الباب الثانى

الماء على كوكب الأرض

مقدمة

٢-١. ملخص موجز عن مصادر و دورة الماء

٢-٢. أجزاء دورة الماء

١. المياه المخزنة فى المحيطات

٢. التبخر

٣. المياه الموجودة فى الغلاف الجوي

٤. التكثف

٥. التساقط

٦. المياه المخزنة على هيئة جليد وثلج

٧. ماء الجليد الذائب فى مجارى الأنهار

٨. ا المياه الجارية على سطح الأرض

٩. مجارى الأنهار

١٠. المياه العذبة المخزنة

١١. التسرب

١٢. المياه الجوفية المتدفقة

١٣. الينابيع

١٤. الارتشاح

١٥. المياه الجوفية المخزنة

٢-٣. التوزيع العالمى للماء

obeikandl.com

obeikandl.com

مقدمة

إن دورة الماء تصف وجود وحركة المياه على الأرض وداخلها وفوقها. وتتحرك مياه الأرض دائما، وتتغير أشكالها بإستمرار، من سائل إلى بخار، ثم إلى جليد، ومرة أخرى إلى سائل. لقد ظلت دورة الماء تعمل مليارات السنين، وتعتمد عليها كل الكائنات الحية التى تعيش على الأرض حيث من دونها تصبح الأرض مكاناً طارداً تتعذر فيه الحياة.

والماء يوجد على سطح الأرض فى الثلاث صور فى نفس الوقت فنجده فى الحالة الغازية على صورة بخار الماء وذلك فوق سطح البحار والانهار والمحيطات، ويوجد فى الصورة السائلة كما فى معظم المسطحات المائية من الانهار والبحار والبحيرات ويوجد فى الصورة الصلبة كما فى الجليد فوق قمم الجبال وفى البحيرات والمتجمدة فى المناطق القطبية.

٢- ١. ملخص موجز عن مصادر و دورة الماء

ليس لدورة الماء نقطة إنطلاق، ولكن المحيطات تُعد أفضل مكان لها لتنطلق منها. إن الشمس التى تعتبر المحرك الأساسى لدورة الماء تقوم بتسخين المياه فى المحيطات التى تتبخر (تتحول) إلى بخار ماء داخل الجو. وتقوم التيارات الهوائية المتصاعدة بأخذ بخار الماء إلى أعلى داخل الغلاف الجوى، حيث درجات الحرارة الباردة التى تتسبب فى تكثيف بخار الماء، وتحويله إلى سحاب.

تقوم التيارات الهوائية بتحريك السحب حول الكرة الأرضية، وتصطدم ذرات السحاب وتنمو وتسقط من السماء كأمطار، ويسقط بعض من هذه الأمطار كجليد، ويمكن أن يتراكم كأنهار جليدية. وفى ظل الظروف المناخية الحارة يتعرض الجليد إلى الذوبان، خصوصاً عندما يحل فصل الربيع، وتتدفق المياه المذابة على سطح

الأرض، وتجرى كمياه أمطار. جليدية مذابة. وتسقط أغلب مياه الأمطار داخل المحيطات، أو على سطح الأرض حيث تسيل على سطح الأرض كمياه أمطار جارية نتيجة للجاذبية الأرضية.

شكل ٢- ١

يدخل جزء من مياه الأمطار الجارية إلى مجارى الأنهار ويتحرك نحو المحيطات. وتسيل مياه الأمطار السطحية والمياه الجوفى لتشكل مياهاً عذبة فى البحيرات والأنهار. ومع أن مياه الأمطار لا تذهب كلها إلى الأنهار إلا أن الكثير منها يتسرب إلى داخل الأرض كارتشاح.

يبقى جزء من هذه المياه قريباً من سطح الأرض،ويمكن أن يسيل مرة أخرى إلى داخل مجاميع المياه السطحية (والمحيطات) لتشكل مياهاً جوفية. وتجد بعض من المياه الجوفية فتحات على سطح الأرض حيث تخرج منها كينابيع من المياه العذبة. وتقوم الجذور النباتية بامتصاص المياه الضحلة، ثم ترتشح من خلال أسطح

الأوراق النباتية، لتعود مرة أخرى إلى الغلاف الجوى.

تتسرب بعض من هذه المياه إلى داخل الأرض، وتتعمق داخلها لتتزود بها الطبقات الصخرية المائية (صخور سطحية مشبعة)، التى تقوم بتخزين كميات هائلة من المياه العذبة لفترات طويلة من الزمن. ومع ذلك تظل المياه متحركة على مدى الزمن، ويعود بعض منها مرة أخرى إلى المحيطات حيث تبدأ وتنتهى دورة الماء.

٢- ٢. أجزاء دورة الماء

قامت دائرة المساحة الجيولوجية الأمريكية بتحديد ١٥ جزءاً من دورة الماء على النحو التالي:

١. المياه المخزنة فى المحيطات

٢. التبخر

٣. المياه الموجودة فى الغلاف الجوي

٤. التكثف

٥. التساقط

٦. المياه المخزنة على هيئة جليد وثلج

٧. ماء الجليد الذائب فى مجارى الأنهار

٨. ماء المطر الجارى فوق سطح الأرض

٩. مجارى الأنهار

١٠. المياه العذبة المخزنة

١١. التسرب

obeikandl.com

١٢. المياه الجوفية المتدفقة

١٣. الينابيع

١٤. الارتشاح

١٥. المياه الجوفية المخزنة

شكل٢- ٢

١.أولا المياه المخزنة فى المحيطات: الماء المالح فى المحيطات والبحار القارية المغلقة

المحيط عبارة عن مستودع لتخزين الماء

تعد كمية المياه المخزنة فى المحيطات لفترات طويلة أكثر بكثير من تلك التى تتحرك من خلال دورة الماء. ويصل إجمالى إمدادات المياه على مستوى العالم إلى ١.٣٨٦.٠٠٠.٠٠٠ كيلومتر مكعب (٣٢١.٠٠٠.٠٠٠ ميل مكعب)، منها ١.٣٣٨.٠٠٠.٠٠٠ كيلومتر مكعب (٣٣٢.٥٠٠.٠٠٠ ميل مكعب) مخزنة فى المحيطات بنسبة تصل إلى ٩٥٪ إذ توفر المحيطات حوالى ٩٠٪ من المياه المتبخرة التى تذهب إلى دورة الماء.

obeikandl.com

شكل ٢- ٣ المحيطات

تتعرض كمية الماء الموجودة فى المحيطات لتغييرات على مدى فترات طويلة من الزمن. وتتشكل خلال الفترات المناخية الباردة مزيد من الأنهار والمجارى الجليدية، مما يؤدى إلى تدنى مستوى الماء فى المحيطات والعكس صحيح خلال الفترات المناخية الحارة. وكان مستوى الماء فى المحيطات خلال العصر الجليدى الماضى أقل بحوالى ١٢٢ متراً (٤٠٠ قدم) عن معدل اليوم. وقبل حوالى ٣ مليون سنة، عندما ارتفعت درجة حرارة جوف الأرض، ارتفع مستوى الماء فى المحيطات إلى أعلى بمعدل بلغ ٥٠ متراً (١٦٥ قدم).

المحيطات فى حالة حركة

توجد تيارات فى المحيطات تقوم بتحريك كميات هائلة من الماء حول العالم. وتكون هذه التحركات على قدر كبير من التأثير على دورة الماء والأحوال الجوية. ويشتهر التيار الدافئ الموجود بشمال الأطلسى بالماء الدافئ وقيامه بتحريك الماء من خليج المكسيك عبر الأطلسى نحو بريطانيا بسرعة تصل إلى ٩٧ كيلومتر فى اليوم، ناقلاً كميات من الماء أكثر بحوالى ١٠٠ مرة من تلك التى تنقلها الأنهار الأرضية. ويؤدى هذا التيار إلى تلطيف الأحوال الجوية فى بريطانيا بشكل أكثر من بلدان

أخرى تقع على خط العرض نفسه.

الدورة الحرارية الملحية مصطلح يدل على دورة فى المحيطات تسببها الكثافة. تتأثر كثافة مياه البحار بدرجة حرارتها وبمستوى ملوحتها. تتجه التيارات السطحية، كتيارات الخليج، مدفوعة بالرياح فى المحيط الأطلنطي من حول خط الاستواء ناحية القطبين، حيث تنخفض درجة حرارتها بالاقتراب من العروض الباردة وتسرى على أعماق أكبر شيئا فشيئا (مكونة المياه العميقة شمال الأطلنط). يجرى هذا الماء البارد لأسفل نحو حوض المياه الباردة، وتقل فروق درجات الحرارة ومستوى الملوحة لتقترب من مستوياتها فى مياه الأعماق، مما يجعل من محيطات الأرض نظاما واحدا. وفى رحلتها تلك، تنقل كتل المياه الطاقة (فى شكل حرارة) والمادة (مركبات صلبة وذائبة وغارية) حول الأرض. وبهذا يصبح لدوران المحيطات تأثيرا كبيرا على مناخ كوكبنا. تعرف الدورة الحرارية الملحية أحيانا باسم حزام نقل المحيطات، أو حزام النقل العالمى.

نظام الدورة الحرارية الملحية

إن حركة التيارات السطحية المدفوعة بالرياح شيء نعرفه كلنا، فكلنا رأينا دوائر الأمواج على سطح الماء. لذا، ساد الاعتقاد بين علماء المحيطات الأوائل أن أعماق المحيطات راكدة تماما لبعدها عن الرياح. إلا أن الأدوت الحديثة أظهرت أن سرعة التيارات فى المياه العميقة معتبرة (بالرغم من أنها أقل كثيرا من مثيلاتها على السطح). أهم القوى المحركة فى عمق المحيط تنتج عن فروقات الكثافة ودرجة الحرارة.

لا تتساوى كثافة مياه المحيطات فى جميع أنحاء الأرض، بل إنها تتباين بشدة. توجد فروق حادة تفصل بين كتل الماء التى تتشكل عند السطح، والتى تحتفظ كثيرا بهويتها فى المحيط، فهى تترتب فوق بعضها البعض طبقا لكثافاتها التى تتحدد

بدرجة حرارتها ومستوى ملوحتها. تتمدد مياه البحر الدافئة مما يجعلها أقل كثافة بالمقارنة مع المياه الأبرد. المياه المالحة أكثف من المياه العذبة نظرا لأن الأملاح الذائبة فيها تملأ الفراغات بين جزيئات الماء، مما يتسبب فى كتلة أكبر فى وحدة الحجم. تطفو المياه الأخف فوق تلك الأكثف (تماما كما تطفو قطعة من الخشب أو الثلج فوق الماء). تعرف هذه الظاهرة باسم "التراتب المستقر". عندما تتشكل كتل الماء الباردة، فإنها لا تكون فى وضع التراتب المستقر، وبغرض أن تصل إلى أكثر حالاتها استقرارا، يتعين على كتل الماء تلك أن تجرى، مما يولد القوة الدافعة للتيارات العميقة.

تكون كتل المياه العميقة

تتكون كتل المياه الكثيفة التى تجرى نحو الأحواض العميقة فى مناطق بعينها فى شمال الأطلنطي وفى المحيط الجنوبي. فى هاتان المنطقتان القطبيتان، تبرد الرياح المياه السطحية بشدة، كما تتسبب الرياح التى تتحرك فوق الماء بكثير من البخر. لا يزيل البخر إلا جزيئات من الماء الصافى، مما يرفع ملوحة ماء البحر المتبقى. تعرف هاتان العمليتان المدفوعتان بالرياح باسم التبريد البخري.

يمكن لتكون ثلوج البحار أيضا أن يساهم فى رفع ملوحة المياه، حيث يترك الثلج بعد تجمده معازل ماء شديد الملوحة. تخفض الملوحة من درجة تجمد ماء البحر، وبالتالى فإن بحيرات الماء شديد الملوحة تلك تتكون ومن حولها مجموعات الجليد. شيئا فشيئا، يذيب الماء شديد الملوحة الجليد تحته، إلى أن يخرج من الجليد ويجرى للأسفل.

تجرى مياه شمال الأطلنطى العمقية المتكونة فى تلك العمليات فى تيار محاط بماء أقل كثافة حتى تصل إلى قاع المحيط وتملأ أحواض البحار القطبية، وتماما كما توجه أودية الأنهار التيارات والأنهر فوق القارات، توجه تضاريس قاع المحيط كتل الماء العميق عند القاع.

obeikandl.com

لاحظ أن، على عكس الماء العذب، فإن الماء المالح لا يصل لأعلى كثافة له عند درجة حرارة ٤ مئوية، بل يظل يزيد فى الكثافة كلما برد حتى يصل إلى درجة التجمد التى تبلغ حوالى -١.٨ درجة مئوية.

يسود التبريد البخرى فى بحر النرويج، حيث تملأ المياه الجارية إلى أسفل حوض البحر وتطفح جنوبا من خلال تشققات فى التربة تحت الماء التى توصل جرينلاندا، وأيسلاندا، وبريطانيا؛ وتستمر فى الجريان بعدها ببطء شديد نحو سهول الأطلنطى شديدة العمق، دائما نحو الجنوب، فى حين يقطع مضيق بيرنج الضحل جريان الماء من حوض المحيط القطبي إلى المحيط الهادي.

وبالمقارنة، فإن تأثير الرياح المبرد فى بحر ودل على شاطئ أنتاركتيكا يزداد تأثيرا بمعازل الماء شديد الملوحة. تجرى مياه المحيط الجنوبى العميقة نحو الأسفل وباتجاه حوض الأطلسى شمالا، إلا أنها شديدة الكثافة لدرجة أنها تجرى تحت مياه شمال الأطلنطى العميقة. ومرة أخرى، يتوقف جريان التيار فى الهادى، والسبب هذه المرة هو ممر دريك بين القارة الجنوبية والطرف الجنوبى لأمريكا الجنوبية.

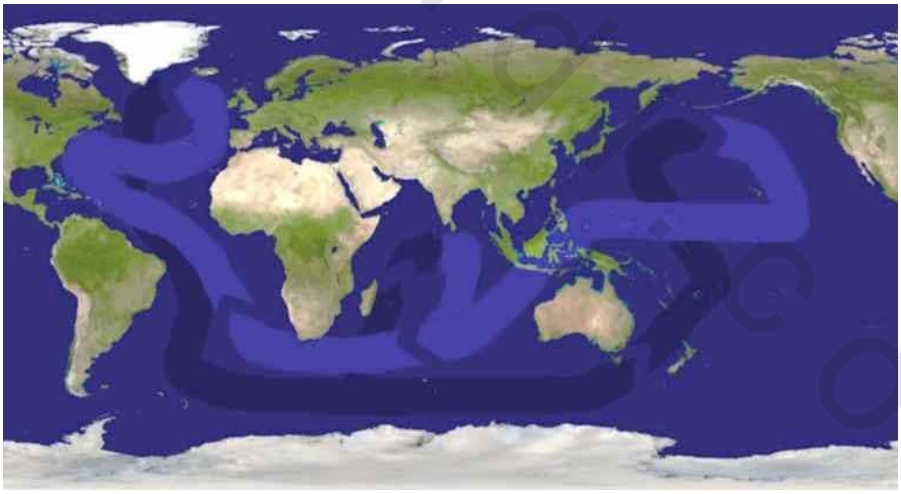
حركة كتل المياه العميقة

إن حركة مياه شمال الأطلنطى العميقة، والتى تتكون من المياه الكثيفة الجارية لأسفل من سطح شمال الأطلنطى، ليست كتلة ثابتة من الماء، فهى تتحرك فى تيار بطيء نحو الجنوب. تجرى المياه العميقة عبر حوض الأطلنطى، حول جنوب أفريقيا، داخلة المحيط الهندي، عابرة أستراليا إلى حوض المحيط الهادى. إن تغير المواقع الأفقى بين المياه الكثيفة الجارية لأسفل، وتلك الأخف تحتها يعرف بالتبادل. لكتل المياه العميقة التى تشارك فى الدورة الملحية الحرارية نسب كيميائية ونظائرية مميزة يمكن تتبعها، وبالتالى يمكن حساب معدلات جريانها، وتحديد عمرها.

تأثيرها على تغير المناخ

تلعب الدورة الحرارية الملحية دورا هاما فى تزويد المنطقتين القطبيتين بالحرارة، وبالتالى فى تنظيم كمية الجليد فى بحارها. يعتقد للتغير فى الدورة الحرارية الملحية تأثيرا واضحا على توازن الإشعاع الأرضى، فهى تحكم معدل تعرض المياه العميقة للسطح، وبالتالى قد تلعب دورا مهما فى تحديد تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى. بينما يتردد أن الدورة الحرارية الملحية هى السبب الرئيسى فى اعتدال الأجواء فى أوربا الغربية، إلا أن هذا غالبا غير دقيق لأن أوربا دافئة بسبب تعرضها للرياح العكسية القادمة من حوض المحيط. فى جميع الأحوال، فإن للدورة الحرارية الملحية تأثير معقول يرفع من درجة حرارة أوربا الغربية بمقدار درجتين مئويتين تقريبا، بالمقارنة مع الساحل الغربى لكندا.

يعتقد أن سريان كمية كبيرة من ماء الجليد الذائب من جرينلاندا قد أثر على تركيب المياه العميقة، مما أدى إلى فترة مناخية باردة فى أوربا. طالع توقف الدورة الحرارية الملحية لمزيد من المعلومات عن إمكان تغير الدورة الحرارية الملحية تأثرا بتغير المناخ



شكل ٢- ٤ الدورة الحرارية الملحية. تمثل الخطوط الأغمق تيارات المياه العميقة، بينما تمثل الخطوط الأفتح تلك التى تجرى على السطح

٢. ثانيا التبخر: هو تحول الماء من سائل إلى غاز أو بخار

التبخر ولماذا يحدث التبخر هو العملية التى يتحول بموجبها الماء من سائل إلى غاز أو بخار، ويعد الطريقة الرئيسة لانتقال المياه مرة أخرى إلى دورة الماء، لتصبح بخار ماء داخل الغلاف الجوى. وتوفر المحيطات والبحار والبحيرات والأنهار حوالى ٩٠٪ من الرطوبة الموجودة فى الغلاف الجوى عن طريق التبخر، فى حين أن نسبة الـ ١٠٪ المتبقية تأتى من ارتشاح النباتات.

شكل ٢- ٥ التبخر

تعتبر الحرارة (الطاقة) التى توفرها الشمس ضرورية لحدوث التبخر. وتستخدم هذه الطاقة فى كسر جزيئات الماء المتماسكة، لذا يتبخر الماء عند درجة الغليان (٢١٢ درجة فهرنهايت، ١٠٠ درجة مئوية) بسهوله، ولكن ذلك يحدث ببطء شديد للغاية عند درجة التجمد. ويتعذر حدوث التبخر عندما تصل الرطوبة النسبية فى الجو إلى معدل ١٠٠٪ (درجة التشبع). وكما أن التبخر يزيل الحرارة من البيئة، فإن الماء الذى يتبخر من جسمك هو الذى يجعلك تشعر بالبرودة.

التبخر ودورة الماء

تعتبر عملية التبخر التى تحدث فى المحيطات الطريقة الرئيسية لانتقال الماء إلى

الغلاف الجوى. وتتيح المساحات الشاسعة التى تغطيها المحيطات (تغطى المحيطات ٧٠٪ من سطح الأرض) المجال لحدوث تبخر على نطاق واسع. وتعتبر كمية الماء المتبخر هى، تقريباً، نفس كمية الماء التى تعود إلى الأرض كأمطار، حسب القياس العالمى، برغم أن هذه الكميات تختلف من الناحية الجغرافية. وتعد عملية التبخر الأكثر شيوعاً على نطاق المحيطات بالمقارنة مع الأمطار، فى حين أن الأمطار هى التى تسود بشكل أكبر على سطح الأرض. وتسقط معظم المياه التى تتبخر من المحيطات مرة أخرى إليها كأمطار. وحوالى ١٠٪ فقط من الماء المتبخر من المحيطات تنتقل إلى الأرض لتسقط كأمطار. وبمجرد تبخرها فإن جزئى الماء الواحد يمضى حوالى ١٠ أيام فى الجو.

ولكى يحفظ ربنا(تبارك وتعالي) هذا الماء من التعفن والفساد، حركه فى دورة معجزة تعرف باسم دورة المياه الأرضية تحمل فى كل سنة٣٨٠.٠٠٠ كيلو متر مكعب من الماء بين الأرض وغلافها الغازي، ولما كانت نسبة بخار الماء فى الغلاف الغازى للأرض ثابتة، فإن معدل سقوط الأمطار سنويا على الأرض يبقى مساويا لمعدل البخر من على سطحها، وإن تباينت أماكن وكميات السقوط فى كل منطقة حسب الإرادة الإلهية، ويبلغ متوسط سقوط الأمطار على الأرض اليوم٨٥.٧ سنتيمتر مكعب فى السنة، ويتراوح بين١١.٤٥ متر مكعب فى جزر هاواى وصفر فى كثير من صحارى الأرض.

وتبخر أشعة الشمس من أسطح البحار والمحيطات٣٢٠.٠٠٠ كيلو متر مكعب من الماء فى كل عام وأغلب هذا التبخر من المناطق الاستوائية حيث تصل درجة الحرارة فى المتوسط إلي٢٥ درجة مئوية، بينما تسقط على البحار والمحيطات سنويا من مياه المطر٢٨٤.٠٠٠ كيلو مترا مكعبا، ولما كان منسوب المياه فى البحار والمحيطات يبقى ثابتا فى زماننا فإن الفرق بين كمية البخر من أسطح البحار

والمحيطات وكمية ما يسقط عليها من مطر لابد وأن يفيض إليها من القارات.

وبالفعل فإن البخر من أسطح القارات يقدر بستين ألف كيلو متر مكعب بينما يسقط عليها سنويا ستة وتسعون ألفا من الكيلو مترات المكعبة من ماء المطر والفارق بين الرقمين بالإيجاب هو نفس الفارق بين كمية البخر وكمية المطر فى البحار والمحيطات(٣٦.٠٠٠ كيلو متر مكعب) فسبحان الذى ضبط دورة المياه حول الأرض بهذه الدقة الفائقة.

ويتم البخر على اليابسة من أسطح البحيرات والمستنقعات، والبرك، والأنهار، وغيرها من المجارى المائية، ومن أسطح تجمعات الجليد، وبطريقة غير مباشرة من أسطح المياه تحت سطح الأرض، ومن عمليات تنفس وعرق الحيوانات، ونتح النباتات، ومن فوهات البراكين

لماذا يكون الفارق فى درجات الحرارة بين الليل والنهار فى منطقة الشاطئ أقل بكثير من الفارق فى مناطق البلاد الداخلية؟

الحرارة النوعية وحرارة التبخر

الحرارة النوعية هى إحدى صفات المادة. وهى كمية الطاقة التى يجب بذلها لرفع درجة حرارة ١غم مادة درجة حرارة واحدة (مئوية). الحرارة النوعية للماء هى ٤.٢٠جول/ جرام / ١ درجة مئوية، وللمقارنة، الحرارة النوعية للبترول هى ٢.٢٥ جول/ جم/ ١ درجة مئوية. أى لتسخين ١غم ماء بدرجة مئوية واحدة يجب بذل طاقة أكثر من تسخين ١جرام بترول.

حرارة تبخر الماء أيضا كبيرة جدا: لتحويل ١جم من الماء السائل بدرجة حرارة ١٠٠مئوية الى غاز (بخار) يجب بذل ٥٣٦ سعر حرارى. لو تذكرنا ما هو التعريف ل "السعر الحرارى" (كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة ١جم ماء درجة مئوية

واحدة) سنفهم ان الطاقة اللازمة لتبخير ١ جرام ماء كافية لتسخين ٥٣٦ جرام ماء درجة مئوية واحدة!

إن كون كمية الطاقة اللازمة لتبخير الماء كبيرة يفسر كيف يبرِّد العرق الجسم. يستهلك تبخر العرق طاقة كبيرة مصدرها الجسم، وهكذا يبرد الجسم.

٣- ثالثا تخزين الماء فى الغلاف الجوى على هيئة بخار وسحب ورطوبة الغلاف الجوى ملئ بالماء

على الرغم من أن الغلاف الجوى ربما لا يشكل مستودعاً كبيراً للماء، إلا أنه يعتبر "مساراً كبيراً" يستخدم لنقل الماء حول العالم. وعادة ما توجد هنالك مياه بصفة دائمة داخل الغلاف الجوى. وتعتبر السحب شكلاً من أشكال الرطوبة الجوية التى يمكن رؤيتها بالعين المجردة، ومع ذلك فإن الهواء النقى يحتوى على مياهاً على هيئة ذرات صغيرة يتعذر رؤيتها. ويصل حجم الماء الموجود فى الغلاف الجوى فى أى وقت إلى حوالى ١٢٩٠٠ كيلومتر مكعب (٣١٠٠ ميل مكعب). وإذا سقطت كل المياه الموجودة فى الغلاف الجوى مرة واحدة كأمطار فإنها ستغطى الأرض بعمق يصل إلى ٢.٥ سم حوالى ١ بوصة.

شكل ٢- ٦ الغلاف الجوى وبه بخار الماء

٤- رابعا التكثف: تحول الماء من بخار إلى سائل

التكثف هو عملية تحول الماء من حالته الغازية(بخار) إلى سائل. والتكثف مهم بالنسبة لدورة الماء لأنه يشكل السحب التى تتسبب بدورها فى تكثف البخار ليصبح مطراً أو ندى، وهو الوسيلة الرئيسية لعودة الماء إلى الأرض. ولذلك فإن التكثف هو عكس التبخر تماماً.

Photograph by the National Weather Service, Grand Junction Weather Forecast Office, Colorado, U.S.A.

شكل ٢- ١٧ التكثيف

والتكثف أيضاً هو السبب فى حدوث الضباب الذى يظهر على نظارتك عند خروجك من غرفة باردة إلى الخارج حيث الجو الحار، ويتسبب أيضاً فى حدوث رطوبة الجو وفى تساقط قطرات الندى من كوب ماء الشرب، وكذلك فى تجمع المياه على نوافذ منزلك أثناء الجو البارد.

التكثف فى الهواء

حتى لو كانت السماء زرقاء صافية فلا يزال الماء موجوداً على هيئة بخار ورذاذ

متناهى الصغر وبالتالى يتعذر رؤيته بالعين المجردة. وتتوحد ذرات الماء مع ذرات صغيرة من الغبار والدخان فى الجو لتشكل رذاذ السحب الذى يتوحد مع بعضه ليكون السحب. وعندما يتوحد رذاذ الماء مع بعضه وينمو فى الحجم، يمكن أن يحصل التساقط.

تتشكل السحب فى الغلاف الجوى لأن الجو يحتوى على بخار الماء، الذى يتصاعد بدوره ثم يبرد. وتقوم الشمس بتسخين الجو بالقرب من سطح الأرض الذى يصبح بالتالى خفيفاً ويتصاعد إلى أعلى حيث تكون درجات الحرارة أبرد. وعندما تكون درجات الحرارة بمعدلات أبرد يحدث مزيد من التكثف وتتشكل السحب.

٥- خامسا التساقط: خروج الماء من السحب

التساقط هو خروج الماء من السحب على شكل أمطار، أو ثلج، أو جليد، أو برد. وهو الوسيلة الرئيسية لعودة الماء الموجود فى الغلاف الجوى إلى الأرض. ومعظم الماء المتساقط من الغلاف الجوى يهطل كأمطار.

كيف تتشكل قطرات المطر؟

Storm near Elko, Nevada. NOAA

شكل ٢- ٨ تتشكل قطرات المطر

obeikandl.com

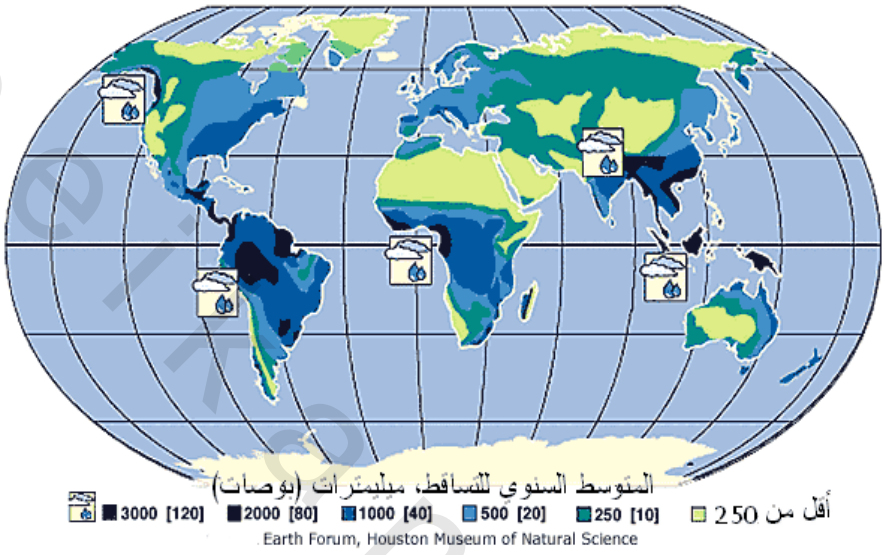
تحتوى السحب العائمة فى الغلاف الجوى على بخار ماء وقطرات من السحب. وهى تعتبر صغيرة للغاية لتسقط كأمطار، إلا أنها كبيرة بقدر كاف لتشكل سحباً يمكن رؤيتها بالعين المجردة. ويتبخر الماء ويتكثف باستمرار فى السماء. ومعظم الماء المتكثف فى السحب لا يسقط كأمطار بسبب التيارات الهوائية الصاعدة التى تعتبر بمثابة دعامة للسحب. وبالنسبة لحدوث الأمطار فإنه لابد فى بادئ الأمر من أن تتكثف قطرات الماء، ثم تتوحد لإنتاج قطرة ماء كبيرة وثقيلة بما فيه الكفاية لتخرج من السحب، وتسقط كأمطار، مع العلم بأن إنتاج قطرة مطر واحدة يحتاج إلى ملايين قطرات السحب.

معدلات الأمطار تتفاوت جغرافياً على مدى الزمن

لا تسقط الأمطار بالكميات نفسها على نطاق العالم فى أى بلد، أو حتى فى أية مدينة. وعلى سبيل المثال، فى مدينة أطلانتا، بولاية جورجيا بالولايات المتحدة الأمريكية، يمكن أن تؤدى العواصف الرعدية الصيفية إلى هطول أمطار بمعدل بوصة أو أكثر فى منطقة واحدة، تاركة منطقة أخرى على بعد كيلومترات قليلة جافة من دون أمطار. ومع ذلك فإن كمية الأمطار التى تهطل فى ولاية جورجيا، خلال شهر واحد، غالباً ما تكون أكثر من تلك التى تسقط؟ فى لاس فيجاس ونيفادا على مدار السنة. وينسب السجل العالمى لمتوسط هطول الأمطار السنوى إلى جبل ويليل فى هاوى حيث يبلغ متوسط سقوط الأمطار حوالى ١.١٤٠ سم (٤٥٠ بوصة) فى السنة عكس ما يحدث فى أريكا وشيلى حيث لم تهطل أمطار منذ ١٤ سنة..

توضح الخارطة المبينة أدناه المتوسط السنوى للتساقط بالمليميتر والبوصة فى العالم. المناطق الموضحة باللون الأخضر الخفيف تعتبر صحارى. ويمكنك أن تتوقع أن الصحراء الكبرى فى القارة الإفريقية يمكن أن تكون صحراء جافة، ولكن

هل تعتقد بأن كثيراً من الأراضى فى جرين لاند وأنتاركتيكا عبارة عن صحراء أيضاً؟



شكل ٢- ٩ المتوسط السنوى لتساقط الامطار بالمليميتر والبوصة فى العالم

٦- سادسا تخزين الماء فى الأنهار والكتل الجليدية والثلجية

الغطاءات الجليدية حول العالم

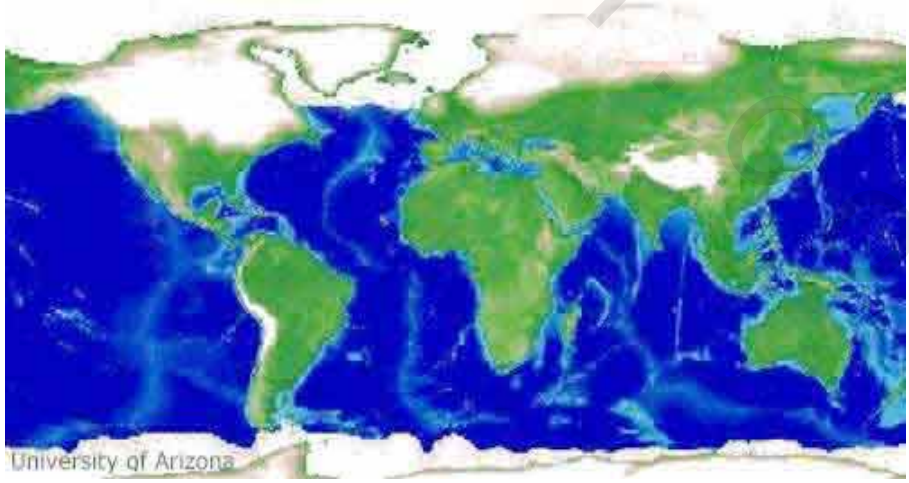
NASA

شكل ٢- ١٠ الغطاءات الجليدية حول العالم

يعتبر الماء المخزن منذ فترات طويلة فى الكتل والأنهار الجليدية والثلجية جزءاً لا يتجزأ من دورة الماء. وتستحوذ أنتاركتيكا على حوالى ٩٠٪ من الكتلة الجليدية الموجودة فى العالم، بينما تحتوى الغطاءات الجليدية فى جرين لاند على ١٠٪ من إجمالى الكتلة الجليدية العالمية. ويصل سمك الغطاء الجليدى فى جرين لاند إلى حوالى ١٥٠٠ متر (٥٠٠٠ قدم)، ومع ذلك يمكن أن يصل سمكه إلى ٤٣٠٠ متر (١٤٠٠٠ قدم).

الثلوج والأنهار الجليدية تأتى ثم تذهب

يتعرض المناخ الجوى العالمى إلى تغييرات دائمة مع أنها عادة ما تكون تغييرات غير سريعة بما فيه الكفاية حتى يتمكن الناس من ملاحظتها. وقد شهد العالم الكثير من الفترات الزمنية الحارة، مثل تلك التى عاش فيها الديناصور قبل حوالى ١٠٠ مليون سنة، وكذلك فترات زمنية باردة مثل العصر الجليدى الأخير قبل حوالى ٢٠٠٠٠ سنة مضت. وخلال العصر الجليدى الأخير كان معظم نصف الكرة الأرضية الشمالى مغطى بالثلج والأنهار الجليدية.



بعض الحقائق عن الأنهار الجليدية والغطاءات الجليدية

- تغطى الأنهار الجليدية حوالى ١٠ ؟ ١١٪ من الأراضى كلها.
- إذا ذابت كل الأنهار الجليدية اليوم سيرتفع منسوب البحار إلى حوالى ٧٠ متراً (٢٣٠ قدم). المصدر: المركز القومى للبيانات الثلجية والجليدية
- خلال العصر الجليدى الأخير وصل مستوى سطح البحر إلى ١٢٢ متراً (٤٠٠ قدم)، وهو معدل أقل من معدل اليوم وكانت الأنهار الجليدية تغطى تقريباً ثلث الأرض.
- خلال الفترة الزمنية الحارة التى حدثت قبل ١٢٥ ألف سنة مضت بلغ ارتفاع منسوب البحار ٥.٥ متر (١٨ قدم)، وهو مستوى أعلى من مستوى اليوم. وكان من الممكن أن يصل ارتفاع منسوب البحار قبل ٣ مليون سنة إلى حوالى ٥٠ متراً (١٦٥ قدم).

٧- سابعا مياه الجليد المذابة الجارية على سطح الأرض فى مجارى الانهار

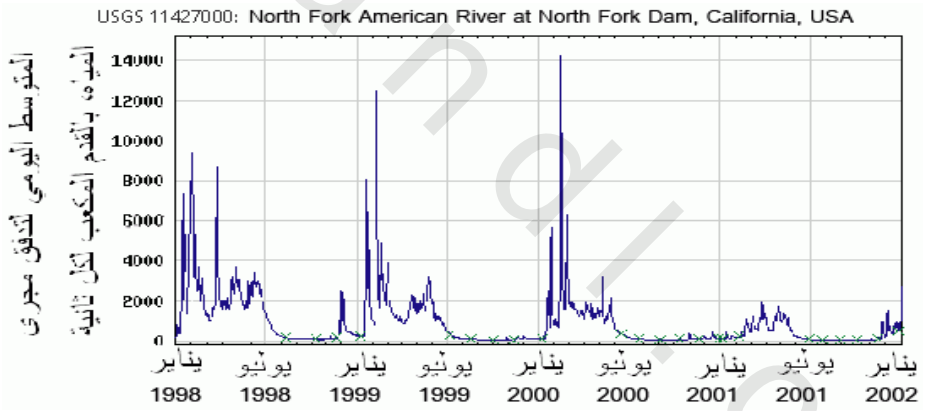
تعد مياه الجليد المذابة الجارية على سطح الأرض جزءاً؟ لا يتجزأ من حركة الماء على نطاق العالم. وتأتى معظم مياه الجليد، التى تذوب أثناء فصل الربيع؟ فى المناطق المناخية الباردة، من الكتل الثلجية والجليدية المذابة. وإلى جانب الفيضانات التي؟ تسببها هذه المياه فإن الجليد المذاب يمكن أن يؤدى إلى حدوث الإنزلاقات الأرضية وجريان مخلفات الأنهار الجليدية المتمثلة فى الكتل الصخرية والحجرية.

Hetch-Hetchy basin near Yosemite, California. Photo by David Gay

obeikandl.com

شكل ٢- ١١

إن أفضل طريقة لفهم واستيعاب كيفية تأثير الجليد المذاب على تدفق مجارى الأنهار تتمثل فى الرسم البيانى المبين أدناه، الذى يوضح متوسط تدفق المياه اليومى خلال أربع سنوات بنهر نورث فورك الأمريكى، عند سد نورث فورك، بولاية كاليفورنيا، بالولايات المتحدة الأمريكية. وحسبما هو موضح بالرسم فإن الجليد المذاب يعتبر السبب الأساسى فى بلوغ هذا النهر ذروته. وكان أدنى متوسط يومى لتدفق جريان النهر خلال مارس ٢٠٠٠ قد وصل إلى ١٢٠٠ قدم مكعب فى الثانية، بينما كان تدفق جريانه أقل بكثير خلال أغسطس بعد ذوبان الجليد تماماً، حيث وصل إلى ٥٥-٧٥ قدم مكعب فى الثانية.



شكل ٢- ١٢

تتفاوت مياه الجليد المذابة الجارية على سطح الأرض من موسم، إلى موسم وكذلك من سنة إلى أخرى. وبمقارنة أوقات ذروة تدفق جريان النهر خلال العام ٢٠٠٠م مع الأوقات التى يكون فيها تدفق جريان الماء أقل بكثير خلال العام ٢٠٠١م فإننا نجد أن هذه المنطقة من كاليفورنيا كأنها أصيبت بالجفاف خلال العام

٢٠٠١م. ويمكن أن تؤدى المياه المخزنة ككتل جليدية إلى تقليل كمية المياه المتاحة لبقية السنة. ويمكن أن يؤثر ذلك على كمية المياه الجوفية الموجودة فى أعماق مجارى الأنهار، والتى بدورها يمكن أن تؤثر على المياه المتوفرة للرى واستهلاك الناس.

المياه الجارية على سطح الأرض:؟ تسيل مياه التساقط فوق سطح التربة نحو الأنهار

٨- ثامنا المياه الجارية على سطح الأرض عبارة عن مياه تساقط جارية فوق الأرض.

من المرجح أن كثيراً من الناس يعتقدون أن مياه التساقط تسقط على الأرض وتجرى نحو الأنهار التى تصب فى المحيطات. وفى واقع الأمر، فإن هذه المسألة تعتبر عملية معقدة إلى حد بعيد، ذلك لأن الأنهار تحصل على الماء من الأرض وتفقدها فى الأرض. ولازالت معظم مياه الأنهار تأتى مباشرة من مياه الأمطار الجارية على سطح الأرض، والتى تم تعريفها على أساس المياه السطحية الجارية.

Overland runoff from disturbed areas often contains excessive sediment in addition to water. (USGS)

شكل ٢- ١٣

إن بعضاً من مياه الأمطار عادة ما يتسرب إلى داخل الأرض، إلا أنه عندما يسقط على أرض متشبعة، أو غير نافذة، مثل الطرق الأسفلتية، ومواقف السيارات

فإنه يبدأ فى الجريان على نحو منحدر. ويمكنك خلال هطول الأمطار الغزيرة مشاهدة جداول صغيرة تجرى بشكل منحدر على طول مجارى وقنوات موجودة على الأرض متجهة نحو الأنهار. وتوضح هذه الصورة كيفية تدفق وجريان المياه السطحية ودخولها لخور صغير. وفى هذه الحالة فإن المياه السطحية تجرى على تربة عارية، ناقلة معها المواد المترسبة إلى النهر (غير مفيدة لجودة الماء). وبدخول هذه المياه السطحية إلى هذا الخور تكون قد بدأت رحلتها مرة أخرى إلى المحيط.

وفيما يتعلق بكل أجزاء الدورة المائية، فإن التفاعل بين التساقط وجريان المياه السطحية يكون متفاوتاً طبقاً للوقت والعوامل الجغرافية.وبنفس القدر فإن العواصف التى تحدث فى كل من أدغال الأمازون، والصحراء الواقعة جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية، سيترتب عليها ظهور أنماط مختلفة من المياه السطحية الجارية. وتتأثر المياه السطحية الجارية بالعوامل الأرصادية والجيولوجيا الطبيعية وطبوغرافية الأرض. ويعود تقريباً؟ثلث مياه الأمطار التى تسقط على الأرض، وتتدفق فى المجارى والأنهار مرة أخرى إلى المحيطات. أما الثلثين الآخرين فإنهما يتعرضان إما للتبخر، أو الارتشاح، أو التسرب إلى داخل الأرض. ويمكن أيضاً للناس الاستفادة من المياه السطحية الجارية فى استعمالاتهم الخاصة بهم.

٩- تاسعا مجارى الانهار(حركة الماء فى النهر)

تستخدم دائرة المساحة الجيولوجية الأمريكية مصطلح "تدفق الماء" للإشارة إلى كمية المياه الجارية فى أى نهر، أو مجرى، أو خور.

أهمية الأنهار

لا تعتبر الأنهار مهمة بالنسبة للناس فحسب، بل أيضاً لكل أنواع الحياة فى كل مكان. كما أنها ليست المكان الرئيسى للناس (وكلابهم) لممارسة اللعب واللهو، بل يستخدمها الناس لتوفير مياه الشرب، والرى، وتوليد الكهرباء، والتخلص من

النفايات (النفايات المعالجة)، ونقل الآليات، والحصول على الغذاء. وتشكل أيضاً الأنهار أهمية بالغة بالنسبة لكل أنواع الحيوانات والنباتات. كما تساعد الأنهار على إبقاء الطبقات الخازنة للماء مليئة بالمياه الجوفية من خلال تسرب الماء إلى باطن الأرض عن طريق مجاريها فى القاع. وتظل المحيطات بطبيعة الحال مليئة بالماء، وذلك لأن الأنهار تصب فيها بصورة دائمة.

أحواض الصرف المائى والأنهار

عند التفكير فى الأنهار فمن الأهمية بمكان التفكير فى حوض التصريف المائى للنهر. إذن، ما هو حوض التصريف المائي؟ إذا وقفت على الأرض الآن أنظر إلى أسفل. فإنك تقف، وكل واحد منا يقف، على حوض صرف مائى. ولهذا فإن حوض التصريف المائى هو ببساطة مساحة من الأرض تجرى عليها مياه التساقط الداخلة والخارجة نحو نقطة واحدة. ويمكن أن تكون أحواض التصريف المائى صغيرة فى حجم بصمة اليد على الطين، أو كبيرة إلى الحد الكافى لتستوعب كل الأراضى التى تسيل منها الماء نحو نهر الميسيسيبى الذى يصب فى خليج المكسيك. وتتألف أحواض التصريف المائى كبيرة الحجم من الكثير من الأحواض صغيرة الحجم. وكل ذلك يتوقف على نقطة التدفق؛ فكل الأراضى التى تسيل منها الماء نحو نقطة التدفق تعد بمثابة حوض صرف مائى لموقع التدفق هذا. ويعتبر حوض التصريف المائى مهماً لأن تدفق ماء النهر وجودته يتأثران بالظروف الطبيعية والأنشطة البشرية التى تحدث داخل حوض التصريف المائى.

مجرى الماء دائماً متغير

يتعرض مجرى الماء إلى تغييرات بصفة دائمة من يوم إلى يوم، وحتى من دقيقة إلى دقيقة. وبطبيعة الحال فإن مياه التساقط الجارية هى التى تؤثر بشكل أساسى على مجرى الماء. ويتسبب هطول الأمطار فى ارتفاع منسوب مياه الأنهار، ويمكن أيضاً أن يرتفع منسوب النهر حتى لو هطلت الأمطار فى مكان بعيد للغاية عن حوض

الصرف المائى. والجدير بالذكر أن الماء الذى يسقط على حوض التصريف المائى سيسيل فى نهاية المطاف عن طريق موقع التدفق. ويتوقف حجم النهر على حجم حوض التصريف المائى الخاص به. ويكون للأنهار الكبيرة أحواض صرف مائى كبيرة، والعكس هو صحيح بالنسبة للأنهار الصغيرة. وبالمثل فإن الأنهار بأحجامها المختلفة تتفاعل بشكل مختلف مع العواصف الرعدية؛ فالأنهار الكبيرة يرتفع منسوبها وينزل بشكل أبطأ من الأنهار الصغيرة. وفى أى حوض صرف مائى صغير يرتفع منسوب النهر ويخفض خلال دقائق أو ساعات معدودة، أما الأنهار الكبيرة فتستغرق أياماً لارتفاع منسوبها وانخفاضه، ومن ثم يمكن أن يظل الفيضان لمدة أيام لأن كل الماء الذى هطل على بعد مئات الأميال، عند منابع النهر، سوف يستغرق عدة أيام ليسيل من نقطة التدفق.

١٠- عاشرا المياه العذبة المخزنة (تخزين الماء العذب)

يعتبر الماء العذب الموجود على سطح الأرض من أجزاء دورة الماء، الذى يعد ضرورياً لكل مناحى الحياة. عليك فقط أن تطلب من جارك نبتة طماطم، أو تروتة، أو بعوضة مزعجة. وتشمل المياه العذبة السطحية كلا من المجارى المائية، والمستنقعات، والبحيرات، ومستودعات الماء الأرضية (بحيرات من صنع الأنسان)، والأراضى المنخضة الرطبة المحتوية على ماء عذب.

تتعرض المياه الموجودة فى الأنهار والبحيرات إلى تغييرات دائمة، نتيجة لكمية المياه الداخلة والخارجة إليها من خلال التساقط، والمياه الجارية على سطح الأرض، والمياه الجوفية، وتدفقات أفرع الأنهار. وتشمل المياه الخارجة عملية التبخر وتصريف المياه السطحية. كما يستخدم الناس الماء أيضاً للوفاء باحتياجاتهم. وتتغير كمية الماء وموقعه على مدى الزمن والمسافات، سواء من الناحية الطبيعية أو بمساعدة الأنسان.

المياه السطحية الجارية تحافظ على إستمرارية الحياة

مثلما توضح هذه الصورة التى تبرز دلتا النيل فى مصر، فإن الحياة حتى فى الصحراء يمكن أن تزدهر إذا توافرت إمدادات مياه سطحية (أو مياه جوفية). إن المياه الموجودة فى الأرض تدعم الحياة فعلاً. والسبب فى وجود المياه الجوفية هو تسرب المياه السطحية إلى أسفل داخل الطبقات الصخرية الخازنة للماء فى جوف الأرض. ولعلكم تذكرون أن الأسماك التى تعيش فى المحيطات المالحة لا تتأثر بالماء العذب غير أنه لولا الماء العذب المطلوب لتجديد المحيطات فإنها ستتبخر وتصبح مالحة للغاية بحيث يتعذر على الأسماك أن تعيش فيها.

Source: The Nile River (http://www.mbarron.net)

شكل ٢- ١٤

تعتبر المياه العذبة نادرة على سطح الأرض حيث إنها تشكل فقط ٣٪ من الماء الموجود عليها الأرض. وتشكل مياه البحيرات والمستنقعات العذبة حوالى ٠.٩٪ من الماء العذب فى الكرة الأرضية. ويوجد حوالى ٢٠٪ من المياه العذبة فى بحيرة واحدة ألا وهى بحيرة بيكال فى القارة الأسيوية ونفس هذه النسبة نفسها نجدها مخزنة فى البحيرات الكبرى فى الولايات المتحدة الأمريكية. وتحتفظ الأنهار بحوالى ٠.٠٠٦٪ فقط من المياه العذبة فى العالم. ولعله يتضح لكم أن الحياة على وجه الأرض لا يمكن أن تستمر من دون الماء.

١١- احدى عشرا التسرب: حركة الماء من سطح الأرض إلى داخل التربة والصخور التحتية

المياه الجوفية تبدأ كالتساقط

فى أى مكان فى العالم تتسرب بعض المياه التى تسقط كأمطار أو جليد إلى داخل التربة والصخور تحت السطح. وتتوقف الكمية المتسربة على عدة عوامل. ويمكن أن تكون كمية الماء المتسربة، جراء الأمطار التى تسقط على الغطاءات الجليدية فى جرين لاند، ضئيلة للغاية. وكما فى هذه الصورة التى توضح اختفاء أحد المجارى المائية داخل أحد الكهوف فى ولاية جورجيا بالولايات المتحدة الأمريكية، فإن ذلك يعنى أن أى مجرى مائى يمكن أن يتلاشى داخل المياه الجوفية.

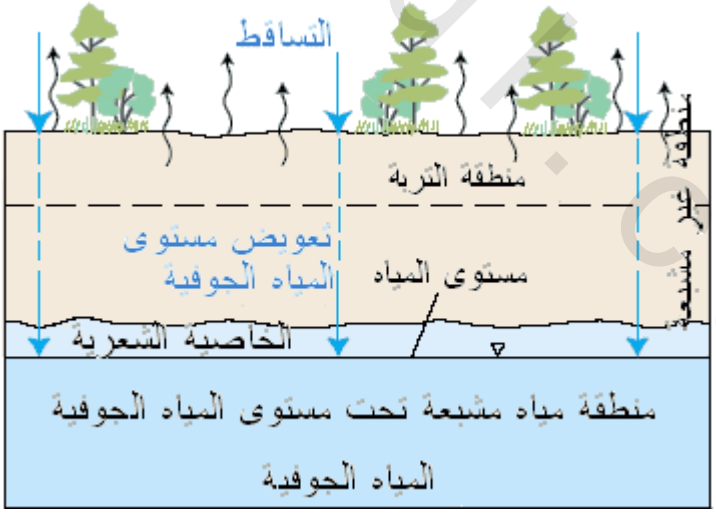
شكل ٢- ١٥

بعض المياه التى تتسرب تبقى داخل طبقة التربة الضحلة، حيث يمكن أن تصبح مجرى مائياً من خلال التسرب إلى داخل حوض المجرى. ويمكن أن يتسرب بعض من هذه المياه إلى مسافات أعمق لتغذية مستودعات المياه الجوفية. وإذا كانت هذه المستودعات المائية ضحلة أو مسامية بما فيه الكفاية لتسمح للماء بالتحرك بسهولة

من خلالها فإنه يمكن للناس حفر الآبار داخل المستودعات المائية الأرضية، واستخدام الماء فى أغراضهم الخاصة. ويمكن أن تنتقل المياه إلى مسافات طويلة، أو البقاء فى مستودع المياه الجوفية لفترات طويلة من الزمن قبل، أن تعود إلى سطح الأرض، أو التسرب إلى داخل الأجسام المائية الأخرى، مثل المجارى المائية والمحيطات.

المياه تحت السطح (تحت السطحية)

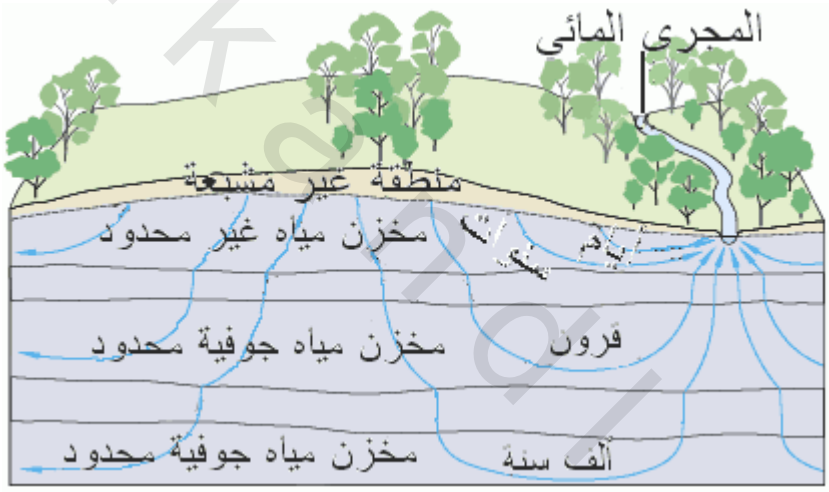
عندما تتسرب مياه الأمطار إلى داخل التربة تحت السطحية فإنها عادة ما تشكل منطقة غير مشبعة وأخرى مشبعة. ففى المنطقة غير المشبعة توجد بعض المياه فى فتحات الصخور تحت السطحية، إلا أن الأرض لا تكون مشبعة. ويُعرف الجزء الأعلى من المنطقة غير المشبعة بمنطقة التربة غير المشبعة، التى توجد فيها فراغات خلقتها جذور النباتات التى تسمح بتسرب مياه الأمطار. وتقوم النباتات باستخدام المياه الموجودة فى هذه التربة. وأسفل المنطقة غير المشبعة، توجد المنطقة المشبعة، حيث يملأ الماء بصورة كاملة الفراغات الموجودة بين الصخور وذرات التربة. ويمكن للناس حفر الآبار داخل هذه المنطقة وضخ الماء إلى الخارج.



شكل ٢- ١٦

١٢- اثنى عشرا تصريف وتدفق المياه الجوفية- خروج الماء من الأرض

إنك تشاهد يومياً الماء حولك، مثل، البحيرات، والأنهار، والجليد، والأمطار، والثلوج. وهناك أيضاً كميات هائلة من الماء لا يمكن مشاهدتها بالعين المجردة ؟ الماء الموجود والمتحرك فى جوف الأرض. وقد ظل الناس يستخدمون المياه الجوفية لآلاف السنين لأغراض الشرب والرى وهم لا يزالون مستمرين فى ذلك إلى يومنا هذا. ولذلك، فإن الحياة على وجه الأرض تتوقف على المياه الجوفية، وبالقدر نفسه على المياه التى توجود على سطح الأرض.



شكل ٢- ١٨

المياه السطحية تتدفق إلى داخل جوف الأرض

يتسرب جزء من مياه االتساقط التى تسقط على الأرض إلى جوف الأرض لتصبح مياهاً جوفية. وبمجرد وجودها فى جوف الأرض ينتقل بعضها إلى المناطق القريبة من سطح الأرض، ويخرج بسرعة كتصريف إلى أحواض المجارى المائية، إلا أنه نظراً للجاذبية الأرضية فإن غالبيتها يستمر فى التسرب إلى مسافات أعمق داخل جوف الأرض.

حسب ما يوضحه هذا الرسم البيانى، فإن اتجاه وحركة المياه الجوفية وسرعتها تحددهما الخصائص المختلفة للمستودعات المائية الأرضية والطبقات الصخرية الحاجزة (الصخور الكثيفة التى يصعب أن تخترقها المياه) فى الأرض. وتعتمد المياه التى تتحرك تحت الأرض على قابلية نفاذ(سهولة تحرك المياه أو صعوبته) ومسامية (كمية الفراغات المفتوحة فى المادة) الصخور تحت السطحية. وإذا سمحت الصخور للمياه بالتحرك بحرية نسبياً، ففى هذه الحالة يمكن للمياه الجوفية أن تنتقل إلى مسافات طويلة خلال أيام معدودة. ومع ذلك، فإن المياه الجوفية يمكن أيضاً أن تتسرب إلى مسافات أكثر عمقاً داخل المستودعات المائية الأرضية حيث تستغرق آلاف السنين لتعود مرة أخرى إلى البيئة.

Credit: Jo Schaper, Missouri Springs

١٣- ثلاثة عشرة الينابيع : المكان الذى تخرج منه المياه الجوفية لسطح الأرض

ما هو الينبوع؟

الينبوع هو الماء المتدفق نتيجة امتلاء أحد المستودعات المائية الأرضية إلى النقطة التى تتدفق فيها المياه إلى سطح الأرض. وتتراوح الينابيع من ينابيع صغيرة الحجم،

وهى التى تتدفق مباشرة بعد هطول أمطار غزيرة، إلى ينابيع كبيرة، تتدفق منها مئات الملايين من الجالونات يومياً.

يمكن أن تتكون الينابيع داخل أى نوع من أنواع الصخور، غير أنها غالباً ما توجد فى الحجر الجيرى، وصخور الدولوميت، التى يمكن أن تتصدع بسهولة وتتحلل بمياه الأمطار لتصبح حمضية. وعندما تتحلل وتتصدع هذه الصخور يمكن أن تتشكل الفراغات التى تسمح بتدفق الماء. وإذا كان تدفق الماء أفقياً، فإنه يمكن أن تصل إلى سطح الأرض وبالتالى يتشكل الينبوع.

ماء الينبوع ليس دائماً نقياً

عادة ما تكون مياه الينابيع نقية. ومع ذلك فإن بعضاً منها قد يكون بلون الشاى، ومثل هذا الينبوع موجود فى ولاية كلورادو بالولايات المتحدة الأمريكية. والسبب فى اللون الأحمر لمياه الينابيع هو مرور المياه الجوفية وملامستها مواد معدنية موجودة تحت الأرض، مثل الحديد. ويمكن أن يشير خروج المياه الملونة بشكل كبير من الينابيع إلى تدفق المياه بسرعة من خلال قنوات كبيرة داخل المستودعات المائية الأرضية دون أن تتمكن الصخور من تنقيتها لإزالة اللون.

Spring in Colorado, USA, USGS

الينابيع الحرارية

الينابيع الحرارية عبارة عن ينابيع عادية، ولكن الماء فيها عادة ما يكون دافئاً، وفى

بعض الأماكن حاراً، مثل الينابيع التى تخرج فقاعات الوحل فى حديقة يلوستون الوطنية، فى وايومينج بالولايات المتحدة الأمريكية. وتحدث العديد من الينابيع الحرارية فى المناطق التى شهدت مؤخراً نشاطاً بركانياً، حيث تسخن المياه من خلال ملامستها الصخور الحارة الموجودة على مسافات بعيدة تحت سطح الأرض. ومع ازدياد العمق فإن المياه تصبح أكثر دفئاً، وإذا؟ تعمقت تحت الأرض فإنها تصل إلى فجوة كبيرة تشكل مساراً إلى سطح الأرض يمكن أن يؤدى إلى حدوث ينبوع حرارى. وتحدث الينابيع الحرارية فى كل أنحاء العالم، ويمكن أن تتعايش مع الكتل الجليدية.

صورة لاحد الينابيع البديعة

١٤- اربعة عشرة الارتشاح : تبخر الماء من أوراق النبات إلى الغلاف الجوى

الإرتشاح وأوراق النبات

الارتشاح؟ هو العملية التى تنتقل بموجبها الرطوبة من منطقة الجذور، عن

طريق النبات، إلى مسامات صغيرة فى الجانب السفلى لأوراق النبات، حيث تتحول إلى بخار يخرج إلى الغلاف الجوى. إذن، الارتشاح هو تبخر الماء من أوراق النبات. وأشارت التقديرات إلى أن حوالى ١٠٪ من الرطوبة الموجودة فى الغلاف الجوى تخرج من النباتات عن طريق الارتشاح.

إن الارتشاح عملية تتعذر رؤيتها بالعين المجردة ؟ وطالما أن الماء يتبخر من سطح أوراق النبات فإنه لا يمكنك أن تخرج بكل بساطة وتشاهد أوراق النبات وهى ترتشح. ويمكن لورقة النبات خلال موسم النمو أن ترتشح عدة مرات بمعدل يفوق وزنها. ويمكن أن يرتشح فدان من محصول القمح حوالى ١١.٤٠٠ - ١٥.١٠٠ لتر من الماء (حوالى ٣.٠٠٠ ؟ ٤٠.٠٠٠ جالون) فى اليوم. وتستطيع شجرة البلوط الكبيرة أن ترتشح ١٥١.٠٠٠ لتر (٤٠.٠٠٠ جالون) فى السنة.

Credit: Ming kei College, Hong Kong

صورة لارتشاح الماء من النبات

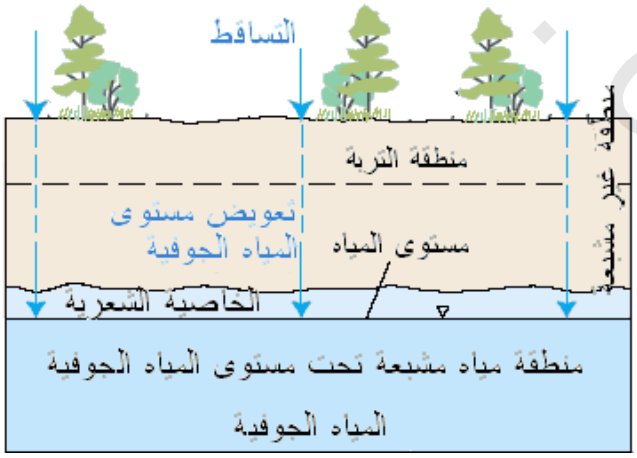
العوامل الجوية التى تؤثر على الارتشاح

تختلف كمية المياه التى ترتشحها النباتات بشكل كبير من الناحية الجغرافية وعلى مدى الزمن. وتوجد عدة عوامل تحدد معدلات الارتشاح:

- درجة الحرارة: ترتفع معدلات الارتشاح مع ارتفاع درجات الحرارة، خصوصاً خلال موسم نمو النباتات، وهو الوقت الذى تكون فيه حرارة الجو أدفأ.
- الرطوبة النسبية: عندما ترتفع الرطوبة النسبية فى الجو المحيط بالنبات ينخفض معدل الارتشاح. ومن السهل أن يتبخر الماء فى جو جاف أكثر من تبخره فى جو مشبع.
- حركة الرياح والهواء: حركة الهواء المتزايدة حول النبات تؤدى إلى ارتفاع الارتشاح بمعدلات أعلى.
- نوع النبات: يرتشح الماء من النباتات بمعدلات مختلفة. بعض النباتات التى تنمو فى المناطق الجافة، مثل نبات الصبار، تحافظ على كميات ثمينة من الماء، من خلال ارتشاح ماء أقل من النباتات الأخرى.

١٥- خمس عشرة المياه الجوفية المخزنة

مستودع المياه الجوفية: وجود الماء لفترات طويلة تحت سطح الأرض، فالماء المخزن جزء لا يتجزأ من دورة الماء



توجد كميات كبيرة من الماء مخزنة فى جوف الأرض، وهى لا تزال متحركة، ومن المحتمل أن تكون متحركة بشكل بطئ للغاية. ومعظم الماء الموجود فى جوف الأرض يأتى من مياه التساقط التى تتسرب إلى أسفل سطح الأرض. وتعتبر الطبقة العليا للتربة منطقة غير مشبعة، حيث يوجد الماء بكميات تتغير على مدى الزمن بحيث لا تجعل التربة مشبعة. ويوجد أسفل هذه الطبقة المنطقة المشبعة، حيث تكون كافة المسامات والتصدعات والفراغات بين ذرات الصخور مشبعة بالماء. ولذلك، فإن مصطلح المياه الجوفية يستخدم لوصف هذه المنطقة. ومن المصطلحات الأخرى للمياه الجوفية مصطلح "المستودعات المائية الأرضية"، وهى عبارة عن مستودع كبير لماء الأرض، إذ يعتمد كل الناس فى مختلف أرجاء العالم على المياه الجوفية فى حياتهم اليومية. لإيجاد الماء أنظر إلى تحت سطح الماء الباطني.

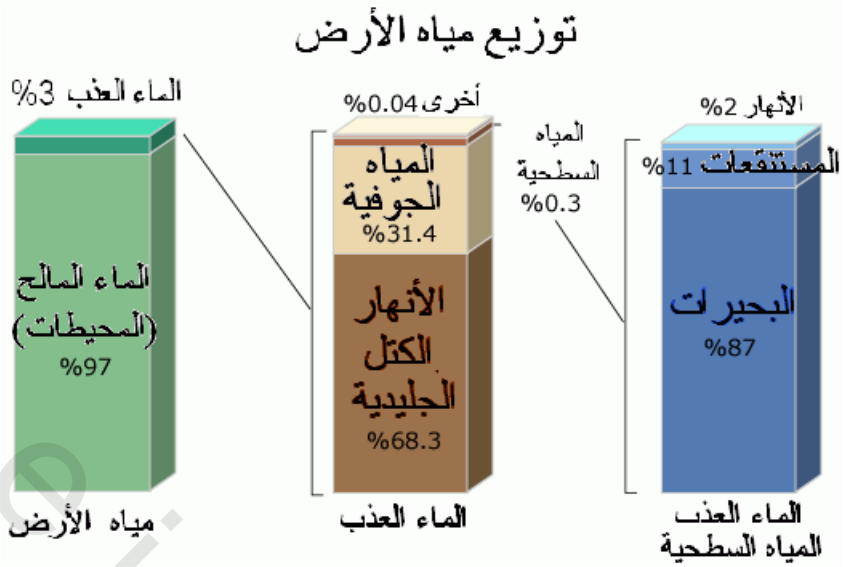
أتمنى بأن أحظى بتقديركم على الساعة التى أمضيتها تحت أشعة الشمس الحارة فى حفر هذه الحفرة عند شاطئ البحر. إنها طريقة متميزة لتوضيح مفهوم كيفية أن الأرض تكون مشبعة بالماء عند عمق معين إذا كانت نافذة بما فيه الكفاية لحجز الماء. إن المحيط يقع مباشرة يمين هذه الحفرة، ومستوى منسوب ماء الحفرة هو مستوى منسوب المحيط نفسه. وبطبيعة الحال، فإن مستوى منسوب الماء هنا يتغير خلال دقيقة واحدة، نظراً لحركة المد والجزر؟ والتى عندما ترتفع إلى أعلى فإن مستوى

منسوب الماء داخل الحفرة يتحرك أيضاً.

تعتبر هذه الحفرة بطريقة أو بأخرى مثل بئر يستخدم للوصول إلى المياه الجوفية. وإذا كانت هذه الصورة توضح مياهاً عذبة؟، فما على الناس إلا أن يأتوا بسطل لإمداد أنفسهم بالماء. وفى واقع الأمر، إذا أخذت دلواً عند شاطئ البحر، وحاولت أن تفرغ هذه الحفرة فإنها ستمتلئ على الفور، لأن الرمل شديد النفاذ، يمكن أن يتدفق الماء من خلاله بسهولة. وللحصول على الماء العذب فإنه لا بد للناس من حفر آبار بعمق كاف للوصول إلى المستودع المائى الأرضى. ويمكن أن يصل عمق البئر إلى عشرات أو آلاف الأقدام. ومع ذلك فإن الفكرة هى نفس؟ الفكرة الخاصة بحفرتنا عند شاطئ البحر؟ أحصل على الماء فى المنطقة المشبعة حيث الفراغات الصخرية مليئة بالماء.

٢- ٣ التوزيع العالمى للماء

للحصول على تفسير مفصل حول مواقع وجود الماء فى الكرة الأرضية أنظر إلى الخارطة وجدول البيانات المبين أدناه. لاحظ أن إجمالى إمدادات المياه فى العالم يصل إلى حوالى ١.٣٨٦ مليون كيلومتر مكعب (٣٣٢.٥ ميل مكعب) من الماء، منها أكثر من ٩٦٪ عبارة عن ماء مالح. وفيما يتعلق بالماء العذب، منها ما يزيد على ٩٦٪ محجوز بالأنهار والكتل الجليدية و٣٠٪ موجود بالأرض. أما مصادر الماء العذب المتمثلة فى الأنهار والبحيرات فهى تشكل حوالى ٩٣.١٠٠ كيلومتر مكعب (٢٢.٣٠٠ميل مكعب)، أى حوالى ١/ ٧٠٠ من ١٪ من إجمالى الماء. ولا تزال الأنهار والبحيرات تشكل معظم مصادر المياه التى يستخدمها الناس يومياً.



أحد التقديرات للتوزيع العالمى للماء

مصدر الماء	حجم الماء بالكيلومترات المكعبة	حجم الماء بالأميال المكعبة	نسبة المياه العذبة	نسبة الماء بأكملها
المحيطات والبحار والخلجان	١.٣٣٨.٠٠٠.٠٠٠	٣٢١.٠٠٠.٠٠٠	--	٩٦.٥
الكتل والأنهار الجليدية والثلوج الدائمة	٢٤.٠٦٤.٠٠٠	٥.٧٧٣.٠٠٠	٦٨.٧	١.٧٤
المياه الجوفية	٢٣.٤٠٠.٠٠٠	٥.٦١٤.٠٠٠	--	١.٧
عذب	١٠.٥٣٠.٠٠٠	٢.٥٢٦.٠٠٠	٣٠.١	٠.٧٦
مالح	١٢.٨٧٠.٠٠٠	٣.٠٨٨.٠٠٠	--	٠.٩٤
رطوبة التربة	١٦.٥٠٠	٣.٩٥٩	٠.٠٥	٠.٠٠١
أرض دائمة التجمد	٣٠٠.٠٠٠	٧١.٩٧٠	٠.٨٦	٠.٠٢٢
البحيرات	١٧٦.٤٠٠	٤٢.٣٢٠	--	٠.٠١٣

obeikandl.com

عذب	٩١.٠٠٠	٢١.٨٣٠	٠.٢٦	٠.٠٠٧
مالح	٨٥.٤٠٠	٢٠.٤٩٠	--	٠.٠٠٦
الغلاف الجوي	١٢.٩٠٠	٣.٠٩٥	٠.٠٤	٠.٠٠١
مياه المستنقعات	١١.٤٧٠	٢.٧٥٢	٠.٠٣	٠.٠٠٠٨
الأنهار	٢.١٢٠	٥٠٩	٠.٠٠٦	٠.٠٠٠٢
المياه البيولوجية	١.١٢٠	٢٦٩	٠.٠٠٣	٠.٠٠٠١
الإجمالي	١.٣٨٦.٠٠٠.٠٠٠	٣٣٢.٥٠٠.٠٠٠	-	١٠٠

المصدر: موارد المياه. موسوعة المناخ والطقس. أعده للنشر أس. أتش. شينيدر، مطبعة جامعة أكسفورد، نيويورك، المجلد ٢ ص ٨١٧ - ٨٢٨

obeikandl.com