4-1

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

الأهداف

- **تصف** كيف يرتبط كل من تخزين المياه الجوفية وحركتها مع دورة الماء في الطبيعة.
- **توضح** المقصود بالخزان المائي الجوفي والطبقة العازلة.
- **تربط** بين مكونات الخزان المائي الجوفي ووجود الينابيع.

مراجعة المفردات

الدورة المائية: الحركة الدورانية الطبيعية المستمرة للماء ضمن أنظمة الأرض.

المفردات الجديدة

رشح
نطاق الإشباع
منسوب الماء
نطاق التهوية
النفاذية
الخزان المائي الجوفي
الطبقة العازلة (الصماء)
ينبوع
ينبوع ساخن
الينابيع الفوارة

حركة المياه الجوفية وتخزينها

MovementandStorageofGroundwater

الفكرة الرئيسة **تزود خزانات المياه الجوفية الجداول والينابيع الطبيعية والمناطق بالمياه حيثما يتقاطع منسوبها مع سطح الأرض.**

الربط مع الحياة. هل لاحظت ينبوع ماء يتدفق مدة طويلة دون وجود أمطار؟ لا شك أن مياه الأمطار تسهم في تدفق مياه الينابيع، لكن المصدر الأكبر لهذه المياه يأتي من تحت سطح الأرض.

الغلاف المائي The Hydrosphere

المياهُ الموجودة في القشرة الأرضية وعلى سطحها وفي الغلاف الجوي تشكل الغلافَ المائيَّ. وقد درست سابقًا في إطار أنظمة الأرض التي تضم كلًّا من الغلاف الصخري والمائي والجوي والحيوي، أن مياه المحيطات تشكل 97% تقريبا من الغلاف المائي، بينما تشكل مياه اليابسة 3% تقريبا من الغلاف المائي، ومعظمها مياه عذبة.

وتعد المياه العذبة أكثر الموارد المتجددة أهمية وشيوعًا، وعلى الرغم من أن معظم المياه العذبة (70–80%) مختزنة على هيئة غطاء جليدي وجليديات إلا أن مياه الأنهار والجداول المائية والبحيرات تمثل جزءًا يسيرًا من المياه العذبة السائلة، كما في **الجدول 1–4**. تذكر ما درسته سابقًا من أن الماء في الغلاف المائي يتحرك ضمن دورة الماء في الطبيعة.

الجدول 1–4 **مصادر المياه على الأرض**

الموقع	النسبة المئوية للمياه الكلية	حجم المياه (km^3)	تقديرات متوسط زمن وجود المياه
المحيطات	97.2	1230000000	3200 سنة
الغطاء الجليدي والجليديات	2.15	28600000	20000 سنة
المياه الجوفية	0.62	8000000	200 – 20000 سنة
البحيرات	0.009	123000	عشرات السنوات
الغلاف الجوي	0.001	12700	9 أيام
الأنهار والجداول المائية	0.0001	1200	أسبوعان

المياه الجوفية والهطول
Groundwater and Precipitation

تعد المحيطات المصدر الرئيس لجميع المياه على سطح الأرض. تتبخر المياه خلال دورة الماء في الطبيعة إلى الغلاف الجوي على شكل بخار ماء وغيوم، ثم تقوم الرياح وأنظمة الطقس بنقل رطوبة الجو إلى جميع أنحاء الأرض، حيث يتركز معظمها فوق اليابسة (القارات)، ويحصل الهطول الذي يمثل عودة الماء إلى سطح الأرض. لاحظ أن بعض الهطول يحدث فوق المحيط مباشرة والبعض الآخر يحدث فوق اليابسة. وقد قال الله تعالى في كتابه العزيز يصف أهمية الماء: ﴿ وَمِنْ ءَايَٰتِهِۦٓ أَنَّكَ تَرَى ٱلْأَرْضَ خَٰشِعَةً فَإِذَآ أَنزَلْنَا عَلَيْهَا ٱلْمَآءَ ٱهْتَزَّتْ وَرَبَتْ ۚ إِنَّ ٱلَّذِىٓ أَحْيَاهَا لَمُحْىِ ٱلْمَوْتَىٰٓ ۚ إِنَّهُۥ عَلَىٰ كُلِّ شَىْءٍ قَدِيرٌ ﴿٣٩﴾ ﴾ فصلت.

وتسمى عملية تسرب مياه الأمطار بعد سقوطها على اليابسة إلى جوف الأرض **بالرشح Infiltration**، وتصبح مياهًا جوفية، بينما يجري جزء بسيط من مياه الأمطار على سطح الأرض في صورة جداول مائية وأنهار تعود مباشرة إلى المحيطات، وتتحرك المياه الجوفية في باطن الأرض حركة بطيئة وتعود في النهاية إلى السطح من خلال الينابيع (العيون)، وتنساب على شكل جداول مائية في المناطق الرطبة، ثم تتدفق عائدة إلى المحيطات.

ماذا قرأت؟ تعرَّف ما المصدر الرئيس لجميع المياه على اليابسة؟

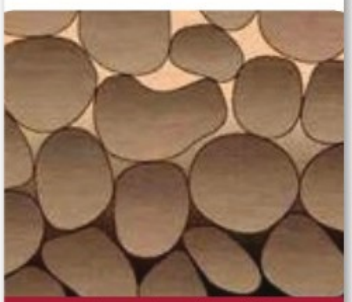
تخزين المياه الجوفية Groundwater Storage

لوحظ أن البرك الصغيرة جدًّا التي تنشأ عن تجمع مياه الأمطار تختفي بسرعة؛ إذ ترشح جزئيًّا إلى باطن الأرض. ففي التربة الرملية غالبًا ما تتسرب المياه نحو الأسفل بسرعة. فأين تذهب هذه المياه؟ إنها تتجمع في الفراغات الصغيرة في باطن الأرض. وعلى الرغم من أن قشرة الأرض تبدو صلبة مصمتة إلا أن التربة والرسوبيات والصخور فيها عدد لا يحصى من الفراغات الصغيرة التي تسمى المسامات.

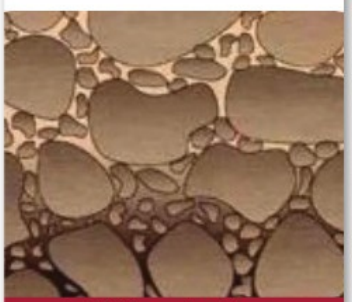
تشكل المسامات نسبة كبيرة من بعض الصخور. ويسمى الحجم الكلي للمسامات في الصخر المساميةَ. وكلما زادت مسامية الصخر سهُل تدفُّق الماء من خلاله إذا كانت مساماته متصلة. وتتراوح مسامية الصخور تحت السطحية بين 2% إلى أكثر من 50%. فعلى سبيل المثال، مسامية الرمل جيد الفرز 30%، ولكن في الرسوبيات رديئة الفرز تحتل المكونات صغيرة الحجم جزءًا من المسامات، ولذلك تقلل من المسامية الكلية للرسوبيات. انظر **الشكل 1–4**. وبالمثل فإن المادة اللاحمة التي تعمل على تماسك الحبيبات في الصخور الرسوبية معًا تقلل من مسامية الصخر. وتكون كميات المياه المختزنة في المسامات كبيرة جدًّا؛ لأن حجم الرسوبيات والصخور تحت سطح الأرض ضخم جدًّا.

الشكل 1–4 تعتمد المسامية على حجم حبيبات المادة وتنوعها.

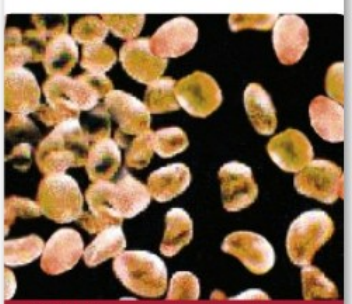
قارن بين المساميات المبينة في كل عينة.



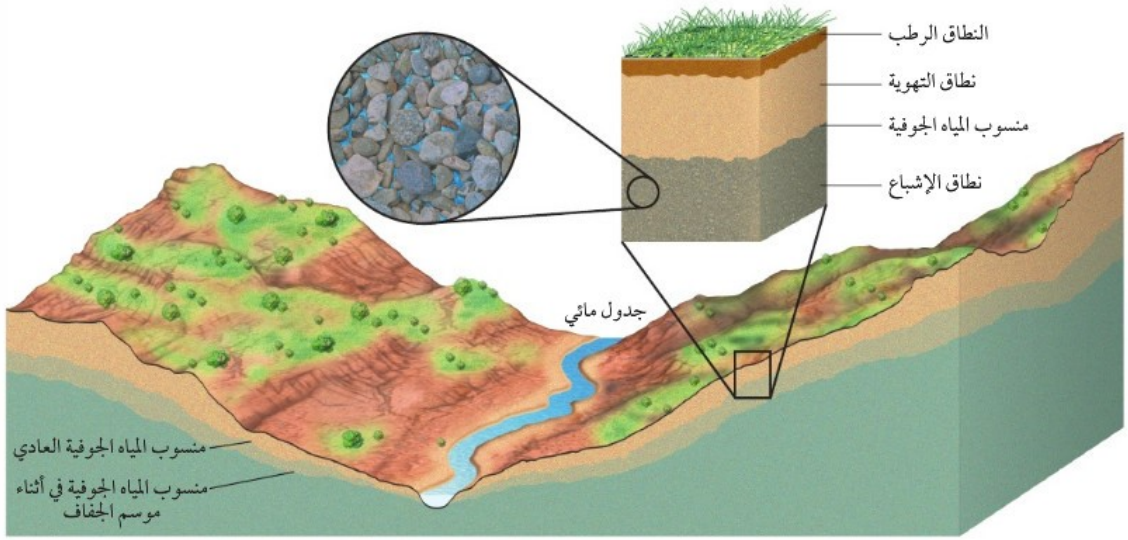
حبيبات رمل كبيرة جيدة الفرز



حبيبات رمل رديئة الفرز



حبيبات رمل صغيرة جيدة الفرز



الشكل 2–4 يبين نطاق الإشباع في منطقة تحت سطح الأرض.

صف النطاق الذي يعلو نطاق الإشباع.

نطاق الإشباع The Zone of Saturation

تسمى المنطقة تحت سطح الأرض المملوءة مساماتها تمامًا بالمياه الجوفية **نطاق الإشباع Zone of saturation**، ويسمى الحد العلوي لهذا النطاق **منسوب الماء Water table**. انظر **الشكل 2–4**. وفي **نطاق التهوية Zone of aeration** الذي يعلو منسوب الماء تكون الصخور رطبة، ولكن مساماتها غير مشبعة بالمياه، لذا يحتل الهواء جزءًا كبيرًا منها.

حركة المياه Water movement يمكن تصنيف المياه الموجودة في نطاقي الإشباع والتهوية إلى مياه جاذبية ومياه شعرية. ومياه الجاذبية هي المياه التي تتحرك إلى أسفل نتيجة الجاذبية الأرضية. أما المياه الشعرية فهي المياه التي تُسحب إلى أعلى بفعل الخاصية الشعرية، وهي موجودة فوق منسوب الماء؛ إذ تُحتجز داخل مسامات الصخور والرسوبيات بسبب التوتر السطحي. ويمكن ملاحظة فعل الخاصية الشعرية عندما نضع طرف ورق التنشيف على سطح الماء، حيث يظهر الماء وكأنه يرتفع إلى أعلى من خلال ورق التنشيف.

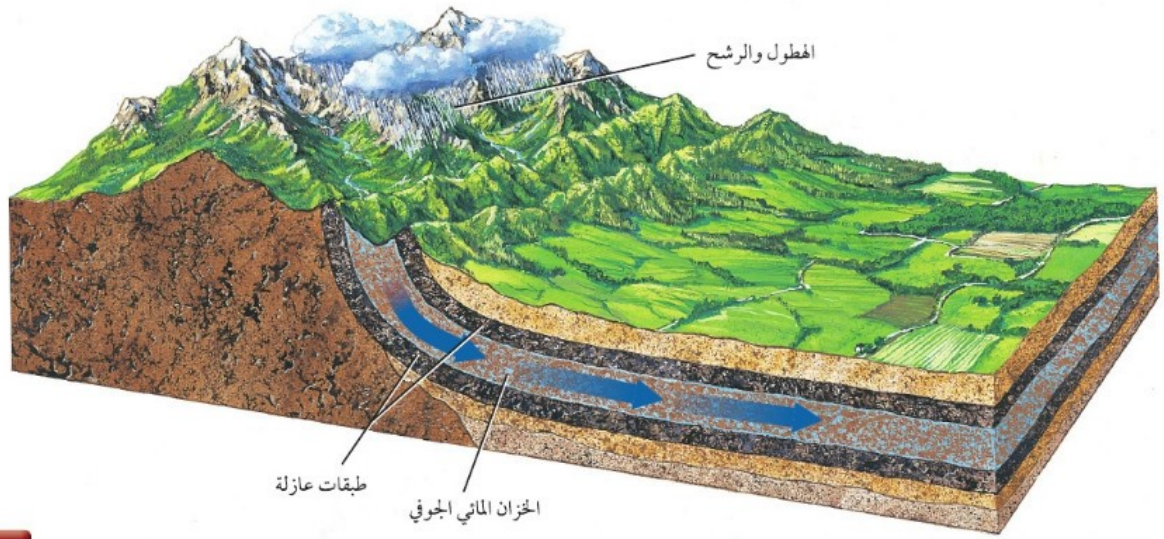
منسوب المياه الجوفية The water table يتفاوت عمق منسوب الماء في معظم الأحيان اعتمادًا على الظروف المحلية. ففي الجداول المائية على سبيل المثال يكون منسوب الماء قريبًا من سطح الأرض؛ إذ يصل عمق الماء إلى عدة أمتار فقط. أما في مناطق البرك فيَصِل منسوب الماء إلى مستوى سطح الأرض، بينما في مناطق أعلى التلال أو في المناطق الجافة يتراوح عمق منسوب الماء بين عشرات الأمتار ومئات الأمتار أو يزيد. ويوضح **الشكل 2–4** كيف يأخذ شكلُ منسوب المياه الجوفية شكلَ تضاريس السطح فوقه. فعلى سبيل المثال، ينطبق شكل انحدار منسوب المياه الجوفية مع شكل الوديان والتلال التي تعلوه على سطح الأرض. ولما كان منسوب الماء يعتمد على الهطول، لذا فهو يتذبذب فصليًّا وتبعًا لظروف الطقس الأخرى؛ إذ يرتفع في الفصول الرطبة وخصوصًا في فصل الشتاء، وينخفض في فصل الصيف الجافّ.

حركة المياه الجوفية Groundwater Movement

تنساب المياه الجوفية من أعلى إلى أسفل في اتجاه ميل منسوب الماء، وعادة ما تكون هذه الحركة بطيئة؛ لأن المياه الجوفية تنساب في خلال عدد كبير من المسامات الدقيقة في المواد تحت السطح. وتسمى قابلية المادة لإنفاذ الماء من خلالها **النفاذية Permeability**. بينما المواد التي حبيباتها كبيرة ومساماتها متصلة - ومنها الرمل والحصى - تكون نفاذيتها كبيرة، وتسمح بمرور المياه الجوفية خلالها بسرعة أكبر، وتتراوح نفاذية الصخور عادةً ما بين 1 متر في اليوم إلى 1 متر في السنة.

النفاذية Permeability تسمى الصخور والرسوبيات المنفذة للمياه الجوفية **الخزان المائي الجوفي Aquifers**. انظر **الشكل 3-4**. حيث تكون مسامات صخور الخزان المائي الجوفي كبيرة ومتصلة، ومن أمثلتها الرمل. أما الصخور والرسوبيات التي تتكون من حبيبات صغيرة فإن مساماتها صغيرة ونفاذيتها قليلة وتسمى صخورًا غير منفذة، وتسمى الطبقات غير المنفذة التي تحجز الماء وتمنعه من التدفق **الطبقة العازلة (الصماء) Aquicludes**. ويكون انسياب المياه الجوفية فيها بطيئًا، ويقاس غالبًا بالملمترات في اليوم. ويعد حجر الطمي والطَّفْل والطين أمثلة على الصخور غير المنفذة؛ فالطين غير منفذ؛ لأن حبيباته دقيقة ومتراصة، وتعمل على الاحتفاظ بالماء، ولهذا السبب يُستخدم الطين طبقةً مبطنة في البرك الاصطناعية، وفي مكابّ النفايات.

سرعة التدفق Flow velocity تعتمد سرعة تدفق المياه الجوفية على انحدار منسوب المياه الجوفية ونفاذية الصخر التي تتدفق المياه الجوفية من خلاله. وتقوم قوة الجاذبية بسحب المياه إلى أسفل، ويزداد التدفق عندما يكون انحدار منسوب الماء شديدًا، كما يتدفق الماء أسرع خلال الفتحات الكبيرة، مقارنة بسرعته خلال الفتحات الصغيرة. وتتناسب سرعة تدفق المياه الجوفية طرديًّا مع كل من انحدار منسوب المياه الجوفية ونفاذية المادة التي يتدفق الماء من خلالها.



الشكل 3-4 الخزان المائي الجوفي طبقة مكونة من صخور منفذة ومشبعة بالماء، ويقع هذا الخزان المائي الجوفي بين طبقتين غير منفذتين تسميان طبقتين عازلتين.

الشكل 4–4 توجد الينابيع عند نقاط تقاطع منسوب المياه الجوفية مع سطح الأرض.

الينابيع (العيون) Springs

تتحرك المياه الجوفية ببطء وباستمرار خلال الخزان المائي الجوفي، وتعود في النهاية إلى سطح الأرض. وفي معظم الأحيان تخرج المياه الجوفية من مكان تقاطع منسوبها مع سطح الأرض. ومثل هذه التقاطعات غالبًا ما توجد في المناطق المنحدرة. ويعتمد مكان خروج المياه الجوفية إلى السطح على ترتيب طبقات الخزان المائي الجوفي والطبقات العازلة في المنطقة.

ماذا قرأت؟ وضح كيف يؤثر انحدار اليابسة في أماكن الينابيع.

يعدّ الخزان المائي الجوفي طبقات منفذة تحت الأرض يتدفق الماء خلالها بسهولة. أما الطبقة العازلة فهي عبارة عن طبقات غير منفذة. يتألف الخزان الجوفي المائي عادةً من طبقات الرمل والحصى والحجر الرملي والحجر الجيري. أما الطبقة العازلة فتتألف من طبقات الطين أو الطَّفل، وتمنع حركة المياه الجوفية خلالها. ويؤدي اتصال الخزان المائي الجوفي مع الطبقة العازلة إلى تصريف المياه الجوفية عند سطح الأرض في منطقة التماس بينهما. انظر **الشكل 4–4**. يسمى هذا التصريف الطبيعي للمياه الجوفية **بالينابيع Springs**.

كما يمكن أن تخرج الينابيع عند طرف منسوب المياه الجوفية المرتفع؛ فنطاق الإشباع الذي يعلو الطبقة العازلة يفصل بين مستوى المياه الجوفية للطبقة المعلقة ومنسوب المياه الجوفية الرئيس الذي يقع أسفل منه. وهناك مناطق أخرى تخرج منها الينابيع على امتداد الصدوع.

انبثاق الينابيع Emergence of springs قد يكون الماء المتدفق من الينابيع في صورة نز أو تسرب، وقد يشكّل جدولًا. هناك مثلًا ينابيع كبيرة تسمى ينابيع الكارست ينبثق منها نهر كامل. وتوجد ينابيع الكارست في المناطق التي تتكون من الحجر الجيري؛ حيث تتغذى مياه الينبوع من ممرات تحت الأرض. أما في المناطق التي تتكون من صخور رسوبية أفقية فيتدفق الينبوع على جوانب الوديان من قاعدة الخزان المائي الجوفي، وعلى ارتفاع واحد. كما يظهر في **الشكل 5–4**. وقد قال الله تعالى: ﴿ أَلَمْ تَرَ أَنَّ ٱللَّهَ أَنزَلَ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءً فَسَلَكَهُۥ يَنَٰبِيعَ فِى ٱلْأَرْضِ ﴾ الزمر (٢١).

إرشادات الدراسة

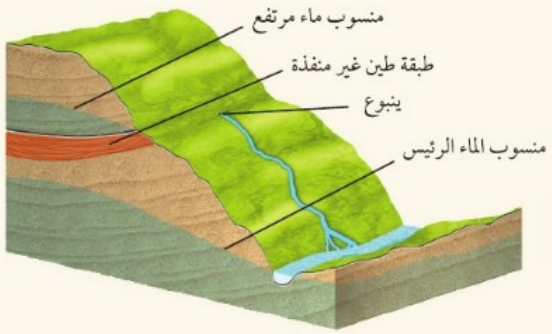
الكتابة بالمشاركة

اكتب تقريرًا حول أحد الينابيع في المملكة العربية السعودية من حيث اسمه وكيفية تدفقه، ومكان وجوده وأهميته السياحية أو الزراعية.

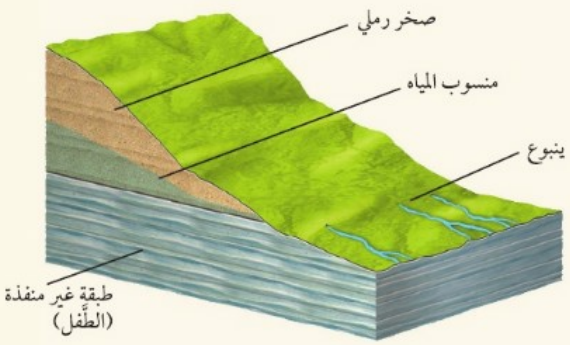
الينابيع Springs

الشكل 5–4 تتكون الينابيع نتيجة خروج المياه الجوفية إلى سطح الأرض، وتتشكل نتيجة تقاطع منسوب الماء مع سطح الأرض، ويمكن للينبوع أن يتشكل بطرائق مختلفة.

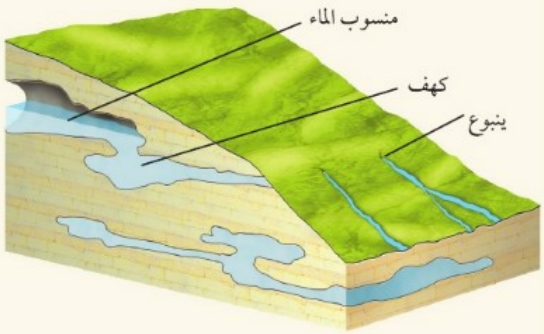
قارن بين نشأة أنواع الينابيع الأربعة.



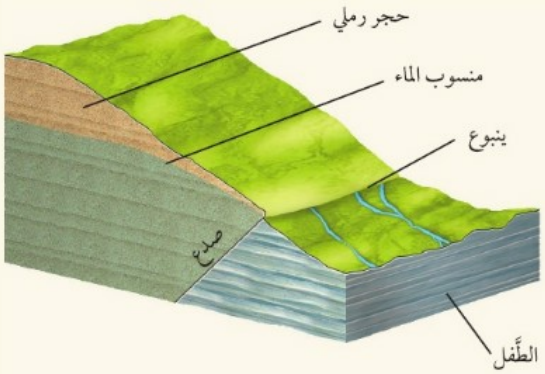
يؤدي وجود طبقات غير منفذة – ومنها الطَّفل – فوق الخزان المائي الجوفي إلى تكوين منسوب الماء المرتفع.



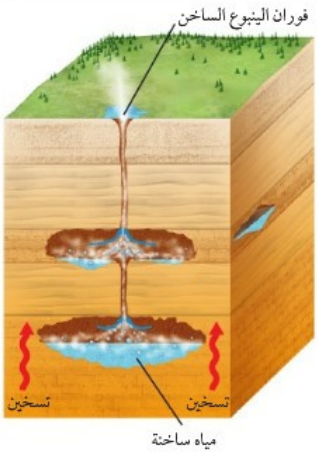
تتكون الينابيع نتيجة التقاء طبقة منفذة مع طبقة غير منفذة.



تتكون الينابيع الجيرية (Karst) في المناطق التي تعمل فيها المياه الجوفية على تجوية طبقة الحجر الجيري؛ حيث تنبع المياه من الكهوف المتصلة في جوف الأرض، فتصل إلى سطح الأرض.



تتكون بعض الينابيع في مناطق الصدوع، حيث تؤدي هذه الصدوع إلى التقاء نوعين مختلفين من الطبقات؛ كأن تلتقي طبقة صخرية مسامية مع أخرى غير مسامية.



الشكل 6–4 الينابيع الفوارة نوع من الينابيع الساخنة، تخرج منها مياه حارة وبخار ماء إلى سطح الأرض.

عرف ما أصل العيون الفوارة؟

درجة حرارة الينابيع Temperature of springs ينظر الناس إلى مياه الينابيع على أنها باردة ومنعشة، إلا أن درجة حرارة المياه الجوفية التي تنصرف من خلال الينابيع عمومًا تساوي متوسط درجة الحرارة السنوية في المنطقة الموجودة فيها.

ومقارنة بدرجة حرارة الهواء فإن درجة حرارة المياه الجوفية عمومًا أبرد في فصل الصيف، وأسخن في فصل الشتاء. وهناك بعض الينابيع التي تكون مياهها أدفأ من متوسط درجة الحرارة السنوية، وتسمى **الينابيع الساخنة Hot springs**؛ اعتمادًا على درجة حرارتها. الينابيع الساخنة هي ينابيع مياه تزيد درجة حرارتها على درجة حرارة جسم الإنسان (37°C).

وهناك آلاف الينابيع في العالم تتدفق في مناطق مختلفة، ما زالت درجة حرارة صخورها الجوفية مرتفعة بسبب قربها من النشاط الناري. أو بسبب المال الحراري الجوفي في المناطق البركانية. ومن هذه ما يطلق عليه **الينابيع الفوارة Geysers**. انظر **الشكل 6–4**، وهي عبارة عن نوافير ساخنة. ويعتقد أن مياه هذه الينابيع قد سخنت في باطن الأرض إلى درجة الغليان، مما أدى إلى تبخرها، فينشأ عن ذلك ضغط كبير لبخار الماء يسبب حدوث الفورانات المتعاقبة.

ومن الينابيع الحارة في المملكة العين الحارة في منطقة جيزان؛ والتي تبلغ درجة حرارتها حوالي 50°C وعين الخوبة وتبلغ درجة حرارتها 57°C.

التقويم 1–4

الخلاصة

- ترشح بعض مياه الهطول إلى جوف الأرض فتصبح مياهًا جوفية.
- تخزن المياه الجوفية في مسامات الصخور والرسوبيات وتوجد أسفل منسوب الماء.
- تتحرك المياه خلال طبقات منفذة تسمى الخزان المائي الجوفي، ويتم احتجازها بطبقات غير منفذة تدعى الطبقات العازلة.
- تنبع المياه الجوفية حيثما يتقاطع منسوبها مع سطح الأرض.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **الفكرة الرئيسة** **وضح** كيف ترتبط حركة المياه الجوفية مع دورة الماء في الطبيعة؟
2. **وضح** بالرسم كيف تؤدي المواقع النسبية لكل من الخزان المائي الجوفي والطبقة العازلة إلى وجود الينابيع؟
3. **صف** كيف تصبح مياه الينابيع ساخنة؟
4. **حلل** العوامل التي تحدد سرعة التدفق.

التفكير الناقد

5. **قارن** بين المسامية والنفاذية للمواد تحت السطحية.
6. **استدل** لماذا يعد وجود الطبقة العازلة أسفل الخزان المائي الجوفي ذات فائدة كبيرة للمجتمع؟

الكتابة في الجيولوجيا

7. **طور** مجموعة من الإشارات تصف فيها أفضل الأماكن للبحث عن المياه الجوفية.