتيمالا	33	33
ايطاليا	632	785	الصين	29	29
المكسيك	753	755	روسيا	11	23
اندونيسيا	310	590	تركيا	20	I 20
اليابان	414	547	البرتغال	5	16
نيوزلندا	186	437	إثيوبيا	0	8
أيسلندا	50	170	فرنسا	4	4
السلفادور	105	161	تايلندا	0.3	0.3
كوستاريكا	55	142	استراليا	0.2	0.2
نيكاراغوا	70	70	الارجنتين	0.7	0

الجدول (١) مصادر الطاقة الباطنية الأرضية في مختلف انحاء العالم /للاطلاع/

أصل طاقة باطن الأرض:

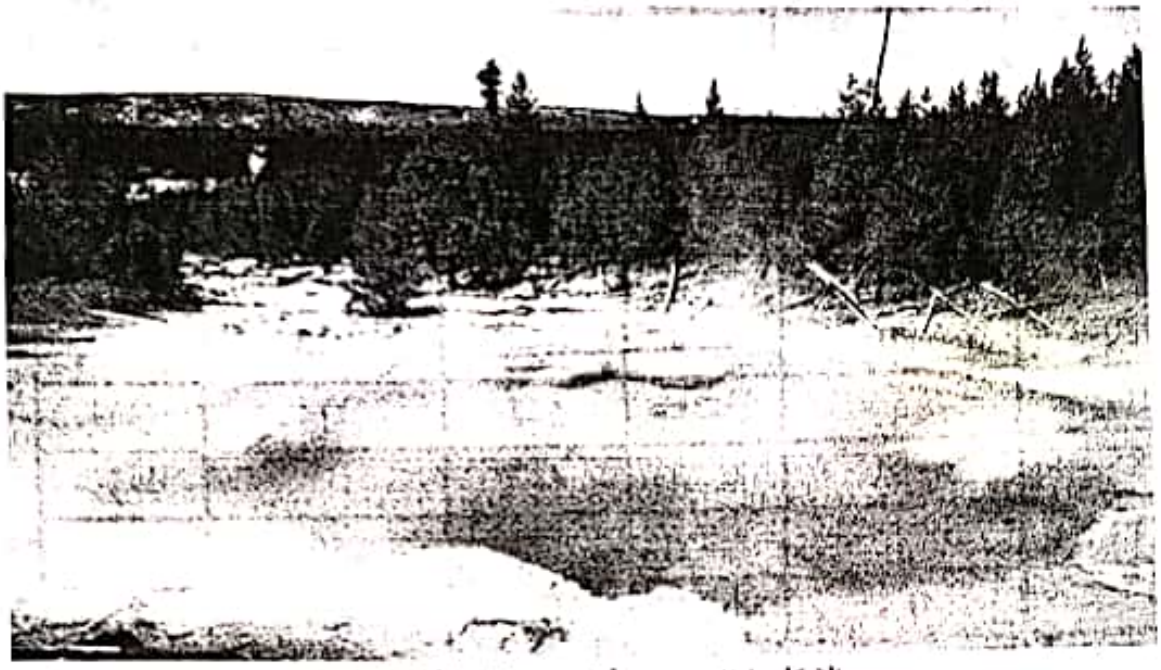
تتركب الارض من أربعة أقسام رئيسية كما هو مبين في الشكل (١) وهي :

١- القشرة اليابسة (Lithospere):

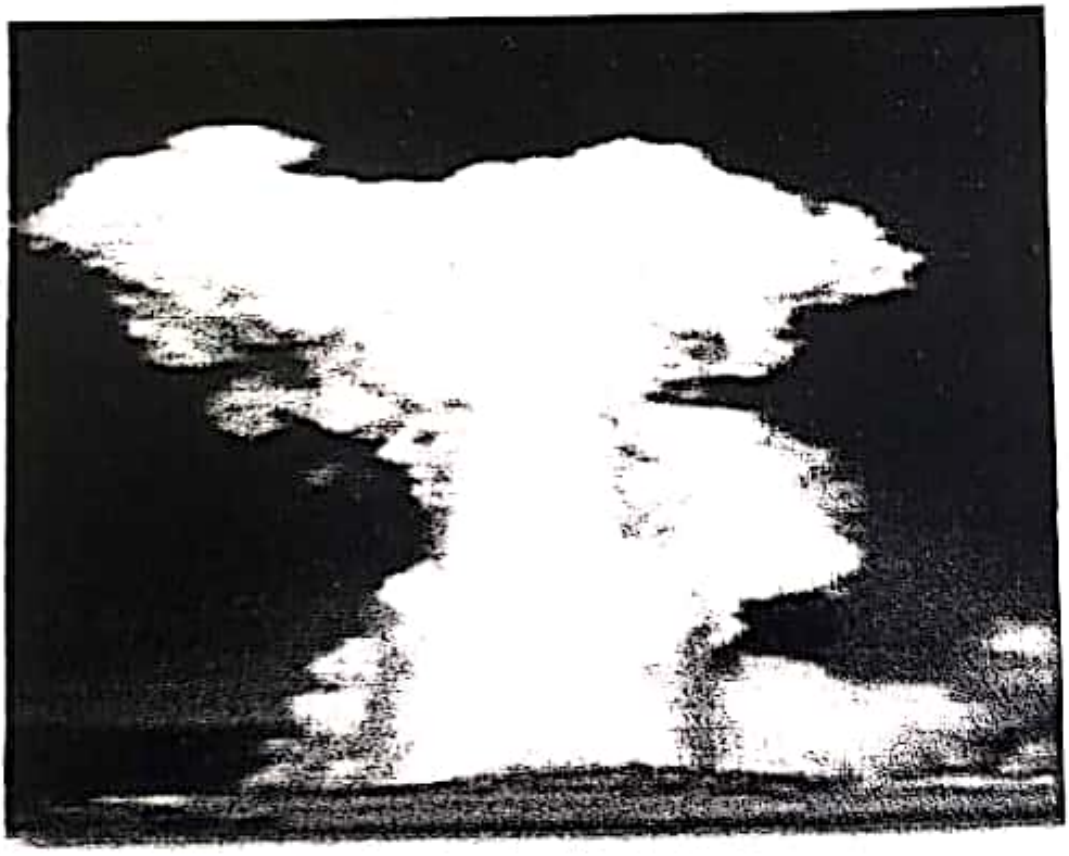
تنقسم هذه الطبقة إلى جزأين هما القشرة (Crust) والوشاح الخارجي (Upper mantle)، ويتراوح سمك القشرة اليابسة من 100 Km – 0، وتشكل ما يقارب 1.5 % من حجم الأرض وترتفع درجة الحرارة فيها إلى حوالي 1000 C°، والجدير بالذكر أن مصادر الطاقة الحرارية الأرضية التي نتكلم عنها تقع في طبقة القشرة. وتزداد درجة حرارة القشرة بمعدل 30 C° لكل كيلومتر عمقاً، أي إذا كانت درجة الحرارة على السطح 20 C° فإنه على عمق 1 Km ستكون 50 C°، وهو ما يعني أننا إذا تعمقنا في باطن الأرض حوالي ثلاثة آلاف متر فسنجد أن درجة الحرارة ستكون كافية لغلي الماء. مع زيادة العمق في باطن الأرض نجد أن الماء يصنع له مسارات قريبة من الصخور الساخنة وبالتالي ترتفع درجة حرارته ليغلي ثم يتحول إلي بخار تصل درجة حرارته إلى حوالي 150 C°. عندما يصعد الماء الساخن في الشقوق الموجودة بباطن الأرض إلي سطحها يتكون ما يسمي العيون الحارة أو ينبوع ساخن "Hot Spring" كما هو مبين في الشكل (٢) /الشكل للاطلاع/، ويتميز هذا الينبوع بان ماءه

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

متجددة وفي حركة مستمرة ولكن هادئة، أما إذا خرج البخار والماء الساخن مندفعين فوق سطح الأرض فهو يسمى السخانات أو فوار ساخن "Geyser" كما في الشكل (٣) /الشكل للاطلاع/



الشكل (٢) صورة لينبوع ساخن /للاطلاع/



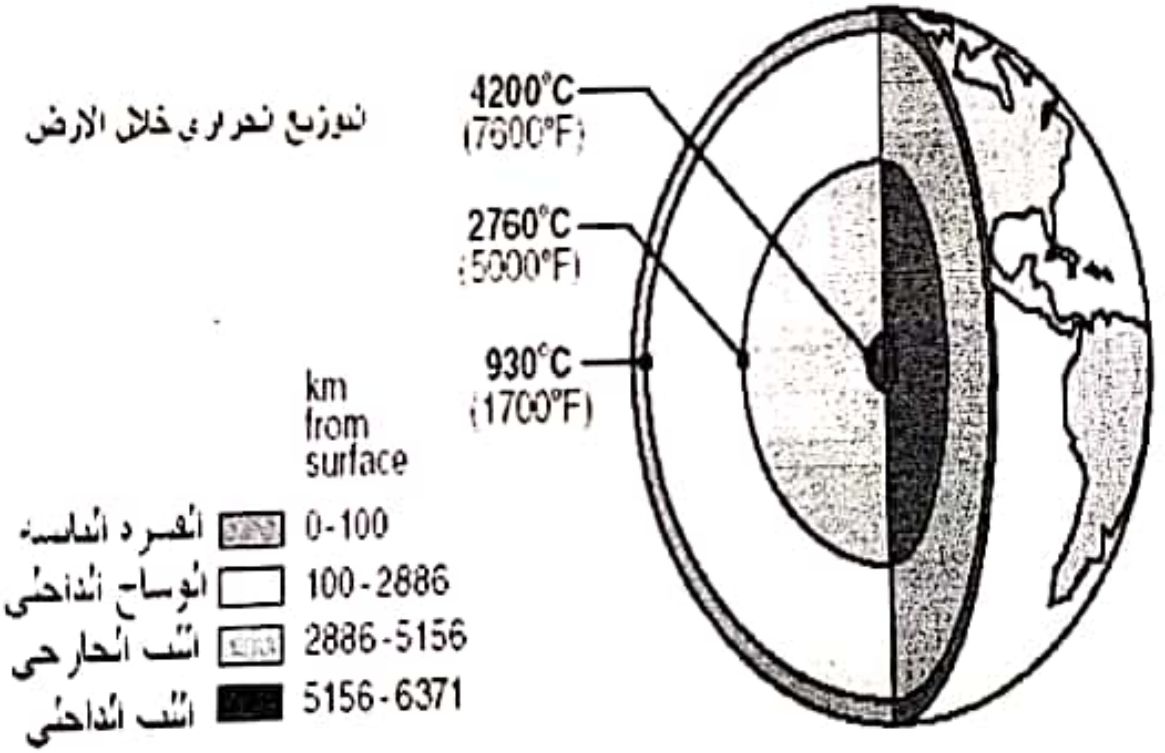
الشكل (٣) صورة لفوار ساخن /للاطلاع/

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

٢- الوشاح الداخلي (Inner mantle):
ويقع تحت القشرة اليابسة ويمتد إلى عمق 2886 Km تقريباً ويشكل 82.3 % من مجمل حجم الأرض، وتصل درجة الحرارة فيه إلى 2760 C°.

٣- اللب الخارجي (Outer core):
ويقع تحت الوشاح ويمتد إلى عمق 5156 Km تقريباً.

٤- اللب الداخلي (Inner core):
ويشغل القسم المتبقي من الأرض وتصل درجة الحرارة فيه إلى 4000 C°. ويبلغ حجم اللب الداخلي مع الخارجي ما يقارب 16.2 % من مجمل حجم الأرض.



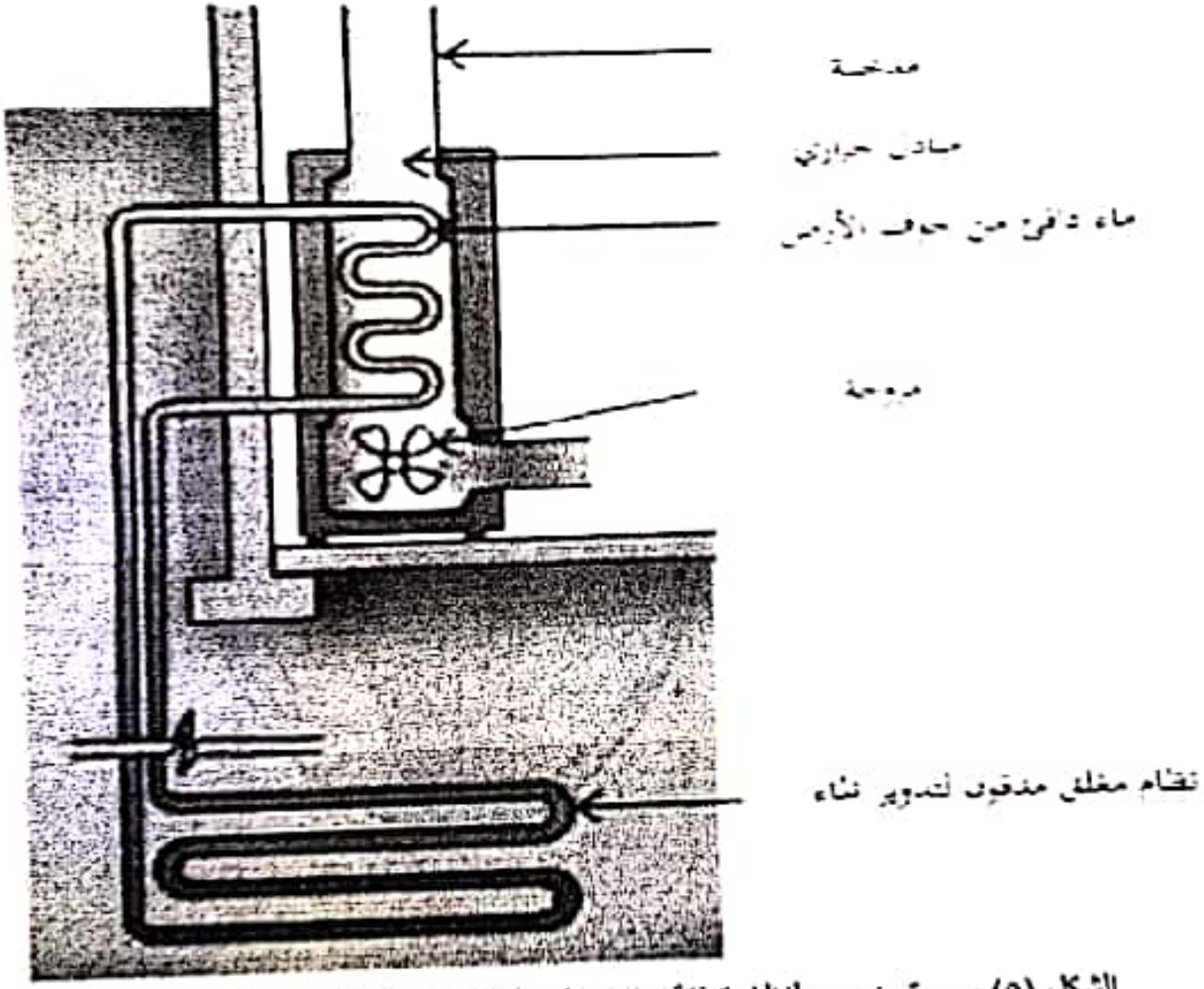
الشكل (١) التوزع الحراري خلال طبقات الأرض

استخدام الطاقة الجوفية الحرارية

١- استخدام الطاقة الجوفية الحرارية في التدفئة:
يتم استخدام المياه الدافئة في تدفئة المنازل وذلك بضخها في شبكة من المواسير المعزولة والممتدة لعدة كيلومترات داخل المنازل والفنادق والمناطق الأخرى المراد تدفئتها، وتوجد العديد من المنازل في مناطق كثيرة بالعالم تستخدم هذه الأنظمة في عمليات التدفئة.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

يمكن استخدام طاقة باطن الأرض في تشغيل مضخة حرارية "Heat Pump" اعتماداً على فرق درجات الحرارة بين سطح وباطن الأرض، فدرجة الحرارة علي عمق ثلاثة أمتار من سطح الأرض غالبا ما تتراوح بين 10 و 16 درجة مئوية وهو ما يفسر كون الغرف الموجودة أسفل البنايات رطبة وذات درجة حرارة منخفضة، وفكرة استخدم المضخة الحرارية في تدفئة هذه الغرف تتلخص في مد شبكة من المواسير المعزولة والمدفونة - أسفل هذه الغرف - تحتوي المياه الساخنة أو البخار الصادر من باطن الأرض لتصل إلي مضخة حرارية أو مبادل حراري "Heat Exchange" يتولى نقل الحرارة إلى تلك الغرف، كما هو مبين في الشكل (٥).



الشكل (٥) رسم توضيحي لنظام تدفئة يعتمد على الطاقة الجوفية الحرارية

٢- استخدام الطاقة الجوفية الحرارية في توليد الكهرباء:

توجد العديد من المنظومات لاستغلال طاقة باطن الأرض وتختلف اعتماداً على نوعية الطاقة المتوفرة في باطن الأرض وسنسلط الضوء على أهم هذه المنظومات وهي أنظمة البخار الجاف وأنظمة الماء الساخن وأنظمة الصخور الساخنة.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

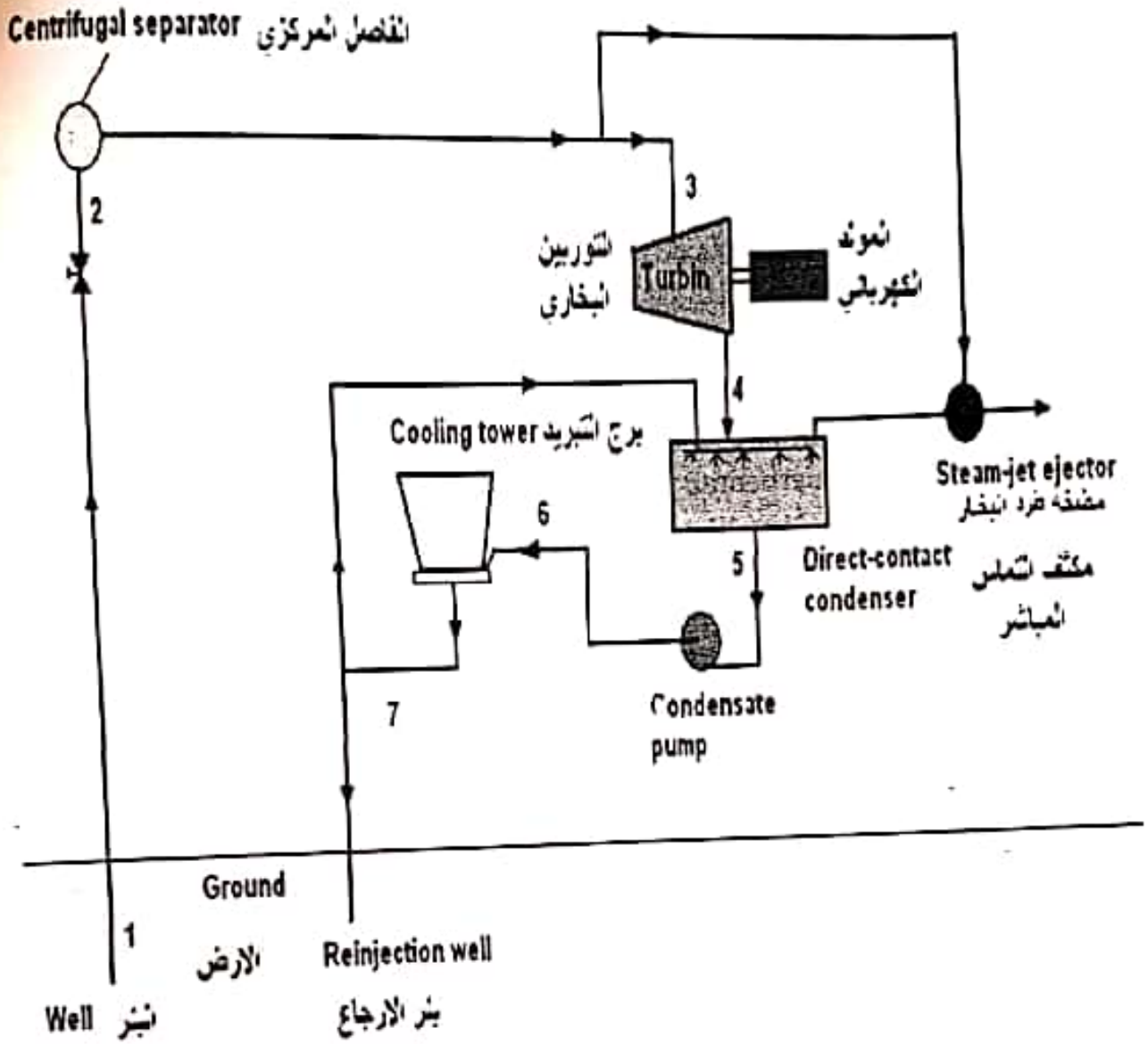
أ- أنظمة البخار الجاف (Dry steam system):

يتم إنشاء هذه الأنظمة في الأماكن التي يتوفر البخار غير المختلط بالسوائل، حيث تكون الطبيعة الغالبة لهذه الأنظمة وجود خزانات من ابخرة الماء على درجات حرارة عالية تصل إلى 205 C° وضغط مقداره 8 bar. ويتم الاستفادة مباشرة من البخار المتدفق لتشغيل التوربينات ومنه توليد الكهرباء. وتعتبر هذه الأنظمة الأكثر ملائمة لأغراض توليد الطاقة الكهربائية إذ إن المطلوب لا يتعدى القيام بعمليات الحفر لإتاحة المجال امام البخار ليندفع إلى السطح ومن ثم نقل هذا البخار إلى التوربينات لتشغيلها وتوليد الكهرباء.

يبين الشكل (٦) إحدى المنظومات المستخدمة لهذا الغرض حيث يخرج البخار المشبع من البئر (النقطة ١) بدرجة حرارة تصل إلى 205 C°، يتعرض البخار المشبع إلى عمليات خنق خلال الصمام فيتحول إلى بخار محمص (Superheated steam) (النقطة ٢)، يمر البخار المحمص إلى الفاصل المركزي (Centrifugal separator) لإزالة المواد العالقة مثل الرمل وفي نفس الوقت يتعرض إلى عملية خنق لزيادة درجة تحميصه، يدخل البخار إلى التوربين عند النقطة (٣) ليتمدد داخله ويقوم بتدوير التوربين المربوط إلى مولد كهربائي لتوليد الطاقة الكهرباء، يخرج البخار من التوربين عند النقطة (٤) ليدخل إلى المكثف (مكثف التماس المباشر) ليختلط مع الماء البارد القادم من أبراج التبريد (النقطة ٧) لينتج ماء (النقطة ٥) والذي يضخ إلى أبراج التبريد (Cooling tower) والقسم الأعظم من الماء الخارج من أبراج التبريد يضخ إلى المكثف والقسم الأخر يعاد مرة أخرى إلى الأرض.

إن الكفاءة الاعتيادية لهذه الدورات لا تزيد عن 30 % رغم أنها تستخدم بخاراً بدرجات حرارة عالية، وإن وجود الغازات الغير قابلة للتكثيف مع البخار تقلل من كفاءة المحطة ويؤثر على جدواها الاقتصادية وعلى تلوث البيئة لذا يتم التخلص منها ومن الغازات الآكلة للمكثف عن طريق مضخة طرد البخار (Steam jet ejector). وتنتشر محطات البخار الجاف في إيطاليا واليابان والولايات المتحدة الأمريكية وايسلندا.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



الشكل (٦) مخطط بسيط لمحطة جيوحرارية تعمل بنظام البخار الجاف

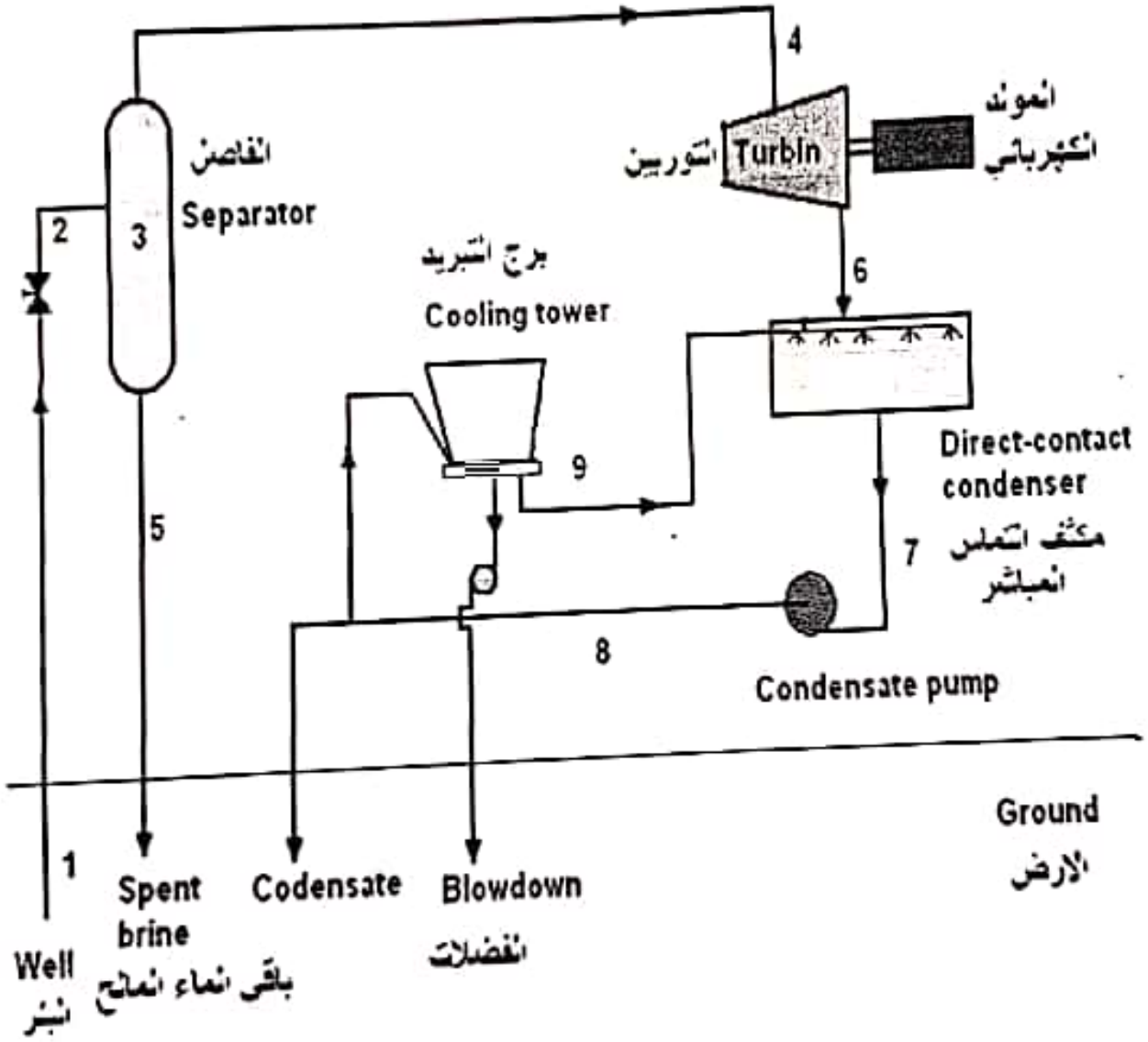
ب - أنظمة الماء الساخن (Hot water system)

تُنشأ هذه الأنظمة في المناطق التي يتوفر فيها ماء ساخن بدرجات حرارة عالية تتراوح بين (150 – 350 C°) وتحت ضغوط عالية أيضاً. وتتميز منظومات الماء الساخن باحتواء الماء المستخرج من باطن الأرض على كميات كبيرة من المواد العالقة والرمل التي تتراوح نسبتها بين (3000 – 25000 ppm) ونسبة الملوحة تتراوح بين (4 – 10 %) وتكون عادة مشبعة بغاز الميثان.

يُستخدم هذا النظام في المواقع التي تحتوي على ماء ساخن بدرجات حرارة عالية كما في الشكل (٧)، حيث يصل الماء من البئر (النقطة ١) إلى السطح (النقطة ٢) بعد ان يتم خنقه خلال صمام حيث يتحول الماء الساخن إلى بخار رطب. يتم خنق البخار مرة أخرى ويتم فصل الماء عن

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

البخار في الفاصل (Separator) (النقطة ٣) لحماية التوربين من قطيرات الماء التي تسبب تآكل الريش، يتم نقل البخار إلى التوربين بواسطة أنابيب (النقطة ٤) ويعاد الماء المالح (Spent brine) مرة أخرى إلى الأرض (النقطة ٥)، يتمدد البخار خلال التوربين ليتم تدويره وتوليد الطاقة الكهربائية ويخرج البخار من التوربين (النقطة ٦) ليدخل إلى مكثف التماس المباشر حيث يختلط بالماء القادم من أبراج التبريد (النقطة ٩) لينتج ماء (النقطة ٧) والذي يُضخ قسم منه إلى أبراج التبريد (Cooling tower)، والقسم الأخر يعاد مرة أخرى إلى الأرض. تُستخدم هذه المنظومات في الوقت الحاضر في اليابان وإيطاليا ونيوزلندا.



الشكل (٧) مخطط بسيط لأحد انظمة الماء الساخن

ج – أنظمة الصخور الساخنة

إن هذا المصدر هو الأكثر شيوعاً ويشكل حوالي 99 % من مجموع مصادر الطاقة الجيوحرارية على سطح الأرض، إذ إن درجة الحرارة تزداد مع العمق وقد تصل إلى عدة

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

منات من الدرجات المئوية على اعماق لا تزيد عن كيلو مترات قليلة، وحيث ان تكنولوجيا الحفر قد شهدت الكثير من التطور بفعل حفر آبار النفط مما يشكل أرضية واسعة لاستغلال هذا المصدر المهم. إن احد العوائق الرئيسية في وجه استغلال هذا المصدر هو كيفية نقل الحرارة من باطن الأرض إلى سطحها والفكرة الرئيسية هي ضخ كميات من المياه إلى باطن الأرض بحيث تصل إلى هذه الصخور الساخنة فتسخن وتتبخر ثم تعود إلى السطح بخاراً يستعمل في توليد الطاقة الكهربائية. ومن المعروف أن الصخور موصلات رديئة للحرارة لذا فإن انتقال الحرارة من الطبقات الصخرية إلى الطبقات الأبرد بطيء نسبياً، ومن أجل الحصول على أكبر قدر ممكن من الحرارة يستلزم الأمر استخراج الحرارة من مساحات كبيرة من الصخور للتعويض عن الموصلية الحرارية الرديئة لها ويستلزم بدوره ضخ كميات كبيرة من الماء لتغطية السطح الواسع من الصخور، وبعد استخراج المياه إلى السطح واستعمالها في الأغراض المطلوبة يعاد ضخها مرة أخرى إلى الأرض.

نهاية المحاضرة

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner