

راهنمای حفاظت کمی و کیفی

منابع آب زیرزمینی و

تجهیزات بهره‌برداری از آنها

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه - وزارت نیرو

راهنمای حفاظت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی و تجهیزات بهره‌برداری از آنها

نشریه شماره ۱۸۲

معاونت امور فنی
دفتر امور فنی و تدوین معیارها

فهرستبرگه

سازمان برنامه و بودجه . دفتر امور فنی و تدوین معیارها
راهنمای حفاظت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی و تجهیزات بهره‌برداری از آنها/ 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، ۱۳۷۹.
ص: ۳۸ (سازمان برنامه و بودجه. دفتر امور فنی و تدوین معیارها؛ نشریه
شماره ۱۸۲)(انتشارات سازمان برنامه و بودجه؛ ۷۹/۰۰/۲)

ISBN 964-425-185-7

مربوط به دستورالعمل شماره ۵۴/۶۵۶۲-۱۰۲/۷۶۲۶ مورخ ۱۳۷۸/۱۱/۲۵

۱. آبهای زیرزمینی - حفاظت. ۲. آبهای زیرزمینی - اندازه‌گیری. ۳. آب - آلودگی. ۴. چاهها.
۵. فنانها. الف. ایران. وزارت نیرو. طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور. ب. سازمان برنامه
و بودجه. مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات. ج. عنوان. د. فروست.

ش. ۱۸۲ س ۳۶۸/ TA

ISBN 964-425-185-7

شابک ۹۶۴-۴۲۵-۱۸۵-۷

راهنمای حفاظت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی و تجهیزات بهره‌برداری از آنها
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، ۱۳۷۹

قیمت: ۳۵۰۰ ریال

چاپ و صحافی: موسسه زحل چاپ

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.



شماره: ۱۰۲/۷۶۲۶-۵۴/۶۵۶۲	به: تمامی دستگاه‌های اجرایی و مشاوران
تاریخ: ۱۳۷۸/۱۱/۲۵	
موضوع: راهنمای حفاظت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی و تجهیزات بهره‌برداری از آنها	
<p>به استناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه کشور و آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی این دستورالعمل از نوع گروه <input type="text" value="دوم"/> مذکور در ماده هفت آیین‌نامه در <input type="text" value="یک"/> صفحه صادر می‌گردد. تاریخ مندرج در ماده ۸ آیین‌نامه در مورد این دستورالعمل <input type="text" value="۱۳۷۹/۳/۱"/> می‌باشد.</p> <p>به پیوست نشریه شماره ۱۸۲ دفتر امور فنی و تدوین معیارهای این سازمان با عنوان "راهنمای حفاظت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی و تجهیزات بهره‌برداری از آنها" ابلاغ می‌گردد.</p> <p>دستگاه‌های اجرایی و مشاوران می‌توانند مفاد نشریه یاد شده و دستورالعمل‌های مندرج در آن را ضمن تطبیق با شرایط کار خود در طرح‌های عمرانی مورد استفاده قرار دهند.</p> <p style="text-align: center;">محمدعلی نجفی 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 اهمیتی ویژه برخوردار می‌باشد.

نظام جدید فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه مورخ ۱۳۷۵/۳/۲۳ هیأت محترم وزیران) بکارگیری از 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 و 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
- ایجاد هماهنگی در مراحل تهیه، اجرا، بهره‌برداری و ارزشیابی طرحها.
- پرهیز از دوباره کاری‌ها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
- توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات معتبرتهیه‌کننده استاندارد

ضمن تشکر از اساتید محترم دانشگاه صنعتی اصفهان 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 امور فنی و تدوین معیارها

زمستان ۱۳۷۸

ترکیب اعضای کمیته

اعضای گروه مدیریت بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور که در

تهیه و تنظیم این نشریه همکاری داشته‌اند، عبارتند از:

آقای رحیم اتحاد کارشناس آب و خاک

آقای فرهاد اسفندیاری کارشناس زمین‌شناسی

آقای غلامعلی خلخالی کارشناس زمین‌شناسی

آقای عبدالصمد عمادی کارشناس منابع آب زیرزمینی

آقای غلامرضا مالک کارشناس زمین‌شناسی و معدن

لازم به تذکر است که در تهیه نسخه نهایی این استاندارد، خانم مهندس امامی و آقایان مهندسان: رشیدی،

صداقت و مه‌رسا همکاری کرده‌اند.

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱	مقدمه -۱
۱	ضوابط و دستورالعمل حفاظت از منابع آب زیرزمینی -۲
۲	حفاظت کلی و حفاظت محلی ۱-۲
۵	حفاظت کمی و حفاظت کیفی ۲-۲
۱۵	نظارت و اندازه‌گیری مستمر منابع آب زیرزمینی ۳-۲
۱۵	ضوابط و دستورالعمل حفاظت از تجهیزات بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی -۳
۱۶	چاه آب ۱-۳
۲۹	قنات ۲-۳
۲۹	شرح مختصر قنات و انواع آن ۱-۲-۳
۳۰	دستورالعمل حفاظت از قنات ۲-۲-۳
۳۵	دستورالعمل حفاظت از تجهیزات قنات ۳-۲-۳
۳۵	چشمه ۳-۳
۳۷	توصیه‌های مدیریتی -۴

آب به عنوان یک ماده طبیعی هم از نظر زیست محیطی و هم از نظر دوام و بقاء زندگی و پایداری اکوسیستمها دارای اهمیت فوق العاده بوده و منبعی غیرقابل جایگزین است. استفاده از این منبع حیاتی در حالت ذخیره در درون زمین (منابع آب زیرزمینی) مستلزم اعمال مدیریت صحیح است، زیرا به طور مداوم تحت تأثیر استفاده بیش از حد و اثرات نامطلوب ناشی از آلودگی قرار دارد. این آلودگی هم از طریق منابع شناخته شده و هم از طریق منابع ناشناخته مستمراً آنرا تهدید کرده و روی آن تأثیر سوء می‌گذارد. عدم برنامه‌ریزی و اعمال مدیریت صحیح پیامدهای غیرقابل جبرانی خواهد داشت.

علاوه بر حفظ و حراست کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی، حفاظت از تجهیزات بهره‌برداری از این منابع نیز مهم است. بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در بیشتر نقاط کشور عمدتاً به وسیله چاه صورت می‌گیرد. بنابراین لازم است که ضوابط و دستورالعمل‌هایی برای حفاظت از چاه و تجهیزات آن تدوین شود تا ضمن رعایت مشخصات فنی در مورد چاهها، سرمایه‌گذارهای مربوط به تجهیزات و منصوبات آن نیز حفظ شود.

نظر به اینکه در بخش وسیعی از کشور هنوز چشمه و قنات جزء منابع مهم تأمین آب، به خصوص در بخش شرب روستاها و کشاورزی هستند، بنابراین لازم است ضوابط و دستورالعمل‌هایی نیز جهت حفظ و حراست منابع مذکور و همچنین تجهیزات آنها تهیه شود.

در این استاندارد، راهنمایی‌هایی در زمینه حفظ و حراست کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی بیان شده، شرح مختصری در مورد انواع چاههای بهره‌برداری، قنات و چشمه داده شده و ضوابط و دستورالعمل‌های حفاظت از چاه، قنات و چشمه و تجهیزات منابع فوق‌الذکر ارائه شده است. در پایان استاندارد، ضمن نتیجه‌گیری، پیشنهاداتی توصیه شده است.

۲- ضوابط و دستورالعمل حفاظت از منابع آب زیرزمینی

- تا این اواخر، حفاظت از آب زیرزمینی در مقابل تأثیرات فعالیتهای بشری در مدیریت ملی و منطقه‌ای منابع آب مورد توجه کافی و لازم قرار نگرفته بود. دلایل اصلی غفلت از حفاظت آب زیرزمینی به طور خلاصه عبارتند از:
- آب زیرزمینی یک منبع آب پنهان است و کنترل کمی و کیفی آن مشکل است.
 - تأثیرپذیری آبخوان در مقابل آلودگی معمولاً سریع و آشکار نیست.
 - به علت نارسایی سیستمهای کنترل کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی، در گذشته، تغییرات آن مشخص نبود.

همزمان با نیاز شدید به استفاده از منابع آب زیرزمینی، ضرورت توجه به حفاظت از آن درمقابل آلودگی احساس شد. گرچه آلودگی حاصل از فعالیتهای انسانی از قرنهای پیش وجود داشته است، اما فقط در چند دهه اخیر و در پی توسعه و گسترش صنعت و افزایش مصرف آب، توجه به خطرات آلودگی منابع آب زیرزمینی و راههای مختلفی که آب زیرزمینی می تواند آلوده شود، معطوف شده است. به طور کلی، پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی یا آسیب پذیری آبخوان درمقابل آلوده شدن، تحت تأثیر ویژگیهای فیزیکی منطقه، طبیعت شیمیایی و بیولوژیکی و نیز خصوصیات جابجایی مواد آلوده کننده است.

منابع آب زیرزمینی از نظر کیفی و آسیب پذیری درمقابل مواد آلوده کننده و همچنین عوامل مختلف طبیعی و فعالیتهای اجتماعی - اقتصادی در مقیاسهای ناحیه ای و محلی متفاوت است. به همین دلیل، اطلاعات حاصل از منابع مختلف باید در فرآیندهای حفاظت آب زیرزمینی مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرند.

مهمترین عوامل، منابع و محل های آلوده کننده، منشاء و تأثیرات آنها بر روی کیفیت منابع آب زیرزمینی به طور خلاصه عبارتند از:

- منابع شهری و روستایی شامل نفوذ مستقیم فاضلاب، روان آب شهری و یا نشت مواد جامد و مایع موجود در پسابها، زباله ها و غیره
- منابع صنعتی شامل نفوذ مستقیم و یا غیرمستقیم مواد جامد و مایع حاصل از نشت مخازن و لوله ها، فعالیتهای معدنی، نواحی نفتی و انتشار گازها
- منابع کشاورزی شامل جریانهای آب برگشتی از مصارف آب کشاورزی، کودهای حیوانی و شیمیایی و سموم حاصل از دفع آفات و آلودگیهای ناشی از فعالیتهای دامداری
- سایر منابع شامل تخلیه های سطحی ذخایر مواد معدنی، تانکهای فاضلاب کشی، چاههای فاضلاب، پیشروی آب شور و نظایر آن

به طور کلی دو طبقه بندی برای مدیریت حفاظت منابع آب زیرزمینی ارائه شده است که عبارتند از:

- حفاظت کلی و محلی
- حفاظت کمی و کیفی

۱-۲ حفاظت کلی و حفاظت محلی

۱-۱-۲ حفاظت کلی

حفاظت کلی، منابع آب زیرزمینی تحت بهره برداری و منابع آب زیرزمینی توسعه نیافته را در برمی گیرد. معیار و سنجش حفاظت کلی یک سیستم آب زیرزمینی معمولاً در چارچوب سیاستها و خط مشی های ملی و منطقه ای

مدیریت منابع آب تعیین می‌شود. استراتژی حفاظت کلی برپایه دانش کافی از پارامترهای نواحی اشباع سیستم آب زیرزمینی و قابلیت آسیب پذیری آن استوار است. این موضوع شامل بررسی وجود بالقوه و بالفعل منابع آلوده‌کننده، تجزیه و تحلیل اطلاعات حاصل از برنامه‌های مطالعات منابع آب زیرزمینی و اعمال نظارت دقیق بر اقدامات قانونی است.

۲-۱-۲ حفاظت محلی

حفاظت محلی منابع آب زیرزمینی عمدتاً در ارتباط با سیستمهای تأمین آب مشروب است و می‌تواند تأثیر به‌سزایی در پیشرفت اقتصادی، اجتماعی و توسعه منابع آب داشته باشد. در بسیاری از کشورها، تعیین نواحی حفاظتی (حفاظت از چاههای بهره‌برداری) معمولاً در دو یا سه سطح در اطراف سیستمهای تأمین آب مشروب الزامی است. برای مناطقی که دارای نواحی حفاظتی هستند، تغییرات، محدودیت و یا حتی ممنوعیت بعضی فعالیتهای انسانی تصریح شده است. توصیف نواحی حفاظتی نیاز به کاربرد روشها و تکنیک‌های نوین دارد تا عدم اطمینان در تعیین آنها به حداقل کاهش یابد.

ناحیه حفاظتی به ناحیه‌ای از زمین اطلاق می‌شود که در آن فعالیتهایی که موجب آلودگی منابع آب می‌شوند منع شده است. به عبارت دیگر ناحیه‌ای است که در آن آب زیرزمینی تحت مراقبت و ممنوعیت آلودگی قرار گرفته است. اکثر اقدامات شدید حفاظتی در این محدوده که فاصله آن از نقطه برداشت با توجه به روابط تجربی موجود و ویژگیهای محلی تعیین می‌شود، به عمل آمده و با افزایش فاصله از چاه یا منبع از شدت این اقدامات کاسته می‌شود.

بر اساس استانداردهای موجود، اقداماتی که باید در نواحی حفاظتی مذکور به طور معمول اجرا شود عبارتند از:

- حفاظت از منابع آب زیرزمینی (چاه و تجهیزات آن)

- حفاظت از آبخوان در مقابل آلودگی‌های فیزیکی و بیولوژیکی

- حفاظت از آبخوان در مقابل آلودگی شیمیایی

برای انجام عملیات مهم فوق‌الذکر سه ناحیه حفاظتی به شرح زیر در نظر گرفته می‌شود:

ناحیه ۱: مرز این ناحیه قراردادی بوده و با توجه به شرایط محل تعیین می‌شود. در این ناحیه هرگونه فعالیتی که در ارتباط با توسعه آب زیرزمینی نباشد، ممنوع است. معمولاً این ناحیه متعلق به مالک چاه حفر شده در آن است و دور این ناحیه حصارکشی می‌شود.

ناحیه ۲: مرز این ناحیه تا فاصله‌ای از منبع (چاه بهره‌برداری) است که برای رسیدن آب زیرزمینی از آن نقاط به چاه حداقل ۵۰ روز وقت لازم باشد. این دوره زمانی به گونه‌ای است که تحت شرایط معمولی در اثر

جریان آب زیرزمینی باکتریهای بیماری‌زا از بین می‌روند. برای تعیین این فاصله از رابطه‌ای که بین سرعت جریان آب زیرزمینی (V)، قابلیت هدایت هیدرولیکی (K)، گرادیان هیدرولیکی (I) و تخلخل مؤثر (N) وجود دارد، استفاده می‌شود:

$$V = \frac{K \cdot I}{N}$$

در حال حاضر روشهای متعددی برای کمک به مدیران و مجریان جهت ارزیابی منابع آلوده کننده آبهای زیرزمینی وجود دارد. این روشها به کمک نرم‌افزارهایی مشابه سیستم اطلاعات جغرافیایی (G.I.S) انجام می‌شود. در این روشها پارامترهایی از قبیل عمق سطح آب زیرزمینی، تغذیه خالص، نوع آبخوان، نوع خاک، توپوگرافی عمومی یا شیب سطح زمین، تأثیر ناحیه غیراشباع و قابلیت هدایت هیدرولیکی آبخوان برای ارزیابی پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

فعالتهای کشاورزی از قبیل دامداری، استفاده از کودهای حیوانی و شیمیایی و حرکت کامیونهای حاوی مواد خطرناک در این ناحیه ممنوع است. همچنین ترافیک معمولی به لحاظ آلودگی ناشی از تصادفات اتومبیل‌ها در این ناحیه محدود است. تاسیس کارگاهها و کارخانه‌های جدید صنعتی در این ناحیه ممنوع بوده و آن تعداد از کارگاهها و کارخانه‌های صنعتی موجود نیز در صورتی می‌توانند به فعالیت خود ادامه دهند که بررسیهای لازم تایید کند که فعالیت و فرآیند تولید آنها اثر منفی روی آب زیرزمینی ندارد.

محل دفع زباله و پسابهای صنعتی و شهری بایستی به خارج از محدوده این ناحیه انتقال داده شود. ساخت بناهای مسکونی جدید فقط در صورتی مجاز است که نتایج مطالعات تفصیلی هیدروژئولوژیکی و زیست محیطی نشان دهد که این بناها اثر منفی بر روی آبخوان ندارد.

لازم به یادآوری است که این ناحیه فقط در مورد آبخوانهای آزاد قابل اعمال است.

ناحیه ۳: مرز و حدود این ناحیه براساس حوضه آبریز منبع آب زیرزمینی مشخص می‌شود. در حالتی که وسعت حوضه آبریز در مقایسه با برداشت آب زیرزمینی وسیع باشد، مرز این ناحیه می‌تواند براساس محاسبه بیلان تعیین شود.

۲-۲ حفاظت کمی و حفاظت کیفی

۱-۲-۲ حفاظت کمی

به علت برداشتهای بی رویه و افزون بر پتانسیل‌های دینامیک مخازن آب زیرزمینی به ویژه در مناطق خشک و نیمه

خشک نظیر کشور ما، بسیاری از مخازن آب زیرزمینی در حال تهی سازی^۱ هستند. از آنجا که در چنین مناطقی شاید تنها آب موجود نیز منابع آبهای زیرزمینی باشد، این شیوه بهره‌برداری عواقب نامطلوب و یا حتی غیرقابل جبران به دنبال دارد.

آسیب‌پذیری کمی آبخوان‌های زیرزمینی را به سه نوع می‌توان تقسیم کرد:

- ۱- افت سطح یا فشار پیزومتریک آبهای زیرزمینی و مشکلات تبعی آن
- ۲- نشست و شکاف برداشتن اراضی در مناطق دارای آبخوانهای دانه ریز
- ۳- پیشروی آبهای شور و جایگزین شدن آنها به جای آبهای شیرین به لحاظ کاهش حجم و فشار آبهای شیرین

تشخیص وقوع آسیب‌پذیری‌های فوق به کمک یک سری سنجش‌های ادواری و یا مشاهدات عینی میسر است. در مورد افت سطح یا فشار پیزومتریک، اندازه‌گیری این عوامل در آبخوانهای آبرفتی یا مخازن کارستی و درز و شکافدار به کمک شبکه چاههای مشاهده‌ای یا پیزومترها بهترین و مستندترین طریقه است. از وجوه دیگر تشخیص، کاهش آبدهی قنات و اضافه شدن خشکه کار آنها و خشک شدن قنات است. مضافاً، پایین رفتن سطح آب در چاههای بهره‌برداری موجب کاهش آبدهی پمپ‌ها، هواکشیدن پمپ‌ها، درخواست تعمیق یا تعویض محل چاهها توسط بهره‌برداران، نیاز به افزایش عمق نصب پمپ، افزایش قدرت موتور پمپ و برخی موارد دیگر می‌شود.

تشخیص وقوع نشست اراضی به کمک این مشاهدات مقدور است: بالازدگی لوله جدار چاهها از سطح زمین (پدیده رشد لوله جدار) و پایین رفتن موتور نسبت به جعبه دنده. همچنین نشست زمین اغلب با شکاف خوردن اراضی، ترک خوردن ساختمانها و جاده‌ها، کج شدن خطوط انتقال مواد سوختی و آب و خطوط راه آهن و غیره همراه است.

تشخیص قطعی این پدیده با ترازبانی دوره‌ای اراضی از نقاط نشانه پایدار^۲ در دامنه ارتفاعات مجاور مقدور است. پدیده سوم (جایگزینی آبهای شور) به کمک نمونه‌برداری‌های ادواری و انجام آزمایشهای شیمیایی یا آزمایش چاهها (کلر و هدایت الکتریکی) و مقایسه نتایج در طول زمان قابل تشخیص است.

آسیب‌پذیریهای فوق بر اثر بهره‌برداری بیش از پتانسیل مخزن به وقوع می‌پیوندد و تنها راه مقابله مؤثر با آنها نیز جلوگیری از اینگونه بهره‌برداریهاست. گرچه نظراتی دایر بر تغذیه مصنوعی آبخوانها مطرح می‌شود و در برخی

موارد نیز به اجرا درآمده است، ولی اینگونه تمهیدات همیشه و در همه جا اثر جبرانی قابل توجهی بر مخازن نداشته و اعمال آن در همه جا امکان پذیر نیست. به ویژه، آسیب پذیرهای نوع دوم (نشست زمین) غیر قابل جبران بوده و جبران نوع سوم نیز بسیار مشکل و پرهزینه است. بنابراین پیشگیری از بروز واقعه مؤثرترین شیوه بوده و باید بیشترین تلاش را در جهت مقابله با بهره برداری مازاد به کار بست.

راههای مقابله با پدیده های فوق قابل توصیه به شرح زیر هستند:

- ۱- جلوگیری از حفر چاههای جدید
- ۲- مسدود و غیر قابل استفاده نمودن چاههای غیر مجاز
- ۳- جلوگیری از تغییر منصوبات چاهها (افزایش قدرت آبدهی، پایین بردن پمپ و...)
- ۴- برقی کردن پمپها به منظور کنترل دقیق تر بهره برداری و جلوگیری از بهره برداری مازاد بر ساعات کار تعیین شده
- ۵- تطبیق دادن میزان بهره برداری منطقه با پتانسیل موجود و در صورت امکان کاهش بهره برداری مجاز چاهها به نسبت مساوی
- ۶- اتخاذ روشهای جلوگیری از تلفات آب و بالابردن کارایی آبیاری در کشاورزی، به شرح زیر:
 - تغییر روشهای آبیاری سنتی به روشهای مدرن در جهت کاهش حجم آب مصرفی
 - تغییر نوع کشت به محصولات کم مصرف در مناطق دارای محدودیت منابع آب
 - انتقال و ذخیره سازی آب در مجاری و مخازن پوشیده به لحاظ جلوگیری از تبخیر و تلفات آب
 - در صورت امکان آبیاری در شب و در ساعات خنک از شبانه روز
- ۷- کنترل تخلیه چاههای آرتزین در فصول و اوقات بلامصرف
- ۸- کنترل تخلیه چشمه ها (کاپتاژ)^۱
- ۹- اجرای طرح های تغذیه مصنوعی و تقویت آبخوانها در مناطق مستعد دارای جریانهای سطحی مازاد
- ۱۰- ساخت سدهای زیرزمینی و جلوگیری از خروج و هدر رفتن آبهای زیرزمینی و ممانعت از پیشروی آبهای شور زیرزمینی در مناطق دارای شرایط لازم
- ۱۱- پایین انداختن سطح آب زیرزمینی در مناطقی که آب زیرزمینی تبخیر می شود و استفاده از آبهای که در خطر تبخیر قرار دارند
- ۱۲- انجام اقدامات مدیریتی نظیر اصلاح قوانین، نرخ گذاری مناسب آب و انجام کارهای فرهنگی و ترویجی
- ۱۳- بهینه سازی مصارف شهری و صنعتی (تجهیزات مناسب، رفع عیوب در سیستم ها و باز چرخش^۲)

همزمان با نیاز شدید به آب زیرزمینی، نیاز به حفاظت از این منابع در مقابل آلودگی‌ها نیز احساس می‌شود.

گرچه آلودگی حاصل از فعالیت‌های انسانی از قرن‌های پیش وجود داشته است، اما فقط در چند دهه اخیر توسعه صنعت و افزایش مصرف آب، دنیا را به خطرات آلودگی منابع آب زیرزمینی و راه‌های مختلفی که آب زیرزمینی می‌تواند آلوده شود، آگاه کرده است. به طور کلی پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی یا آسیب پذیری آبخوان در مقابل آلوده شدن تحت تأثیر ویژگی‌های فیزیکی منطقه و طبیعت شیمیایی و خصوصیت جابه‌جایی مواد آلوده کننده است.

آسیب‌پذیری منابع آب زیرزمینی در مقابل مواد آلوده کننده و همچنین عوامل مختلف طبیعی و فعالیت‌های اجتماعی - اقتصادی در مقیاسهای ناحیه‌ای و محلی متفاوت است. اطلاعات حاصل از منابع مختلف باید در فرآیندهای حفاظت از آبهای زیرزمینی مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرند.

مهمترین عوامل، منابع و محل‌های آلوده کننده و منشاء آنها و همچنین تأثیرات آنها بر روی کیفیت منابع آب زیرزمینی به طور خلاصه عبارتند از:

- ۱- آلودگی‌های فیزیکی مانند افزایش مواد جامد و درجه حرارت و پیدایش رنگ، طعم و کدورت
- ۲- آلودگی‌های شیمیایی که با افزایش املاح محلول حاصل از یونهای اصلی یا بنیان‌های دارای بار مثبت سدیم، کلسیم، منیزیم و یا بار منفی سولفات و کلرور، عناصر فرعی مانند آهن، پتاسیم، کربنات، نیترات، نیتريت، فلئور و غیره همراه است.
- ۳- وجود عناصر کمیاب^۱ در آب نظیر آرسینک، کادمیوم، کبالت، سرب، کرم، مس و نیکل که به عوامل مسموم کننده نیز موسومند، به علاوه عناصر قابل ردیابی مانند رادیوم، نقره....
- ۴- مواد آلاینده بیولوژیک
- ۵- آلودگی به مواد آلی
- ۶- آلودگی به مواد پاک کننده یا دترجنت‌ها
- ۷- آلودگی به مواد کلوییدی از قبیل رنگ‌ها، نفت خام و مشتقات نفتی
- ۸- آلودگی به میکروارگانیسمهای بیماری‌زا یا آلودگی میکربی
- ۹- آلودگی به مواد رادیو اکتیو

1 - Micro elements

آلودگی به مواد جامد یا مواد معلق

این آلودگی می‌تواند بر اثر فعالیت و ورود پساب واحدهای تولید کاغذ و مقوا، صنایع چوب و مواد سلولزی، پشم‌شویی و کنسروسازی به آبهای زیرزمینی ایجاد شود. همچنین تراکم مواد معلق در آب چاهها، که در اثر ماسه‌دهی حاصل از نقص فنی به وجود می‌آید، نیز نوعی آلودگی به مواد جامد تلقی شده و می‌تواند از حد مجاز ۵ در هزار به بالا در آب استحصالی وجود داشته باشد.

آلودگی حرارتی

حرارت از طریق آب گرم خروجی از واحدهای صنعتی ذیربط و مصارف بهداشتی و... وارد آب زیرزمینی می‌شود. افزایش حرارت آب می‌تواند موجبات کاهش اکسیژن محلول در آب را فراهم کرده و با از بین بردن طعم گوارای آب، تشدید فعل و انفعالات شیمیایی، ایجاد شرایط مساعد رشد انواع میکروبیهای بیماری‌زا، تولید گازهای متان، آمونیاک و هیدروژن سولفور را فراهم آورد، زیرا میزان اکسیژن آب نمایانگر قدرت تصفیه پذیری یا خود پالایی آب بوده و از عوامل مؤثر در فعالیتهای میکرو ارگانیسم‌های هوازی، جلوگیری از فعالیت موجودات غیر هوازی و ایجاد بوی نامطبوع در آب است.

آلودگی به بنیان‌های اصلی کاتیونی و آنیونی

وجود بیش از حد مجاز عناصر اصلی در آب به مفهوم آلودگی آن است که این عناصر می‌توانند به طور طبیعی از طریق انحلال ماده معدنی سازندهای مختلف زمین‌شناسی، یا از طریق پسابهای خانگی و کشاورزی وارد آب زیرزمینی شوند. املاح محلول مجاز در آب شرب شهر به میزان ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر در حد مطلوب است و هر چه براین مقدار افزوده شود، از کیفیت آب کاسته می‌شود.

کلسیم می‌تواند بر اثر انحلال کلسیت، دولومیت و ژیپس، منیزیم از دولومیت و تالک، سدیم و کلر از انحلال سنگ نمک، سولفات از تجزیه ژیپس یا نفوذ آب دریا به آب زیرزمینی افزوده شود. فرآیند تسخیر از آب زیرزمینی نیز می‌تواند در افزایش شوری نسبی آب مؤثر واقع شده و به افزایش آلودگی کمک کند.

آلودگی به فلزات سنگین

فلزاتی نظیر منگنز، مس، کبالت و مولیبدن به مقدار اندک در حفظ سلامت و متابولیسم نقش حیاتی دارند، ولی در

غلظت زیاد به عنوان عوامل مسموم‌کننده به شمار می‌آیند. فلزات دیگری که فاقد هرگونه نقش سازنده هستند مانند جیوه، سرب و کادمیوم نیز قابل ذکرند.

فلزات سنگین از طریق فاضلاب فرآورده‌های تولیدی و صنعتی، سنگ معدن و ذوب آهن آلات، گالوانیزاسیون و آبکاری، تولید کود شیمیایی، پالایشگاههای نفت و بنزین اتومبیل‌ها می‌توانند وارد منابع آب شوند.

آلودگی‌های انگلی و میکربی آبهای زیرزمینی

انگله‌ها و میکرب‌ها در نتیجه تخلیه غیر بهداشتی فضولات انسانی و حیوانی به محیط وارد می‌شوند. اینگونه آلودگی‌ها را می‌توان در برخی از شهرها و مناطق روستایی کشور مشاهده کرد.

بیماریهایی که از طریق آب آلوده به فاضلاب منتقل می‌شوند شامل هپاتیت عفونی یا التهاب کبد، وبا، حصبه، پاراتیفویید، اسهال ویروسی، باکتریایی و تک یاخته‌ای و یرقان و ... هستند. اغلب این قبیل آلودگی‌های آب زیرزمینی در مناطقی که سطح آب بالابوده و امکان رعایت حریم چاههای جذبی فاضلاب با سطح آب زیرزمینی موجود نیست، به وجود می‌آید. از عوامل مؤثر کنترل آلودگی، پایین انداختن سطح آب زیرزمینی و یا ایجاد سیستم‌های جمع‌آوری و دفع فاضلاب و عدم استفاده از چاههای جذبی هستند.

برای مبارزه با اینگونه آلودگی‌ها در صورتی که مجموع کلیفرم‌ها تا 50° مورد در یکصد میلی‌لیتر از نمونه باشند، تنها گندزدایی کردن آب کفایت می‌کند. درآب‌های دارای بیش از 50° مورد کلیفرم، گندزدایی کردن به تنهایی دافع آلودگی نبوده و ضروری است از سایر روش‌ها مانند انعقاد، عبور از صافی و غیره نیز استفاده شود.

این دسته آلودگی‌ها بر اثر نشست شیرابه به آبخوان از محل‌های دفن زباله به ویژه در مناطقی که سطح آب زیرزمینی بالاباشد، نیز به وجود می‌آیند.

آلودگی به مواد آلی

در مواردی که ارتباط آبهای سطحی با آبهای زیرزمینی از طریق مجاری باز نظیر درز و شکاف در سنگهای آهکی و سایر سازندهای سخت برقرار باشد، اینگونه آلودگی‌ها به وقوع می‌پیوندد. در این ارتباط، پسابهای کشتارگاهها و واحدهای تولید مواد گوشتی، تأسیسات ساخت چسب و صمغ، دباغی و چرم‌سازی، کنسروسازی، صابون‌سازی و صنایع سلولزی (کاغذ و مقوا) می‌توانند موجبات آلودگی به مواد آلی را فراهم آورند.

آلودگی به مواد پاک کننده (دترجنت‌ها)

این مواد که دارای ترکیبات با مولکول‌های خطی بزرگ یا حلقوی بوده و از نوع آنیونی، کاتیونی، غیر یونی و آمفوتریک هستند، از طریق فاضلاب‌های خانگی و صنایع رنگرزی وارد آب زیرزمینی می‌شوند. پاک‌کننده (دترجنت) آنیونی چنانچه از نوع سخت و دیرپا باشد بر موجودات آبی و همچنین عمل تصفیه فیزیکی خود به خود طبیعی آب اثر نامطلوب داشته و با وجود دارا بودن وزن ملکولی زیاد جذب زمین نمی‌شوند و پس از تصفیه آب در داخل آن باقی می‌مانند.

آلودگی‌های رادیواکتیو

انبار نمودن صحیح پس مانده‌های رادیواکتیو یکی از مسائل بسیار مهم درکار با راکتورهای هسته ای برای تولید انرژی و مواد رادیواکتیو است. روند افزایش استفاده از نیروی هسته‌ای منجر به افزایش حجم زایدات رادیواکتیو شده است و در بیست و پنج سال آینده مقدار فضولات رادیواکتیو مایع بالغ به نهصد هزار و نوع جامد آن بالغ بر هفتاد هزار متر مکعب بار رادیواکتیو ته $10^6 \times 8/7$ کوری خواهد شد. بیشتر این زائدات دارای استرنسیم و سزیم بوده و تارسیدن به سطح بی خطر تا یک‌هزار سال دارای تشعشع خطرناک خواهند بود.

پیدایش شکستگی در محل‌های دفن زباله‌های رادیواکتیو بر اثر وقوع زمین لرزه یا گسل یا هرگونه حرکات تکتونیکی دیگر می‌تواند منجر به نشست ماده‌هسته‌ای به آبهای زیرزمینی شود. نشست زائدات اورانیم، سلنیم، مولیبدن و وانادیم در کانه‌های اورانیم‌دار، از طریق استخرهای دفن مواد باقیمانده، شستشوی مواد، تخلیه به رودخانه‌ها و یا تزریق تفاله‌ها به درون چاههای عمیق نیز می‌تواند موجبات آلودگی آبهای زیرزمینی به مواد رادیواکتیو را فراهم آورد.

آلودگی به مواد کلوییدی و نفتی

امروزه زمین شناسان نه تنها باید به دنبال ذخایر طبیعی نفت خام باشند، بلکه باید در زمینه تشخیص و چاره‌جویی مشکلاتی فعالیت کنند که ناشی از نفوذ مواد نفتی تصفیه شده و سایر آلوده‌کننده‌های ساخت بشر به محیط‌های زیرزمینی است. این مواد می‌توانند منابع آب زیرزمینی و سلامتی بشر را به خطر اندازند.

چنانچه بنزین به یک سازند کم تراوا نشست کند، حتی اگر سازند از لحاظ هیدروژئولوژی یک سفره آب زیرزمینی هم به حساب نیاید، باز مسئله اقدامات لازم برای مهار آلودگی منتفی نخواهد بود و آب زیرزمینی آلوده شده باید شناسایی و تحت نظارت قرار گیرد.

بخش عمده مواد نفتی پالایش شده و سایر آلوده کننده‌های ساخت بشر، در محیط آب زیرزمینی کم عمق و سفره‌های آزاد منتشر می‌شود. این محیط به سه قسمت به شرح زیر تفکیک شده است:

بخش اشباع، بخش غیر اشباع و بخش مویین. هر کدام از این بخشها ویژگی خاص خود را دارا است و نحوه آلودگی در آن نیز متفاوت است.

نحوه پخش بنزین در محیط آب زیرزمینی را به چهار صورت به شرح زیر می‌توان تقسیم کرد:

فازهای "بخار"، "باقیمانده"، "آزاد"، و "محلول". قابلیت تحرک آنها در سه بخش محیط زیرزمینی فوق‌الذکر نیز متفاوت است. سرعت و مسیر حرکت این فازها را می‌توان با استفاده از مفاهیم بنیادی تخمین زد. اما پیچیدگیهای زمین‌شناسی معمولاً این عمل را مشکل می‌کند.

نشت فرآورده‌های نفتی از مخازن و ایستگاههای پمپ بنزین، آلودگی ناشی از تعویض روغن اتومبیلها در کنار جاده‌ها، نشت از خطوط انتقال لوله و آلودگی در اطراف پالایشگاهها از موارد عمده آلودگی آبهای زیرزمینی محسوب می‌شوند. در مطالعات به عمل آمده محرز شده است که در بیش از ۵۰ درصد موارد بعد از ۱۰ سال بهره‌برداری، نشت مواد از مخازن وجود داشته است. اینگونه آلودگی‌ها به خصوص در جنوب تهران و در اطراف پالایشگاه نفت دیده شده است. در مورد پمپ‌های بنزین توصیه شده است که مخازن به صورت دوجداره ساخته شوند و کیفیت آب زیرزمینی از طریق چاههای نمونه‌برداری مورد کنترل قرار گیرد. برای جلوگیری از آلودگی کنار جاده‌ها نیز باید تمهیداتی به وسیله مسئولین مربوط صورت گیرد.

وجود مواد نفتی و به خصوص بنزین در آب موجب بروز بیماری سرطان در انسان و سایر جانداران می‌شود.

آلودگی‌های بیولوژیک

در کنار میکروب‌های موجود در آب، موجودات پریاخته و تک یاخته عامل آلودگی‌های پراکنده بیولوژیکی هستند. این ارگانیسم‌های گیاهی یا جانوری در آب پراکنده بوده و شناسایی آنها در تعیین منشأ آلودگی مؤثر است. این موجودات خواص ظاهری مانند کدورت، قابلیت عبور نور، بو و مزه آب را تحت تأثیر قرار می‌دهند ولی جزء عوامل انگلی و میکروبی محسوب نمی‌شوند. از اینگونه موجودات، باکتریهای آهن و باکتریهای گوگردی و از جانوران تک‌سلولی تازکداران، برخی آمیب‌ها و مژک‌داران و از جانوران پرسلولی کرم نماتد آزادی قابل ذکر هستند.

آلودگیهای میکروبیولوژیکی

تعداد زیادی از باکتریها در ارتباط با استاندارد آب شرب تشخیص داده شده است. تعدادی باکتری پسی کلروفیلیک

(کشت داده شده در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد)، تعدادی باکتری مزوفیلیک (کشت داده شده در ۳۷ درجه سانتیگراد) و تعدادی باکتری که آلودگیهای فضولانی آب را نشان می دهند، نظیر باکتری کلیفرم و اینتروککسی، در نمونه های آب تشخیص داده شده است.

وجود مقادیری باکتریهای کلیفرم، اینتروککسی، پسی کلروفیلیک یا مزوفیلیک دال بر انتقال سریع آنها از منابع آلوده کننده مثل فاضلاب، آبهای سطحی آلوده و غیره در یک سیستم شبه کانال است.

وجود باکتری اینتروککسی معمولاً بیشتر از باکتری کلیفرم به عنوان شاخصی برای آلودگی تازه به کار می رود. وجود تعداد زیادی باکتری پسی کلروفیلیک در آب حداقل نمایانگر دو نکته است:

۱- وجود منبع ماده آلی فاسد کننده

۲- ظرفیت تصفیه پایین سیستم هیدروژئولوژیکی

علاوه بر موارد فوق الذکر، شرکت نمودن باکتریها در عمل اکسیداسیون و احیاء نیتروژن و گوگرد، از نقطه نظر ژئوشیمی می تواند مهم باشد که در این موارد باید اندازه گیری های اضافی در محل انجام گیرد. همچنین تعدادی از انواع به خصوص باکتریهای تجزیه کننده مواد نفتی یا باکتریهای با ترکیب پیچیده تجزیه کننده مواد سلولزی که ناشی از فاضلاب دامداریها است، می توانند به مطالعه آلودگی منابع آب زیرزمینی کمک کنند.

فعالیت میکروبیولوژیکی می تواند به طور کمی توسط «اکسیژن خواهی بیوشیمیایی»^۱ شناخته شود. برعکس، باکتریایی که می توانند به طور سریع (در حدود چند ساعت) خود را با تغییرات محیط وفق دهند، میکروب های حاصل از تجمع ارگانسیم های عالی در محیط هستند و چرخه آنها به بیش از یک سال می رسد. وجود یک ارگانسیم با ویژگیهای اکولوژیکی شناخته شده در نمونه آب نشان می دهد که حد توانایی اکولوژیکی این ارگانسیم نمی تواند متجاوز از یک مرحله زمانی طولانی باشد. مهمترین عواملی که وجود ارگانسیم ها را در آبهای زیرزمینی کنترل می کنند عبارتند از: دما، غلظت اکسیژن، مواد سمی و سرعت جریان.

باکتریهای حاصل از کشت مصنوعی، مخصوصاً نوع «سراتیامارسه سنس»^۲ غالباً در آزمایشات ردیابی آبهای زیرزمینی مورد استفاده قرار می گیرد. این باکتریها برای محیط و سلامت انسان ضرری ندارند و ماده قرمز رنگ مشخصی تولید می کنند. تشخیص این باکتریها نسبتاً ساده است و توسط کشت نمونه های آب در ظروف مخصوص کشت میسر است. میزان حساسیت در سطح یک سلول باکتری در میلی لیتر آب است. این روش نسبتاً قابل اطمینان است و نیازی به وسایل و ابزار مخصوص نداشته و هیچگونه تأثیر منفی روی محیط طبیعی ندارد. روش فوق همچنین

1- Bio chemical Oxygen Demand (BOD)

2- Serratia marcescens

توانایی حذف باکتری از محیط آب را داشته و یکی از بزرگترین عواملی است که در حفاظت منابع آب زیرزمینی مؤثر است.

در تمام مطالعات بیولوژیکی لازم است به ویژگی نقطه نمونه برداری توجه خاصی مبذول شود. آبی که به عنوان نمونه از مظهر یک چشمه برداشت می‌شود، هم ویژگی آب سطحی را که در ارتباط با محیط بوده دارا است و هم ویژگی آب زیرزمینی را که نشان دهنده محیط آبخوان است.

روشهای جلوگیری از آلودگی و مبارزه با آن

در انتخاب روشهای جلوگیری از آلودگی آبهای زیرزمینی، یا مبارزه با آن ابتدا نوع آلودگی مورد شناسایی قرار می‌گیرد. در مورد آلودگیهای دارای منشاء طبیعی، حذف یا کاهش عوامل شیمیایی که تحت تأثیر املاح انحلال پذیر سازندهای مارنی، گچی یا نمکی سنگ کف و یا نفوذ القایی جریانهای سطحی شور به وجود آمده است، جلوگیری یا کاهش آلودگی از طریق انحراف مسیر مؤثر رودخانه‌ها یا عایق کردن بستر آن، همچنین کنترل میزان بهره برداری به منظور برداشت بهینه آب و به حداقل رسانیدن اثرات منفی سنگ کف میسر است. گاهی ممکن است لایه‌های فوقانی به علت بالابودن سطح تراز آب زیرزمینی و اثر تبخیر بر آن و یا گسترش عدسیه‌های لایه‌های رسی دارای این قبیل آلودگیها بوده و لایه‌های عمقی از کیفیت نسبی مطلوبتری برخوردار باشند. در چنین مواقعی با پایین انداختن سطح آب یا حذف اثرات منفی لایه‌های سطحی و فرایند تبخیر و تعرق از سطح آب زیرزمینی می‌توان نسبت به کاهش تدریجی شوری اقدام کرد. در غیر این صورت بهتر است لایه سطحی در نقاط بهره برداری کاملاً مسدود شده و از اختلاط آن با آبهای عمقی جلوگیری شود.

در مورد آلودگیهای مصنوعی که از طریق فاضلابهای شهری، کشاورزی و صنعتی منتقل می‌گردد، روشهای مشروحه زیر پاسخگو خواهد بود:

برای جلوگیری از نفوذ فاضلابهای خانگی ضروری است نسبت به پایین انداختن سطح آب زیرزمینی و ایجاد حریم حفاظتی اقدام کرده و یا منطقه را به سیستمهای جمع‌آوری و دفع فاضلاب مجهز کرد. در حالت نخست، معمولاً محاسبه حریم کف چاههای جذبی با سطح آب زیرزمینی با توجه به دوره زندگی میکروارگانیسمهای بیماری زا و استفاده از فاکتورهای ضخامت سفره، تخلخل مؤثر و قابلیت هدایت هیدرولیکی لایه‌های آبدار تعیین می‌شود. در صورتی که کمبود فاصله اجازه حفر چاههای عمودی را ندهد، می‌توان نسبت به حفر شبکه چاههای دارای انباره‌های افقی در اطراف میله اصلی اقدام کرد. به عنوان مثال هرگاه دوره زندگی باکتری عامل تیفوئید ۵۰ روز بوده و برای اطمینان بیشتر ۷۰ روز در نظر گرفته شود، باید فاصله حریم بیولوژیکی طوری انتخاب شود که با توجه به عوامل

ذخیره آب آلوده لااقل پس از طی زمان بیش از ۷۰ روز به سطح آب زیرزمینی برسد. بدیهی است علاوه بر بالا بودن سطح آب زیرزمینی، نقص فنی چاهها و نفوذ جریانهای سطحی به داخل چاه نیز می‌تواند آبهای زیرزمینی را آلوده کند.

در مورد آلودگی‌های کشاورزی که حاصل نفوذ مواد حاصلخیزکننده خاک و یا کودهای شیمیایی است، می‌توان به دو طریق عمل کرد. روش اول تجهیز مزرعه به سیستمهای زهکشی مصنوعی تنبوشه‌ای و یا روباز و انتقال و دفع آب به مناطق امن خارج از مزرعه است. در غیر این صورت می‌توان با استفاده از سیستمهای عایق‌کاری مرز زیرین خاک نسبت به حفظ کیفیت موجود آبهای زیرزمینی اقدام کرد. گاهی اتفاق می‌افتد که به علت بالا بودن سطح آب زیرزمینی و نزدیک بودن آن به منطقه فعالیت ریشه‌ها، اثرات تبخیر و تعرق و لوله‌های شعریه‌ای، تخریب تدریجی کیفیت آب را موجب شده و در درازمدت با توجه به آبشوییهای مکرر به کیفیت آب زیرزمینی لطمات شدیدی وارد می‌آید. در اینگونه مواقع لازم است نسبت به محاسبه سطح بی‌خطر آب زیرزمینی با استفاده از روابط تجربی اقدام کرده و با ایجاد سیستمهای زهکشی سطح آبراه در رقوم مورد نظر تثبیت کرد.

برای جلوگیری از آلودگی منابع آب به فاضلابهای شهری، علاوه بر رعایت استاندارد خروجی فاضلاب، ضروری است مسائل زیر نیز مورد توجه قرار گیرند:

- از فاضلابهای تصفیه نشده برای استفاده در امر آبیاری، تزریق به آب زیرزمینی و جمع‌آوری در استخر تبخیری خودداری شود.
- فاضلاب تصفیه نشده برای آبیاری میوه‌ها یا سبزیجاتی که به صورت خام مصرف می‌شوند، مورد استفاده قرار نگیرد.
- خروجی مرحله ثانویه فاضلاب برای حذف کلیفرم مدفوعی تا حد نیاز گندزدایی شود.

در مورد فاضلابهای صنعتی نیز بایستی کیفیت پسابها با حداکثر مجاز ارقام جداول استاندارد مطابقت داشته باشد، در غیر این صورت تصفیه نسبی آن ضرورت پیدا می‌کند. رقیق کردن فاضلاب تصفیه شده به منظور به حداقل رسانیدن غلظت مواد آلوده‌کننده مجاز نیست. فاضلابهای واحدهای صنعتی نبایستی حاوی کف، اجسام شناور و مواد لجنی باشند.

در مبارزه با آلودگیهای شیمیایی در آبهای دارای TDS تا ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر، آب طی عملیات جمع‌آوری در حوضچه‌ها، عبور از صافی، سبک‌سازی یا حذف انواع سختیهای زاید، حذف آهن و منگنز، حذف پاک‌کننده‌ها، افزایش فلوئور، حذف مزه و طعم آب، حذف خورندگی و انجام تهویه پاک و قابل استفاده برای شرب یا سایر مصارف مورد نیاز می‌شود. در صورتی که عوامل زمین‌شناسی آب را تا ۳۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر شور کرده باشد، از روش

نمک‌زدایی به طریقه الکترولیز یا اسمز معکوس استفاده خواهد شد. در آبهای دارای شوری بین ۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر معمولاً از روش اسمز معکوس با غشاهای دارای مقاومت بالا استفاده می‌شود. در آبهای با TDS بیش از ۵۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر باید از دستگاههای آب شیرین کن که دارای غشاهای بسیار مقاوم هستند، استفاده کرد.

در صورت وجود آلودگیهای میکربی، با توجه به تعداد کلیفرم‌ها، نسبت به کلرزدن آنها و یا عبور از صافی و غیره اقدام می‌شود.

در مبارزه با آلودگیهای رادیو اکتیو آب با توجه به شدت آلودگی عمل شده و در صورت وجود آلودگیهای اتفاقی با استفاده از فیلترهای آلوده‌گیر که از جنس پشم فولاد است، و به‌کارگیری کربن فعال حذف آلودگی صورت خواهد گرفت. در حذف مواد رادیواکتیو توسط سیستمهای تبادل یونی معمولاً "رزینها به کار گرفته می‌شوند.

۳-۲ نظارت و اندازه‌گیری مستمر منابع آب زیرزمینی

برای حفاظت آب زیرزمینی به صورت طولانی و مداوم، نیاز به دانش کافی از محدودیت اصول کیفی آب زیرزمینی است. این شناخت اصولی هیچوقت میسر نمی‌شود، مگر اینکه به طور دراز مدت و منظم از میزان کمی و کیفی منابع آب اطلاعات کافی وجود داشته باشد. داده‌هایی که در مدت طولانی اندازه‌گیری می‌شوند، در سیستم‌های اطلاعات پایه^۱ منابع آب ذخیره می‌شوند. این داده‌ها تغییرات کمی و کیفی را نشان می‌دهند و در مواقع لزوم می‌توان از قبل به مردم اطلاع داد که وضعیت آب (از نظر کیفی یا کمی) در حال خراب شدن است.

برنامه‌های نظارت و کنترل مستمر بر منابع آب زیرزمینی نقش مهمی در استراتژی حفاظت آبهای زیرزمینی ایفا می‌کند. این برنامه‌ها شامل تهیه اطلاعات در مورد وضع فعلی منابع آب زیرزمینی، کیفیت و کمیت فاکتورها است.

عملکرد این برنامه‌ها در سطح بین‌المللی GEMS (سیستم مونیتورینگ محیط زیست جهانی) نامیده می‌شود که توسط برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد (UNEP) در سال ۱۹۷۴ تدوین گردید و یکی از اهداف آن تداوم مطالعات از نظر کیفی و کمی به عنوان یک اصل پایه برای تعبیر و تفسیر شاخص‌ها و روند طولانی مدت تغییرات منابع آب به ویژه از نظر آلودگی این منابع از طریق مواد پایدار و خطرناک است.

1 - Data Base

۳- ضوابط و دستورالعمل حفاظت از تجهیزات بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی

امروزه چاه متداولترین وسیله بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی است. چاههای بهره‌برداری عبارتند از: چاه دستی، چاه نیمه عمیق، چاه عمیق، چاه آرتزین و چاه جمع‌کننده (فلمن).

اگرچه دستورالعملها و معیارهای فنی نحوه حفاری چاهها در استاندارد شماره ۱۰۱-الف طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور به تفصیل آمده است ولی نظر به اهمیت حفاظت از این تأسیسات از مرحله ایجاد (حفر) تا تجهیز و بهره‌برداری، نکات عمده و لازم از ضوابط و دستورالعمل‌های حفاظت چاهها و تجهیزات آنها در زیر ارائه می‌شود:

۱-۳ چاه آب^۱

«چاه آب»، حفره‌ای استوانه‌ای شکل و معمولاً قائم است که در زمین حفر می‌کنند تا در منطقه اشباع آبهای زیرزمینی، آب از منافذ سنگها و رسوبات به درون آن تراوش کند، به طوری که این آب قابل استخراج با وسایلی مثل انواع پمپها، تلمبه‌های دستی و دلو باشد یا آنکه آب بتواند خود به خود به سطح زمین راه یابد.

۱-۱-۳ چاه دستی

چاه دستی چاهی است که توسط مقنی با قطر حدود ۸/۰ تا ۴ متر و به شکل استوانه‌ای تا عمق حدود یک متر زیر سطح آب حفاری می‌شود، به کمک دلو دستی یا چرخ چاه و احياناً به وسیله تلمبه‌های دستی از آن بهره‌برداری می‌شود.

۱-۱-۱-۳ دستورالعمل نحوه حفاظت از چاه دستی (در حین حفاری و بعد از آن)

- الف - حفر چاه در داخل گودی‌ها و آبگیرها غیر اصولی بوده و با خطر آب‌گرفتگی و پرشدن چاه از گل و لای همراه است و تا حد امکان باید محل چاه تا حدودی نسبت به اطراف بلندتر باشد.
- ب - دهانه چاه به لحاظ جلوگیری از خرابی و ریزش حتماً باید آجرچین یا سنگ چین شود (حدود یک متر) و همچنین با دهانه سازی از سطح زمین تا حدود ۷۰ سانتیمتر بالا بیاید و به کمک مصالح بنایی مستحکم شود.
- ج - چاه آب باید از چاههای فاضلاب که نشت از آنها باعث آلودگی می‌شود، به قدر کافی دور باشد.
- د - چنانچه جنس خاک حفر شده ریزشی یا شولاتی باشد، برای جلوگیری از ریزش می‌بایست دیواره سازی

۱ - تقسیم‌بندی چاهها در این استاندارد براساس تقسیم‌بندی متداول در وزارت نیرو بوده و برای نامگذاری چاهها برحسب عمق به استاندارد شماره ۱۰۱-الف طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور مراجعه شود.

- شود. برای دیواره سازی می توان از کول های سفالین یا بتونی استفاده کرد.
- ه- برای اینکه آب به قدر کافی در چاه وجود داشته باشد، معمولاً باید حفاری را در فصلی انجام داد که سطح آب زیرزمینی در پایین ترین حد خود قرار دارد (معمولاً در اوایل پاییز) و یا در این فصل نسبت به کف شکنی چاه اقدام کرد. در عین حال به کمک پمپ می توان سطح آب را پایین برد تا به میزان دلخواه، حفاری در داخل آب صورت گیرد.
- و- از آنجا که اغلب به دلیل حرکات آب (طبیعی یا ناشی از آبکشی) دیواره قسمت آبدی چاه ریزش می کند، ضروری است که این بخش از چاه حتماً کول گذاری شود. ندرتاً ممکن است چاههایی باشند که جنس زمین آنها در داخل آب استحکام کافی داشته باشد.
- ز- به منظور جلوگیری از سقوط اجسام، موجودات زنده و کودکان، شایسته است دریچه ای تا حد امکان آهنی روی چاه نصب و درب آن قفل شود.
- ح- به هنگام آبکشی از چاه تا حد امکان باید از ریختن آب در اطراف چاه خودداری شود و بهتر است آب خارج شده از چاه به داخل حوضچه ای بتونی (آب بند) منتقل شود و از شستشوی ظروف، البسه یا سایر چیزها در حاشیه چاه خودداری به عمل آید.
- ط- تا حد امکان از آب اینگونه چاهها برای شرب استفاده نشود و در صورت اضطرار از سالم بودن آب آن اطمینان حاصل شود، و طبق ضوابط بهداشتی نسبت به کلر زنی آب چاه اقدام شود.
- ی- در فواصل زمانی مناسب که با توجه به شرایط محیطی متفاوت است، نسبت به لایروبی و پاکسازی چاه اقدام کرد.
- ک- بهتر است قسمت بالای چاه تا عمق حدود ۲ تا ۳ متر را با ساختن دیواره بتونی یا با آجر چینی و سنگ چینی با ملاط سیمان و ماسه غیر قابل نفوذ کرد.

۳-۱-۱-۲ دستورالعمل نحوه حفاظت از تجهیزات چاه دستی

- چاههای دستی معمولاً تجهیزات چندانی ندارند و مواردی به شرح زیر را باید در نظر داشت:
- الف - چنانچه از چرخ چاه استفاده می شود، پایه های چرخ را باید استوار و ثابت نمود و در صورت فرسودگی تعمیر یا تعویض کرد. همچنین در صورت نیاز خود چرخ را باید مرمت یا تعویض کرد. طناب مورد استفاده باید تمیز، محکم و قابل اطمینان باشد.
- ب - دلو چاه باید سالم باشد و پس از بالا کشیدن در جای مناسبی دور از آلودگی قرار گیرد.
- ج - در صورت استفاده از تلمبه های دستی، اجزای تلمبه باید سالم باشند، لاستیک درون تلمبه مناسب بوده، هوا نکشد و همچنین خاصیت ارتجاعی خود را از دست نداده باشد که در غیر این صورت باید تعویض شود.
- ه- دریچه دهانه چاه، تلمبه دستی، لوله ها و چرخ چاه را در فواصل زمانی مناسب باید رنگ آمیزی کرد تا ضمن حفظ بهداشت، از زنگ زدگی و فرسودگی سریع آنها جلوگیری شود.

۳-۱-۲ چاه نیمه عمیق بهره‌برداری

چاه نیمه عمیق چاهی است دهانه گشاد با قطر یک تا چند متر که به وسیله مقنی یا بیل مکانیکی در داخل لایه سطحی، حداکثر ۵ تا ۶ متر زیر سطح ایستابی، حفاری می‌شود و دیواره‌های آن به وسیله کلاف‌های بتونی مسلح محافظت می‌شود. این گونه چاهها اغلب برای امر کشاورزی به وسیله موتور پمپ‌های مکشی بهره‌برداری می‌شوند. در برخی موارد برای افزایش آبدهی چاه اقدام به حفاری کوره می‌شود.

۳-۱-۲-۱ دستورالعمل نحوه حفاظت از چاه نیمه عمیق (در حین حفاری و بعد از آن)

الف - نحوه حفاری چاه‌های نیمه عمیق به این صورت است که معمولاً با استفاده از قالب‌های فلزی و ندرتاً چوبی اقدام به ساخت یک کلاف بتون آرمه در روی زمین و در محل حفاری می‌شود. ضخامت دیواره کلاف حدود ۲۰-۱۵ سانتیمتر است و هر کلاف بسته به ضخامت و قطر بین ۲ تا چندتن وزن دارد. حفاری داخل و زیر کلاف باید با دقت و حوصله کافی انجام شود، به نحوی که کلاف به تدریج به صورت کاملاً قائم پایین رود. کوچکترین بی‌توجهی موجب کج شدن کلاف و خراب شدن چاه خواهد شد. به تدریج با پایین رفتن، کلاف‌های بعدی روی کلاف‌های قبلی ساخته می‌شود. مهمترین موضوع در حفاری چاه‌های نیمه عمیق، حفاری قائم و پایین رفتن کاملاً عمودی کلاف‌های بتونی است که در حین کار دائماً با شاقول و تراز باید آزمایش شود.

ب - بهتر است حفاری در زمانی صورت گیرد که سطح آبهای زیرزمینی در پایین‌ترین تراز قرار دارد و حفاری تا حداکثر عمق ممکن انجام پذیرد. این کار با استفاده از پمپاژ و پایین انداختن سطح آب میسر است و می‌توان با کمک پمپ گل کش این امر را تسهیل کرد. به لحاظ اینکه مدتی پس از تمام شدن کار، کلاف‌های بتونی در جای خود تثبیت می‌شوند، شروع مجدد حفاری معمولاً سودبخش نیست و بهتر است تمام کار یکباره انجام شود و از دوباره کاری احتراز کرد.

- علاوه بر کلاف‌های درون چاه، یک کلاف یک متری بالای دهانه چاه و بالاتر از سطح زمین ساخته شود.

- در اطراف کلاف مذکور حفرات و گودال‌ها بارس و خاک‌های غیر قابل نفوذ پر شود و سطح زمین از سمت چاه به اطراف شیب داشته باشد.

- دهانه چاه به وسیله در پوشی ترجیحاً بتون آرمه یا فلزی پوشانده شود.

- آب خارج شده از لوله آبده پمپ در اطراف چاه ریزش نکند، بلکه به حوضچه ای بتونی یا محل مناسب دیگری نظیر مخزن آب فلزی مستقیماً هدایت شود.

ج - در دیواره بتونی، نردبان فلزی برای رفت و آمد به داخل چاه پیش بینی و نصب شود. داخل چاه باید لایروبی شود.

د - در چاههایی که ممکن است ماسه از کف بالا بیاید، بهتر است کف چاه شن ریزی شود به نحوی که ماسه‌ها از داخل شن‌ها بالانیایند.

الف - عمدتاً در چاههای نیمه عمیق از موتور پمپهای متصل بهم که موتور آن دیزلی و پمپ از نوع مکشی است، استفاده می شود. قطر لوله آبدۀ این گونه پمپها متغیر است ولی قسمت اعظم آنها حدود ۳ تا ۴ اینچ هستند. اغلب این گونه چاهها با چنین موتور پمپهایی به منظور کشاورزی بهره برداری می شوند. در مواردی که چاهها آبدۀ زیادی دارند از پمپهای توربینی نیز استفاده می شود و در چاههایی که برای شرب استفاده می شوند، با الکتروپمپ بهره برداری می شود.

ب - محل نصب پمپهای مکشی از سطح دینامیک آب در چاه نباید بیش از ۶ تا ۷ متر بالاتر باشد. به همین لحاظ بسته به سطح آب، پمپ ممکن است در سطح زمین، در وسط چاه و یا در حفره ای که کنار سطح آب چاه ایجاد می شود (پایاب)، قرار داده شود که در دو مورد اخیر برای خروج دود آگزوز و جلوگیری از مسموم شدن هوای درون چاه و اطاقک پایاب باید لوله آگزوز تا سطح زمین امتداد داده شود و هوای کافی برای سوخت و سوز به موتور برسد. در عین حال، موقعیت موتور پمپ باید به نحوی باشد که بالآمدن سطح آب منجر به غرق شدن آن نشود.

ج - محل اتصالات و واشرها باید بررسی، گریسکاری و در صورت فرسودگی تعویض شود.

د - صافی انتهای لوله آبکش باید سالم بوده و از ورود قطعات درشت به درون پمپ ممانعت کند. در ضمن باید سطح آن پاک باشد و از خزه و چیزهای دیگر که باعث بسته شدن منافذ ورودی صافی می شوند، پاک شود.

ه - موتور پمپ در محل خود باید کاملاً ثابت و استوار باشد، به نحوی که لرزش مداوم موتور باعث لق شدن و جابجایی آن نشود.

و - در صورتی که در چاه از پمپ توربینی استفاده شود، معمولاً اتصال سر تخلیه به موتور توسط تسمه لاستیکی صورت می گیرد. در این حالت باید مراقبت های لازم به منظور تنظیم بودن تسمه و سالم بودن آن به عمل آید و در صورت پارگی و نخ زدگی تسمه، به موقع نسبت به تعویض آن و رفع علت برآمد که ممکن است مربوط به پولی های موتور یا سر تخلیه باشد.

ز - اقدامات احتیاطی از نظر برخورد اشخاص و حیوانات به تسمه به عمل آید.

چاه عمیق، چاهی است که حفاری آن توسط دستگاه حفاری صورت گرفته باشد و به طور معمول در آن لوله های جدار نصب می شود.

۱-۳-۱-۳ دستورالعمل حفاظت از چاه عمیق بهره‌برداری (در حین حفاری و بعد از آن)

- در تعیین محل حفاری علاوه بر نیازهای آبی، ویژگی‌های دیگری را در ارتباط با حفاظت چاه باید مدنظر داشت.
- چنانچه آگاهی کافی از وضعیت و موقعیت آبخوان وجود داشته باشد، بهتر است قبل از حفر تمام چاه، قسمت ابتدایی و بالاتر عمق لازم حفاری و لوله ای با قطر زیاد (۲۲-۲۰ اینچ) نصب و اطراف لوله تزریق سیمان شود. این عمق را با توجه به شرایط رسوبات سطحی و احتمال نفوذ آب‌های سطحی می‌توان انتخاب نمود. در چاههای کشاورزی به منظور فوق و استحکام سیستم، سیمان‌کاری تا عمق حدود ۱۲ متر معمول است و پیشنهاد می‌شود در مورد چاههای آب شرب احتیاط بیشتری به کار برده شود و تا اعماق بیشتری این عمل را انجام داد (در چاههای آب شرب شهر تهران معمولاً تا عمق ۶۰ متر عایق‌کاری صورت گرفته است).
- پس از تکمیل عملیات تزریق سیمان اطراف لوله محافظ (۲۲-۲۰ اینچی) بلوک بتونی به ابعاد ۱×۱ متر و به عمق حدود یک متر ساخته شود. بتون باید کاملاً فشرده و بدون خلل و فرج باشد تا آبی به آن نفوذ نکند (نفوذ با احتمال یخ زدگی و خرد شدن بلوک همراه است).
- چاههای حفاری شده در طبقات آبرفتی دانه ریز در اکثر موارد نیاز به شن ریزی در اطراف لوله جدار دارند. این اقدام از ورود ماسه و رسوبات دانه ریز به داخل چاه جلوگیری می‌کند. باید تناسب لازم بین جنس طبقات زمین، ابعاد شبکه‌های لوله مشبک و قطر دانه‌های شن‌های مصرفی وجود داشته باشد، به نحوی که دانه‌های شن به داخل چاه وارد نشوند و فواصل بین دانه ای آنها به اندازه‌ای باشد که از عبور رسوبات دانه ریز جلوگیری کند.
- گمانه و چاه حفاری شده باید کاملاً قائم و بدون انحراف و اعوجاج باشد. خارج بودن چاه از حالت قائم مشکلات فراوانی را در مراحل بعدی و در دوره بهره‌برداری پیش می‌آورد.
- لوله‌گذاری نیز باید کاملاً قائم انجام شود و حفار موظف است لوله‌ها را کاملاً در راستای هم تراز کرده و جوش دهد. پس از جوش مقدماتی آزمایش کرده و پس از اطمینان کافی از قائم بودن لوله، نسبت به جوش کاری کامل اقدام کند. همچنین حین لوله‌گذاری، لوله‌ها باید کاملاً در وسط قرار گرفته و از اطراف تا بدنه چاه فاصله یکسان داشته باشند. لوله‌گذاری باید کاملاً آزاد و بدون فشار یا ضربه تا عمق مورد نظر انجام شود. پس از لوله‌گذاری نیز شن‌ریزی اطراف لوله جدار صورت خواهد گرفت (دستورالعمل حفاری و نامگذاری چاهها، استاندارد شماره ۱۰۱-الف طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور). در صورت امکان از لوله‌های اسکرین مناسب با دانه بندی خاک استفاده شود و در غیر این صورت شبکه‌هایی با اندازه مناسب و یا مقدار کافی در روی لوله جدار ایجاد شود. باید دقت کرد غیر از شبکه‌های ایجاد شده، هیچ نوع سوراخ اضافی در لوله جدار نباشد.
- چاههایی که در سازندهای سخت و کارستی حفاری می‌شوند، اغلب نیازی به شن‌ریزی و یا استفاده از لوله‌های مشبک و یاحتی در صورت اطمینان از پایدار بودن دیواره چاه نیاز به لوله‌گذاری نخواهند داشت.
- پس از خاتمه لوله‌گذاری و شن‌ریزی، درون چاه باید کاملاً شستشو داده شود. این عمل در چاههای حفاری شده با دستگاه ضربه‌ای توسط گل‌کش انجام می‌شود و در صورت امکان سپس با کمپرسور نسبت به شستشوی چاه

اقدام می‌شود تا جایی که آب خارج شده توسط گل‌کش صاف باشد. در چاههای حفاری شده به روش دورانی، شستشوی چاه به روش پیستون زنی^۱ با استفاده از تویی و پمپ دستگاه حفاری و همچنین کمپرسور انجام می‌گیرد. شستشوی نهایی و کامل چاه به کمک پمپاژ چاه انجام می‌گیرد. در این مرحله باقطع و وصل متوالی آبکشی و وارد آوردن تکان به لایه آبدار و ذرات ریز اطراف چاه، آنها را به داخل چاه کشیده و سپس از چاه خارج می‌کنند.

- پس از پایان عملیات فوق، آزمایش پمپاژ در چاه صورت می‌گیرد. با توجه به سطح آب در چاه، قطر لوله جدار، آبدهی تخمینی چاه که در تست بیلر (آزمایش با گل‌کش) یا تست کمپرسور معین شده، پمپ آزمایشی و موتور مناسب با آن انتخاب و نصب می‌شود. ابتدا همانطور که ذکر شد، به کمک پمپ نسبت به شستشو و پاک کردن کامل چاه اقدام می‌شود. پس از پایان این مرحله که چاه توسعه یافته و تکمیل شده است، آزمایشهای پمپاژ انجام می‌گیرد و سپس با توجه به دبی تعیین شده، سطح استاتیک و دینامیک آب، قطر لوله جدار، موقعیت لوله‌های مشبک و کور و امکانات موجود پمپ و موتور مناسب تعیین و نصب می‌شود.

- در مراحل حفاری یا شستشو و پمپاژ چاه آزمایش کیفیت آب چاه باید مداوماً انجام شود، به خصوص در تفکیک لایه‌ها و بستن لایه‌های شور، اطلاع از کیفیت آب لایه‌های مختلف ضروری است. همچنین در ادامه پمپاژ ممکن است بر اثر پیشرفت آب شور کیفیت آنها تغییر کند که در این صورت میزان بهره‌برداری را باید محدود کرد. وجود یک دستگاه هدایت سنج الکتریکی (کنداکتیومتر) از ابتدای شروع حفاری تا پایان پمپاژ در سرچاه ضرورت دارد.

- از ریزش آب چاه چه در مرحله پمپاژ آزمایشی و چه پمپاژ دائمی در اطراف چاه باید جلوگیری کرد و آب چاه در فاصله ای دورتر و یا در داخل حوضچه بتونی و یا منبع فلزی (بخصوص در استفاده از آب شرب) ریخته شود، به نحوی که آب به داخل چاه برنگردد.

- به هنگام حمل و نقل و یا ریختن گازوئیل و تعویض روغن باید دقت کافی به عمل آید که مواد فوق به داخل چاه نریزد. دهانه چاه و فضای بین لوله پمپ و لوله جدار باید محفوظ باشد، به نحوی که جسم خارجی به درون چاه نیافتد، که در این صورت موجب مشکلات فراوان خواهد شد.

- شایسته است جهت اندازه‌گیری سطح آب در چاه، سوراخی در لوله جدار چاه تعبیه و لوله حدود $\frac{1}{4}$ اینچ جوش داده شود و دهانه آن با بوشن و در پوش بسته شود.

۳-۱-۲ دستورالعمل نحوه حفاظت از تجهیزات چاه بهره‌برداری

- در چاههای عمیق معمولاً دو نوع پمپ نصب می‌شود. یکی الکتروپمپ‌های شناور که موتور زیر پمپ توربینی وصل است و مجموعاً در زیر آب قرار می‌گیرند و شافتی مستقیماً از موتور به محور پره‌های توربین پمپ وصل

- است و آنها را می‌گرداند و آب از طریق لوله ای به سطح زمین رسیده و تخلیه می‌شود. در مورد اینگونه پمپ موضوع آب بند بودن موتور بسیار مهم است و هیچگونه نشت آب یا بخار آب نباید به داخل موتور نفوذ کند. جریان برق به توسط کابل ضد آب به موتور منتقل می‌شود. چنانچه آب‌بندی موتور و محل ورودی کابل بی‌نقص باشد، کارکرد اینگونه موتورها بسیار راحت، بدون سر و صدا و تمیز بوده و نیازی هم به موتورچی ندارد.
- نوع دیگر، پمپ‌های توربینی شافت و غلاف دار است که از سطح زمین، نیروی چرخشی به کمک شافت‌ها به پمپ منتقل می‌شود. بین شافت و غلاف، روغن مخصوص چرخ ریخته می‌شود که شافت بتواند به سهولت گردش کند. یک روغن دان در سر چاه و کنار سرتخلیه نصب شده است. چنانچه روغن به علتی از انتهای پمپ و یا از بین غلاف‌ها خارج شود، در اثر افزایش اصطکاک و حرارت، شافت معیوب خواهد شد.
- در انتهای پمپ، کاسه نمدی برای جلوگیری از خروج روغن وجود دارد که با گذشت زمان فرسوده می‌شود و ممکن است فرسودگی آن منجر به تخلیه روغن در چاه شود که در این صورت علاوه بر خطر برای شافت پمپ که گرانترین بخش آن است، موجب آلودگی چاه و آبخوان نیز می‌شود. اصولاً روغن‌های موتور در آب برای سلامتی مضر است. در عین حال در اثر فرسودگی کاسه نمد ممکن است آب به فضای بین شافت و غلاف رسوخ کرده و موجب فرسودگی شافت شود. بنابراین، چنانچه مصرف روغن زیاد شود، باید نسبت به خارج کردن پمپ و تعویض کاسه نمد اقدام شود.
- آب بر اثر چرخش توربین از فاصله بین غلاف و لوله کالمن به بالا صعود می‌کند. در جاهایی که آب دارای ماسه بوده و یا آب خورنده است، با توجه به سرعت زیاد آب، عمل فرسایش^۱ و خوردگی^۲ در توربین پمپ، غلاف، لوله کالمن، لوله جدار چاه به خصوص لوله‌های مشبک و اسکرین موجب فرسودگی می‌شوند. در عین حال ناخالصی‌های فلزی و خراشیدگی یا مجاورت فلزهای غیر همجنس موجب خوردگی در لوله جدار چاه و اجزای پمپ می‌شود. به همین لحاظ تمهیدات لازم برای به حداقل رساندن ماسه‌دهی باید به عمل آید.
- نصب لوله جدار، اسکرین و پمپ، با عملیات بدون ضربه و فشار و به راحتی انجام شود.
 - حتی المقدور از آلیاژ واحد در اجزای فلزی استفاده شود و سعی شود به این مصالح خراش و ضربه وارد نشود.
 - در آبهای خورنده از آلیاژهای مناسب استفاده شود.
- به هنگام بستن شافت و غلاف دقت شود که رزوه‌ها با روانی و بدون انحراف بسته شود. در غیر این صورت به علت خارج از محور بودن موجب تولرانس در هنگام گردش پمپ شده و شافت بریده خواهد شد.
- آب بالا آمده در لوله کالمن به سر تخلیه و سپس به لوله خروجی منتقل می‌شود و معمولاً این دو جزء مشکل چندانی ندارند. در عین حال تناسب قطر لوله کالمن با قطر لوله آبد و همچنین سر تخلیه باید رعایت شود.
- شافت از وسط سر تخلیه گذشته و به جعبه دنده و یا مستقیماً به موتور الکتریکی عمودی وصل می‌شود.
- حرکت دورانی از موتور به وسیله میل گاردان به جعبه دنده منتقل شده و از حالت افقی به عمودی درآمد و شافت

پمپ را می‌گرداند. معمولاً این تغییر حالت با تغییر دور نیز همراه است، مانند نسبت $\frac{5}{6}$ که هر ۵ دور موتور را به ۶ دور پمپ تبدیل می‌کند. جعبه دنده محتوی روغن دنده است تا دوران تسهیل شده و از گرم شدن آن جلوگیری شود. روغن درون جعبه دنده نیز می‌باید کنترل شود و کاهش آن جبران و در صورت از دست دادن خواص تعویض شود.

- میل‌گاردان که از موتور به جعبه دنده وصل می‌شود، حتی المقدور باید با محور موتور و محور جعبه دنده در یک راستا قرار داشته باشد تا هم فرسودگی ناشی از اصطکاک کاهش داده شود و هم از تلفات نیرو جلوگیری به عمل آید. چهار شاخه‌های گاردان باید با گریس آغشته شود.

- میل‌گاردان در عین حال خود خطرناک‌ترین بخش سیستم است و نزدیک شدن به آن با خطر جانی همراه است و اغلب به لحاظ بی احتیاطی افراد حین عبور از اطراف یا حتی زیر آن به لحاظ برخورد با میله یا پیچیدن لباس یا موی سر به دور آن به شدت آسیب دیده و جان خود را از دست داده‌اند. به همین لحاظ ضرورت دارد، حفاظی برای آن تعبیه شود و از آمد و شد افراد، زنان و کودکان که برای شستشوی ظروف و لباس و بازی و آب تنی در اطراف چاه پراکنده می‌شوند و همچنین از نزدیک شدن چهار پایان جلوگیری به عمل آید.

- تا حد امکان برای هر چاه، موتور خانه مناسبی ساخته شود و درب آن قفل باشد تا ضمن حفظ و حراست از چاه و آسیب‌های احتمالی آن، از خطرات فوق‌الذکر نیز جلوگیری به عمل آید. ساختمان‌های موتور خانه دارای تیپ مشخصی است، به نحوی که هوای کافی به موتور برسد. ضمناً در بالای ساختمان تیر آهنی افقی نصب می‌شود تا در صورت لزوم با استفاده از جرثقیل دستی بتوان موتور، پمپ و اجزای مربوط را جابه‌جا کرد.

- موتوری که میل‌گاردان را به حرکت درمی‌آورد، می‌تواند الکتروموتور افقی یا موتور دیزل باشد. هر کدام از این موارد دستورالعمل نگهداری خود را دارد. الکتروموتورها راحت‌تر هستند و بدون صدا بوده و نیاز به رسیدگی کمتری دارند و معمولاً دارای کلید برق روغنی هستند که در اثر اختلال در جریان برق بلافاصله آنرا قطع می‌نماید. موتورهای دیزل توجه بیشتری لازم دارند و به یک نفر موتوربان نیاز دارند که ضمن تهیه گازوییل، تعویض روغن و فیلتر و غیره مشکلاتی را که در اجزای موتور پیش می‌آید، مدنظر داشته باشد و در موقع خطر بلافاصله نسبت به متوقف کردن آن یا کلاچ زدن (قطع ارتباط موتور با گاردان) اقدام کند.

موتورهای زمینی دارای وزن زیاد، دور کم و استحکام کافی هستند و چنانچه سرویس‌های لازم آنها به موقع انجام پذیرد و قطعاتی که فرسوده می‌شوند، بلافاصله تعویض شوند، مشکلی برای مصرف‌کننده نداشته و عمری طولانی خواهند داشت.

- آنچه که در موقع نصب موتور باید توجه کافی به آن شود، ساخت فونداسیون محکم است، به نحوی که در اثر لرزش کارکرد، موتور خرد نشده و دوام کافی داشته باشد و معمولاً شاسی موتور به کمک میله‌های عمودی بلند در فونداسیون استوار می‌شود.

۳-۱-۴ چاه آرتزین

چاه آرتزین چاهی است که به لایه آبدار تحت فشار برخورد کرده و آب آن در سطح زمین جاری شود. چنین چاهی را چاه خودجریان نیز می‌نامند. ممکن است آب در چنین چاههایی در اثر تغییرات فشارگاهی جاری شود و گاه از جریان بایستد.

چاههای آرتزین عمدتاً چاههای عمیق هستند و ندرتاً چاههای نیمه عمیق نیز به صورت آرتزین دیده شده‌اند.

۳-۱-۴-۱ دستورالعمل حفاظت از چاه آرتزین (در حین حفاری و بعد از آن)

کلیه مواردی که در مورد حفاظت از چاههای عمیق به هنگام حفاری و بعد از آن بیان شد، در مورد چاههای آرتزین نیز باید مراعات شود. مضافاً موارد زیر تأکید می‌شوند:

- چنانچه هدف فقط استفاده از چنین آبخوانی باشد، در قسمت بالایی چاه تا عمق کافی که به لایه غیر قابل نفوذ (رس) برخورد کند، نسبت به نصب لوله‌های و تزریق سیمان و مسدود کردن بخش فوقانی اقدام شود.
- لوله جدار چاه به یک لوله خروجی وصل و بر لوله خروجی نیز شیر فلکه نصب شود تا بتوان خروج آب را کنترل کرد.
- باید تمهیداتی به کاربرد تا از پخش شدن آب در اطراف چاه و یا جاری شدن آن در اراضی، جاده‌ها، مناطق مسکونی، ساختمان‌ها و غیره جلوگیری شود.
- در صورت امکان اطاقکی در سر چاه ساخته شود تا از دست زدن افراد غیر مسئول به شیر فلکه و بازکردن بی‌مورد آن جلوگیری شود.

۳-۱-۴-۲ دستورالعمل حفاظت از تجهیزات چاه آرتزین

چاه آرتزین تجهیزات چندانی ندارد، جز اینکه باید آب خروجی تحت کنترل باشد. بنابراین لازم است لوله جدار چاه دارای در پوش بوده و لوله ای افقی به بدنه لوله جدار جوش داده شود و شیر فلکه ای نیز به این لوله نصب شود. چنانچه به منظور بهره‌برداری بیشتر در چاه آرتزین پمپ نصب شود، نحوه نگهداری آن و موتور مربوط مشابه با چاه عمیق خواهد بود.

چاه جمع‌کننده^۱ یا چاه فلمن^۲ از دو بخش تشکیل شده است:

- مخزن بتون آرمه استوانه ای شکل با قطر و ضخامت (دیواره و کف) زیاد که کاملاً آب بند بوده و حدود ۲۰ متر زیر سطح ایستابی احداث می‌شود.
- تعدادی زهکش افقی که در چند تراز از کف مخزن در جهات مختلف به صورت شعاعی حفاری شده و اسکرین (لوله‌های مشبک) در آنها نصب می‌شود. آب زیرزمینی از چاههای شعاعی به مخزن وارد و به کمک پمپاژ از آن استخراج می‌شود.

۳-۱-۵-۱ دستورالعمل حفاظت از چاه فلمن (درحین حفاری و بعد از آن)

- اولین اقدام درمورد حفاری چاههای فلمن انتخاب محل حفاری است. اینگونه چاهها را باید در داخل آبرفت دانه درشت آبدار مانند حاشیه بستر رودخانه‌ها یا بستر قدیمی رودخانه و از این قبیل حفاری کرد.
- دومین اقدام، انجام بررسیهای اکتشافی شامل حفاری چاه اکتشافی و پیزومترهای اطراف، آزمایش پمپاژ برای شناخت قدرت آبدهی مخزن، شعاع تأثیر و سایر خصوصیات هیدرولیکی آبخوان، انجام بررسیهای ژئوفیزیکی برای شناخت حدود و ابعاد هندسی آبخوان و نمونه برداری و آزمایش شیمیایی به منظور حصول اطمینان از کیفیت آب خواهد بود.
- در صورت وجود شرایط مناسب و تأیید جوانب، اقدام به حفاری و احداث مخزن بتونی می‌شود. مخزن از روی هم قراردادن حلقه‌های بتونی مسلح با قطر زیاد (قطر داخلی ۳ متر، قطر خارجی ۴ متر، ضخامت دیواره ۵/۰ متر) ارتفاع ۱ متر که در محل چاه قالب‌ریزی شده است، ساخته می‌شود و هر حلقه بیش از ۱۶ تن وزن دارد. خاکبرداری به کمک بیل مکانیکی در داخل حلقه‌ها انجام می‌شود و بر اثر وزن زیاد به تدریج دیواره بتنی پایین می‌رود (برای آگاهی از جزئیات کار به مراجع ذکر شده رجوع شود). پس از رسیدن به عمق نهایی، قسمت کف به ضخامت حدود ۱/۵ متر بتن ریزی می‌شود تا جلوی ورود آب از سمت کف گرفته شود. مهمترین موضوع در احداث این مخزن دقت کافی در خاکبرداری است، به نحوی که بتون‌ها کاملاً قائم در زمین پایین روند. باید توجه داشت در یک مخزن با حفاری حدود ۲۴ متر قریب ۴۴۰ تن بتون مسلح ریخته می‌شود.
- در هنگام بتون‌ریزی در حلقه‌هایی که در پایین‌ترین قسمت چاه قرار خواهند گرفت، در داخل دیواره، مجاری مخصوص حفر چاههای شعاعی پیش‌بینی و در هر یک بوشن کار گذاشته می‌شود و با درپوش از داخل مخزن بسته می‌شود. پس از پایان کار احداث مخزن، دستگاه حفاری مخصوص در کف مخزن مستقر و اقدام به حفاری چاههای شعاعی کرده و پس از خاتمه هر چاه که دارای شیب خیلی کم رو به بالا است، لوله مشبک مناسب نصب

و به بوشن نیز شیرفلکه بسته می‌شود تا بتوان جریان آب ورودی را کنترل کرد. موقعیت حفاریهای شعاعی و طول آنها با توجه به بررسیهای اکتشافی و مطالعات انجام شده تعیین می‌شود. پس از خاتمه عملیات حفاریهای شعاعی، دستگاه حفاری و متعلقات از چاه خارج و به شیرهای فلکه، میله‌های فلزی اتصال داده می‌شود تا بتوان از بالای چاه نسبت به باز و بسته کردن آنها اقدام کرد. برای بالا و پایین رفتن در چاه مخزنی، نردبانی فلزی در دیواره آن نصب می‌شود. سپس داخل مخزن کاملاً تمیز می‌شود. در حین باز کردن شیر فلکه‌ها به تدریج مواد دانه ریز از چاههای شعاعی خارج و به مخزن می‌ریزد که باید نسبت به تخلیه آنها اقدام کرد. با این عمل به تدریج کلیه رسوبات دانه ریز خارج و آب چاهها صاف خواهد شد.

- پس از عملیات فوق یک یا چندین پمپ با توجه به نیاز و قدرت آبدهی چاه نصب می‌شود. پمپها توربینی بوده و ممکن است الکتروپمپ شناور یا پمپهای شافت و غلاف دار باشند.
- با توجه به اینکه چاههای فلمن اغلب در بستر رودخانه‌ها احداث می‌شوند، خطر سیل‌گرفتگی و پرشدن، آنها را تهدید می‌کند. به همین لحاظ قبل از حفاری مخزن باید اقدام به احداث سیل بند یا آب برگردان بتنی، مطمئن کرد تا ایمنی کافی برای چاه فراهم شود.
- معمولاً بر روی دهانه چاه فلمن اطاقکی ساخته می‌شود و از داخل اطاقک، عملیات کنترل و بهره‌برداری از چاه انجام می‌شود و این اقدام ایمنی زیادی را در مورد چاه یا منصوبات فراهم می‌آورد و از خطرات جنبی جلوگیری می‌کند.
- از آب چاههای فلمن اغلب برای آب شرب شهرها و مراکز مسکونی استفاده به عمل می‌آید و به لحاظ اینکه اینگونه چاهها در بسترهای شنی رودخانه‌ها احداث می‌شوند، احتمال آلوده‌بودن آنها به مواد آلی و میکروارگانیسمها زیاد است. بنابراین قبل از انتقال آب به شبکه مصرف باید نسبت به رفع آلودگی اقدامات لازم به عمل آورد.
- آبدهی چاههای فلمن معمولاً پس از ۳ یا ۴ سال تقلیل پیدا می‌نماید و این امر عملاً به علت بسته شدن مجاری لوله‌های اسکرین و سیمانته شدن دانه‌های مجاور اسکرین است (جرم‌گرفتگی در اثر تقلیل فشار). در این صورت باید نسبت به خارج کردن اسکرین‌ها و حفاری مجدد چاههای افقی و نصب اسکرین جدید اقدام کرد.
- خزّه بستن بدنه داخلی مخزن چاه فلمن از مسائلی است که موجب اشکالاتی در امر بهره‌برداری و همچنین ایجاد تغییر در طعم آب می‌شود. برای مقابله با این مشکل داخل مخزن را کاشیکاری می‌کنند. در عین حال گاهی می‌توان نسبت به پاک کردن دیواره و درون چاه اقدام کرد.

۳-۱-۵-۲ دستورالعمل حفاظت از تجهیزات چاه فلمن

تجهیزاتی که در چاه فلمن به کار گرفته می‌شود، منحصر به پمپ‌هایی است که در چاه نصب می‌شوند که معمولاً از نوع برقی هستند. روش‌های نگهداری از این پمپ‌ها مشابه با مورد چاه عمیق است که شرح آن در بخش مربوط آورده شد.

ضمناً اقدامات حفاظتی زیر در مورد تمام چاههای فوق‌الذکر باید رعایت شود:

الف - درمورد چاه

موقعیت چاه

- موقعیت چاه باید به نحوی باشد که از خطر جریان آبهای سطحی مصون باشد. بدیهی است در صورت اجتناب ناپذیر بودن حفر چاه در این محلها باید سازه‌های مناسب برای محافظت از آب جاری و سیل ایجاد کرد.
- محل چاهها تا حد امکان نسبت به اطراف بلند باشد و همیشه خشک نگاه داشته شود.
- محل چاه در حریم جاده‌ها، راههای آهن، خطوط انتقال آب، برق، گاز، نفت و سایر ابنیه‌های دارای حریم نباشد.
- محل چاهها در حریم منابع آب زیرزمینی دیگر (چاهها، قنوات و چشمه‌ها) نباشد تا موجب ضرر و زیان به آبخوان و صاحبان حقا به‌ها نشود.
- موقعیت چاهها در مجاورت چاههای جذبی، فاضلابها، گنداب‌روها، سیاه‌آبها و محل تخلیه زباله‌ها نباشد.
- موقعیت چاه از لحاظ مالکیت، محدودیت و مشکل نداشته باشد.

دهانه چاه

- دهانه چاه^۱ باید دارای استحکام و پایداری باشد، به خصوص در چاههای لوله دار، لوله جدار کاملاً مهار و بلوک بتونی ساخته شود.
- دهانه چاه باید طوری محافظت شود که از نظر سقوط افراد، به خصوص کودکان، اشیاء، لوازم و حیوانات محفوظ باشد و امکانات استحفاظی نظیر دیواره‌سازی، دهانه‌سازی و بستن درب چاه، ایجاد محوطه محصور و کنترل شده فراهم شود.
- دیواره قسمت بالایی چاه بتون شود، به نحوی که از ورود آبهای سطحی و آبهای نفوذی به داخل چاه جلوگیری نماید.
- دیواره چاه باید به حد کافی پایداری داشته باشد. در چاههای ریزی به کمک دیواره‌سازی یا نصب لوله جدار یا کول‌گذاری باید از ریزش آن جلوگیری کرد.
- چاه نباید ماسه‌دهی داشته باشد. حفاری در لایه‌ها و طبقات دانه‌ریز باید توام با شن‌ریزی پشت لوله مشبک باشد و به کمک کمپرسور یا پمپ چاه شستشو داده شود تا آب صاف شود (استاندارد شماره ۱۰۱-الف طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور).
- باید چاههای متروکه با مصالحی مثل رس، خاک یا بتون پر شود. این عمل نه تنها مانع آلوده شدن آبخوان می‌شود، بلکه از نظر جلوگیری از حوادث احتمالی مثل سقوط افراد مؤثر بوده و نیز از حرکت آبهای نامطلوب از یک

آبخوان به یک آبخوان دیگر جلوگیری می‌کند. در شرایط مناسب از این قبیل چاهها می‌توان به عنوان چاه مشاهده‌ای یا پیژومتر استفاده کرد.

ب - در مورد تجهیزات و ساعات کارکرد آنها

- تجهیزاتی که در چاهها به کار گرفته می‌شود، باید سالم و بدون عیب و نقص باشد تا بهترین بازده را داشته باشند.
- تجهیزات باید متناسب بایکدیگر (پمپ، موتور، سرتخلیه و اجزای دیگر) و متناسب با چاه و کمیت و کیفیت آب باشد.
- در چاههای آبی که در داخل لایه‌های دارای آب خورنده یا رسوب‌گذار حفاری می‌شوند باید از تجهیزات خاص و مقاوم استفاده کرد.
- به مجرد پیدا شدن عیب و نقص در هر یک از اجزای نصب شده باید از پمپاژ خودداری و نسبت به رفع نقص و تعویض قطعات معیوب اقدام کرد.
- در مورد سرویس‌های پیش‌بینی شده، تنظیم و تعویض روغن موتور و جعبه دنده، روغن پمپ و تعویض فیلترها در موعدهای مقرر یا در موارد اضطراری اقدام کرد.
- در مورد موتورهای قبل از نهادن بار روی آنها (بار پمپ) و پس از باربرداری مدتی باید موتور بدون بار کار کند.
- باید توجه داشت آب رادیا توراتور کافی باشد و یخ نزده باشد و جریان برقرار باشد.
- باید از کارکرد موتور در ساعات خیلی گرم روزهای تابستان خودداری کرد.
- دستورالعمل‌های مربوط به موتور، پمپ و سایر تجهیزات را مورد توجه قرار داده و رعایت کامل شود.
- به صورت ادواری نسبت به بازبینی تجهیزات توسط متخصصین فنی اقدام کرد.
- یک نفر موتورچی آگاه و وظیفه شناس جهت اداره موتور پمپ، چاه و موتور خانه به کار گماشته و قبل از آن آموزشهای لازم توسط مراجع ذیصلاح برای وی تدارک دیده شود.
- به صورت ادواری نسبت به اندازه‌گیری سطح آب در چاه، آبدهی چاه، میزان ماسه‌دهی، نمونه‌برداری و آزمایش شیمیایی آب و همچنین اندازه‌گیری هدایت الکتریکی در فواصل زمانی کوتاهتر اقدام کرد.
- از همه مهمتر برای نگهداری و بهره‌برداری بهینه از چاهها باید نسبت به آموزش نیروی انسانی ماهر اقدام شود.

۲-۳ قنات

۱-۲-۳ شرح مختصر قنات و انواع آن

در روزگاران قدیم که استفاده از دستگاههای حفاری در حفر چاههای عمیق و نیمه عمیق امکان نداشت، حفر قنات و

استفاده از آب آن در کشاورزی، شرب و بهداشت یکی از مهمترین روشهای تأمین آب بوده است به طوری که در حال حاضر نیز در بعضی از مناطق تنها روش تأمین آب است.

تعاریف مختلفی در مورد قنات شده است، ولی می‌توان گفت که قنات یا کاریز یک آبراه زیرزمینی با شیب ملایم است که همراه با تعدادی چاه قائم، به نام میله، در زمین حفر می‌شود تا آب زیرزمینی در آن روان شود و خودبه‌خود در سطح زمین ظاهر شود.

مهمترین شرایط برای حفر قنات وجود آبخوان مناسب همراه با شیب مناسب سطح زمین و سطح ایستابی (گرادیان هیدرولیکی) است که باعث جریان پیوسته آب به طرف مظهر قنات می‌شود.

شیب معمولی قنات یک در هزار است. در مسیر قنات، چاههای عمودی به فاصله معین حفر می‌شوند تا اولاً بتوان خاکهای کنده شده در داخل تونل قنات را بدون طی مسافت زیاد به خارج منتقل و در ضمن هوادهی و تعمیرات بعدی آن را امکان پذیر کرد. ثانیاً، وجود میله‌ها از نظر هدایت مسیر پیشکار قنات و رفت و آمد مقنی‌ها نیز مفید است. عمق میله‌های یک رشته قنات از مظهر به طرف مادرچاه افزوده می‌شود. فاصله میله‌های قنات معمولاً حدود ۳۰ متر و در بعضی مواقع به علت عبور از موانع طبیعی ممکن است تا ۲۰۰ متر هم برسد. برای آبیگری بیشتر، قسمت آبد به برخی از قنات دو یا چند شاخه احداث می‌شود.

ابعاد مجرای عبور آب قنات حدود ۶۰×۱۲۰ سانتیمتر و قطر میله‌های قنات حدود ۹۰ سانتیمتر است. مجرای قنات با توجه به ساختمان زمین‌شناسی منطقه ممکن است بدون پوشش بوده و دیواره‌های آن ریزش نداشته باشد، ولی در نقاطی که زمین سست و ریزشی باشد، از مصالح سفالی که به شکل بیضی بوده و به آن کول می‌گویند برای پوشش استفاده می‌کنند. ممکن است این کول‌ها را از بتن نیز بسازند. به علاوه برای حفاظت و جلوگیری از ریزش میله‌های قنات آنها را با آجر و یا سنگ و سایر مصالح بنایی می‌سازند و مخصوصاً طوقه میله‌ها را بادقت بیشتری با آجر و ملات در دسترس ساخته و می‌بندند.

۲-۲-۳ دستورالعمل حفاظت از قنات

لایروبی قنات

چون معمولاً دیواره مجرای قنات فاقد پوشش حفاظتی است، لذا با گذشت زمان دیواره‌ها ریزش کرده و کف مجرای قنات را تا حدودی پر کرده و مانع عبور جریان آب می‌شود. از این نظر لایروبی قنات همه‌ساله ضروری است.

برای لایروبی نیز در قسمتی که دیواره ریزش کرده است، مسیر قنات را با حفر یک رشته فرعی تغییر می‌دهند و پس از رفع ریزش مجرای قنات و احیاناً نصب پوشش محافظ، مجدداً قنات را به مسیر اصلی هدایت می‌کنند.

در بعضی از قنات به علت شیب زیاد زمین، در فواصل معین به کف قنات شکست مصنوعی می‌دهند، زیرا در صورتی که بخواهند کف قنات را یکنواخت ادامه دهند، عمق مادر چاه بسیار زیاد خواهد شد.

شعاع تأثیر قنات

شعاع تأثیر قنات فاصله‌ای است در قسمت آبدۀ آن بین سطح آب زیرزمینی و سطح آب در قنات که فروکش کرده است و این فاصله با توجه به خصوصیات زمین از طرف کارشناسان تعیین می‌شود. ضروری است در این فاصله که به عنوان حریم قنات نامیده می‌شود، از حفر هرگونه منابع آب زیرزمینی شامل چاه و قنات جلوگیری به عمل آید^۱.

حداکثر آبدۀ قنات معمولاً در اواخر اسفندماه و اوایل فروردین مشاهده شده و پس از آن به تدریج با سرعتی یکنواخت کاهش می‌یابد و می‌توان نتیجه‌گیری کرد که ارتباط مستقیمی بین بارندگی و آبدۀ قنات وجود دارد. به‌طور کلی طول قنات و طول قسمت آبدۀ آنها با شیب زمین و شیب سطح آب زیرزمینی ارتباط معکوس دارد. با افزایش شیب زمین و سفره آب زیرزمینی طول قنات و قسمت آبدۀ کمتر و برعکس هر چه شیب زمین کمتر باشد، طول قسمت آبدۀ قنات بیشتر خواهد شد.

اگر چند طبقه آبدۀ نزدیک به یکدیگر و روی هم قرار گرفته باشند و بخواهیم از طبقات زیرین آب قنات را تأمین نماییم، در این صورت حفر میله‌های قنات از بالا به پایین در این طبقات پر آب مقدور نخواهد بود و ضروری است حفر میله‌ها پس از ادامه کوره قنات از پایین به بالا انجام شود که این میله‌ها را دوپل می‌نامند.

عملیاتی که برای افزایش آبدۀ، نگهداری، ترمیم و بازسازی قنات صورت می‌گیرد، عبارتند از:

- ادامه پیشکار

در قناتی که آبدۀ آنها کم شده و یا خشک شده‌اند، به منظور افزایش آبدۀ، قسمت ترکار را افزایش می‌دهند و با توجه به اینکه عوامل اصلی مؤثر در آبدۀ قنات طول و عمق جریان آب است، لذا اضافه کردن طول قنات یکی از

۱- برای آگاهی از روش محاسبه شعاع تأثیر قنات، به نشریه ۹۰-ن طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور مراجعه شود.

فاکتورهای اصلی است و به این منظور با امتداد کوره قنات از مادر چاه به داخل لایه آبدار در امتداد مسیر موجود قنات و یا در مسیرهای مناسب دیگر و همچنین اضافه کردن چندمیله جدید موجبات افزایش طول ترکار قنات و آبدهی قنات فراهم می‌شود.

- ترمیم و مرمت

خارج کردن گل و لای و رسوبات جمع شده در کوره قنات را ترمیم گویند. عملیات ترمیم قنات همه ساله ضروری است و به منظور کاهش عمل لایروبی می‌توان از کول گذاری استفاده کرد. به علت عدم توافق صاحبان قنات، مسدود شدن بعضی از میله‌ها، پایین بودن راندمان کار به سبب استفاده از وسایل سنتی و قدیمی و پایین افتادن سطح آب زیرزمینی معمولاً ترمیم قنات با مشکلاتی همراه بوده، به طوری که در مورد بعضی از قنات صرفه اقتصادی ندارد.

- بغل بری

در مجاورت و به موازات قسمتی از کوره قنات که ریزش کرده باشد، کوره جدیدی کنده می‌شود که دو قسمت محکم کوره قنات را به یکدیگر ارتباط می‌دهد، این کوره احداث شده جدید بغل بر و عمل مربوط بغل بری نامیده می‌شود.

- ته زنی، کف شکنی

عملیات ته زنی یا کف شکنی عبارت است از عمیق تر کردن میله‌های قنات و پایین بردن سرتاسری کف کوره برای دسترسی به سطح آب زیرزمینی که در طبقات پایین تر قرار دارد.

بعضی مواقع به علت پایین افتادن سطح آب زیرزمینی در یک منطقه، تعدادی از قنات خشک می‌شوند. به علاوه ممکن است کف کوره بعضی از قنات دارای پستی و بلندیهای جزئی بوده و احتمالاً شیب کوره قنات زیادتر از حد مورد نیاز بوده و سطح ایستایی زیر کوره قنات قرار گیرد. در این موارد عملیات ته زنی که در بعضی مواقع سبب ایجاد کوره جدیدی زیر کوره فعلی می‌شود و به نام کف شکنی معروف بوده، ضرورت پیدا می‌کند.

- بغل تراشی

کندن جدار کوره و اضافه کردن محیط تر شده را بغل تراشی می‌نامند و معمولاً زمانی که کوره قنات ظرفیت کافی برای عبور آب نداشته باشد و به علاوه مقنی جدار کوره قنات را به نحو مطلوب نکننده باشد، انجام این عمل ضروری خواهد بود.

- رعایت شعاع تأثیر

شعاع تأثیر قنات در هر یک ازدو طرف مسیر آن فاصله ای است از محور کوره آن تا نقطه ای که اثر بهره برداری از قنات بر سطح آب زیرزمینی در آن نقطه قابل اغماض باشد، به طوری که این فاصله در نزدیکی مادرچاه حداکثر و هر چه به طرف میله های پایین تر کار و خشکه کار نزدیک می شویم، کمتر خواهد شد.

شعاع تأثیر قنات به عوامل مختلف بستگی دارد، که اهم آنها عبارتند از:

«ساختمان زمین شناسی منطقه»

«ضرایب هیدرودینامیک آبخوان»

«میزان افت قابل اغماض سطح آب زیرزمینی»

با در نظر گرفتن عوامل فوق حریم قنات با یکدیگر متفاوت بوده و نمی توان عدد ثابتی برای آن بیان کرد و بر حسب شرایط منطقه ای با نظر کارشناس واجد شرایط تعیین می شود.

از جمله علل و عواملی که سبب کم شدن آبدهی قنات می شود، عدم رعایت حریم آنها و گسترش حفر چاههای عمیق و نیمه عمیق در مجاورت قنات است.

- تغذیه آب قنات

یکی از طرق افزایش آبدهی قنات تغذیه مصنوعی طبقات آبداری است که قسمت آبده قنات در آنها حفر شده است. روشهای تغذیه شامل تغذیه سطحی و زیرزمینی است.

در روشهای سطحی با ایجاد موانعی بر روی زمین سبب نگه داشتن آب بارندگی و پخش آن در سطح زمین می شوند که این آب به مرور به داخل زمین نفوذ کرده و به سطح آب زیرزمینی می رسد. از جمله این روشها عبارتند از: «احداث استخرهای وسیع مصنوعی در محلهایی با نفوذپذیری مناسب ذخیره آب در قسمت علیای مادرچاه قنات»، «ایجاد واحداث آب بندهای مناسب در مسیلهای اطراف قنات» و «توسعه پوشش خاکها به منظور جلوگیری از تبخیر آب».

در روشهای تغذیه زیرزمینی، استفاده از میله چاههای متروکه قنات و هدایت سیلابها به داخل آنها معمول است. در این روشها چاههای دستی کم عمق که در انتهای این چاهها تعدادی کوره افقی احداث شده باشد، حفر می شوند و آبهای سطحی به داخل این چاهها هدایت می شوند.

– حفاظت قنوات از آبهای روان، سیلابها و شنها

به منظور حفاظت قنوات از آبهای روان، سیلابها و شنها ضروری است سرمیله‌های قنوات با مصالح ساختمانی بسته شود. وزش بادهای شدید، تپه‌های ماسه‌ای را در بعضی از دشتهای جابه‌جا می‌کند و در صورتی که دهانه میله‌های قنوات باز باشد، باعث پرشدن میله‌ها و بند آمدن آب قنوات می‌شود.

معمولاً برای جلوگیری از خطرات سیل، خاکی که از حفر کوره‌ها و میله‌های قنوات بیرون آورده می‌شود، به شکل پشته حلقوی دور میله‌های قنوات قرار می‌دهند، به طوری که با احداث این دیواره، سیل کمتر می‌تواند به داخل قنوات نفوذ کند.

– جلوگیری از هدر رفتن آب در خشکه کار و هرنج قنوات

در صورتی که کوره قنات در قسمت خشکه کار در طبقات آبرفتی حفر شده، به علاوه پوششی نیز نداشته باشد، قسمتی از آب جاری شده در قنات در آن نفوذ خواهد کرد.

ممکن است چنین تصور شود که این میزان از نفوذ آب به آبهای زیرزمینی اضافه خواهد شد و در حقیقت از بین نخواهد رفت. اما از طرف دیگر مالکین و صاحبان قنوات با توجه به هزینه‌هایی که برای استحصال آب از قنوات متحمل می‌شوند، علاقمند هستند که آبی به عنوان نفوذ از دسترس آنها خارج نشود. بنابراین با استفاده از روشهای مختلف میزان تلفات آب را در کوره قنوات به حداقل کاهش می‌دهند. برای اینکه محیط تر شده در کوره قنات به حداقل برسد سطح مقطع کوره را نیم‌دایره در نظر می‌گیرند، زیرا در این مقطع محیط تر شده نسبت به مقاطع دیگر کمتر است. به علاوه انتخاب سطح مقطع نیم‌دایره برای کف قنات سبب افزایش سرعت آب می‌شود.

اضافه کردن سرعت جریان آب با افزایش شیب کوره قنات سبب کاهش تلفات آب در خشکه کار می‌شود، ولی ممکن است این کار موجب فرسایش و شسته شدن کف کوره قنات شود. بنابراین با کسب اطلاعات لازم در مورد مقاومت کف قنات در مقابل فرسایش می‌توان شیب مورد نیاز کف کوره در خشکه کار را که معمولاً از ۵٪ در هزار تا چند در هزار تغییر می‌کند، انتخاب کرد. البته به علت اینکه آبهای زیرزمینی غالباً دارای بی‌کربنات کلسیم محلولند، در قسمت خشکه کار به علت تماس آب با هوا قسمتی از CO₂ خارج می‌شود و پوشش نازکی از کربنات کلسیم در کف و دیواره مجرا می‌سازد که مانع نفوذ بیشتر آب در خشکه کار می‌شود. در زمان لایروبی قنات باید سعی کرد که این پوشش تخریب نشود.

در طراحی و احداث قنوات باید سعی کرد مظهر در محلی انتخاب شود که حتی‌الامکان خشکه کار کمترین طول ممکن را داشته باشد. از طرف دیگر کم کردن طول خشکه کار باعث کاهش شیب قنوات شده و در نتیجه سبب کاهش سرعت جریان آب و افزایش رسوب مواد معلق و بالاخره عدم نفوذ آب می‌شود. لذا در نظر گرفتن کلیه عوامل مختلف در احداث و بهره‌برداری قنوات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

کف کوره قنوات را می‌توان با روشهای مصنوعی نیز در قسمت خشکه کار آب بندی کرد.

پوشش کف کوره در قسمت خشکه کار با استفاده از خاک رس و بتونیت : استفاده از خاک رس به منظور آب بندی و کاهش تلفات آب در قنوات از قدیم مرسوم بوده است به علاوه از بتونیت نیز برای آب‌بندی کف انهار استفاده شده است. معمولاً خاک رس و یا بتونیت را در آب به صورت کلوییدی درآورده و سپس محلول کلوییدی به دست آمده را توسط لوله‌های پلاستیکی در نخستین میله حد فاصل خشکه کار و تکرار قنات به آرامی اضافه می‌کنند. برای اینکه ذرات کلوییدی فرصت بیشتری برای ته‌نشین و رسوب و نفوذ در خلل و فرج کف کوره را داشته باشند، با توجه به شیب کف قنات در فواصل مناسب مثلاً هر چند صد متر موانعی در مسیر آب ایجاد می‌کنند.

ممکن است با استفاده از رسهای موجود در تکرار کف قنوات و انتقال آن به طرف خشکه کار از نفوذپذیری کف کوره کاست، زیرا به همان اندازه که کم کردن نفوذپذیری کوره قنوات در خشکه کار ضرورت دارد، وجود رسوب رسها در قسمت تکرار باعث کم شدن آبدهی قنوات می‌شود.

برای کاهش نفوذپذیری در کوره قنات در قسمت خشکه کار از کول‌های سیمانی نیز استفاده می‌شود. به منظور جلوگیری از نفوذ و تبخیر آب در هرنج ضروری است آب قنات را توسط لوله‌های سیمانی و یا لوله‌های فولادی از مظهر به محل مصرف آب هدایت نمود. ضمناً می‌توان به منظور کاهش تلفات نفوذ آب از انهار سیمانی نیز استفاده کرد.

به منظور استفاده بهداشتی از آب قنوات ضروری است با رعایت ضوابط و مقررات، از آلودگی آب آنها جلوگیری کرد. زیرا در بعضی از مناطق این آلودگیها ناشی از داخل شدن فاضلاب کارخانجات یا منازل در آب این قنوات است. لذا ضروری است به منظور جلوگیری از آلودگی آب قنوات و با رعایت مسائل زیست محیطی اقدامات لازم انجام شود.

۳-۲-۳ دستورالعمل حفاظت از تجهیزات قنات

معمولاً قنات تجهیزات بهره‌برداری ندارند، ولی ممکن است در مظهر، مادر چاه و یا در یکی از میله‌های آن با نصب پمپ و موتور و لوله‌کشی مربوط، آب قنات را به محل استفاده هدایت کنند که در این صورت با توجه به منصوبات نصب شده نگهداری و سرویس آنها ضروری خواهد بود.

۳-۳ چشمه

چشمه محلی است که آب زیرزمینی به طور طبیعی از سنگ یا خاک در سطح زمین یا در داخل آب سطحی جریان پیدا کند.

۱-۳-۳ دستورالعمل حفاظت از چشمه

چشمه‌ها به ویژه در مناطق روستایی در تأمین آب شرب و بهداشت اهالی اهمیت به سزایی دارند. چشمه‌ها نه تنها در تأمین آب آشامیدنی و کشاورزی ساکنان روستاها، بلکه در تأمین آب برخی از شهرها نیز در فلات ایران دارای اهمیت فوق‌العاده‌ای هستند و آب بعضی از رودخانه‌های فصلی و دائمی از این چشمه‌ها تأمین می‌شود. در بعضی از مناطق کویری نیز چشمه آب شیرین وجود دارد که هر چند ممکن است از نظر آبدهی زیاد نباشد، ولی چون تنها منبع آب شیرین در این مناطق است، حائز اهمیت است.

مهمترین مسئله در نظارت بر بهره‌برداری از آب چشمه‌ها نظارت از بعد فیزیکی و شیمیایی بر آنها است. از نظر فیزیکی چون آب چشمه‌ها از طریق لوله‌کشی برای مصارف شرب و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرد، لذا در مواقع بارندگی شدید و جاری شدن سیلابهای ناگهانی ممکن است لوله‌کشی در معرض خطر قرار گیرد، به طوری که ممکن است آب لوله‌کشی تا بازسازی و مرمت این تأسیسات برای مدت طولانی قطع شود، بنابراین از نظر فیزیکی و طراحی لوله‌کشی برای تأمین آب از چشمه‌ها باید اصول فنی رعایت شود.

از نظر شیمیایی علاوه بر مسئله شوری و سختی، مسئله آلودگی میکروبی یا بیولوژیکی آب چشمه‌ها سبب افت کیفی آنها و یا اصولاً باعث عدم استفاده و یا استفاده توأم با مسائل و ناراحتیهای گوناگون می‌شود. متأسفانه در بسیاری از نقاط توجهی به این مسائل ندارند و آب آلوده را مصرف می‌کنند، لذا مسائل بسیاری را برای خود و جامعه به وجود می‌آورند.

با توجه به مطالب فوق ضروری است در استفاده از آب چشمه‌ها نظارت مستمر توسط مقامات مسئول به عمل آید و هرگونه دخل و تصرف در چشمه با نظر کارشناس باشد. آبدهی چشمه باید به طور ادواری اندازه‌گیری شده و کیفیت و کمیت آب آن تحت کنترل باشد.

۳-۲-۳ دستورالعمل حفاظت از تأسیسات چشمه

چشمه‌ها معمولاً دارای تجهیزات بهره‌برداری نیستند و لذا موارد زیر را از نظر حفاظت کیفی از آب چشمه می‌توان یادآوری کرد:

- حوضچه بهره‌برداری از آب چشمه باید با بتون ساخته شده، از شنا و آب تنی در آن خودداری شود و از لحاظ ایمنی دور آن حصارکشی شود.
- در طراحی و اجرای لوله‌کشی از چشمه تا محل مصرف اصول فنی رعایت شود.
- اگر احیاناً برای استفاده از آب چشمه در ارتفاعات بالاتر از مظهر چشمه از موتور پمپ استفاده می‌شود، نسبت به حفاظت موتور پمپ و بازدید مرتب و ادواری آن اقدام شود.
- در بعضی از مناطق چشمه‌های معدنی مورد استفاده بهداشتی، شرب و استحمام قرار می‌گیرند. ضروری است این چشمه‌ها از نظر آلودگی حفاظت شوند. در صورتی که برای بهره‌برداری یا انتقال آب این چشمه‌ها تجهیزاتی نصب شده باشد. از آنجا که آب چشمه‌ها دارای املاح شیمیایی و احتمالاً خورنده است، باید در انتخاب تجهیزات مذکور توجه و دقت لازم معمول شود.

۴- توصیه‌های مدیریتی

استراتژی و سیاست مدیریت بهره‌برداری و حفاظت از منابع آب زیرزمینی باید بر پایه این موضوع که همیشه جلوگیری از تخریب کمی و کیفی آب زیرزمینی کم هزینه تر از جایگزینی آن است، استوار باشد.

حفاظت از آب زیرزمینی و تجهیزات بهره‌برداری از آن یک فرایند ساده و مجرد نیست، بلکه برنامه‌ای چند بعدی و طولانی مدت است که باید به صورت یک بخش تفکیک ناپذیر در پروژه‌های آبی (پروژه‌های توسعه آب و نیرو، پروژه‌های صنعتی، کشاورزی و شهری) جهت نیل به اهداف زیست محیطی و توسعه اقتصادی - اجتماعی پایدار مدنظر قرارگیرد.

استراتژی حفاظت از آب زیرزمینی باید با حفاظت از دیگر اجزای محیط زیست که بر روی چرخه هیدرولوژی مؤثرند، نظیر طرهای آمایش و استفاده از زمین و توسعه منابع طبیعی دیگر، هماهنگ شود تا موجب توسعه بهتر و

عقلایی تر منابع شود. باید تلاش و تدابیر ویژه‌ای برای اطمینان از اینکه آیا ارگانها و سازمانهای مسئول آب به وظایف مدیریتی خود برای حفظ و حراست منابع آب زیرزمینی عمل می‌کنند، به عمل آید و اطمینان حاصل شود که اطلاعات آنها در مورد وضعیت منابع و قوانین و اهمیت حفاظت از این منابع بهنگام و به روز است.

باتوجه به مطالبی که قبلاً مورد بحث و بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت، به منظور مدیریت و حفاظت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی و تجهیزات بهره‌برداری از این منابع پیشنهادات زیر توصیه می‌شود:

- ارگانهای مسئول آب به طور مستمر، قاطع و عملی بر حفاظت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی نظارت داشته باشند. آبخوانها را در مقابل منابع آلوده‌کننده حمایت کرده و با کنترل بهره‌برداری از این منابع از تهی شدن و مالاغ خشک شدن این منابع جلوگیری کنند.

- ارگانهای مسئول برای مناطق بحرانی اولویت قائل شده و در این مناطق با اعمال روشهای تغذیه مصنوعی از پایین افتادن سطح آب آبخوان و یا تهی شدن منبع جلوگیری کنند.

- وزارت نیرو به عنوان متولی آب کشور با هماهنگی و کمک سایر ارگانها ترتیبی اتخاذ کند تا تجهیزات مورد نیاز برای بهره‌برداری بهینه از منابع آب زیرزمینی نظیر کنتور حجمی، لوله چاه، موتور، پمپ و همچنین مواد ضد عفونی کننده به سهولت در دسترس مصرف کننده قرار گیرد.

- سازمانهای آب منطقه‌ای و شرکتهای آب و فاضلاب باید با بازدیدهای ادواری از نحوه کنترل و نظارت تأسیسات، نظارت و بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی به عمل آورده و برای نگهداری از تأسیسات مربوط اقدام کنند.

- حوزه ستادی امور آب و فاضلاب شهری باید ضمن نظارت مستمر بر کار شرکتهای تابع خود رهنمودهای لازم در برای بهره‌گیری از تکنولوژی‌های جدید برای جلوگیری از آلودگی آبهای زیرزمینی و استفاده مجدد از پسابها ارائه کند.

- وزارت نیرو باید علاوه بر اتخاذ تدابیر لازم برای جلوگیری از خسارات کمی و کیفی به آبخوانها برای حفاظت از چاهها و قنات و چشمه‌ها دستورالعمل‌های لازم را تهیه و در اختیار مصرف کنندگان قرار دهد و سازمانهای آب منطقه‌ای و شرکتهای آب و فاضلاب بر حسن انجام آنها نظارت مستمر کنند.

- چون علوم و فنون آب و همچنین اعمال مدیریت، حفاظت و نظارت بر منابع آب زیرزمینی روز به روز در حال پیشرفت است، لذا به منظور به‌هنگام نگهداشتن دانش کارشناسان و تکنیسین‌های امور آب لازم است به آموزش و تربیت و تأمین نیروی انسانی متخصص توجه لازم مبذول شود.

- لازم است ارگانهای اجرایی با همکاری و هماهنگی با رسانه‌های خبری و گروهی اهمیت آب زیرزمینی و محیط زیست را به آگاهی عموم برسانند و ضمن آموزش جامعه از طرق مختلف آنها را به استفاده بهینه از آب و صرفه‌جویی در مصرف آن و حفاظت در مقابل آلودگی تشویق و ترغیب کنند.

- تجهیزات و تأسیسات بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی به ویژه چاهها باید از مناسب‌ترین و مرغوب‌ترین نوع انتخاب شوند تا هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری به حداقل تقلیل یابد.

- استفاده از بروشورها، کتابچه‌ها، اسلاید، رادیو و تلویزیون، روزنامه و نظایر آن می‌تواند در افزایش تأثیر توصیه‌ها و اجرای صحیح قوانین و مقررات مفید واقع شود. در بسیاری از مناطق برپایی نمایشگاههایی برای آگاه کردن مردم به موقعیت‌های محیطی و منطقه‌ای و لزوم حفاظت از منابع آب زیرزمینی با به کارگرفتن پوستر، ویدیو و نظایر آن بسیار مفید است.

- بهترین نتایج حاصل از ایجاد ارتباط با عامه و فهم بیشتر از اهمیت حفاظت از منابع آب زیرزمینی، زمانی حاصل می‌شود که مردم دید روشنی از دلایل اقدامات حفاظت از این منابع داشته باشند. به خصوص باید بدانند که نادیده گرفتن قوانین و مقررات، مسائل نامطلوب و غیر منتظره ایجاد می‌کند. اهمیت حفاظت از محیط به خصوص حفاظت از منابع آب زیرزمینی باید از سن کودکی به مردم آموخته شود و این به آن معنی است که معرفی عوامل حفاظت از محیط و به خصوص حفاظت از منابع آب زیرزمینی باید از برنامه درسی تحصیلات دوره ابتدایی آغاز شود.

Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization - Ministry of Energy

**Guideline for Quantity and
Quality Protection of
Ground-Water Resources and
Exploitation Equipments**

No: 182

Office of the Deputy for Technical Affairs
Bureau of Technical Affairs and Standards

1379/2000

این نشریه

با عنوان راهنمای حفاظت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی و تجهیزات بهره‌برداری از آنها تهیه شده است. در این نشریه، راهنمایی‌هایی در زمینه حفظ و حراست کمی و کیفی منابع زیرزمینی بیان شده، شرح مختصری در مورد انواع چاههای بهره‌برداری، قنات و چشمه داده شده و ضوابط و دستورالعملهای حفاظت از چاه، قنات و چشمه و تجهیزات منابع فوق‌الذکر ارائه شده است.

مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات

ISBN 964-425-185-7

