



پدانشگاه علوم پزشکی  
دانشگاه علوم پزشکی تهران



سازمان بهداشت  
وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی  
مرکز مدیریت پداری بی‌آکبر

# راهنمای فنی تأمین آب آشامیدنی، بهسازی محیط و بهداشت فردی در شرایط اضطراری

۶

بازسازی تاسیسات تصفیه آب بعد از بحران

مترجمان:

کاظم ندافی

سید غلامرضا موسوی

رضا سعیدی

مهدی هادی

محمد صادق حسنونند

مهدی مختاری

۱۳۹۸

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

راهنمای حاضر ترجمه سند منتشر شده توسط سازمان جهانی بهداشت (WHO) و مرکز مهندسی آب و توسعه (WEDC) در سال ۲۰۱۳ تحت عنوان زیر بوده است و استفاده غیرتجاری از آن با ذکر دقیق منبع بصورت زیر بلامانع است:

Technical Notes on Drinking-Water, Sanitation and Hygiene in Emergencies. Prepared for WHO by WEDC. Authors: Sam Godfrey and Bob Reed. Series Editor: Bob Reed. World Health Organization 2013.

لازم به ذکر است که این ترجمه توسط سازمان جهانی بهداشت و مرکز مهندسی آب و توسعه انجام نشده است. بنابراین سازمان جهانی بهداشت و مرکز مهندسی آب و توسعه هیچگونه مسئولیتی در قبال محتوا یا صحت مطالب ترجمه نشده ندارند.

این راهنما بدنبال وقوع سیل در مناطق وسیعی از کشور در بهار ۱۳۹۸، به سفارش مرکز مدیریت بیماری‌های واگیر وزارت بهداشت، توسط پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران ترجمه شده است.

پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران:

تهران - خیابان کارگر شمالی - نرسیده به بلوار کشاورز - پلاک ۱۵۴۷ - طبقه هشتم

تلفن: ۸۸۹۷۸۳۹۹ - ۰۲۱، دورنگار: ۸۸۹۷۸۳۹۸ - ۰۲۱

جهت دسترسی به این راهنما به تارگه اینترنتی پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران به آدرس

<http://ier.tums.ac.ir>، (بخش انتشارات) مراجعه نمایید.



## مقدمه

کشور ما همچون بسیاری از کشورهای دیگر دنیا در معرض انواع بلایای طبیعی چون زلزله و سیل قرار دارد و بلایای طبیعی همه ساله در کشور ما اتفاق می افتد و به دنبال آن شیرازه زندگی عادی گروهی از مردم بلا دیده از هم گسیخته می شود و محتاج کمک در زمینه های مختلف می گردند. از جمله مهمترین نیازهای مردم در شرایط اضطراری بعد از وقوع بلایای طبیعی نیاز به آب آشامیدنی سالم و بهسازی محیط است که در کنار رعایت بهداشت فردی می تواند از بروز و شیوع بیماری های واگیر به نحو چشمگیری جلوگیری نماید. بی تردید نظام بهداشتی کشور ما از کارشناسان، متخصصین و مدیران با تجربه ای برخوردار است که می توانند این شرایط را بخوبی مدیریت و به نحو شایسته ای به مردم بلا دیده کمک کنند. وجود راهنمای فنی مناسب از جمله نیازهای تکنسین ها، کارشناسان و مدیران بهداشتی بویژه در مرکز مدیریت بیماری های واگیر وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی است.

در مناطق شهری، ممکن است کل جمعیت برای تأمین آب آشامیدنی خود به طور کامل وابسته به سیستم آبرسانی عمومی باشند. تصفیه خانه های مدرن متکی بر توانمندی اپراتورهای ماهر و همچنین تأمین مواد شیمیایی، برق و ماشین آلات هستند. بروز یک فاجعه پیش بینی نشده می تواند خسارت قابل توجهی به این تاسیسات وارد آورده و منجر به کاهش عملکرد و یا حتی از کار افتادن کامل تاسیسات شود. در این راهنمای فنی گام های اولیه برای بازسازی یا احیای مجدد یک تصفیه خانه بعد از چنین بحران هایی ارائه خواهد شد. جزئیات مربوط به بازسازی یا احیای سیستم های تأمین آب کوچکتر در جلد ۴ راهنما آورده شده است.

این راهنما دنبال وقوع سیل در مناطق وسیعی از کشور در بهار ۱۳۹۸، به سفارش مرکز مدیریت بیماری های واگیر وزارت بهداشت، توسط پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران ترجمه شده است که بدینوسیله از مترجم این راهنما، جناب آقای دکتر مهدی هادی عضو محترم هیات علمی دانشگاه علوم پزشکی تهران تشکر و قدردانی می گردد. همچنین از سرکار خانم دکتر سیمین ناصری عضو محترم هیات علمی دانشگاه علوم پزشکی تهران که مسئولیت ویرایش این فصل را بر عهده داشته اند صمیمانه سپاسگزاری می شود. همچنین از دفتر یونسف در ایران بخاطر حمایت از انتشار بموقع این اثر، صمیمانه سپاسگزاری می گردد.

دکتر محمد مهدی گویا

دکتر کاظم ندافی

رئیس مرکز مدیریت بیماری های واگیر

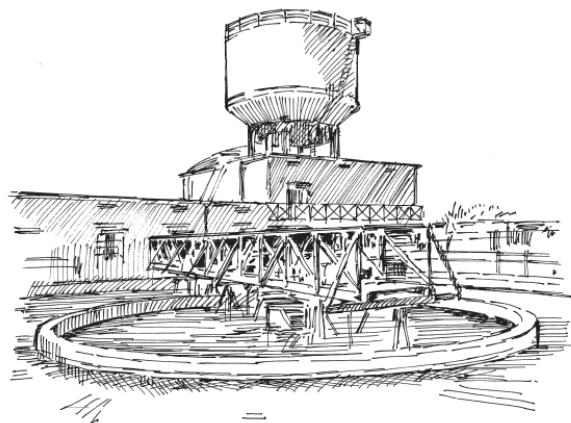
رئیس پژوهشکده محیط زیست

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱-۶	گام‌های بازسازی
۲-۶	ارزیابی وضعیت
۲-۶	شناسایی کارگران کلیدی
۳-۶	درک فرایند تصفیه
۶-۶	بررسی وضعیت اجزای سیستم تصفیه
۶-۶	چه کاری را در اولویت اول قرار دهیم
۶-۶	کنترل آلودگی
۷-۶	بازسازی مرحله به مرحله
۸-۶	پمپ و تأمین انرژی
۹-۶	عملکرد سیستم تصفیه
۹-۶	اطلاع رسانی عمومی

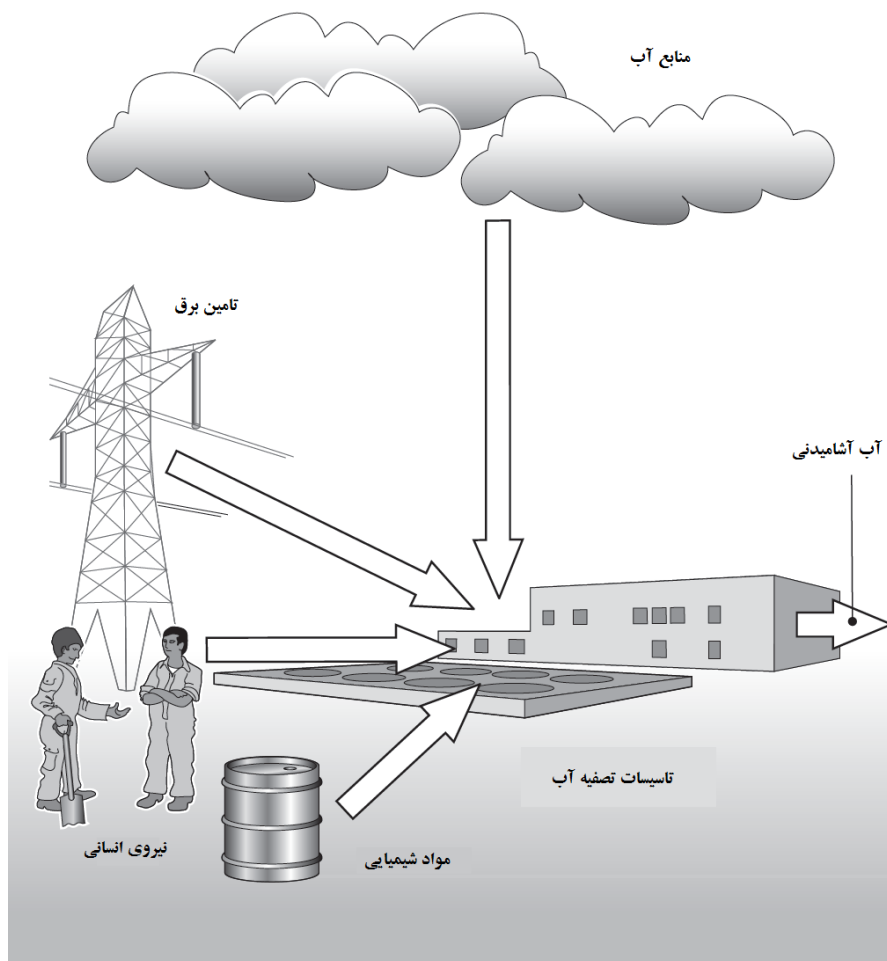
## بازسازی تاسیسات تصفیه آب بعد از بحران

در مناطق شهری، ممکن است کل جمعیت برای تأمین آب آشامیدنی خود به طور کامل وابسته به سیستم آبرسانی عمومی باشند. تصفیه‌خانه‌های مدرن متکی بر توانمندی اپراتورهای ماهر و همچنین تأمین مواد شیمیایی، برق و ماشین‌آلات هستند. بروز یک فاجعه پیش‌بینی نشده می‌تواند خسارت قابل توجهی به این تاسیسات وارد آورده و منجر به کاهش عملکرد و یا حتی از کار افتادن کامل تاسیسات شود. در این راهنمای فنی گام‌های اولیه برای بازسازی یا احیای مجدد یک تصفیه‌خانه بعد از چنین بحران‌هایی ارائه خواهد شد. جزئیات مربوط به بازسازی یا احیای سیستم‌های تأمین آب کوچکتر در فصل ۴ راهنما آورده شده است.



### گام‌های بازسازی

در شرایط بحرانی، هدف اصلی از بازسازی سیستم تصفیه آب، به حداکثر رساندن مقدار تولید آب تصفیه شده است. به دنبال این مهم، بهبود تدریجی در کیفیت آب نیز به صورت گام به گام باید صورت پذیرد. اغلب تصفیه‌خانه‌های آب، به سیستم توزیع لوله‌کشی متصل هستند. از اینرو شبکه توزیع آب نیز در صورتی که وظیفه انتقال آب به دست مصرف‌کننده را داشته باشد، باید مورد بازسازی قرار گیرد. جزئیات بازسازی سیستم‌های توزیع در فصل ۴ آورده شده است.



شکل ۶-۱. تصفیه‌خانه‌های مدرن متکی بر توانمندی اپراتورهای ماهر، تأمین مواد شیمیایی، برق و ماشین آلات برای عملکرد مناسب هستند.

## ارزیابی وضعیت

### شناسایی کارگران کلیدی

اپراتورهایی که با تصفیه‌خانه کاملاً آشنایی دارند را شناسایی کنید. آنها از وضعیت سیستم و همچنین منابع مور نیاز برای عملکرد سیستم آگاهی کافی دارند. با این حال، ممکن است اپراتورها درک جامعی از عملکرد فرایندی سیستم تصفیه نداشته باشند که در این صورت سعی کنید از خدمات تخصصی مهندسی و مدیریتی که

سابقه و دانش کافی دارند استفاده کنید. توجه داشته باشید که در این صورت بایستی حق‌الزحمه این گونه خدمات را به اپراتورها و تکنسین مهندسی و مدیریتی پرداخت نمایید.

### درک فرایند تصفیه

به منظور احیای یک سیستم تصفیه، درک چگونگی عملکرد آن بسیار اهمیت دارد. از یک تصفیه‌خانه به تصفیه‌خانه‌های دیگر نوع فرایندها ممکن است متفاوت باشد. اما در اغلب آنها، مراحل از تصفیه به صورت پشت سرهم قرار گرفته است تا مرحله به مرحله کیفیت آب را بهبود بخشند. در شکل ۶-۲ فرایندهای اصلی تصفیه آب نشان داده شده است. البته الزاماً تمامی فرایندهای آورده شده در این شکل ممکن است در تمامی تصفیه‌خانه‌ها استفاده نشوند و بعلاوه در برخی از سیستم‌های تصفیه ممکن است چیدمان واحدها نیز متفاوت باشد.

**منبع تأمین:** آب ممکن است از منابع آب سطحی و یا زیرزمینی برداشت شود. اگر در محل منبع، از آلودگی آب پیشگیری شود، نیاز به انجام تصفیه در مراحل بعدی کمتر خواهد شد.

**برداشت آب:** در محل برداشت آب ممکن است برخی تصفیه‌های ساده مانند آشغالگیری و یا هوادهی انجام شود. در همین مرحله، نگهداری آب در مخازن امکان‌ناپذیر می‌شود. جامد را قبل از تصفیه فراهم می‌کند. بعلاوه این مخازن می‌توانند ذخیره محدودی از آب را تأمین کنند که در صورت آلوده شدن ناگهانی منبع آب (در اثر مواردی چون تخلیه مواد نفتی)، مورد استفاده قرار گیرد.

**ته نشینی/زلزال سازی:** چنانچه آب برای مدتی در یک تانک ته‌نشینی نگه داشته شود، مواد جامد ته‌نشین و برخی از مواد به شکل کف بر روی سطح تانک شناور می‌شوند. به منظور تقویت مرحله ته‌نشینی می‌توان قبل از ورود آب به مخزن ته‌نشینی، مواد شیمیایی منعقدکننده‌ای مانند آلوم را با آب مخلوط کرد تا در اثر به هم پیوستن مواد جامد کلونیدی سرعت ته‌نشینی آب بیشتر شود. بعد از افزودن مواد منعقدکننده و تشکیل لخته، آب به آرامی با جریان افقی یا عمودی از تانک ته‌نشینی عبور داده می‌شود تا رسوبات به آرامی یک لایه معلق افقی را تشکیل دهند.

**صاف سازی:** انواع مختلفی از صافی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

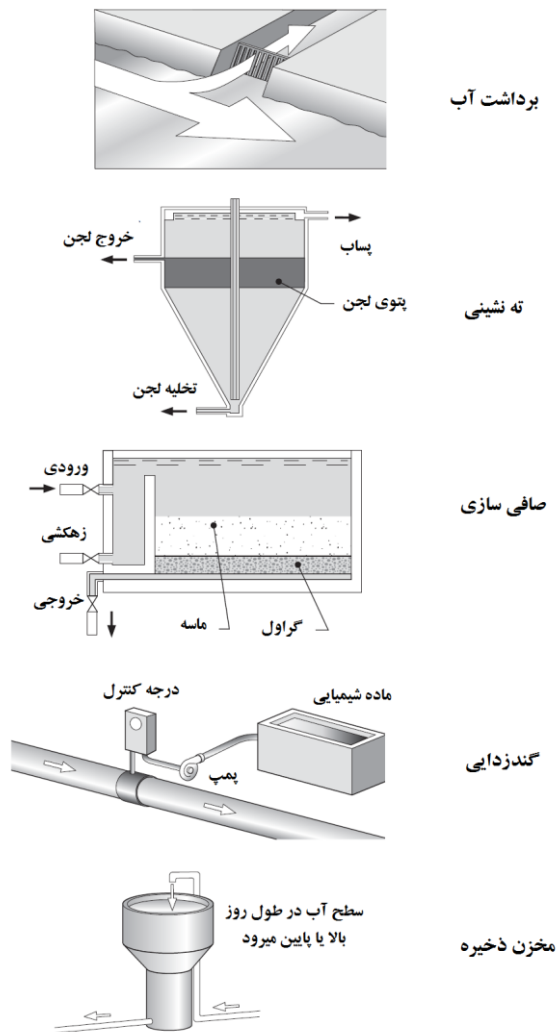


صافی‌های زیر یا دانه درشت دارای بستری از مواد با سایز درشت هستند که در واقع باعث بهبود همزمان عملکرد ته‌نشینی و صافی‌سازی می‌شوند. معمولاً از این صافی‌ها در ابتدای مراحل صاف‌سازی استفاده می‌شود. صافی‌های ثقیلی تند از روشهای استاندارد صاف‌سازی آب می‌باشند. آبی که مرحله ته‌نشینی را پشت سر گذاشته است، از بستری ماسه‌ای با دانه‌بندی درشت عبور داده می‌شود تا رسوبات باقیمانده در این بستر حذف شوند. صافی‌های مستقیم نوعی از روشهای صافی‌سازی تند هستند که فاقد مرحله ته‌نشینی می‌باشند. این نوع فیلترها غالباً به شستشوی معکوس نیازمندند. صافی‌های شنی کند دارای بستری با دانه‌بندی ریز هستند که می‌توانند در حذف عوامل پاتوژن نیز موثر باشند. عملکرد و استفاده از آنها ساده است. غشاهای نیز از روش‌های پیچیده صاف‌سازی محسوب می‌شوند که می‌توانند آب را تا سطح بالایی از کیفیت تصفیه کنند.

**گندزدایی:** کلرزنی آب نه تنها باعث کشته شدن عوامل پاتوژن آب می‌شود بلکه نقش محافظتی در برابر آلودگی مجدد آب در شبکه توزیع خواهد داشت. سیستم‌های تزریق گاز کلر از سیستم‌های پیچیده کلرزنی محسوب می‌شوند اما استفاده از ترکیبات کلر مایع و جامد نیز متداول بوده که می‌توانند به روش دستی نیز انجام شوند. آب کلرزنی شده باید برای مدتی در مخزن آب نگهداری شود تا کلر بتواند نقش گندزدایی خود را ایفا کند. در مواردی که میزان کدورت آب به قدر کافی کاهش پیدا نکرده است و یا احتمال آلودگی آب وجود دارد، عملکرد کلر در گندزدایی آب کاهش خواهد یافت. از اینرو قبل از کلرزنی، بایستی کدورت آب تا حد قابل قبولی کاهش یابد.

**ذخیره آب تصفیه‌شده در مخزن:** میزان عرضه و تقاضای آب در طول ساعات یک روز متغیر است. از اینرو به منظور پاسخگویی به تقاضای آب برای ساعات مختلف می‌بایست آب تصفیه شده، در یک مخزن ذخیره وارد و سپس توزیع شود. این مخزن بایستی به گونه‌ای طراحی شود که پاسخگویی نیاز آب برای مواقع اضطراری مانند اطفاء حریق و یا مواقعی که اختلالی در عملکرد سیستم تصفیه رخ می‌دهد باشد.

**توزیع آب:** به محض تولید آب تصفیه شده توسط تاسیسات تصفیه آب، بایستی توزیع آب از طریق شبکه توزیع جهت استفاده جمعیت انجام شود. در مواردی که شبکه توزیع قابل استفاده نباشد می توان از تانکر برای توزیع آب استفاده کرد.



شکل ۶-۲. نگاهی به فرایندهای سیستم تصفیه و تأمین آب

## بررسی وضعیت اجزای سیستم تصفیه

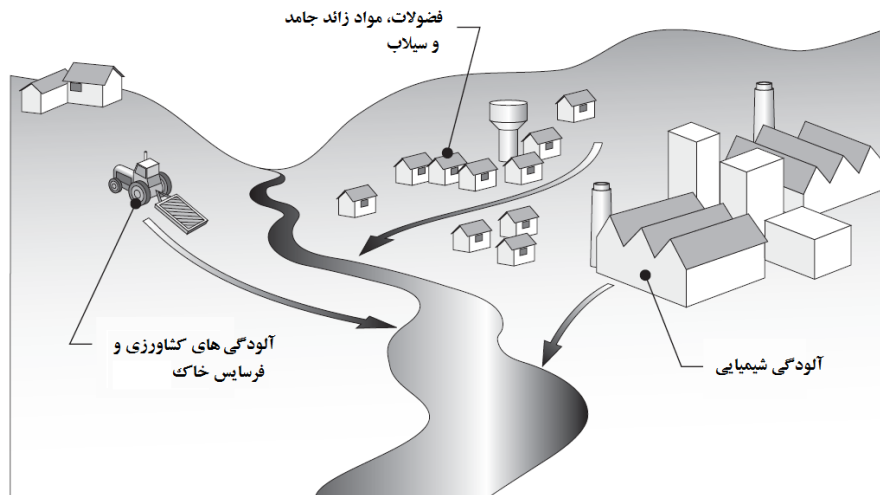
وضعیت هر یک از اجزای سیستم تصفیه بایستی به دقت ارزیابی شود. مشخص کنید کدام یک از اجزای سیستم همچنان سالم است، کدام یک به تعمیرات نیاز دارد و کدام یک از اجزای سیستم بایستی تعویض شود. معمولاً تعمیر کردن تجهیزات از تعویض کردن آنها سریعتر انجام می‌شود، خصوصاً زمانی که کارشناس متخصص محلی نیز برای انجام این کار وجود داشته باشد. البته بایستی توجه داشته باشید که آسیب وارده به همه تجهیزات ممکن است الزاماً به دلیل بحران پیش آمده رخ نداده باشد و چه بسا بسیاری از این آسیبها به دلیل عدم رسیدگی و نگهداری منظم سیستم و عدم وجود اپراتور حادث می‌شوند. این موضوع باعث می‌شود واحدهای مختلف سیستم، حتی در شرایط غیر بحرانی نیز به خوبی عمل نکنند.

## چه کاری را در اولویت اول قرار دهیم

اولین الزام برای احیای سیستم تأمین آب، انتقال هر چه سریعتر آب به شبکه توزیع می‌باشد. در شرایط بحرانی کمیت آب از اهمیت بیشتری نسبت به کیفیت آب به منظور تأمین نیازهای بهداشتی و اجتماعی برخوردار است. از اینرو تصفیه آب در مرحله دوم اهمیت قرار می‌گیرد اما بایستی از عدم وجود ناخالصی‌هایی که باعث انسداد خطوط لوله و مسدود شدن آنها می‌شوند اطمینان حاصل کرد.

## کنترل آلودگی

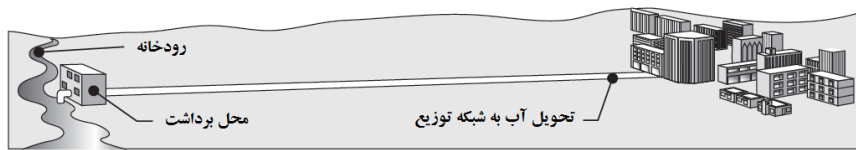
اولین گام برای بهبود کیفیت آب، کاهش نیاز به تصفیه از طریق به حداقل رساندن میزان آلودگی آب در منبع تأمین آب می‌باشد. تأمین خدمات بهسازی محیط (مانند مدیریت فضولات انسانی و حیوانی، مدیریت مواد زائد جامد و مدیریت آب باران)، کنترل فرسایش، کاهش آلودگی‌های ناشی از کشاورزی و محدود کردن دسترسی عمومی به سرمنشاء منابع تأمین آب می‌تواند باعث کاهش ورود عوامل آلاینده به آب شود (شکل ۶-۳). در بسیاری از موارد، کنترل، جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب‌های شهری از اهمیت بیشتری نسبت به بازسازی و احیای تصفیه‌خانه‌های آب برخوردار است.



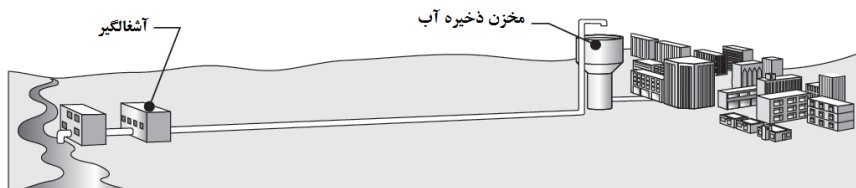
شکل ۶-۳. پیشگیری از آلودگی آب در منبع (نقطه برداشت) باعث کاهش نیاز به تصفیه آب می شود

### بازسازی مرحله به مرحله

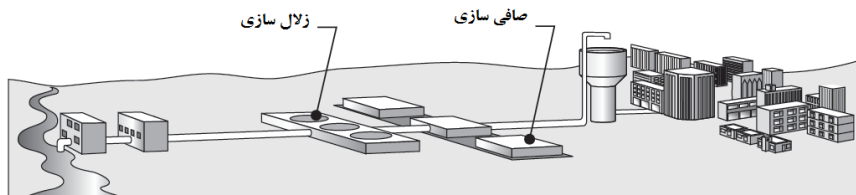
در شکل ۶-۴ اولویت های بازسازی یا احیای سیستم تصفیه آب نشان داده شده اند. چنانچه آب برداشتی شفاف باشد، کلر زنی میتواند در مراحل اولیه تصفیه انجام شود. در این شرایط می توان از طریق لوله گذاری موقت، محل هایی که دچار آسیب شده را از مدار خارج کرد و آب را به شبکه توزیع رساند. چنانچه اجزای اصلی سیستم مانند مخازن ذخیره و یا تانک های ته نشینی دچار آسیب جدی شده باشند و تعمیر یا جاگزینی آنها پر هزینه و بسیار وقت گیر باشد، در این شرایط به دلیل بحرانی بودن وضعیت بایستی از مخازن ذخیره موقت قابل حمل استفاده کرد.



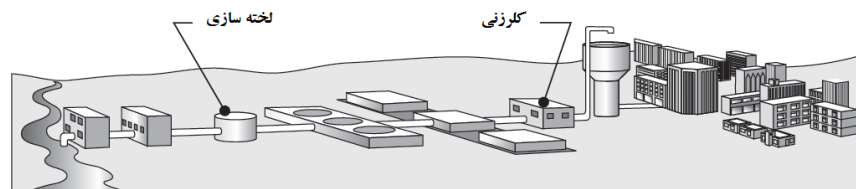
برداشت و تحويل آب به شبکه توزیع



آشغالگیری اولیه



زلال سازی و صافی سازی



لخته سازی و کلرزی

## شکل ۶-۴. تصفیه آب با اعمال مراحل مختلف

### پمپ و تأمین انرژی

پمپ‌ها و نیروی محرکه آنها از مولفه‌های اصلی سیستم‌های تصفیه آب محسوب می‌شوند. پمپ‌ها کاربرد گسترده‌ای از جمله انتقال آب از نقطه برداشت به محل تصفیه، جابجایی آب بین واحدهای تصفیه و همچنین انجام اختلاط مواد شیمیایی در سیستم تصفیه را دارند. عملکرد صحیح پمپ‌ها در سیستم نقش بسیار مهمی در درست عمل کردن سیستم تصفیه دارد. از اینرو بازسازی یا احیای آنها بایستی در اولویت قرار گیرد. از آنجا که تعمیر یا تعویض قطعات پمپ‌ها معمولاً زمان بر است، بایستی بررسی اولیه آنها توسط مهندسين فنی به دقت

صورت گیرد. منبع انرژی نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. چنانچه سیستم تأمین برق دچار آسیب شده است بایستی از ژنراتورهای پرتابل برای تأمین انرژی سیستم استفاده شود.

### عملکرد سیستم تصفیه

به محض اینکه فعالیت واحدهای مختلف سیستم، بعد از انجام تعمیرات از سر گرفته شد، عملکرد آنها و عملکرد سیستم تصفیه باید به وضعیت پایدار خود برسد. برای این منظور اقدامات زیر بایستی صورت پذیرد:

- **پایش:** کمیت و کیفیت آب تولیدی توسط سیستم تصفیه باید به طور منظم پایش شود تا از کارکرد صحیح واحدهای مختلف در جهت تأمین حداقل استانداردهای توصیه شده برای سیستم، اطمینان حاصل شود. در این خصوص می توان از کیت های ساده موجود برای پایش پارامترهای پایه ای عملکرد سیستم استفاده کرد. در صفحه ۶-۹ منابع علمی برای مطالعه بیشتر در این خصوص آورده شده است.
- **مواد شیمیایی:** بیشتر تصفیه خانه های مدرن به منظور بهبود عملکرد تصفیه، وابسته به مواد شیمیایی هستند. این مواد شامل آلوم (برای کمک به فرایند ته نشینی)، آهک (برای تعدیل pH آب) و کلر (برای گندزدایی آب) می باشند. تأمین مواد شیمیایی تصفیه خانه ممکن است زمان بر باشد، از اینرو مقدار نیاز تصفیه خانه به مواد شیمیایی باید برآورد و همچنین اطلاعات مربوط به شرکت های تأمین کننده این مواد باید سریعاً جمع آوری شود. در مواقعی که مقدار ذخیره مواد شیمیایی در تصفیه خانه محدود است، می توان با میزان نرخ تصفیه کمتر، گندزدایی آب را در محل مصرف آب (خصوصاً برای اماکنی که بیشترین نیاز را به آب دارند مانند بیمارستانها و مدارس) انجام داد.
- **نگهداری:** اقدامات نگهداری عمدتاً شامل تمیز کردن دستی آشغالگیرها، تخلیه لجن های ته نشین شده و روغنکاری پمپ ها می باشد. صافی ها در صورت عدم نگهداری صحیح ممکن است توسط مواد زائد جامد مسدود شوند. همچنین تمامی لوله ها بایستی از نظر احتمال وجود نشت چک شوند.

### اطلاع رسانی عمومی

جمعیت تحت پوشش تصفیه خانه باید در جریان اقدامات بازسازی و احیای سیستم تصفیه قرار گیرند. از این طریق با داشتن آگاهی قبلی، نگرانی مصرف کنندگان از نظر دسترسی به آب کاهش می یابد و همچنین احتمال



هدر رفت آب خصوصاً در مواردی که مصرف کنندگان خود در شناسایی نقاط آسیب دیده نقش آفرین باشند کمتر خواهد شد.

### منابع برای مطالعه بیشتر

- Le Chevallier, M.W. and Au, K.K. (2004) Water Treatment and Pathogen Control: Process efficiency in achieving safe drinking water, WHO/IWA Publishing at: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/9241562552/en/index.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/9241562552/en/index.html).
- Twort, A.C. et al. (2000) Water Supply, 5th ed. Arnold with IWA Publishing: London.
- Sphere (2004). Humanitarian Charter and Minimum Standards in Disaster Response, The Sphere Project: Geneva, Switzerland (Distributed worldwide by Oxfam GB) <http://www.sphereproject.org/>.



Institute For Environmental Research  
Tehran University of Medical Sciences



Deputy for Health  
Ministry of Health and Medical Education  
Center for Communicable Disease Control

# Technical Notes on Drinking-water, Sanitation and Hygiene in Emergencies

Rehabilitating Water Treatment Works  
after an Emergency

6