

الفصل الثاني: المحور الثاني

تكوين المدخرات المائية الجوفية

تمثل المياه الجوفية رغم قلتها مقارنة مع المياه السطحية، مصدراً أساسياً للتزويد بالماء العذب عند فئة عريضة من السكان في العالم.

- ما هي البنيات الأرضية، والآليات التي تساعد على تخزين المياه في جوف الأرض؟
- هل من استراتيجيات فعالة لعقلنة استغلال هذه المياه والمحافظة عليها؟

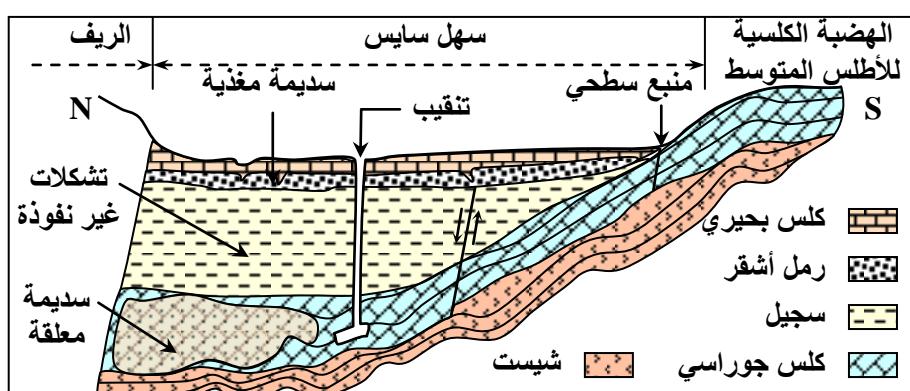
I- الطبيعة الجيولوجية وخصائص صخور الحلماءات Aquifères

① معطيات للاستثمار: انظر الوثيقة 1

الوثيقة 3: الطبيعة الجيولوجية وخصائص صخور الحلماءات.

★ تعطي الوثيقة أسلفه مقطعاً جيولوجياً يوضح الطبيعة الجيولوجية لحملاءات سهل سايس (فاس-مكناس).

1) انطلاقاً من هذه الوثيقة حدد نوعية الصخور التي تمثل حلماءات في منطقة سهل سايس.



★ ليبيا بلد من أكثر بلدان العالم جفافاً وندرة من حيث المياه حيث أن أكثر من 90% من أراضيها عبارة عن أراضي صحراوية قاحلة و9/10 من سكانها يعيشون على شاطئها بالبحر الأبيض المتوسط حيث المياه نادرة أيضاً إلا أن بجنوبها سديمة مائية من أضخم السدائم المائية المعروفة في العالم حيث يصل سمكها مابين 50 إلى 2400 m وتمتد آلاف الكيلومترات (تشمل أجزاء من مصر وتشاد والسودان). يقدر الباحثون حالياً أن حجم المياه المحبوسة داخل السديمة سيكفي سكان مصر والسودان وليبيا وتشاد لحوالي 4800 سنة.

- 2) ما مصدر تلك المياه التي توجد في صحراء ليبيا؟
- 3) عرف المصطلحات التالية: حلماءة وسديمة وفرشة مائية؟
- 4) هل كل صخور جوف الأرض لها القدرة على الاحتفاظ بالماء؟ وإذا كان الجواب بالنفي ما هي الشروط الواجب توفرها في صخرة ما لتحتفظ بالماء؟
- 5) أعط أمثلة لصخور يمكنها الاحتفاظ بالماء وأمثلة أخرى لصخور لا يمكنها الاحتفاظ بالماء.
- 6) ماذا تستخلص من كل ما سبق؟

② استثمار المعطيات:

1) تتكون السديمة المغذية من طبقة الرمل الأشقر، وتحتها طبقة غير نفوذة للماء، وبذلك تكون الطبقة الرملية حلماءة. كما أن صخور كلس الجوراسي تشكل سديمة مغلقة، وهي سديمة مغطاة بصخور غير نفوذة. يتبين ادن أن المياه الجوفية تتموضع في مستوى طبقات صخرية تتميز بقدرتها على تخزين المياه وتسمى هذه الطبقات الصخرية حلماءات، وتتميز بخاصيتها النفاذية Permeabilité والمسامية Porosité.

2) المياه التي توجد في صحراء ليبيا هي جزء من مياه الأمطار التي ترشح عبر التربة وتنفذ إلى الصخور الموجودة أسفلها.

(3) تعريف المصطلحات:

- ✓ حملاءة: هي طبقات جيولوجية تتميز بقدرتها على تخزين المياه نظرا لاحتواها على فراغات أو شقوق أو تجاويف كبيرة أو مسام (فراغات مجهرية). وهذه الميزة تسمح لهذه الطبقات أن تكون قابلة للانهيار من طرف السوائل كالماء أي نفودة. فالحملاءات تعتبر في نفس الوقت خزانات وقوات مرور للمياه.
- ✓ سديمة nappe: هي مجموع المياه التي تحملها حملاءة ما.
- ✓ فرشة مائية: هي مجموع المياه المتراكمة بحملاءات منطقة معينة.

(4) ليست كل الصخور قادرة على الاحتفاظ بالماء. والتي يمكنها ذلك يجب أن تكون صخورا نفودة، تحتوي على مسام، أو صخورا غير نفودة ولكن تحتوي على شقوق وفراغات وتجاوزات.

(5) أمثلة لصخور يمكنها الاحتفاظ بالماء: الرمل والحجر الرملي الخشن...
أمثلة لصخور لا يمكنها الاحتفاظ بالماء كلس، كرانبيت...

(6) يتبع ادنى أن المياه الجوفية تتغذى انطلاقا من المياه السطحية، بعد ترشيحها، خصوصا مياه الأمطار، التي تنفذ إلى الطبقات الصخرية العميق، وتتووضع في مستوى طبقات صخرية تتميز بقدرتها على تخزين المياه الجوفية: تسمى حملاءات، حيث يحتل الماء الفجوات المتواجدة بين العناصر المكونة لهذه الصخور.
يرتبط إدنى تكون الطبقات المائية الجوفية بطبيعة الصخرة الخازنة للمياه. والتي يشترط فيها أن تكون خازنة لأكبر كمية من الماء، كما يشترط فيها أن تكون نفودة له. ادنى فالمسامية والنفاذية خاصيتان أساسيتان لتحديد أهمية الحملاءات.

③ دراسة تجريبية للنفاذية والمسامية: أنظر الوثيقة 4

الشكل أ

الوثيقة 4: دراسة تجريبية للنفاذية والمسامية.

لقياس قدرة الاحتفاظ بالماء ونفاذية التربة يمكن استعمال التركيب التجاري الممثل على الرسم التخطيطي أمامه:

- نملاً الساحة B بالماء، والساحة A بعينة من الصخور.
- نفتح الصنبور R_1 ، فيقصد الماء في العينة الصخرية، وعندما يصل إلى سطحها نغلق R_1 ونسجل حجم الماء V_1 الذي تسرب إلى العينة. يقابل V_1 المسامية الإجمالية للعينة المدروسة.
- نزيل الأنابيب المطاطي من الساحة A ثم نفتح R_1 فينساب الماء في الكأس المدرج، نسجل زمن سقوط أول نقطة في الكأس (t_1). وعند توقف انسياپ الماء في الكأس نسجل زمن سقوط آخر نقطة (t_2)، وكذلك حجم الماء V_2 في الكأس والذي يقابل حجم الفراغات المملوءة بالهواء أو المكرومسامية.
- $V_2 - V_1$ يقابل حجم الماء المحافظ به في العينة أو الميكروسامية = قدرة الصخرة على الاحتفاظ بالماء.

يعطي جدول الشكل ب النتائج التجريبية المعبر عنها بـ mL في $100g$ لثلاث عينات مختلفة من الصخور.

أحسب مسامية ونفاذية مختلف العينات. ماذا تستنتج؟

عينة C	عينة B	عينة A	الشكل ب
27	21	5	v_1
12	11	3	V_2
25	15	10	$t_1 (S)$
120	40	13	$t_2 (S)$

A- المسامية :La porosité

★ المسامية هي نسبة الفراغات الموجودة بين العناصر المكونة لصخرة ما، وللكشف عن مسامية بعض الصخور، نختار عينتين صخريتين متصلتين تضم تجاويف، (أو نحفر تجاويف بها)، ثم نملأها بالماء، فنلاحظ سرعة امتصاص الماء من طرف كل صخرة. كما يمكننا القيام بالتركيب التجاري المبين على الشكل أ من الوثيقة 4.

انطلاقا من معطيات هذه الوثيقة يمكننا تحديد المفاهيم التالية:

↳ المسامية الكلية V_1 :

هي حجم الماء في الصخرة المشبعة. ويعبر عنه باللتر في المتر المكعب، أو بالنسبة المئوية من الماء في الصخرة المشبعة.

↳ المسامية النافعة V_2 :

هي حجم الماء القابل للانسحاب، من بين العناصر المكونة للصخرة المشبعة تحت تأثير الجاذبية. وينتقل بالماء الانجذابي.

↳ قدرة الاحتفاظ بالماء V_r :

هي حجم الماء الذي يمكث في الصخرة المشبعة بعد انسياط الماء الانجذابي V_2 . وتحسب بالعلاقة التالية: $V_r = V_1 - V_2$.

بـ- النفاذية P: Perméabilité

تحدد النفاذية بحجم الماء النافذ من العينة الصخرية خلال وحدة زمنية، أو السرعة التي ينفذ بها الماء من العينة الصخرية.

وتحسب بالعلاقة التالية: $P = V_2 / (t_2 - t_1)$

طين	حجر رملي	رمل وحصى	
27	21	5	V_1 = الحجم الكلي للماء (ml)
12	11	3	V_2 = حجم الماء الانجذابي (ml)
25	15	10	t_1 = زمن سقوط أول نقطة (S)
120	40	13	t_2 = زمن سقوط آخر نقطة (S)
15	10	2	$V_r = V_1 - V_2$ = قدرة الاحتفاظ بالماء (ml)
12/(120-25) = 0.12	11/(40-15) = 0.44	3/(13-10) = 1	$P = V_2 / (t_2 - t_1)$ = النفاذية (ml / S)

نلاحظ أن قدرة الاحتفاظ بالماء تختلف من عينة صخرية لأخرى. نستنتج إذن أن المسامية والنفاذية يتغيران حسب طبيعة الصخور، وبالتالي فمصادر المياه الجوفية ستختلف حسب طبيعة صخور الحمماءات، إذ أن طبقات الرمال والحصى والحجر الرملي الخشن تمثل حمماءات جيدة، بفضل مساميتها ونفاذيتها الجيدتين، وللتي تسمح بحركة المياه الجوفية.

II- أنواع المدخرات المائية الجوفية ومميزاتها:

① تنوع السدائم المائية ومميزاتها: انظر الوثيقة 5

أـ- معطيات للاستثمار:

الوثيقة 5: أنواع المدخرات المائية الجوفية ومميزاتها

★ بين الجدول التالي حجم التساقطات السنوية في منطقتين (a و b)، وتطور الأعمق الضرورية لبلوغ المياه الجوفية في آبار المنطقتين (عما أن a و b متبعدين بمئات الكيلومترات):

السنة								
معدل التساقطات السنوي في المنطقة a mm								
-37								عمق آبار المنطقة a m
297								معدل التساقطات السنوي b mm في المنطقة b
-25.5								عمق آبار المنطقة b m

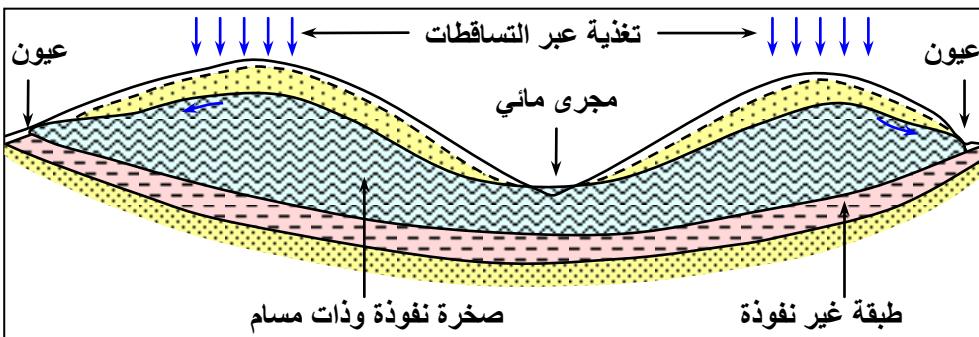
1) حل معطيات الجدول أعلاه.

2) إذا علمت أن حجم المياه المستخرجة من سديمة المنطقة a ثابت وأقل بكثير من حجم الماء الذي تمتسه التربة الموجودة فوقها جراء التساقطات كيف تفسر استمرار انخفاض مستوى السديمة في المنطقة a رغم كونها مطيرة؟

3) ماذا يسمى هذا النوع من السدائم؟

4) كيف تفسر تذبذب مستوى السديمة في المنطقة b؟

5) ما نوع السديمة الموجودة في هذه المنطقة b؟ علل جوابك.



★ يعطي الرسم أمامه، نموذجاً لسديمة مائية مغذية.
6) بالاعتماد على معطيات هذا الرسم على المعطيات السابقة، أبرز دور الطبيعة الجيولوجية للطبقات الصخرية، وتوضعها في تنوع المدخرات المائية الجوفية.

بـ- استثمار المعطيات:

- 1) تحليل معطيات الجدول:
 - في المنطقة a: ينخفض مستوى الماء باستمرار مع مرور الوقت بفعل استغلال المياه بغض النظر عن حجم التساقطات.
 - في المنطقة b: رغم استغلال المياه يتذبذب مستوى السديمة، ففي السنوات المطيرة يرتفع مستوى الماء وينخفض مستوى في السنوات الجافة.
- 2) ينخفض مستوى السديمة في المنطقة a المطيرة رغم كون حجم المياه المستخرجة ثابت وأقل بكثير من حجم الماء الذي تمتسه التربة الموجودة فوقها جراء التساقطات، نظراً لكون الصخور الموجودة فوقها لا تسمح لمياه المطر أن تصل إليها.
- 3) يسمى هذا النوع من السدائم بالسديمة المغفقة.
- 4) يفسر تذبذب مستوى السديمة في المنطقة b باختلاف حجم مياه الأمطار التي تصلها حسب كمية التساقطات. ففي السنوات المطيرة يتم تعويض الجزء المستخرج من السديمة فيرتفع مستوىها. بينما في السنوات الجافة لا يحدث ذلك فتنقص كمية المياه بالسديمة.
- 5) نوع السديمة الموجودة في هذه المنطقة b هي سديمة مغذية نظراً لتجدد مخزونها من المياه بفعل التساقطات.
- 6) إن تمويض الحلماءات فوق صخور غير نفوذة، يمكن السديمة المائية، من المحافظة على مدخراتها المائية. يرتبط ظهور المياه الجوفية على السطح، على شكل عيون بطograافية المنطقة وميلان الطبقات الصخرية، ويعتبر ذلك خاصية من خصائص السدائم المغذية، حيث يتطابق المستوى التغمازي للسديمة، بسطح منطقة التشبع. عند وجود طبقة غير نفوذة، تغطي منطقة التشبع من الحلماء، فإن الأمر يتعلق بسديمة معلقة، تتميز بكونها مشبعة بمياه توجد تحت الضغط، وبالتالي يكون المستوى التغمازي للسديمة فوق سطح منطقة التشبع.

جـ- خلاصة:

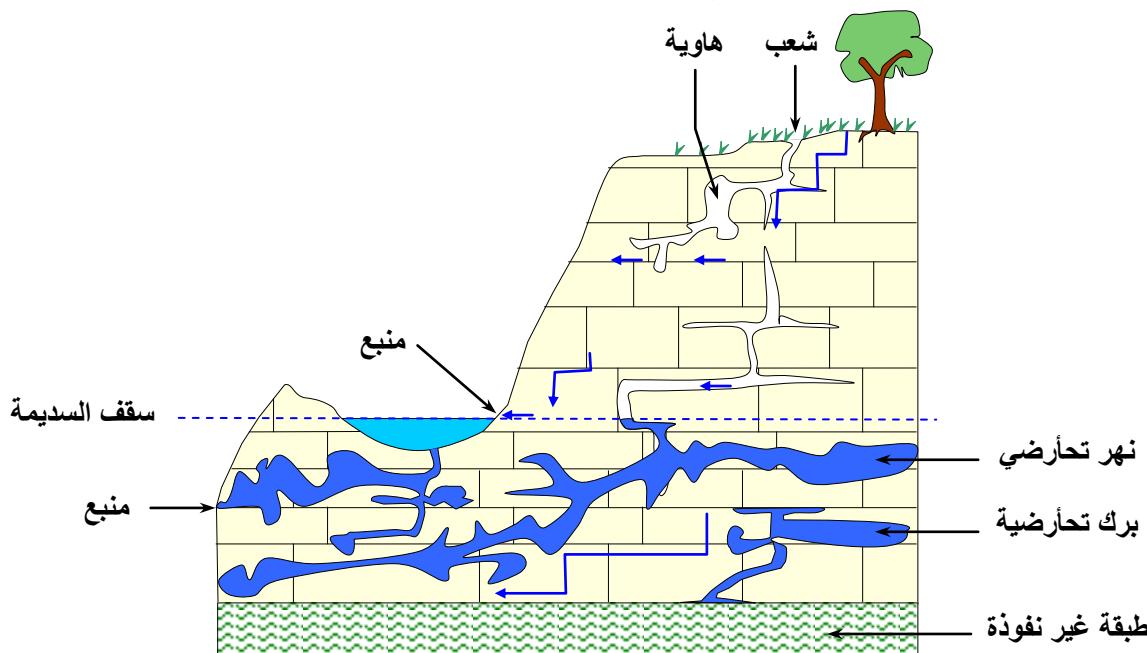
- انطلاقاً مما سبق يمكن تحديد نوعين من السدائم المائية:
- ✓ سديمة مائية مغذية: هي سديمة تصل إليها مياه الأمطار بفعل وجودها في السطح أو لكون الصخور الموجودة فوقها منفذة للماء.
 - ✓ سديمة مائية معلقة: هي سديمة لا تصل إليها مياه الأمطار بفعل وجودها تحت صخور غير منفذة للماء.

② مياه جوفية مرتبطة بخصائص الكلس الكارستي:

تتغذى السدائم المائية عن طريق التساقطات. وعندما تغتني مياه الأمطار بغاز ثاني أكسيد الكربون، تصبح أمطاراً حمضية، فترشح هذه الأمطار عبر طبقات الصخور الكلسية، فت تكون بنيات خاصة تسمى الكارست، وهي بنيات تسهل ادخال وجريان المياه الجوفية. أنظر الوثيقة 6

الوثيقة 6: مياه جوفية مرتبطة بخاصيات الكلس الكارستي .Calcaire karstique

تغتني مياه الأمطار بغاز ثانوي أكسيد الكربون، فترتفع حمضيتها. وعند ترشيحها نحو الطبقات الصخرية، تؤثر على الصخور الكلسية، فت تكون بنيات تعرف بالكارست، وهي لا تحتوي على مناطق مشبعة بالماء، ولكنها تسهل ادخار وجريان المياه الجوفية.
يعطي الرسم أسفله نموذجاً مبسطاً لوسط كارستي.



③ خلاصة:

يرتبط تطور المدخرات المائية الجوفية بعوامل طبيعية، كانتظام التساقطات المطرية، وبعوامل بشرية، تتعلق بتدخل الإنسان، ومدى عقلنة استغلاله للمياه، مما يؤثر على المستوى التغمازي للسدائم المائية.