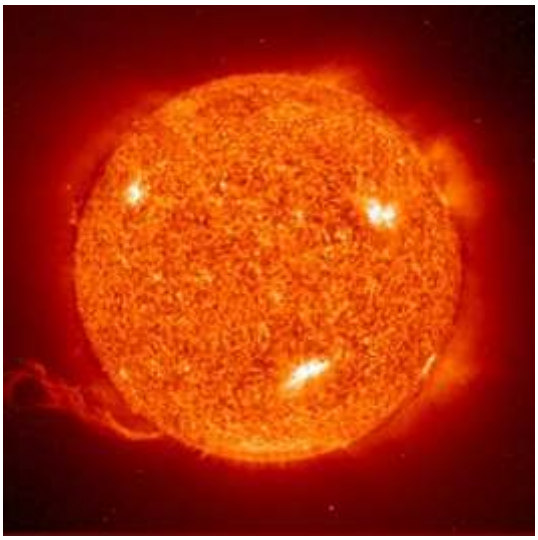
الطاقات المتجددة والبيئة

I. الطاقة الشمسية

1. الطاقة من الشمس



أنتجت الشمس الطاقة لمليارات السنين وهي المصدر النهائي لجميع مصادر الطاقة وأنواع الوقود التي نستخدمها اليوم. استخدم الناس أشعة الشمس (الإشعاع الشمسي) لآلاف السنين للدفء ولتجفيف اللحوم والفواكه والحبوب. بمرور الوقت ، طور الناس تقنيات لتجميع الطاقة الشمسية للتدفئة وتحويلها إلى كهرباء.

رسم توضيحي 1 كانت الطاقة المشعة من الشمس مصدر طاقة الحياة على الأرض لملايين السنين.

2. تجميع واستخدام الطاقة الحرارية الشمسية (الحرارية)

مثال على جهاز تجميع الطاقة الشمسية المبكر هو الفرن الشمسي (صندوق لجمع وامتصاص ضوء الشمس). في ثلاثينيات القرن التاسع عشر ، استخدم عالم الفلك البريطاني جون هيرشل فرنًا شمسيًا لطهي الطعام خلال رحلة استكشافية إلى إفريقيا. يستخدم الناس الآن العديد من التقنيات المختلفة لجمع الإشعاع الشمسي وتحويله إلى طاقة حرارية مفيدة لمجموعة متنوعة من الأغراض.

نستخدم أنظمة الطاقة الحرارية الشمسية للتدفئة

- المياه للاستخدام في المنازل أو المباني أو حمامات السباحة
- داخل البيوت والصوبات والمباني الأخرى
- السوائل لدرجات الحرارة العالية في محطات الطاقة الحرارية الشمسية

تعمل أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية على تحويل ضوء الشمس إلى كهرباء

تقوم الأجهزة الشمسية الكهروضوئية (PV) أو الخلايا الشمسية بتحويل ضوء الشمس مباشرة إلى كهرباء. يمكن للخلايا الكهروضوئية الصغيرة تشغيل الآلات الحاسبة والساعات والأجهزة الإلكترونية الصغيرة الأخرى. يمكن للترتيبات الخاصة بالعديد من الخلايا الشمسية في الألواح الكهروضوئية وترتيبات الألواح الكهروضوئية المتعددة في المصفوفات الكهروضوئية أن تنتج الكهرباء لمنزل بأكمله. تحتوي بعض محطات الطاقة الكهروضوئية على صفائف كبيرة تغطي العديد من الأفدنة لإنتاج الكهرباء لآلاف المنازل.

3. الطاقة الشمسية لها فوائد وبعض القيود

✓ استخدام الطاقة الشمسية له فائدتان رئيسيتان:

- أنظمة الطاقة الشمسية لا تنتج ملوثات الهواء أو ثاني أكسيد الكربون.
- أنظمة الطاقة الشمسية في المباني لها تأثيرات قليلة على البيئة.

✓ الطاقة الشمسية لها أيضًا بعض القيود:

- كمية ضوء الشمس التي تصل إلى سطح الأرض ليست ثابتة. يختلف مقدار ضوء الشمس حسب الموقع والوقت من اليوم وموسم السنة والظروف الجوية.
- كمية ضوء الشمس التي تصل إلى قدم مربع من سطح الأرض صغيرة نسبيًا ، لذا فإن مساحة السطح الكبيرة ضرورية لامتصاص أو تجميع كمية مفيدة من الطاقة.

4. الطاقة الشمسية والبيئة

لا تنتج أنظمة الطاقة الشمسية / محطات الطاقة أي تلوث للهواء أو غازات الدفيئة. يمكن أن يكون لاستخدام الطاقة الشمسية تأثير إيجابي غير مباشر على البيئة عندما تحل الطاقة الشمسية محل مصادر الطاقة الأخرى التي لها تأثيرات أكبر على البيئة أو تقلل من استخدامها.

ومع ذلك ، يتم استخدام بعض المواد والمواد الكيميائية السامة لصنع الخلايا الكهروضوئية (PV) التي تحول ضوء الشمس إلى كهرباء. تستخدم بعض الأنظمة الحرارية الشمسية سوائل قد تكون خطرة لنقل الحرارة. تسرب هذه المواد يمكن أن يضر بالبيئة. تنظم القوانين البيئية استخدام هذه الأنواع من المواد والتخلص منها. كما هو الحال مع أي نوع من محطات الطاقة ، يمكن أن تؤثر محطات الطاقة الشمسية الكبيرة على البيئة بالقرب من مواقعها. قد يكون لتطهير الأرض للبناء ووضع محطة الطاقة آثار طويلة المدى على موائل النباتات والحيوانات المحلية. قد تتطلب بعض محطات الطاقة الشمسية المياه لتنظيف المجمعات والمركزات الشمسية أو لتبريد مولدات التوربينات. قد يؤثر استخدام كميات كبيرة من المياه الجوفية أو المياه السطحية لتنظيف المجمعات في بعض المواقع الجافة على النظم البيئية التي تعتمد على موارد المياه هذه. بالإضافة إلى ذلك ، يمكن لشعاع ضوء الشمس المركز الذي يخلقه برج الطاقة الشمسية أن يقتل الطيور والحشرات التي تتطاير في الشعاع.

رسم توضيحي 2 توفر مجموعة من الألواح الكهروضوئية الشمسية الكهرباء لاستخدامها في مركز القتال الأرضي التابع لسلاح مشاة البحرية في توينتينين بالمز، كاليفورنيا

IV. طاقة الرياح

1. الطاقة من الهواء المتحرك

تحدث الرياح بسبب التسخين غير المتكافئ لسطح الأرض بواسطة الشمس. نظرًا لأن سطح الأرض يتكون من أنواع مختلفة من الأرض والمياه ، فإنه يمتص حرارة الشمس بمعدلات مختلفة. أحد الأمثلة على هذا التسخين غير المتكافئ هو دورة الرياح اليومية.

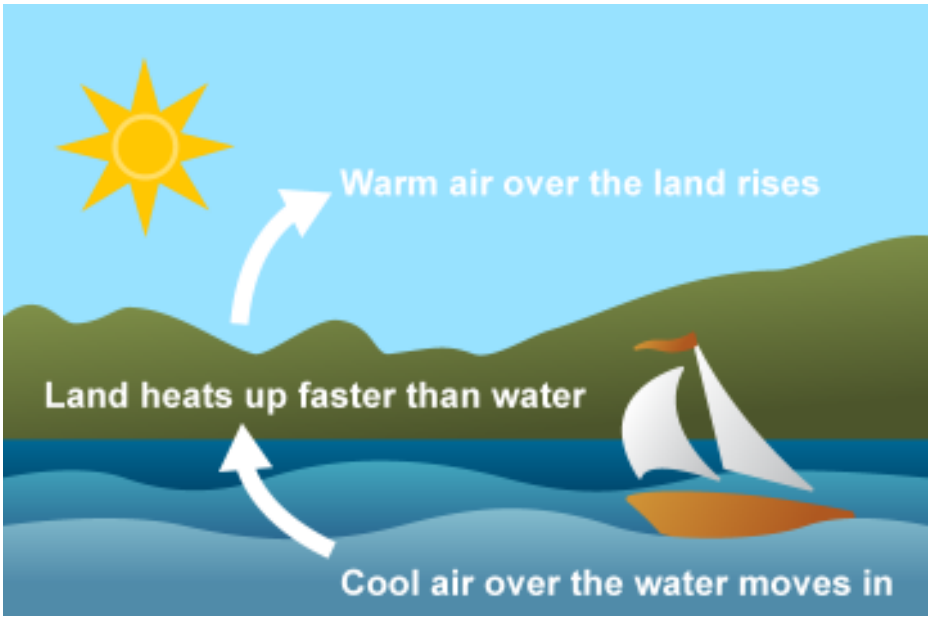
1. دورة الرياح اليومية

خلال النهار ، يسخن الهواء فوق الأرض أسرع من الهواء فوق الماء. يتمدد الهواء الدافئ فوق الأرض ويرتفع ، ويدفع الهواء الأثقل والأبرد إلى الداخل ليحل محله ، ويحدث الرياح. في الليل ، تنعكس الرياح لأن الهواء يبرد على الأرض بسرعة أكبر مما يبرد فوق الماء.

بنفس الطريقة ، يتم إنشاء الرياح الجوية التي تدور حول الأرض لأن الأرض القريبة من خط الاستواء تكون أكثر سخونة من الأرض القريبة من القطب الشمالي والقطب الجنوبي.

1. طاقة الرياح لتوليد الكهرباء

اليوم ، تستخدم طاقة الرياح بشكل أساسي لتوليد الكهرباء. كانت طواحين الهواء التي تعمل بضخ المياه تستخدم في السابق في جميع أنحاء الولايات المتحدة ولا يزال بعضها يعمل في المزارع والمزارع ، بشكل أساسي لتوفير المياه للماشية.



رسم توضيحي 3 كيف يتسبب التسخين غير المتكافئ للمياه والأرض في حدوث الرياح

2. طاقة الرياح والبيئة

الرياح هي مصدر للطاقة خالية من الانبعاثات، الرياح هي مصدر للطاقة المتجددة. بشكل عام ، فإن استخدام الرياح لإنتاج الطاقة له تأثيرات أقل على البيئة من العديد من مصادر الطاقة الأخرى. لا تطلق توربينات الرياح انبعاثات يمكن أن تلوث الهواء أو الماء (مع استثناءات نادرة) ، ولا تتطلب الماء للتبريد. قد تقلل توربينات الرياح أيضًا من كمية توليد الكهرباء من الوقود الأحفوري ، مما يؤدي إلى انخفاض إجمالي تلوث الهواء وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

تمتلك توربينات الرياح الفردية بصمة فيزيائية صغيرة نسبيًا. توجد مجموعات من توربينات الرياح ، تسمى أحيانًا مزارع الرياح ، في أرض مفتوحة ، أو على ارتفاعات جبلية ، أو بعيدًا عن الشاطئ في البحيرات أو المحيط.

رسم توضيحي 4 توربينات الرياح في مشروع سيرو جوردو ، غرب ماسون سيتي ، أيوا

توربينات الرياح لها بعض الآثار السلبية على البيئة

يمكن أن تكون توربينات الرياح الحديثة آلات كبيرة جدًا ، وقد تؤثر بصريًا على المناظر الطبيعية. كما اشتعلت النيران في عدد صغير من توربينات الرياح ، وسرب بعضها سوائل تشحيم ، لكن هذه الحوادث نادرة. بعض الناس لا يحبون الصوت الذي تصدره ريش توربينات الرياح أثناء دورانها مع الري. تتسبب بعض أنواع توربينات الرياح ومشاريع الرياح في نفوق الطيور والخفافيش. قد تساهم هذه الوفيات في انخفاض أعداد الأنواع المتأثرة أيضًا بالتأثيرات الأخرى ذات الصلة بالإنسان. تبحث صناعة طاقة الرياح والحكومة الأمريكية عن طرق لتقليل تأثير توربينات الرياح على الطيور والخفافيش.

تتطلب معظم مشاريع طاقة الرياح على الأرض طرق خدمة تضيف إلى التأثيرات المادية على البيئة. إن إنتاج المعادن والمواد الأخرى المستخدمة في صنع مكونات توربينات الرياح له تأثيرات على البيئة ، وقد يكون قد تم استخدام الوقود الأحفوري لإنتاج المواد.

V. الطاقة الكهرومائية

1. الطاقة المائية هي الطاقة الناتجة عن حركة المياه

للناس تاريخ طويل في استخدام قوة المياه المتدفقة في الجداول والأنهار لإنتاج الطاقة الميكانيكية. كانت الطاقة الكهرومائية أحد المصادر الأولى للطاقة المستخدمة لتوليد الكهرباء وحتى عام 2019، كانت الطاقة الكهرومائية أكبر مصدر لإجمالي توليد الكهرباء السنوية المتجددة في العالم

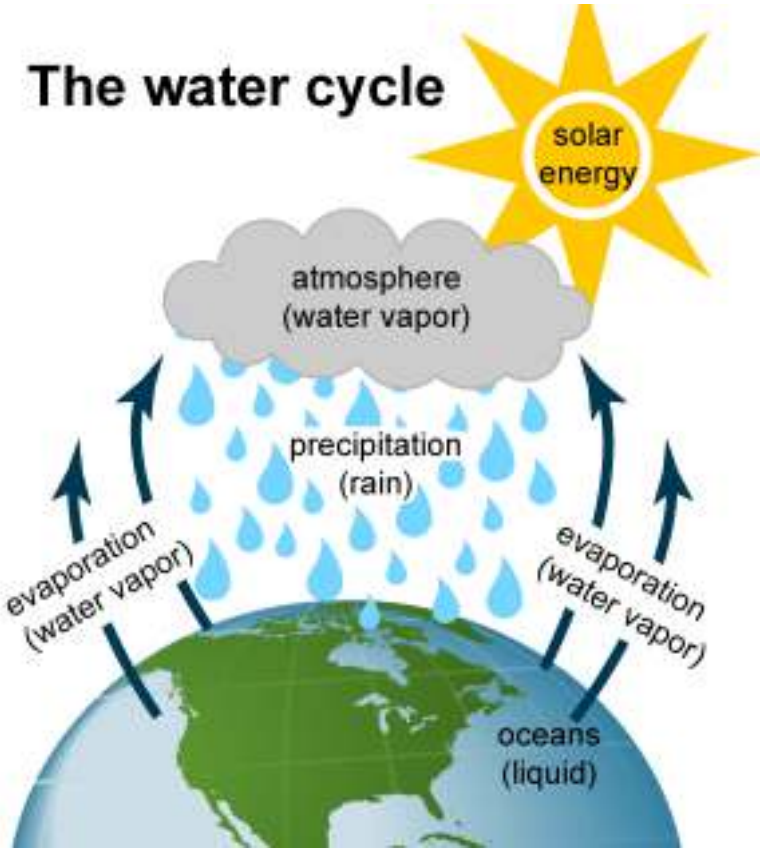
في عام 2019، شكلت الطاقة الكهرومائية حوالي 6.6٪ من إجمالي توليد الكهرباء على نطاق المرافق الأمريكية 1 و 38٪ من إجمالي توليد الكهرباء المتجددة على نطاق المرافق. انخفضت حصة الطاقة الكهرومائية من إجمالي توليد الكهرباء في الولايات المتحدة بمرور الوقت، ويرجع ذلك أساسًا إلى الزيادات في توليد الكهرباء من مصادر أخرى.

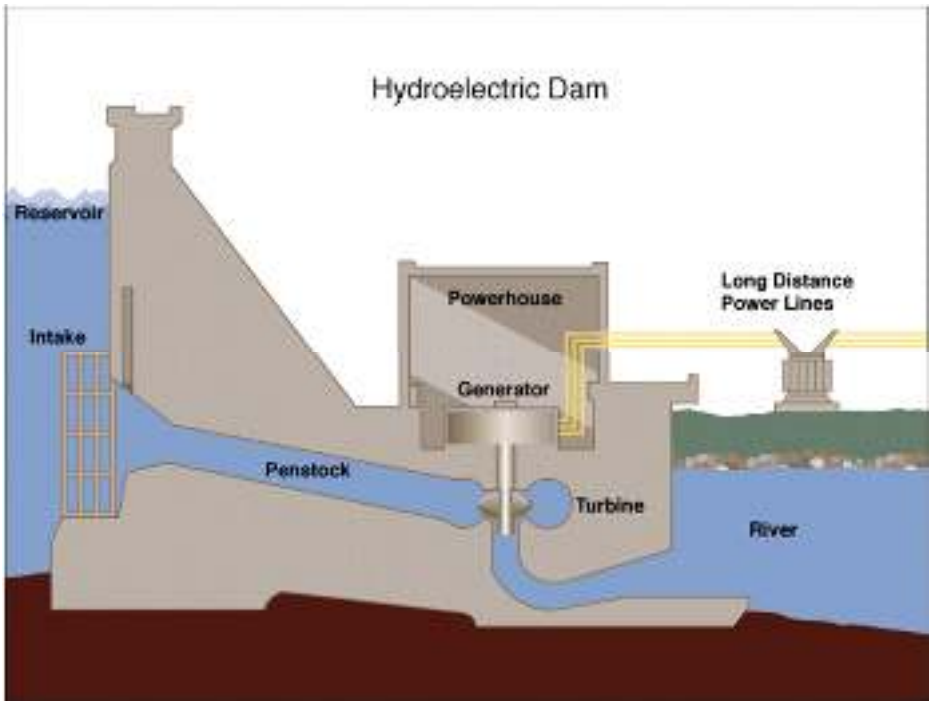
2. تعتمد الطاقة الكهرومائية على دورة المياه

يعد فهم دورة المياه أمرًا مهمًا لفهم الطاقة الكهرومائية. تتكون دورة الماء من ثلاث خطوات:

- تعمل الطاقة الشمسية على تسخين المياه على سطح الأنهار والبحيرات والمحيطات، مما يؤدي إلى تبخر المياه.
- يتكثف بخار الماء على شكل غيوم ويسقط كتساقط - مطر وثلج.
- يتجمع هطول الأمطار في الجداول والأنهار ، التي تصب في المحيطات والبحيرات ، حيث تتبخر وتبدأ الدورة مرة أخرى.

تحدد كمية الأمطار التي تصب في الأنهار والجداول في منطقة جغرافية كمية المياه المتاحة لإنتاج الطاقة الكهرومائية. يمكن أن يكون للتغيرات الموسمية في هطول الأمطار والتغيرات طويلة الأجل في أنماط هطول الأمطار ، مثل حالات الجفاف ، تأثيرات كبيرة على توافر إنتاج الطاقة الكهرومائية.





3. يتم إنتاج الطاقة الكهرومائية بالمياه المتحركة

نظرًا لأن مصدر الطاقة الكهرومائية هو الماء ، فعادة ما توجد محطات الطاقة الكهرومائية على مصدر المياه أو بالقرب منه. يحدد حجم تدفق الماء والتغير في الارتفاع - أو الانخفاض ، وغالبًا ما يشار إليه بالرأس - من نقطة إلى أخرى مقدار الطاقة المتاحة في نقل المياه. بشكل عام، كلما زاد تدفق المياه وارتفع الرأس، زادت الكهرباء التي يمكن أن تنتجها محطة الطاقة الكهرومائية.

في محطات توليد الطاقة الكهرومائية، يتدفق الماء عبر أنبوب ، أو قلم حبر ، ثم يندفع باتجاه التوربينات ويديرها لتدوير المولد لإنتاج الكهرباء.

تشمل المرافق الكهرومائية التقليدية

• أنظمة الجري في النهر، حيث تمارس قوة تيار النهر ضغطًا على التوربينات. قد تحتوي المرافق على سد في مجرى المياه لتحويل تدفق المياه إلى التوربينات المائية.

• أنظمة التخزين، حيث تتراكم المياه في الخزانات التي أنشأتها السدود على الجداول والأنهار ويتم إطلاقها من خلال التوربينات المائية حسب الحاجة لتوليد الكهرباء. تحتوي معظم منشآت الطاقة الكهرومائية في الولايات المتحدة على سدود وخزانات تخزين.

مرافق الطاقة الكهرومائية التي يتم تخزينها بالضخ هي نوع من أنظمة التخزين الكهرومائية حيث يتم ضخ المياه من مصدر المياه إلى خزان التخزين على ارتفاع أعلى ويتم إطلاقها من الخزان العلوي لتوليد الطاقة الكهرومائية الموجودة أسفل الخزان العلوي. يمكن توفير الكهرباء اللازمة للضخ عن طريق التوربينات المائية أو أنواع أخرى من محطات الطاقة بما في ذلك الوقود الأحفوري أو محطات الطاقة النووية. وعادة ما يضخون المياه للتخزين عندما يكون الطلب على الكهرباء وتكاليف التوليد، و / أو عندما تكون أسعار الكهرباء بالجملة منخفضة نسبيًا وتطلق المياه المخزنة لتوليد الكهرباء خلال فترات ذروة الطلب على الكهرباء عندما تكون أسعار الكهرباء بالجملة مرتفعة نسبيًا. تستخدم الأنظمة الكهرومائية التي يتم تخزينها بالضخ مزيدًا من الكهرباء لضخ المياه إلى خزانات تخزين المياه العلوية أكثر مما تنتجه بالمياه المخزنة. لذلك، فإن منشآت الضخ والتخزين لديها صافي أرصدة سلبية لتوليد الكهرباء. تنشر إدارة معلومات الطاقة الأمريكية توليد الكهرباء من محطات الطاقة الكهرومائية للتخزين التي يتم ضخها على أنها توليد سلبي.

4. تاريخ الطاقة الكهرمائية

الطاقة الكهرومائية هي واحدة من أقدم مصادر الطاقة لإنتاج الطاقة الميكانيكية والكهربائية ، وحتى عام 2019 ، كانت أكبر مصدر لإجمالي توليد الكهرباء السنوية المتجددة في الولايات المتحدة. منذ آلاف السنين ، استخدم الناس الطاقة الكهرومائية لتشغيل عجلات المجذاف على الأنهار لطحن الحبوب. قبل توفر الطاقة البخارية والكهرباء في الولايات المتحدة ، كانت مصانع الحبوب والأخشاب تعمل بالطاقة الكهرومائية مباشرة. كان أول استخدام صناعي للطاقة الكهرومائية لتوليد الكهرباء في الولايات المتحدة في عام 1880 لتشغيل 16 مصباحًا من مصابيح قوس الفرشاة في مصنع ولفيرين للكراسي في غراند رابيدز بولاية ميشيغان. افتتحت أول محطة للطاقة الكهرومائية في الولايات المتحدة لبيع الكهرباء على نهر فوكس بالقرب من أبليتون ، ويسكونسن ، في 30 سبتمبر 1882.

هناك حوالي 1460 محطة طاقة مائية تقليدية و 40 محطة طاقة مائية للتخزين بالضخ تعمل في الولايات المتحدة. أقدم منشأة طاقة كهرمائية عاملة في الولايات المتحدة هي مصنع وايتينج في وايتينج بولاية ويسكونسن ، والذي بدأ تشغيله في عام 1891 ويبلغ إجمالي قدرة التوليد حوالي 4 ميجاوات (MW). يتم إنتاج معظم الطاقة الكهرومائية في الولايات المتحدة في السدود الكبيرة على الأنهار الرئيسية ، وقد تم بناء معظم هذه السدود الكهرومائية قبل منتصف السبعينيات من قبل الوكالات الحكومية الفيدرالية. أكبر منشأة للطاقة الكهرومائية في الولايات المتحدة ، وأكبر محطة للطاقة الكهربائية في الولايات المتحدة من حيث القدرة على التوليد ، هي سد جراند كولي المائي على نهر كولومبيا في واشنطن بقدرة توليد إجمالية تبلغ 7070 ميجاوات.

5. الطاقة المائية والبيئة

تنتج مولدات الطاقة الكهرومائية كهرباء نظيفة ، لكن الطاقة الكهرومائية تؤثر على البيئة

تم بناء معظم السدود في الولايات المتحدة بشكل أساسي للتحكم في الفيضانات وإمدادات المياه البلدية ومياه الري. على الرغم من أن العديد من هذه السدود بها مولدات كهرومائية ، إلا أن عددًا صغيرًا فقط من السدود تم بناؤه خصيصًا لتوليد الطاقة الكهرومائية. لا تصدر مولدات الطاقة الكهرومائية ملوثات الهواء مباشرة. ومع ذلك ، يمكن أن تؤثر السدود والخزانات وتشغيل المولدات الكهرومائية على البيئة.

قد يؤدي السد الذي ينشئ خزانًا (أو سدًا يحول المياه إلى محطة لتوليد الطاقة الكهرومائية في مجرى النهر) إلى إعاقة هجرة الأسماك. يمكن للسد والخزان أيضًا تغيير درجات حرارة المياه الطبيعية ، وكيمياء المياه ، وخصائص تدفق النهر ، وأحمال الطمي. يمكن أن تؤثر كل هذه التغييرات على البيئة والخصائص الفيزيائية للنهر. قد يكون لهذه التغييرات آثار سلبية على النباتات المحلية وعلى الحيوانات في النهر وحوله. قد تغطي الخزانات مناطق طبيعية مهمة أو أراض زراعية أو مواقع أثرية. قد يؤدي الخزان وتشغيل السد أيضًا إلى إعادة توطين الناس. يمكن للتأثيرات المادية للسد والخزان، وتشغيل السد ، واستخدام المياه أن تغير البيئة على مساحة أكبر بكثير من المساحة التي يغطيها الخزان.

يتطلب تصنيع الخرسانة والفولاذ في سدود الطاقة الكهرومائية معدات قد تنتج انبعاثات. إذا كان الوقود الأحفوري هو مصادر الطاقة لصنع هذه المواد، فيمكن أن ترتبط الانبعاثات من المعدات بالكهرباء التي تولدها منشآت الطاقة الكهرومائية. ومع ذلك، نظرًا للعمر التشغيلي الطويل لمحطة الطاقة الكهرومائية (50 عامًا إلى 100 عام)، يتم تعويض هذه الانبعاثات عن طريق الطاقة الكهرومائية الخالية من الانبعاثات.

تتشكل غازات الاحتباس الحراري (GHG) مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان في النظم المائية الطبيعية وفي خزانات تخزين المياه من صنع الإنسان نتيجة التحلل الهوائي واللاهوائي للكتلة الحيوية في الماء. إن الكميات الدقيقة لغازات الدفيئة التي تتشكل وتنبعث من خزانات الطاقة الكهرومائية غير مؤكدة وتعتمد على العديد من العوامل الخاصة بالموقع والإقليمي.

تساعد سلالم الأسماك السلمون في الوصول إلى مناطق التكاثر

تقتل توربينات الطاقة الكهرومائية وتجرح بعض الأسماك التي تمر عبر التوربينات. قامت وزارة الطاقة الأمريكية برعاية البحث والتطوير في التوربينات التي يمكن أن تقلل من وفيات الأسماك إلى أقل من 2٪ ، بالمقارنة مع نفوق الأسماك بنسبة 5٪ إلى 10٪ لأفضل التوربينات الموجودة.

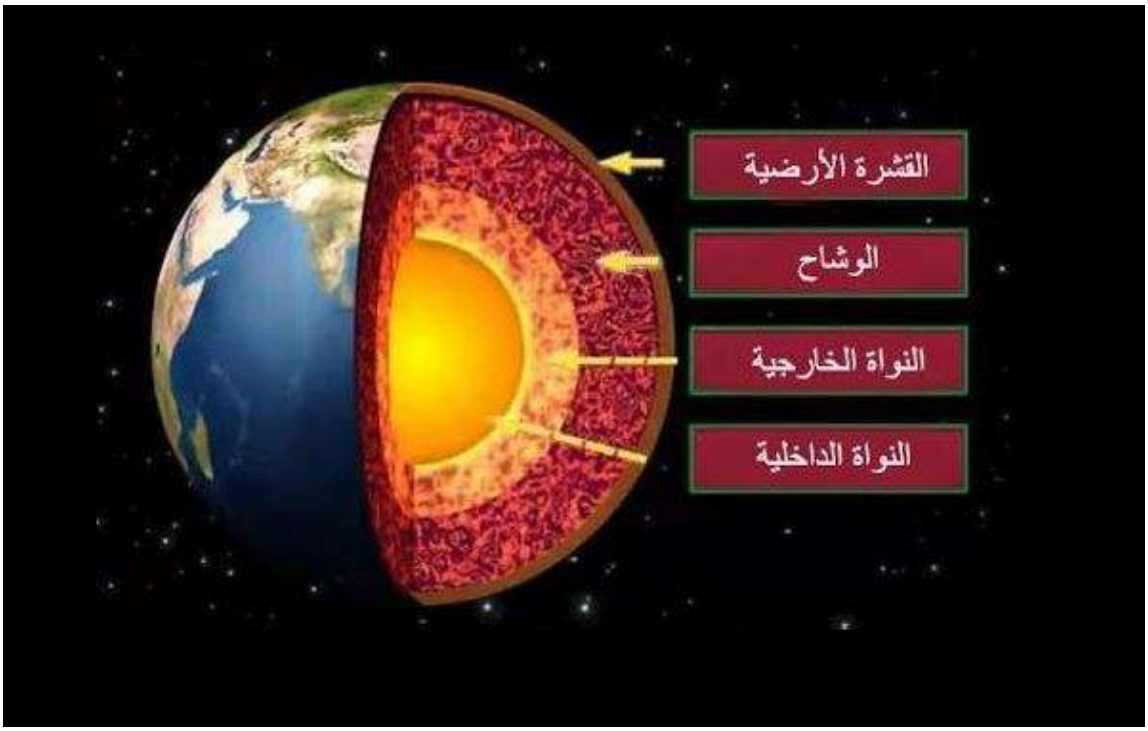
تسبح أنواع كثيرة من الأسماك، مثل السلمون والشاد، في الأنهار والجداول من البحر لتتكاثر في مناطق تكاثرها في قاع الأنهار والجداول. يمكن للسدود أن تسد طريقهم. تشمل الأساليب المختلفة لإصلاح هذه المشكلة بناء سلالم ومصاعد للأسماك تساعد الأسماك على التحرك حول أو فوق السدود إلى مناطق التفريخ في أعلى مجرى النهر.

سلم السمك في سد بونفيل على نهر كولومبيا الفاصل بين واشنطن وأوريجون. يحتوي سد Safe Harbour على نهر Susquehanna في ولاية بنسلفانيا على مصاعد ترفع شاد المهاجر من قاعدة السد إلى أعلى الخزان.

VI. الحرارة الأرضية

1. ما هي الطاقة الحرارية الجوفية؟

الطاقة الحرارية الأرضية هي حرارة داخل الأرض. تأتي كلمة الطاقة الحرارية الأرضية من الكلمات اليونانية geo (earth) و therme (حرارة). الطاقة الحرارية الأرضية هي مصدر طاقة متجددة لأن الحرارة يتم إنتاجها باستمرار داخل الأرض. يستخدم الناس الحرارة الجوفية للاستحمام وتدفئة المباني وتوليد الكهرباء.



تأتي الطاقة الحرارية الأرضية من أعماق الأرض، و تنتج عن التحلل البطيء للجسيمات المشعة في لب الأرض ، وهي عملية تحدث في جميع الصخور ، طاقة حرارية أرضية.

للأرض أربعة أجزاء أو طبقات رئيسية:

- لب داخلي من الحديد الصلب يبلغ قطره حوالي 2414 كم (1500 ميل)
- لب خارجي من الصخور المنصهرة الساخنة يسمى الصهارة التي يبلغ سمكها حوالي 2414 كم.
- وشاح من الصهارة والصخور تحيط باللب الخارجي يبلغ سمكها حوالي 2896 كم (1800 ميل)
- قشرة من الصخور الصلبة التي تشكل القارات وأرضيات المحيط بسمك 24 كم إلى 56 كم تحت القارات، أما تحت المحيطات فما بين 4,5 كم و8 كم.

اكتشف العلماء أن درجة حرارة اللب الداخلي للأرض تبلغ حوالي 5982 درجة مئوية (10800 درجة فهرنهايت) ، وهي ساخنة مثل سطح الشمس. تتراوح درجات الحرارة في الوشاح من حوالي 200 درجة مئوية (392 درجة فهرنهايت) عند الحد الأعلى مع قشرة الأرض إلى حوالي 3998 درجة مئوية (7230 درجة فهرنهايت) عند حدود قلب الوشاح.

تنقسم قشرة الأرض إلى قطع تسمى الصفائح التكتونية. تقترب الصهارة من سطح الأرض بالقرب من حواف هذه الصفائح، حيث توجد العديد من البراكين. الحمم التي تنفجر من البراكين هي جزئياً الصهارة. تمتص الصخور والمياه الحرارة من الصهارة في أعماق الأرض. الصخور والمياه الموجودة في عمق الأرض لديها أعلى درجات الحرارة.

2. الطاقة الحرارية الجوفية والبيئة

تعتمد التأثيرات البيئية للطاقة الحرارية الأرضية على كيفية استخدام الطاقة الحرارية الأرضية أو كيفية تحويلها إلى طاقة مفيدة. تطبيقات الاستخدام المباشر ومضخات الحرارة الجوفية ليس لها أي آثار سلبية على البيئة تقريبًا. في الواقع ، يمكن أن يكون لها تأثير إيجابي من خلال تقليل استخدام مصادر الطاقة التي قد يكون لها آثار سلبية على البيئة.

محطات توليد الطاقة الحرارية الأرضية لها مستويات منخفضة من الانبعاثات

لا تحرق محطات الطاقة الحرارية الأرضية الوقود لتوليد الكهرباء ، لكنها قد تطلق كميات صغيرة من ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد الكربون. تنبعث محطات توليد الطاقة الحرارية الأرضية 97٪ أقل من مركبات الكبريت المسببة للأمطار الحمضية ونحو 99٪ أقل من ثاني أكسيد الكربون من محطات توليد الطاقة بالوقود الأحفوري ذات الحجم المماثل. تستخدم محطات الطاقة الحرارية الأرضية أجهزة تنقية الغاز لإزالة كبريتيد الهيدروجين الموجود بشكل طبيعي في الخزانات الحرارية الأرضية. تقوم معظم محطات توليد الطاقة الحرارية الجوفية بحقن البخار والمياه الجوفية اللذين تستخدمهما مرة أخرى في الأرض. تساعد إعادة التدوير هذه على تجديد موارد الطاقة الحرارية الأرضية وتقليل الانبعاثات من محطات الطاقة الحرارية الأرضية.

العديد من ميزات الطاقة الحرارية الأرضية هي كنوز وطنية

Grand Prismatic Spring ، حديقة يلوستون الوطنية ، وايومنغ