بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا

Sudan University of Science and Technology

كلية هندسة المياه والبيئة

College of Water and Environmental Engineering

قسم هندسة موارد المياه

Department of Water Resource Engineering

التنمية المثلى لآبار المياه ومردودها على الكفاءة

The Proper Water Well Development And Its Impact On Efficiency

بحث تكميلي لنيل درجة البكالوريوس مرتبة الشرف :

إعداد الطلاب:

1-ابراهيم ادم محمود محمد

2-الصادق عبدالعزيز احمد عمر

3-دار السلام موسى احمد ادم

4-هاشم ادم محمد احمد ادم

إشراف الاستاذ

د.حامد عبدالعال المنقوشي

2014

الآيـــــــــــــــــــــــــــــة

يقول الله تعالى :

فَدَعَا رَبَّهُ أَنِّي مَغْلُوبٌ فَانْتَصِرْ (10) فَفَتَحْنَا أَبْوَابَ السَّمَاءِ بِمَاءٍ مُنْهَمِرٍ (11) وَفَجَّرْنَا الْأَرْضَ عُيُونًا فَالْتَقَى الْمَاءُ عَلَى أَمْرٍ قَدْ قُدِرَ (12) وَحَمَلْنَاهُ عَلَى ذَاتِ أَلْوَاحٍ وَدُسُرٍ (13) تَجْرِي بِأَعْيُنِنَا جَزَاءً لِمَنْ كَانَ كُفِرَ (14) .

سورة القمر الاية (10-14)

اهـــــــــداء

الى كوكب العناية الالهية وشمس الهداية الربانية سيدي الحبيب

المصطفى صلوات ربي عليه وعلى اله

اليكم اساتذتنا ومعلمونا

الى كل من منح غيره فرصة للتعلم

التحية والاحترام

ثم نقدم لكم جهدنا المتواضع هذا

شكر وعرفان

في البدء الشكر موصول الى جامعة السودان منارة العلم والمعرفة التي جمعتنا باساتذة يندر ما تجد مثلهم.

ثم نخص بالشكر الدكتور الذي اتصف بالاحترام ومد يد المساعدة الى طلبته داخل وخارج الجامعة،ومن صفته ايضا دائما ما تجده بشوش الطلة وعلاوة على ذلك لم يبخل يوما بعلمه بل يقدمه على طبق من ذهب،وهو دكتور تعجز الكلمات على شكره،نسال الله له التوفيق ونتمنى بان يزيد من امثاله،الا وهو دكتور حامد عبد العال المنقوشي.

كما نشكر عمدا الكلية الذين مرو عليها وايضا رؤساء الاقسام الذين ساهمو في تطويرها.

وكذلك نشكر والدينا الذين اصلوا فينا اهمية العلم والتعلم

المحتويات

الرقم	الموضوع	رقم الصفحة
1	الآية	أ
2	الإهداء	ب
3	الشكر والعرفان	ج
4	قائمة المحتويات	د-هـ
5	قائمة الرسومات	و
6	قائمة الجداول	ز
7	التجريد	ح-ط
الباب الأول:		
8	المقدمة	2
9	طريقة عمل البحث	3
10	الاهداف العامة	3
11	الاهداف الخاصة	3
الباب الثاني :		
12	طرق التنمية الميكانيكية	5
13	طريقة الجردل	7
14	طريقة الغسيل الداخلي والخارجي	10
15	التنمية بواسطة الضاغط الهوائي	15
16	التنمية بواسطة المكبس المطاطي	19
17	التنمية بواسطة أداة النفث عالى السرعة	24
18	التنمية بواسطة الضخ بمعدلات عالية	28
19	طرق التنمية الكيميائية	29
20	حامض الهيدروكلوريك	32
21	حامض السلفاميك	33

22	معالجة الآبار بالكلورين	36
23	معالجة الآبار بواسطة الفوسفات الزجاجي	37
24	تنمية الآبار المحفورة فى الصخور الطينية	37
25	تنمية الآبار المحفورة فى الحجر الرملي	37
26	طرق تحفيز الخزانات الجوفية	38
27	الضخ الاختباري	40
28	الكفاءة	64
	الباب الثالث	
29	العمل الحقلي	67
30	تكلفة تنفيذ المشروع	73
	الباب الرابع	
31	النتائج	75
32	المناقشة	76
33	الخلاصة	77
34	التوصيات	78
35	المراجع ومصادر أخرى	79

قائمة الاشكال

رقم الشكل	اسم الشكل	رقم الصفحة
2-1	جردل ذو الصمام المصطح	8
2-2	جردل ذو الصمام ابو لسان	9
2-3	الغسيل الداخلي والخارجي بواسطة ضخ المياه	12
2-4	مضخة الرمال	14
2-5	عملية تنمية بئر بواسطة compressor	17
2-6	اندفاع بالهواء	18
2-7	المكبس المطاطي الصلب	21
2-8	المكبس المطاطي ذو صمام	22
2-9	مكبس داخل انابيب التغليف	23
2-10	اداة نفث اربع خراطيم	26
2-11	وضع اداة النفث داخل البئر	27
2-12	طريقة وضع الحامض داخل البئر	31
2-13	عملية اختبار البئر	41
2-14	مخطط تفصيلي لهدار فوه دايري	49
2-15	طريقة التيار النفاث لقياس التصرف	51
2-16	جها القياس الكهربائي لقياس منسوب الماء الجوفي	55
2-17	انبوب الهواء المستخدم لقياس منسوب الماء الجوفي	58
2-18	منحنيات تستخدم لتحديد نوعية الخزان الجوفي	62

قائمة الجداول

رقم الجدول	اسم الجدول	رقم الصفحة
2-1	كمية الحامض المستخدم في الابار ذوات الاقطار الكبيرة والصغيرة	32
2-2	تركيز الحامض ودرجة ذوبان حبيباته عند درجة الحرارة	34
2-3	كمية حامض السلفاميك اللازم لمعالجة الانبوب في المصفاة	35
2-4	الحدود العملية لفترات قياس قيمة انخفاض منسوب الماء الجوفي في بئر الضخ الرئيسي	52
2-5	الحدود العملية لفترات قياس قيمة انخفاض منسوب الماء الجوفي في بئر المراقبة	52
2-6	قيم الهبوط المسجلة في الطبقات ونوع الخران الجوفي	63

التجريد

يهدف هذا البحث الى التطرق لاهمية تنمية ابار المياه الجوفية ودراسة الطرق المختلفة لتنمية الآبار الميكانيكية والكيماوية وتطبيقها بالطرق العلمية التي تساهم في رفع انتاجية آبار المياه.كما تطرق البحث الي تجربة الضخ الاختباري وخطواتها وفوائدها لمعرفة درجة نجاح وكفاة البئر بالاضافة الي نتائج ونوصيات تساعد القطاع العامل في هذا المجال.

Abstract

This research is focusing on the ground water wells development and study of the different development method whether mechanical or chemical. The study also assessed the pumping test process and its usefulness to insure the increase of the water well efficiency. some results and recommendations were stated of assist the ground water sector in the improvement of production.

البـــــــــاب الاول

المقدمة

1.1 مقدمة عامة

المياه الجوفية:

هى جزء من المياه الموجودة تحت سطح الارض ضمن التشكيلات الجيولوجية المختلفة ويمكن استخراج هذه المياه بوسائل مختلفة مثل:

الآبار wells،القنوات galleries،الفجارات التى تخرج الى سطح الارض ذاتيا او عن طريق العيون او الينابيع springs or geysers او من خلال التسرب او الرشح .seepage

تعتبر المياه الجوفية مصدرا اساسيا ورئيسيا فى كثير من البلدان، كما كانت المياه الجوفية منذ القدم وما زالت مصدرا من مصادر المياه خلال العصور المختلفة منذ القدم ،وتشكل موردا هاما فى السودان على وجه الخصوص وذلك لتوزعها فى مناطق مختلفة فيه حتى جعل للسودان من احدى دعائمه المياه.

تعتبر هندسة حفر الآبار الوسيلة الوحيدة للبحث فى الطبقات الارضية عن الخامات الهامة لمختلف الصناعات .

تتم تنمية المياه الجوفية من خلال آبار سحب (ضخ) غالبا فى مجموعات كحقول آبار، تصمم حقول الآبار هذه على اساس استجابة متوقعة ومقبولة للخزان(التغير فى مناسيب وجريان المياه الجوفية) لمستوى معين من السحب ويتم عادة هذه التوقعات بأستخدام النماذج العددية التى تحاكى استجابة الخزان الجوفى لسيناريوهات سحب مختلفة.

تصدر رخص السحب وانشاء حقول الآبار على اساس مثل هذه التوقعات.تلعب مراقبة الخزان الجوفى دورا مهما فى هذا السياق نظرا لان:

-البيانات التاريخية مهمة لمعايرة نماذج الخران الجوفى العددية وهى فى حد ذاتها تشكل الاساس لمحاكاة موثوق بها لسيناريوهات السحب المستقبلية.

-قياس (الحفظ بالارشيف) الوضع المرجعى لآبار السحب الجديدة هام لتقديم معلومات اساسية لتقييم التغيرات المستقبلية.

-تقدم ملاحظات مناسيب المياه الجوفية ومعدلات الضخ اثناء تشغيل حقول الأبار ومعلومات للتحقق من صحة الاستجابة المتوقعة للخزان الجوفى.واذا كان ضروريا اتخاذ اجراء فى الوقت المناسب لتخفيض السحب.

-يمكن ايضا ان تلعب المعلومات المجمعة دورا رئيسيا فى زيادة وعى مستخدمى المياه،لتسهيل ادخال اجراءات الطلب على المياه الجوفية المطلوبة.

وهذا يقودنا الى تنمية البئر او الخزان مهمة جدا وتنمية البئر او تطويرها هى عبارة عن مرحلة استكمال التصميم بالنسبة للبئر وهى غالبا ضرورية لاى بئر،وتشمل خطوات معدل ضخ اعظمى عند اكبر سعة نوعية()specified copacity واقل انتاج من المواد الناعمة ويمكن ان تختلف افضل الاساليب والتعزيزات لتحقيق ذلك اختلافا كبير بحسب العديد من الظروف مثل :

-خواص الخزان الجوفى .

-محتوى الخزان من الرمل والمحتوى المسموح من الرمل فى المياه وتصميم البئر وطريقة الانشاء او التنفيذ.

وتتم عملية تطوير البئر فى ثلاث اطوار:

الطور الاول يسبق عملية التنمية،الطور الثانى التنمية التمهيدية،والطور الثالث التنمية النهائية.

كما ان هناك اهداف لتنمية الآبار وهى عامة وخاصة.

2.1. طريقة عمل البحث

في البدء تم الاتفاق علي موضوع البحث لاهميته في تحسين الناتج العام في المياه الجوفية.وبعدها تم تجميع المعلومات مما يلي:

- مكتبة الكلية
- هيئة مياه ولاية الخرطوم وجناحها المختص بتنمية الابار(البيارة بمنطقة الحاج يوسف)
- الشركات الهندسية المختصة بحفر وتنمية الابار

وبعد الجمع قمنا بتصنيف وتحليل هذه المعلومات وتوصلنا الي نتائج وتوصيات آملين ان تفيد العامل في مجال الابار بزيادة انتاجيتها.

3.1. الاهداف العامة:

-المساهمة فى تحسين مستوى انتاجيات الآبار المتدنية على وجه الخصوص، وعموما مساعدة قطاع المياه

4.1 الاهداف الخاصة:

-دراسة الوضع الحالى لتنمية الابار لقطاع المياه

-العمل على رفع كفاءة البئر الانتاجية باستعمال افضل طرق التنمية

-دراسة تاثير الانتاجية في التكاليف العامة

الباب الثاني

2. 1. تعريف التنمية:

هي العملية التي تهدف إلى إزالة مخلفات الحفر وحبيبات الرمال الدقيقة من الطبقات الحاملة للمياه وبالتالي تنظيف الفجوات والمسامات التي تسمح بدخول المياه بحرية وبسهولة وهي من العمليات الهامة لإكمال ونجاح البئر.

وهنالك عدة طرق للتنمية الميكانيكية وهى :

1. طريقة الجردل.
2. طريقة الغسيل الداخلى والخارجى.
3. التنمية بواسطة الضاغط الهوائى.
4. التنمية بواسطة المكبس المطاطى.
5. التنمية بواسطة النفث عالى السرعة.
6. التنمية بواسطة الضخ بمعدلات عالية.

2.2. مراحل تنمية البئر:

تتم عملية تنمية البئر في ثلاث مراحل أو أطوار :

1- الطور الأول:

يسبق عملية تنمية البئر ويشمل الخطوات المتبعة للتقليل من التهشم والتخزين في مادة الخزان الجوفي المحيطة بالبئر إلى الأدنى وهذا الأمر يطبق بشكل أساسي عند الحفر الرحوي (بالدوران) يدار مباشرة اوعكسيا direct or reverse rotary systems والتي يستخدم فيها سائل حفر لتثبيت جدران حفرة البئر. تشمل مثل هذه الخطوات مراقبة خواص سائل الحفر خلال كل مراحل التنفيذ والحفر.

لتنمية البئر يجب مراقبة سائل الحفر خلال مرحلة الحفر النهائية وكذلك التركيب السريع لغلاف البئر والمصفاة وكذلك وجود سائل الحفر قبل وضع الغلاف الحصوي ، تعد هذه الأشياء متطلبات أساسية في مرحلة التنمية.

تعتمد درجة التأكد على خطوات التنمية المختلفة على خطوات الحفر وطريقة تركيب الغلاف الحصوي فمثلاً يمكن أن يحدث وضع الغلاف الحصوي عن طريقة إنزاله من السطح

بكمية كبيرة من المواد العالقة على جدران حفرة البئر، كما أن حجم فتحات المصفاة تختار لتسمح بإمرار نسبة من مادة الغلاف الحصوي. أن دخول هذه المواد ييسر عملية التنمية وعدم مرور مواد صلبة كالرمال من الطبقات المحيطة ، بالبئر يوصى بأنه من الممكن أن تكون تلك المواد حول البئر ما زالت ملوثة بسائل الحفر أو وجود طبقة متصلبة من مادة سائل الحفر لا تسمح بمرور هذه المواد إلى البئر.

2-الطور الثاني:

التنمية التمهيدية،ويشمل تلك الخطوات المتصلة أو المرتبطة بتجهيزات الحفر والتنمية بعد تركيب غلاف البئر والمصفاة والغلاف الحصوي وهذه الخطوات تتضمن مسحاً وغسيلاً بماء متدفق وضخ للرمال ونزح للماء وسحب الماء. أن الفعالية النسبية لأي من التجهيزات التنمية المتوفرة للآبار ذات الغلاف الحصوي وهي غالباً غير مؤكدة والإنتاجيات المختلفة للآبار المتجاورة ذات التصميم والتنفيذ المتشابهة تعزي غالباً لخطوات التنمية المستخدمة من ناحية ثانية يمكن أن يتبع ذلك لمواصفات الخزان واجتهاد مجموعة العمل أو حتى نتائج الخطوات التالية ولا توجد طريقة واحدة للتنمية الابتدائية هي الأفضل في جميع الحالات.

3- **الطور الثالث**:

التنمية النهائية وتنجز هذه العملية باستخدام المضخة وتتطلب تجهيزات ضخ مناسبة حقناً وغسيلاً عكسياً أن عملية الاستمرار المعقولة لعمليات التنفيذ مفيدة للآبار المستكملة أو المنفذة في معظم أنواع الخزانات الجوفية على الرغم من أن بعض طرق الحفر وبعض الخزانات الجوفية تسمح بتأخير أو زيادة زمن التنفيذ.

ومن ناحية ثانية يجب بعد إكمال هذه البئر (الآبار المحفورة بالدوران) تسريع التنفيذ . خلال التنمية الابتدائية فان انقضى وقت طويل بين التغليف وعملية تركيب الغلاف وبداية التنمية الابتدائية فان سائل الحفر ربما يتصلب ويكون من الصعب تحريكه ونقله من السطح الخارجي للمصفاة أو حتى من الجزء الذي اخترق الطبقة الداخلية للبئر داخل الخزان الجوفي.(الشبلوق،عمار-1998)

3.2. طرق التنمية الميكانيكية:

1.3.2. طريقة الجردلbailing method:

*** الجردل Bailer :**

هي عبارة عن أنبوب اسطواني الشكل ذو صمام إما في شكل قرص مسطح أو لساني مزود بمقبض يتم فتحه وقفله عند اصطدامه بقاع البئر أثناء عملية رفعه وانزاله داخل البئر. فعند إنزاله يفتح البلف وعند رفعه يقوم السائل الكثيف والمخلفات بإغلاق البلف وتكون أقطاره عادة ما بين (4 – 6 – 8) بوصة تستخدم في بداية عملية التنمية لتميزه بالكفاءة العالية في رفع المخلفات والترسيبات.

*** أنواع الجرادل :**

1- الجردل ذو الصمام المسطح flat valve type .

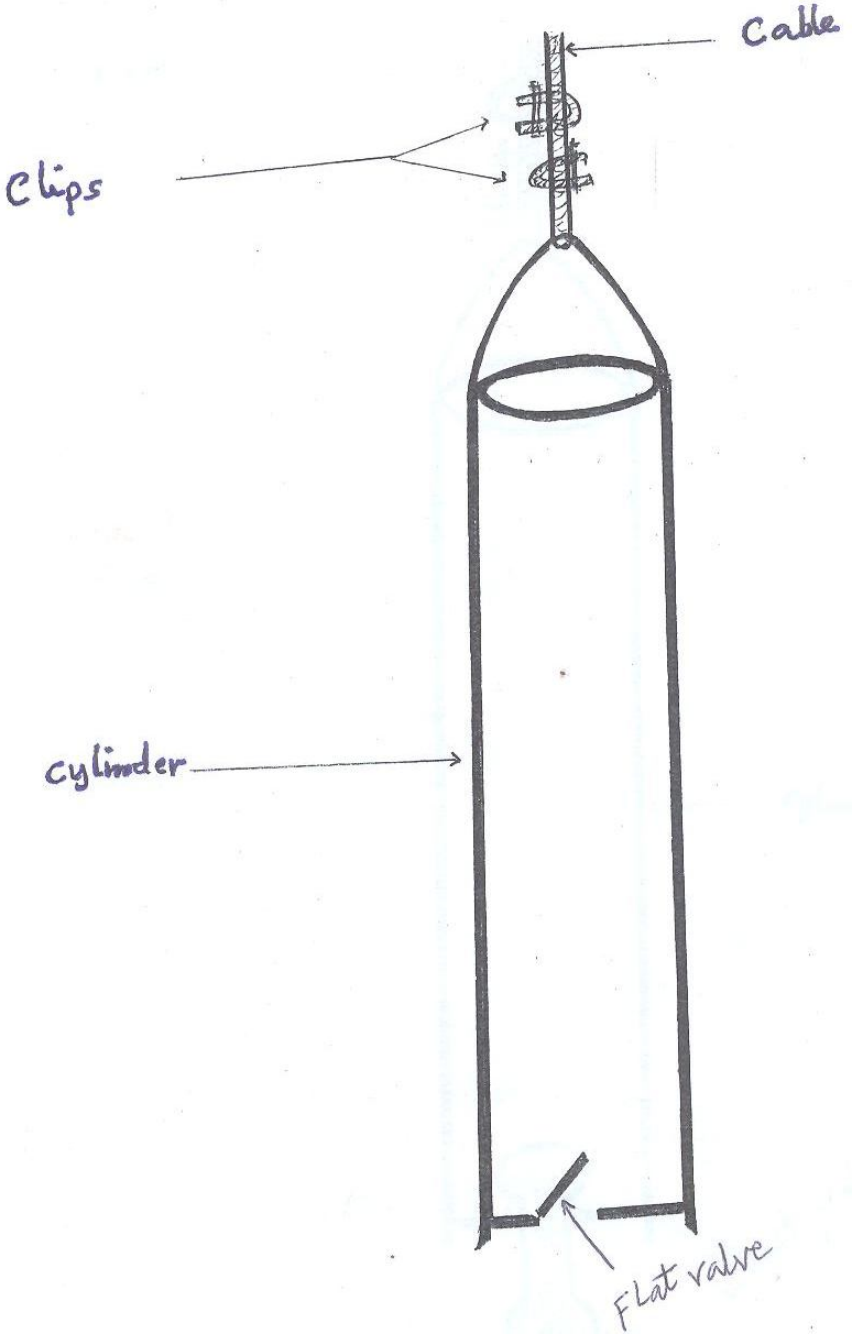
2- الجردل ذو الصمام أبو لسان dart valve type.

*** طريقة عمل هذه الطريقة:**

تستخدم هذه الطريقة في الغالب في الحفر الدقاق وفي بعض المرات يتم استخدام الجردل أيضا في الآبار التي تم حفرها بواسطة الحفر الرحوي وذلك لتخفيف سوائل الحفر قبل التنمية بالطرق الأخرى. ويتم ربط الجردل بواسطة خط الجردل بواسطة مقبض clamp وإزالة داخل البئر لمعرفة العمق الذي وصل إليه من العمق المتبقي إلى العمق الكلي للبئر . ثم يتم تحريك الجردل صعوداً أو نزولاً عدة مرات حتى الوصول إلى العمق الكلي من نظافة البئر وخروج المياه نظيفة وتعتمد الفترة الزمنية حسب نوعية المخلفات التي في البئر وقد تصل إلى 24 ساعة ثم بعد ذلك يتم الاختبار لإنتاجية البئر (حساب حجم الجردل مضروبة في عدد الجرادل في الساعة) لاختيار نوعية المضخة.

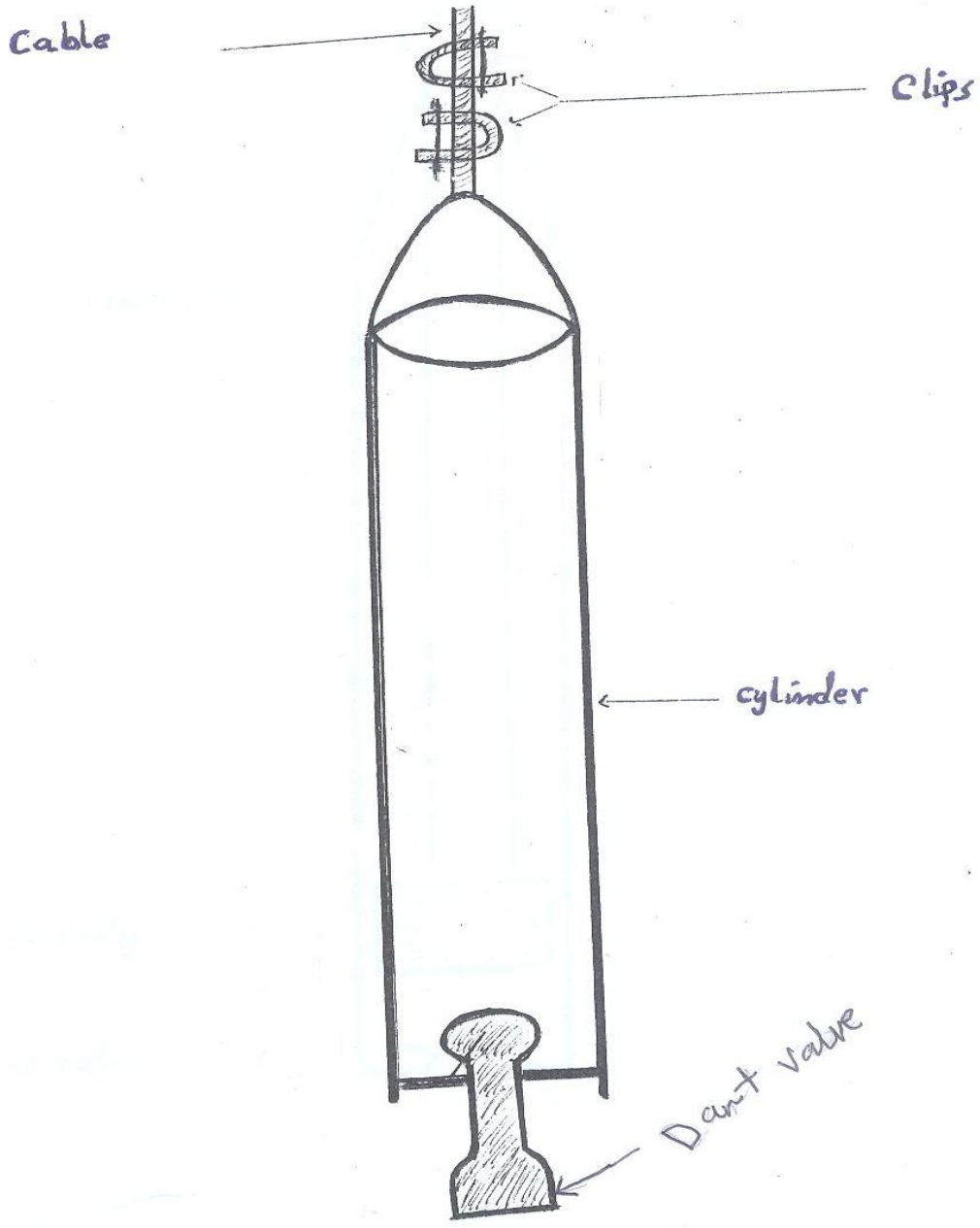
*** مزايا هذه الطريقة:**

عملية إنزال ورفع الجرادل عدة مرات إلى فتح ثقوب المصافي وإزالة سائل الحفر منها مما تتيح الفرصة لدخول المياه من الخزان الجوفي عبر فتحات هذه المصافي .



شكل رقم (2-1)

الجردل ذو الصمام المصطح



شكل رقم (2-2)

الجردل ذو الصمام ابو لسان

2.3.2. طريقة الغسيل الداخلي والخارجي washing &back washing

*** المعدات المستخدمة :**

خيط الحفر بدون ثقالات وفأس الحفر.

* وتنفذ بطريقتين هما :

1- الغسيل الداخلي والخارجي باستخدام الماء:

يتم أولاً إزالة سوائل الحفر من الأحواض أو الخزانات ثم تملأ بالمياه النظيفة ثم يتم ضخها عبر مضخة سائل الحفر وبواسطة خيط الحفر حتى قاع البئر حيث يتم خروج المياه ما بين أنابيب التغليف وخيط الحفر حيث يتم التخلص منها على سطح الأرض دون الرجوع إلى خزان السحب وبعد أن يتم التأكد من نظافة المياه يتم قفل الفراغ ما بين الأنابيب التغليف وخيط الحفر حتى يسمح للمياه بالخروج ما بين أنابيب التغليف وجدار البئر إلى أحواض السحب مرة أخرى حيث يكون هنالك دورة كاملة للمياه هذا ما يعرف بالغسيل الداخلي والخارجي . وإذا كانت البئر تحتاج إلى غلاف حصوي يتم إنزاله أثناء الغسيل الخارجي لان ذلك يساعد على نظافة وإزالة الشوائب والرمال الدقيقة الموجودة بالحصى.

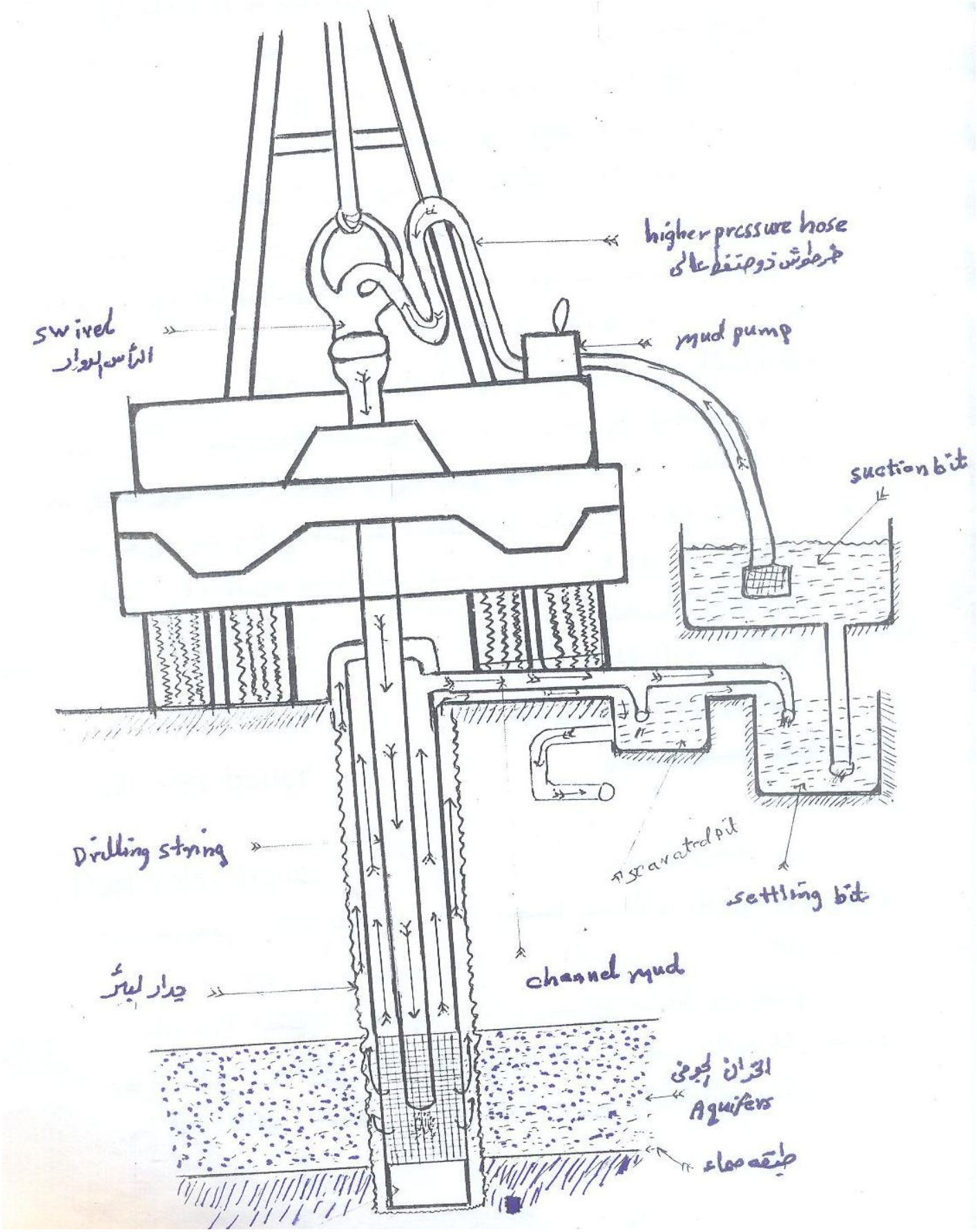
*** مزايا هذه الطريقة :**

1. عملية الغسيل الداخلي والخارجي يساعد كثيراً في تخفيف كثافة سائل الحفر
2. يساعد أيضاً في رفع مخلفات الحفر المترسبة داخل البئر وذلك بعد تخفيف سائل الحفر من الحفرة الرئيسية.
3. إضافة الماء يسهل عملية الضخ وسرعة اختراقها وسهولة رفع المخلفات إلى خارج السطح.
4. تسهل عملية التنمية للطرق الأخرى.

2-الغسيل الداخلي والخارجي باستخدام الهواء:

في هذه الطريقة تستخدم الضاغط الهوائي بدلاً من مضخة سائل الحفر وأيضاً أعمدة الحفر بدلاً من خط الهواء بواسطة خرطوم ذو ضغط عالي يتم إنزال أعمدة الحفر إلى العمق المطلوب ومن ثم يتم تشغيل الضاغط الهوائي بضغط عالي وتكون هنالك خلخلة للمياه داخل البئر وتخرج الماء والهواء حاملة معها مخلفات الحفر والحبيبات والرمال عبر الفراغ الحلقي ما بين أنابيب التغليف وأعمدة الحفر إلى السطح الخارجي وبعد الحصول على مياه نظيفة يتم قفل

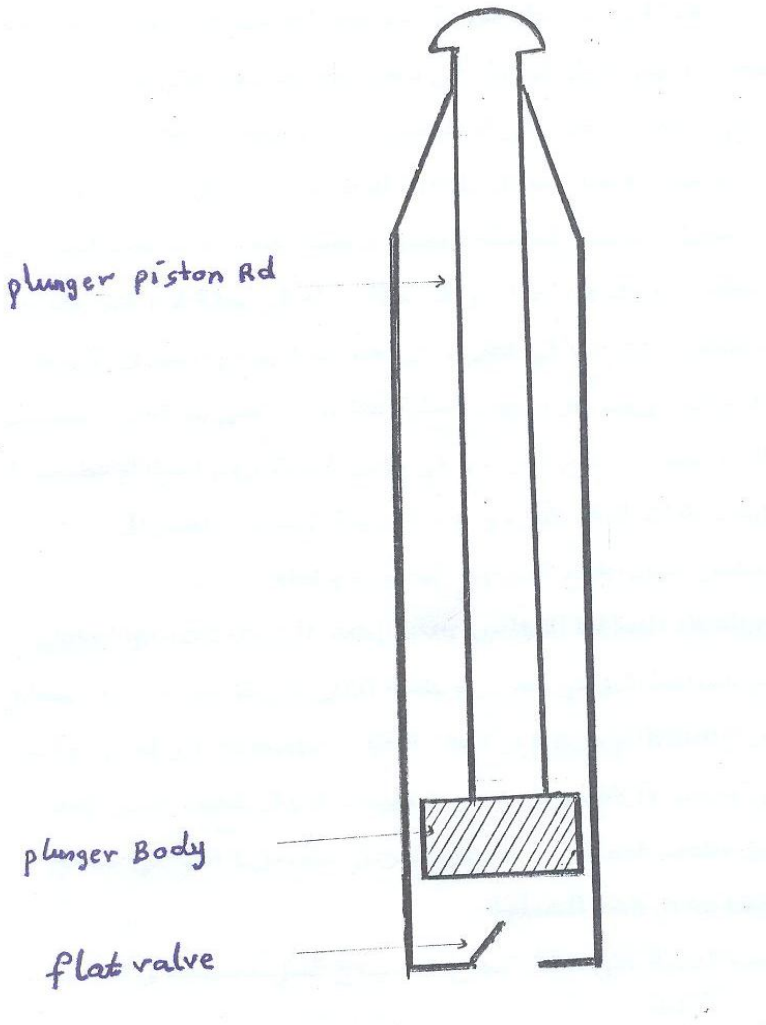
الفراغ ما بين أنابيب التغليف وعاملة الحفر عن فوهة البئر حتى يخرج الهواء والماء عبر فتحات المصافي وذلك لإزالة القشرة الطينية من فتحات المصافي عبر الفراغ الحلقي بين جدار البئر وأنابيب التغليف إلى السطح الخارجي .



شكل رقم (2-3)الغسيل الداخلي والخارجي بواسطة ضخ المياه

***مضخة الرمال sand pump**

تستخدم لرفع مخلفات الحفر عندما تكون حبيبات الرمل والحصى خشنة لا يمكن رفعها بواسطة الجردل ذو الصمام أو لسان أو الجردل ذو الصمام المسطح وهي شبيهة للجردل إلا أنها تحتوي على مكبس plunger وعند إنزال المضخة داخل قاع البئر يسمح بإسقاط المكبس إلى قاع المضخة ويرفع المكبس بواسطة خط الرمل من قاع المضخة وهذا الفراغ يتسبب في إمداد المخلفات والحصى والرمل خلال الصمام إلى جسم المضخة ثم التخلص منها .



شكل رقم (2-4)

مضخة الرمل

3.3.2. التنمية بواسطة الضاغط الهوائي air compressor

***المعدات المستخدمة**:

1- ضاغط هوائي Air Compressure .

2- خرطوم ذو ضغط عالي high pressure host.

3- مواسير الهواء educators.

4- خط الهواء air line

***المواصفات الفنية للضاغط الهوائي :**

1. نوعية الضاغط الهوائي.

2.أعلى ضغط يمكن أن يوفره الضاغط.

3.اقل ضغط متوفر أثناء التشغيل.

4.كمية الهواء المنتج أثناء التشغيل العادي وأقصى سرعة انسياب.

5.أقصى سرعة مع الحمولة.

6.أجهزة تحكم متينة.

7.درجة طاقة وكفاءة الضاغط الهوائي.

8.نظام تبريد الضاغط الهوائي

9.السرعة بدون حمولة.

*** كفاءة الضاغط الهوائي يعتمد على :**

1.قطر البئر.

2.عمق البئر.

3.حجم فراغ الاسطوانة.

4.نسبة الهواء المضغوط.

5.خزانات الاستقبال.

*** خزانات الاستقبال :**

توضع عادة ما بين الضاغط الهوائي ومعدات الربط مع خط الهواء ومهمتها:

1.ضغط وتخزين الهواء المضغوط:

2.تزيد من فعالية وتبريد الهواء المضغوط.

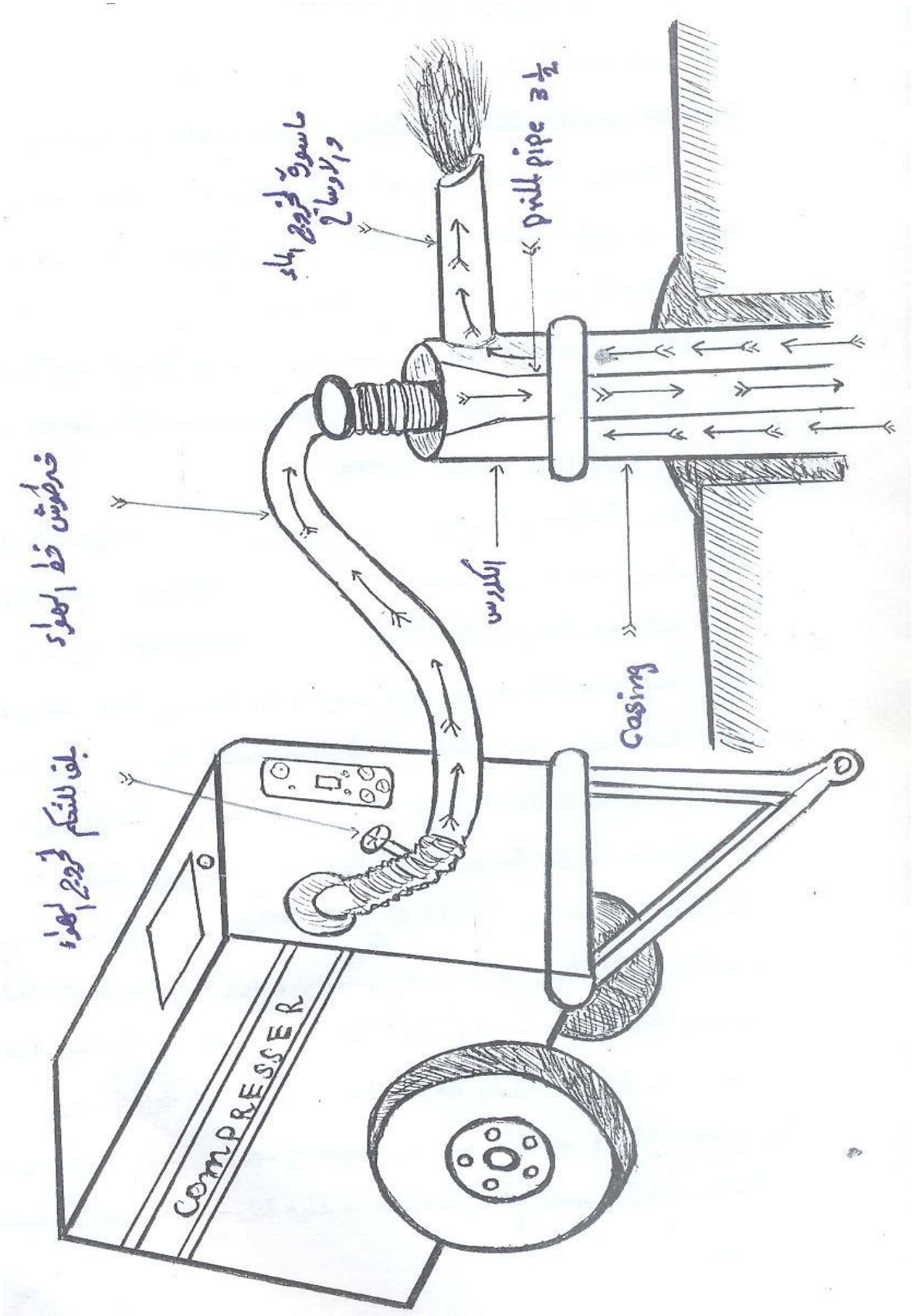
3.تساعد في إزالة بخار الماء وفصل الزيت في حالة إذا ما استخدم كعامل تبريد.

*** مبردات الهواء :**

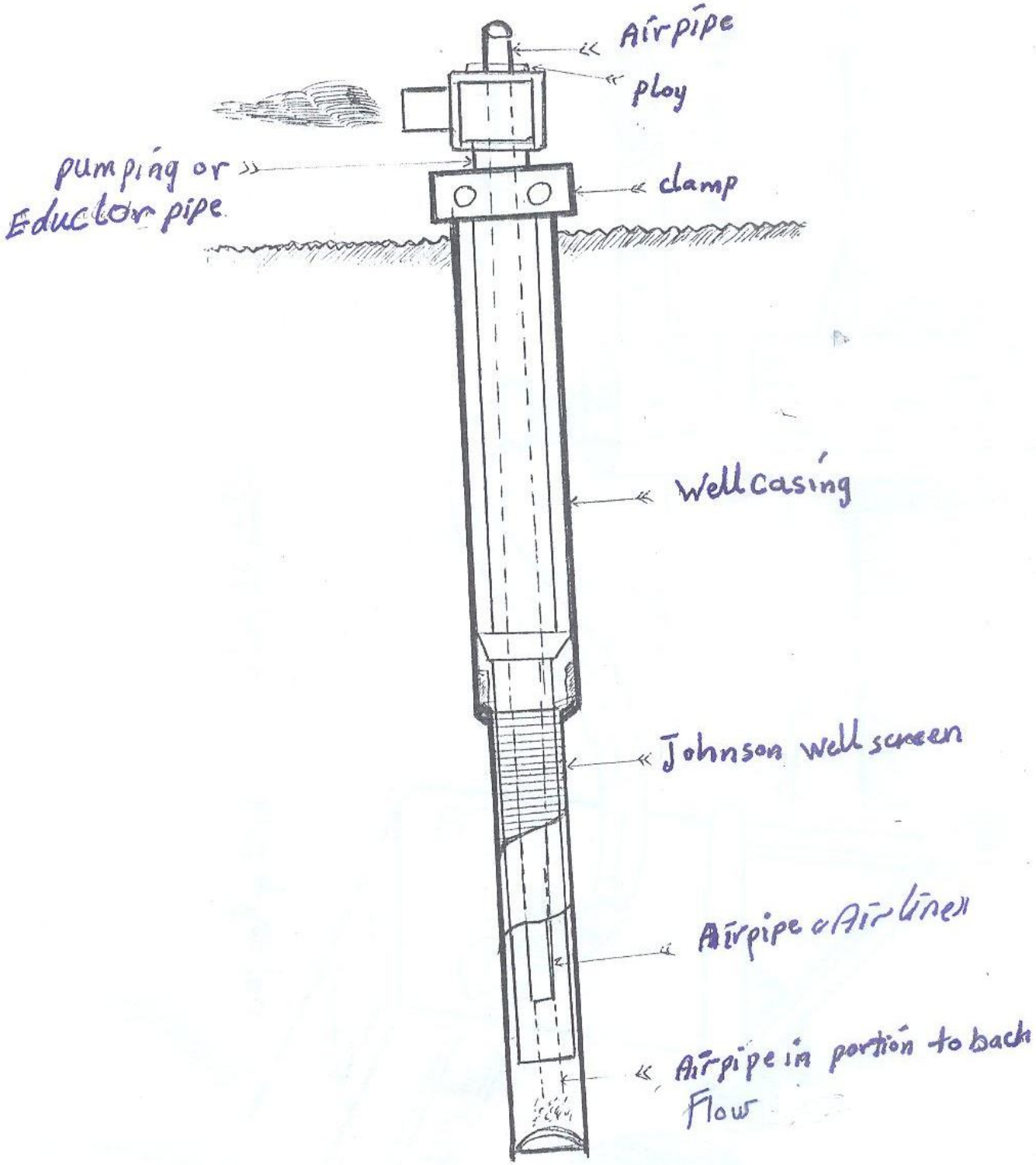
توضع عادة في خط الهواء وذلك لتبريده حتى لا يؤثر على المعدات وخراطيم الهواء ويقلل من عمره الافتراضي.

***طريقة عمل هذه الطريقة:**

يتم إنزال خط الهواء حتى المصافي ثم تبدأ عملية ضخ الهواء من الضاغط الهوائي بضغط عالي يتراوح ما بين (100-150 psi) وذلك لخلخلة المياه داخل التكوينات المنتجة (الخزان الجوفي) حيث يتم إخراج جزء من هذه الرمال وإزالته بواسطة الهواء والماء وبذلك يزيل كل المخلفات والرمال من داخل البئر . كما يتم تشغيل وتوقيف الضاغط الهوائي لفترة محددة وتسمى هذه الحالة Shooting actions وفي هذه الحالة يستخدم صمام لقفل الخط المؤدي إلى داخل البئر لفترة موجزة ثم يفتح الصمام ويسمح بمرور الهواء بقوة ضاغطة عليه مما يسبب رفع المخلفات وزرات الرمال من داخل البئر.



شكل رقم (2-5)عملية تنمية البئر بواسطة compressor



شكل رقم (2-6)اندفاع بالهواء surging with air

4.3.2. التنمية بواسطة المكبس المطاطي surge plunger method

***المكبس المطاطي :**

هي عبارة عن قطعة من المطاط المقوى مع قطعة من الخشب وبأقطار مختلفة حسب قطر أنابيب التغليف والمصافي وهذه الطريقة أكثر فعالية في عملية تنمية وتطوير الآبار حيث يقوم بضغط المياه داخل البئر مما يؤدي إلى خروجه عبر فتحات المصافي حاملاً معه المخلفات المترسبة على هذه المصافي وإزالة القشرة الطينية (mud cake).

*** المعدات المستخدمة :**

1- مكبس مطاطي .

2- جردل أو مضخة رمال.

3- خيط الحفر بدون ثقافات وفاس الحفر.

*** أنواع المكبس المطاطي :**

1- المكبس المطاطي الصلب solid surge plunger

2- المكبس المطاطي ذو الصمام valve surge plunger

*** طريقة عمل هذه الطريقة :**

يتم ربط المكبس المطاطي مع مواسير الحفر وعمود الحفر المضلع ويتم إنزاله حتى يصل إلى عمق 15 قدم تقريباً تحت مستوى الماء وأعلى المصافي حيث ينقل فعل الضغط بواسطة عمود الماء water column من المكبس إلى منطقة المصافي screen zone وبعد ذلك يتم تحريك المكبس داخل البئر صعوداً ونزولاً عدة مرات ثم بعد ذلك يتم استخراج المعدات وإنزال الجردل لإزالة المخلفات وترسيبات الرمال حتى الوصول إلى إنتاجية عالية وفي الغالب تكون الإنتاجية أحسن مما كانت عليه التنمية بهذه الطريقة .

*** المشاكل التي قد تحدث في هذه الطريقة:**

1- أنعملية المكبس المطاطي صعوداً ونزولاً قد تؤدي إلى نتائج غير صحيحة إذ أن الخزان الجوفي أو الطبقة الحاملة للمياه تحتوي على مواد طينية أنه في هذه الحالة قد تسبب في الصاق الطين على فتحات المصافي مما يؤدي إلى قفل جزء من هذه الفتحات وبالتالي تقليل مساحة فتحات المصافي الذي يؤدي إلى تقليل إنتاجية البئر.

2- أن هذه العملية قد تؤدي لاختلاف في الضغط مما يتسبب في حدوث تطبق المصافي.

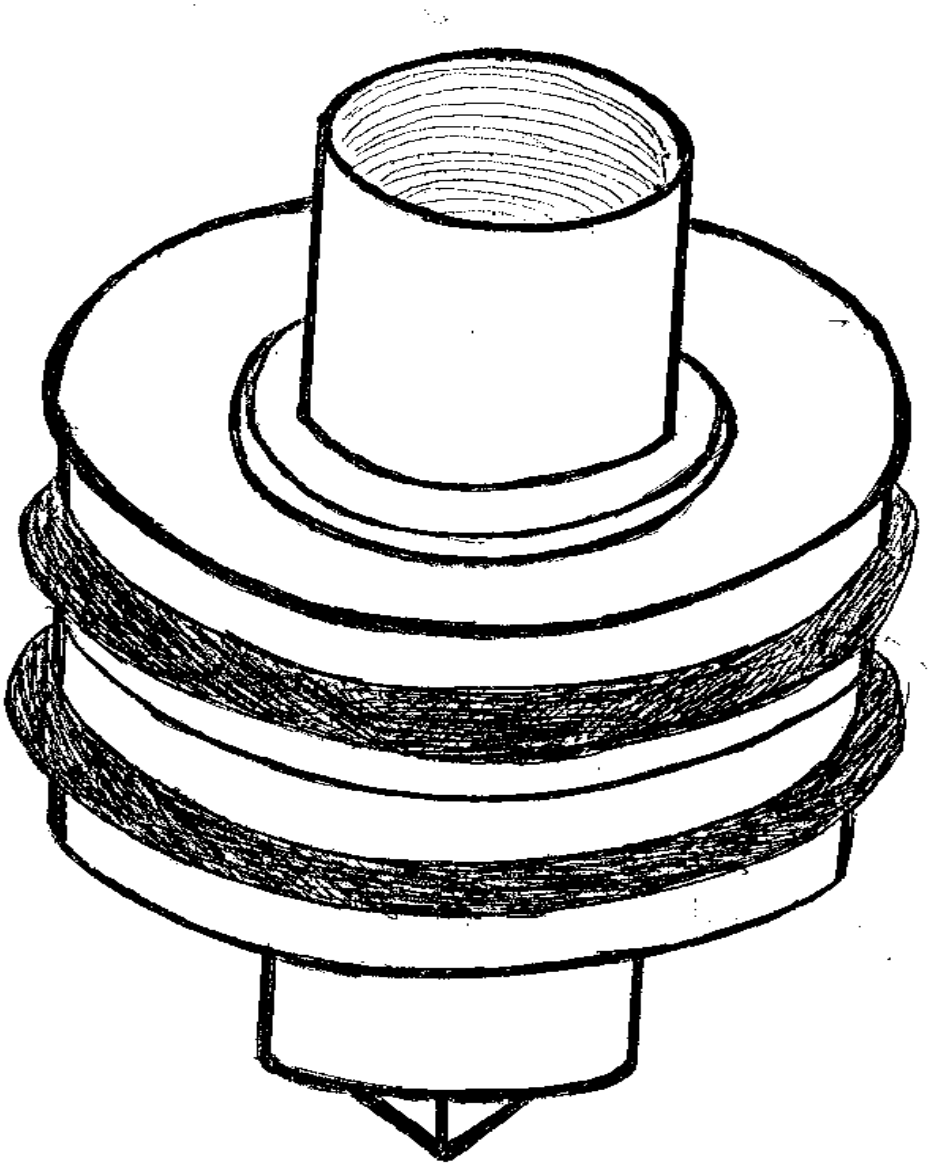
*** مزايا هذه العملية :**

1- قليل التكلفة.

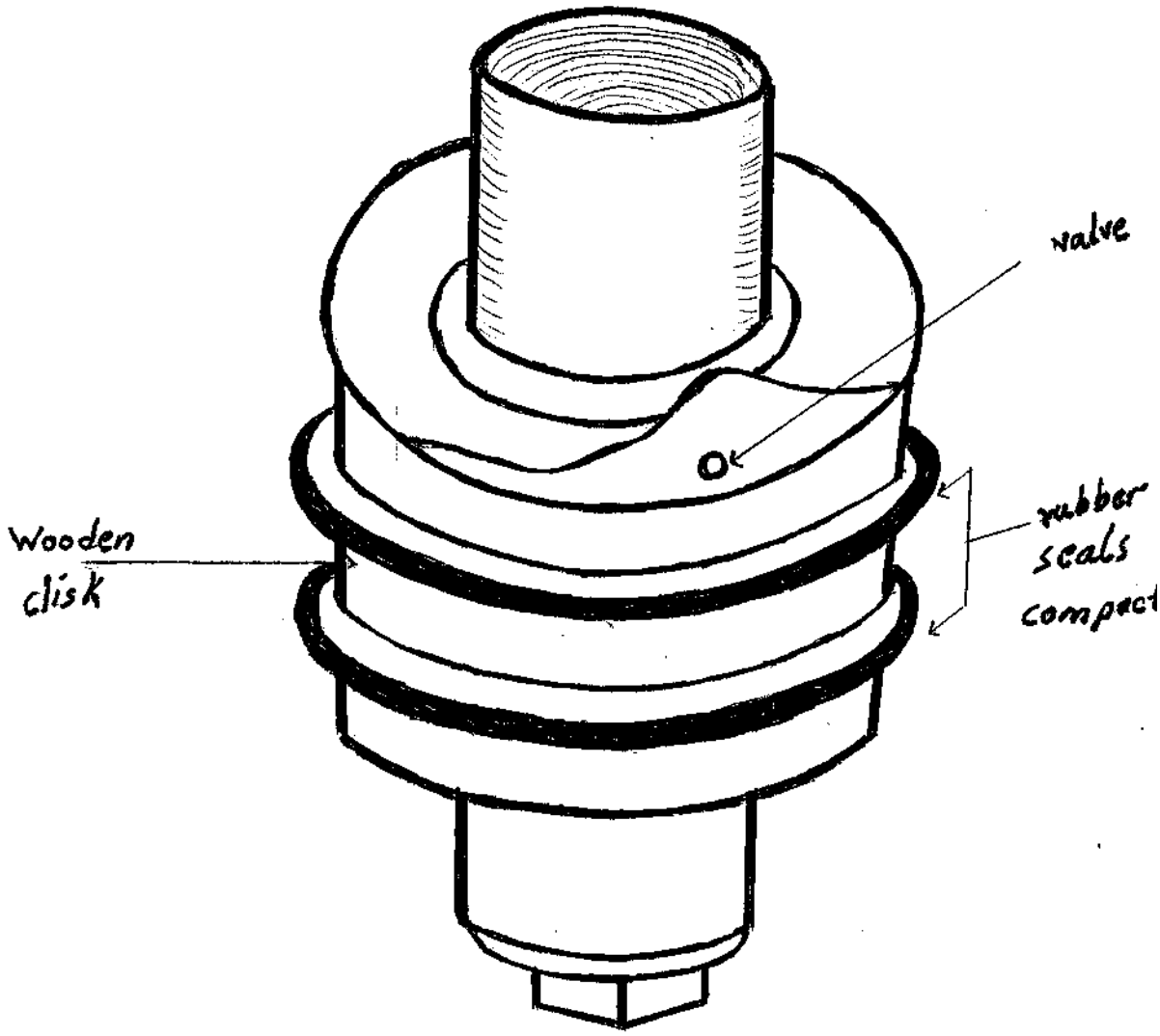
2- سهولتها وقابلية استخدامها لتلائم أنواع عديدة من الحفارات وطرق التنمية.

3- يمكن استخدامها للآبار مختلفة الأقطار والعمق.

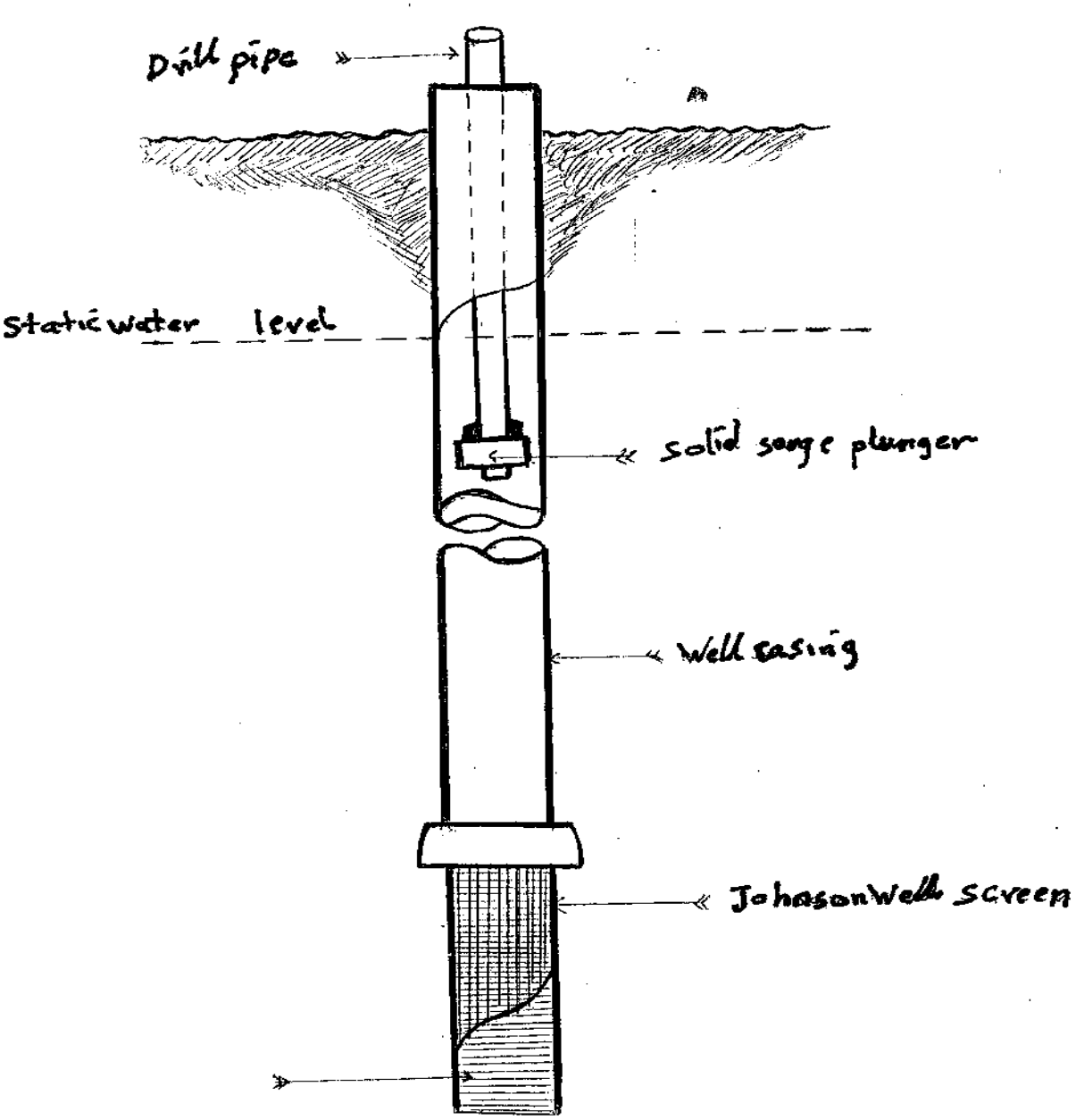
4- تعطي نتائج جدية للمصافي الملاصقة للنطاقات ذات المسامية الجيدة والقدرة العالية على التوصيل المائي.



شكل رقم (2-7) المكبس المطاطي الصلب solid surge blunder



شكل رقم (2-8) المكبس المطاطي ذو الصمام Valve surge plunger



شكل رقم (2-9) المكبس داخل أنابيب التغليف

surge plunger is in effective tool

5.3.2. التنمية بواسطة النفث عالي السرعة high velocity jetting

تعتبر هذه الطريقة أكثر طرق التنمية الأخرى فاعلية وينتج عن ذلك تدفق المياه بسرعة عالية خلال فتحات المصافي لإزالة أي مخلفات من الرمال أو الطين من المصافي أو الطبقة الحاملة للمياه، ويمكن إجراء التنمية عن طريق النفث عالي السرعة إما باستخدام الماء أو الهواء.

*** أداة النفث : jetting tolls**

هي عبارة عن أداة بها فتحات إثنان إلى أربعة ويتراوح قطر الفتحة غالبا ما بين (0.25- 0.5 0.375) بوصة وقاع أداة النفث مغلق والجزء العلوي مسنن وذلك لربط مواسير الحفر فيها حتى تصل إلى نهاية المصافي .

*** أنواع أداة النفث :**

1- نوع ذو فتحتين.

2- نوع ذو ثلاثة فتحات.

3- نوع عادي ذو أربع فتحات.

وللحصول على نفث فعال يجب أن لا تقل سرعة المياه المنطلقة من فتحات النفاث عن100 قدم/الدقيقة ويمكن تحسين الأداء عند سرعات تتراوح بين (150 – 300 قدم/الدقيقة).

*** المعدات المطلوبة لهذه العملية :**

1. أداة النفث.
2. مضخة ذات ضغط عالي.
3. خرطوم ذات ضغط عالي.
4. خط مواسير الحفر.
5. خزان للمياه أو أي مصدر آخر للمياه.
6. سلك التوصيل أجزء النفاث.

***طريقة عمل هذه الطريقة**

تنفذ بطريقتين هما :

1- النفث بواسطة الماء jetting with water

تتلخص هذه الطريقة بإمرار نفاث مائي أفقي داخلي مصافي البئر بحث تتدفق شلالات من الماء بسرعة إلى خارج فتحات المصافي ويكون شلالات المياه مركزة على مساحات المصفاة تحت ضغط عالي ، وتؤدي النفاث عالية السرعة إلى رفع الماء خلال المصافي في إتجاه الطبقة مما يسبب إعادة ترتيب حبيبات الرواسب في المنطقة الواقعة خارج المصافي ويكون الضغط ما بين (150- 100 psi).

*** مزايا هذه الطريقة :**

1.التكلفة منخفضة.

2.تزيد من إنتاجية البئر.

3.تسليط المياه بضغط عالي وتركيزها على مساحات المصافي يؤدي إلى تفكك المخلفات اللاصقة على المصافي وجدار البئر.

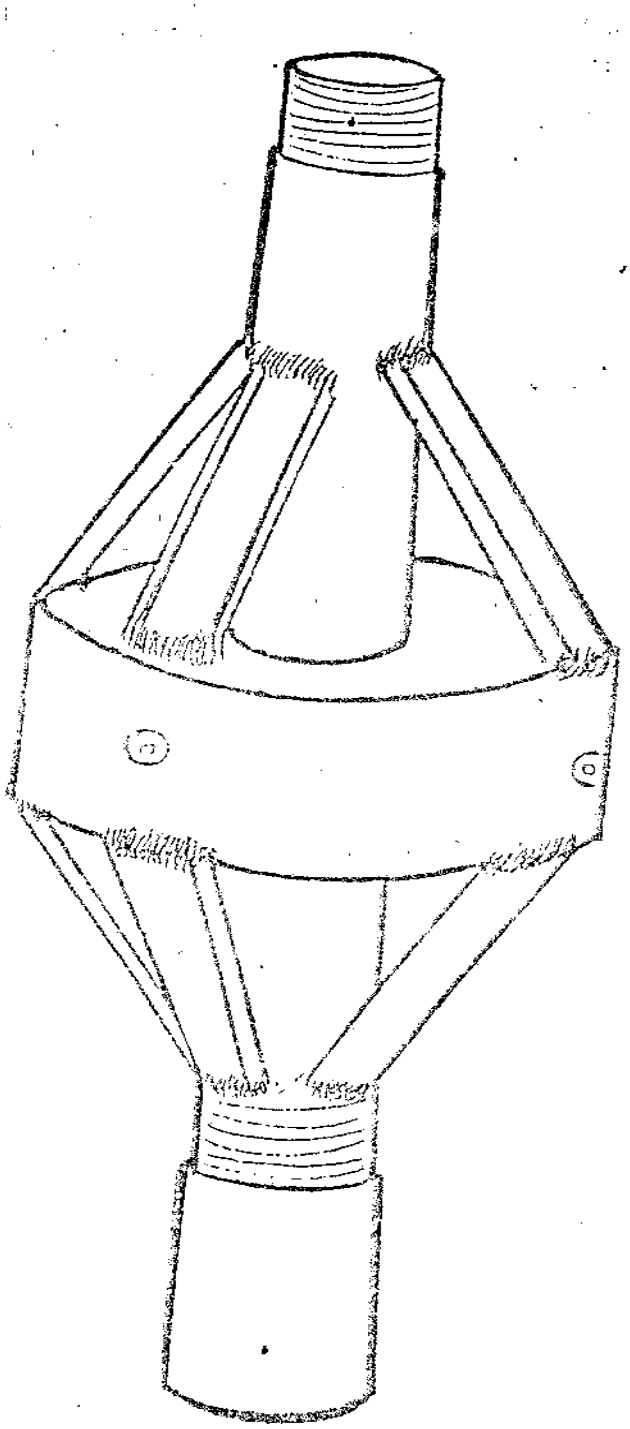
4.تساعد على إصلاح التلف الذي قد يحدث لمسامية الطبقة ونفاذيتها من جراء عملية الحفر.

5.تخفيض مشاكل الإصلاح وإطالة عمر البئر.

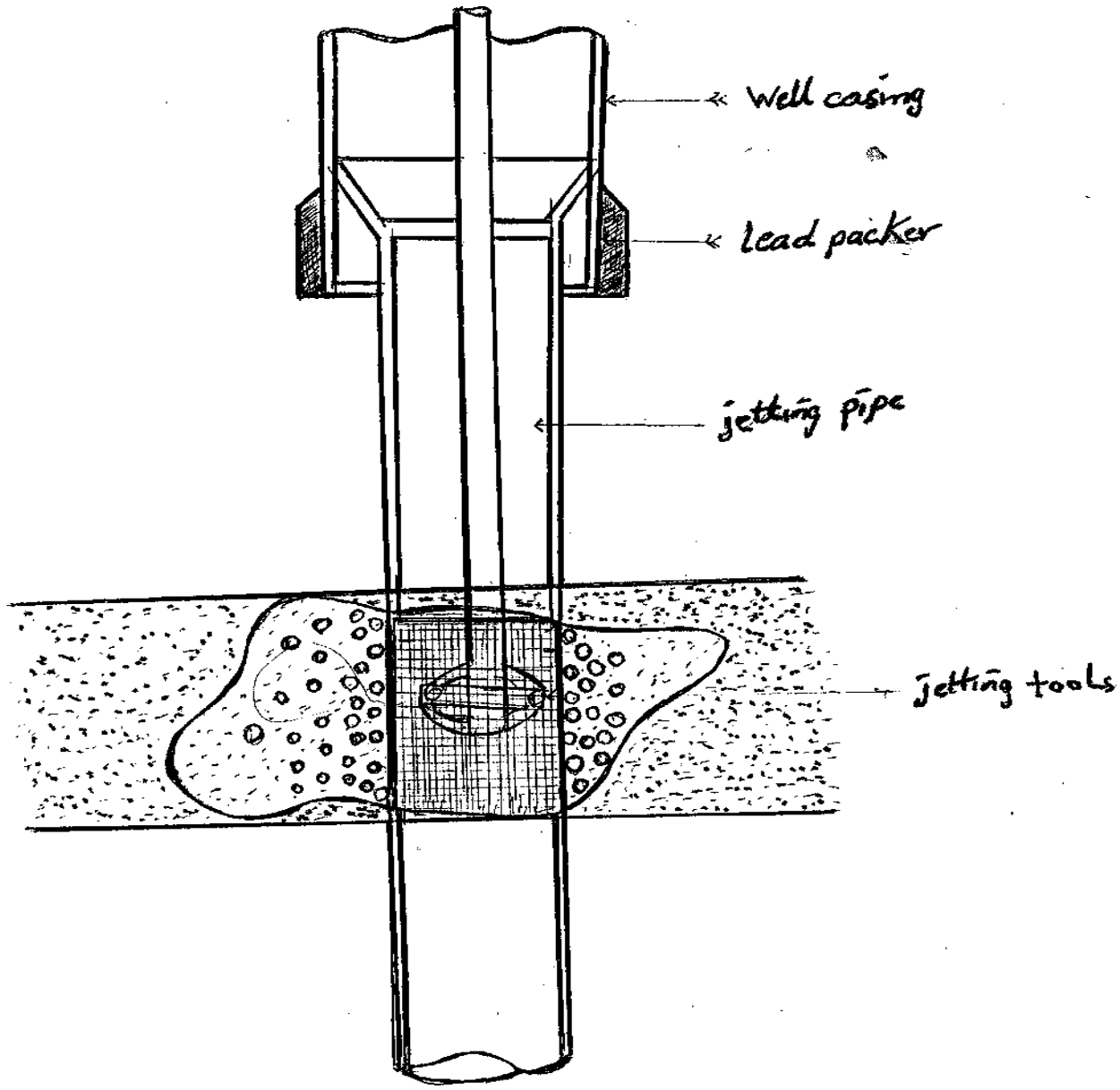
*** سلبيات هذه الطريقة :**

1.قد يحدث تآكل وكشط في المصافي نتيجة لسرعة التدفق العالية للمياه.

2.تطبق الأنابيب والمصافي نتيجة لاختلاف الضغط.



شكل رقم (2-10)اداة نفث ذات اربع خراطيمfour nozzles jetting tool



شكل رقم (2-11)وضع اداة النفث داخل البئر

2-النفث بواسطة الهواء jetting with air

يعتبر النفث الهوائي هو البديل للنفث بواسطة الماء في المناطق التي لا يتوفر بها الماء بسهولة ويمكن استخدامها نسبة للطبقات المتصلدة وغير المتصلدة وهي تشبه في تنفيذها طريقة النفث بواسطة الماء. تعتمد عملية النفث على :

1.المنطقة المفتوحة من المصافي.

2.شكل فتحات المصافي.

3.براءة الشخص القائم على تنفيذ العلمية.

4.الزمن المتوفر لتنفيذ النفث.

6.3.2. التنمية بواسطة الضخ بمعدلات عالية over pumping

في حالة عدم نجاح التنمية بالطرق السابقة الذكر أو الوصول إلى الإنتاجية المطلوبة "المتوقعة" فانه يتم تنمية البئر بواسطة الضخ بمعدلات عالية ، حيث يتم في هذه الحالة الضخ بمعدلات يزيد عن المعدل التصميمي للبئر باستخدام مضخة ذات إنتاجية أعلى من إنتاجية البئر حيث يتم سحب المياه من داخل البئر ثم يتوقف الضخ للسماح بدخول المياه وانسيابها من الخزان الجوفي عبر فتحات المصافي إلى داخل البئر. ويتم تكرار هذه العملية عدة مرات حتى يتم سحب المياه الخالية من الرمال ، ثم من بعد ذلك يتم إجراء تجربة الضخ للبئر للتأكد من الإنتاجية الحقيقة البئر.

*** مزايا هذه الطريقة:**

أن تكرار هذه العملية عدة مرات تعمل على إزالة سوائل الحفر والقشرة الطينية اللاصقة على فتحات المصافي ومسامات الخزان الجوفي والرمال والمواد العالق وذلك مما يؤدي إلى نظافة البئر والحصول على مياه نظيفة خالية من الرمال وحبيبات الطين.

*** مساوئ هذه الطريقة :**

1.قد تؤدي إلى تطبق الأنابيب والمصافي وذلك نسبة للاختلافات في الضغط حيث يتم سحب المياه من داخل البئر وفي نفس الوقت تتدفق المياه من الخزان الجوفي إلى داخل البئر.

2.الرواسب دقيقة الحبيبات قد تتماسك حول المصافي وتحد من تدفق الماء إلى داخل البئر.

3.حركة إنسياب الماء في اتجاه واحد وقد تسبب تراكم الحبيبات الدقيقة حول فتحات المصافي مما يؤدي إلى تثبيت الطبقة جزئياً فقط.

4.الإفراط في الضخ قد يؤدي إلى تعريض المضخات للتلف أو التقليل من كفاءتها بمرور الزمن.

*** ملحوظة :**

في بعض الأحيان يتم إنزال الجردل لنظافة البئر من المخلفات التي تترسب في قاع البئر.

4.2. طرق التنمية الكيميائية:

مدخل :

يستخدم عادة حامض الهيدروكلوريك المحتوي على مانع أو مبطئ لتفاعل الحامض مع الصلب المكون لأنابيب تغليف البئر والمصفاة أثناء المعاملة بالحامض ويقوم الحامض المستخدم في مثل هذه الحالات بإذابة كربونات الكالسيوم والمغنيزيوم المترسبة على جدران وثقوب المصفاة الخاصة بالبئر وجدير بالذكر أن مثل هذه المعاملة بالأحماض يكون لها تأثير جيد على ترسيبات القشرة الصلدة المتكونة في أملاح الكربونات. ويمكن إزالة هذه الأملاح وإذابتها من على المصفاة ومن فراغات ومسام التكوينات الصخرية الحاملة للمياه والمحيطة بالبئر بواسطة معاملتها بحامض الهيدروكلوريك . ويتم إزالتها بعد إذابتها وتكسيرها بواسطة الضخ. وتكون نتائج هذه العمليات جيدة ومؤثرة إلا انه لزيادة كفاءة هذه العمليات يجب استخدام أسلوب تقنيات مناسبة خاصة بذلك.

وتذوب هيدركسيدات الحديد والمنغنيز كذلك في حامض الهيدروكليريك بدرجة جيدة إلا أن هذه الأملاح يمكنها أن تترسب مرة ثانية إذا كانت درجة الاس الهيدروجيني PH لمحلول الحامض أكثر من (3) ولإزالة هذه الرواسب يجب أن يكون الحامض المستخدم لذلك ذا درجة تركيز قوية بدرجة كافية إلى أن تنتهي عملية التنظيف ويضخ خارج البئر. ولكي نحافظ على أن يستمر الحديد ذائبا في المحلول يمكن إضافة احد الأملاح الموازنة إلى الحامض مثل أملاح دوتشلي والتي يمكن أن تساعد في هذا المجال. وبالرغم من أن القشرة الصلدة المكتوبة من الحديد أو المنجنيز تكون قابلة للذوبان في حامض الهيدروكلوريك إلا انه في الوقت الحاضر هنالك صعوبات في تنفيذها وتكون نتائجها غالبا غير مرضية ويرجع ذلك غالبا إلى الطريقة التي تم تنفيذها لحفر البئر وليس أن عيب في المعاملة بالحامض في حد ذاتها.

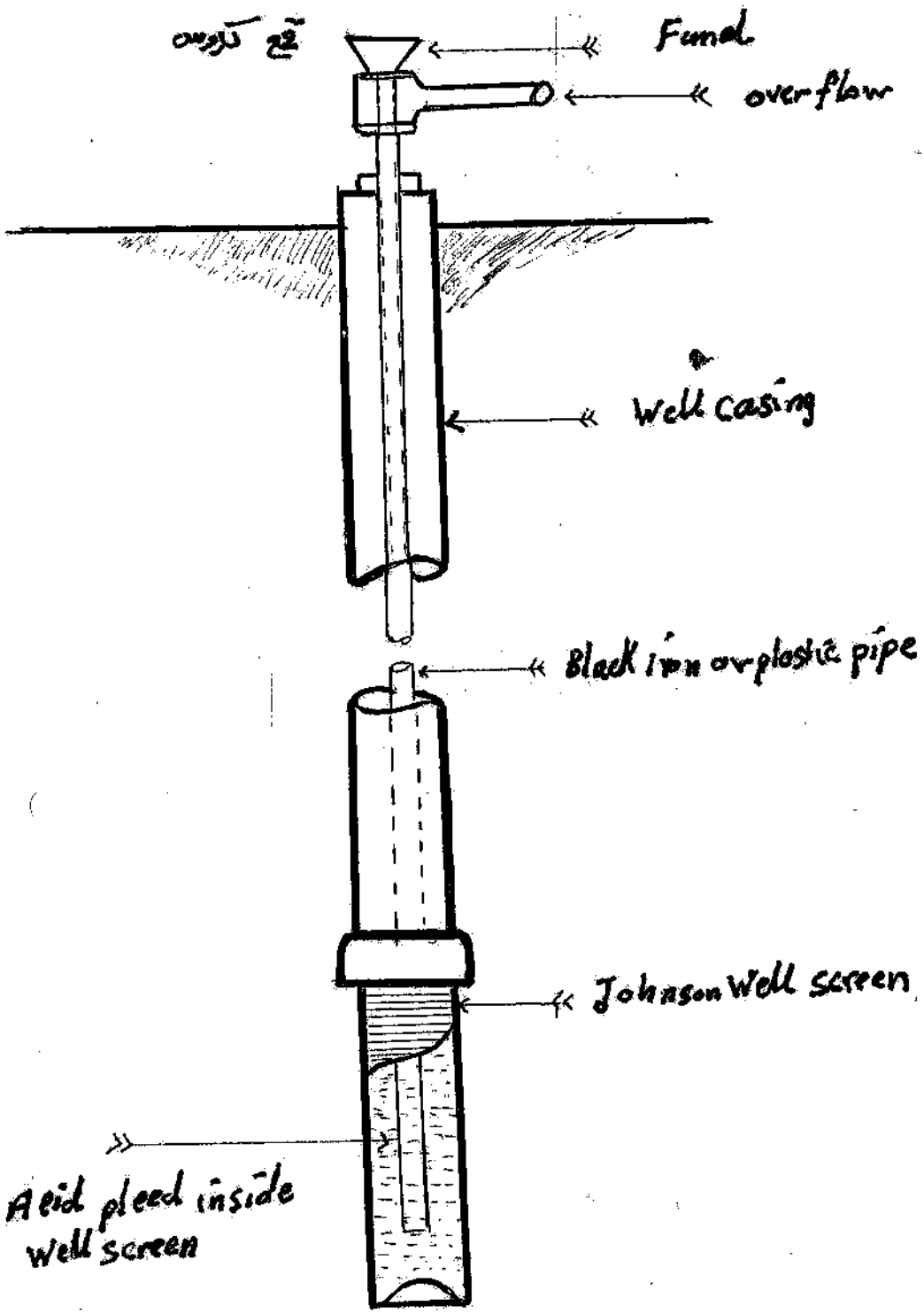
ويوجد حامض الهيدروكلوريك المخصص لهذه الأغراض في ثلاثة تركيزات تجارية ويستحسن عادة استخدام التركيزات العالية من الحامض والتي يشار إليها بالرقم 27.92%.

وفي حالة ما إذا كان الحامض لا يحتوي على مادة مانعة أو مبطئة لتفاعله مع الصلب المكون لأنابيب التغليف يمكن إضافة أو استخدام الجيلاتين لهذا الغرض حيث يمنع هذا الجيلاتين أي تفاعل أو تآكل يسببه الحامض لأنابيب التغليف ويكون حامض الهيدروكلوريك (حامض المورياتيك) ذا قوة أو تركيز عال حيث يجب أن تكون كمية الحامض المستخدم لعملية غسيل واحدة ضعف كمية المياه الموجودة في مصفاة البئر وهذه الكمية كافية لملء المصفاة علاوة على جزء إضافي كاف للحفاظ على تركيز أو قوى للمحلول أثناء تفاعل الحامض مع المواد المكونة للقشرة الصلدة.

* طريقة وضع الحامض في البئر:

يستخدم لذلك أنبوب اسود أو بلاستيكي ذو قطر يعادل (25مم) وذو طول كافي لكي يصل إلى قاع البئر والمصفاة. ويستخدم كذلك وصلة أنبوبية كبيرة على شكل حرف (T) وقمع ، وذلك لصب الحامض من الأنبوب البلاستيكي الواصل إلى قاع البئر والمصفاة وتستخدم الوصلة الأنبوبية ذات الشكل (T) لتصريف الزائد من الحامض من الحامض المستخدم في غسيل وتنظيف البئر وتسهل صب وإدخال الحامض في أنبوب التوصيل البلاستيكي حتى تصل إلى قاع البئر وفي هذه الحالة لا تكون هنالك حاجة لاستخدام أنابيب مجلفنة ، وفي حالة ما إذا كان طول مصفاة البئر في حدود 150 سم يجب ملء إلى 150 سم بالحامض ، وبعد ذلك يتم رفع الأنبوب البلاستيكي لمسافة 150 سم أخرى فوق المصفاة ثم يصب الحامض مرة أخرى. ويستمر عملية صب الحامض حتى تمتلء المصفاة بالحامض. ومن المعروف أن الحامض يكون أثقل من المياه وعليه يحل محلها ويدفع الماء إلى أعلى إلا أنه يختلط بالمياه بالتدرج ويجف تركيزه.

ومن الأشياء الضرورية لإجراء عملية التنظيف بالحامض هي عملية تحريك الحامض بطريقة أو بأخرى ، وذلك مباشرة بعد صبه في البئر ، ويستخدم عادة جهاز أو معدات الحفر لهذا الغرض حيث يسهل هذا الجهاز هذه العملية وخاصة في إخراج المضخة وتغيرها وكذلك مناولة الأنابيب والمعدات الأخرى المستخدمة في عملية التنظيف ، علاوة على ذلك يجب استخدام أنبوب أو اسطوانة النزح وذلك لتنظيف البئر وقاعه من رواسب القشرة الصلدة المفككة والتي تم تكسيرها وإذابتها وكذلك من الرمال الناتجة من البئر أثناء عملية التنظيف (السلاوي-1986).



شكل رقم (2-12)طريقة وضع الحامض داخل البئر

5.2. الأحماض المستخدمة في معاملة آبار المياه الجوفية:

- حامض الهيدروكلوريك Hcl
- حامض السلفاميك sulfamic
- الكلورين
-حامض هيدروكسي إستيك hydroxyl acetic
-الفوسفات الزجاجي
-الجلابتين المتفجر
-مركبات البولي فوسفات

1. حامض الهيدروكلوريك:

هو أحد أكثر الأحماض إزالة للرواسب من الأملاح المعدنية حامض Hcl هو عبارة عن إذابة غاز كلوريد الهيدروجين في الماء ولونه يميل إلى الاصفرار ويوجد تجارياً بتركيز 28 إلى 31% كلوريد الهيدروجين (يعادل 18-20 درجة بومي) ويستخدم مثبت للتآكل مع استخدام الحامض لخفض تأثير التآكل للحامض على معدن المصفاة والقمسيون ومكونات الطلمبة .

ويتم عادة إدخال الحامض إلى مصفاة البئر من على سطح الأرض خلال ماسورة بلاستيكة أو حديدية ذات قطر صغير يفضل استخدام كمية في الحامض تساوي كمية المياه في المصفاة مضافا إليها من 50- 100 لوصول الحامض إلى التربة حول المصفاة ، كمية الحامض المستخدم في الآبار ذات الأقطار الكبيرة والصغيرة موضحة في الجدول أدناه ، كمية الحامض المستخدم في الآبار ذات الأقطار الكبيرة والصغيرة.

الجدول رقم (2-1) كمية الحامض المستخدم في الآبار ذوات الأقطار الكبيرة والصغيرة.

قطر البئر		
بالبوصة	**بالمليمتر**	**كمية حامض الهيدروكلوريك (18-20 بومي) لكل قدم 30 سم من طول المصفاة**
1.5	38	0.53 – 0.42
2.0	51	0.19 -0.76
2.5	64	1.48 -1.25
3.0	76	2.12 -1.74
3.5	82	2.84 -2.38
4.0	102	3.71 -3.7
4.5	114	4.73 -3.74
5.0	127	5.79 -4.84
5.5	140	7.00 -0.83
6.0	152	8.36 -6.96
8.0	203	18.4 – 12.3
10.0	254	23.2 -19.3
12.0	305	33.4 – 27.8
14.0	356	45.4 – 37.9
16.0	406	59.4 – 49.4
20.0	508	92.7 – 77.2
24.0	610	112.2 – 93.5

2. حامض السلفاميك:

حامض السلفاميك هي عبارة عن مادة حبيبية بيضاء اللون وجافة ينتج عنها حامض قوي عند خلطها بالماء وبإذابتها في الماء تزداد درجة الحرارة بارتفاع تتراوح ما بين (5- 20%) بالوزن عند درجات حرارة المياه الجوفية.

رغم أن حامض السلفاميك أكثر تكلفة من حامض الهيدروكلوريك إلا أنه اقل في الضرر وهذا الحامض له عدة مزايا :

1.في حالته الجافة يمكن تداوله بأمان.

2.المادة الجافة لا تنتج أبخرة ولا تحدث مشاكل في الجلد.

3.عند خلطه بالماء يتم تداوله كأي حامض آخر بما يتطلب الحذر كذلك من مساوئها:

1.أنها أكثر تكلفة.

2.عند المعالجة تتصاعد أبخرة بمعدل بطيء نسبياً لبطء الحامض وهذه الأبخرة خطرة مما يتطلب عمل إجراءات تهوية.

*** طريقة عمل هذا الحامض :**

يوجد حامض السلفاميك في شكل أقراص حبيبات بدرة ، تستخدم أقراص الحامض في الآبار المجهزة بمصفاة قصيرة نسبياً موضوعة في قاع البئر ، نظراً لأن الحبيبات أثقل من الماء فانها تترسب في القاع ثم تذوب في المصفاة وهي تذوب خلال فترة 4 ساعات في حالة عدم حدوث تشبع . ويزداد إذابة الحامض بتقليب الماء في المصفاة.

تحدد كمية الحامض لمعالجة البئر إما طبقاً لقطر كمية 30% من وزن الماء في مصفاة البئر حيث تستخدام حبيبات الحامض في المصافي صغيرة وكبيرة القطر للمصفاة الأقل من 30 متر في الطول. كذلك تستخدم حبيبات الحامض في الآبار العميقة حيث تذوب أثناء تحركها نحو المصفاة بما يتطلب إضافة مياه نظيفة لدفع الحامض نحو التربة. في حالة الآبار العميقة يفضل عمل محلول من أقراص أو حبيبات الحامض ويتم إنزاله خلال ماسورة السحب للبئر ويستخدم المحلول بتراكيز كالآتي :

جدول رقم (2-2) تركيز الحامض ودرجة ذوبان حبيباته عند درجة حرارة مختلفة.

درجة الحرارة	40ف	50 ف	60 ف	75 ف
الوزن الأقصى من الحامض الجاف لكل 100 جالون ماء	56 كجم	60 كجم	67 كجم	76 كجم
تركيز الحامض للمحلول المشبع	%14	%15	%17	%19

ويكون الحامض في هذه الحالات قادر على إزالة ترسيبات الحديد المنجنيز. وتفاعلات الحامض مع الأملاح المعدنية مثل تفاعلات حامض الهيدروكلوريك ولكن بطيئ جداً مما يتطلب التقليب أثناء الإذابة وبعدها. ويلزم فترة 15 ساعة على الأقل للحصول على نتائج الإذابة . كما يلزم التقليب القوي قبل سحب الحامض إلى الصرف.

يجب عدم حدوث لبس بين حامض السلفاميك وحامض الكبريتيك حيث الأخير (الكبريتيك) يتفاعل مع الكالسيوم مكوناً كبريتات الكالسيوم التي تحدث انسداد للمصفاة والقيسون ويؤدي إلى تآكله.

جدول رقم (2-3) كمية حامض السلفاميك اللازمة لمعالجة الانسداد في مصفاة البئر.

قطر الماسورة		سعة الماسورة	كمية الحامض اللازمة
بوصة	مليمتر	لتر/ متر طولي	كيلوجرام / متر طولي
4	102	8.7	2.4
5	127	12.4	3.9
6	152	18.6	5.5
8	203	32.6	9.7
10	254	50.9	15.2
12	305	73.2	21.9

14	356	99.3	29.8
16	406	129.0	38.9
18	457	164.0	49.2
20	508	202.0	90.8
22	559	246.0	73.6
24	610	292.0	87.5
28	711	397.0	119.0
30	462	455.0	137.0
32	813	519.0	156.0
34	864	586.0	176.0

3. **معالجة الآبار بالكلورين**:

من المعروف أن نمو البكتريا وتكوين الترسيبات المخاطية والرخوة المصاحبة لترسيبات أكسيد الحديد والتي تسبب في كثير من الأحيانقد يحدث انسداداً كبيراً لفتحة المصافي وهذا لا يمكن معالجته بالأحماض. ونمو البكتريا وتكوين الترسيبات المخاطية الرخوة المصاحبة لترسيبات اوكسيد الحديد يجب استعمال الكلورين بدلاً عن الأحماض وذلك بتفكيكها وإزالتها من المصفاة.

*** مميزات الكلورين :**

1- تحسين المصفاة وازدياد كفاءتها.

2- له تأثير أقوى وأحسن على الترسيبات المخاطية والرخوة من الأحماض.

3- تعطي نتائج جيدة في تنظيف ومعالجة الآبار إذا أوتي الكمية المطلوبة.

4- لا يتطلب استخراج المضخة من البئر.

*** مساوئ الكلورين :**

1-يعتبر هذا الغاز شديد السمومة.

2-لها تأثر تآكلي شديد على مصفاة البئر والأنابيب.

***طريقة استخدام الكلورين بطريقتين هما :**

1- باستخدام الأملاح:

يجب استخدام جرعة كافية من الكلورين لتسبب وتحدث ما يسمى (الصدمة) وتركيز الجرعة لا يقل عن (100- 200) جزء من المليون من الكلورين الحر ويمكن استخراج هيبوكلورين أو الكالسيوم. يتم وضع أحد هذه الأملاح مباشرة في داخل البئر ويمكن استخدامه كمحلول ذائب في المياه ثم يصب هذا المحلول داخل البئر وتكون هناك تجهيزات خاصة مع هذا الغاز.

2- باستخدام الغاز:

يستخدم الغاز كمحول مائي يصب من خلال أنبوب بلاستيكي ذات قطر صغير ويكون طرفه السفليمغموراً في مياه البئر. وظلت التجارب التي أجريت أن 13.1 – 18.2 كجم من الكلورين يمكنها أن تصب في فترة يتراوح ما بين 10-12 ساعة في الآبار الكبيرة أما الآبار الصغيرة تحتاج إلى كمية أقل من المذكور أعلاه.

4. معالجة الآبار بواسطة الفوسفات الزجاجي:

أن الفوسفات الزجاجي البيوفوسفات تعمل على تشتت هيدروكسيد الحديد - أكسيد الحديد - هيدروكسيد المغنيسيوم - السلت والطين . حيث تعمل على تكسير القشرة الصلدة المكونة من هذه المواد ثم يتم التخلص منها بواسطة عملية الضخ.

*** طريقة استخدامه:**

يستخدم في معالجة الآبار بوزن6.5 كجم من البولي فوسفات مع الخلط ب 5.4متر مكعب من الماء الدافئ على سطح الأرض في إناء صغير ثم يتم التخفيف بكمية كبيرة من المحلول. حيث تضاف للمحلول كمية صغيرة من هيبوكلورين الكالسيوم تتراوح بين 0.5 كجم لكل 380 لتر ماء داخل البئر حيث تكون هي الكمية الكافية لقتل أي بكتريا أو ترسيبات حديدية على الفلاتر والطبقة الحاملة للمياه.

6.2. تنمية الآبار المحفورة في الصخور الطينية:

أن طرق الحفر جميعاً تسبب في بعض الانسداد في الشقوق والفراغات الموجودة في مكونات الصخور الصلبة . ففي الحفر بطريقة الآلة السيليكية تتكسر الصخور وتطحن تحت تأثير رأس الحفارة وتختلط قطع الصخور مع المواد الدقيقة وسائل الحفر والماء لتكون مسحوق طيني (زرقة)

slummy يدخل جزء منه إلى فراغات الصخور المكونة لجدر البر مما يؤدي إلى انسدادها لذا فانه يتحطم فك هذا الانسداد عن طريق تنمية البئر لتحقيق أفضل عطاء مائي من المتكون ويعتبر النفث المائي والضخ التلقائي بالرفع الهوائي إحدى الطرق الفعالة لتنظيف مسام الصخور وشقوقها حيث يؤدي فعل النفث إلى انتزاع المواد المخروطة من جدار البئر ومن الشقوق والمسام الصخرية .

2 .7. تنمية الآبار المحفورة في الحجر الرملي:

لقد تم قديماً ربط التفجير والنزح لتقليل ضخ الرمل وزيادة العطاء النوعي من الآبار المشيدة في صخور حجر الرمل ضعيفة التماسك كما وضعت المصافي لضبط ضخ الرمل في حجر الرمل غير المتماسك ومع ذلك فقد تكون عملية التفجير والنزح والتصفية غير فعالة وذات تكاليف عالية. لذا فقد تم تطور طريقة مركبة وجيدة لتنظيف آبار الحجر الرملي وظفت خلالها عمليات الضخ بالرفع الهوائي والكبس الهوائي والتنمية السوطية Rawding يمكن لهذه الطرق مجتمعة التغلب على الطبيعة الجيولوجية غير الثابتة للكثير من خزانات المياه المكونة من الحجر الرملي والتي غالباً ما تكون عديدة التطبيق ومتلاحمة بواسطة السيليكا وكربونات الكالسيوم واكاسيد الحديد أو بعض المواد الدقيقة الحبيبات مثل الطين الصلصال. فبعد حفر بئر في حجر رملي ذو طبقات جيدة التماسك وأخرى ضعيفة التماسك تتكون الستة من المواد المقاومة جيدة التماسك أما الطبقات الضعيفة التماسك فإنها تتعرى وتتقهقر بعيداً عن فتحة البئر أكثر اتساعا في الأجزاء المقابلة لهذه الطبقات ، وبعد حفر البئر تضخ الرمال المخروطة فوق الالبنة ويستمر البئر في ضخ الرمل حتى بعد نزحه وتنميه هوائيا. وللتغلب على ذلك تستخدم الطريقة المركبة لإزالة جميع حبيبات الرمل المفكك وتتلخص هذه الطريقة بالخطوات التالية :

1-ضخ الماء بالرفع الهوائي خلال أنبوب ضاخ وخط هواء يبلغ قطره حوالي ستة بوصات لإزالة اكبر قدر ممكن من الحبيبات المفككة.

2- يقفل الصمام الموجود عند قمة الأنبوب ويرفع خط الهواء عالياً داخل الأنبوب بحيث يزداد الهواء المضغوط في الأنبوب ويؤدي إلى رفع جميع الماء خارج الأنبوب ويبدأ الهواء عندئذ في العبور إلى أعلى البئر حول الأنبوب.

3- يتم السماح للماء المدفوع بواسطة الهواء بأن يمر إلى السطح عبر التغليف ذو القطر البالغ 12 بوصة وعندما يصبح الماء نظيفاً يفتح صمام الأنبوب فجأة فتندفع كمية كبيرة من الماء إلى داخل الأنبوب ومن ثم إلى داخل الطبقة الحاملة للماء.

ونظراً لأن الرفع لا يزال مستمراً يتم جذب الماء والرواسب بسرعة إلى داخل الأنبوب ثم تفريغه على سطح الأرض بما في ذلك الرملة الموجودة فوق الألسنة مما يزيد من عطاء البئر بدرجة كبيرة.

8.2. طرق تحفيز الخزانات الجوفية:

يمكن زيادة عطاء الخزانات الجوفية في الصخور الكتلية المصمتة قليلة الشقوق والفواصل بتطبيق طرق التحفيز المختلفة stimulation method

وأهمها :

1- استخدام الا حماض use of acid:

يمكن تحفيز الخزانات الجوفية في متكونات حجر الجير والدلوميات والرواسب التي تحتوي على كربونات الكالسيوم كمادة لاحمة باستخدام الأحماض المخففة ، فالحمض يذيب كربونات الكالسيوم ويفتح المسامات والشقوق والكهوف حول حفرة البئر ما يزيد من قدرة التوصيل المائي في الخزان.

ومن أهم الأحماض المستخدمة لهذا الغرض :

1-حامض الهايدروكلوريك المخفف hydrochloride acid (Hcl)

2-حامض الكبريت الازوتى sulfuric acid (H3No3S)

3-حامض الخال المائي hydroxylcet acid (C2H4O3)

2- استخدام المتفجرات use of explosives:

من الممكن استخدام المتفجرات لتكسير صخور التكونات المحيطة بالآبار وذلك لتنمية نفاذية المتكون وأي قدرة نوعية أكبر يجب استخدام المتفجرات اتخاذ الحيطة والحذر واعتبار العديد من العوامل بما في ذلك :

1-الظروف الجيولوجية ، حيث يجب أن تحتوي الصخور على أنظمة تشقق وتصدع وإلا فإن التفجير سيكون غير مجد.

2-عمق مستوى سطح الماء ، حيث يجب استخدام شحنات اكبر مع زيادة العمق ولذلك للتغلب على الضغط الهايدروستاتيكي (الضغط المائي).

3-عمق البئر حيث انه في الآبار الأكبر عمقا من 700 قدم قد لا يكون التفجير مجديا لثقل العمود الصخري الذي يعلو الطبقة الحاملة للمياه.

4-الزيادة المطلوبة في عطاء البئر ، فالمقادير الكبيرة من المتفجرات تؤدي إلى زيادة اكبر في الإنتاج.

5-اعتبارات بيئية ، حيث يجب أن يكون موقع البئر بعيدا عن المناطق العمرانية.

6-اعتبارات قانونية ، تشمل التشريعات المحلية والإقليمية والحكومية والضمانات الخاصة المطلوبة لذلك.

وفي السابق كانت تستخدم عبوات متفجرة صغيرة تتراوح بين (14 ، 45 كيلوجرام) أما في الوقت الحاضر فقد امكن زيادة العبوات حتى وصلت أوزان تتراوح بين (450 – 200 كيلوجرام) تم استخدامها في مناطق الصخور النارية بنجاح.

3- التشقق المائي Hydro fracturing:

لقد أمكن استخدام التشقيق المائي بنجاح منذ عام 1947م في آبار البترول للتقلب على تلف مسام صخور البئر وذلك التكوين شقوق داخل الخزان الجوفي وتحسين الإنتاج المساعدة في عملية الاستخراج الثانوية وتسهيل حقن المياه المالحة والنفايات الصناعية في الطبقات (Howard and fast, 1970).

وحديثاً استخدمت هذه الطريقة لزيادة عطاء آبار المياه الجوفية قليلة الإنتاج والمحفورة في الصخور التي تكون أنظمة فواصلها وشقوقها ضعيفة التطور أو أنها تكون ضيقة بحيث لا يتحركم خلالها سوى قدر قليل من المياه الجوفية (Watts and Decker, 1981) تستخدم خلال عملية التشقيق المائي ومضخات عالية الضغط للتغلب على ضغط الصخور التي تعلو الطبقة المنتجة ولحقن السوائل داخل الشقوق التي يتم فتحها.

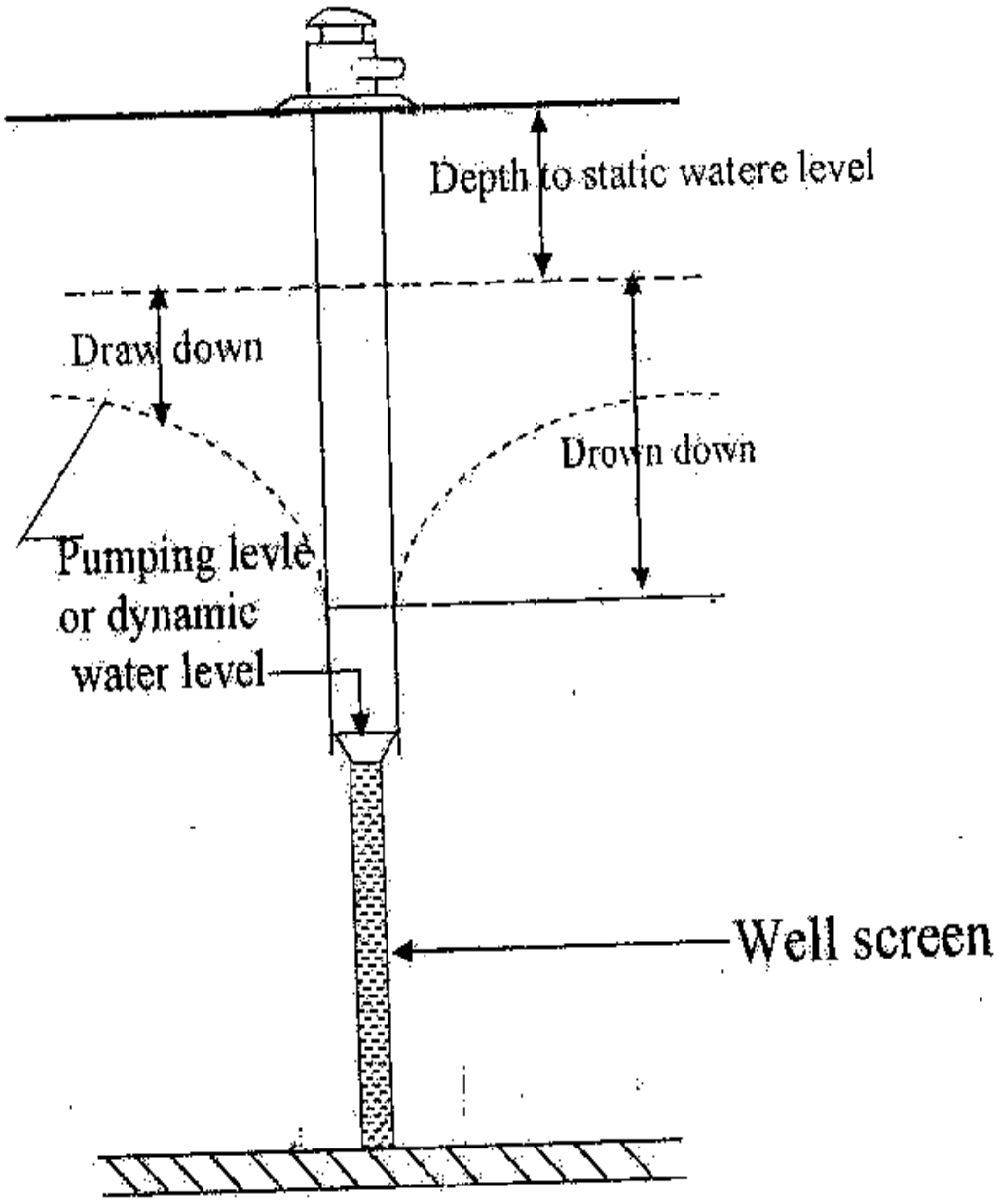
عند عمق 200 قدم يمكن التغلب على ضغط الصخور العلوية باستخدام مضخة قادرة على ضخ السوائل بضغط أعلى من psi200 يمكن لهذه الطريقة أن تزيد من إنتاجية البئر وتحسن الثقة في العطاء النوعي وتقلل من كمية الرواسب المعلقة في الماء وتزيد من قدرة البئر على اختزان الماء وتقلل من تكاليف الضخ.

9.2. الضخ الإختباري pumping test:

هو عملية ضخ المياه الجوفية من بئر له مصفاة يخترق خزاناً جوفياً معيناً يراد إختباره. وتضخ المياه الجوفية بواسطة البئر من الخزان الجوفي في خلال وقت معين وبمعدل ضخ معين ، ثم يقاس تأثير هذا الضخ على منسوب المياه الجوفية وهبوطها في البئر الإختباري أو في البئر الرئيسي نفسه وفي أبار ملاحظة أخرى تقع بجوار بئر الضخ الرئيسي وعلى مسافات

محددة منه ، ثم يتم بعد ذلك التعريف بقيم الهبوط في منسوب المياه الجوفية المسجلة في أبار الملاحظة وكذلك بقيم المسافات بن هذه الأبار وبئر الضخ الرئيسي وكذلك بمعدلات ضخ المياه أو التصرف في معدلات محددة لكي يتم حساب المعاملات الهيدروليكية أو الهيدرولوجية للخزان الجوفي.

عملية إختبار البئر والتي تجري عادة لتعيين وتقدير طاقة البئر الإنتاجية فهي عادة أقل تعقيداً وصعوبة من عمليات إختبار الخزان الجوفي لأنه في هذه الحالة ليس هنالك حاجة لوجود أبار مراقبة ويتم فقط قياس قيمة التصريف وقيم هبوط منسوب المياه الجوفية في بئر الضخ الرئيسي(السلاوى-1986).



شكل رقم (2_13)

عملية اختبار بئر(قيم التصريف والهبوط)

10.2. أهداف الضخ الإختباري:

هنالك هدفان رئيسيان لإجراء الضخ الإختباري:

1- إيجاد المعاملات الهيدروليكية لخزانات المياه الجوفية أو الطبقات الحاملة للمياه ويسمى إختبار الخزان الجوفي aquifer test أو الضخ الإختباري.

2- الحصول على معلومات تخص مقدار ونسب الهبوط في مناسيب المياه الجوفية في الأبار ومعدلات التصرف والعطاء. ويكون لمثل هذه المعلومات فائدة كبيرة لحساب الطاقة النوعيةspecific capacity للبئر أو النسبة بين التصرف والهبوط في منسوب المياه الجوفية في البئر وذلك لكي يتم إختيار نوع المضخة اللازمة لضخ المياه من البئر وتقدير تكاليف الضخ.

11.2.الدراسات التمهيدية preliminary studies:

قبل تنفيذ إختبار الضخ لابد من جمع المعلومات الجيولوجية والهيدرولوجية التالية:

أ- الخواص الجيولوجية للطبقات تحت السطحية.

ب- نوع الخزان الجوفي والحدود المحيطة به.

ت- السماكة والإمتداد الجانبي للخزان الجوفي والطبقات المحيطة به وإحتمال أن يكون الخزان محدوداً جانبياً بحواجز محيطية كتمية أو حدود تغذية جانبية مثل الخزان الجوفي الموصول هيدروليكياً بشكل مباشر بنهر دائم أو قناة أو بحر أو رشح المياه المطري أو مياه الري ... الخ.

ث- نظام جريان المياه الجوفية هل هو أفقي أم شاقولي والإتجاه الإقليمي لمناسيب المياه وميل السطح المائي.

ج- الأبار الموجودة في المنطقة والإستفادة منها من المعطيات ونتائج إختبار هذه الأبار.

12.2. طرق وكيفية إجراء الضخ الإختباري:

هنالك عدة أشياء هامة يجب تجهيزها والإعداد لها قبل إجراء عملية الضخ الإختباري ومن أهم هذه الأشياء :

2 .1.12. إختيار موضع الضخ الإختباري:

عند إختيار موضع الضخ الإختباري يجب أن تؤخذ في الإعتبار النقاط التالية :

1-يجب أن يكون الموقع ممثلاً بقدر الإمكان لجزء كبير أو كل المنطقة المراد دراستها وأن تكون الظروف الهيدرولوجية ثابتة وغير متغيرة على مسافات قصيرة.

2-يجب أن لا يكون مكان إجراء الضخ قريباً من خط سكة حديد أو طريق عام يتميز بحركة مرورية كثيفة عليه لأن مثل هذه الأماكن يمكن أن تسبب تذبذبات للمستوى البيزومتري في حالة الخزان الجوفي المقيد.

3-يجب أن يراعى ألا تعود المياه الجوفية المضخوخة إلى خارج البئر بالرجوع إلى داخل الخزان الجوفي تحت الدراسة مرة أخرى.

4-يجب أن يكون الميل الهيدروليكي لمنسوب المياه الجوفية أو مستوى السطح البيزومتري غير كبير.

5-إمكانية وصول المعدات ومستلزمات الضخ من الألات و قوى بشرية من (مهندسين وعمال) إلى مكان إجراء الضخ بسهولة.

6-يجب أن يمتاز موقع الضخ بالبعد عن المباني حتى لا يؤثر عليها وعلى أساساتها.

2 .2.12. أبار المراقبة البيزومترات observation wells :

وهي التي تتواجد بجوار بئر الضخ الرئيسي وعلى مسافات محدودة منه وبالتالي يجب مراعاة النقاط التالية في تصميم ووضع أماكن هذه الأبار.

1-عدد البيزومترات:

يعتمد عدد أبار المراقبة أو البيزومترات على كمية المعلومات المراد الحصول عليها وكذلك على درجة الدقة في هذه الدراسة ويمكن لبئر مراقبة واحدة إيجاد المعاملات الهيدرولوجية السائدة للخزان الجوفي ، أما إذا أريد إيجاد قيمة أدق للمعاملات فيستحسن إستخدام بئر مراقبة أو أكثر على مسافات مختلفة من بئر الضخ الرئيسي ، أما إذا أريد الحصول على معلومات عن علاقة المسافة بقيم هبوط منسوب المياه الجوفية distance draw down relationship ففي هذه الحالة يجب أن يكون هنالك عدد كبير من أبار المراقبة وتستخدم عادة نتائج هذه العلاقة في تصميم الأبعاد البيئية بين الأبار.

2-المسافات بين البيزومترات:

يستحسن أن يكون وضع أبار المراقبة ليس قريبا جدا من بئر الضخ الرئيسي وقد أوضح (كروزمان – ريدر) عام 1970م في إحدى دراستهما أن أحسن نتائج الضخ الإختياري يمكن

الحصول عليها من أبار مراقبة على مسافات تتراوح بين 10-100 متر من مركز بئر الضخ الرئيسي وأوضح (يادليف) عام 1974م أن بئر المراقبة لبئر يضخ بطاقة متوسطة من خزان شبه مقيد وغير عميق يجب أن يوضع على مسافة لا تتعدى متراً واحداً من مركز بئر الضخ الرئيسي.

1.2.12.2.العوامل الرئيسية والأساسية التي تؤثر على المسافات بين أبار الضخ وأبار المراقبة:

2.2.12.2. نوع الخزان الجوفي:

إن فاقد السمت للمياه الذي يسببه ضخ المياه بواسطة بئر من خزان جوفي مقيد أو شبه مقيد ينتشر بسرعة كبير في هذه الأنواع من الخزانات عنه في الخزانات الحرة لأن خروج المياه من الخزانات الجوفية المقيدة وشبه المقيدة يكون نتيجة لإنضغاط المادة المسامية الحاملة للمياه والماء، وبالتالي تكون المسافة بين أقرب بئر مراقبة وبئر الضخ الرئيسي في هذه الحالة أكبر بعض الشيء عنه من الخزانات الجوفية الحرة تحت نفس ظروف ومعدلات الضخ .

ويكون كذلك نصف قطر التأثير Radius of influence في الخزانات الجوفية المقيدة أكبر من الخزانات الجوفية الحرة وبناءاً على ذلك يمكن وضع بئر المراقبة البعيد في حالة الخزانات الجوفية المقيدة وشبه المقيدة على مسافة أكبر منه في حالة الخزانات الجوفية الحرة ، لكي يتم تقييم ظروف الخزان ومدى إمتداده.

3.2.12.2. معامل التوصيل الهيدروليكي أو معامل النفاذية:

كلما زاد معامل التوصيل الهيدروليكي لخزان المياه الجوفية كلما زاد مخروط الضخ إتساعاً وكبر نصف قطر تأثير ضخ البئر وكبر تأثير عدم الإستقرار وبالتالي تزداد المسافات بين أبار المراقبة وبئر الضخ كلما زادت قيمة معامل التوصيل الهيدروليكي للخزان الجوفي . وتقل المسافة بين أبار المراقبة وبئر الضخ كلما قلت قيمة معامل التوصيل الهيدروليكي.

4.2.12.2. طول مصفاة بئر الضخ الرئيسي:

من المعروف أن المسافة بين بئر المراقبة القريب من بئر الضخ الرئيسي تعتمد وتتأثر بطول البئر ومدى إختراقها للخزان الجوفي.

وقد أوضح " كروزمان ودي رايدر" في إحدى دراساتهما أن أقل مسافة بين بئر الضخ وبئر المراقبة في حالة ما إذا كان بئر الضخ ذا إختراق جزئي لخزان جوفي مقيد أو شبه مقيد تتراوح

من نصف إلى ضعفي سمك الخزان الجوفي أما في حالة الخزان الجوفي الحر فتكون المسافة اقل من ذلك بكثير.

5.2.12.2. التطابق stratification :

من النادر في الطبيعة أن توجد خزان جوفي متجانس التركيب ونتيجة لعدم التجانس أو التطابق تختلف قيم الهبوط في منسوب المياه الجوفية المقاسة على مسافات مختلفة من بئر الضخ في أبار مراقبة تخترق الخزان الجوفي على أعماق مختلفة ، وذلك نتيجة لإختلاف المركبات الأفقية والرأسية لمعامل التوصيل الهيدروليكي للمواد المكونة للخزان الجوفي. ومن المعروف أن هذا التأثير يقل ويتعادل كلما زادت المسافة الموجودة عليها أبار المراقبة كما أنه ليس هناك قاعدة ثابتة لما يجب أن يكون عليه المسافات لأبار المراقبة ولكن هناك حداً أدنى وأقصى لمسافات أبار المراقبة من بئر الضخ وهي تتراوح من متر واحد كحد أدنى ومائة متر كحد أقصى على أن تكون المسافة البينية بين كل بئري مراقبة في حدود (10- 20) متر ومثل هذه المسافات تكون كافية لإجراء ضخ إختباري ناجح في معظم الحالات.

6.2.12.2. عمق أبار المراقبة:

من المعروف أنه في حالة ما إذا كانت بئر الضخ الرئيسية كاملة الإختراق لخزانات المياه الجوفية المقيدة وشبه المقيدة ، يكون عمق إختراق أبار المراقبة في هذه الحالة حتى مركز مصفاة بئر الضخ أو منتصف طولها . أما في حالة ما إذا كانت جزئية الإختراق للخزان الجوفي يكون عمق إختراق أبار المراقبة هو نفس عمق إختراق بئر الضخ الرئيسي.

أما في حالة الخزانات الجوفية شبه المقيدة يتركز على طبقة أخرى شبه منفذة يجب أن يكون هناك بئر مراقبة ثالثة تخترق هذه الطبقة وتستقر تحتها مباشرة ونتيجة لوضع هذه الأبار يمكن أن يكون كميات المياه المتسربة من الخزان الجوفي شبه المقيد الذي يعلوه طبقة شبه منفذة وتضخ بواسطة بئر كامل الإختراق يجب أن يكون هنالك بئر مراقبة لهما وضع في أماكن معينة ويكون بئر المراقبة الأولى أعلى الطبقة الشبه المنفذة التي تعلو الخزان الجوفي شبه المقيد إما بئر المراقبة الثاني فتكون مخترقة الخزان شبه المقيد حتى منتصف مصفاة بئر الضخ.

7.2.12.2. قطر بئر المراقبة:

تكون قياسات قيم الهبوط لمنسوب الماء الجوفي أكثر دقة كلما كان قطر بئر المراقبة صغيراً ولكن عملياً لا يمكن أن ينصح بوضع بئر المراقبة في قطر أقل من 2.5سم ،عموماًيتراوح قطر بئر المراقبة من 2.5_5سم أو أكثر.

8.2.12.2. طول مصفاة بئر المراقبة:

يجب أن يكون الجزء المخترق والخزان الجوفي مثقوباً أو مزوداً بمصفاة تعادل طول هذا الجزء المخترق من الخزان. أما في حالة أبار المراقبة التي توضع أعلى أو أسفل طبقة منفذة تعلو أو يتركز عليها خزان جوفي شبه مقيد،ويكتفى في مثل هذه الحالات بأن يكون جزء سفلي صغير من بئر المراقبة مثقوباً يعادل طوله متراً أو مترين.

9.2.12.2. حجم ثقوب مصفاة بئر المراقبة:

يجب أن تصمم وتختار حجم ثقوب مصفاة بئر المراقبة على أساس توزيع حجم الحبيبات المكونة للطبقات التي تخترقها وتستقر في بئر المراقبة. وكذلك على أساس الألات المتاحة والمستخدمة للتثقيب، وبما أنه ليس هنالك عمليات تنمية لأبار المراقبة. فعليه يجب أن تكون حجم ثقوب مصفاة بئر المراقبة أصغر من حجم ثقوب مصفاة بئر الضخ الرئيسي وذلك لحماية المصفاة من الإنسداد.

أما في حالة إختراق بئر المراقبة لتكوينات أو طبقات ذات حبيبات خشنة وكبيرة ، ففي هذه الحالة يكون حجم الثقوب لمصفاة بئر المراقبة يتراوح ما بين 5-2 مم وتكون المصفاة مغطاة ومغلفة بحبل أو خيوط مصنوعة من مادة بلاستيكية PVC وذلك لحماية المصفاة من الإنسداد.

10.2.12.2. حفر بئر المراقبة:

يتم حفر بئر المراقبة وبتجهيزه في مكانة بواسطة حفار أو مثقاب التربة أو بواسطة ألة حفر.وبعد إتمام الحفر يملأ الفراغ الحلقي annular space وهو الفراغ الموجود بين أنبوب البئر والتكوينات الصخرية المحفورة بها البئر بواسطة رمل أو حصى ذات حجم حبيبات منتظم وذلك لتسهيل سرعة دخول المياه إلى داخل بئر المراقبة.

أما إذا إخترقت بئر المراقبة أكثر من طبقة حاملة للمياه أو خزان جوفي منفصلين عن بعضهما البعض بواسطة طبقات شبه منفذة أو صماء ، ففي هذه الحالة يملأ الفراغ البيني أمام هذه الطبقات بواسطة رمال دقيقة الحبيبات أو طين وذلك لكي يمنع تسرب المياه الجوفية من طبقة حاملة للمياه إلى طبقة أخرى.

3.12. 2. طول فترة إجراء الضخ الإختباري:

تعتمد طول فترة إستمرار عمليات الضخ الإختباري على نوع الخزان الجوفي والمعاملات الهيدرولوجية للخزان . وكذلك على الطرق التي ستستخدم في تحليل بيانات الضخ الإختباري ومن المعروف أن المعلومات الأكيدة والجيدة يمكن الحصول عليها بعد أن تصل حركة المياه

الجوفية إلى حالة الإتزان ويمكن الوصول الى هذه الحالة بعد حوالي (15-20) ساعة في حالة إجراء الضخ على خزان جوفي شبه مقيد وبعد حوالي (24-40) ساعة في حالة الخزانات الجوفية المقيدة ، ولكنه ليس بالضرورة أن يستمر الضخ الاختباري حتى الوصول إلى حالة الاتزان لأن هناك طرق عديدة متاحة لتحليل نتائج الضخ الإختباري المتحصل عليها قبل أن تصل إلى حالة الإتزان أي تحت ظروف عدم الإتزان (unsteady state).

4.12.2. قياس معدلات تصرف بئر الضخ الرئيسي:

من الترتيبات الرئيسية لعمليات الضخ الإختباري هي ترتيبات قياس معدل تصرف الماء الخارج من بئر الضخ . ولكي نتفادى أي تعقيدات في الحسابات يفضل أن يحافظ على معدل تصرف ثابت طول فترة إجراء الضخ الإختباري . ويجب أن يتم قياس معدل التصرف أو الضخ دورياً وبدقة ويمكن أن يتم هذا القياس بواسطة عداد مياه تجاري ذي طاقة مناسبة حيث يتم توصيل العداد إلى أنبوب ضخ المياه بطريقة تؤمن قياس معدل الضخ بدقة، ويفضل أن يتم إتصال العداد بأنبوب على شكل (U) وذلك لكي يكون تدفق الماء في الأنبوب كاملاً أما إذا كان الماء المضخوخ في البئر يتم صرفه بواسطة حفرة صغيرة ففي هذه الحالة يمكن قياس معدل الضخ بواسطة قناة مارشال Marshal flume .

يجب أن يتم قياس معدل الضخ مرة كل ساعة على الأقل وبالتالي يتم تعديل قوة المضخة من حين لأخر للمحافظة على معدل ضخ ثابت ويتم هذا التعديل بواسطة محبس مركب عل أنبوب وليس بتغيير سعة دوران المضخة لأن تعديل المحبس يكون أكثر دقة من تعديل سرعة المضخة. أما إذا لم يتوفر عداد مياه تجاري مناسب أو قناة مارشال هنالك طرق أخرى عديدة لتقدير معدل التصريف أو الضخ منها ما يلي:

1-طريقة البرميل:

تتلخص هذه الطريقة أن يحسب الوقت اللازم لملء برميل ذي حجم معروف (مثلاً برميل نفط) وهذه الطريقة سهلة ودقيقة ويكمن إستخدامها في حالة ما إذا كان معدل الضخ صغيراً .

2-هدار فوهة orifice weir:

عادة يستخدم هدار الفوهة الدائرية لقياس معدل تصرف مضخة توربينية أو طاردة مركزية والفوهة الخاصة لقياس التصرف عبارة عن ثقب كامل الإستدارة يوجد في مركز لوح من الصلب مثبت على النهاية الخارجية لأنبوب التصرف المستوي وعلاوة على ذلك يوجد أنبوب بيزومتري ذو قطر صغير يعادل (5مم أو10مم) مثبت في ثقب يبعد مسافة (60سم)عن الفوهة ويمثل

مستوى إرتفاع الماء في هذا الأنبوب البيزومتري الضغط في أنبوب التصرف حينما تضخ الماء من خلال الفوهة وبناء على قيمة قطر الفوهة و أنبوب الضخ أو التصرف ، ووضع جونسون عام 1966م جداول ثابتة يمكن بواسطتها حساب معدلات الضخ أو التصريف. ويمكن حساب معدل التصرف خلال الهدار الفوهة بواسطة المعادلة التالية :

$$Q=A.V.C. \qquad (1\text{-}3)$$

حيث أن :

Q = معدل التصرف من هدار الفوهة.

A = مساحة مقطع هدار الفوهة.

V = سرعة سريان الماء خلال هدار الفوهة.

C= معامل التصريف للهدار الفوهة (اقل من الوحدة).

وبتطبيق معادلات الهيدروليكا يمكن حساب سرعة الماء خلال هدار الفوهة باستخدام المعادلة التالية :

$$V = \sqrt{2gh} \qquad (2\text{-}3)$$

حيث أن:

V = سرعة سريان الماء (Cm/S).

G = عجلة الجاذبية الأرضية (Cm/S2) ثابت الجاذبية.

H = ضغط الماء الرأسي أو سمت الضغط في الأنبوب البيزومتري المثبت على أنبوب الهواء الفوهة (Cm).

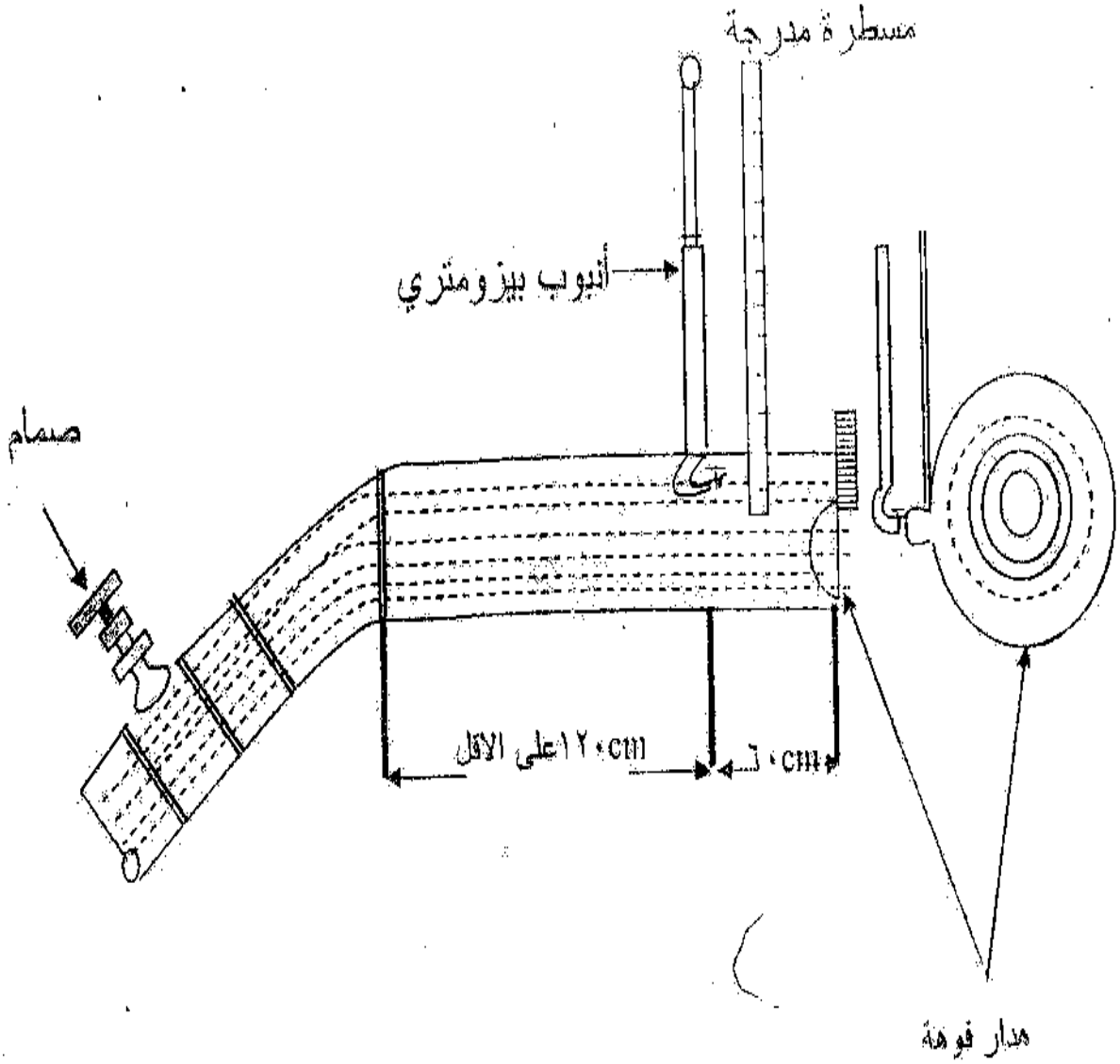
وبالتعويض في المعادلة (3-1) بقيمة السرعة (V) يمكن حساب معدل التصرف كالآتي :

$$Q = C.A.\sqrt{2gh} \qquad (3\text{-}3)$$

وبما أن قيمة $\sqrt{2g}$ تعادل 8.02 فعليه يمكن كتابة المعادلة السابقة كما يلي:

$$Q = 8.0\ \ 2C.A.\sqrt{h} \qquad (4\text{-}3)$$

ويمكن الحصول على قيم معامل التصرف للهدار (C) من منحنى خاص معد لذلك وبالتالي يمكن حساب معدل الضخ أو التصريف بإستخدام المعادلة السابقة لمختلف أقطار الأنابيب والهدارات والضغط الرأسي للماء أو سمت الضغط للماء في الأنبوب البيزومتري المثبت على هدار الفوهة.



شكل رقم (2_14)**مخطط تفصيلي لهدار فوهة دائري**

الدلو ذو الفوهات :

أستخدم هذا النوع من الأجهزة في الولايات المتحدة الأمريكية لأول مرة ويتكون من دلو أو سطل أو قدح دائري صغير ذي ثقوب أو فتحات دائرية صغيرة في قاعه. ويملأ هذا الدلو الدائري أو الأسطواني الشكل بواسطة الماء المضخوخة من البئر إلى مستوى معين بحيث يكون معدل خروج الماء من الثقوب أو الفتحات الدائرية الموجودة في قاعه تعادل معدل ضخ الماء من البئر في الدلو أما إذا حدث وفاض الماء من الدلو ففي هذه الحالة يجب فتح ثقب أو أكثر في قاع الدلو علاوة على الثقوب الموجودة سابقاً ، أما إذا حدث العكس ولم يرتفع الماء في الدلو بكمية ففي هذه الحالة يجب أن يقلل عدد الثقوب الموجودة في قاع الدلو، ثم يتم توصيل أنبوب بيزومتري في جانب الدلو القريب من قاعه ويثبت على الأنبوب البيزومتري وخلفه مقياس بحيث يمكن قراءة مستوى إرتفاع الماء من الدلو بدقة ومن هذه الحالة يلزم إجراء عملية معايرة لكي يحسب معدل التصريف من فوهة أو ثقب واحد عند ضغوط رأسية أو سمت ضغوط مختلفة ومتغيرة.

وبعد هذه المعايرة يتم رسم علاقة بيانية بين معدل التصرف وقيمة الضغوط الرأسية المختلفة تعرف بإسم منحنى المعايرة حيث يمكن بعد ذلك إستخدام هذا المنحنى لحاسب قيمة معدل التصرف في حالة وجود أكثر من ثقب دائري في قاع الدلو وذلك بضرب قيمة التصرف من ثقب واحد والمأخوذ من منحنى المعايرة في عدد الثقوب الموجودة في قاع الدلو.

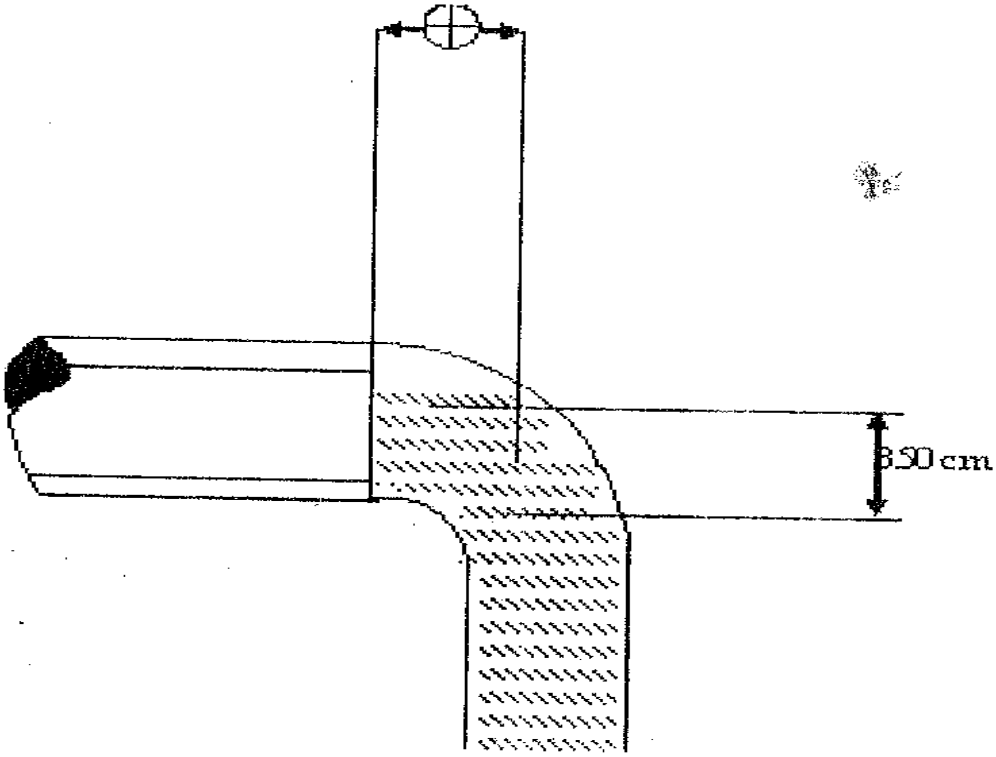
ومن مميزات هذه الطريقة أنها تعطي متوسط معدل الضخ من البئر في حالة ما إذا كان هنالك بعض التذبذب في معدل الضخ من البئر في أوقات معينة.

3- طريقة التيار النفاث jet stream method:

يمكن قياس معدل التصرف بواسطة هذه الطريقة التي تتلخص في تقدير سرعة خروج المياه من نهاية ماسورة أو أنبوب أفقية وذلك بمعلومية البعد الأفقي (x) والبعد الرأسي (y) والذي يأخذه مسار الماء trajectory or jet stream عند خروج المياه من نهاية الماسورة أو الأنبوب مع معرفة مساحة مقطع الأنبوب (A) كما هو مبين في العلاقة التالية :

$$Q = 0.22C.A\frac{x1}{\sqrt{y}} \qquad (5\text{-}3)$$

إذا كانت الأبعاد A,X,Y مقاسة بالسنتميتر فيكون معدل التصرف في هذه الحالة معبراً عنه بلتر في الثانية حيث (c) هو معامل تتوقف على نسبة أبعاد كل من " Y,X " وقطر الماسورة أو الأنبوب "D" وعما إذا كانت مملوءة كلياً أو جزئياً بالماء عند نهايتها.



شكل رقم (2_15)طريقة التيار النفاث لقياس التصرف

5.12. 2. قياس إنخفاض منسوب المياه أثناء إجراء الضخ الإختباري:

من أهم الإجراءات التي تنفذ أثناء عملية الضخ الإختباري هو قياس قيم إنخفاض منسوب الماء الجوفي في أبار المراقبة وإن أمكن في بئر الضخ الرئيسي وتتم هذه القياسات لعدة مرات ودورية أثناء عملية الضخ الإختباري وبدقة كبيرة وبما أن إنخفاض منسوب الماء الجوفي يكون سريعاً جداً في عملية الضخ الإختباري وعلى مدى الساعتين الأولى والثانية من بداية الضخ فلذلك يجب أخذ قياسات إنخفاض المنسوب على فترات قصيرة ومتقاربة ثم تزداد الفترات بين القياسات أو القراءات كلما زاد الزمن وطالت فترات الضخ بعد ذلك.

الجدول (2_4) الحدود العملية لفترات قياس قيمة انخفاض المنسوب في بئر الضخ الرئيسي.

الزمن محسوبا منذ بدء عملية الضخ الاختباري	الفاصل الزمني
صفر - 5 دقائق	نصف دقيقة
5-60 دقيقة	خمس دقائق
60-120 دقيقة	عشرون دقيقة
120 حتى انتهاء الضخ	ساعة واحدة

وبنفس الطريقة يجب إجراء قياسات إنخفاض منسوب المياه الجوفية في أبار المراقبة الموجودة بجوار بئر الضخ الرئيسي وعلى فترات زمنية قصيرة أثناء إجراء الضخ الإختياري. ويبين الجدول (2_4) الحدود العملية للفترات الزمنية لقياس إنخفاض منسوب المياه الجوفي في أبار المراقبة أثناء إجراء الضخ الإختباري.

ومن المعروف أن الفترات الزمنية الموضحة في الجدول (2_4) تعتبر مناسبة لأبار المراقبة التي تخترق الخزان الجوفي الواقع تحت الإختبار والموجودة على مسافات غير بعيدةنسبياً من بئر الضخ الرئيسي لأن في هذه الحالة يتأثرمنسوب الماء الجوفي في أبار المراقبة مباشرة نتيجة الضخ الإختباري من بئر الضخ.

جدول رقم (2_5)) الحدود العملية لفترات قياس قيمة انخفاض المنسوب في بئر المراقبة.

الـزمن محسـوبا منـذ بدايـة عمـل الضـخ الاختباري	**الفاصل الزمني بين القياسات**
صفر - 2 دقيقة	15 ثانية
2-5 دقيقة	30 ثانية
5-15 دقيقة	دقيقة واحدة
15-50 دقيقة	خمس دقائق
50-100 دقيقة	عشر دقائق
100- دقيقة – خمس ساعات	نصف ساعة
خمس ساعات- 48 ساعة	ساعة واحدة
48 ساعة – 6 أيام	ثلاث مرات كل يوم
6 أيام حتى نهاية الضخ	مرة واحدة كل يوم

أما بالنسبة لأبار المراقبة البعيدة عن بئر الضخ وكذلك أبار المراقبة التي تخترق وتستقر في الطبقات الحاكمة الموجودة فوق أو تحت الخزان الجوفي الواقع تحت الإختبار فليس هناك أهمية أو ضرورة لإجراء قياسات لإنخفاض منسوب الماء الجوفي في هذه الأبار في الدقائق الأولى من بداية إجراء الضخ الإختباري – الحدود العملية لفترات إجراء قياسات منسوب الماء الجوفي الموضحة في الجدول رقم (2_4) والجدول رقم (2_5) ما هي إلا حدود وأرقام تم إختبارها حقلياً وعملياً وليست هذه الحدود ملزمة لجميع عمليات الضخ الإختباري ولكن يمكن تغييرها أو تعديلها طبقاً للظروف الميدانية أو الحقلية للخزان الجوفي وظروف توافر العنصر البشري والفني لإجراء هذه القياسات ولكن من المهم بمكان أن تكون فترات إجراء قياسات إنخفاض منسوب المياه الجوفية وخصوصاً في الساعات الأولى متعددة وعلى فترات زمنية قصيرة لأن عامل الوقت أو الزمن يدخل في تحليل بيانات الضخ الإختياري بشكل لوغاريثمي ،أما بالنسبة لظروف قياس منسوب المياه الجوفية فهنالك طرق عديدة لقياس إنخفاض منسوب المياه الجوفية نذكر منها ما يلي:

1 - الشريط المغطي بالطباشير wetted tape method:

الشريط المساحي المغطى ببودرة الطباشير من الأسفل هي طريقة شائعة لقياس إنخفاض منسوب المياه الجوفية وهي جيدة ودقيقة لقياس أعماق منسوب الماء الجوفي في حدود 30- 25 متر من سطح الأرض والشريط عادة يكون منتهية ببكرة من الرصاص ذات ثقل معين ومتصلة بشريط مساحي صلب وتغطي مسافة تقدر 60 أو 90 سم في نهاية هذا الشريط ببودرة الطباشير قبل إجراء القياس ، ثم يتم إنزال الشريط داخل البئر ثم يتم رفع الشريط وإخراجه من البئر وتسجل القراءة على الجزء المبلل من الشريط وتطرح من القراءة المسجلة على الشريط لفوهة البئر ، ويكون الناتج هو عمق منسوب المياه الجوفية من سطح الأرض .

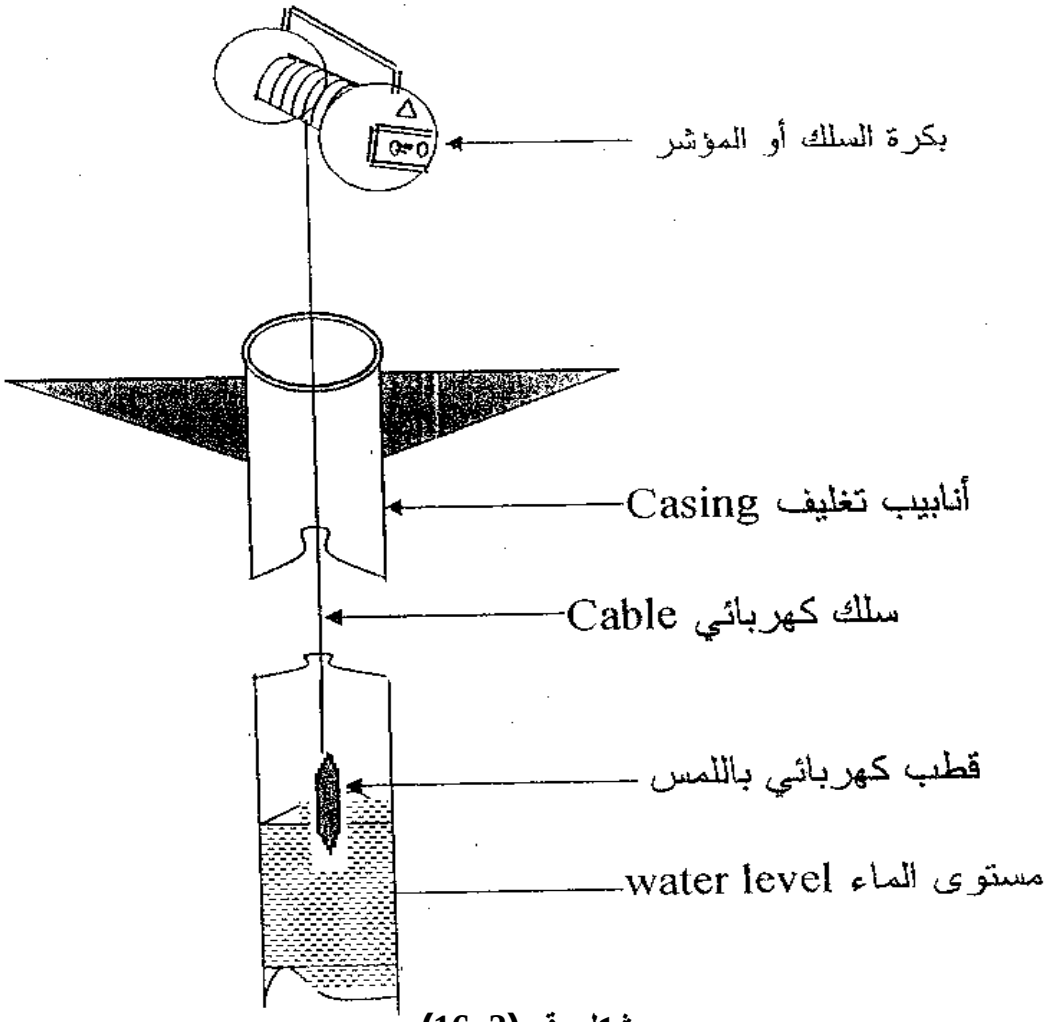
ومن عيوب هذه الطريقة هو أنه يجب أن يكون العمق إلى منسوب المياه الجوفية معروفاً مسبقاً وتقريباً وذلك لكي يغمس جزء من نهاية الشريط المساحي ببودرة الطباشير كل مرة لكي يصبح مبللاً أما إذا زاد عمق منسوب المياه الجوفية عن 25 أو 30 متراً فتكون طريقة الشريط في هذه الحالة غير صالحة وغير مناسبة.

2 - جهاز التسجيل الأوتوماتيكي automatic recorder:

تستخدم أجهزة التسجيل الأوتوماتيكي أو الألي لقياس العمق إلى منسوب المياه الجوفية وإعطاء تسجيل مستمر ودائم للتغيير في منسوب المياه الجوفية وتعتبر هذه الطريقة المثلى ولكن تحتاج إلى أبار مراقبة لا يقل قطرها عن (15سم) وتستخدم أجهزة التسجيل الألي دائماً لقياس عمق مناسيب المياه في أبار المراقبة الموجودة على مسافات بعيدة من بئر الضخ الرئيسي حيث يكون التغير من منسوب المياه الجوفية بطيئاً ويمكن إستخراجه من شريط التسجيل.

3 - جهاز القياس الكهربائي electric sounder:

تتوفر مثل هذه الأجهزة بكثرة وتصنع بسهولة ويتكون هذا الجهاز من خيط أو سلك كهربائي مزدوج ملفوف عل بكرة أسطوانية ويوصل هذا السلك الكهربائي بجهاز قياس شدة التيار ammeter المثبت على أحد جوانب البكرة الأسطوانية أما الطرف الأخر من السلك الكهربائي فيوصل بقطب رصاص للتوصيل ليكون دائرة كهربائية مغلقة، وحينما ينزل السلك المنتهي بقطب الرصاص حتى يصل إلى مستوى أو منسوب المياه الجوفية تقفل الدائرة الكهربائية ويسرى تيار كهربائي يتسبب في إضاءة لمبة كهربائية صغيرة مثبتة على جدران البكرة ويتحرك مؤشر جهاز قياس شدة التيار، يرفع بعد ذلك السلك الكهربائي ويقاس طول السلك بواسطة شريط قياس ثم يحسب العمق إلى منسوب المياه الجوفية.



شكل رقم (2_16)

جهاز القياس الكهربائي لقياس منسوب الماء الجوفي في الآبار

4 - الشريط الصلب المسامي ذو العوامة والمؤشر

Floating steel tape with pointer:

وهذه الطريقة تستخدم لقياس العمق إلى منسوب المياه الجوفية ومدى تغير هذا المنسوب في أبار المراقبة القريبة جداً من بئر الضخ الرئيسي، حيث يكون تغيير هذا المنسوب سريعاً جداً من خلال الساعات الأولى من بدء عملية الضخ الإختياري. ويتكون هذا الجهاز من شريط صلب مسامي عادي لقياس الأطوال ينتهي أحد طرفيه بعوامة نحاسية تطفو على سطح المياه والطرف الثاني الموجود على سطح الأرض مزوداً بمؤشر خاص.

5- طريقة أنبوب الهواء air-line method:

ويتكون من أنبوب بقطر صغير ذي طول مناسب ليمتد من فوهة البئر إلى ما تحت أقصى عمق لمنسوب الماء الجوفي يمكن أن يصل إليه أثناء إجراء عملية الضخ الإختباري. ومن الضروري أن يتم قياس طول الأنبوب قبل إنزاله إلى البئر وإذا كان الأنبوب المستخدم من النوع المطاطي أو القابل للثني فيجب التأكد من أن الأنبوب ينزل إلى البئر رأسياً وغير معلق أو مثني في أي مكان داخل البئر ويجب أن يكون الأنبوب محكماً جدً وليس في أي جزء منه ثقوب.

ويستخدم عادة أنبوب نحاسي ذو قطر يعادل ربع بوصة لهذا الغرض ويتم توصيل الجزء العلوي من هذا الأنبوب بتوصيلة خاصة تسمح بإيصال الأنبوب بمضخة هواء كالتي تستخدم في ملء الإطارات بالهواء ، وذلك لضخ الهواء داخل الأنبوب ويوصل الأنبوب بوصلة فرعية على شكل حرف (T) مثبت عليها جهاز أو عداد قياس الضغط ويستحسن أن يكون تدرج الضغوط على هذا العداد بالأمتار حيث يمكن قياس الضغط معبراً عنه بالمتر ماء مباشرة وذلك أفضل من أن يكون التدرج بوحدة (psi) أو (قدم/بوصة2). وتبدأ عملية القياس بقياس طول الأنبوب الذي سيضخ منه الهواء والنازل إلى البئر ،وذلك من فوهة البئر أو من أي نقطة أشارية أخرى على سطح الأرض حتى نهاية الأنبوب بما في ذلك الجزء المغمور داخل مياه البئر ثم يتم تركيب عداد أو مقياس الضغوط ويضخ الهواء داخل الخط حيث يبدأ ضغط العداد في الإرتفاع حتى يصل إلى أقصى قراءة له وهذا يعني أن الماء الموجود في الجزء المغمور من الأنبوب قد طرد تماماً أو ضخ تماماً خارج الأنبوب وأن ضغط الهواء في الأنبوب يوازي ضغط الماء، وفي هذا الوقت يبين عداد الضغط قيمة الضغط اللازم لحمل عمود من الماء طوله يعادل المسافة من سطح الماء إلى قاع الأنبوب المغمور في الماء وإذا كانت قراءة العداد بالأمتار وإذا طرحنا طول هذا الجزء من الطول الكلي لأنبوب الهواء فيكون الناتج هو عمق منسوب الماء من سطح

الأرض أو من نقطة القياس، أما القياس الذي يتم قبل إجراء عملية الضخ من البئر فيعطي عمق منسوب الماء الساكن أو المنسوب الاستاتيكي للماء ، ويستدل عل أي تغير في منسوب الماء الجوفي بتغيير قيمة الضغط المبين في عداد الضغط وبهذه الطريقة يمكن قياس قيم هبوط المنسوب أثناء عملية الضخ الإختباري أو قيم إرتفاع هذا المنسوب بعد إيقاف الضخ وأثناء رجوع أو إرتفاع منسوب المياه إلى المنسوب الإستاتيكي والذي كان موجوداً قبل إجراء الضخ . يمكن حساب العمق إلى منسوب المياه الجوفية باستخدام المعادلة التالية :

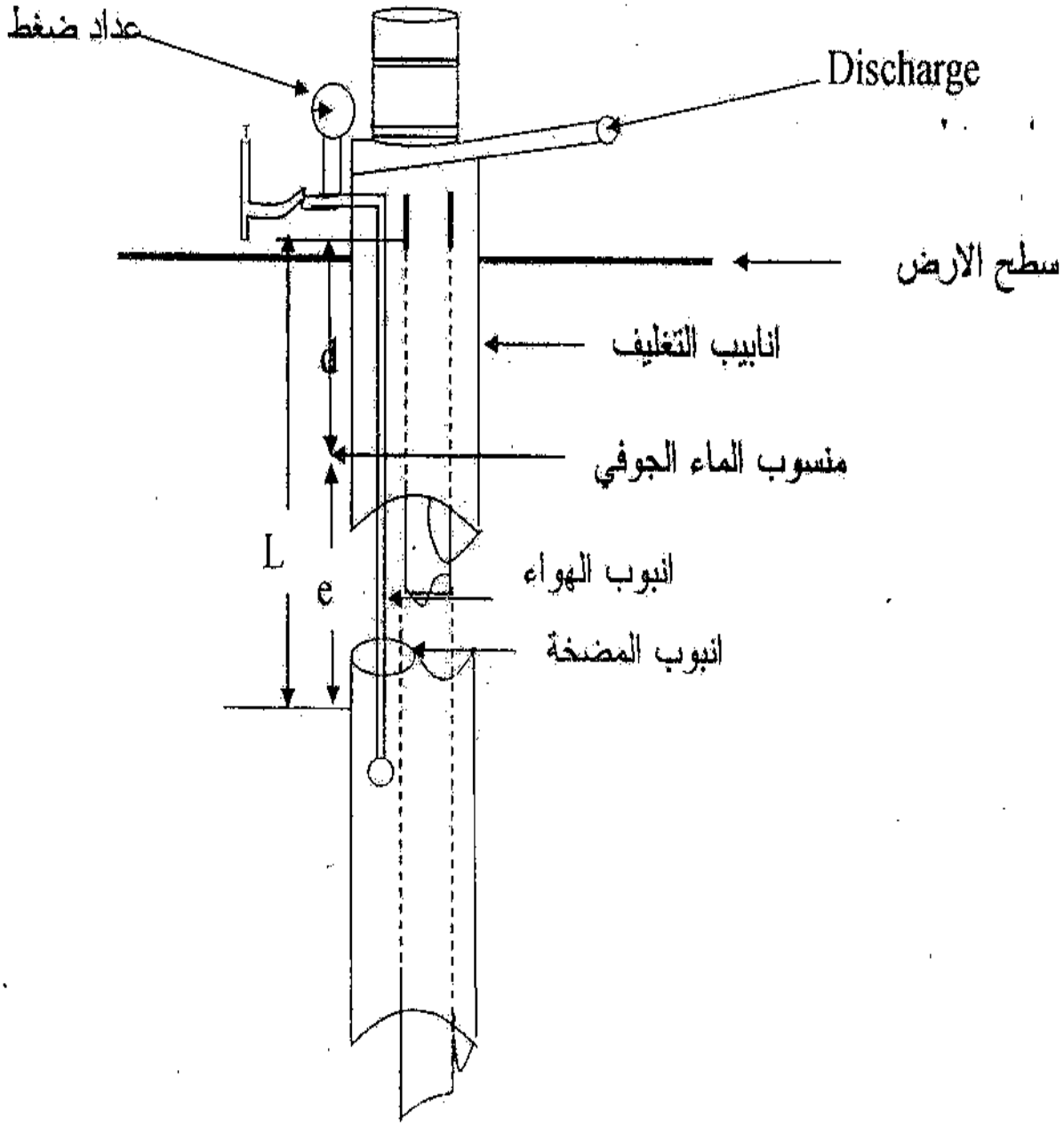
$$D= L-e \qquad (6-3)$$

حيث أن :

D = العمق إلى منسوب المياه الجوفية بالأمتار مقاسا من أعلى البئر أو من أي نقطة إشارية أخرى.

L = طول خط الأنبوب الذي يضخ فيه الهواء.

e = الضغط الراسي أو سمت الضغط معبرا عنه بطول عمود الماء الذي يعادل طول الجزء المغمور من الأنبوب الذي يضخ فيه الهواء بالأمتار.



شكل رقم (2-17)انبوب الهواء المستخدم لقياس منسوب الماء الجوفي

13.2.الشروط الواجب إتخاذها لإجراء الضخ الإختباري:

1-المحافظة على معدل ضخ ثابت أثناء إجراء الضخ الإختباري.

2-القياس الدقيق لمنسوب المياه الجوفية في بئر الضخ وأبار المراقبة.

3-التسجيل الدقيق لأوقات أو زمن القياسات أثناء إجراء عملية الضخ.

4-القياس الدقيق لمنسوب المياه الجوفية بعد توقف الضخ وأثناء فترة عودة أو رجوع منسوب المياه الجوفية إلى المنسوب الإستاتيكي البدائي أو الأولي.

5-يجب المحافظة على معدلات ضخ ثابتة للأبار الموجودة بقرب بئر الضخ الرئيسي: إذا لم نتمكن من إيقافها على الأقل أثناء فترة إجراء الضخ الإختباري.

ويكون الهدف من هذه الإجراءات هو دراسة العلاقة بين الزمن وقيمة الهبوط بالنسبة لمنسوب المياه الجوفية وأيضا العلاقة بين المسافة من بئر الضخ وقيمة هبوط منسوب المياه الجوفية أثناء إجراء عملية الضخ الإختباري وفترة عودة منسوب المياه الجوفية إلى المنسوب الإستاتيكي.

14.2. بعض التعريفات والمصطلحات المتعلقة بالضخ الإختباري:

من المهم والضروري جداً فهم بعض التعريفات والمصطلحات الشائعة الإستخدام والمتعلقة بالضخ الإختباري بوضوح وفيما يلي بعض المصطلحات وتعريفها:

1.14.2. مستوى الماء الإستاتيك static water level:

وهو المنسوب الذي تصل إليه المياه الجوفية في بئر حينما لا يكون هناك ضخ أو خروج للماء من الخزان الجوفي بواسطة الضخ أو التدفق الذاتي ويعبر عنه دائماً بالمسافة من سطح الأرض أو من أي نقطة قياس أخرى قريبة من سطح الأرض إلى منسوب الماء في البئر.

بالنسبة للأبار المتدفقة ذاتياً فوق سطح الأرض يكون مستوى الماء الإستاتيكي فوق سطح الأرض وتقاس بعد أن يقفل تدفق البئر وتسمى في هذه الحالة بمستوى الأقفال shut-in head وعندما نقول أن المستوى الإستاتيكي للماء في بئر ما 50 مترا فهذا يعني أن الماء الجوفي موجود في البئر على عمق 50 متراً من سطح الأرض أو من أي نقطة قياس أخرى وذلك في حالة عدم ضخ البئر. وإذا قلنا أن منسوب الإقفال لبئر ما هو 3 متر فهذا يعني أن الماء الجوفي في هذا البئر يمكنه أن يرتفع فوق سطح الأرض 3 أمتار إذا فتحت البئر.

2.14.2.مستوى الضخ pumping – level :

هو المستوى الذي يصل إليه منسوب المياه الجوفية أثناء عملية الضخ وفي حالة الأبار التي تتدفق ذاتياً يكون هو المستوى أو الإرتفاع الذي يصل إليه تدفق البئر وهو مفتوح. وفي بعض الأحيان يسمى مستوى الضخ هذا بإسم المستوى الديناميكي للمياه الجوفية.

3.14.2. الإنخفاض في مستوى الماء الجوفي draw down:

ويعرف بمدى إنخفاض مستوى المياه الجوفية أثناء عملية الضخ أو أثناء خروج الماء الجوفي من بئر من الأبار ويمكن حساب قيمة الإنخفاض في منسوب الماء الجوفي بطرح المستوى الديناميكي للمياه من المستوى الإستاتيكي للمياه أو بمعنى آخر:

الانخفاض في منسوب الماء الجوفي = مستوى الماء قبل الضخ - مستوى الماء بعد الضخ .

4.14.2. الإنخفاض المتبقي residual draw down:

بعد التوقف من الضخ يبدأ الماء الجوفي في الإنقطاع والرجوع إلى المستوى الإستاتيكي للماء والذي سجل قبل بداية عملية الضخ وفي أثناء عملية الرجوع هذه إلى المستوى الإستاتيكي للماء تكون المسافة المقاسة والمتبقية حتى يصل الماء إلى المنسوب الإستاتيكي المسجل في بداية وقبل إرجاء الضخ ، تكون هذه المسافة مساوية لما يسمى بالانخفاض المتبقي Residual draw down.

5.14.2. معدل ضخ أو تدفق البئر :well-yield or discharge

معدل الضخ أو التصرف لبئر ما هو حجم الماء الخارج من البئر في وحدة الزمن إما بالضخ أو بالتدفق الذاتي يعبر عن هذا المعدل غالباً (م3/ث) أو (جالون / الدقيقة) أو (قدم3/ث) وذلك لمعدلات الضخ الكبيرة و (جالون /ساعة) للمعدلات الصغيرة.

6.14.2. الطاقة أو السعة النوعية specific capacity:

تعرف الطاقة أو السعة النوعية لبئر ما بأنها معدل الضخ أو تدفق البئر لكل وحدة إنخفاض في منسوب الماء الجوفي ويعبر عنه غالبا (بجالون /الدقيقة) لكل قدم إنخفاض في منسوب الماء الجوفي ويمكن حساب السعة النوعية للبئر بالمعادلات التالية:

السعة النوعية للبئر =

معدل ضخ أو تدفق البئر في زمن معين

قيمة الانخفاض في منسوب الماء الجوفي مقاسا في نفس الزمن

15.2. تحليل بيانات تجارب الضخ الإختباري:

بعد أن يتم وينتهي الضخ الإختباري ويتم تجميع البيانات التي أخذت وسجلت عن معدل تصرف البئر وقيم هبوط منسوب الماء الجوفي في بئر الضخ وأبار المراقبة الأخرى والميل العام لمنسوب المياه الجوفية وخلافه تبدأ عملية التحليل لبيانات تجارب الضخ المتاحة وذلك بإعداد ترتيب هذه البيانات كالإتي:

1- يتم تنسيق بيانات الضخ وإعدادها في شكل منحنيات ورسوم بيانية.

2- إيجاد نوع الخزان الجوفي الواقع تحت الإختبار والدراسة.

3- إيجاد المعاملات الهيدرولوجية للخزانات الجوفية المختبرة.

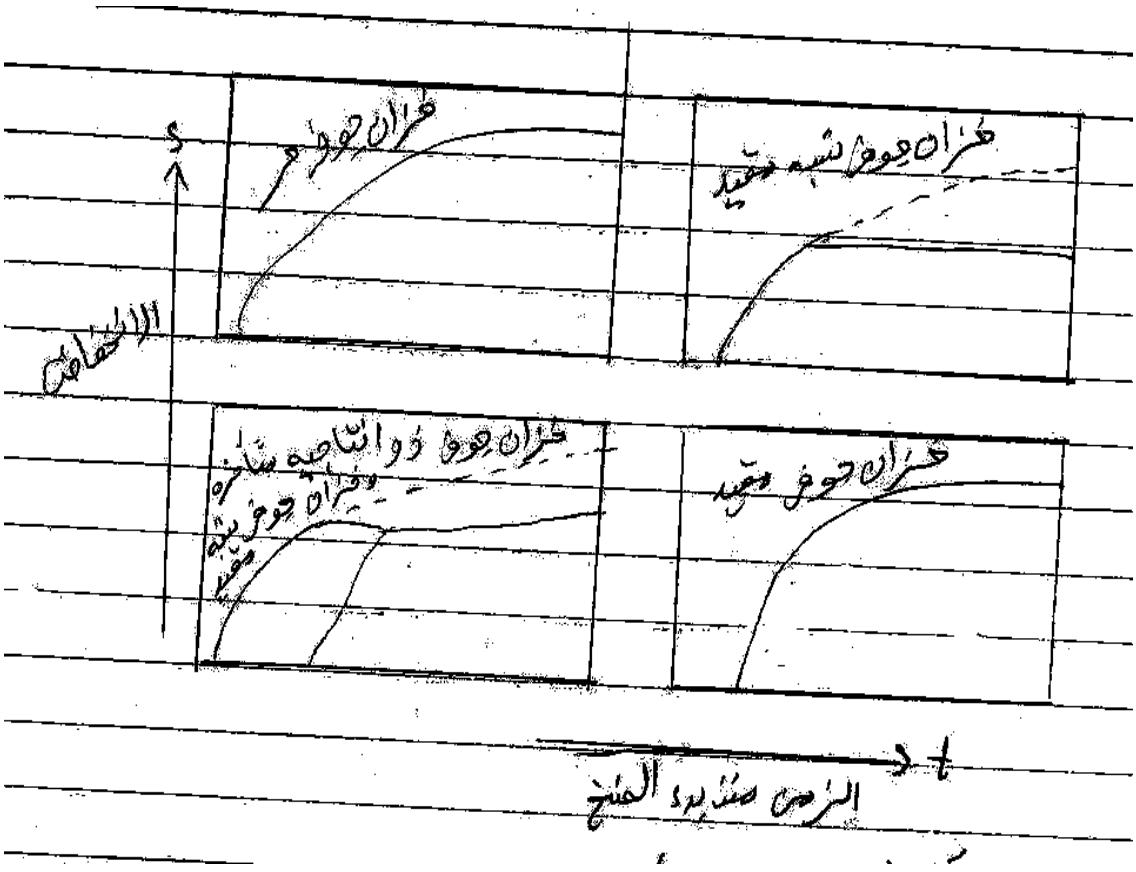
1.15.2. تنسيق بيانات الضخ:

إن بيانات الضخ تتكون من قياسات الوقت أو زمن الضخ في وحدات مختلفة (ثواني أثناء الدقائق الأولى من إجراء الضخ يتبعها دقائق طوال الساعات التالية ثم الوقت الفعلي بالساعات والدقائق والثواني بعد ذلك) ، ويجب أن تحول كل هذه البيانات إلى وحدات زمنية موحدة أي دقائق على سبيل المثال.

وبنفس الطريقة تحول قياسات منسوب المياه الجوفية إلى قيم للهبوط ذات وحدات موحدة ومتشابهة ، المتر على سبيل المثال أو أي وحدة قياسية أخرى للأطوال تكون مناسبة. وتوضع هذه البيانات في شكل جداول وتتمثل في البيانات المتعلقة بالضخ الإختبار مثل: (موقع البئر - زمن بداية الضخ الإختباري ونهايته - منسوب الماء الديناميكي والإستاتيكي) ومن ثم توضع هذه البيانات في شكل علاقات بيانية مختلفة فيرسم مثلاً رسم بياني على لوحة بيانية لوغريثمية متمثلة في ربط قيم الهبوط لمنسوب المياه الجوفية لكل بئر مراقبة مع الزمن المقابل لها وبذلك يمكن الوصول إلى منحنى العلاقة بين الزمن وقيم الهبوط في منسوب المياه الجوفية drawdown time curve لكل بئر مراقبة وبئر الضخ على حده ومن ثم يتم تطبيق المعادلات المناسبة للمنحنيات .

2.15.2. تحديد نوعية الخزان المختبر:

لكي نحدد نوع الخزان الجوفي المختبر يجب أن يتم مقارنة بين شكل منحنى العلاقة بين الوقت وقيم الهبوط في منسوب المياه الجوفية لكل أبار المراقبة التي تخترق الخزان الجوفي مع منحنى القياس لنفس العلاقة .



شكل رقم (2_18) منحنيات مثالية (زمن – انخفاض) لأنواع مختلفة من الخزانات الجوفية تستخدم لتحديد نوعية الخزان الجوفي.

ويمكن أن تعطي أبار المراقبة الضحلة التي تخترق الطبقة الصماء أو شبه الصماء التي تغطي الخزان الجوفي أو أبار المراقبة العميقة التي تخترق الطبقة الصماء أو شبه الصماء والتي تستقر فوقها الخزان الجوفي معلومات إضافية مفيدة عن نوعية الخزان المختبر ونوعية هذه الطبقات على سبيل المثال:

إن لم يتأثر منسوب المياه الجوفية في الخزان السفلي الذي يقع أو يستقر أسفل الخزان المختبر فهذا يعني أن الطبقة التي تفصل هذين الخزانين طبقة حاكمة غير منفذة أو صماء أما إذا تأثر منسوب المياه الجوفية في هذا الخزان ولكن بقيم أقل من تأثر الخزان المختبر نفسه فهذا يعني أن الطبقة الفاصلة هي طبقة شبه صماء وبالتالي يكون تعاملنا في هذه الحالة مع خزان جوفي ذي طبقتين.

أما في حالة الطبقة السفلية التي يتركز عليها الخزان حاكمة أو غير منفذة أو صماء وكان هناك بئر مراقبة ضحلة ويخترق الطبقة التي تعلو أو تغطي الخزان الجوفي المختبر ففي هذه الحالة يمكن أن يساعد قيم الهبوط المسجلة في هذا البئر على تحديد نوعية الخزان كالآتي:

الجدول يوضح قيم الهبوط المسجلة في الطبقات ونوع الخزان الجوفي:

(جدول رقم (2_6) قيم الهبوط المسجلة فى الطبقات ونوع الخزان الجوفي

قيمة الهبوط المسجلة في الطبقة التي تغطي الخزان	**نوع الخزان**
1- ليس هناك أي هبوط في مستوى المياه الجوفية	مقيد
2- صغيرة	شبه مقيد
3- كبيرة لها نفس قيمة الهبوط المسجلة للخزان	حر

وأخيراً يجب تحديد نوعية تصرف المياه الجوفية إلى بئر الضخ في نهاية عملية الضخ الإختباري وذلك بغرض إختيار الطريقة المناسبة لتحليل وتقييم هذه البيانات وبما أنه توجد حلول مختلفة لكل من التدفق أو السريان المستقر وغير المستقر للماء الجوفي فيكون السؤال الأن هو أي من الحالتين موجود في نهاية الضخ الإختباري ويمكن الوصول إلى إجابة محددة لهذا السؤال بمساعدة منحنيات العلاقة بين قيم الهبوط وزمن الضخ الإختباري.

16.2. الكفاءة

تعرف كفاءة البئر بالنسبة ما بين الطاقة النوعية الحقيقية عند تصميم تصرف البئر بعد 24 ساعة من الضخ المستر،اقصى طاقة نوعة ممكنة محسوبة من خصائص التربة وهندسة البئر.

وبهذا التعريف يمكن ان نتعرف على الفقد فى الضغط بسبب التربة وبسبب انشاء البئر الذى يسببه الخزان الجوفى وتركيب المصفاة والظهير الزلطى

البيانات التالية تستخدم لتقييم كفاءة البئر:

1-منسوب المياه الاستاتيكي

2-معدل الضخ بعد زمن معين من بدء الضخ

3- منسوب الضخ للمياه بعد زمن معين من بدء الضخ

4-الطاقة النوعيه

5-المحتوى من الرمال

6-العمق الكلي للبئر

7-كفاءة البئر

8-معدل الضخ الطبيعي وعدد ساعات التشغيل

9-منسوب المياه في الابار المجاورة

10-الانخفاض في البئر عند الضخ من الابار المجارة

اي تغير واضح في اي من السبع حالات الاولى يبين اهمية ملاحظة البئر اوالطلمبة .فمثلا انخفاض الطاقة النوعية يمكن ان يكون بسبب انسداد فتحات المصفاة المياه الجوفية والابار.

1.16.2. لاسباب الرئيسية لخفض كفاءة البئر

المشاكل المألوفة التي تحدث للابار مع مرور الزمن هي :

1-الخفض في انتاجية البئر:

يرجع انخفاض انتاجية البئر بسبب الترسيبات الكيمياوية او البيولوجيه لمصفاة البئر ومسام التربة حول مصفاة البئر.

2-تلف المصفاة وتغير حالة التربة المحيطة بها.

3-الخفض في خط المياه الاستاتيكي بسبب ظروف مناخية او التدخل مع ابار مجاورة.

4-استمرار الضخ مع عدم وصول المياه حيث تنخفض الطاقة النوعية بنسبة 10-20%.

5-ضخ الرمال.

6-انهيار القيسون او المصفاة.

7-تلف الطلمبة.

2.16.2. فعالية بئر الضخ

تعرف كفاءة بئر الضخ في هيدروليك الابار بأنها نسبة السعة النوعية الحقيقية الي السعة النظرية .ان السعة النوعية الحقيقية تتعلق بالهبوط في البئر والسعة النوعية النظرية تتعلق بالهبوط بالخزان ويمكن ان تحدد الكفاءة للبئر وتحدد
النسبة بين الهبوط في الخران الي الهبوط في البئر .

يمكن كتابة كفأءة البئر الذي تم تطويره بشكل جيد وباهمال منطقة الفلتروالضياعات الثانوية كما يلي:-

$$E=100\backslash 1+[CQ\backslash B]$$

E -كفأءة البئر

Q-التصريف <gpm>

B-معامل ضياع التشكيل ft\gpm

C-معامل فاقد البئر ft\gpm^2

ان كفاءات الابار التي تنقص بشكل واضح عن القيمة 100% ربما ناتجة عن الاضرار المشتركة.

الباب الثالث

9.3.العمل الحقلي:

نسبة لعدم وجود بئر في مرحلة التنمية للتطبيق العملي فقد استعنا ببيانات الضخ الاختباري ادناه التي تم اخذها من شركة امين الهندسية،

وهي عبارة بيانات للتنمية بطريقة الجردل وقيل انها استمرت لمدة عشرة ساعات للوصول الي مياه نظيفة.زائدا بيانات اختبار الضخ.

Pumping test data:

Well no 0: location: soba (khartom south)
s.w.l:21.69(m) pumping test start:15:45(h)date:13/4/2009
pumping test end:17:45 (h). date:13/4/2009.
Refrens point: top of casing. Duration of pumping
Test :120(min)
Pump seting depth 34(m) type of pump:
Submersible
Aquifer: Nubian sand stone

date	Time (hr+min)	Elapsed tyme (min)	Pumping rate(g/h)	Depth of water(m)	Drow down(m)	Remarks
13/4/2009	15:45	0	5000	21.69		
		1		22.45	00.76	
		2		22.50	00.05	
		3		00.53	00.03	
		4		00.55	00.02	
		5		22.58	00.03	
		6		22.60	00.02	
		7		22.62	00.02	
		8		22.64	00.02	
		9		22.66	00.02	
		10		22.69	00.03	
		12		22.72	00.03	

		14		22.76	00.04	
		16		22.79	00.03	
		18		22.82	00.03	
		20		22.86	00.04	
		25	5000	22.95	00.09	
		30		23.10	00.15	
		35	5500	23.27	00.17	
		40		23.50	00.23	
		45		23.70	00.20	
		50		23.97	00.27	
		55		24.10	00.13	
		60		24.10	00.00	
		80		24.10	00.00	
		100		24.10	00.00	
		120		24.10	00.00	5500g/h

Eng: yassier mohammed nour

Recovery test data:
Well no 0: location: soba (khartom south)
s.w.l:21.69(m) recovery test start:15:45(h)date:13/4/2009
recovery test end:18:45 (h). date:13/4/2009.
Refrens point: top of well. Duration of recovery
Test :60(min)
Aquifer: Nubian sand stone pump seting depth:34(m).
Type of pump:submersible pump.

Date	Time(hr+min)	T,(min)	T=total time(min)	t/t,(min)	Depth of water(m)	Residual draw down	Remarks
2009		0	120	0	24.10		
		1	121	120	23.30	00.80	
		2	122	61	23.10	00.20	
		3			23.05	00.05	
		4			23.00	00.05	
		5			22.95	00.05	
		6			22.90	00.05	
		7			22.80	00.10	
		8			22.75	00.05	
		9			22.70	00.05	
		10			22.65	00.05	
		12			22.60	00.05	
		14			22.55	00.05	
		16			22.50	00.05	
		18			22.45	00.05	
		20			22.40	00.05	
		25			22.10	00.30	
		30			22.00	00,10	
		35			2295	00.05	
		40			22.91	00.04	
		45			22.85	00.06	
		50			22.83	00.02	
		55			22.83	00.00	5500g/h
		60	180	3	22.83	00.00	Rec.end

Technical determination

For q = 5500 g/h(25m3) actual d.d =2.41m(7.90ft) psd 34m(111.55ft)

Q	d.d	p.s.d
3000g/h(13.64m3)	1.32m (4.52ft)	28m (92mft)
7000g/h(31.82m3)	3.10m (10.17ft)	31m (102ft)
10000g/h(45.45m3)	4.40m (14.44ft)	33.5m (110ft)

recomendation

High pumping Produce A big quantity of sand that means the Efficiency of well is reduced in the future. We recommended by pump set on 28m to give Q 3000g/h.
Pumping Test Data

Well No: location:Proj:Tigani[2]
Reference point:top of case
Duration of pumping test:1hr
Pump setting depth:60m
Type of pump: submersible

Date	Time {h+min}	Elapsed time {min}	Pumping Rate{g/h}	Depth to water{m}	Draw down{m}	Remarks
		0		45.54		
		1		45.72		
		2		45.73		
		3		45.74		
		4		45.75		
		5		45.76		
		6		45.76		
		7		45.76		

		8		45.77		
		9		50.00		
		10		50.79		
		12		50.80		
		14		50.81		
		16		50.81		
		18		50.82		
		20		50.82		
		25		57.82		
		30		57.83		
		35		57.84		
		40		57.84		
		50		57.84		
		60		57.84		5000 g/h
		80				

Recovery Test Data

Well No: Location: Proj: Tigani{2}
Reference: Top of case
Duration of recovery test: 9min
Pump setting depth: 60m
Type of pump: submersible

Date	Time {h+m}	T=total {min}	t^0 {min}	T/t^0 {min}	Depth to Water{m}	Residual draw down	Remarks
		0			57.84		
		1					
		2					
		3					
		4					
		5					

		6					
		7					
		8					
		9			45.54		
		10					
		12					
		14					
		16					
		18					
		20					
		22					
		24					

Pumping Test Record:

#	Item	Description
1	Static water level	45.54m
2	Dynamic water level	57.84m
3	Pumping rate	500g/h{22.7m^3/h}
4	Drawdown	12.30m
5	Well efficiency	1.90m^3/h
6	Expected future yield	9000g/h
7	Expected Drawdown	40m
8	Pump setting depth	90m

Test Pump Specification:

#	Item	Description
1	Diameter	3inch
2	Head	60m
3	Power	10HP
4	Discharge	500g/h

Recommendation & comment:

We are recommended to use a pump set in depth {90m} and give {9000g/h} diameter {3 inch}

10.3. التكلفة الاقتصادية لتنمية آبار المياه الجوفية:

تتوقف التكلفة علي:

-الطريقة التي تمت بها التنمية،فمثلا تنمية البئر التي تم حفرها بواسطة الحفر الدقاق تتطلب تنميةبواسطة الجردل ثم عملية الضخ مما يقلل تكلفة التنمية وذلك نسبة لعدم وجود سوائل حفر بالبئر،والتي قد تطيل فترة النظافة.اذا التنمية في البئر التي حفرت بواسطة الدقاقة اقل تكلفة من تنمية البئر التي حفرت بواسطة الحر الرحوي.

-حجم المجموعات التي تعمل خلال اليوم وعدد افراد كل مجموعة والمدة الزمنية التي تعمل بها له اهمية اقتصادية عظمي في عملية التنمية للحصول علي احسن مردود.

-ترحيل معدات وآليات التنمية علي حسب المسافات لتحديد التكلفة.

الباب الرابع

1.4. النتائج:

1-اكثر طرق التنمية كفاءة هي طريقتي التنمية بواسطة الهواء المضغوط والغسيل الداخلي والخارجي.

2-اكثر مشاكل الابار تحدث في طبقات الطمي وطبقات الرواسب المتصلدة وشبه المتصلة لدخول الطفل والرمل والطين بكميات كبيرة.

3-الابار المزودة بغلاف حصوي يمكن ان تحقق جزء من اهداف التنمية نتيجة لوجود هذا الغلاف حول مصفاة البئر.

4-يعتبر الماء هو العامل المؤثر في تآكل الأنابيب والمصافي ، ومن الصعب جداً في هذه الحالة أن تتنبأ بمعدلات التآكل حتى لو كانت خصائصها الماء والمعدات معروفة جداً ، وذلك نتيجة للمتغيرات الأخرى غير المنظورة التي يمكن أن تدخل أو تشترك في التفاعلات الكيميائية.

5- في حالة استبدال جزء من أنابيب موجودة تحت الأرض بجزء آخر جديد نلاحظ أن الأنبوب الصلب الجديد يكون مع الصدأ المتكون على سطح الأنابيب القديمة خلية جلفانية ويتصرف كما لو كان معدنين مختلفين تماماً ، وبالتالي تعمل الأنابيب الجديدة على حماية الأنابيب القديمة من التآكل.

5-1الخلاصة:

أن الهدف الأساسي من عملية التنمية هو إزالة المخلفات والرمال المترسبة من الطبقات الحاملة للمياه وفتح المصافي وذلك لزيادة النفاذية والمسامية للحصول على إنتاجية عالية ومياه خالية من الشوائب وذلك بعد اكتمال عملية الحفر وتنزيل أنابيب التغليف للبئر والمصافي حيث تمتلئ فتحات المصافي بطين الحفر mud drilling وملحقات الحفر cuttings

وتبدأ عمليات التنمية على حسب نوع التكوينات الجيولوجية للخزانات الجوفية أو الطبقات الحاملة للمياه، فالتكوينات الصلبة تتم تنميتها عن طريق المكبس المطاطي ومن بعد ذلك الجردل لرفع ذرات الرمال وإزالة الحبيبات الصغيرة من على فتحات المصافي screen slot وتنظيف أنابيب التغليف من المخلفات والطين المتراكم على جدران المواسير.

2.5. التوصيات:

من خلال هذه الدراسة وجدنا أن العمل الحقلي لا يتم تنفيذه وفق الضوابط والمتطلبات الأساسية التي تهتم بها عملية التنمية وعلى ضوء ذلك نوصي بالآتي:

1_ضرورة اختيار افضل الطرق للتنمية التي تزيد من كفاءة البئر الانتاجية.

2_ضرورة الاشراف والمتابعة اثنا عملية التنمية.

3_التدريب الجيد للفنيين العاملين في مجال تنمية الآبار.

4-العمل في عملية التنمية بجدية يعطي ناتج افضل يغني القطاع من حفر ابار جديدة.

5-باستخدام طريقة التنمية بواسطة الهواء المضغوط والغسيل الداخلي والخارجي في السودان لانهما يحققان الغاية المرجوة.

6-لاختيار الطريقة المثلى للتنمية يجب اجراء تشخيص البئر ابتداء.

المراجع:

1.محمد السلاوى – 1986م – المياه الجوفية بين النظرية والتطبيق – الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع – الطبعة الأولى.

2.محمد منصور الشبلوق – 1998م – عمار عبد المطلب عمار – الهيدرولوجيا التطبيقية – منشورات جامعة عمر المختار البيضاء – الطبعة الأولي.

3.غانم سعد الله حساوى – محاضرات فى تركيب وتشغيل وصيانة مشاريع المياه – بغداد – الصندوق العربى للإنماء الاقتصادي والاجتماعي – الكويت.

4.محمد احمد السيد خليل – 2005م – المياه الجوفية والآبار – دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع.

5.شركة امين الهندسية