بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ سُبْحَانَكَ لَا عِلْمَ لَنَا إِلَّا مَا عَلَّمْتَنَا ۖ إِنَّكَ أَنتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ ﴾

الحمد لله والصلاة والسلام على رسول الله ﷺ

رساله عن :-

النزح الجوفي والتحكم في منسوب المياه الجوفية

اعداد :-

علي عاطف علي الشهري

خطة بحث مقدمة للحصول علي درجة البكالوريوس في الهندسة المدنية

لعام

١٤٤٣ هـ / ٢٠٢١ م

الملخص

عنوان الدراسة:- النزح الجوفي والتحكم في منسوب المياه الجوفية بالمواقع الانشائية لتكون في بيئة جافة يسهل الانشاء فيها .

هدف الدراسة:-

١- التعرف علي الطرق الشائعة لعمليات النزح الجوفي اسفل المنشآت .

٢- تفادي المشكلات الواقعة من أعمال النزح الجوفي .

مشكلة الدراسة:-

١- ما قد تصل اليه المنشآت من الهبوط المتفاوت نتيجة عملية النزح الجوفي .

٢- سحب المواد الناعمة أسفل المنشآت نتيجة عملية النزح الجوفي .

وبناءاً على ذلك فيجب تصميم نظام تخفيض منسوب المياه الجوفية بحيث لا يؤثر على المنشآت المجاورة أو تخفيض ذلك التأثير لأقل حد ممكن .

إهـــــــــــــــداء

إلى من جرع الكأس فارغاً ليسقيني قطرة حب

إلى من كلّت أنامله لينسج لنا لحظة سعادة

إلى من حصد الأشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم

أرجو من الله أن يمد في عمرك لترى ثماراً قد حان قطافها بعد طول انتظار وستبقى

كلماتك نجوم أهتدي بها اليوم

وفي الغد وإلى الأبد...

إلى القلب الكبير..(والدي العزيز)

إلى معنى الحب والحنان والتفاني .. إلى بسمة الحياة وسر الوجود

إلى من كان دعائها سر نجاحي.. وحنانها بلسم جراحي

الي اغلي الحبايب (أمي الحبيبة)

إلى الروح التي سكنت روحي

إلى العزيزة التي اكرمني الله بها

إلى رزقي في الدنيا الذي اعطاني الله اياه

إلى شمس الكون التي تنير حياتي .

إلى الانسانة الحبيبة التي تحمل أعظم معاني الحياه .

إلى الشمعه المضيئة التي تضئ اليل الحالك في هذه الحياه .

إلى الرضا و النور والطريق المختصر الي الجنه .

إلى من أرى التفاؤل بعينها .. والسعادة في ضحكتها و إلى شعلة الفرح والنور ..

إلى الوجه المفعم بالبراءة ..

إلى (زوجتي الحبيبة)

الي من آنسني في دراستي ..وشاركني همومي

..معكم سرت الدرب خطوة بخطوة .. الي الملاك الطاهر في هذه الحياه

إلى (أبنائي)

الى من أظهروا لي ما هو أجمل من الحياة .. الحياة بدونكم لاشيء.. معكم أكون أنا وبدونكم أكون مثل أي شي ء .. إلى من هم أقرب إلي من روحي .. إلى من دفعوني إلى العلم .. إلى رمز الرجولة

والتضحية .. بكم أستمد عزتي وإصراري إلى (إخوتي)

شـــكـــر وتـقـــديـر

الحمد الله . .اللهم لك الحمد بما خلقتنا ، ورزقتنا ، وهديتنا ، وعلمتنا ، وأنقذتنا ، وفرجت عنا ، اللهم لك الحمد بالإيمان، ولك الحمد بالإسلام، ولك الحمد بالقرآن، ولك الحمد بالأهل والمال والمعافاة، بسطت رزقنا ، وأحسنت معافاتنا ، ومن كل ما سألناك أعطيتنا ، والصلاة والسلام على حمل المشعل في الورى ، وأسرج النور في الدجى، وقاد أمته إلى أعلى وأسمى مرتقي . . ثم أما بعد:-

من منطلق أنه من لا يشكر الناس لا يشكر الله فإني أتقدم بوافر الشكر والتقدير إلى الصرح الشامخ الذي جمع بين شرف العلم وشرف المكان (شركة حجاز المجد) بجميع طاقمها اللذين كانوا محفزا كبيرا لي لبلوغي لهذه الدرجه العلميه الرفيعه و كانوا معينين لي في مراحل الدراسة و كان لهم الفضل بعد الله في خروج هذه الدراسة إلى النور فجزاهم الله عن العلم وأهله خير الجزاء .

الباحث

علي عاطف علي الشهري

قائمة المحتويات

الموضوع	الصفحة
عنوان الرسالة	١
ملخص الدراسة	٢
الإهداء	٣
الشكر والتقدير	٥
قائمة المحتويات.	٦
الفصل الأول: المدخل الي الدراسة	
المقدمة.	٩
مصطلح الدراسة	٩
مشكلة الدراسة	١٠
أهداف الدراسة	١٠
اشتراطات الدراسة	١١
الفصل الثاني: الخلفيه العلميه للدراسة	
المتطلبات لتصميم الدراسة	١٤
الطرق الشائعه للدراسة	١٥
الفصل الثالث: الخلفيه التطبيقية للدراسة	
النزح السطحي	١٧
نظام الحراب	١٨
تصميم نظام الحراب	٢٤
نظام الابار العميقة	٢٧
حالات الخزان الجوفي الذي يتم تخفيضه	٣١
نظام حقن التربة	٣٥
الطريقة الكهرواسموزية	٣٧
طريقة الهواء المضغوط	٣٧

طريقة تجميد مياه التربة	٣٧
الفصل الرابع: الخلفيه التصميمية للدراسة	
خطوات تصميم الدراسة	٤٠
العوامل المؤثرة في الدراسة	٤١
الفصل الخامس : ملاحظـــــات هـــــامة	
ملاحظـــــات هـــــامة	٥٥
قائمة المصادر و المراجع	٥٧

الفصل الأول

المدخل الي الدراسة

- مقـــــــــــدمـــــــة.
- مصطلحـات الدراســـة.
- مشكلـــــة الدراســـــة.
- أهـــــداف الدراســـــة.
- اشتراطـات الدراســـــــة.

الفصل الأول (المدخل الي الراسة)

يتناول هذا الفصل الحديث عن المقدمة ، ومشكلة الدارسة، وأسئلتها ،وفروضها ، وأهدافها وأهمية الدارسة ، وحدودها ، ومصطلحات الدارسة .

مقدمة:-

الحمد لله رب العالمين ، والصلاة و السلام على رسول الله محمد بن عبدالله عليه أفضل الصلاة وأتم التسليم ثم أما بعد :-

فمن أكثر الصعوبات التى تواجه المهندسين فى بداية التنفيذ هو ظهور المياه الأرضية قبل تنفيذ الأساسات وذلك فى حالة الحفر فى تربة ضعيفة التكوين ومنفذة للمياه حيث يتم تسريب للمياه إلى موقع الحفر مما يستلزم القيام بعملية نزح للمياه لاستكمال الأعمال والتى تتطلب مهارة عالية فى التصميم والتنفيذ لعدم التاثير على المنشئات المجاورة وبأقل تكاليف ممكنة .

.....

مصطلح الدراسة :-

النزح الجوفى هو تخفيض منسوب المياه الجوفية بالموقع لكى يتم الإنشاء في بيئة جافة يمكن التنفيذ فيها .

مشكلة الدراسة :-

١-التسبب في هبوط مقاوت في المنشآت المجاورة عن طريق:

أ-سحب المياه في هبوط مقاوت أسفل المنشآت المجاورة.

ب-سحب المواد الناعمة من أسفل المنشآت المجاورة وبالتالي هبوط مقاوت للمنشآت المجاورة.

٢-تسرب للمياه و التربة خلال الخوازيق الساندة أو السائل اللوحية .

٣-فوران التربة فى أسفل قاع الحفر نتيجة لقوى الرفع .

.....

أهداف الدراسة :-

١-الحصول على بيئة جافة للعمل فى قاع الحفر .

حيث يتم تخفيض المياه أسفل قاع الحفر لعمق لا يقل عن ٠,٥ متر فى حالة عدم استخدام ماكينات ثقيلة للعمل و التخفيض لعمق ١ متر فى حالة وجود معدات ثقيلة للعمل فى قاع الحفر .

٢- منع التسرب للمياه و التربة خلال الخوازيق الساندة أو السائل اللوحية .

٣- منع فوران التربة فى أسفل قاع الحفر نتيجة لقوى الرفع وذلك فى حالة التربة الرملية وذلك بتخفيض تأثير المياه على القاع بحيث لا تزيد قوى الرفع عن

وزن التربة فى قاع الحفر و الموجودة أعلى منسوب المياه الجوفية حيث أن قوى الرفع عبارة عن ارتفاع عمود المياه .

٤- لحماية الأعمال بدءر البدروم من الطفو فى حالة كانت قوى الرفع أكبر من وزن الأعمال الإنشائية.

Factor of safety against heave = total stress /up lift pressure

اشتراطات الدراسة:-

يشترط النزح الجوفي السليم الآتي :-

١- منسوب المياه المخفض يجب أن يبقى تحت السيطرة طوال الوقت لتجنب التذبذبات التى يمكن أن تؤثر على اتزان الحفر .

٢- الطريقة المختارة يجب أن تراعى بقاء الحفر متزناً بشكل دائم بدون حدوث انهيارات أو انتفاخ لقاع الحفر أو فوران للتربة .

٣- عندما تتكون الطبقة الحاملة للمياه والمطلوب صرفها من مواد حبيبية جيدة التدرج فيمكن اعتبارها بمثابة مرشح طبيعى يمنع سحب حبيبات التربة نتيجة للضخ .

وعندما تكون الحالة غير ذلك فلا بد من وضع مرشحات مناسبة حول بيارات السحب وخاصة فى حالة التربة دقيقة الحبيبات لضمان عدم سحب الحبيبات.

وللتأكد من عملية سحب حبيبات التربة من عدمه نتيجة للضخ وخاصة فى حالة وجود مبانى مجاورة يتم تجميع كمية من المياه المسحوبة داخل خزان للتحقق من حدوث ترسيب للتربة فى قاع الخزان على أن يتم ذلك فى بداية عملية الضخ وعلى فترات .

٤-وجود وحدات احتياطية تجنبا لحدوث أي أعطال .

٥-التخلص من المياه المزوحة خارج منطقة الحفر بشكل يضمن عدم عودتها لمنطقة العمل مرة أخري.

٦-تجنب الاضرار بالمنشآت المجاورة حيث يؤدى تخفيض المياه الجوفية إلى سحب الحبيبات من أسفل المنشئات المجاورة مسببا هبوطا مقاوما لأساسات الجار كما يمكن أن يحدث ذلك نتيجة لزيادة الضغط الرأسى الفعال نتيجة لتغير كثافة التربة من الحالة المغمورة إلى الحالة المشبعة.

٧-تجنب الفقد الزائد للتربة نتيجة للتسرب من الجوانب أو قاع الحفر بحيث لا يتعدى ٧ مجم/لتر فى المتوسط لكل بئر ولا يتعدى ١٥ مجم/ لتر لكل الآبار.

الفصل الثاني

الخلفية العلمية للدراسة

- المتطلبات لتصميم الدراسة .
- الطرق الشائــعه للدراســـة .

المتطلبات لتصميم الدراسة:-

١- أبعاد الموقع و شكل الموقع (مربع – أو مستطيل – أو شريطي).

٢- الغرض من التخفيض.

٣- تقرير استكشاف الموقع موضح به عمق المياه وطبقات التربة .

٤- نتائج اختبارات النفاذية طبقا لنوع التربة ويوضح جدول (١-١) قيمة معامل النفاذية المقابل لكل نوع من أنواع التربة .

Type of Soil	Permeability Coefficient(k)(cm/sec)	Relative Permeability
Coarse gravel	Exceeds 10^{-1}	High
Clean sand	10^{-1} to 10^{-3}	Medium
Dirty sand	10^{-3} to 10^{-5}	Low
Silt	10^{-5} to 10^{-7}	Very low
Clay	Less than 10^{-7}	Impervious

Table (١-١) Range Of Permeability for Various Type of Soil.

٥- قيمة التخفيض المطلوبة في منسوب المياه .

٦- الوقت المطلوب لاستمرار عملية التخفيض للمياه.

٧- عمق الحفر .

الطرق الشائعه للدراسة :-

من الطرق الشائعة للنزح الجوفى وتخفيض منسوب المياه الآتي:-

١ – النزح السطحى وذلك باستخدام أحواض التجميع أو الياسات (Sumps)

– أو الحفر الشريطى (Trenches) .

٢ – نظام الحراب (Well Point System) .

٣ – الآبار العميقة (Deep Wells) .

٤ – حقن التربة (Grouting) .

٥ – الطريقة الكهروأسموزية (Electro Osmosis) .

٦ – طريقة الهواء المضغوط (Compressed Air) .

٧ – طريقة تجميد مياه التربة (Freezing) .

الفصل الثالث
الخلفية التطبيقية للدراسة

- النزح السـطحي .
- نظـام الحـراب .
- تصميم نظام الحراب .
- نظام الآبار العميقة .
- حالات الخزان الجوفى الذى يتم تخفيضه .
- نظـام حقـن التربـة .
- الطريقة الكهروأسموزية.
- طريقة الهواء المضغوط.
- طريقة تجميد مياه التربة.

النزح السطحي (Surface Dewatering) :-

هى واحدة من أكثر طرق النزح بساطة و شيوعا و تتلخص فى اختيار أكثر النقاط المنخفضة فى الموقع وذلك فى صورة قناة صرف تحيط بالموقع أو بيارة (شكل ٥-٥) ثم تركيب طلمبة تقوم بسحب المياه ثم طردها خارج الموقع وتستخدم غالبا فى حالة التربة الخشنة ذات معامل نفاذية عالى أو متوسط وللافى عملية سحب حبيبات التربة خلال النزح يمكن وضع فلتر من الزلط أو الرمل داخل القناة أو المصرف.

تستخدم في حالة تخفيض المياه بارتفاع في حدود ١,٠٠ إلى ١,٥٠ متر وبشرط أن تكون التربة التي يتم التخفيض فيها غير منفذة مثل (الطين أو الطمى).

Figure (١-١) Ditches and open sump system.

(Sumps):- يتم تنفيذها عن طريق حفر ما يعادل حجم برميل في كل ركن من أركان الحفر وملؤه بالزلط المتدرج وسحب المياه منه.

بشرط عدم وضعها أسفل قواعد المنشأ.

(Trenches):- يتم تنفيذها كحفر شريطي بأجناب الموقع و ينفذ بميل ويملأ بالزلط المتدرج و يتم سحب المياه منه.

من العيوب التي تصاحب هذا النظام:-

قد تحدث انهيار في جوانب الحفر بسبب خروج المياه بارتفاع عالي راسي او منحدر .

.....

نظام الحـــراب (Well Point System) :-

١- تستخدم في حالة تخفيض المياه بعمق قد يصل إلى ٥,٠٠ متر في ظروف خاصة .

٢-عبارة عن مجموعة من الحراب والمواسير قطر ٥٠ مم (٢ بوصة) يتم توصيلها بخط السحب قطر ١٥٠ مم ثم بطلمبة سحب.

٣-المسافة بين الحراب تتراوح بين (٥٠ سم و ٢,٠٠ متر).

٤-تعتمد نظرية عملها على سحب المياه من الحراب عن طريق الطلمبة لتخفيض منسوب المياه وبالتالى لا تستطيع سحب المياه من أعماق تزيد عن ٥ متر لدخول الهواء إلى الحراب.

٥-تستخدم بصورة صف في جانب واحد في حالة ترش عرضه حوالى ٣,٠٠ متر.

٦-يستخدم صفين من الحراب في حالة زيادة عرض الترش المحور و وصوله من ٤,٥٠ إلى ٦,٠٠ متر.

مكونات النظام:-

١- ماسورة البئر وتتكون من :

أ-ماسورة ذات قطر من ٥ إلى ٨ سم تنتهي من أعلى بجزء كروى للربط مع الخراطيم الموصلة إلى الماسورة المجمعة وتصل إلى طول ٦ متر.

ب- الماسورة المثقبة طولها من ٣٠ إلى ١١٠ سم وفتحات ثقوب من ٠,٣ إلى ٠,٦ مم وتغطى بشبكة رقيقة مصنوعة من المعدن أو البلاستك لمنع الصدأ وسهولة التنظيف وذلك لمنع مرور حبيبات التربة الناعمة.

ج-الحربة والتى تنتهى بماكينة غرز تقوم بضخ المياه تحت ضغط عالى جدا مما يسمح بتثبيت التربة ونزول الماسورة إلى العمق المطلوب.

٢-خراطيم التوصيل :-

وهى عبارة عن خراطيم عادية مرنة ذات نهايات كروية تصل بين ماسورة البئر والماسورة المجمعة .

٣-الماسورة المجمعة :-

وهى عبارة عن ماسورة تكون عادة من الألمونيوم وبقطر من ٦ إلى ٨ بوصة لها

مخارج قطر ٢ بوصة مثبتة على البدن من الخارج تسمح لها بالربط

بخراطيم التوصيل.

٤-طلمبة السحب:-

وهى من نوع خاص لتقوم بسحب المياه من طبقات الأرض ثم تقوم بصرف

المياه إلى المصارف العمومية حيث يتم وضع طلمبة لكل من ٥٠ إلى ١٠٠٠ بئر

مع وجود مضخات احتياطية.

مع ملاحظة أنه فى حالة التربة الرملية يتم عمل مرشح حول الماسورة من

الرمال الخشنة بسمك لا يقل عن ١٥ سم (شكل ٨-٥).

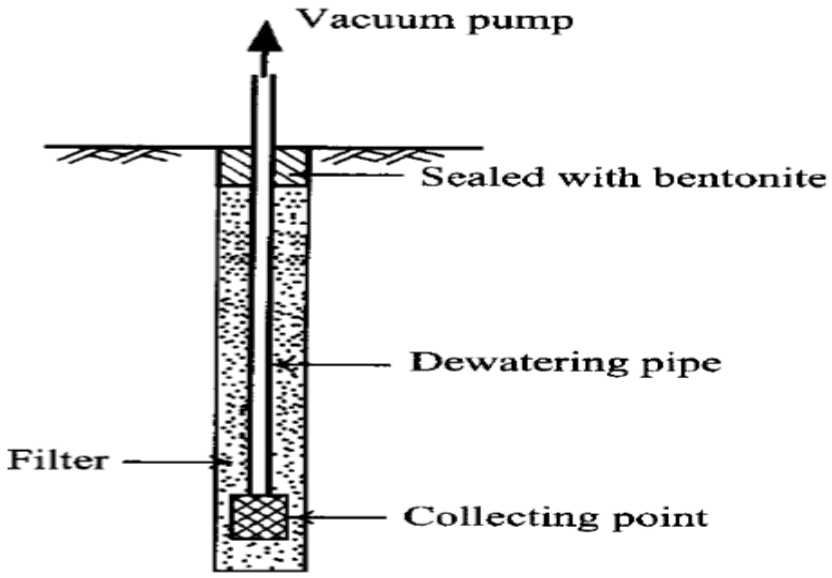


Figure (١-٣) Filter For well point

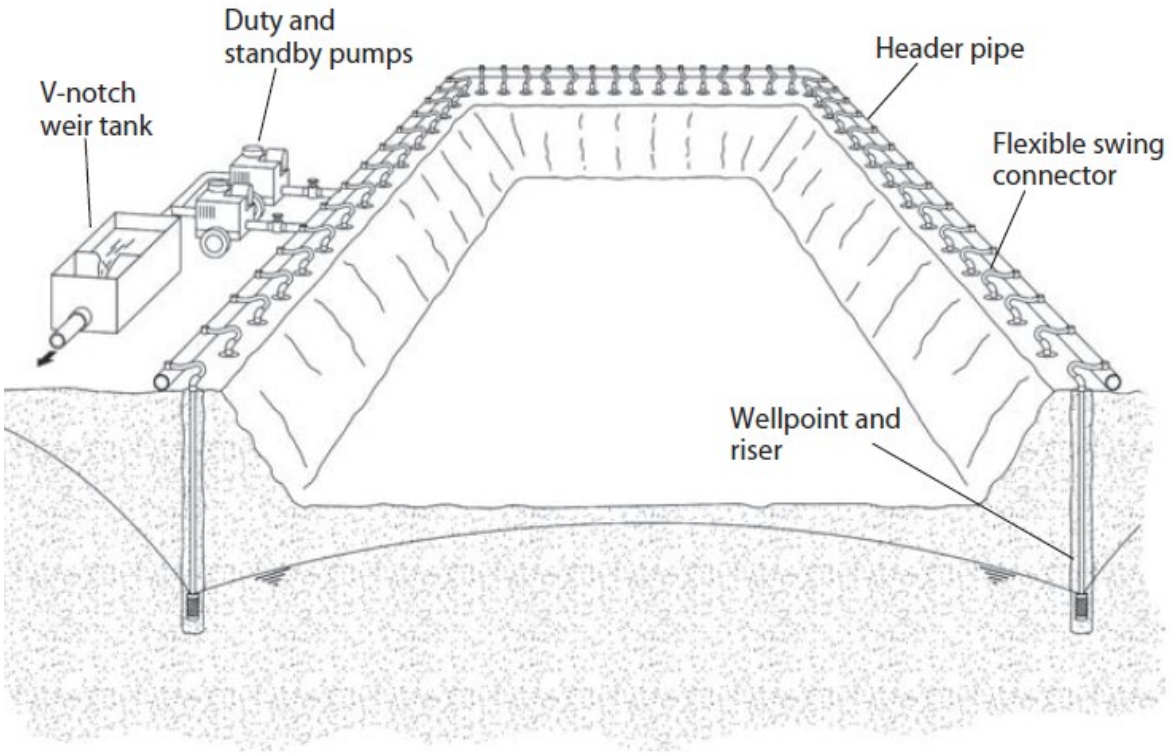


Figure (٢-٣/٣-٣) Well Point System.

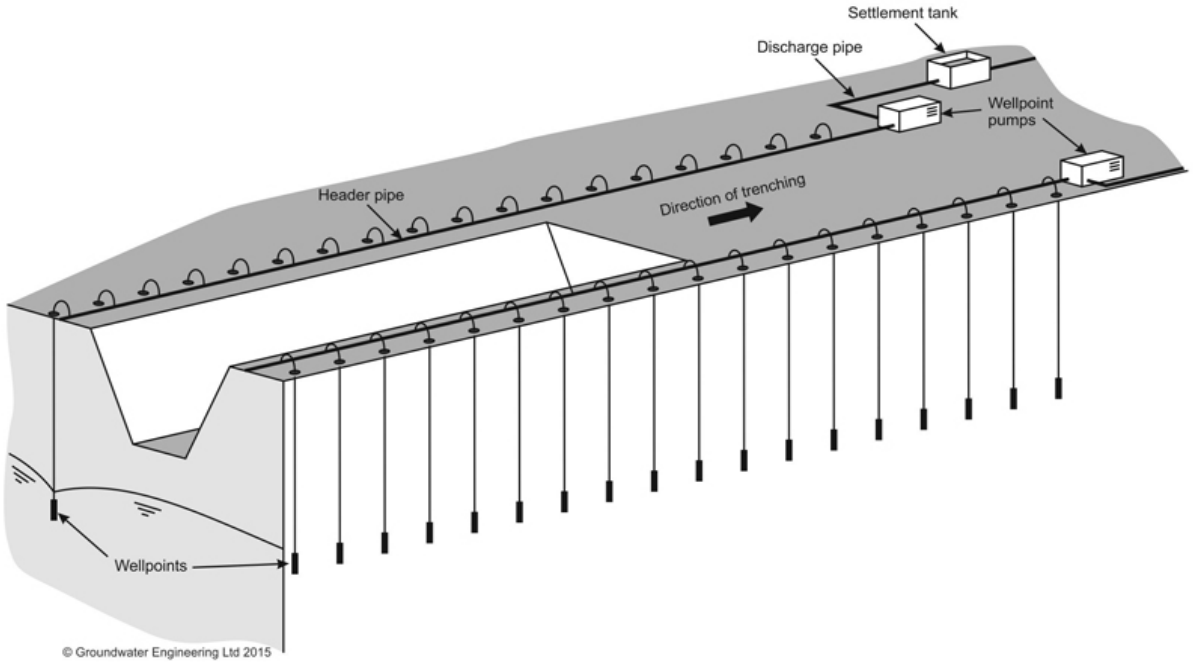
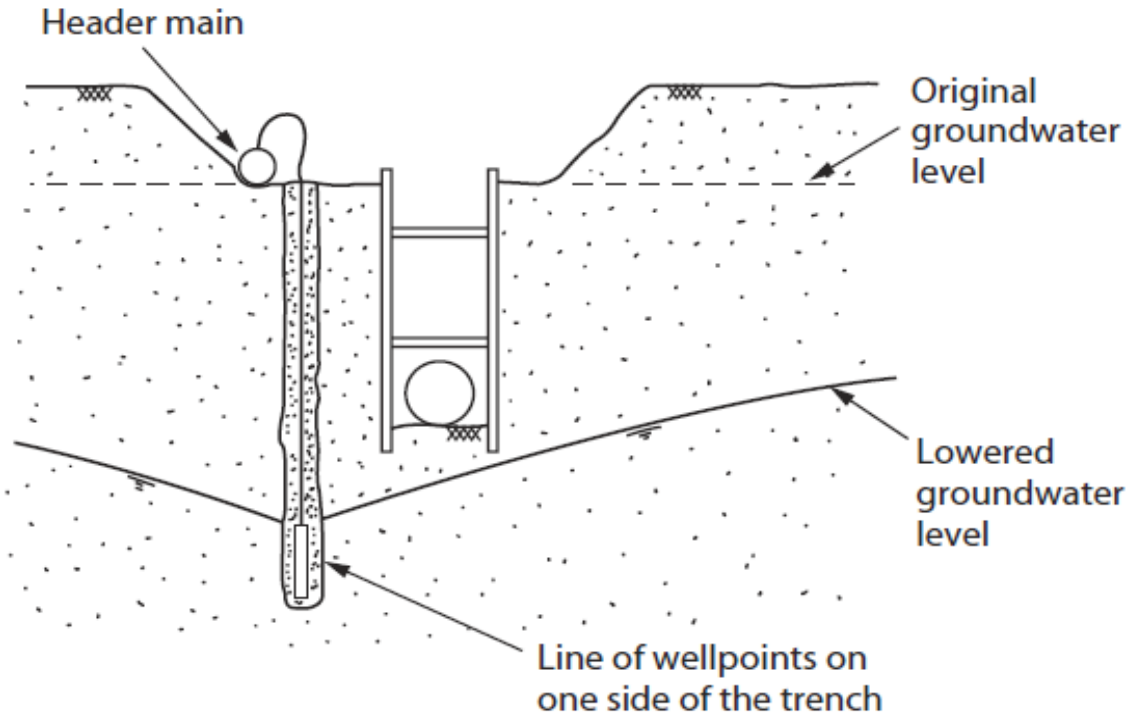


Figure (٤-٣/٥-٣) Well Point one side of trench



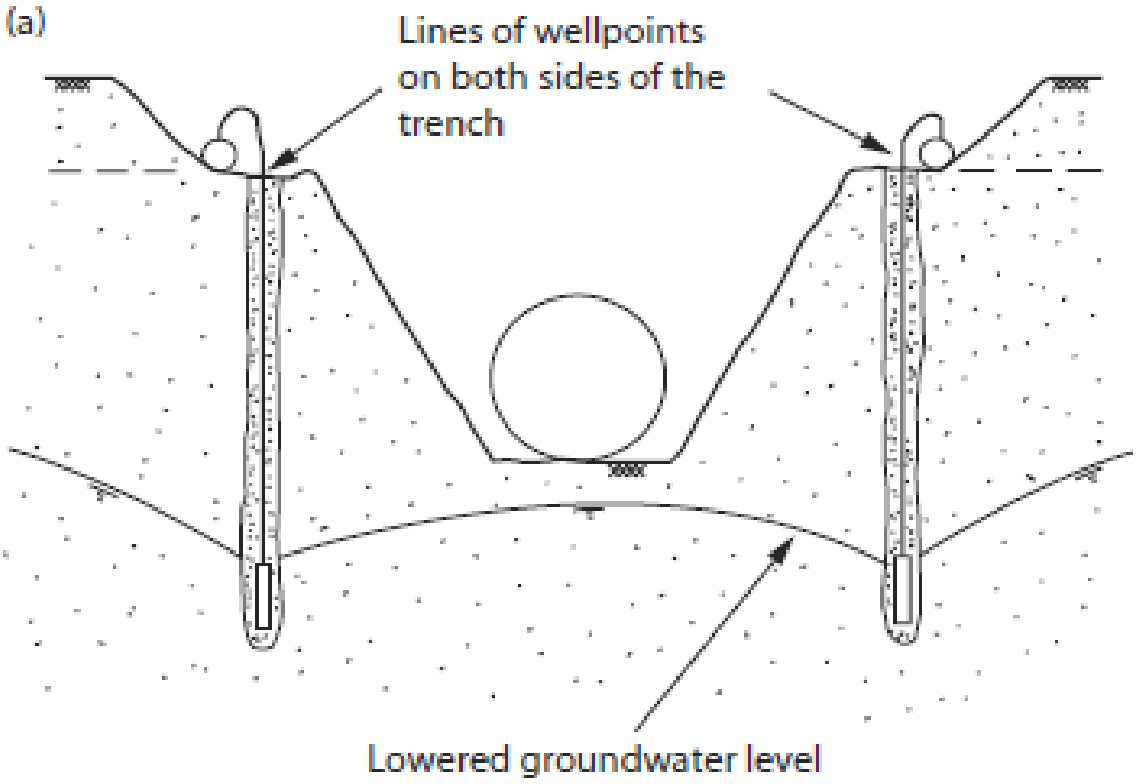
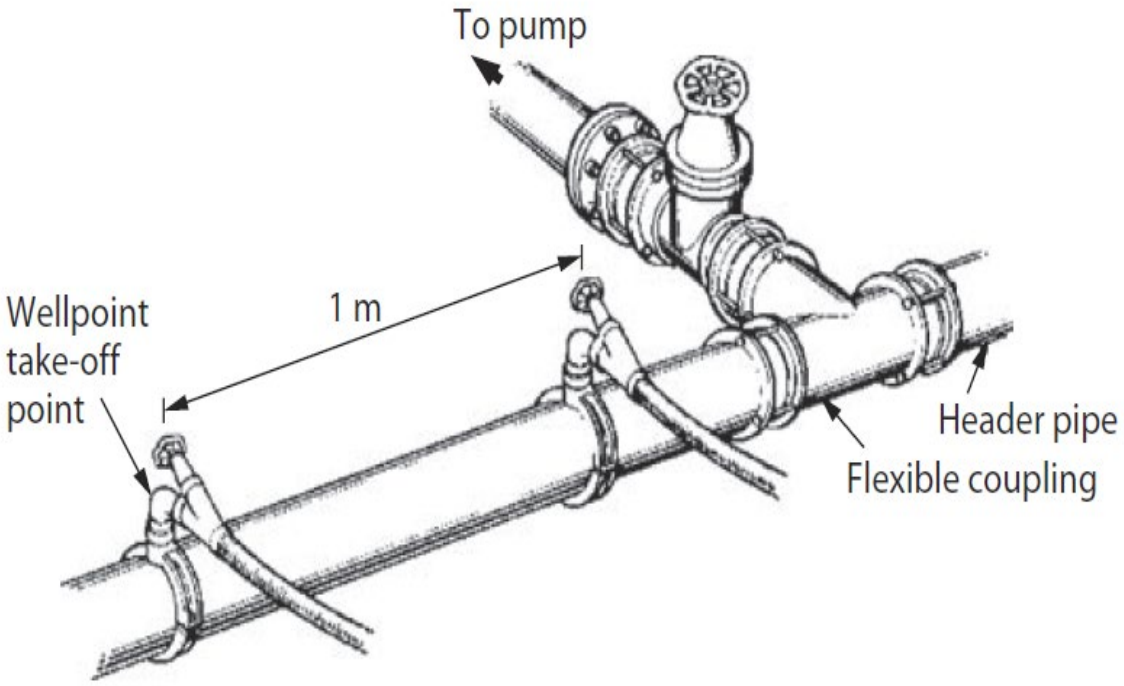


Figure (٦-٣) Two side of trench.
Figure (٧-٣) well point system.



تصميم نظام الحراب :-

عند تصميم أى نظام نزح يجب مراعاة الاعتبارات الآتية :-

١-تحديد النظام المستخدم هل آبار أبرية أم عميقة .

٢-تحديد اتجاه سحب البئر للمياه , ففى حالة الآبار الأبرية يكون السحب من اتجاه واحد أو من اتجاهين (مصدر واحد للمياه أو مصدرين) وفى حالة الآبار العميقة يكون السحب إما فى مسارات خطية من مصدر المياه إلى البئر أو سحب من جميع الاتجاهات.

٣- تحديد نوع اختراق البئر للطبقة الحاملة هل هو اختراق كلى أم جزئى حيث يكون الاختراق فى نظام الآبار الأبرية اختراق جزئى فى الغالب ويكون الاختراق كلى غالبا فى حالة الآبار العميقة.

٤- تحديد نوع البئر من حيث السريان بالجاذبية (بئر جذب) أو بالضغط الأرتوازى (بئر ارتوازى) .

في حالة الاختراق جزئي والبئر جذب والمياه من الجاهين (شكل ٣-٨) تكون العلاقة كالتالي:

$$Q = \left(0.73 + 0.27\frac{(H - h_o)}{H}\right)\frac{k.x}{2\,L}\left(H^2 - h_o^2\right)$$

$$h_D = h_o\left\{\frac{1.48}{L}(H - h_o) + 1\right\}$$

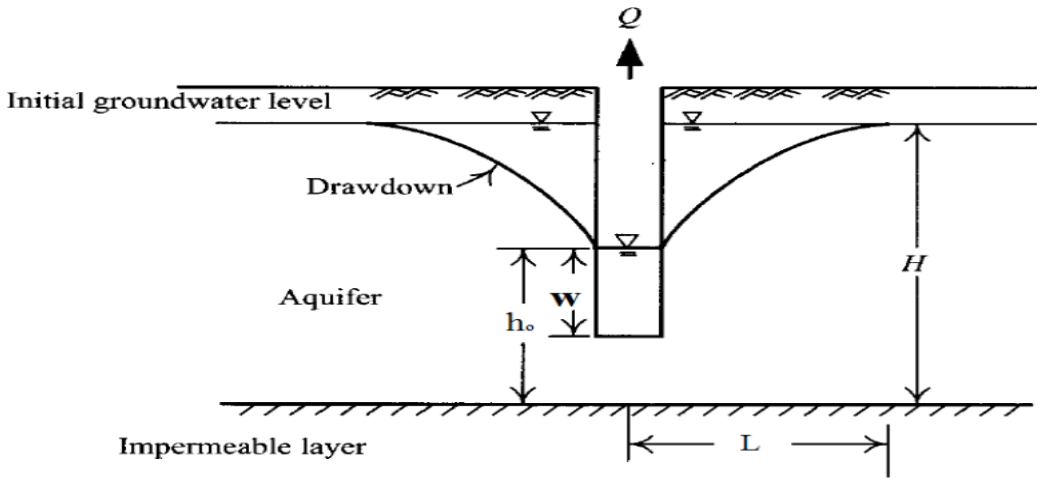


Figure (٣-٨) Drawdown in free aquifers for the partial penetration well

Where:-

Q=Total discharge, m^3/sec

H=Initial water level in aquifer (m)

K=Coefficient of permeability (m/sec)

X=Total trench length (m)

L= Length of influence lf total area (m) =1500 (H-ho)√k

W= Penetration depth

(H-hd) =Required drawdown قيمة التخفيض المطلوبة

حالة بئر ارتوازي والاختراق جزئي (شكل ١-١٠) , يمكن حساب التصرف و مقدار الخفيض في منسوب المياه الجوفيه لاي مسافة أفقية (Y) من العلاقة الآتية :-

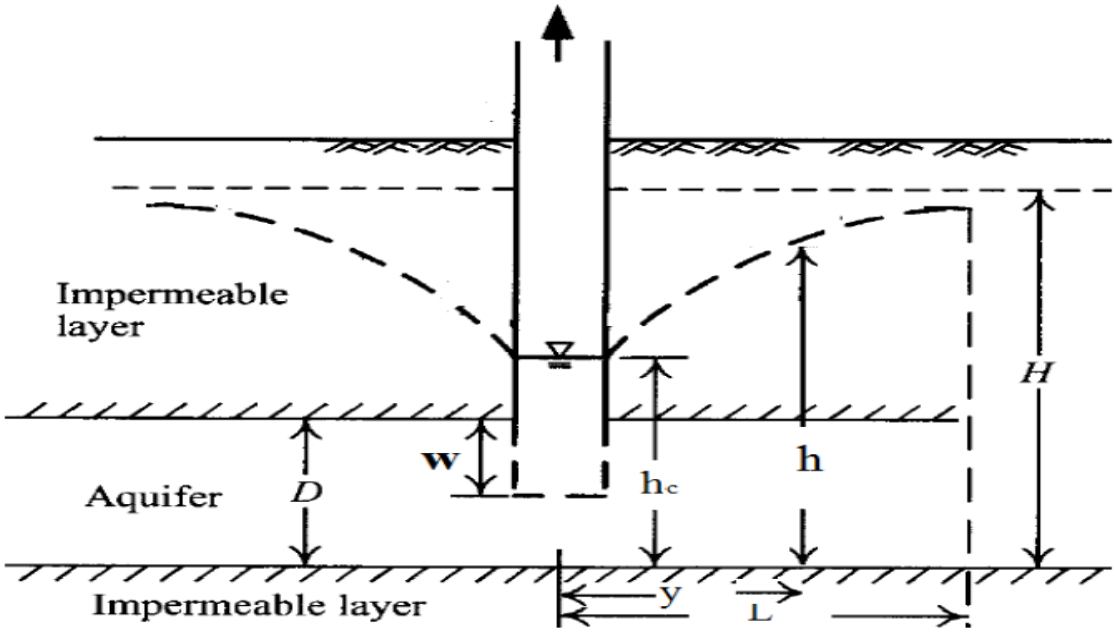


Figure (٩-٣) Drawdown curve for partially penetration in confined aquifers

$$Q = \frac{2k.D.x(H - h_e)}{L + \lambda D}$$

$$h = h_e + (H - h_e)\frac{y + \lambda.D}{L + \lambda.D}$$

Where:-

λ= معامل يمكن الحصول عليه من الشكل (١-١١)

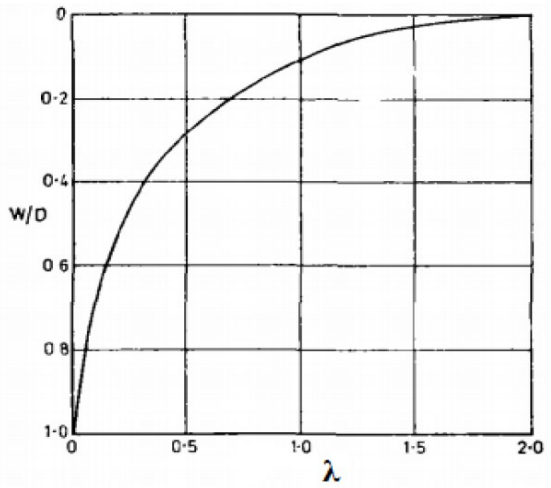


Figure (١٠-٣) Factor λ versus ratio w/D

نظام الآبار العميقة (Deep Wells):-

فى هذا النظام يتم حفر آبار باستخدام ماسورة بقطر يزيد عن ٣٠سم لتغليف الحفر وذلك حتى العمق المطلوب والذى يتجاوز ٨ متر ثم يتم انزال ماسورة بقطر أقل من الماسورة الخارجية بحوالى ١٥سم بحيث تكون مخرمة ومغطاة بسلك شبك وجزءها السفلى مصمت لعدة أقدام ومسدود بما يشكل بيارة لنزول الطلمبة الغاطسة .

ثم يتم وضع زلط متدرج فى الفراغ بين الماسورتين ليعمل كفلتر ومرشح لحبيبات التربة ثم يتم سحب ماسورة تغليف الحفر تدريجياً .

١- تستخدم في حالة تحقيق المياه لأى أعماق مطلوبة .

٢- يتم تنفيذ آبار عميقة يتراوح عمقها بين (١٠و٥٠) متر وبأقطار كبيرة تتراوح بين (٢٥و٥٠) سم.

٣- يوضع بداخل كل بئر طلمبة غاطسة وتعتمد كمية المياه على العمود الذى تستطيع الطلمبة رفعه .

٤- تعتمد نظرية عملها على سحب المياه من خلال فلتر البئر ثم رفعها إلى سطح الأرض و التخلص منها إلى المجاري العمومية.

٥- يتراوح عمق البئر بين ١,٥٠ إلى ٢,٠٠ عمق الحفر المطلوب تحقيق المياه به.

٦-شروط الفلتر المستخدم في البئر:

- $D_{15\,(filter)} > 4\,D_{85\,(soil)}$.

- $D_{15\,filter} \leq 5\,D_{85\,soil}$.

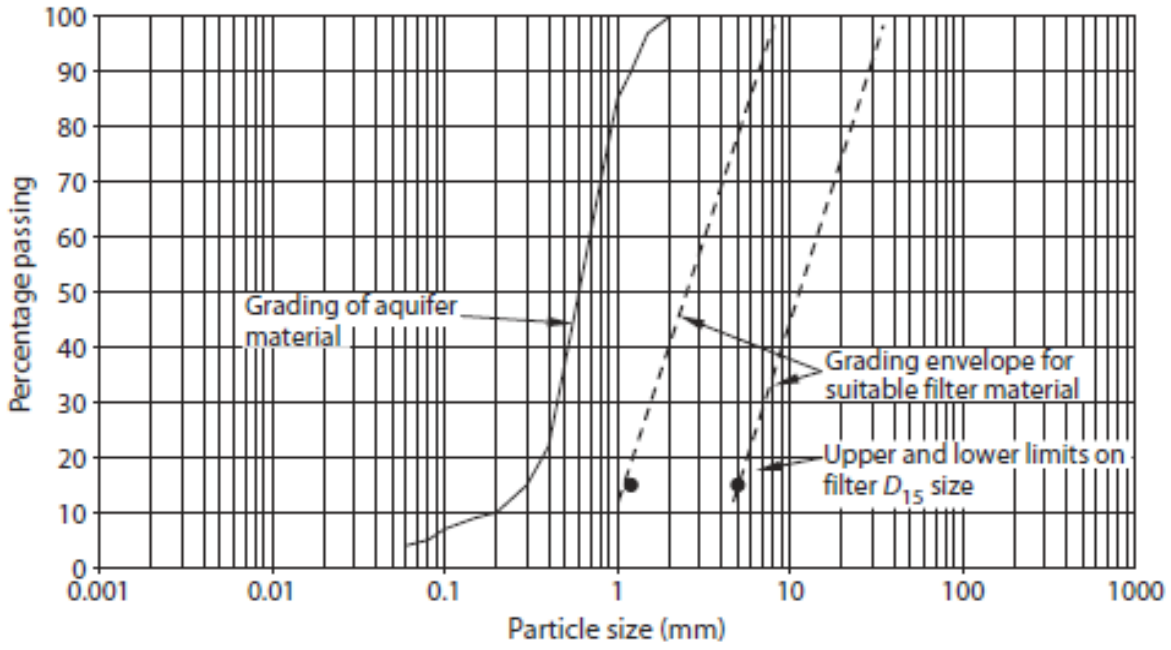
- $U_{filter} < 3$, $U = D_{60}/D_{10}$

٧-يوضح الجدول التالى قطر البئر الداخلى و قطر الحفرة الخارجي طبقاً لكمية المياه التى يستطيع ضخها .

Table 10.1 Recommended well screen and casing diameters

Maximum submersible pump discharge rate (L/s)	*Recommended minimum internal diameter of well screen and casing[a] (mm)*	*Recommended minimum diameter of boring[b] (mm)*
5	125–152	250–275
10	152–203	300–325
15	165–250	300–375
20	180–250	300–375
25	203–300	325–425
44	250–350	375–475

[a] The diameter will depend on the external dimensions of the pump used.
[b] The minimum diameter of boring is based on a nominal filter pack thickness of 50 mm. Slightly smaller diameters may be feasible if a natural filter pack can be developed in the aquifer.



منحنى التدرج الحبيبي للرمل بالموقع ولزلط الفلتر

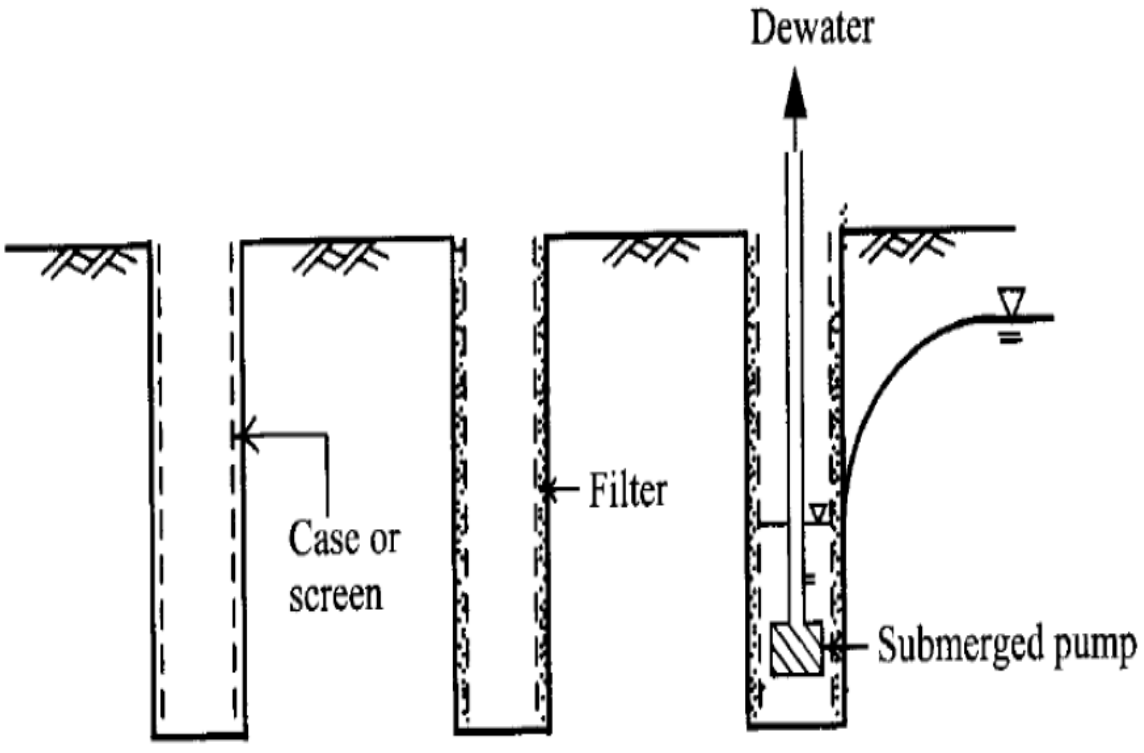


Figure (١١-٣) Construction of deep wells .

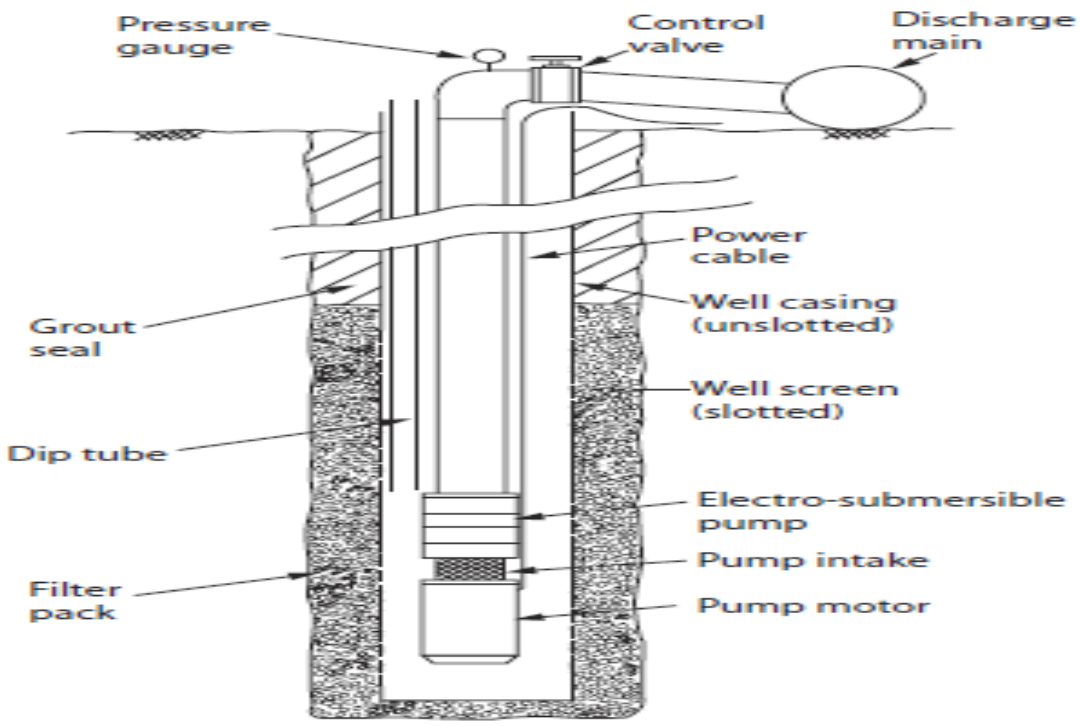
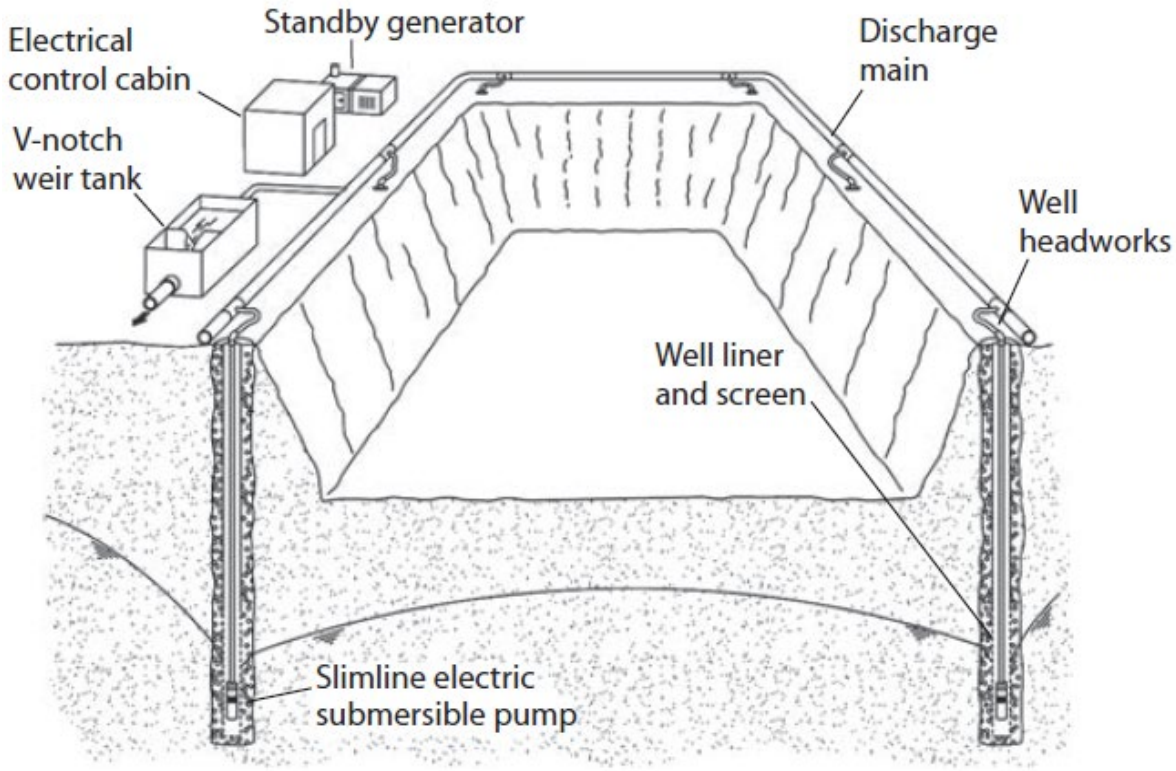


Figure (١٢-٣/ ١٣-٣) Typical deep wells system .

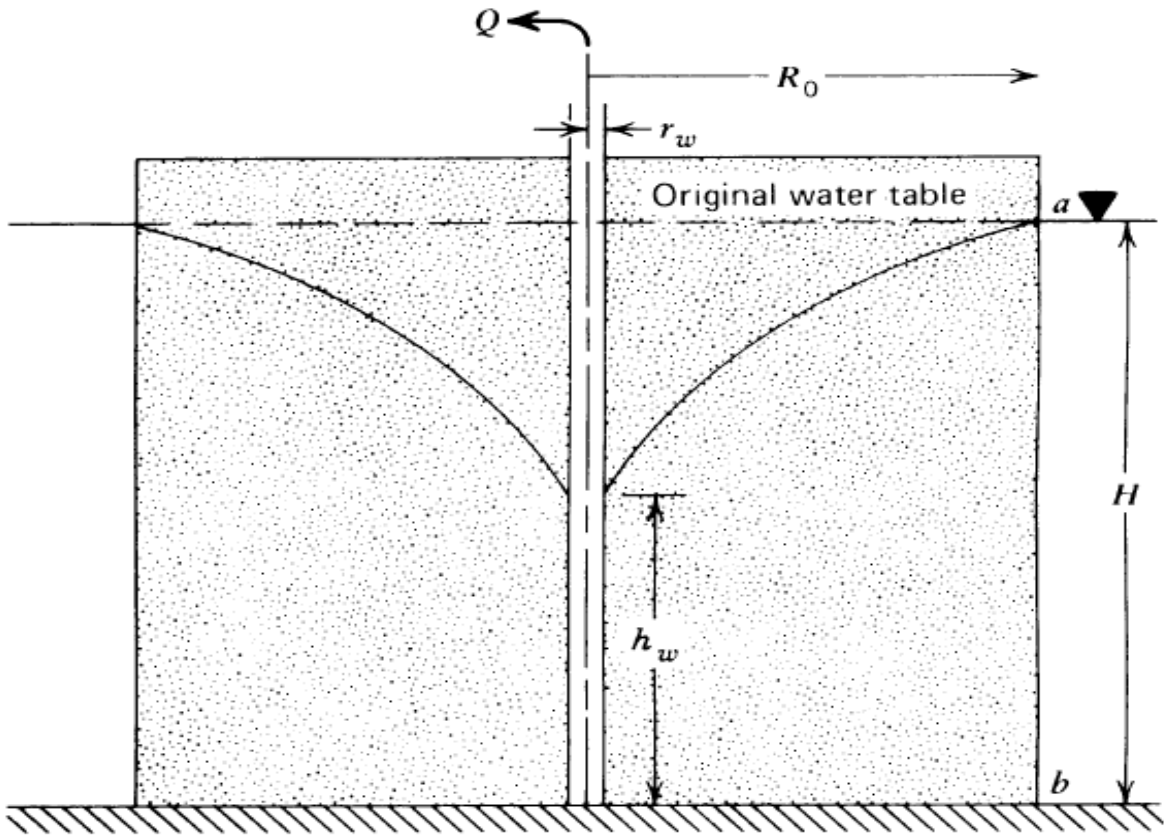


حالات الخزان الجوفى الذى يتم تحقيضه:-

١-خزان جوفى غير محصور (Unconfined Aquifer) :

وهو حالة وجود طبقة منفذة (رمل أو خليط من الرمل و الزلط) تكون حاملة للمياه الجوفية ويقع أسفلها طبقة غير منفذة (طين أو طمى أو صخر) وفى هذه الحالة يكون السريان بالجاذبية الأرضية ويطلق على البئر أنه بئر جذب.

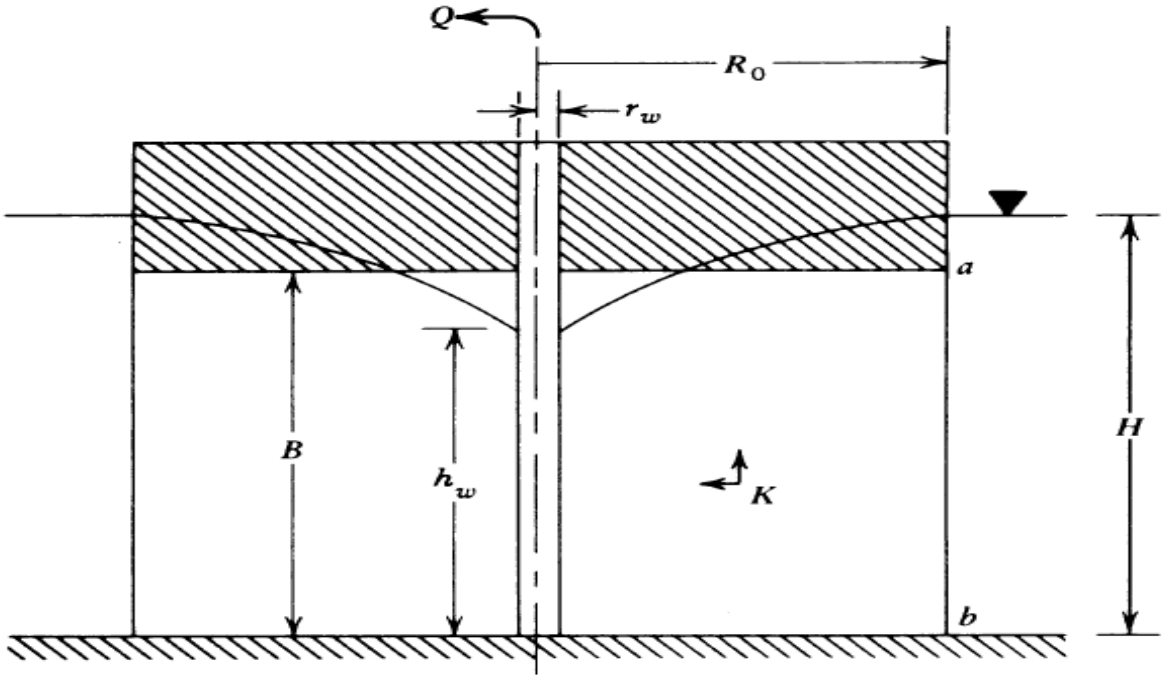
حيث تكون المياه الجوفية متصلة بشكل مباشر مع الغلاف الجوى بواسطة الفراغات بين الحبيبات .



٢- خزان جوفى محصور (Confined Aquifer):-

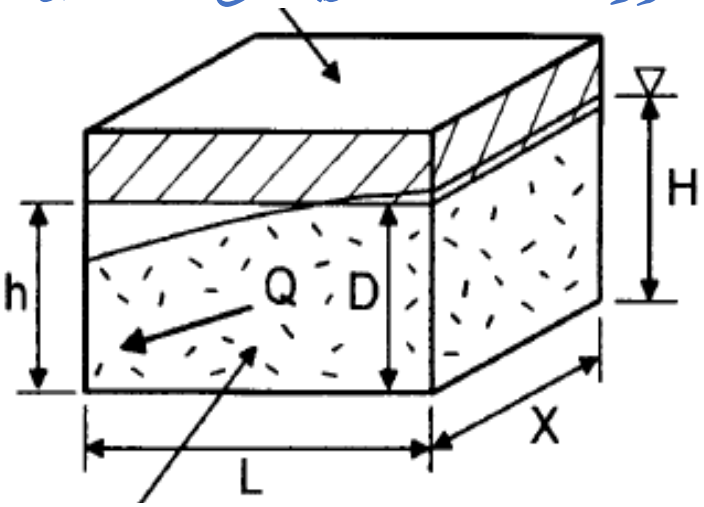
فى حالة وجود طبقة منفذة حاملة للمياه تقع بين طبقتين غير منفذتين مكونة بئر جوفى ارتوازى يكون تحت ضغط يطلق عليه الضغط الارتوازى وهو غالبا يكون أكبر من الضغط الجوى مما يسبب ارتفاع المياه فى البئر لمسافة تعادل الفرق بين الضغط الجوى والضغط الارتوازى .

ويشترط أن يكون ارتفاع المياه فى الآبار أكبر من سمك الطبقة الحاملة . (ho> D)



مع ملاحظة أنه إذا وصل التخفيض إلى الطبقة المنفذة للمياه يتم التعامل مع هذه الطبقة وكأنها غير محصورة ويعتبر السريان فى هذه الحالة مشترك

حيث يكون السريان بالجاذبية خلال مسافة السريان فى الطبقة الحاملة للمياه وسريان ارتوازى خلال مسافة السريان فى الطبقة الغير منفذة .



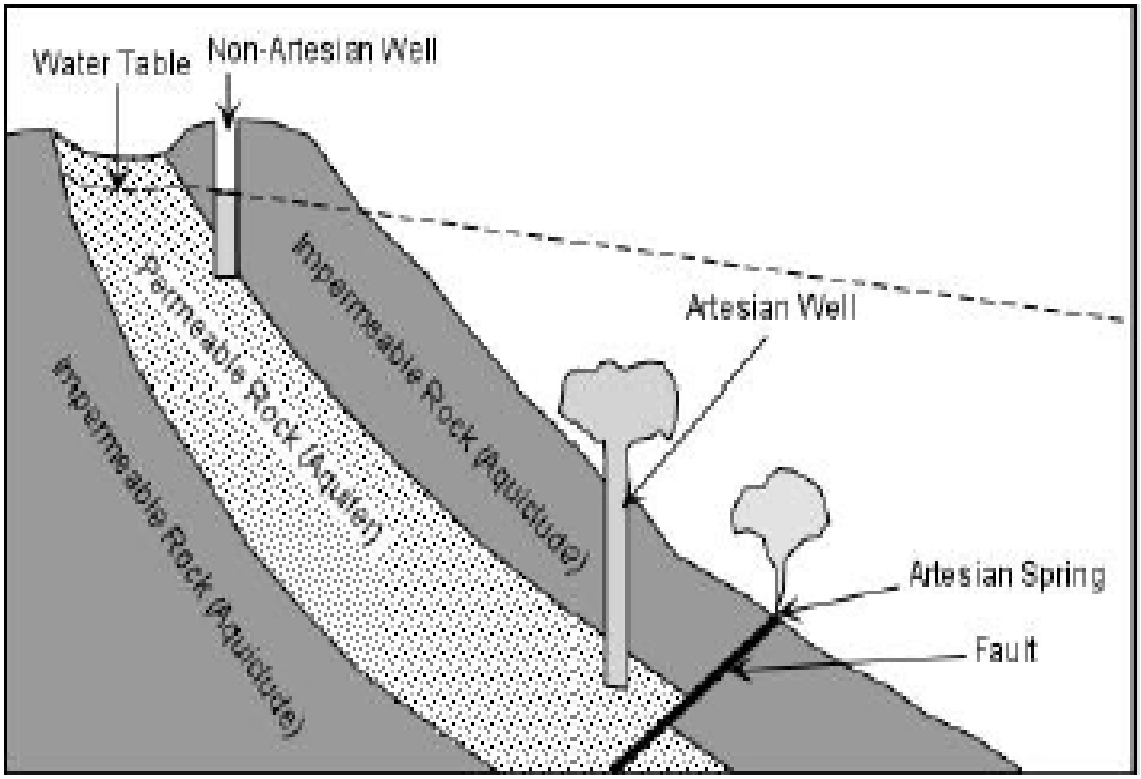


Figure (٣-١٤) The types of Aquifers.

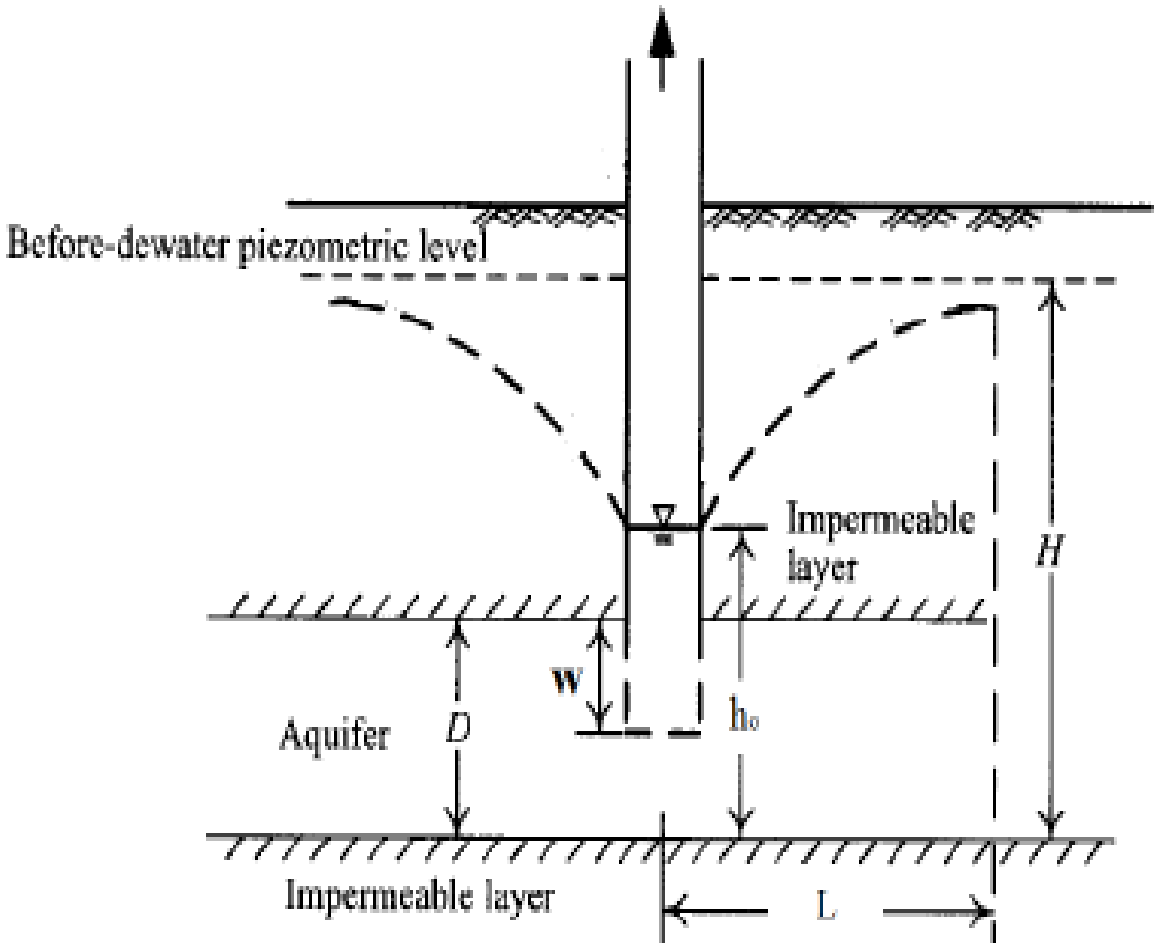


Figure (١٠-٣) Confined Aquifer (Artesian flow)

طريقة حقن التربة (Grouting) :-

تستخدم طريقة الحقن فى حالة التربة عالية النفاذية مما يجعل تصرف الآبار كبير جداً و مكلف للغاية حيث يتم حقن التربة بمواد لاحمة اسمنتية أو بمواد كيميائية (معلق أو سائل أو محلول) لتقليل الفراغات بين حبيبات التربة مما يؤدى إلى تقوية التربة و تقليل النفاذية و يعتمد اختيار مادة الحقن على التوزيع الحجمى لحبيبات التربة.

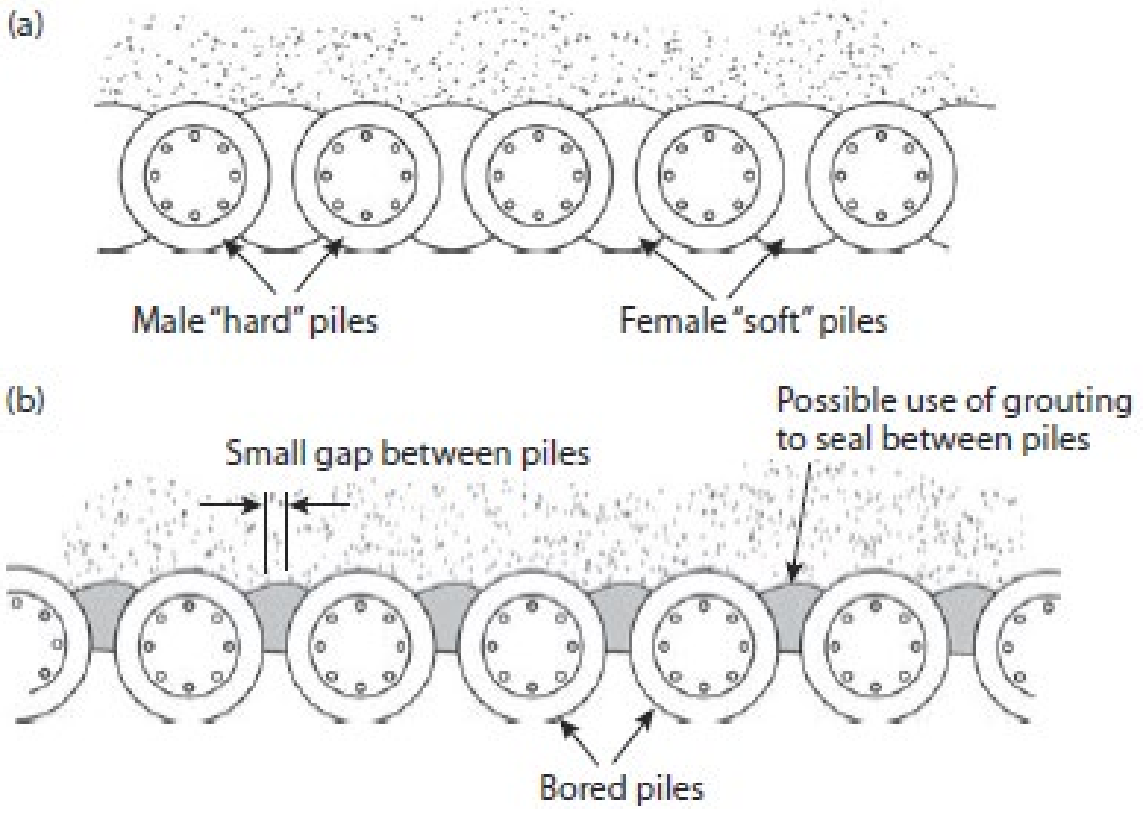
و من عيوب هذه الطريقة هى التكلفة العالية لذلك يجب الاقتصاد فى عملية الحقن لذلك يفضل الحقن بالسوائل لأنها تملأ جميع الفراغات عكس الرغويات التى تملأ الفراغات الكبيرة فقط.

والمواد المستخدمة فى الحقن هى :-

١- المواد الأسمنتية و البنتونيت و هو يستخدم عند الحاجة إلى تقوية التربة مع تقيض النفاذية حيث يتم تنفيذ ثقوب رئيسية حول الحفر على أبعاد من ٢,٥ الي ٥ متر يتخللها ثقوب ثانوية و هو يعطى نتائج جيدة للتربة الرملية .

كما يمكن الحقن باستخدام مستحلبات البنتونيت و الطين و أحياناً يضاف إليهم مواد كيميائية و تستخدم فى حالة التربة الناعمة و الزلطية بغرض تقليل النفاذية فقط دون الحاجة لتقوية التربة .

٢-الحقن بالمواد الكيميائية وهو يستخدم للتربة الزلطية الرملية والرملية الناعمة وذلك باستخدام مواد كسيليكات الصوديوم التى تخلط بمواد أخرى لتكوين عجينة للحقن تسمى عجينة السيليكا ثم تدق أنابيب الحقن وتبدأ عملية الحقن ملأ فراغات التربة .



الطريقة الكهروأسموزية (Electro Osmosis) :-

هى الطريقة الأمثل لنزح المياه من التربة الناعمة المتماسكة حيث يتم امرار تيار مستمر بين قضيبين مدفونين فى التربة المشبعة مما يؤدى إلى انتقال المياه من القضيب الموجب (الأنود) إلى القضيب السالب (الكاثود) والذى يكون عبارة عن بئر ابرى يتصل بمضخة تسحب المياه إلى خارج الموقع .

ومن عيوب هذه الطريقة التكلفة العالية لذلك تستخدم غالباً لتحسين خواص التربة الناعمة المتماسكة.

.....

طريقة الهواء المضغوط (Compressed Air) :-

فى حالة كان الحفر داخل حيز محصور كبيارة فمن الممكن التخلص من المياه عن طريق زيادة الضغط داخل هذا الحيز مما تؤدي إلى دفع المياه للخارج .

والمثال الأكثر شيوعا لهذه الطريقة هو قيسونات الهواء المضغوط.

.....

طريقة تجميد مياه التربة (Freezing) :-

فى حالة التربة الناعمة المتماسكة حيث النفاذية الضعيفة جداً يمكن استخدام هذه الطريقة حيث يتم دق مواسير حول موقع الحفر بمسافات ١ متر

الي ١,٥ من المركز إلى المركز .

تتكون كل واحده هذه المواسير من ماسورتين متداخلين , الماسورة الخارجية بقطر (من ١٠ الي ١٥ سم) وتكون من الصلب أو البلاستك و مغلقة النهاية و الماسورة الداخلية بقطر (من ٣,٨ الي ٧,٥ سم) مفتوحة النهاية ومتصلة من أعلاها بوحدة التجميد.

يبدأ العمل بضخ سائل التبريد خلال الماسورة الداخلية مما يؤدى إلى اندفاعه فى الفراغ بين الماسورتين فيعمل على تبريد وتجميد التربة حول الماسورة ثم يعود السائل مرة أخرى إلى وحدة التجميد وهكذا حتى تكتمل عملية التجميد والتى قد تستغرق من ٦ أسابيع الي ٤ أشهر .

ويمكن تخفيض زمن التجميد إلى الخمس باستخدام سائل النيتروجين حيث تستغرق العملية عدة أيام أوعدة ساعات .

وهذه الطريقة مكلفة للغاية ولا تستخدم إلا عند فشل كل طرق النزح السابق ذكرها .

الفصل الرابع

الخلفية التصميمية للدراسة

- خطوات تصميم الدراسة.
- العوامل المؤثرة في الدراسة.

خطوات تصميم نظام النزح الجوفى :-

١- يتم تحديد قيمة معامل نفاذية التربة (k).

٢- يتم تحديد قيمة نصف القطر المكافئ للموقع طبقاً لشكل وأبعاد الموقع (re).

٣- يتم تحديد قيمة نصف دائرة التأثير للموقع وذلك طبقاً لنفاذية التربة ومقدار التخفيض المطلوب (Ro) أو (Lo).

٤- يتم تحديد كمية المياه المسحوبة من الموقع كله (Q) كأنه بئر واحد فقط وذلك طبقاً لنوع خزان المياه الجوفية (Aquifer) والعوامل من (١) إلى (٣) أعلاه .

٥- تستخدم المعادلة المناسبة لحساب (Q) لحالات الآبار المختلفة ومنها التى تصل إلى نهاية الطبقة الحاملة للمياه (Fully Penetrating Wells) أو لا تصل لنهاية الطبقة الحاملة للمياه (Partially Penetrating Wells).

٦- يتم تحديد كمية المياه التى يستطيع البئر الواحد سحبها (q_w) وتكون في حدود من ٢٠ إلى ١٥٠ م٣/ساعة.

٧- يتم تحديد عدد الآبار بناتج قسمة كمية المياه المسحوبة من الموقع كله (Q) كأنه بئر واحد فقط على قدرة السحب للبئر الواحد (q_w) مع أخذ معامل أمان ٠,٨٠ في المقام.

$$N = Q/(0.80 * qw)$$

Where: -

N = Number of Wells;

Q = Total Discharge from the Site, , m^3/hr

qw = Discharge per Well, (m^3/hr).

٨- يتم تحديد قيمة التخفيض (Drawdown) الذى يتسبب به كل بئر على حده.

٩- يتم جمع قيم التخفيض الكلية عند نقطتين على الأقل :-

أ- النقطة الأولى في منتصف الموقع.

ب- النقطة الثانية هي ركن من أركان الموقع.

وذلك للتأكد من تخفيض منسوب المياه على كامل مساحة الموقع.

العوامل المؤثرة في النزح الجوفى :-

١ - نفاذية التربة:

ويتم حسابها بأحد الطرق الآتية:

أ- عن طريق اختبار الضخ الحقلى (أدق طريقة).

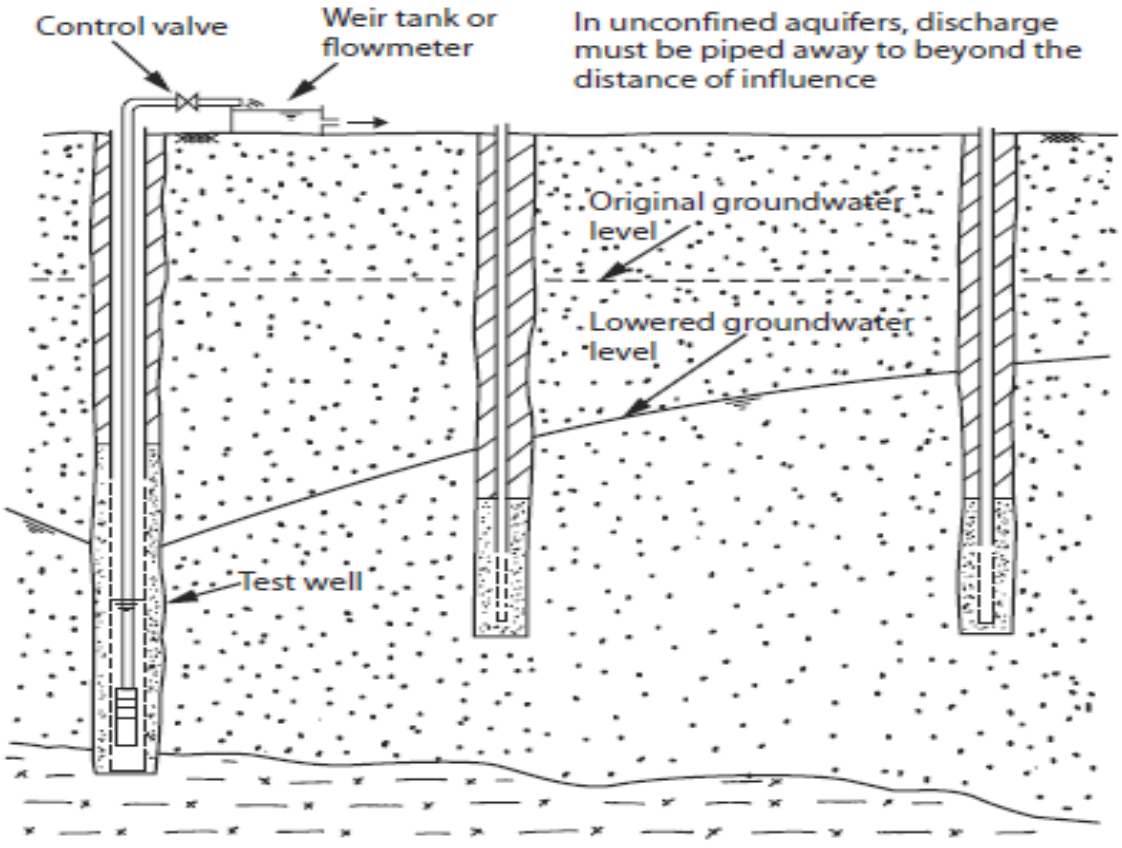
ب- عن طريق منحنيات التدرج الحبيبى للتربة التى يتم سحب المياه منها (ذات دقة متوسطة).

ج- عن طريق اختبار النفاذية المعملى (ذات دقة متوسطة).

Table 3.1 Typical values of soil permeability

Soil type	*Typical classification of permeability*	*Permeability (m/s)*
Clean gravels	High	$>1 \times 10^{-3}$
Clean sand and sand/gravel mixtures	High to moderate	1×10^{-3} to 5×10^{-4}
Fine and medium sands	Moderate to low	5×10^{-4} to 1×10^{-4}
Silty sands	Low	1×10^{-4} to 1×10^{-6}
Sandy silts, very silty fine sands, and laminated or mixed strata of silt/sand/clay	Low to very low	1×10^{-5} to 1×10^{-8}
Fissured or laminated clays	Very low	1×10^{-7} to 1×10^{-9}
Intact clays	Practically impermeable	$<1 \times 10^{-9}$

Figure (٤-١) Typical Permeability Coefficients (k) .



3.1 Components of a pumping test.

Figure (٤-٢) Components of a Pumping Test

أ-استخدام اختبار الضخ في تحديد قيمة معامل النفاذية بالموقع:-

$$k = \frac{2.3q}{4\pi\Delta s D}$$

Where: -

k = Coefficient of Permeability;

q = Constant Flow Rate from the Test Well;

Δs = Slope of Drawdown Line per log cycle of time;

D = Aquifer Thickness (m). إذا لم يكن معلوم يفرض كرقم بين 25 و 50 متر

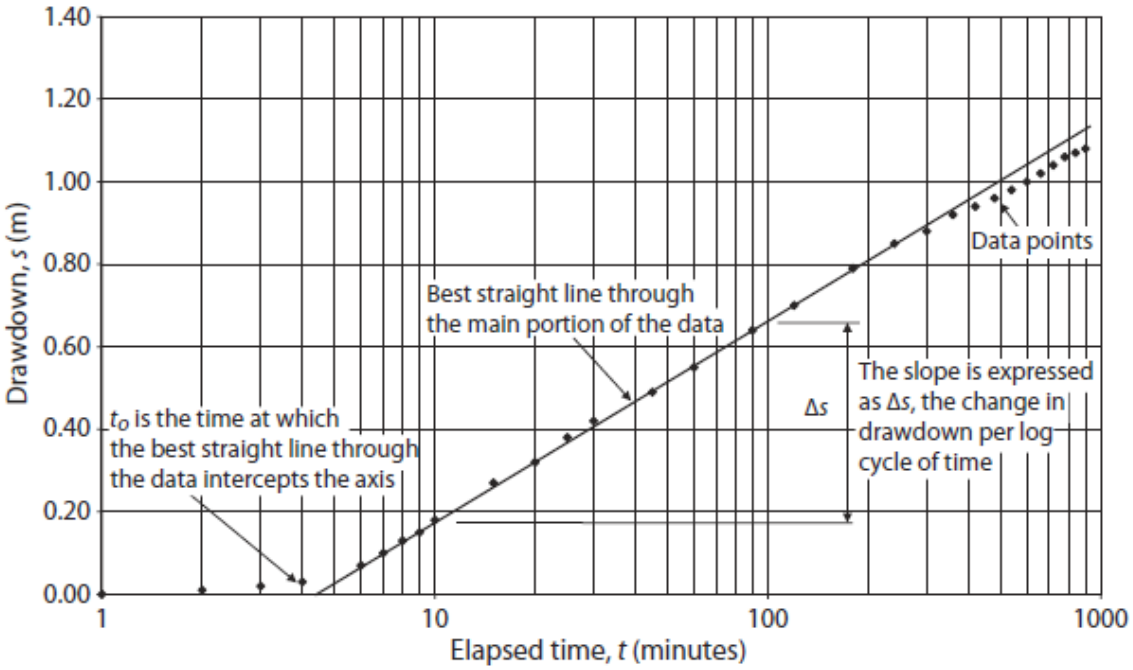


Figure (٣-٤) Cooper-Jacob Method for Time-Drawdown Data.

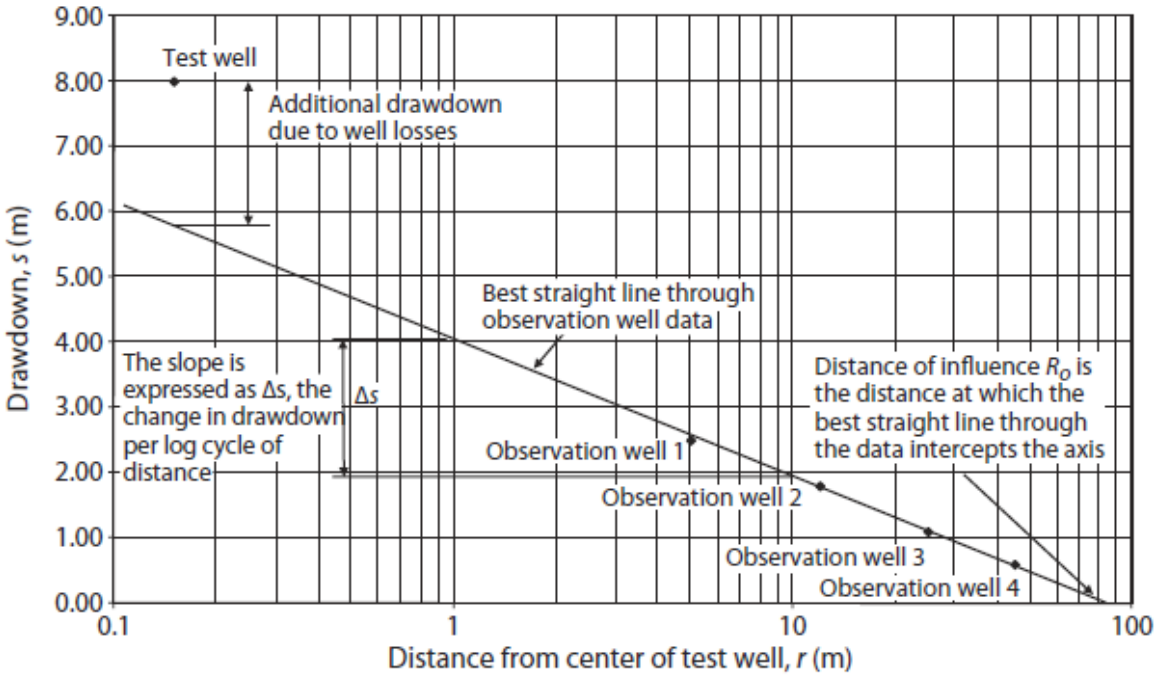


Figure (٤-٤) Cooper-Jacob Method for Distance-Drawdown Data.

.....

(ب) ١-استخدام منحنى التدرج الحبيبي في تحديد قيمة معامل النفاذية :-

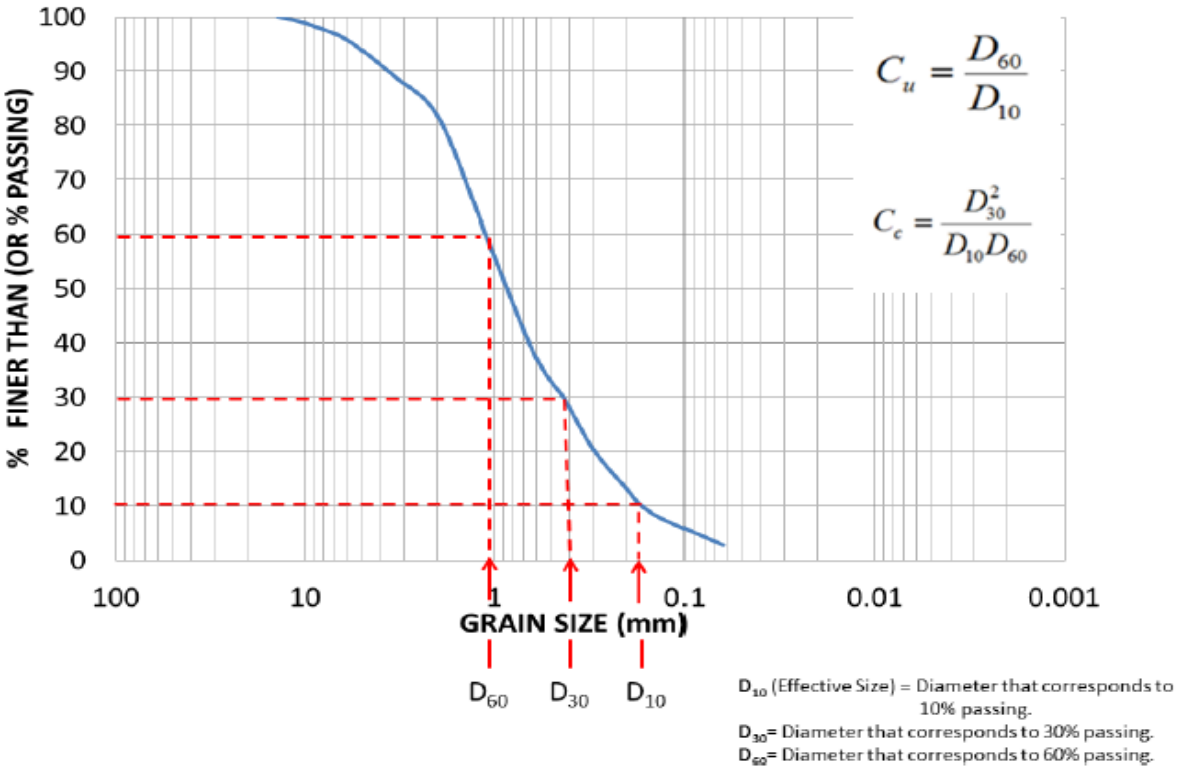


Figure (٥-٤) Gradient Curve Data

(ب) ٢-استخدام منحنى التدرج الحبيبى استخدام منحنى التدرج الحبيبى لعينات الرمل في تحديد قيمة معامل النفاذية :-

$$k = C\ D_{10}^{2}$$

Where: -

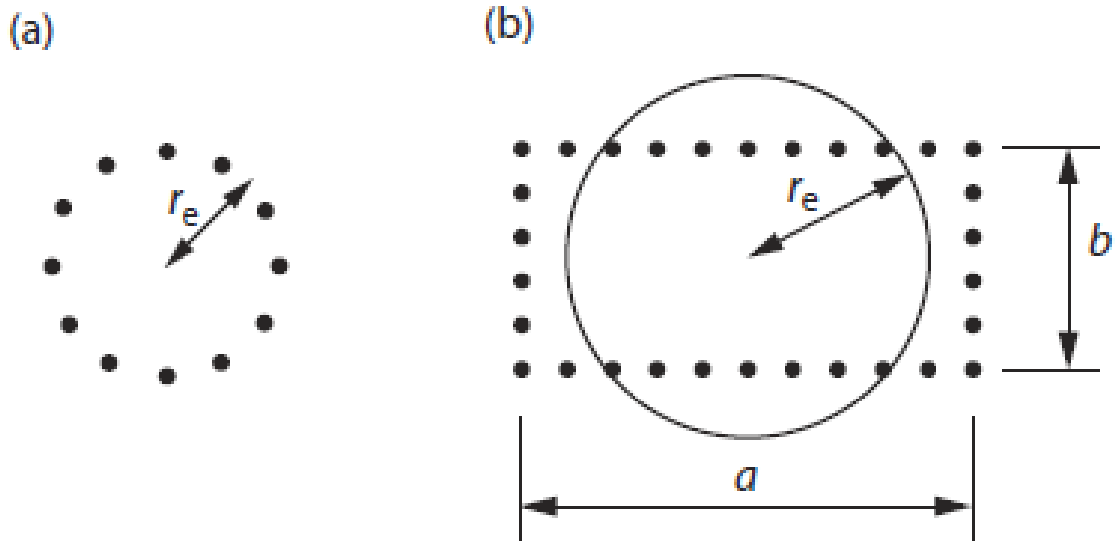
C = Constant = 100 up to 150 ;

D_{10} = Effective Diameter as obtained from the grading curve

٢- نصف القطر المكافئ للموقع ككل (r_e) :-

$$r_e = \sqrt{\frac{ab}{\pi}}$$

$$r_e = \frac{(a+b)}{\pi}$$



٣- نصف قطر دائرة تأثير سحب المياه:

حساب نصف قطر دائرة تأثير سحب المياه:

أ- حالة السريان في شكل دائرى حول البئر:-

$$R_o = 3000 (H - h_w) \sqrt{k}$$

Where: -

Ro = Radius of Influence, (m);

(H-hw) = Required Drawdown, (m);

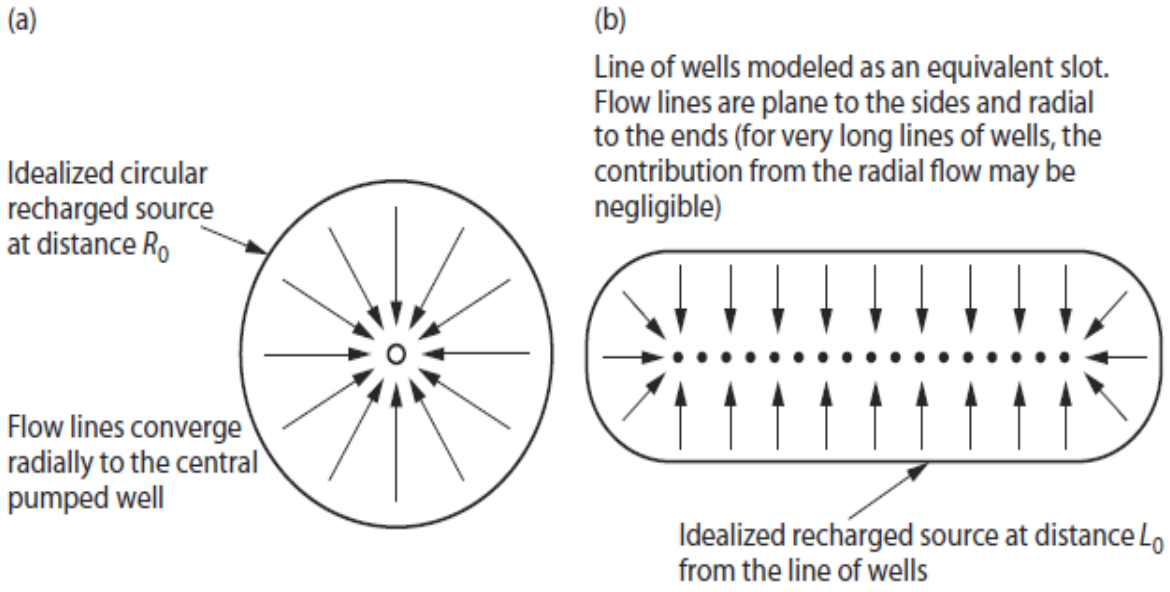
k = Coefficient of Permeability, (m/sec).

ب- حالة السريان في مستوى (مثل الحفر الشريطى):-

$$L_o = 1750 (H - h_w) \sqrt{k}$$

Where: -

Lo = Length of Influence, (m).



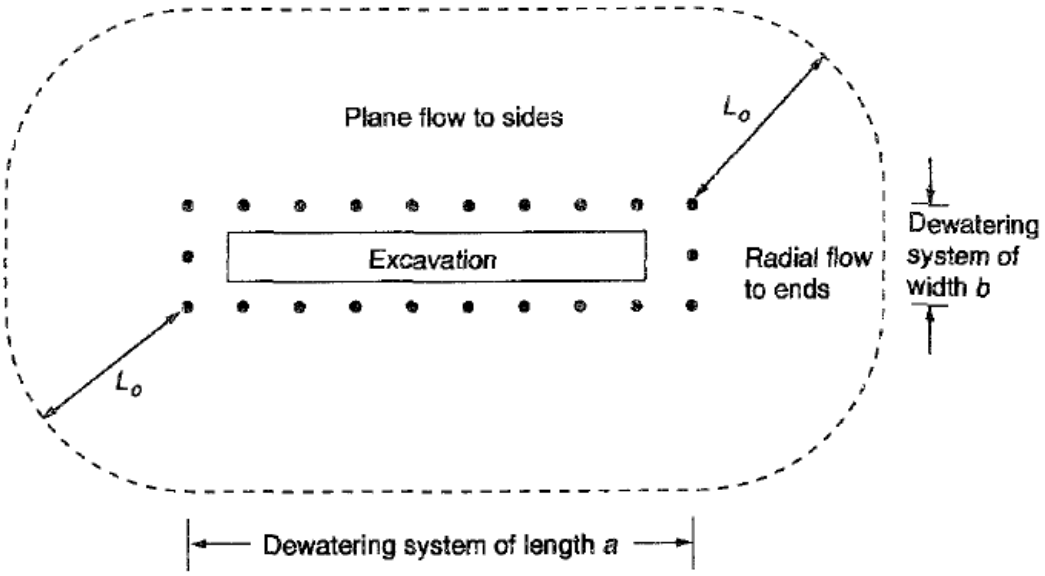


Figure (٦-٤) Plane and Radial Flow to excavations.

٤- كمية المياه المسحوبة من الموقع كله كبئر واحد :-

ا-تحديد كمية المياه المسحوبة من الموقع كله كبئر واحد (Confined Aquifer):

$$Q = \frac{2\pi\ kD\ (H - h_w)}{ln\left[R_o / r_e\right]}$$

Where: -

Q = Total Discharge from the Site, (m^3/sec);

k = Coefficient of Permeability, (m/sec).

D = Confined Aquifer Thickness, (m);

($H-h_w$) = Required Drawdown, (m);

R_o = Radius of Influence, (m);

r_e = Equivalent Dewatering Area Radius, (m).

ب-تحديد كمية المياه المسحوبة من الموقع كله كبئر واحد (unConfined Aquifer)

سحب المياه بشكل دائرى:

$$Q = \frac{\pi\, k \left(H^2 - h_w^2\right)}{ln\left[R_o / r_e\right]}$$

Where: -

Q = Total Discharge from the Site, (m^3/sec);

k = Coefficient of Permeability, (m/sec).

H = Initial Water Level in Aquifer, (m);

h_w = Lowered Water Level in Equivalent Well, (m);

R_o = Radius of Influence of Total Area, (m);

r_e = Equivalent Radius of Total Site Area, (m).

ج-تحديد كمية المياه المسحوبة من الموقع كله كبئر واحد مع معاملاته .

وذلك للسريان كشكل مستوى

$$Q = [0.73 + 0.23\,(P/H)]\frac{k\ x \left(H^2 - h_w^2\right)}{L_o}$$

Where: -

Q = Total Discharge from the Site, (m^3/sec);

P = Depth of Well Penetration into the Aquifer,

Below the Water Table, (m);

H = Initial Water Level in Aquifer, (m);

k = Coefficient of Permeability, (m/sec);

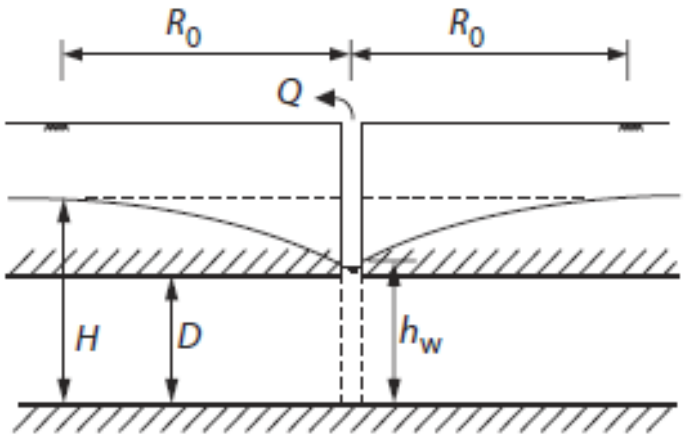
x = Total Trench Length, (m);

h_w = Lowered Water Level in Equivalent Well, (m);

L_o = Length of Influence of Total Area, (m).

Radial flow to wells

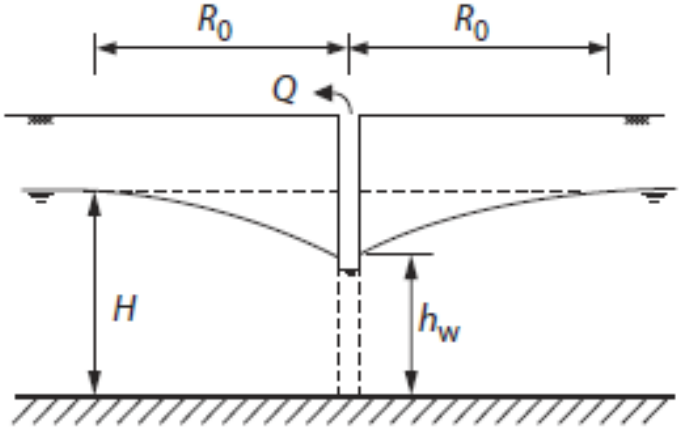
Fully penetrating well, confined aquifer, circular source at distance R_0 (Theim equation)



$$Q = \frac{2\pi kD(H - h_w)}{\ln[R_0/r_e]} \qquad (7.3)$$

k = soil permeability;
D = thickness of confined aquifer;
H = initial piezometric level in aquifer;
h_w = lowered water level in equivalent well;
r_e = equivalent radius of well;
R_0 = radius of influence.

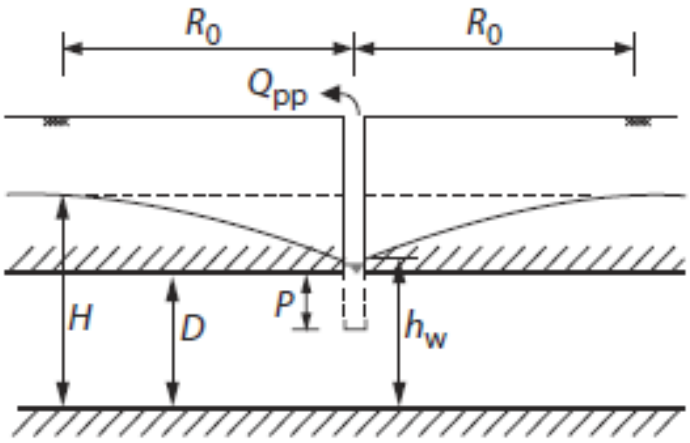
Fully penetrating well, unconfined aquifer, circular source at distance R_0 (Dupuit–Forcheimer equation)



$$Q = \frac{\pi k(H^2 - h_w^2)}{\ln[R_0/r_e]} \qquad (7.5)$$

k = soil permeability;
H = initial water table level in aquifer;
h_w = lowered water level in equivalent well;
r_e = equivalent radius of well;
R_0 = radius of influence.

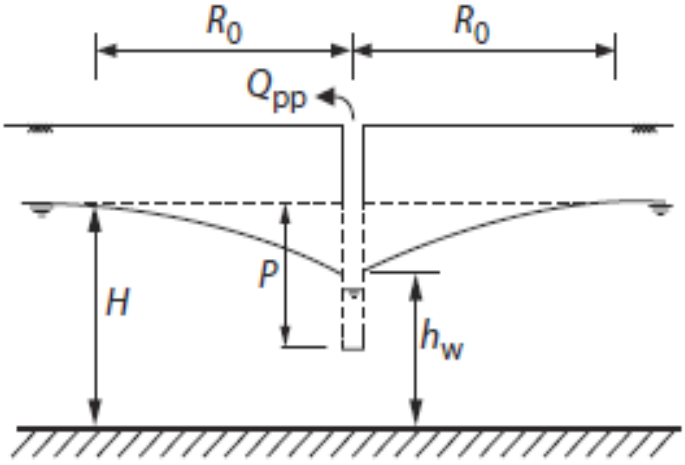
Partially penetrating well, confined aquifer



$$Q_{pp} = BQ_{fp} \qquad (7.7)$$

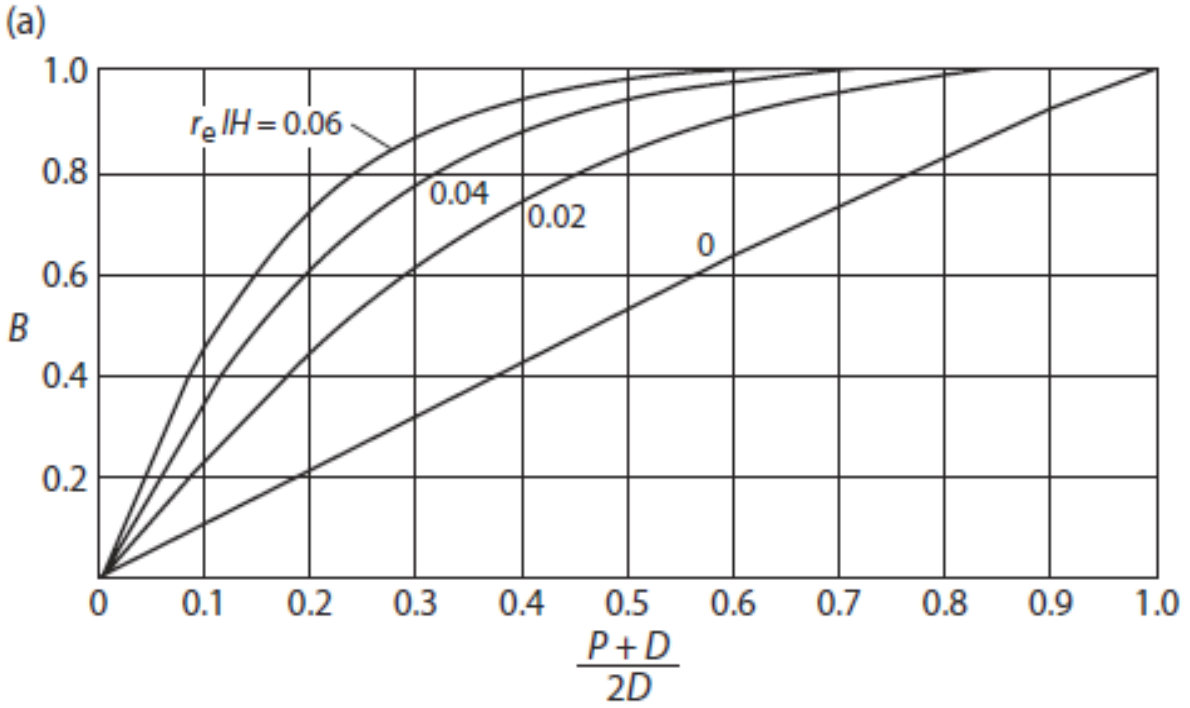
Q_{pp} = flow rate from a partially penetrating well;
Q_{fp} = flow rate from a fully penetrating well;
B = partial penetration factor for radial flow (obtained from Figure 7.10a).
P = depth of penetration of well into aquifer

Partially penetrating well, unconfined aquifer

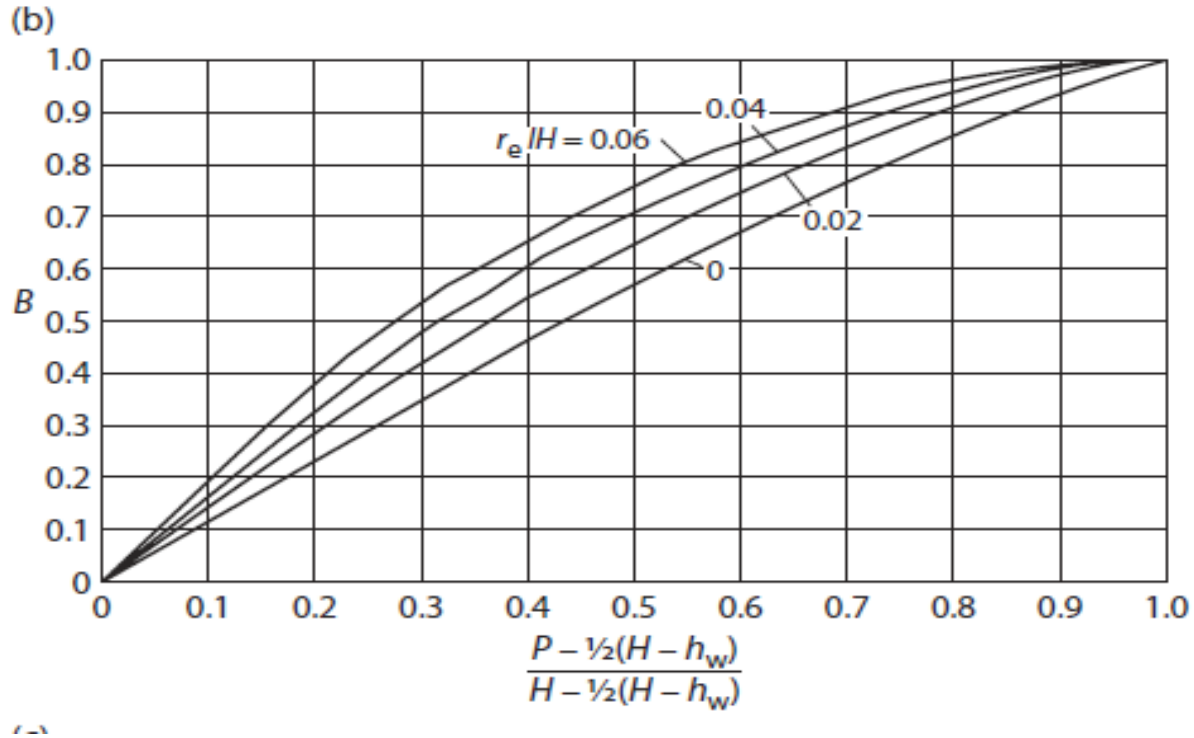


$$Q_{pp} = BQ_{fp} \qquad (7.7)$$

Q_{pp} = flow rate from a partially penetrating well;
Q_{fp} = flow rate from a fully penetrating well;
B = partial penetration factor for radial flow (obtained from Figure 7.10b).
P = depth of penetration of well below original water table.

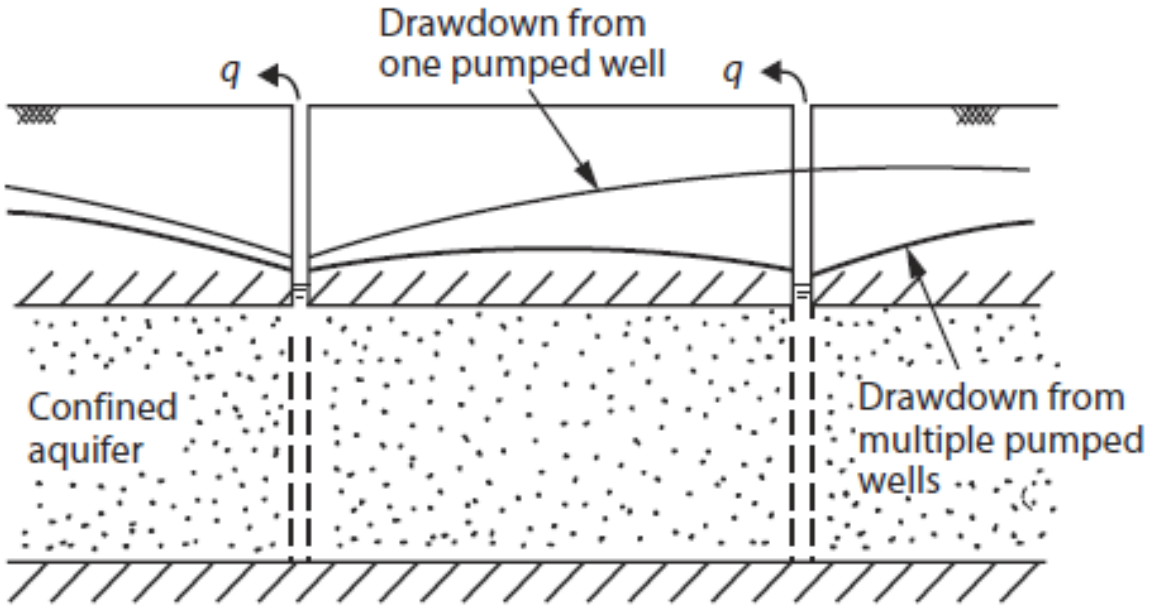


(a) Confined Aquifer



(b) Unconfined Aquifer

٥- كمية المياه المسحوبة من بئر واحد :-



$$q_w = \frac{2\pi\, r\, l_w \sqrt{k}}{15}$$

Where: -

qw = Quantity of Well Discharge, (m^3/sec);

r = Radius of the Well Borehole, (m);

lw = Length of Well Wetted Length (m);

lw = 0.67 Well Screen Length (m);

k = Coefficient of Permeability, (m/sec).

٦- عدد الآبار المستخدمة :-

$$N = \frac{Q}{0.80 * q_w}$$

Where: -

N = Total Number of Wells;

Q = Total Site Discharge, (m^3/sec);

qw = Quantity of Well Discharge, (m^3/sec);

0.80 = Safety Factor.

٧- قيمة التخفيض الكلية لجميع الآبار :-

$$Drawdown, D_d = \sum H^2 - \sqrt{H^2 - q_w \frac{ln(R / r_w)}{\pi k}}$$

Where: -

D_d = Total Drawdown for All Wells, (m);

H = Aquifer Depth, (m);

q_w = Discharge per Well, (m^3/sec);

R = Radius of Influence of Total Area, (m);

r_w = Radial Distance Between Well and Drawdown Calculation Point, (m);

k = Coefficient of Permeability, (m/sec).

الفصل الخامس

ملاحظات هامة

ملاحظات هامة على أعمال النزح الجوفى :-

١- يصادف أحياناً أن يحدث تسرب للمياه سواءاً بفعل الأمطار أو الأنشطة البشرية إلى طبقات التربة وعندما يكون أسفل هذه الطبقات طبقة غير منفذة للمياه مثل الطين فإن المياه تتجمع مكونة ما يشبه البئر الجوفى وبالرغم من أنها مياه غير جوفية إلا أنها تسبب نفس المشاكل عند الإنشاء وتحتاج إلى التعامل معها وتتواجد هذه الظاهرة فى عدد من المناطق وخاصة التى تتواجد بها تربة انتفاشية حيث تتسرب المياه بفعل الأنشطة البشرية إلى طبقات التربة حتى تصل إلى التربة الانتفاشية والتى تعمل على منع تسرب المياه إلى أسفل.

وتظهر هذه المشكلة بصورة واضحة حيث تتسرب المياه الناتجة عن أعمال رى النباتات أو الكسور بمواسير الصرف أو المياه خلال الشقوق بالصخور ثم تتجمع فى سفح الجبل حيث تتواجد التربة الانتفاشية مسببة تجمعا للمياه على أعماق صغيرة من سطح الأرض وذلك كما هو موضح بشكل (٥-١).

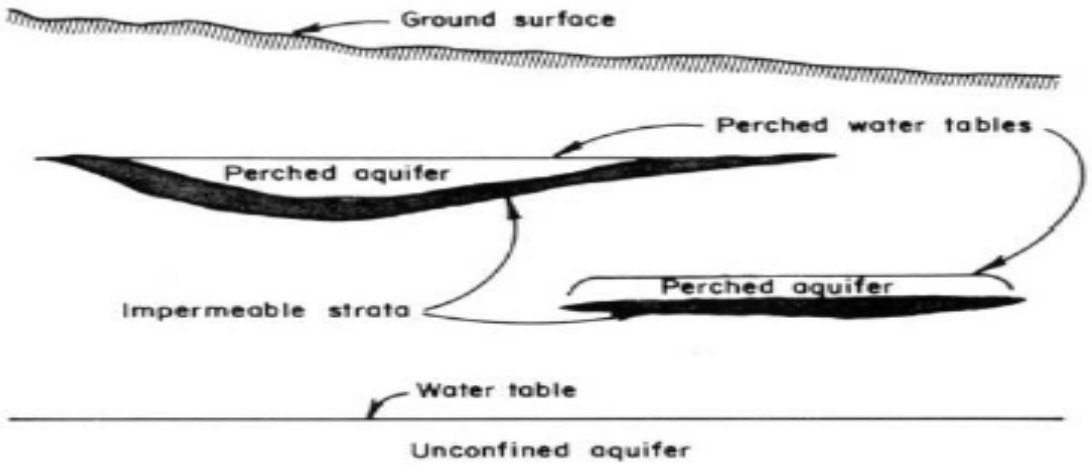


Figure (١-٥) Perched water.

٢- من أكبر التحديات التي تواجه المهندسين أثناء عملية النزح هو هبوط قواعد الجار نتيجة للتخفيض المقاوت القيمة أسفل قواعد الجار مما يؤدى إلى زيادة مقاومة في الاجهاد على طبقات التربة مما يسبب هبوط مقاوت لأساسات الجار. لذلك توصي الأكواد المختلفة بربط القواعد المنفصلة بكمرات جاسئة ذات تسليح سفلي وعلوي متساوي

كما يمكن التغلب على هذه المشكلة بالآتي:-

١- تنفيذ بئر تغذية بجوار الجار يعوض الفقد في سحب المياه.

٢- حقن التربة بالبنتونيت أو الأسمنت أو المواد الكيميائية مما يسبب غلق مسام التربة وهي طريقة مكلفة للغاية.

٣- عمل حوائط أو ستائر مانعة لمرور الماء على حدود الجار.

قائمة المصادر و المراجع

[1] Barlow P.M., Use of Simulation-Optimization Modeling to
Assess Regional Ground-Water Systems: U.S. Geological Survey Fact Sheet 2005-3095, 4 p (2005).

[2] S. Jiang, X. Kong, H. Ye, N. Zhou, Groundwater dewatering optimization in the Shengli No. 1 open-pit coalmine, Inner Mongolia, China, Environmen. Earth Sci. 69 (1) (2013)
187–196.

[3] S.M. Javad, S. Mojtaba, Optimum dewatering network design using firefly optimization algorithm, World Acad. Sci. Eng.Technol. Environmen. Ecolog. Eng. 2 (2015) 3.

[4] Yi Liu et al, A new optimization method for the layout of pumping wells in oases: application in the Qira Oasis, Northwest China, Water 11 (2019) 970, https://doi.org/10.3390/w11050970.

[5] S.A. Abbas, Optimum management of groundwater pumping by using simulated annealing technique, Kufa J. Eng. 7 (2) (2017) 9–19.

[6] M. Wang, C. Zheng, Groundwater management optimization using Genetic Algorithms (and simulated annealing : formulation and comparison, J. Am. Wat. Resour. Associat. (JAWRA) 34 (3) (1998).

[7] A. Ghaseminejad, M. Shourian, A simulation–optimization approach for optimal design of groundwater withdrawal wells' location and pumping rate considering desalination constraints, Environ. Earth Sci. 78 (2019) 270, https://doi.org/10.1007/ s12665-019-8273-5.

[8] Utah State University and Peralta and Associates Inc. SOMOS: Simulation/Optimization Modeling System. Optimization Software for Managing Groundwater Flow, Solute Transport, and Conjunctive Use. User's Manual for Lite and Standard Versions, 2003.