١٢ ـ ٦ ـ ٢ التربة

المعلومات التفصيلية عن أتربة المنطقة الواجب بزلها هي الاساس في اي تصميم للبزل . في المشاريع الكبيرة يكون من الضرورى وجود مسح تربة كامل للمنطقة . ويكفي بالنسبة للاغراض الاستطلاعية خارطة مسح تربة بمقياس ١ : ٥٠٠٠٠ ولكن لاغراض التصميم ينبغي ان تكون الخرائط بمقياس١ : ٥٠٠٠. الصور الجوية تكون اكثر ملاءمة لاغراض مسح التربة .

في مسح التربة لاغراض تصميم البزل في المناطق المروية يكون من الضروري عمل سلسلة من الثقوب holes بعمق اكثر من مترين . ويعتمد عمق الثقب على المنطقة . اذ يستدعي في بعض المناطق اخذ نماذج الى اعماق قد تصل الى ٣٠ متراً . ويمكن اخذ معلومات التربة كذلك من حفر ابار مراقبة observation wells او من ادخال مضغاط السوائل الى داخل الارض .

معلومات التربة الضرورية لاغراض البزل هي نسجة التربة وحركة الماء فيها وعمق الطبقة غير النفاذة في موقع المبازل . ان اغلب معادلات البزل لتحديد عمق وفواصل المبازل تحتاج الى معلومات عن عمق الطبقة غير النفاذة . الطبقة غير النفاذة ربما تكون تربة مرصوصة او ربما تكون تربة تحتية طينية النسجة . في التربة الاروائية الطمية alluvial soils يكون سبب وجود الطبقة غير النفاذة هو تعدد الطبقات المترسبة ذات النسجات المختلفة stratification . (انظر الفصل الرابع) .

١٢ ـ ٦ ـ ٢ ـ ١ قياس نفاذية التربة Measurement of Soil Permeability

نفاذية التربة المشبعة هي واحدة من صفات التربة المهمة في دراسات الري والبزل . وهي تعد اهم متغير من متغيرات التربة . اذ ان بعض الأتربة لها نفاذية تعادل ١٠٠٠٠٠ مرة بقدر نفاذية الأتربة الاخرى . والنفاذية هي صفة التربة لامرار السوائل خلالها . ويطلق على القيمة العددية لهذه الخاصية اسم الايصالية المائية (توصيل مائي) hydraulic conductivity . وتدل على معدل مرور الماء خلال مقد التربة . وبعبارة اخرى مقدار الماء المار خلال مقد التربة في وحدة الزمن . وتقاس عادة اما بالمتر لكل يوم (م / يوم) او بالسنتمترات لكل ساعة (سم / ساعة) .

تتأثر النفاذية بحجم وشكل الفراغات البينية التي ينساب الماء من خلالها وبالوزن النوعي ولزوجة ماء التربة .

هناك نوعان من عدة انواع من معدات قياس النفاذية وهما :

منفاذ الضاغط الثابت constant -head permeameter

منفاذ الضاغط المتغير variable- head permeameter

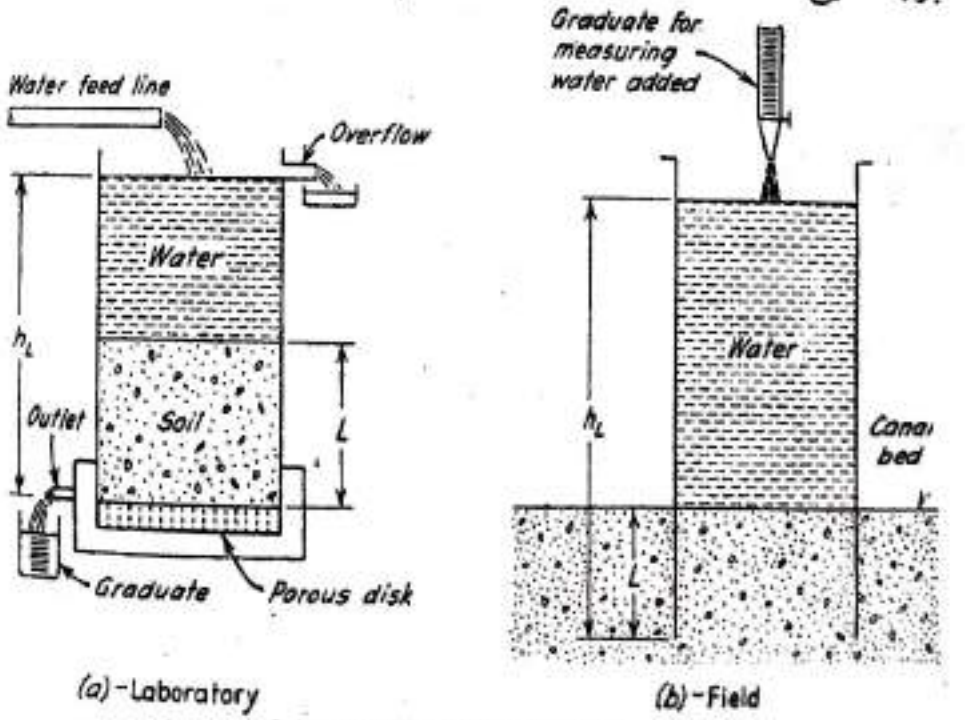
وسوف يقتصر شرحنا على طريقة الضاغط الثابت فقط نظراً لبساطتها وانتشار استعمالها . وتقاس نفاذية التربة عادة اما في المختبر او في الحقل

١٢ ـ ٦ ـ ٢ ـ ٢ قياس النفاذية في المختبر

(آ) طريقة العينة المثارة

عند استعمال نماذج تربة مثارة تجمع التربة في الحقل ثم توضع في انابيب المنفاذ في المختبر. في هذه الحالة لاتحافظ التربة على تركيبها الطبيعي عند ملء المنفاذ . وتستعمل هذه الطريقة بنجاح عادة في التربة العديمة التركيب . اقيام النفاذية المتحصل عليها بهذه الطريقة ليست بالضرورة متطابقة مع نفاذية التربة في الحقل ولكنها تفيد لاظهار التاثيرات النسبية لمختلف معاملات التربة في الحقل .

يمكن الحفاظ على ضاغط مائي ثابت في المنفاذ شكل ١٣ ـ ٢ اما بوساطة جريان مستمر للماء او بوساطة سحارة خاصة . وبهذه الطريقة تستطيع ان تولد جرياناً مستقراً steady flow . ويتم قياس الماء الخارج من عينة التربة بوساطة انبوب مدرج .



شكل ١٣ ـ ٢ مقاييس نفاذية ذات ضاغط ثابت

وبالاستناد الى معادلة دارسي للجريان

$$Q = AK \frac{h_L}{L} \qquad ١٣ - ٢$$

وبتغيير المواقع ينتج

$$k = \frac{QL}{Ah_L} \qquad ١٣ - ٣$$

حيث :

K = معامل النفاذية (الايصالية المائية) سم / ساعة او يوم

Q = حجم الجريان في وحدة الزمن سم^٣ / ساعة او يوم

A = مساحة المقطع العرضي لنموذج التربة الذي يشكل زاوية قائمة مع الجريان .

h_L = الفقد في الضاغط المائي .

L = طول الجريان .

مثال ١٣ ـ ١ عند استعمال منفاذ مساحته السطحية ٨٠٠ سم^٢ كان طول العينة الترابية في الجهاز ٢٠ سم . الفقد في الضاغط المائي ثابتاً ويساوي ٥ سم وكمية الماء الخارجة من نهاية النموذج الترابي هي ٠.٦ لتراً في ساعة واحدة . ماهو معامل النفاذية .

الحل ـ بتطبيق المعادلة ١٣ ـ ٣

$$\text{معامل النفاذية (K)} = \frac{٦٠٠ \times ٢٠}{٨٠٠ \times ٥} \qquad \text{(K)} = ٣ \text{ سم / ساعة}$$

(ب) طريقة العينة غير المثارة (عينة بكر)

العديد من الباحثين طوروا طرقاً مختلفة للحصول على عينات تربة غير مثارة . وعلى العموم تشمل هذه الطرق ادخال اسطوانة معدنية الى داخل التربة واخراجها بعد ملئها بالتربة . ويجري قياس النفاذية مباشرة على الاسطوانة المملوءة بالتربة . في هذه الطريقة تدخل اخطاء كبيرة في الحساب وذلك بسبب وجود ممرات جذور النباتات وبعض الحجارة في العينة الصغيرة . الاختلافات الكبيرة بين المكررات يجعل من الصعوبة استخدام نتائجها في الحقل .

من الاسطوانات المستعملة لقياس النفاذية هي اسطوانة كوبيكي KOPECKY وهي اسطوانة فولاذية بطول ٥١ ملم وقطر ٥٠ ملم وذات حافة حادة لغرض تسهيل عملية

ادخالها الى داخل التربة . تدخل هذه الاسطوانة بعناية في المكان المراد اخذ العينة منه بوساطة جهاز عينات اللباب Core sampler وبعد ان تمتليء بالعينة الترابية يحفر حولها بوساطة سكين لغرض قلع الاسطوانة الحاوية على النموذج . يؤخذ النموذج ويوضع في المنفاذ وربما يكون من الضروري تزيت السطح الداخلي للاسطوانة لتقليل الاحتكاك بينها وبين التربة .

مثال ١٣ ـ ٢ نموذج ترابي غير مثار اخذ بوساطة اسطوانة كوبيكي بطول ٥١ ملم ومقطع عرضي قدره ١٩.٦ سم وكان مقدار فقد الضاغط المائي ثابتاً ومقداره ١ سم وكمية الماء الخارجة من نهاية النموذج الترابي تساوي ٢٦٠ سم^{٣} في اليوم الواحد فما هو معامل النفاذية .

$$\text{معامل النفاذية} = \frac{٥,١ \times ٢٦٠}{١ \times ١٩,٦} = ٦٧.٦٥ \text{ سم / يوم}$$

١٣ ـ ٦ ـ ٢ ـ ٣ الطرق الحقلية لقياس النفاذية

(أ) قياس النفاذية في الحقل في حالة عدم وجود مستوى ماء جوفي قريب من السطح .

١ ـ طريقة المنفاذ The Permeameter Method

بعد اختيار المكان الملائم لاجراء الفحص بحيث يكون ممثلاً للمنطقة بصورة جيدة . يركب الجهاز في التربة وهو عبارة عن اسطوانة طولها حوالي ٤٥ سم يدخل جزء منها طوله ١٥ سم الى داخل التربة ويغطي سطح التربة المراد فحصها بطبقة من الرمل الخشن المتجانس النظيف لمنع تعجن سطح التربة اثناء اجراء الاختبار .

يركب مضغاطاً سوائل طول كل منهما ٤٥ سم بحيث يدخل نصف المضغاط الى داخل التربة بمسافة تبعد حوالي ٧.٥ ـ ١٠ سم من جهتي الاسطوانة ويدخل كذلك مشدادان دقيقان لقياس الشد الرطوبي الى داخل التربة في الجهتين المتقابلتين من الاسطوانة بحيث يشكلان زاوية قائمة مع المضغاطين . ويبعدان عن الاسطوانة بمسافة ٧.٥ ـ ١٠ سم ايضاً . تركب طوافة داخل الاسطوانة مربوطة بانبوب مطاط الى وعاء ماء للحفاظ على ضاغط ثابت مقداره ١٥ سم . بعد تشبع التربة داخل الاسطوانة (يمكن معرفة ذلك من قراءة المشداد = صفر) يمكن حساب النفاذية باستخدام قانون دارسي .

مثال ١٣ ـ ٣ عند استعمال منفاذ مساحته السطحية ١٠٧٠ سم٢ كان انسياب الماء مقداره ١٢ لتر في ساعة واحدة والفقدان في شحنة مضغاط السوائل المنساب خلال ١٥ سم من التربة كان ٣٠ سم فما هو معامل النفاذية .

الحل : باستخدام المعادلة ١٣ ـ ٣ .

$$\text{معامل النفاذية (K)} = \frac{١٢ \times ١٠٠٠ \times ١٥}{١٠٧٠ \times ٣٠} = ٥.٦ \text{ سم / ساعة}$$

٢ ـ طريقة البئر الضحل لدائرة الاستصلاح الاميركية

The USBR Shallow – Well Method

لقد طورت هذه الطريقة من قبل دائرة الاستصلاح الاميركية لاستعمالها في المواقع التي لا يوجد فيها سطح ماء جوفي مرتفع . وتشمل الطريقة على قياس حجم الماء المنساب افقياً من بئر يحافظ فيه على ضاغط مائي ثابت بوساطة طوافة . يحفر بئر دائري وعمودي خلال منطقة التربة المراد فحصها . يملأ البئر الى المستوى المطلوب ويثبت الماء عند هذا المستوى بوساطة طوافة مربوطة بحوض مائي مرتفع يمكن قياس مستوى الماء فيه . عندما يستقر جريان الماء . يسجل وقت البداية ومستوى الماء في الحوض . يقاس الماء في الحوض بفترات منتظمة خلال الايام القادمة ويعاد ملء . الحوض عند الضرورة .

يستمر الفحص الى ان تصبح التربة الموجودة حول الحفرة مشبعة بالماء ويكون الانسياب من الحوض ثابتاً تقريباً . عندما يثبت الانسياب لفترة ٢٤ ساعة يدل ذلك على ان محيط الحفرة اصبح مشبعاً بالماء .

من العوامل المحددة لاستعمال هذه الطريقة هو انها تستغرق فترة طويلة تتراوح بين ٣ ـ ٦ ايام وتحتاج الى كثير من المعدات . ويلزم كذلك كمية كبيرة من الماء نسبيا وخاصة اذا كانت نفاذية التربة اكثر من ٥ سم / يوم .

١٣ ـ ٦ ـ ٣ سطح الماء الجوفي

ان معرفة عمق سطح الماء الجوفي وتباينا ته تعطي معلومات قيمة تؤثر في تصميم نظام البزل . ويقصد بسطح الماء الجوفي water – table الحد الاعلى للتربة المشبعة بالماء الجوفي . ان السطح العلوي للماء الجوفي قد يكون مرتفعاً في بعض الاحيان بحيث يصل الى سطح الارض .

ان رصد مناسيب الماء الجوفي يتم عن طريق الوسائل التالية :

١ ـ الابار الموجودة في المنطقة .
٢ ـ ابار مراقبة
٣ ـ مضاغيط السوائل piezometers
٤ ـ مصادر المياه السطحية

١ـ ابار المنطقة ـ وهي الابار الموجودة في المنطقة والتي يحفرها المزارع و الفرديون لغرض سد احتياجاتهم المنزلية او لاستعمالها في سقي المواشي او استخدامها للري . ان قياس سطح الماء الجوفي يجب ان يتم قبل عملية الضخ او سحب المياه من هذه الابار . وفي حالة سحب الماء قبل عملية القياس يجب الانتظار لفترة كافية لكي يرجع الماء الجوفي الى مستواه الاصلي قبل السحب وهذا يتطلب فترات مختلفة اعتماداً على نفاذية التربة .

٢ـ ابار المراقبة ـ وهي عبارة عن ثقوب اسطوانية الشكل بقطر حوالي ١٠ سم تحفر بوساطة البريمة وتنزل الى ماتحت سطح الماء الجوفي ببضع عشرات من السنتمترات . وللحفاظ على ديمومة هذه الابار ومنعها من الانطمار بسبب احتمال انهيار جدرانها . وخاصة في المناطق ذات التربة الخفيفة . يفضل تبطينها بانابيب مثقبة . وملء الفراغ بين جدران انبوب التبطين والثقب الاسطواني بكمية من الحصى حتى تستطيع المياه الجوفية المرور من والى داخل الانبوب المثقب كما وتمنع طبقة الحصى من دخول التربة الى داخل الانبوب .

٣ـ مضاغيط السوائل : **المضغاط** هو عبارة عن انبوب ذي قطر صغير (١ سم او اكثر) مفتوح الطرفين يدفع الى داخل التربة بشكل عمودي الى العمق المطلوب . الغرض منه هو قياس شحنة الضغط ($\frac{P}{w}$) بقياس ارتفاع الماء في الانبوب . وبعبارة اخرى فان ارتفاع الماء في مضغاط السوائل قد يعني قيمة الضاغط المائي **hydraulic head** للمنطقة الواقعة في النهاية السفلى للانبوب .

تثبت مضاغيط السوائل عادة اما بشكل مجموعة الواحد جنب الاخر وباعماق مختلفة للتحري عن وجود حركة عمودية في المياه الجوفية بين طبقات التربة المختلفة . كوجود ضغط ارتوازي مثلاً . او تثبت بشكل منفرد اي بوجود مسافة معينة بين الواحد والاخر على ان يكونا بعمق واحد وذلك للتحرى عن اتجاه جريان نزيز المياه الجوفية .

عند ادخال المضغاط يحصل انسداد بوساطة التربة في النهاية السفلى . ويزال هذا الانسداد عادة بوساطة الغسل بتيار سريع من الماء **flushing** . وتتم هذه الطريقة بادخال انبوب بلاستيكي الى داخل المضغاط ودفع الماء من خلال هذا الانبوب نحو الاسفل . يؤدي هذا الضخ الى انسياب الماء نحو الاعلى عن طريق الفراغ الدائري الموجود بين الجدار الداخلي للمضغاط وانبوب الغسل . ويحمل معه التربة كمعلق

مع الماء ويستمر الغسل الى ان يتكون تجويف صغير تحت نهاية الانبوب ويصبح الماء صافياً . ويجب الانتباه الى عدم نزول انبوب التنظيف البلاستيكي الى اكثر من ٥ ـ ١٥ سم تحت النهاية السفلى للمضغاط .

٤ ـ المياه السطحية

ان مسح المياه الجوفية يبقى ناقصاً اذا لم يتم قياس مناسيب المياه السطحية الموجودة في المنطقة والتي تؤثر في الماء الجوفي .

ان مياه الجداول وقنوات الري والانهر والبحيرات اما ان تتصل بالماء الجوفي بشكل تكون متغذية منه effluent stream وبذلك يكون تاثير هذه المجاري كتاثير المبازل او انها هي التي تغذي الماء الجوفي عن طريق التزيز وبذلك يكون تاثيرها كقناة مغذية

في حالة اتصال مياه الانهر بشكل مباشر مع الماء الجوفي فان منسوب سطح الماء في النهر يعني منسوب سطح الماء الجوفي في تلك المنطقة . وبذلك يمكن وضع مقياس مدرج stage gauge في النهر لاخذ قراءات دورية وربطها بقراءات ابار المراقبة .

١٣ ـ ٦ ـ ٣ ـ ١ اسس وضع شبكات مراقبة المياه الجوفية

يقصد بشبكات المراقبة هي مجموعة ابار المراقبة والمضاغيط التي تثبت في منطقة ما لغرض جمع المعلومات عن مستويات سطح الماء الجوفي والاختلافات في الضغوط المائية للماء الجوفي في مواقع مختلفة . ويستدل منها كذلك على اتجاه جريان الماء الجوفي وعلى تحديد المناطق التي تغذي هذا الماء او المناطق التي يذهب اليها .

ان تحديد مواقع نقاط المراقبة يتم بعد الحصول على معلومات كافية تتعلق بالتضاريس الارضية والظروف الجيولوجية والمائية وخواص التربة لتلك المنطقة وفي ضوء هذه المعلومات يمكن تحديد مواقع ابار المراقبة والمضاغيط .

ان مواقع نقاط المراقبة تكون في الاماكن الآتية :

١ ـ بصورة متوازية وعمودية على الخطوط المتوقعة لجريان الماء الجوفي .
٢ ـ في المواقع التي يتوقع ان يحدث فيها تغير في سطح الماء الجوفي .
٣ ـ بشكل عمودي على ضفاف الجداول والانهار لغرض ايجاد تاثير هذه المجاري المائية في الماء الجوفي .

عدد نقاط المراقبة يتحدد في ضوء المعلومات المطلوبة عن هيدرولوجية المشروع ، وبصورة تقريبية تكفي نقطة مراقبة واحدة لكل ١٠٠ هكتار للمشاريع الكبيرة التي تزيد مساحتها عن ١٠٠٠ هكتار اما بالنسبة للمساحات الصغيرة التي تقل عن ١٠٠ هكتار فيكفي وضع نقطتي مراقبة لكل ١٠ هكتارات .

١٣- ٦- ٣- ٢ طرق قياس أسطح الماء الجوفي

ان قياس اسطح المياه الجوفية من خلال آبار المراقبة او مضاغيط السوائل يتم عادة من نقاط دالة reference points . وهي عبارة عن نقاط ثابتة معروف ارتفاعها عن سطح البحر. والنقاط الدالة يؤخذ ارتفاعها بوساطة جهاز التسوية . وتربط ببقية مناسيب قمم آبار الرص او المضاغيط الاخرى الموجودة في المنطقة ضمن نظام واحد لمعرفة منسوب سطح الماء الجوفي في منطقة بالنسبة للمنطقة الاخرى .

قياس سطح الماء الجوفي في بئر المراقبة او مضغاط السوائل يتم بعدة طرق منها : اجهزة سمعية sounder devices وهي عبارة عن مجسات معدنية تصدر اصواتاً مميزة عند ملامستها سطح الماء ومربوطة بشريط قياس . ويقاس عمق الماء من معرفة طول الشريط . وتوجد كذلك السماعات الكهربائية electric sounders وتتكون من مجس معزول يتصل طرفه بموصل مرتبط بالانبوب . وبوجود دائرة كهربائية تعمل بالبطارية يسجل تيار كهربائي على مقياس امبير دقيق - حالما يلامس طرف المجس سطح الماء . يسجل عمق الماء الجوفي من قياس طول الموصل . وتوجد اجهزة تسجل التذبذب الحاصل في سطح الماء الجوفي مع الوقت .