

# دستورالعمل حفر و تجهیز

## پیزومترهای مرکب

جمهوری اسلامی ایران  
سازمان برنامه و بودجه

# دستورالعمل حفر و تجهیز پیزومترهای مرکب

نشریه شماره ۱۶۲

معاونت امور فنی  
دفتر امور فنی و تدوین معیارها

## فهرستبرگه

سازمان برنامه و بودجه . دفتر امور فنی و تدوین معیارها  
دستورالعمل حفر و تجهیز پیزومترهای مرکب /معاونت امور فنی،دفتر امور فنی و تدوین  
معیارها( وزارت نیرو،طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور).- تهران: سازمان برنامه و  
بودجه ، مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات، ۱۳۷۶.  
۳۳ ص.: مصور.- (سازمان برنامه و بودجه.دفتر امور فنی و تدوین معیارها ؛ نشریه  
شماره ۱۶۲)

فهرست نویسی بر اساس اطلاعات فیبا (فهرست نویسی پیش از انتشار)  
ISBN 964-425-004-4

۱.پیزومتر - دستنامه ها. ۲.آبهای زیرزمینی - اندازه گیری . ۳.تعدادل مایعات . ۴.  
زهکشی.الف. ایران.وزارت نیرو.طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور . ب.  
سازمان برنامه و بودجه. مرکز مدارک علمی اقتصادی - اجتماعی و انتشارات. ج. عنوان.

۶۲۱/۲۰۲۸۴ TC ۱۷۷/س ۲۵۵  
۳۶۱۶ - ۷۶ م کتابخانه ملی ایران

### دستورالعمل حفر و تجهیز پیزومترهای مرکب

تهیه کننده: معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها  
ناشر: سازمان برنامه و بودجه. مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات

چاپ اول: ۵۰۰ نسخه، ۱۳۷۶

قیمت: ۲۵۰۰ ریال

چاپ و صحافی: موسسه زحل چاپ

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.



جمهوری اسلامی ایران  
سازمان برنامه و بودجه

بسمه تعالی

به :	دستور العمل شماره : ۱۰۲-۱۱۳۸/۵۴-۷۲۹
تمامی دستگاههای اجرایی و مهندسان مشاور	مورخ : ۷۶/۳/۵
موضوع : دستور العمل حفرو تجهیز پیزومترهای مرکب	
<p>به استناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه کشور و آئین نامه استانداردهای اجرایی طرحهای عمرانی به پیوست نشریه شماره ۱۶۲ دفتر امور فنی و تدوین معیارهای این سازمان با عنوان "دستور العمل حفرو تجهیز پیزومترهای مرکب" از گروه دوم ابلاغ می گردد.</p> <p>تاریخ اجرای این دستور العمل ۱۳۷۶/۴/۱ می باشد.</p> <p>شایسته است دستگاههای اجرایی و مهندسان مشاور مفاد نشریه یاد شده و ضوابط و معیارهای مندرج در آن را ضمن تطبیق با شرایط کار خود در طرحهای عمرانی مورد استفاد قرار دهند.</p> <p> حمید میرزاده معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان برنامه و بودجه</p>	

## پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل تهیه (مطالعات امکان سنجی) مطالعه و طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرح‌های عمرانی بلحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرح‌ها، کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد.

نظام جدید فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه مورخ ۱۳۷۵/۳/۲۳ هیأت محترم وزیران) بکارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام‌شده طرح‌ها را مورد تأکید جدی قرار داده است. با توجه به مراتب یاد شده و شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، امور آب وزارت نیرو (طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور) با همکاری معاونت امور فنی سازمان برنامه و بودجه (دفتر امور فنی تدوین معیارها) براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه اقدام به تهیه استانداردهای مهندسی آب نموده است.

استانداردهای مهندسی آب با در نظر داشتن موارد زیر تهیه و تدوین شده است:

- استفاده از تخصصها و تجربه‌های کارشناسان و صاحب‌نظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
- استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی
- بهره‌گیری از تجارب دستگاههای اجرایی، سازمانها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
- پرهیز از دوباره‌کاریها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
- توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات تهیه‌کننده استاندارد

ضمن تشکر از اساتید محترم دانشگاه صنعتی اصفهان، آقایان دکتر سید فرهاد موسوی دانشیار دانشکده کشاورزی، دکتر محمود وفاییان دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دکتر سید سعید اسلامیان استادیار دانشکده کشاورزی، دکتر امیر تائبی هرندی معاون پژوهشی دانشکده عمران، برای بررسی و اظهار نظر در مورد این استاندارد، امید است مجریان و دست‌اندرکاران بخش آب، با بکارگیری استانداردهای یاد شده، برای پیشرفت و خودکفایی این بخش از فعالیتهای کشور تلاش نموده و صاحب‌نظران و متخصصان نیز با اظهار نظرهای سازنده در تکامل این استانداردها مشارکت کنند.

دفتر تحقیقات و معیارهای

فنی

زمستان ۱۳۷۵

## رکیب اعضای کمیته

این نشریه با مشارکت اعضای کمیته فنی و زهکشی (شماره ۳-۲) تهیه و تدوین شده که اسامی ایشان بدین شرح است:

آقای مجتبی اکرم      بانک کشاورزی      فوق لیسانس مهندسی آبیاری  
و

زهکشی  
خانم بنفشه بهنام      طرح تهیه استانداردهای      فوق لیسانس مهندسی آبیاری  
و  
زهکشی

آقای جواد پورصدرالله      کارشناس آزاد      فوق لیسانس مهندسی آبیاری  
و آبادانی

آقای ماشالله خواجه پور      مهندسی زراعی و امور زیربنایی      فوق لیسانس مهندسی آبیاری  
آقای ابراهیم شاه قاسمی      مهندسین مشاور تهران سحاب      دکترای مهندسی منابع آب و  
مهندسی

بهداشت

همچنین آقایان: دکتر ابراهیم پذیرا، مهندس احمد حقیقت طلب، دکتر اسدالله روحی و مهندس احمد لطفی در جلسات نهایی کردن این استاندارد شرکت کردند و با تجربیات خویش کمیته زهکشی را یاری نمودند.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	۱- مقدمه
۱	۲- کلیات
۵	۳- روش کار
۵	۳-۱ انتخاب نقاط و عمق نصب
۶	۳-۲ انتخاب جنس و قطر پیزومتر
۷	۳-۳ شرایط عمومی نصب
۸	۳-۴ روشهای نصب
۱۴	۴- اندازه گیری سطح آب
۱۴	۴-۱ وسایل و روشهای اندازه گیری
۱۶	۴-۲ آزمایش و اصلاح کار پیزومترها
۱۷	۴-۳ ثبت اطلاعات و نمونه برداری
۱۷	۵- تفسیر نتایج
۲۱	۶- مثال
۲۳	۷- منابع و مأخذ

## ۱- مقدمه

هدف از تهیه این دستورالعمل استاندارد کردن روشهای اندازه گیری ارتفاع نظیر: فشار پیزومتریک<sup>۱</sup> یا ارتفاع نظیر فشار هیدرواستاتیک در نقاط مشخصی از سفره‌های سطحی، با استفاده از پیزومترهای مرکب به منظورهای زیر و تحلیل اطلاعات به دست آمده است:

- تعیین جهت حرکت قائم آب زیرزمینی و تشخیص وجود یا عدم وجود فشار آرتزین در مواردی که جریان از پایین به بالا باشد.
- تشخیص جهت حرکت قائم آب زیرزمینی در حالات مربوط به تغذیه از لایه‌های فوقانی در مواردی که جریان از بالا به پایین باشد.
- تشخیص لایه‌های تغذیه کننده و تغذیه شونده به نحوی که براساس نتایج حاصل شده بتوان الگو و جهت جریان از لایه‌های تحت فشار و آزاد را مشخص نمود.

از پیزومترهای مرکب برای تعیین نوسانات دوره ای فشار آب در لایه‌های مورد نظر نیز می توان استفاده کرد، به نحوی که تأثیرات عوامل موثر در این نوسانات مانند: تغییرات فصلی و... مشخص گردد. بدیهی است هر یک از پیزومترها بار فشار هیدرواستاتیک را در دهانه انتهایی لوله پیزومتر نشان می دهد.

## ۲- کلیات

پیزومترهای مرکب<sup>۲</sup> مجموعه لوله‌های غیرمشبکی هستند که در گروه‌های<sup>۳</sup> دو تا پنج تایی به طور قائم در داخل زمین و در عمق‌هایی که براساس مطالعات لایه بندی خاک مشخص می شود، نصب می گردند تا بدین وسیله بتوان ارتفاع نظیر فشار هیدرواستاتیک در هر یک از لایه ها را اندازه گیری نمود (شکل ۱). بدیهی است نصب تنها یک پیزومتر نمی تواند پاسخگوی شناخت جهت قائم جریان آب زیرزمینی باشد.

---

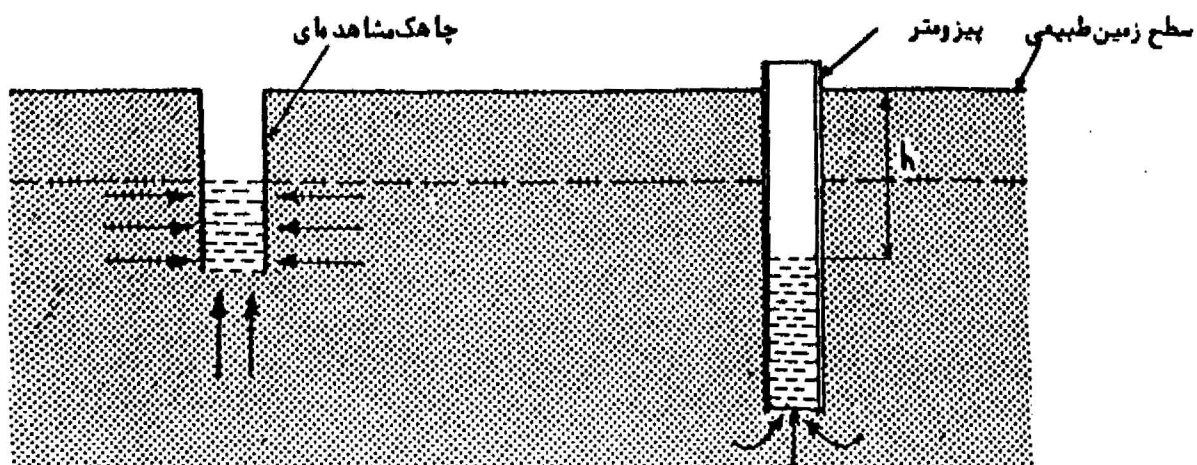
1 - Piezometric Head

مقدار آبی که در داخل لوله‌های پیزومتر بالا می آید برابر با  $Z + \frac{P}{\gamma}$  است که در آن P فشار آب،  $\gamma$  جرم مخصوص آب و Z فاصله انتهایی پیزومتر از سطح میناست.

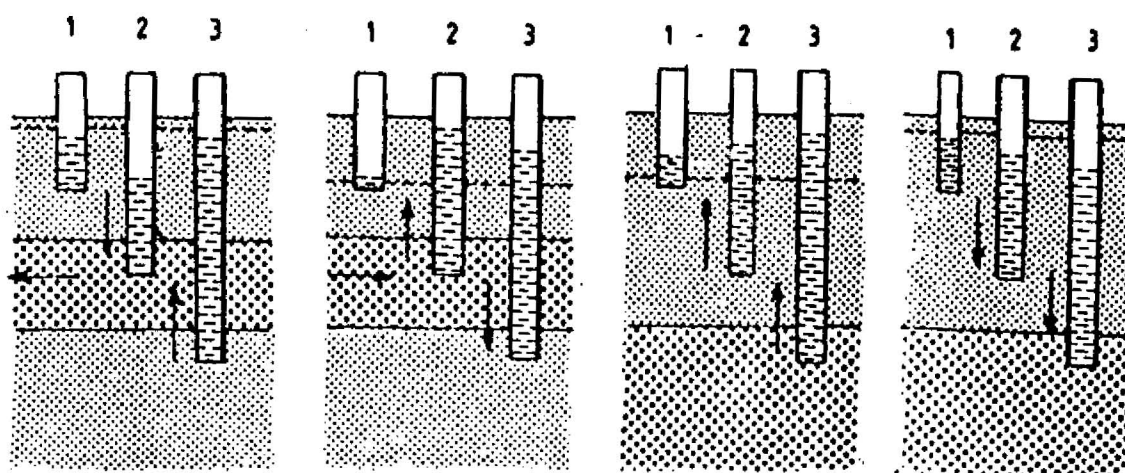
2 - Piezometers Set ; Piezometers Battery

۳- معمولاً در شرایط متعارف در مطالعات صحرایی زهکشی هر گروه از سه پیزومتر تشکیل می شود.





شکل ۱- الف مقایسه چاهک مشاهده‌ای و پیزومتر



- ۱- ب- ۱- پیزومترها نشان می‌دهند که آب زیرزمینی به سمت پایین در حرکت است و زمین دارای زهکشی طبیعی (تغذیه از لایه‌های فوقانی) است.
- ۱- ب- ۲- پیزومترها نشان می‌دهند که فشار داخل خاک وجود دارد و آب زیرزمینی از لایه‌های پایین به سمت بالا جریان دارد.
- ۱- ب- ۳- پیزومترها نشان می‌دهند که فشار میان‌بیشتر است و آب از این لایه به سمت لایه‌های بالا و پایین جریان دارد.
- ۱- ب- ۴- پیزومترها نشان می‌دهند که فشار هیدرواستاتیک در لایه میانی کمتر است و آب زیرزمینی از لایه‌های بالا و پایین به سمت این لایه جریان دارد و بدین طریق تخلیه می‌گردد.

شکل ۱- ب- حالت‌های عمومی جهت قائم حرکت آب در خاک

در شکل ۱- الف تفاوت بین چاهک مشاهده‌ای و پیزومتر به منظور مقایسه نشان داده شده است. یادآوری می‌گردد که چاهک مشاهده‌ای دارای لوله جدار مشبک و یا حتی در مواردی بدون لوله جدار است، لیکن همان طور که گفته شد، پیزومتر به صورت لوله غیرمشبک است و آب می‌تواند فقط از انتهای لوله به داخل آن نفوذ کند.

براساس اندازه‌گیریها، با تعیین ارتفاع نظیر فشار پیزومتری در نقاط اندازه‌گیری می‌توان جهت حرکت قائم آب زیرزمینی را مشخص نمود. حالت‌های عمومی جهت حرکت آب برای گروه‌های پیزومتری در شکل ۱- ب ارائه شده است.

حالت‌های ممکن در امر بررسی جهت آب عبارتند از:

## ۱-۲ حالت اول

در این حالت فاصله سطح آب تا سطح زمین طبیعی در پیزومترها متفاوت است:

$$h_1 \neq h_2 \neq h_3$$

این امر نشانگر وجود جریان آب در جهت قائم است. لازم به یادآوری است که باتوجه به فاصله افقی کم بین پیزومترها (بین ۳۰ تا ۵۰ سانتیمتر) و خط‌های اندازه‌گیری سطح آب، معمولاً از بررسی حرکت افقی آب به وسیله پیزومترها صرف‌نظر می‌شود. بنابر این در پیزومترهای مرکب صرفاً بررسی حرکت قائم آب مورد توجه است. با این فرض، عموماً دو نوع حرکت قائم در پیزومترها وجود خواهد داشت:

$$h_1 < h_2 < h_3$$

الف - حرکت رو به پایین (شکل ۱- ب - ۱)

در این حالت جهت حرکت آب زیرزمینی از بالا به پایین است و منشأ زهاب می‌تواند آب آبیاری، بارندگی و ذوب برف باشد. در چنین مواردی می‌توان نتیجه گرفت که یا لایه‌های زیرین تخلیه‌کننده آب زیرزمینی بوده، یا در غیر این صورت سطح ایستابی در حال صعود است.

$$h_1 > h_2 > h_3$$

ب - حرکت رو به بالا (شکل ۱- ب - ۲)

در این حالت جهت حرکت آب زیرزمینی از پایین به بالا است و عموماً می‌توان نتیجه گرفت که حداقل یکی از

لایه‌های زیرین دارای فشار آرتزین است.

بدیهی است در بعضی موارد جریان قائم آب منحصرآ از بالا به پایین و یا بالعکس نیست و روابط مشخصی بین پیزومترها دیده نمی‌شود. این موضوع نشان‌دهنده غیریکنواختی لایه‌های خاک از لحاظ آب‌گذری است. به عنوان مثال، همان طور که در شکل ۱-ب-۳ نشان داده شده است، یکی از لایه‌ها می‌تواند تغذیه‌کننده لایه‌های بالاتر و یا پایین‌تر از خود باشد و در نتیجه برای رفع مشکل زهکشی، بهتر است تدابیری اندیشه شود تا آب لایه تغذیه‌کننده تخلیه گردد. همچنین، همان طور که در شکل ۱-ب-۴ نشان داده شده است، یکی از لایه‌ها می‌تواند آب را از لایه‌های بالاتر و پایین‌تر از خود دریافت و تخلیه کند. در این صورت حتی المقدور زهکشها در این لایه قرار داده می‌شوند.

## ۲-۲ حالت دوم

در این حالت، (شکل ۲) فاصله سطح آب در پیزومترها تا سطح زمین طبیعی با یکدیگر مساوی است:

$$h_1 = h_2 = h_3$$

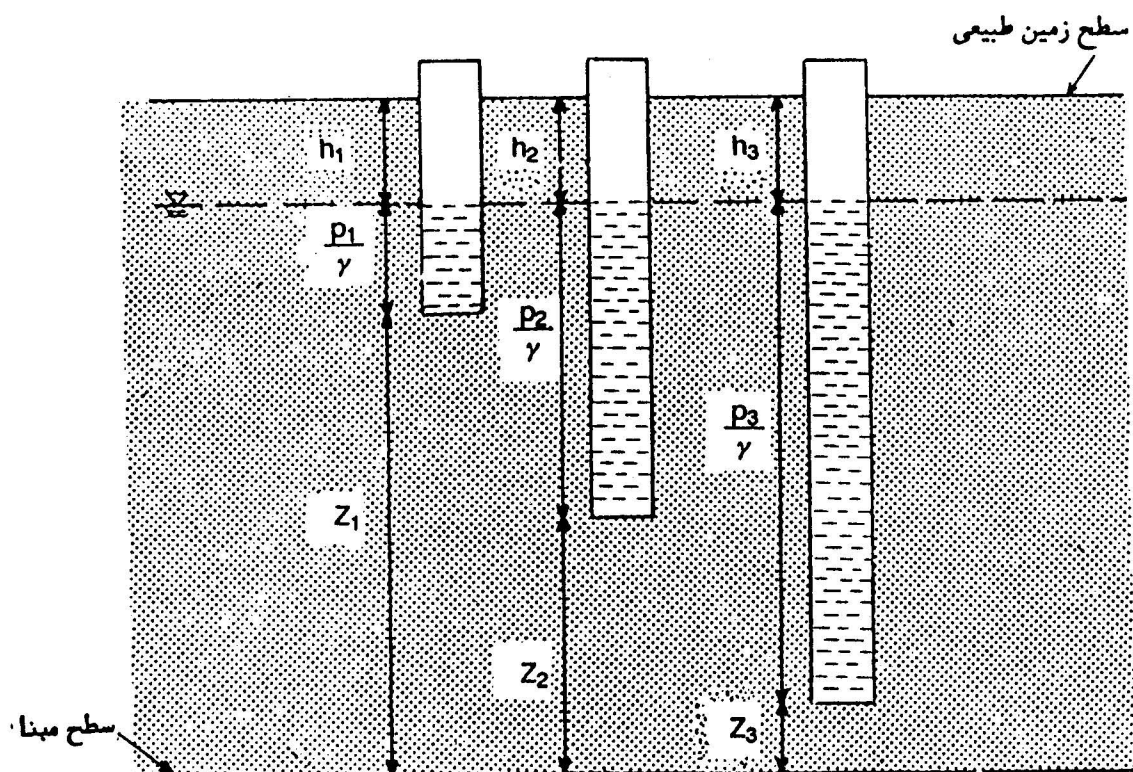
به عبارت دیگر فشار پیزومتريک برای همه نقاط ثابت است؛ یعنی:

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 = \frac{P_3}{\gamma} + Z_3 \quad (1)$$

این حالت به طور کلی به دو صورت ممکن است وجود داشته باشد:

### ۱-۲-۲ لایه آبدار آزاد<sup>۱</sup>

در این حالت سطح آب در همه پیزومترها یکسان و هم سطح آب در سفره سطحی است و در شرایط متعارف پایین‌تر از سطح زمین طبیعی است. در شرایط ماندابی سطح آب در تمامی پیزومترها یکسان و برابر با سطح آب در روی زمین است.



شکل ۲- فشار پیزومتریک یکسان

### ۲-۲-۲ لایه آبدار محصور<sup>۱</sup>

در این حالت لایه محدود کننده‌ای در بالای محدوده عملکرد پیزومترهای مرکب قرار دارد و سطح آب در پیزومترها ضمن یکسان بودن لزوماً بالاتر از کف لایه محدود کننده قرار می‌گیرد و می‌تواند بالاتر یا پایین تر از سطح زمین طبیعی واقع گردد. بدیهی است در شرایطی که سطح آب در پیزومترها پایین تر از لایه محدود کننده قرار گیرد، همانند لایه آبدار آزاد خواهد بود.

### ۳- روش کار

#### ۱-۳ انتخاب نقاط و عمق نصب

برای انتخاب محل حفر و نصب پیزومترهای مرکب بایستی شرایط زیر مورد توجه و رعایت قرار گیرد:  
 ۱-۱-۳ محل نصب پیزومترها باید حتی الامکان در کنار و یا تحت تاثیر مستقیم منابع مختلف آب نظیر:

1 - Confined Aquifer

۱-۱-۳ محل نصب پیزومترها باید حتی الامکان در کنار ویا تحت تاثیر مستقیم منابع مختلف آب نظیر: دریاچه‌ها، رودخانه‌ها، استخرها، زهکشها، کانالها و غیره قرار نگیرد. در مواردی، برحسب ضرورت پیزومترهای مرکب در حریم این گونه منابع نصب می گردند. دراین صورت لازم است به هنگام قرائت سطح آب در پیزومترها، وضعیت، مشخصات و به ویژه موقعیت سطح آب در این منابع مورد توجه و دقت قرار گیرد و در ستون ملاحظات فرم ثبت آمار پیزومترهای مرکب قید شود.

۲-۱-۳ چون اندازه گیری سطح آب در این نوع پیزومترها در دوران بهره برداری نیز ادامه می یابد، بنابراین نقاط انتخابی باید حتی الامکان نزدیک جاده‌ها، ساختمانها، مرز ثابت مزارع و یا نقاط مشخص دیگری باشد تا اولاً دسترسی به آنها به سهولت امکانپذیر باشد و ثانیاً دائمی بودن محل‌های اندازه گیری تضمین گردد. علاوه بر آن، موقعیت نقاط انتخابی باید به نحوی تعیین شود تا حتی المقدور مشکلات خاصی به هنگام عملیات زراعی برای کشاورزان ایجاد نکند.

۳-۱-۳ محل نصب پیزومترهای مرکب پس از عملیات لایه بندی و تشخیص مناطق تحت فشار و محدوده‌هایی که احتمالاً تحت فشار هستند، تعیین می‌شود.

۴-۱-۳ تعداد و عمق مناسب برای نصب هر یک از پیزومترها در یک گروه، تابعی از وضعیت لایه‌هاست که از طریق عملیات لایه‌بندی مشخص می‌گردد. بنابراین، قبل از نصب پیزومترهای مرکب لازم است که ابتدا عملیات لایه‌بندی تا عمق مورد نظر در محل نصب پیزومترها صورت گیرد، تا پس از بررسی وضعیت لایه‌ها، برای تعیین عمق کارگذاری آنها اقدام شود. به این ترتیب انتهای هر یک از پیزومترها در لایه‌های مختلف از نظر آبگذری قرار خواهد گرفت تا بتوان فشار پیزومتریک را در هر یک از لایه‌ها اندازه گیری کرد. بدیهی است چنانچه ضخامت هر یک از لایه‌ها از ۳۰ سانتیمتر کمتر باشد، نتایج اندازه گیری از دقت کافی برخوردار نخواهد بود. بنابراین توصیه می‌شود در لایه‌هایی که ضخامت آنها از این مقدار کمتر است، حتی المقدور پیزومتر نصب نگردد و برای بررسی حرکت آب در لایه‌ها از روشهای دیگر استفاده شود.

### ۲-۳ انتخاب جنس و قطر پیزومتر

۱-۲-۳ پیزومترها باید غیرمشبک و دارای سطح داخلی صاف باشند. توصیه می‌شود جنس آنها از نوع لوله‌های فولادی سیاه، حتی الامکان بدون درز و دارای ضخامت دیواره مناسب انتخاب شود. در صورت عدم دسترسی به این لوله‌ها می‌توان از لوله‌های گالوانیزه نیز استفاده کرد.

۲-۲-۳ درانتخاب قطر لوله باید به نکات زیر توجه نمود:

- وسیله اندازه گیری سطح آب را بتوان به سهولت وارد پیزومتر کرد و سطح آب را قرائت نمود.
- خیز مویینه در آن قابل اغماض باشد.

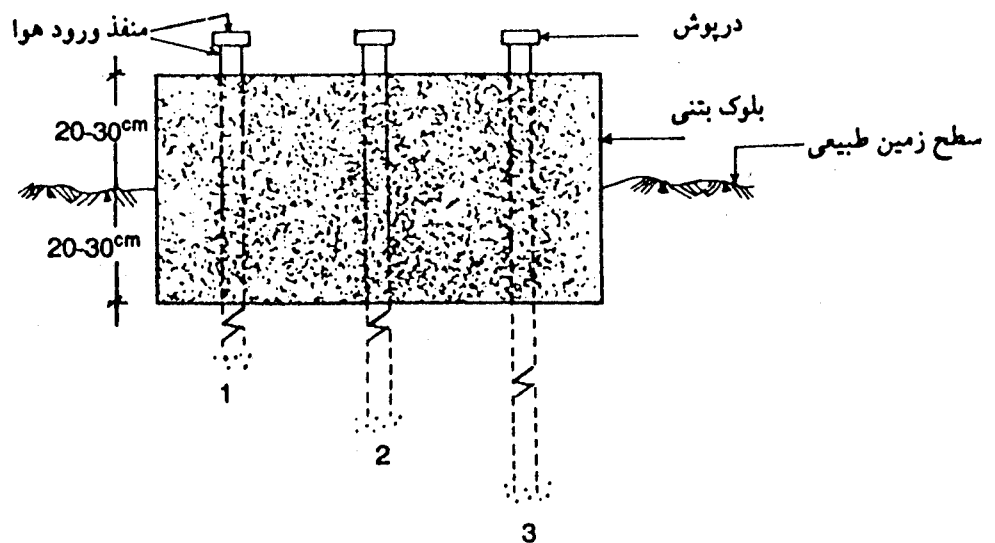
- لوله را بتوان به سهولت به درون خاک فرو برد.
- هزینه تهیه و نصب لوله حداقل باشد.

با در نظر گرفتن نکات فوق توصیه می شود که در شرایط متعارف، از لوله های  $\frac{1}{4}$  تا  $\frac{1}{3}$  اینچ استفاده شود.

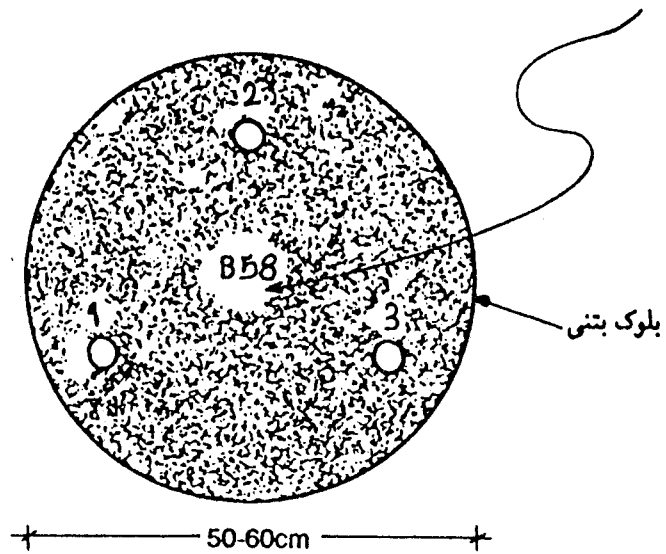
### ۳-۳ شرایط عمومی نصب

در نصب پیزومترهای مرکب نکات زیر باید رعایت شود:

- ۱-۳-۳ برای نصب پیزومترها لازم است که حداقل ۵ سانتیمتر فضای خالی در انتهای پیزومترها ایجاد گردد. فضای ایجاد شده با فیلتر شنی پر می شود تا از ریزش دیواره در این ناحیه و مسدود شدن انتهای لوله جلوگیری شود.
- ۲-۳-۳ پیزومترها بایستی به صورت عمودی نصب گردند و از انحراف یا کج شدن آنها جلوگیری به عمل آید.
- ۳-۳-۳ پیزومترها باید به گونه ای آبیندی شوند تا از حرکت قائم آب در حد فاصل لوله و خاک در نتیجه از نفوذ آب از لایه ای به لایه دیگر جلوگیری گردد.
- ۴-۳-۳ پیزومترها باید ۲۰ تا ۳۰ سانتیمتر بالاتر از سطح زمین طبیعی و در یک تراز قرار گیرند. برای مهار مجموعه پیزومترها لازم است که از یک بلوک بتنی استفاده به عمل آید (شکل ۳). توصیه می شود بلوک بتنی با رنگهای زرد، نارنجی و یا رنگ مناسب دیگر رنگ آمیزی گردد، به نحوی که از محیط اطراف متمایز و به سهولت قابل رویت باشد. پیزومترها به ترتیب افزایش عمق با اعداد ۱، ۲، ۳ و غیره شماره گذاری می شوند. بدیهی است شماره و سایر مشخصات پیزومترها بایستی بر روی سطح بتن حک گردد.
- ۵-۳-۳ هر یک از پیزومترها باید مجهز به درپوشی باشد تا بتوان با آچار باز و بسته کرد. در روی درپوش و یا در جدار لوله منفذ کوچکی ایجاد می گردد تا اطمینان حاصل شود که فشار درون پیزومتر برابر با فشار اتمسفر است.
- ۶-۳-۳ برای نصب هر گروه پیزومتری در محل انتخاب شده، لازم است که ابتدا به کمک بیل دستی گودالی به قطر حدود ۸۰ سانتیمتر و عمق ۲۰ تا ۳۰ سانتیمتر حفر گردد. به عنوان مثال، چنانچه سه پیزومتر مورد نظر باشد، در داخل گودال شابلونی به شکل مثلث متساوی الاضلاع با فواصل رئوس حدود ۳۰ سانتیمتر قرار داده می شود و آنگاه هر یک از پیزومترها در یکی از رئوس مثلث نصب می شود.



شماره مشخص کننده پیزومتر



شکل ۳- پلان و پروفیل پیزومترهای مرکب

### ۴-۳ روشهای نصب

برای نصب پیزومترهای مرکب روشهای مختلفی وجود دارد که به طور خلاصه به متداولترین آنها اشاره می شود:

### ۳-۴-۱ نصب پیزومتر به روش فشار آب<sup>۱</sup>

در این روش عمل نصب پیزومتر به کمک فشار آب با اتصال شیلنگ فشار قوی به یک پمپ با فشار زیاد انجام می‌گیرد. این شیلنگ به انتهای فوقانی لوله به کمک پیچ محکم بسته می‌شود. پس از روشن کردن موتور پمپ، لوله به کمک دست متناوباً به سمت بالا و پایین حرکت داده می‌شود و به این ترتیب عمل حفاری صورت می‌گیرد. ممکن است در این هنگام آب از سطح خاک و از جدار خارجی لوله به بیرون جریان یابد. به مجرد اینکه پیزومتر به عمق مورد نظر رسید، پمپ باید خاموش شود، تا مواد موجود در جدار خارجی لوله به آن چسبیده و سبب آبنندی لوله گردد. سپس شیلنگ از پیزومتر جدا می‌شود و در پایان به کمک یک پمپ دستی، نظیر تلمبه سمپاش (همانند آنچه که در روش رانش گفته خواهد شد) داخل و نیز انتهای پیزومتر شستشو داده می‌شود (شکل شماره ۴).

مزایای این روش :

- افزایش سرعت اجرای کار

- دقت نسبی نصب در مقایسه با سایر روشها

- ایجاد حداقل بهم خوردگی در پروفیل خاک در حین عملیات حفاری و نصب

معایب این روش :

- نیاز به آب برای حفاری (در مناطق دوردست تأمین آب با اشکالاتی مواجه خواهد بود)

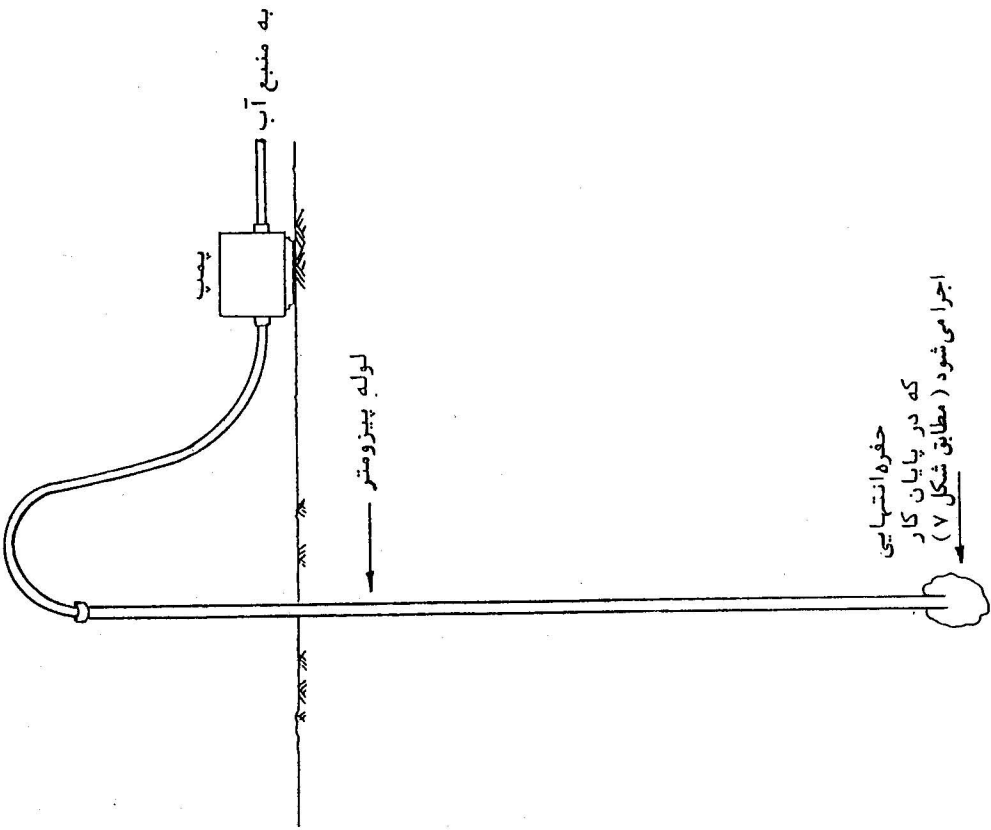
- نیاز به تجهیزات ویژه مانند: موتور پمپ سیار و وسیله نقلیه

- در خاکهای درشت دانه و با چسبندگی کم، صرفنظر از مشکل رانش پیزومتر در درون خاک، آبنندی جدار خارجی پیزومتر نیز قابل اطمینان نخواهد بود.

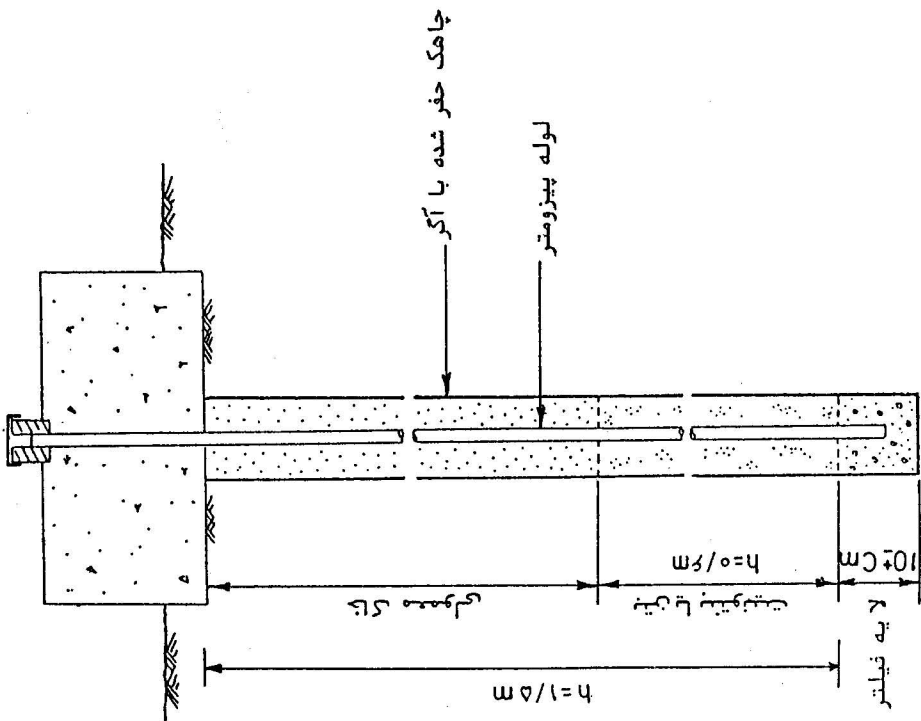
### ۳-۴-۲ نصب پیزومتر به روش آگر<sup>۲</sup>

در این روش به کمک آگر دستی و یا موتوری، چاهکی به قطر حدود ۵ سانتیمتر بیشتر از قطر پیزومتر و به عمق ۵ تا ۱۰ سانتیمتر بیشتر از عمق مورد نظر حفر می‌گردد. قبل از نصب لوله، عمق اضافی با مخلوط سنگریزه و ماسه (مصالح فیلتر) پر می‌شود. پس از استقرار لوله حدود ۲ تا ۵ سانتیمتر دیگر ماسه در اطراف لوله ریخته می‌شود. سپس بر روی مصالح فیلتر اطراف لوله، دوغاب سیمان یا مخلوطی از بنتونیت و خاک خشک (به نسبت مساوی) ریخته می‌شود، به نحوی که ارتباط هیدرولیکی لایه‌های بالا و پایین قطع شود. حداقل عمق ملات سیمان ۶۰ سانتیمتر و حداقل عمق مخلوط بنتونیت و خاک ۱/۵ متر است (شکل شماره ۵). در مواردی که از آگر برای نصب پیزومترهای مرکب استفاده شود، لازم است به این مسأله مهم توجه گردد که انتهای هر یک از لوله‌ها در داخل مواد غیرقابل نفوذ سیمان و یا بنتونیت قرار نگیرد. برای جلوگیری از نفوذ شیره ملات و یا بنتونیت به شن و ماسه قسمت





شکل ۴- نصب پیزومتر با روش جت آب



شکل ۵- نصب پیزومتر به روش آجر

انتهایی پیزومتر (که محل نفوذ آب است)، بایستی بر روی مصالح فیلتر لایه‌ای غیرقابل نفوذ ایجاد نمود. برای این منظور می‌توان در صورت امکان از واشر لاستیکی یا پلاستیکی و یا خاک رس به ضخامت حدود ۵ سانتیمتر و یا هر وسیله مناسب دیگر استفاده کرد.

مزایای این روش :

- سادگی اجرای کار

- عدم نیاز به تجهیزات ویژه

معایب این روش :

- احتمال نفوذ دوغاب سیمان و یا بتونیت به مصالح فیلتر کف که باعث انسداد ورودی پیزومتر می‌گردد.

### ۳-۴-۳ نصب پیزومتر به روش رانش<sup>۱</sup>

وسایل و تجهیزات مورد نیاز برای این روش در شکل ۶ نشان داده شده است. در این روش برای سهولت رانش لوله پیزومتر به داخل زمین و جلوگیری از ورود خاک به داخل آن ابتدا مخروطک و یا ساچمه‌ای در نقطه مورد نظر و در یکی از رئوس شابلون قرار داده و سپس لوله به طور قائم بر روی مخروطک یا ساچمه گذاشته می‌شود. در فاصله نیم تا یک متری سطح زمین، گیره‌ای با کمک پیچ به لوله متصل و محکم می‌گردد. به منظور رانش لوله به درون خاک از یک چکش استفاده می‌شود (چکش بین ۱۰ تا ۱۵ کیلوگرم وزن داشته و می‌تواند مجهز به دو دستگیره باشد، تا بالا بردن آن توسط کارگر با سهولت بیشتری انجام شود). در حین کار باید قائم بودن لوله به وسیله یک تراز بنایی مراقبت و واریسی شود.

پس از آنکه لوله حدود نیم متر در داخل خاک فرو رفت، پیچ گیره باز و به بالاتر انتقال داده می‌شود. پس از محکم کردن مجدد آن، عمل ضربه زنی به وسیله چکش ادامه می‌یابد. این عمل آنقدر تکرار می‌شود تا پیزومتر به عمق مورد نظر برسد. پس از اینکه پیزومتر در عمق مورد نظر قرار گرفت، میله محکم و یا سنبه‌ای را وارد لوله کرده و با ضربه زدن بر روی آن، مخروطک یا ساچمه انتهای لوله را بین ۵ تا ۱۰ سانتیمتر به پایین و داخل خاک می‌رانند تا انتهای لوله آزاد و آب به آسانی بتواند داخل لوله شود. این عمل را می‌توان با بیرون کشیدن لوله به کمک جک به ارتفاع ۵ تا ۱۰ سانتیمتر نیز انجام داد.

در هر حال پس از بیرون کشیدن لوله باید به کمک سنبه، مخروطک یا ساچمه را از انتهای لوله جدا نمود. برای اطمینان بیشتر از صحت کار، توصیه می‌شود که حدود ۵ سانتیمتر انتهای لوله به صورت مشبک باشد. به منظور کاهش اثر تراکم خاک ناشی از رانش مخروطک و یا ساچمه، پس از عملیات کارگذاری لوله و مطابق شکل ۷ به کمک

پمپ دستی نظیر تلمبه سمپاش می توان نسبت به ایجاد حفره در انتهای لوله اقدام نمود. توصیه می شود در صورتی که قطر لوله پیژومتر کافی باشد، حفره ایجاد شده با مصالح فیلتر پر گردد.

مزایای این روش :

- امکان استفاده در خاکهای غیر چسبنده
- سادگی اجرای کار
- آبیندی لوله در مقایسه با سایر روشها به صورت بهتری انجام می گیرد

معایب این روش :

- باز و بستن گیره تا حدودی وقت گیر و استهلاک آن زیاد است

### ۳-۴-۴ نصب پیژومتر به روش آگر-رانش

در این روش ابتدا با کمک آگر دستی با قطر حدود ۵ سانتیمتر بیشتر از قطر لوله پیژومتر، چاهکی به عمق ۰/۵ متر کمتر از عمق مورد نظر برای نصب پیژومتر حفر می شود. سپس پیژومتر و مخروطک انتهایی آن در کف چاهک مستقر می شود و به کمک چکش و گیره، مشابه با توضیحات ارائه شده در روش رانشی، در زمین فرو برده می شود (شکل شماره ۸).

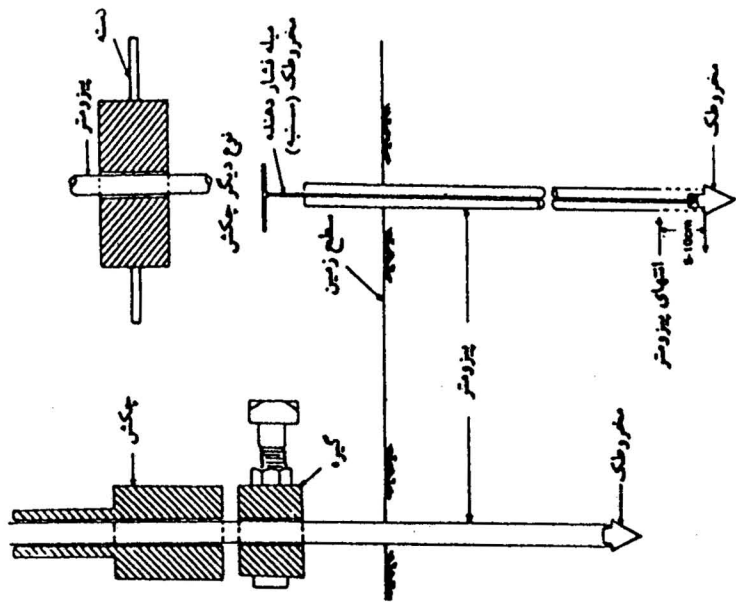
مزایای این روش :

- سادگی اجرای کار
- آبیندی پیژومتر در حد مطلوبی امکانپذیر است.
- نصب پیژومتر در زمان کمتری نسبت به روش رانشی انجام می شود
- این روش در صورت اجرای صحیح آن از دقت مناسبی برخوردار خواهد بود

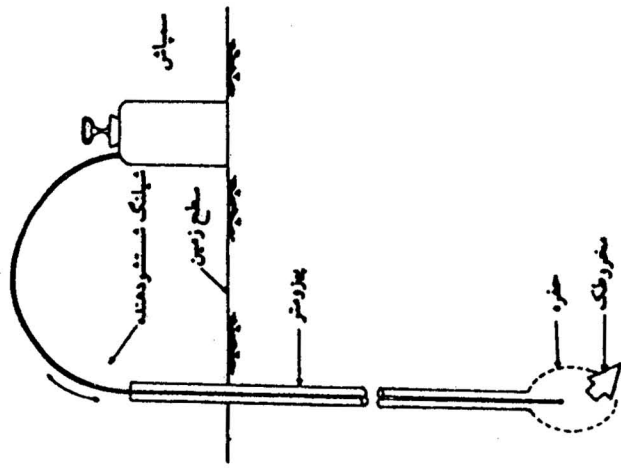
معایب این روش :

- نسبت به روشهای رانشی و آگر به تجهیزات بیشتری نیاز خواهد بود

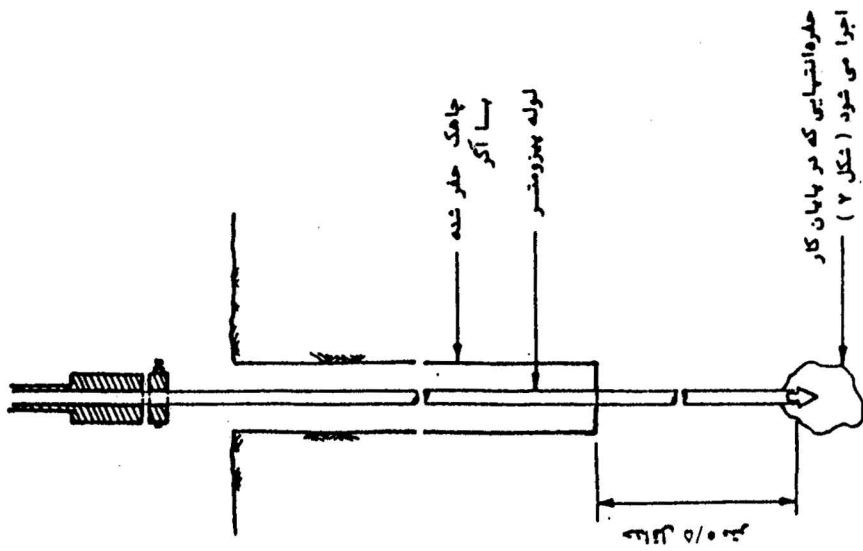
با توجه به شرایط خاکهای منطقه، و ویژگیهای طرح مطالعاتی و دسترسی به لوازم و تجهیزات مورد نیاز، هریک از روشهای تشریح شده در این دستورالعمل می تواند برای نصب پیژومترهای مرکب مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۶- وسایل و تجهیزات نصب پیزومتر به روش رانش



شکل ۷- شستشوی پیزومتر و ایجاد حفره



شکل ۸- نصب پیزومتر به روش آگر - رانش

#### ۴- اندازه‌گیری سطح آب

#### ۴-۱ وسایل و روشهای اندازه‌گیری

##### ۴-۱-۱ عمق‌یاب الکتریکی یا سوند الکتریکی<sup>۱</sup>

اصول کلی عمق‌یاب الکتریکی، بر مبنای برقراری جریان الکتریکی توسط آب درون پیزومتر است. عمق‌یاب از دو الکتروود نزدیک به یکدیگر تشکیل شده است. مدار موقعی بسته می‌شود که هر دو الکتروود به سطح آب برسند. برقراری جریان با علائمی نظیر: صدای زنگ، بوق، سوت، روشن شدن چراغ و یا حرکت عقربه آمپر متر مشخص می‌شود. پس از اعلام اولین علامت برقراری جریان، عمق سطح آب رامی‌توان به کمک سیم مدرج متصل به آن اندازه‌گیری نمود (شکل ۹).

دقت این روش از سایر روشهای متداول بیشتر است.

##### ۴-۱-۲ کلاهک فلزی<sup>۲</sup>

این وسیله از یک نیم کره یا استوانه فلزی توخالی متصل به یک زنجیر، ریسمان و یا متر نواری تشکیل شده است. برخورد این وسیله با سطح آب موجب ایجاد صدای می‌گردد و عمق آب با دقت کافی به وسیله اندازه‌گیری طول زنجیر یا ریسمان تعیین می‌شود (شکل ۹).

##### ۴-۱-۳ لوله پلاستیکی

برای اندازه‌گیری سطح آب می‌توان از لوله‌های پلاستیکی باریک استفاده کرد که همراه با دمیدن هوا در آن، به پایین فرستاده می‌شود. صدای برخورد هوای دمیده شده با آب به آسانی شنیده می‌شود و با اندازه‌گیری طول لوله، عمق سطح آب را می‌توان اندازه‌گیری کرد.

##### ۴-۱-۴ وسایل اندازه‌گیری تقریبی سطح آب

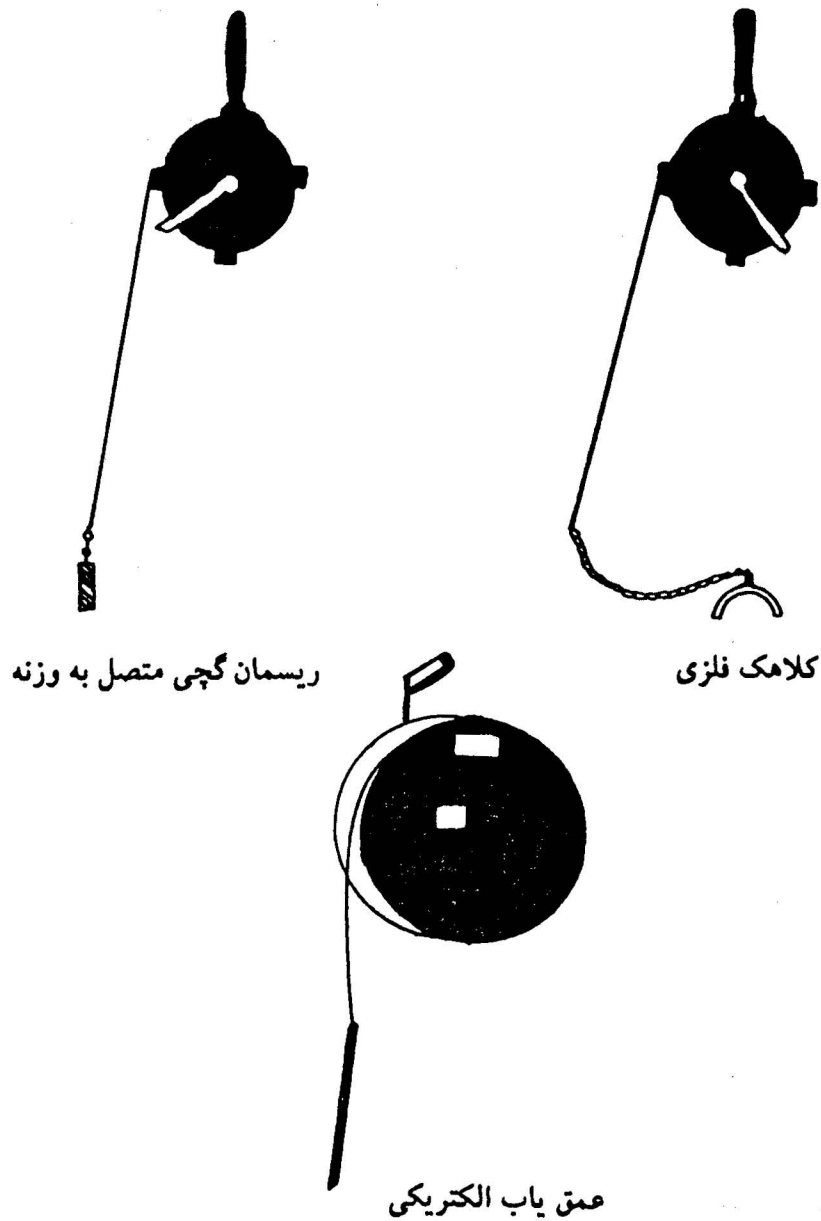
علاوه بر وسایل یاد شده، در مواردی که اندازه‌گیری دقیق سطح آب مورد نظر نباشد، می‌توان از وسایل زیر نیز استفاده کرد:

1 - Electrical Probe

2 - Popper

- میله یا لوله فلزی

در مواردی که عمق آب کم باشد، می توان با فروردن یک میله یا لوله فلزی باریک به درون پیژومتر عمق آب را اندازه گیری نمود. یادآوری می گردد که در این روش باید حتی الامکان از فروردن بیش از اندازه لوله یا میله در آب که باعث بالا آمدن سطح آب می گردد، اجتناب کرد تا خطای اندازه گیری به حداقل ممکن برسد.



شکل ۶- وسایل اندازه گیری سطح آب

ریسمان کنفی مدرج متصل به وزنه باید به اندازه ای در پیژومتر رانده شود تا به سطح آب برسد و سپس این عمل آنقدر ادامه یابد، تا عدد صحیح ریسمان در مقابل نقطه ثابت روی درپوش قرار گیرد. چون رنگ ریسمان با فرورفتن در آب تغییر می کند، می توان نقطه تماس با آب را تشخیص داد. سپس عدد خوانده شده در قسمت مرطوب ریسمان از عدد خوانده شده بر روی نقطه ثابت کسر می شود و تفاوت این دو عدد، عمق سطح ایستابی را از محل نقطه اندازه گیری نشان خواهد داد. برای سهولت تشخیص رطوبت می توان ریسمان را با گچ یا خاک رس، اندود کرد. از این روش تنها در صورتی می توان استفاده کرد که نمونه برداری از آب به منظور بررسی کیفیت آن مورد نظر نباشد (شکل ۶). یادآوری می شود در این روش باید حتی الامکان از فروردن بیش از اندازه ریسمان در آب که باعث بالآمدن سطح آب و جذب آن توسط ریسمان می گردد، اجتناب نمود تا خطای اندازه گیری به حداقل ممکن برسد.

## ۲-۴ آزمایش و اصلاح کار پیژومترها

### ۱-۲-۴ آزمایش پیژومترها

پس از خاتمه عملیات حفاری و نصب، لازم است که پیژومترها آزمایش گردند. به این منظور به داخل هریک از پیژومترها آب ریخته می شود و تغییرات سطح آب واری می گردد. اگر صعود یا نزول سطح آب در پیژومترها مسلم شود، معلوم می گردد که پیژومترها درست کار می کنند و چنانچه نوسانات سطح آب به کندی صورت گیرد، ممکن است ته لوله گرفته باشد. بنابراین تا زمانی که پیژومترهای مرکب آزمایش نشوند و از کارکرد درست آنها اطمینان حاصل نگردد، نباید نصب آنها را پایان یافته تلقی نمود. بدیهی است در مواردی که داخل پیژومترها تمیز می شوند، قرائت پیژومتر به روز بعد موکول می گردد.

### ۲-۲-۴ اصلاح کار پیژومترهای مسدود شده

در طول دوره اندازه گیری، ممکن است مشاهده شود که روند کلی تغییرات سطح آب در تعدادی از پیژومترها تفاوت عمده کرده است و یا اینکه موقعیت سطح ایستابی و دامنه نوسانات در گروه مشخصی از پیژومترها نسبت به گروه پیژومترهای مجاور تغییر اساسی کرده است. چنین مواردی ممکن است به عللی نظیر: بارندگی، ذوب برف، آبیاری و... کاملاً طبیعی باشد و یا اینکه به علت تجمع گل و لای و وجود لجن در ته پیژومتر اتفاق بیفتد. در حالت اخیر لازم است که گروه پیژومترهای مشکوک آزمایش شود. چنانچه انسداد پیژومتر مشخص گردید، در اغلب موارد می توان به وسیله گلکشی و یا با شستشوی سریع، پیژومتر را به وضعیت قابل بهره برداری بازگرداند. اگر قطر پیژومتر اجازه دهد،

برای گلکشی معمولاً از بیلر مخصوص، آگر حلزونی و مته‌های لجنکش استفاده می‌شود. برای شستشوی سریع از پمپ کوچکی که به یک شیلنگ پلاستیکی باریک متصل است، استفاده می‌گردد. در این حالت آب همراه با گل ولای در حد فاصل لوله جدار و شیلنگ پلاستیکی به سمت بالا جریان می‌یابد و از پیزومتر خارج می‌شود.

#### ۳-۴ ثبت اطلاعات و نمونه برداری

- ۱-۳-۴ پس از اتمام عملیات نصب پیزومترها برای حصول اطمینان از صحت نصب، باید عمق کف پیزومتر اندازه‌گیری و واریسی گردد.
- ۲-۳-۴ سطح آب در تمامی پیزومترهای هر گروه باید نسبت به یک سطح مرجع که عموماً "سطح فوقانی بلوک بتنی است، اندازه‌گیری شود، به نحوی که بتوان موقعیت سطح آب را در هر یک از پیزومترها نسبت به سطح زمین طبیعی محل نصب آنها تعیین کرد.
- ۳-۳-۴ در هر اندازه‌گیری حداقل ۲ بار قرائت صورت گیرد و نتیجه نهایی در فرم شماره ۱ درج گردد.
- ۴-۳-۴ اندازه‌گیری بایستی به صورت دوره‌ای و مستمر و معمولاً "هر ماه یک بار و حداقل به مدت یک سال (دوره مطالعاتی) انجام شود. توصیه می‌شود در دوره مطالعات، حداقل یک بار پس از وقوع بارش سنگین و یا آبیاری نیز اندازه‌گیری انجام گیرد. اندازه‌گیریها باید پس از اتمام مطالعات و حتی در دوران بهره‌برداری نیز به طور کامل و با دقت ادامه یابد.
- توصیه می‌گردد اعداد و ارقام مربوط به هر دوره آمار برداری (ماهانه) پس از برداشت مورد بررسی قرار گیرد و با ارقام متناظر ماه قبل مقایسه شود، تا بتوان در صورت نیاز در مورد رفع اشکال اقدام نمود.
- ۵-۳-۴ وسیله اندازه‌گیری سطح آب بایستی تا حد امکان صاف و مستقیم باشد.
- ۶-۳-۴ چنانچه مطالعات نشان دهد که سفره‌های متفاوت آب در خاک وجود دارد، به منظور بررسی کیفیت شیمیایی آب سفره‌های مختلف، نمونه برداری از هر یک از پیزومترها توصیه می‌شود.

#### ۵- تفسیر نتایج

- ۱-۵ به منظور بررسی و تفسیر نتایج آمار برداری از پیزومترها، لازم است موارد زیر در نظر گرفته شوند:
- عمق نصب پیزومترهای هر گروه بر روی فرم شماره ۲ "نمودار وضعیت پیزومتر مرکب" با اشل مناسب ترسیم گردد.
  - براساس نتایج لایه بندی خاک، بافت خاک مجاور پیزومترها بر روی شکل فوق نشان داده شود.
  - موقعیت لایه محدود کننده بر روی شکل مشخص گردد.
  - سطح آب در هر یک از پیزومترها برای هر یک از اندازه‌گیریها از فرم شماره ۱ "ثبت آمار پیزومترهای




- مرکب " استخراج و برروی شکل درج گردد.
- جهت جریان قائم آب در خاک با توجه به پتانسیل آب مشخص شود.
  - سطح آب چاهک مشاهده ای برروی شکل نمایش داده شود.
  - وضعیت بارندگی و آبیاری روزهای قبل در تفسیر نتایج مورد توجه قرار گیرد.
- ۲-۵ با توجه به مطالب فوق، جهت جریان قائم آب، لایه‌های تغذیه و تخلیه کننده، مقدار شیب هیدرولیکی، پتانسیل زهکشی طبیعی، فشار آرتزین و سایر موارد مشخص می شود.
- ۳-۵ با جمع بندی نتایج حاصله از گروههای مختلف پیزومترهای مرکب، لازم است مناطق دارای فشار آرتزین یا پتانسیل زهکشی طبیعی برای دوره‌های مختلف مشخص و برروی نقشه با مقیاس مناسب نشان داده شود.



فرم شماره ۲ - نمودار وضعیت پیروتر مرکب نقطه .... در سال آبی .... تا ....

عمق (متر)	وضعیت لایه بندی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
۱													
۲													
۳													
۴													
۵													
۶													

سطح ایستای متعادل در چاهک مشاهده ای مجاور پیروتر  لایه محدودکننده (Barrier) B

## ۶- مثال

در اینجا به عنوان نمونه، اطلاعات مربوط به اندازه گیری انجام شده در پیزومتر مرکب نقطه A2 منطقه مورد مطالعه در اردیبهشت ۱۳۶۹ (به عنوان نماینده ماههای تر) و شهریور ۱۳۶۹ (به عنوان نماینده ماههای خشک) در فرم مربوط درج گردیده است.

همان طور که مشاهده می شود، در اردیبهشت ماه در لایه محدود کننده، عمق آب پایین تر از لایه های بالایی و پایینی آن است. لایه لوم رسی شنی<sup>۱</sup>، آب لایه بالا را تخلیه می نماید. لایه لوم شنی<sup>۲</sup> که در زیر لایه محدود کننده قرار دارد، تحت فشار است و چنانچه لایه محدود کننده شکسته شود، احتمالاً مشکلات زهکشی افزایش خواهد یافت. جهت عمومی جریان آب زیرزمینی تا لایه محدود کننده از بالا به پایین است. در شهریورماه جهت کلی جریان از بالا به پایین است. سطح آب درون چاهک مشاهده ای به علت خشکی پایین رفته و فشار آرتزین لایه تحتانی کاهش قابل ملاحظه ای می یابد و نمی تواند لایه های بالایی خود را تغذیه نماید.


---

1- Sandy Clay Loam

2- Sandy Loam

مثال - نمودار وضعیت پیزومترهای مرکب در نقطه A2 در سال آبی ۱۳۶۸ تا ۱۳۶۹

عمق متر	وضعیت لایه بندی	۱۳۶۸ مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین ۱۳۶۹	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
۱	L												
۲	SiL												
۳	SCL												
۴	B												
۵	HC*												
۶	SL												

سطح ایستایی متعادل در چاهک مشاهده ای مجاور پیزومتر 

لایه محدودکننده (Barrier) B

\*رس بسیار سنگین

## ۷- منابع و مآخذ

- 1- Drainage of Agricultural Land, USDA, SCS, 1973.
- 2- Drainage Manual, Bureau of Reclamation, U.S. Department of Interior, 1993.
- 3- Drainage Principles & Applications, ILRI, Wageningen, 1979.
  
- ۴- زهکشی اراضی، لامبرت اسمیدما و دیویدرای کرافت، ترجمه و تدوین امین علیزاده، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۷۰.
- ۵- دستورالعمل انجام لایه بندی خاک در مطالعات زهکشی، کمیته زهکشی طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور .

In the Name of God  
Islamic Republic of Iran  
Ministry of Energy  
Iran Water Resources Management CO.  
Deputy of Research  
Office of Standard and Technical Criteria

***Manual of Casing and Establishment of  
Battery (Composite) Piezometers***