



المملكة العربية السعودية  
جامعة الملك سعود  
كلية الزراعة بالرياض  
قسم الإرشاد الزراعي

# المياه الجوفية ثروة صاعدة قابلة للاستنزاف

المادة العلمية:

أ.د. فوزي سعيد محمد ذيب

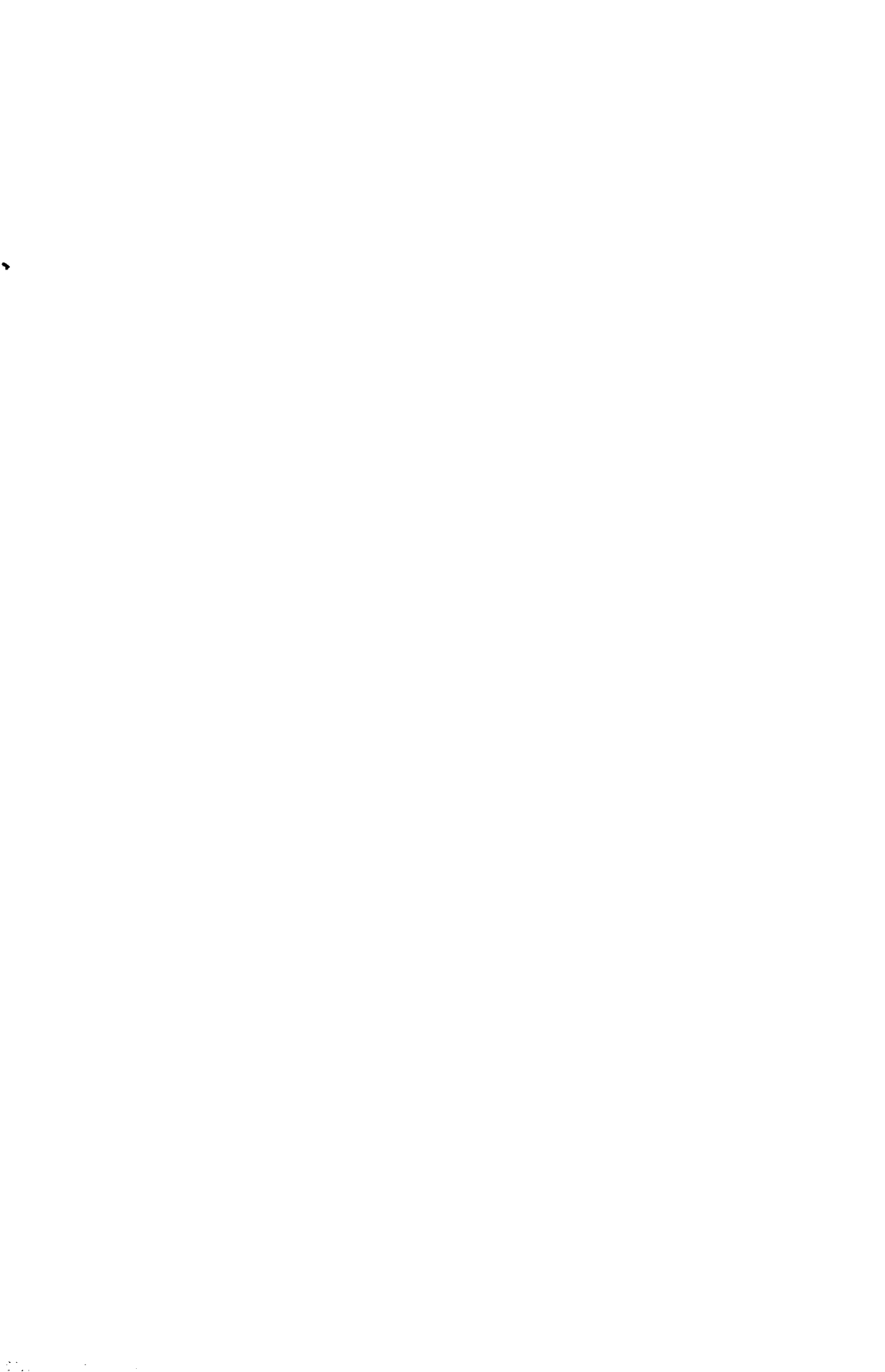
قسم الهندسة الزراعية

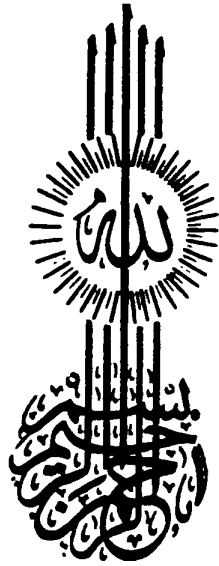
الإعداد الإرشادي:

مركز الإرشاد الزراعي

نشرة إرشادية رقم (٩٢)











المملكة العربية السعودية  
جامعة الملك سعود  
كلية الزراعة بالرياض  
مركز الإرشاد الزراعي

## المياه الجوفية ثروة طبيعية قابلة للاستنزاف

أ.د. فوزي سعيد محمد ذيب  
قسم الهندسة الزراعية

نشرة إرشادية رقم ( ٩٢ )  
الإعداد الإرشادي  
مركز الإرشاد الزراعي

ح) جامعة الملك سعود ١٤٢١هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

ذيب، فوزي سعيد محمد

المياه الجوفية ثروة طبيعية قابلة للاستنزاف.. - الرياض.

ص، ١٧ × ٢٤ سم (نشرة إرشادية؛ ) .

ردمك : ٨ - ٢٣٠ - ٣٧ - ٩٩٦٠

ردمد : ١٢٢٥ - ١٣١٩

ج- السلسلة.	أ- العنوان	١- المياه الجوفية
٢١/٥٢٩٥		ديوي ٥٦، ٦٢٧

رقم الإيداع : ٢١/٥٢٩٥

ردمك : ٤ - ٢٣٠ - ٣٧ - ٩٩٦٠

ردمد : ١٢٢٥ - ١٣١٩

النشر العلمي والمطابع ١٤٢١هـ



## مقدمة

المياه الجوفية كأى ثروة طبيعية قابلة للاستنزاف والنضوب، خاصة إذا سيئ استخدامها. ولذلك يجب أن تستغل وتدار بحكمة وعلى أسس علمية سليمة. كما يجب أن توضع بعض اللوائح التشريعية الملزمة لحمايتها من الاستغلال الجائر أو تلوينها نتيجة لبعض الفعاليات الخاطئة.

ولقد أصبح لزاماً علينا أن نتعرف على ماهية المياه الجوفية وكيفية استغلالها، وأن ندرك الظروف اللازمة لحفر الآبار، والتعرف على نوعية الطبقات الحاملة للمياه كي نتمكن من استغلال هذا المصدر الحيوي بكفاءة عالية.

لذلك تقدم هذه النشرة تعريفاً مبسطاً بالمصطلحات المتعلقة بالمياه الجوفية وبعض الإرشادات العامة في إنشاء الآبار لعلها تكون ذات فائدة للمنتفعين من هذا المصدر الهام وإعانتهم على اتخاذ التدابير الكفيلة بترشيد استهلاك المياه الجوفية وعدم إهدارها وسوء استخدامها.

## لمحة تاريخية

تم استغلال المياه الجوفية كمصدر للشرب والري منذ أمد بعيد، قد يرجع ذلك إلى عصور ما قبل الميلاد، حيث قام المصريون والصينيون والبابليون بحفر الآبار ورفع المياه منها، ولكن ظل استغلالها محدوداً ويكاد أن يكون محصوراً في بعض المناطق الصحراوية القاحلة التي لا تتوفر فيها مياه سطحية أو أمطار كافية لسد الاحتياجات الزراعية. ولكن في مطلع

القرن الحالي ومع التطور التقني في صناعة أدوات الحفر والمعدات والمواد بدأ الاعتماد يتزايد على المياه الجوفية كمصدر مائي في جميع أنحاء العالم مع التزايد الكبير في التعداد السكاني الذي يشهده العالم خاصة في المناطق التي تعاني من شح في مصادرها المائية السطحية وقلة الأمطار. ففي المملكة تعتمد الزراعة بشكل رئيس على المياه الجوفية لأغراض الري، بسبب ندرة المياه السطحية والأمطار وتفاوت معدلاتها وعدم انتظام مواعيد سقوطها.

## أصل المياه الجوفية

المياه الجوفية هي المياه المخزنة في باطن الأرض بداخل بعض التكوينات الجيولوجية، والتي تجمعت منذ قرون عديدة مقترنة بوقت تكوينها. كما توجد أيضا بكميات قليلة نتيجة لبعض التفاعلات الكيميائية التي تحدث تحت سطح الأرض كما هو الحال في المياه المصاحبة للانفجارات البركانية، حيث تنتج مباشرة مع انطلاق الأبخرة المحبوسة داخل الصخور المنصهرة عندما تبرد قبل وصولها إلى سطح الأرض، بالإضافة إلى ما يتسرب من الأمطار الساقطة سنوياً خلال الطبقات النفاذة. حيث تتجمع المياه المتسربة فوق طبقة صماء مكونة بذلك الخزانات الجوفية. وتعتبر الأمطار والثلوج المصدر الرئيس لهذه المياه، بالإضافة إلى المياه السطحية ومياه الري الفائضة عن حاجة النباتات.



## مزايا وعيوب استغلال المياه الجوفية

لا شك أن استغلال المياه الجوفية لأغراض الري له مزايا عديدة، وله أيضاً بعض العيوب. فالمياه الجوفية لا تحتاج إلى إقامة منشآت ضخمة كما هو الحال في الخزانات السطحية التي يحتاج إنشاؤها إلى اختيار مواقع خاصة تتوفر فيها شروط معينة. كما يساعد استنزاف المياه الجوفية على خفض منسوب سطحها، وبذلك فهي تخدم غرضين، أولهما استعمالها في الري أو الشرب، وثانيهما أنها تساعد في الصرف الباطني، أي خفض منسوب الماء الأرضي في المناطق التي تعاني من ارتفاع هذا المنسوب.

أما أهم عيوبها فهي تنحصر في ارتفاع درجة ملوحتها مقارنة بملوحة المياه السطحية، كما أن استغلال المياه الجوفية يتطلب دراسة جيولوجية مكثفة لتحديد نوعية الطبقات الحاملة للمياه وسمكها، كما تحتاج عمليات حفر للآبار إلى تقنيات ومهارات عالية ومعدات خاصة.

## أنواع الطبقات الحاملة للمياه

الطبقة الحاملة للمياه هي عبارة عن تكوين جيولوجي له القدرة على حمل الماء والسماح بحركته وانتقاله وإعطائه بكميات كافية بحيث تساهم في تطوير التنمية الزراعية والاقتصادية. وتتكون التكوينات المائية المتطورة والمعروفة والتي تشكل حوالي ٩٠% من مجموع التكوينات المائية المستغلة في العالم من صخور غير متماسكة مثل الحصى والرمل.

وبشكل عام تنقسم الطبقات الحاملة حسب وجود المكونات غير النفاذة أو عدم وجودها داخل طبقات التربة وكذلك حسب موقعها إلى الأنواع التالية:

### خزانات جوفية غير محصورة (حررة)

تسمى بالطبقة المائية الحرة لأن سطحها العلوي يتصل مع الضغط الجوي، فهي الطبقة الحاملة للماء التي يحدها من الأسفل طبقة كتيمة غير نفاذة ومن الأعلى محدودة بطبقة نفاذة، ويكون سطح الماء فيها متصل مع الهواء الجوي. كما أن سطح الماء الحر الموجود في هذه الطبقات يتأثر بظروف المياه الموجودة على سطح الأرض، فمستواه يرتفع بالقرب من الأنهار أو قنات الري ذات المناسيب العالية وينخفض بالقرب من المصارف أو المنخفضات. والآبار الضحلة بشكل عام تكون محصورة في مثل هذا النوع من الخزانات.

### خزان جوفي محصور (ارتوازي)

هي التكوينات الجيولوجية النفاذة التي تحتجز المياه تحت الضغط الارتوازي بين طبقتين غير نفاذتين. عند حفر الآبار في مثل هذا النوع من الخزانات قد يرتفع الماء فوق مستوى الطبقة العليا أو قد يرتفع إلى سطح الأرض أو أعلى إذا كان الضغط كافياً. ويعتمد مقدار ارتفاع الماء في البئر على مقدار الضغط الارتوازي المتوفر في الطبقة الحاملة. وتسمى الآبار التي تحفر في مثل هذا النوع من الخزانات بالآبار الارتوازية أو العميقة.

## خزان جوفي شبه محصور

في هذا النوع من الخزانات الجوفية تعلو الطبقة النفاذة طبقة شبه صماء وفي الأسفل طبقة صماء. وهذا النوع من الخزانات شبيه إلى حد ما بالخزانات غير المحصورة.

## طبقة معلقة

أحيانا تتخلل الطبقة الحاملة النفاذة عند عمق معين ولمسافة محدودة بعض التكوينات غير النفاذة التي تعيق أو تمنع حركة الماء نحو الطبقة الصماء إلى الأسفل، وهذه لا تعد تكوينات حاملة بل تدعى الطبقات الجائمة أو المعلقة.

## تغذية المياه الجوفية

لحفاظ على المياه السطحية الفائضة عن حاجة الاستهلاك يجب إعادة حقنها إلى باطن الأرض لتغذية المياه الجوفية. وقد يكون مصدر هذه المياه الري، أو الأمطار في حالة سقوطها بكميات كبيرة، أو من السيول أو البحيرات أو الأنهار. وتتم العملية إما بواسطة تهيئة أحواض ترشيح أو بإنشاء بعض السدود الصغيرة لحجز المياه خلفها على سطح الأرض لأطول فترة زمنية ممكنة للسماح للماء للتسرب داخل الأرض. فالهدف من التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية هو المحافظة على المصادر المائية واستخدامها بشكل أفضل عن طريق تخزينها قرب مناطق الطلب، بالإضافة إلى تقليل الفاقد المائي نتيجة البخر من المسطحات المائية، والتخلص من الآثار

السلبية المعروفة الناتجة من الخزانات السطحية، بالإضافة إلى حماية الخزانات الجوفية العذبة من تداخل المياه المالحة من البحر.

ولكن يجب أخذ كافة التدابير اللازمة التي تحول دون تلوث المياه الجوفية أو دخول البكتيريا فيها. لأن مياه الري أحيانا تحتوي على أسمدة كيميائية أثناء مرورها فوق الحقول.

## تصميم الآبار

قبل الشروع في حفر الآبار يجب أن يوضع التصميم اللازم لهذه الأعمال، لأن التصميم الجيد للبئر يساعد على توفير أمور كثيرة، وأهمها الماء. لذا يجب أن يصمم البئر باتباع طرق التصميم المثلى للحصول على أعلى كفاءة ممكنة وضخ أنسب كميات مائية من الطبقات الحاملة بطريقة اقتصادية وبدون إهدار للمياه، وبذلك يمكن خفض سعر التكلفة ونفقات الصيانة على المدى الطويل. لذا لا بد من الأخذ بالاعتبار الملاحظات التالية أو جزء منها عند تصميم الآبار، وذلك حسب ظروف الموقع وطبيعة جيولوجية وهيدرولوجية الطبقات الحاملة والمياه الجوفية:

١- اختيار الموقع المناسب لحفر البئر على أساس البيانات والمعلومات التي تم الحصول عليها من الحفر الاختبارية والمقاطع الجيولوجية.

٢- حفر الآبار بعيدا عن المساكن أو المنشآت الموجودة في المنطقة بمسافة لا تقل عن ٢٠٠ متر.

٣- عدم وضع المصفاة في طبقة حاملة تزيد فيها نسبة الرمل الناعمة عن ٢٥%.

٤- عدم السماح لتداخل مناطق تأثير الآبار مع بعضها البعض في حالة حفر أكثر من بئر في نفس المنطقة.

٥- يجب توفير البيانات التالية لتكملة التصميم:

أ- التصرف التصميمي للبئر

ب- المقطع الجيولوجي لموقع الحفر موضحا عليه مناسب

الطبقات المختلفة وبنية التربة للطبقة الحاملة ومعامل

نفاديتها.

ج- منسوب سطح المياه الجوفية بالنسبة لسطح الأرض

ويجب أن تشتمل مراحل التصميم على تحديد ما يلي:

. قطر البئر وعمقها

. طول أنابيب التغليف وأقطارها

. طول المصفاة وموقعها

. مساحة فتحات ثقوب المصفاة وأشكالها

. سمك وارتفاع مرشح (فلتر) الحصى المحيط بالمصفاة

### تحديد قطر البئر

يتحكم العامل الاقتصادي في تحديد قطر البئر، فزيادة القطر تقلل

من الفواقد الهيدروليكية بالاحتكاك وتقلل من الطول اللازم للمصفاة، كما

أن مضاعفة القطر لا تؤدي إلى مضاعفة التصريف ولكنها قد تسبب

زيادة طفيفة في التصريف قد تصل إلى ١٠% من التصريف التصميمي. ويراعى أيضا أن يكون القطر مناسباً لحجم المضخة التي قد تستخدم في ضخ المياه من البئر. لذا يحدد قطر البئر بحيث يناسب كلفة الإنشاء وإيواء بيت المضخة.

## اختيار أنابيب التغليف

تعمل هذه الأنابيب على تغليف جدران البئر، فتغليف البئر بالقرب من السطح ضروري لحماية البئر من التلوث ولمنع انهيار الجدران. وتغليف البئر الإنتاجية بمواسير مصنوعة من الحديد أو من الفولاذ أو من النحاس أو الأسبست له أغراض كثيرة، منها ما يلي:

١- منع انهيار الحفر

٢- تجنب دخول الماء غير المرغوب فيه داخل البئر

٣- منع تسرب الماء الجيد من البئر إلى التربة السطحية

٤- تجنب اختلاط التربة من جوانب البئر مع الماء

لذا يجب اختيار أنابيب التغليف بحيث تكون من النوع المقاوم لانهيارات المناطق غير المتماسكة حول البئر، وأن تتصف بتحملها للضغط المسلط عليها من جوانب البئر، وتقاوم التآكل والتقشر والصدأ.

## طول المصفاة ومساحة الفتحات

المصفاة هي أن إلى البئر وتمنع أو تقلل من دخول الرمال والحبيبات الناعمة. وتوجد المصافي بأنواع مختلفة، إلا أن جميعها يؤدي نفس الغرض تقريبا، ويعتمد نوع المصفاة المراد استخدامها في الآبار

الإنتاجية على نوعية المياه الجوفية. ويجب أن تكون المصافي مصنوعة من معدن مقاوم للصدأ والتآكل، وأن تكون طويلة وقادرة على تحمل ثقل الأنابيب.

يتكون الجزء العلوي من البئر من أنابيب غير مخرمة، وهي مصنوعة عادة من مادة الصلب المغلفن، أما الأنابيب التي تخترق الطبقة الحاملة للمياه فتدعى المصفاة. وللمصافي دور هام في زيادة أو تقليل تصرف البئر.

ويجب أن تتراوح مساحة الثقوب الموزعة على محيط المصفاة ما بين ٣ و ٥% من المساحة الكلية لسطح أنبوب المصفاة، وذلك كي لا تزيد سرعة دخول المياه إلى المصفاة أكثر من المدى ٠,٦ - ١,٢ م/ثا، وهذا يقلل من فاقد الضاغط للبئر، ويحد أيضا من إنتقال الرمال والطين والمواد الناعمة من الطبقة الحاملة إلى البئر، ويحمي أيضا المصفاة من التآكل ويقلل من احتمال عطل المضخة.

أما بالنسبة لاختيار الطول المناسب للمصفاة فهذا يتم تحديده على أساس سماكة الطبقة الحاملة للمياه ومقدار هبوط الماء في البئر أثناء الضخ. وبشكل عام يكون طول المصفاة في الخزان الجوفي المحصور المتجانس حوالي ٥٠ - ٧٠% من سماكة الخزان.

وأفضل موقع توضع فيه المصفاة في الجزء العلوي من الخزان الجوفي. وفي حالة الخزان الجوفي المحصور غير المتجانس فإن أفضل موقع للمصفاة هو في الصخور الأكثر مسامية. أما في الخزانات الجوفية غير المحصورة فتوضع المصفاة غالبا في الجزء السفلي من الخزان.

ولأجل الحصول على أعلى إنتاجية من البئر يجب تركيب المصفاة لتغطي ارتفاع الطبقة الحاملة المنتجة للماء على كامل عمق البئر.

## المرشح (الفلتر)

يفضل أن يغلف البئر بمادة حصوية نفاذة، وتعمل كمادة مثبتة في حالة التكوينات الجيولوجية غير المستقرة، حيث تملأ الفراغ بين حفرة البئر والجدار الخارجي لأنبوب التغليف والمصفاة، ويعمل المرشح أيضا كمصفاة لمنع انتقال الرمل الناعم من الطبقة الحاملة إلى البئر أثناء دخول الماء وحركته نحو البئر. والمرشح يخفض كلفة الصيانة للبئر والمضخات ويطيل من عمر البئر والأنابيب.

## تنمية وتنظيف الآبار

تعتبر عملية تنمية البئر أو تطويره من المراحل المكتملة لتصميمه، وهي غالبا ما تعد ضرورية لأي بئر . وتشتمل هذه العملية على خطوات محددة لضمان معدل ضخ أعظمي وأقل نسبة من دخول المواد الناعمة في البئر. وقد تختلف الأساليب لتحقيق ذلك حسب الحالة أو الظروف الخاصة بكل بئر، مثل خواص الخزان الجوفي ومحتواه من الرمل، وتصميم البئر وطريقة الإنشاء والتنفيذ.

وترتكز عملية تطوير البئر على الإقلال من تحطيم مادة الطبقة الحاملة المحيطة بالبئر إلى الحد الأدنى أثناء عمليات الحفر، وغسل



وتنظيف مصفاة البئر والغلاف الحصوي بواسطة ماء متدفق وضخه إلى خارج البئر.

ويتم تنظيف البئر من الشوائب بعد إتمام تنفيذها بقصد التخلص من مخلفات عملية الحفر، وتستمر عملية التنظيف حتى الحصول على مياه خالية تماما من أية شوائب بإحدى الطرق التالية:

أ-ضخ تصرف يساوي مرة وربع من التصرف التصميمي.

ب-دفع المياه بصورة عكسية إلى داخل الطبقات الحاملة على فترات متقطعة، حيث تسبب هذه العملية خلخلة الطبقة المحيطة بمصفاة البئر.

ج-ضخ الهواء المضغوط من فوهة البئر في الاتجاه العكسي إلى الطبقة الحاملة للمياه، فعند توقف الضغط تعود المياه ثانية داخل البئر حاملة معها الرمال والشوائب، ثم تضخ خارج البئر وتكرر العملية إلى أن ينظف البئر.

د-استعمال مكبس بقطر مساوي تقريبا للقطر الداخلي للبئر، وعند هبوط المكبس تنضغط المياه من المصفاة خارجا للطبقة الحاملة للمياه، وعند صعود المكبس ترتفع المياه إلى داخل البئر حاملة معها الحبيبات الناعمة التي تضخ إلى خارج البئر.

## م تآبآآ

هآف

٤٦٧٨٧٥٤

٤٦٧٨٤١٤

٤٦٧٨٤١٦

٤٦٧٦٩٨٠

مركز الإرشادي

كلية الزراعة بالرياض

جامعة الملك سعود

الرياض ١١٤٥١ ص.ب. ٢٤٦٠