مدیریت پایدار آب زیرزمینی

بر پایه همکاری بهره‌برداران، مدیران و متخصصان

اندیشکده تدبیر آب ایران

به نام یزدان بخشاینده

مدیریت پایدار آب زیرزمینی

نویسندگان:

Mark Smith
Katharine Cross
Mary Paden
Peter Laban

برگردان:

حمید پشتوان

اندیشکده تدبیر آب ایران
اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی کرمان

مدیریت پایدار آب زیرزمینی

نوشتار حاضر ترجمه‌ای است از:

Spring – Managing groundwater sustainably. IUCN, 2016.

نویسندگان: Mark Smith / Katharine Cross / Mary Paden / Peter Laban

برگردان: حمید پشتوان

صفحه‌بندی: مهدیار پشتوان

تصویر جلد: دشت کبودر آهنگ ، همدان

تاریخ انتشار: مهر ۱۴۰۰

نشانی دفتر: تهران. خیابان فتحی شقاقی- بین خیابان چهل‌ستون و سید جمال‌الدین اسدآبادی- پلاک ۴۵- طبقه ۴

تارنما: http://iwpri.ir

پست الکترونیکی: info@iwpri.ir

شماره تماس: ۰۸۸۷۰۲۸۰۵ - ۸۸۷۰۲۰۱۳ - ۰۲۱

اندیشکده تدبیر آب ایران
اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی کرمان

فهرست مطالب

۱- آب زیرزمینی: چالش‌ها و ریسک‌ها ۲۱

۱-۱- مدیریت پایدار آب زیرزمینی: ضرورتی کتمان‌ناپذیر برای همه کشورها ۲۲

۱-۲- آب زیرزمینی برای توسعه پایدار ۲۵

۱-۳- مدیریت آب زیرزمینی: نیاز به تغییر..... ۲۶

۲- سیستم‌های آب زیرزمینی..... ۲۹

۲-۱- دانش آب زیرزمینی: نقطه آغازین در پی‌ریزی راه‌حل‌های مدیریت..... ۳۰

۲-۲- چگونگی عملکرد آب زیرزمینی ۳۲

۲-۲-۱- سیستم‌های آب زیرزمینی..... ۳۲

۲-۲-۲- آبخوان‌ها و ذخیره آب زیرزمینی ۳۳

۲-۲-۳- تغذیه و تجدیدپذیری..... ۳۵

۲-۲-۴- آب زیرزمینی، رودخانه‌ها، و اکوسیستم‌ها ۳۹

۲-۲-۵- ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی..... ۴۱

۲-۳- عوامل تهدیدکننده آب زیرزمینی: بهره‌برداری بیش از اندازه و آلوده‌سازی. ۴۴

۲-۳-۱- عوامل کاهش کیفیت آب زیرزمینی ۴۴

۲-۳-۲- اثرات بهره‌برداری بیش از اندازه ۴۵

۲-۳-۳- حساسیت به اثرات جانبی بیش‌بهره‌برداری ۴۶

۲-۳-۴- فرایندهای آلوده‌شدن ۴۸

۲-۳-۵- آسیب‌پذیری در برابر آلوده‌شدن..... ۵۰

۲-۴- اطلاعات لازم برای بهبود مدیریت آب زیرزمینی..... ۵۱

۲-۴-۱- بیلان آب زیرزمینی ۵۱

۲-۴-۲- کیفیت آب زیرزمینی..... ۵۱

۲-۴-۳- تعیین خصوصیات آبخوان: داده‌ها، نقشه و مدل‌سازی..... ۵۴

۲-۵- چارچوب فنی مدیریت ۵۷

۲-۵-۱- پایش آب زیرزمینی..... ۵۷

۲-۵-۲- پهنه‌بندی برای حفاظت آب زیرزمینی ۵۸

۲-۵-۳- مدل‌سازی عددی آب زیرزمینی ۵۹

۲-۶- اقدامات مدیریت برای حفاظت و ترمیم آبخوان..... ۶۱

۲-۷- فهرست کنترل: به کاربستن دانش و اطلاعات فنی برای مدیریت و حفاظت آب زیرزمینی..... ۶۳

۳- سیاست، قوانین و نهادها برای حکمرانی اثربخش آب زیرزمینی..... ۶۷
۳-۱- ظرفیت حکمرانی آب زیرزمینی..... ۶۸
۳-۲- سیاست مدیریت آب زیرزمینی ۶۹
۳-۲-۱- رویکردهای متفاوت ولی یکپارچه به آب زیرزمینی و آب سطحی.... ۶۹
۳-۲-۲- طراحی سیاست آب زیرزمینی..... ۷۱
۳-۲-۳- از هدف‌های نهایی سیاست تا اقدام ملموس ۷۲
۳-۳- چارچوب قوانین برای مدیریت آب زیرزمینی..... ۷۵
۳-۳-۱- نقش قوانین درباره آب زیرزمینی ۷۵
۳-۳-۲- برداشت و استفاده آب زیرزمینی..... ۷۷
۳-۳-۳- آلوده‌شدن آب زیرزمینی و انسجام و پیوستگی با مقررات کاربری اراضی ۷۹
۳-۳-۴- منافع بهره‌برداران محلی آب زیرزمینی ۸۲
۳-۳-۵- قوانین آب زیرزمینی در کشورهای فدرال ۸۳
۳-۳-۶- آبخوان‌های فرامرزی در مقیاس بین‌المللی..... ۸۴
۳-۴- معماری نهادی مدیریت آب زیرزمینی..... ۸۶
۳-۴-۱- هماهنگی و تمرکززدایی..... ۸۶
۳-۴-۲- نقش سازمان مدیریت آبخوان..... ۸۹
۳-۵- چک‌لیست: ارتقای حکمرانی آب زیرزمینی..... ۹۱
۴- اصول و ابزارهای اقتصادی برای مدیریت پایدار آب زیرزمینی ۹۳
۴-۱- جنبه‌های اقتصادی آب زیرزمینی..... ۹۴
۴-۲- پیشران‌های اجتماعی- اقتصادی استفاده و آلوده‌شدن آب زیرزمینی ۹۶
۴-۲-۱- شناسایی پیشران‌ها..... ۹۶
۴-۲-۲- مشکل ارزشگذاری پائین ۹۷
۴-۳- ارزشگذاری منابع آب زیرزمینی ۹۸
۴-۳-۱- چرا باید آب زیرزمینی را ارزشگذاری کرد؟ ۹۸
۴-۳-۲- چگونگی ارزشگذاری آب زیرزمینی ۹۹
۴-۳-۳- در نظرگرفتن ارزش‌های اکوسیستم ۱۰۴
۴-۳-۴- چارچوب زمانی، ریسک‌ها و عدم قطعیت‌ها..... ۱۰۶
۴-۳-۵- ارزشگذاری با چه محدودیت‌هایی روبرو است؟ ۱۰۷

۴-۴- ابزارهای اقتصادی مدیریت و حفاظت آب زیرزمینی ۱۰۸
۴-۴-۱- دامنه و اهمیت ابزارهای اقتصادی..... ۱۰۸
۴-۴-۲- وضع عوارض و هزینه‌ها برای محدودسازی برداشت آب زیرزمینی ۱۱۰
۴-۴-۳- بازارهای آب زیرزمینی برای مبادله حقوق استفاده و تخصیص‌ها .. ۱۱۴
۴-۴-۴- ابزارهای اقتصادی برای کنترل ریسک آلوده‌شدن از منشأ نقطه‌ای ۱۱۶
۴-۴-۵- پرداخت در قبال خدمات اکوسیستم..... ۱۱۷
۴-۵- هماهنگی تدابیر انگیزه‌بخش در سیاست اقتصادی کلان کشاورزی..... ۱۱۹
۴-۶- چک‌لیست: طراحی راهکارهای انگیزه‌بخش اقتصادی ۱۲۰
۵- سازمان‌یابی اجتماعی پیرامون مدیریت آب زیرزمینی..... ۱۲۳
۵-۱- مشارکت در حکمرانی آب ۱۲۴
۵-۲- اصول فرایندهای اجتماعی برای تغییر ۱۲۶
۵-۳- فعالیت‌ها در مدیریت و فرایند تغییر..... ۱۳۰
۵-۳-۱- تحلیل و به میان‌آوردن ذینفعان ۱۳۹
۵-۳-۲- برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری برای اقدام مشترک و جمعی ۱۳۹
۵-۳-۳- ارزیابی، یادگیری فعال، و مستندسازی..... ۱۴۸
۵-۴- چک‌لیست: طراحی گفت و گوی ذینفعان و کنش مشترک..... ۱۵۰
۶- عملی‌سازی مدیریت آب زیرزمینی ۱۵۳
۶-۱- سرعت‌بخشیدن به تغییر برای مدیریت پایدار آب زیرزمینی..... ۱۵۴
۶-۱-۱- اولویت‌دادن به کنش مشترک در مدیریت آب زیرزمینی ۱۵۴
۶-۱-۲- استراتژی‌های تغییر ۱۵۷
۶-۲- به میان‌آوردن ذینفعان ۱۵۸
۶-۲-۱- تسهیل‌گری فرایند ۱۵۸
۶-۲-۲- بهره‌برداران آب زیرزمینی ۱۵۹
۶-۲-۳- دستگاه‌های فنی و اجرایی ۱۶۲
۶-۲-۴- سیاست‌گذاران، قانون‌گذاران و نهادهای تأمین مالی..... ۱۶۴
۶-۳- اثبات اثربخشی، یادگیری و پیام‌رسانی..... ۱۶۷
۶-۴- توجه به نگرش سیاسی تغییر..... ۱۶۸

پیام‌های کلیـــدی

۱– چالش‌ها و ریسک‌های آب زیرزمینی

◄ ***آب زیرزمینی، فراوان‌ترین منبع آب شیرین در کره زمین به شمار می‌آید.***

حجم کل آب زیرزمینی شیرین ذخیره‌شده در کره زمین، بین ۸ و ۱۰ میلیون کیلومتر مربع، یا ۹۶ درصد آب شیرین منجمدنشده است. آب زیرزمینی نزدیک به ۵۰ درصد کل نیاز آب شرب جهان و ۴۳ درصد کل استفاده مصرفی آب را برای آبیاری در کشاورزی تأمین می‌کند. تغییرات در موجودی و کیفیت آب زیرزمینی بر سلامت انسان، امرار معاش، امنیت غذایی و توسعه اقتصادی کشورها تأثیر می‌گذارد. بسیاری از اکوسیستم‌های آبی و تنوع زیستی آنها به آب زیرزمینی وابسته هستند. ناکامی در مدیریت پایدار آب زیرزمینی، منافع عظیمی را که برای رفاه انسان دارد، توسعه پایدار و حفظ تنوع‌زیستی را به خطر می‌اندازد.

◄ ***بهره‌برداری بسیاری از آبخوان‌های مهم جهان، پایدار نیست.***

برداشت جهانی آب زیرزمینی در ۵۰ سال اخیر، دست کم سه‌برابر شده است. ترازهای آب زیرزمینی به شکل قابل ملاحظه‌ای در آبخوان‌های اصلی اُفت کرده است، در نتیجه سبب کاهش جریان رودخانه و تنزل وضعیت اکوسیستم‌های تالاب و حاشیه رودخانه شده است. دوام بلندمدت اقتصادهای مبتنی بر آبیاری در این مناطق تهدید می‌شود، و ریسک‌های بلندمدتی را برای امنیت جهانی غذا پدید می‌آورد. بیش‌بهره‌برداری آب زیرزمینی و آلوده‌شدن آب زیرزمینی، منابع آب شرب هزاران میلیون انسان را تهدید می‌کند. تنزل وضعیت آب زیرزمینی، تاب‌آوری جوامع محلی و اقتصادها را در برابر تغییر اقلیم کاهش می‌دهد.

◄ ***مدیریت پایدار آب زیرزمینی، حفظ تنوع‌زیستی را پشتیبانی می‌کند.***

تغییرات در ترازهای آب زیرزمینی، یا زمان‌بندی، کمیت یا کیفیت تخلیه آب زیرزمینی، از عوامل سبب‌ساز نابودی تنوع زیستی در اکوسیستم‌های وابسته به آب زیرزمینی، از جمله چشمه‌ها، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و انواع معین تالاب‌ها و جنگل‌ها به شمار می‌آید. بقای این اکوسیستم‌ها به مدیریت پایدار آب زیرزمینی بستگی دارد. حفظ اکوسیستم‌ها، به حفظ تغذیه آب زیرزمینی نیز کمک می‌کند. مدیریت آب زیرزمینی و مدیریت اکوسیستم در کنار هم، موجودی آب زیرزمینی را حفظ می‌کند و منافع حاصل از اکوسیستم‌های وابسته به آب زیرزمینی را تداوم می‌بخشد.

◄ ***توسعه پایدار و تاب‌آور در برابر اقلیم باید مدیریت آب زیرزمینی را مورد توجه قرار دهد.***

مدیریت پایدار آب زیرزمینی، منابع تاب‌آور آب در برابر اقلیم را برای کمک به تحقق هدف‌های نهایی امنیت غذایی، توسعه انرژی و دسترسی به آب شرب پشتیبانی می‌کند. همچنین، نیاز آب شهرهای پایدار و فرایند صنعتی‌شدن را تأمین می‌کند. تحقق مدیریت پایدار آب زیرزمینی مستلزم هماهنگی با مدیریت آب سطحی به منظور استفاده تلفیقی و همکاری بهره‌برداران آب زیرزمینی، کارشناسان فنی و سیاست‌گذاران است. هر یک از این گروه‌ها باید نقش خود را در سطوح محلی، حوضه، ملی یا بین‌المللی، برای پیاده‌سازی استراتژی‌هایی که کنشگران مختلفی را دربر می‌گیرد، و مستلزم همیاری و مشارکت است، و نیز برای پیشبرد مدیریت پایدار آب زیرزمینی ایفا نماید.

۲- سیستم‌های آب زیرزمینی

◄ ***بهبود مدیریت آب زیرزمینی نیازمند درک سیستم آبخوان است.***

شناخت منابع آب زیرزمینی در سطح پائینی قرار دارد و از این در بسیاری از بخش‌های جهان، مدیریت ضعیفی بر منابع آب زیرزمینی حاکم است. وقتی امور در مسیر درست پیش نرود، خسارت ناشی از آن می‌تواند استمرار داشته یا حتی برای همیشه باقی باشد. سیستم‌های آب زیرزمینی، تنوع فراوانی دارند، و راه‌حل‌های لازم برای مدیریت پایدار به چگونگی پاسخ آنها به فشارهای متفاوت بستگی دارد. مدیریت پایدار آب زیرزمینی نیازمند شناخت سنگ تشکیل‌دهنده آبخوان، چگونگی فرایند تغذیه، ریسک‌های آلوده‌شدن و میزان برداشت پایدار از یک آبخوان است.

◄ ***دو تهدید اصلی متوجه آب زیرزمینی، استفاده بیش از اندازه و آلوده‌شدن است.***

بخش اعظم آب زیرزمینی، درون سنگ‌های تخلخل‌دار و شکستگی‌دار ذخیره می‌شود. تغذیه آب زیرزمینی در وهله نخست، از بارش یا گاه به صورت نشت از رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و کانال‌ها صورت می‌گیرد. آب به درون زمین نفوذ می‌کند و آهسته جریان می‌یابد تا به صورت طبیعی در چشمه‌ها، رودخانه‌ها و تالاب‌ها یا دریا خارج می‌شود. برداشت بیش از اندازه آب زیرزمینی، معمولاً با پمپاژ، تخلیه طبیعی را کاهش می‌دهد و نیز می‌تواند ذخیره آب زیرزمینی را خالی کند. آب زیرزمینی می‌تواند در جاهایی که آب نفوذیافته، آلاینده‌های شیمیایی را با خود حمل می‌کند آلوده شود- معمولاً ناشی از کشاورزی، دفع پسماند یا صنایع. مدیریت آب زیرزمینی نیازمند شناخت مناسب فشارهای ناشی از آلوده‌سازی و نیز برداشت، از جمله برهم‌کنش با مدیریت آب سطحی است.

◄ ***شناخت ویژگی‌های آبخوان، کلید دستیابی به اقدامات و راه‌حل‌ها، پس از شناسایی مسائل آب زیرزمینی است.***

شناخت مشکلات کنونی و آینده آب زیرزمینی، به اطلاعات خوب درباره شرایط آبخوان و پایش ترازهای آب زیرزمینی و کیفیت آب وابسته است. نظام پایش ملی برای شناسایی زمان مناسب برای اقدام عملی لازم است. برآورد ظرفیت و آسیب‌پذیری آبخوان، بر پایه شناخت ویژگی‌های خاک و سنگ قرار دارد. بیلان آب با مقایسه تغذیه آبخوان با تخلیه طبیعی و برداشت برآورد می‌شود. تعیین ظرفیت ذخیره، قابلیت انتقال، قابلیت هدایت هیدرولیکی و تخلخل آبخوان برای شناخت پاسخ لازم در زمان مناسب به پمپاژ یا آلوده‌شدن ضرورت دارد و مبنای طراحی مدل عددی آب زیرزمینی قرار می‌گیرد.

◄ ***حفاظت و ترمیم آب زیرزمینی بر برنامه‌ریزی و پیشگیری سنجیده متکی است.***

هدف مدیریت پایدار آب زیرزمینی، پیشگیری از کاهش نگران‌کننده یا آلوده‌شدن زیاد آب زیرزمینی و به حداقل‌رساندن اثرات ناخواسته بر دیگران است. پهنه‌بندی برای اطمینان از اینکه کاربری‌ها، با حفاظت از آبخوان‌های آسیب‌پذیر سازگار هستند به کار می‌رود. تدابیر فنی کلیدی برای مدیریت آب زیرزمینی عبارتند از کنترل پمپاژ آب زیرزمینی تا سطوح پایدار، کنترل تخلیه پسماند در آب زیرزمینی و در برخی نواحی، مدیریت تغذیه آبخوان. ترمیم آلودگی آب زیرزمینی، زمانی که پدید آمده باشد، امکان‌پذیر است ولی ممکن است با موفقیت کامل صورت نگیرد و پرهزینه باشد.

۳- سیاست، قوانین و نهادها برای حکمرانی اثربخش آب زیرزمینی

◄ حکمرانی آب، ساختارها و هنجارهای مدیریت آب زیرزمینی را مهیا می‌سازد.

حکمرانی ضعیف آب، سلامت و امنیت غذایی مردم، اقتصاد کشور و نیز پایداری محیط طبیعی، و در مورد آبخوان‌های فرامرزی، روابط خوب با همسایگان را به خطر می‌اندازد. حکمرانی اثربخش بر سیاست‌ها، قوانین، ترتیبات نهادی و پیاده‌سازی ساز و کارهای اجرای قوانین متکی است. تقویت حکمرانی آب- تجهیزشده با سازمان‌یابی اجتماعی، گفت و گوی ذینفعان و کنش شهروندی- فرایندهایی را به کار می‌بندد که با چشم‌انداز آغاز می‌شود و به شکل گیری سیاست‌ها تکامل می‌یابد، و سپس در قالب قوانین، نظام‌مند می‌شود و در نهادهایی بازتاب می‌یابد که هنجارها و ساز و کارهای اجرای انسجام‌یافته قوانین را طراحی می کنند.

◄ سیاست آب زیرزمینی، استراتژی دولت درباره چگونگی مدیریت آب زیرزمینی است.

سیاست‌های آب زیرزمینی باید در سیاست ملی آب یکپارچه شود، و همزمان اطمینان حاصل شود که نیازهای خاص مدیریت آب زیرزمینی را مورد توجه قرار می‌دهد. سیاست‌ها باید به پیشبرد یکپارچگی بخش‌ها و میان آب سطحی و زیرزمینی، متناسب با شرایط و آسیب‌پذیری آبخوان مورد نظر کمک کند. اصول سیاست عبارتند از کارآیی، برابری، پایداری، مشارکت همگانی، شفافیت، پاسخگویی، تمرکززدایی، استفاده تلفیقی و اصل پیشگیرانه. بهره‌برداران آب باید در طراحی سیاست‌ها و اقدامات لازم برای تحقق هدف‌های نهایی سیاست نقش داشته باشند. نقش‌ها و مسئولیت‌های تمام ذینفعان در تبدیل سیاست به اقدام باید به روشنی شناسایی شود، از جمله در برنامه ملی مدیریت آب زیرزمینی که با یکپارچه‌نگری در مدیریت منابع آب طراحی می‌شود.

◄ قوانین آب زیرزمینی، قواعد پیشگیری از استفاده‌های ناپایدار و آلوده‌شدن را مشخص می کنند.

قوانین برای نظام‌بخشیدن به سیاست‌ها تدوین می‌شوند. قوانین، قواعد بهره‌برداری و حفاظت آب زیرزمینی و کسانی را که حق استفاده از آن را دارند تعیین می کنند. قوانین باید چارچوب باثباتی را فراهم آورند که دولت و بهره‌برداران را قادر سازد برای بلندمدت برنامه‌ریزی نمایند. قوانین، مقرراتی را مهیا می کنند که برابر آنها، منافع رقیب تمام بهره‌برداران، از جمله اکوسیستم‌ها و نسل‌های آینده بتواند عادلانه به حساب آورده شوند. ارکان قوانین آب زیرزمینی عبارتند از نظام صدور مجوز یا پروانه برای اداره امور حقوق برداشت آب زیرزمینی، ساز و کارهای کنترل آلوده‌شدن، پهنه‌بندی کاربری اراضی و راهکارهای به اجراگذاشتن قواعد به وسیله دادگاه‌ها.

◄ ***نهادهای آب، به تصمیمات جامه عمل می‌پوشانند.***

نهادهای آب در سطح ملی، حوضه، آبخوان یا سطح محلی، یا در سطح بین‌المللی برای آبخوان‌های فرامرزی، اطمینان می‌دهند که مقررات، رویه‌ها و اجرائیات مقرر در قانون به انجام می‌رسد. بهترین تشکیلات نهادی برای هر کشور، به نظام حاکمیت، شرایط اقلیمی و هیدرولوژیکی و اجتماعی و اقتصادی آن بستگی دارد. برای نمونه، ساختار نهادی اثربخش، وزارتخانه‌ها، دستگاه ملی آب، سازمان مدیریت آبخوان، مرجع حوضه آبریز و تشکل‌های محلی بهره‌برداران آب را ترکیب می‌کند، و همزمان، مشارکت عمومی اثربخش را اطمینان می‌دهد. راهنمای هماهنگی نهادهای آب، اصل تمرکززدایی است. برابر این اصل، تصمیم‌ها و فعالیت‌ها باید در پائین‌ترین سطح اداری ممکن صورت گیرد.

۴- اصول و ابزارهای اقتصادی برای مدیریت پایدار آب زیرزمینی

◄ ***اصول اقتصادی، راهنمای گزینش استفاده از آب زیرزمینی است.***

بهره‌برداران آب زیرزمینی معمولاً مجبور نبوده‌اند هزینه‌ای شبیه «هزینه اقتصادی کامل» را بابت استفاده از آب زیرزمینی بپردازند، و آلوده‌کنندگان آب زیرزمینی مجبور نبوده‌اند هزینه پاکسازی آلوده‌سازی را بپردازند. دست کم گرفتن آب زیرزمینی در پدیدآمدن مشکلاتی مانند برداشت بیش از اندازه، بهره‌وری پائین استفاده از آب زیرزمینی، و سرمایه‌گذاری ناکافی شخصی و جامعه محلی در حفاظت از کیفیت آب زیرزمینی سهیم بوده است. ارزشگذاری اقتصادی واقع‌بینانه آب زیرزمینی، و تبدیل آن به ابزارهای اقتصادی می‌تواند انگیزه‌بخش مدیریت پایدار و حفاظت باشد. ابزارهای اقتصادی باید تکمیل‌کننده اداره اثربخش عمومی منابع آب باشد، در چارچوب مشارکت عمومی، و به گونه‌ای که با شرایط هیدروژئولوژیکی، اجتماعی- اقتصادی و نهادی متناسب باشد.

◄ ***ارزشگذاری به تعیین اولویت‌های مدیریت عادلانه و کارآی آب زیرزمینی کمک می‌کند.***

ارزش اقتصادی آب زیرزمینی بر مبنای منافع حاصل از استفاده آن، منهای هزینه‌های برداشت و مدیریت برآورد می‌شود. ارزش هر آبخوان به موجودی آب زیرزمینی آن در مقایسه با دیگر منابع آب نیز بستگی دارد. اگر در ارزشگذاری، طیف کامل استفاده‌ها و استفاده‌کنندگان آب زیرزمینی در نظر گرفته شود، نتایج آن می‌تواند سیاست‌گذاران عمومی را به شناسایی اولویت‌ها در راستای تخصیص به استفاده‌های پرارزش و با بهره‌وری بالاتر قادر سازد، و همزمان از حمایت اجتماعی اقشار ضعیف اطمینان می‌دهد. گنجاندن اکوسیستم‌ها در تصمیم‌گیری درباره گزینه‌های مدیریت با منظورکردن ارزش خدمات اکوسیستم امکان‌پذیر می‌شود- هم برای اکوسیستم‌های وابسته به آب زیرزمینی (آب زیرزمینی برای طبیعت) و هم اکوسیستم‌هایی که تغذیه آب زیرزمینی را حفظ می‌کنند (طبیعت برای آب زیرزمینی).

◄ ***تدابیر انگیزه‌بخش اقتصادی، مشوق به کارگیری غیر اجباری راهکارهای حفاظت از آب زیرزمینی است.***

وضع مالیات بر برداشت آب زیرزمینی، مستقیم‌ترین روش ایجاد انگیزه در بهره‌برداران برای اقتصادی کردن استفاده از آب زیرزمینی به شمار می‌آید. این کار مستلزم کنتورگذاری استفاده از آب، یا روش قابل اطمینان برآورد برداشت، و نیز مدیریت عمومی اثربخش این منبع، از جمله نظارت بر رعایت مقررات و اجرای قوانین است. راهکار دیگر در شرایطی که ظرفیت‌های اداری پائین است، استفاده از نرخ‌گذاری برق روستایی به عنوان عامل انگیزه‌بخش کاهش پمپاژ است. گزینه دیگر برای تحقق تخصیص به استفاده‌هایی که ارزش بالاتری دارند، مبادله حقوق استفاده آب زیرزمینی در «بازارهای آب» در چارچوب سقف تعیین‌شده و قابل اجرا برای استفاده مصرفی است. پرداخت در قبال خدمات اکوسیستم نیز می‌تواند برای تشویق زارعان و مدیران اراضی برای حفاظت از پهنه‌های تغذیه آب زیرزمینی به کار گرفته شود.

◄ ***تدابیر تشویق‌کننده کنترل آلوده‌سازی، اصل «آلوده‌کننده پرداخت می‌کند» را مبنا قرار می‌دهند.***

برابر اصل «آلوده‌کننده پرداخت می‌کند»، بنگاه‌های صنعتی یا کشاورزی بابت سهم خود در تولید آلودگی آب، هزینه پرداخت می‌کنند. با این همه در مورد آب زیرزمینی، تشخیص خطاکار آلوده‌سازی، غالباً دشوار است و از این رو، اصل آلوده‌کننده پرداخت می‌کند باید بدین صورت تفسیر شود که «آلوده‌کننده بالقوه، هزینه معقول حفاظت آب زیرزمینی را پرداخت می‌کند.» مجازات‌های سخت برای عدم رعایت مقررات لازم است، و تکمیل‌کننده آن باید مشوق‌هایی برای آلوده‌کنندگان برای سرمایه‌گذاری در تصفیه، بازچرخانی و دفع فاضلاب در نظر گرفته شود. حذف یارانه‌های کود و آفت‌کش به کنترل آلوده‌سازی چندنقطه‌ای از منشأ کشاورزی کمک می‌کند، به ویژه اگر به مدیریت اراضی برای کنترل آب‌شستگی مواد شیمیایی کشاورزی اختصاص یابد.

۵- سازمان‌یابی اجتماعی پیرامون مدیریت آب زیرزمینی

◄ ***همگان باید بر سر میز آب گرد آیند.***

آب، مایه حیات است، از این رو دغدغه همگانی است. همه ذینفعان باید به دور «میز آب» گرد آیند تا به بحث درباره استفاده و مدیریت آب بپردازند. بنابراین، بهبود سازمان‌یابی اجتماعی اثربخش، از پیش‌نیازهای حکمرانی خوب منابع آب زیرزمینی و مدیریت پایدار آب زیرزمینی به شمار می‌آید. سازمان‌یابی اجتماعی، تصمیم‌گیری آگاهانه و حل تعارض را با استفاده از ساز و کارهایی که مشارکت فعالانه تمام ذینفعان را در گفت و گو، برنامه‌ریزی، تصمیم‌گیری و پیاده‌سازی فعالیت‌ها به گونه‌ای که تا بیشترین حد ممکن، منافع و دغدغه‌های تک‌تک ذینفعان را مورد توجه قرار می‌دهد تسهیل می‌کند.

◄ ***بسترهای مشارکتی کمک می‌کند همه ذینفعان مسئولیت‌پذیر باشند.***

بسترهای مشارکتی ذینفعان، شنیده‌شدن صدای گروه‌های نسبتاً بی‌قدرت، که ممکن است شامل زنان و افراد آسیب‌پذیر باشد امکان‌پذیر می‌سازد. مشارکت، فرصت شناخت حقوق و نقش‌های یکدیگر، به انجام‌رساندن مسئولیت‌های خود، به دست‌گرفتن زمام امور، و مطالبه حقوق را برای افراد محلی فراهم می‌آورد. با گفت و گوی بی‌غل و غش ذینفعان و کنش جمعی، و نماینده‌داشتن بخش‌های مختلف، همه ذینفعان در قبال مدیریت خوب آب زیرزمینی، مسئولیت‌پذیرتر می‌شوند. تغییرات در مواضع و رفتار ممکن است در افراد، نهادها، متخصصان، و تصمیم‌گیران پدیدار گردد. این تغییرات یک‌شبه اتفاق نخواهد افتاد، بلکه وقتی فرایندهای سازمان‌یابی اجتماعی به هنجار تبدیل شد، معمولاً استمرار خواهند یافت، چون پرطرفدار و اثربخش هستند.

◄ ***سازمان‌یابی اجتماعی اثربخش، فرایندهای مدیریت تغییر را به جریان می‌اندازد.***

سازمان‌یابی اجتماعی برای پیشبرد مدیریت آب زیرزمینی، مستلزم فرایندهای تغییر است که به گنجاندن گروه‌های آسیب‌پذیر و محیط‌زیست به عنوان ذینفعان نیاز دارد. این کار نیازمند پشتیبانی مسندنشینان قدرت برای نهادینه‌سازی تغییرات صورت‌گرفته است، و بنابراین، یکپارچه‌شدن سازمان‌یابی اجتماعی و فرایندهای رسمی حاکمیت در تقویت حکمرانی آب است. سازمان‌یابی اجتماعی برای پیشبرد تغییر نیازمند گوش‌سپردن احترام‌آمیز به نظرات و در میان‌گذاشتن راه‌حل‌ها در یک گفت و گوی آزاد، ایجاد حس مالکیت و ظرفیت‌سازی در همه سطوح، و نیز باور به این است که فرایندهای اجتماعی، یک سرمایه‌گذاری خوب به شمار می‌آیند.

◄ ***گفت و گوی تسهیل‌گری‌شده ذینفعان، مبنای برنامه‌ریزی کنش جمعی درباره تغییر است.***

سازمان‌یابی اجتماعی با شناخت منافع ذینفعان در همه سطوح، پیش از ایجاد بسترهای مشارکت ذینفعان در برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری آغاز می‌شود. تسهیل‌گران باتجربه فرایند، به گرد هم‌آوردن کنشگران مختلف برای مذاکره درباره منافع متعارض کمک می‌کنند. پایگاه اطلاعات مورد توافق همگان، به همه ذینفعان کمک می‌کند گستره و دلایل مشکلات آب زیرزمینی را درک کنند و در گفت و گوهایی که با ترسیم چشم‌انداز و سناریوسازی به برنامه‌ریزی تفصیلی کنش جمعی منجر می‌شود مشارکت نمایند.

۶- عملی‌سازی مدیریت آب زیرزمینی

◄ مدیریت پایدار آب زیرزمینی نیازمند اقدام مشترک است.

مدیریت آب زیرزمینی نیازمند تغییر پارادایم از رویکردهای تکنوکراتیک به استفاده از دانش جمعی و مشارکتی است. بهره‌برداران آب زیرزمینی، کارشناسان فنی، متخصصان و سیاست‌گذاران باید با یکدیگر همکاری کنند. با پشتیبانی تسهیل‌گران، و با تکیه بر نتایج محقق‌شده، یادگیری و فهم و مفاهمه، این گروه‌ها باید در هماهنگ‌ساختن دانش آب زیرزمینی، اصلاحات حکمرانی، مشوق‌های اقتصادی، سرمایه‌گذاری و سازمان‌یابی اجتماعی همکاری کنند.

◄ کنش مدیریت باید در استراتژی‌های جامع تغییر گنجانده شود.

دستگاه‌های دولتی، متخصصان و سازمان‌های غیر دولتی همگی باید در کمپین‌های اطلاع‌رسانی عمومی برای ارتقای آگاهی درباره تهدیدهایی که متوجه آب زیرزمینی است و به اقدام فوری نیاز دارد مشارکت کنند. با این همه، این کار به تنهایی به تغییر نمی‌انجامد. دغدغه‌مندان پایداری آب زیرزمینی باید گامی فراتر بگذارند و ائتلاف‌های شکل‌گرفته برای اقدام را که استراتژی‌های تغییر را به پیش می‌برند گرد هم آورند. این کار باید ذینفعان را در همه سطوح برای اقدام‌کردن، توانمند سازد، و همزمان، ارتباطات و تبادل متقابل دانش میان بهره‌برداران محلی و سطوح بالاتر را که برای دگرگونی بزرگ‌مقیاس در مدیریت آب زیرزمینی لازم است تسهیل نماید.

◄ عاملان واسطه تغییر در مدیریت آب زیرزمینی باید در تمام سطوح تجهیز شوند.

استفاده‌کنندگان آب زیرزمینی- زنان، مردان، جوانان و بهره‌برداران در همه بخش‌ها- باید در فرایند تغییر در مدیریت آب زیرزمینی شرکت کنند، چرا که در نهایت آنان باید با پیاده‌سازی اقدامات مدیریت، برنامه‌ها و مقرراتی که درباره آنها تصمیم‌گیری شده است توافق داشته باشند. بهره‌برداران آب زیرزمینی در عملی‌سازی اقدامات توافق‌شده، و نیز آگاه‌سازی و دریافت پشتیبانی سیاست‌گذاران، به کمک متخصصان فنی نیاز دارند. متخصصان فنی نقش حیاتی به عنوان کارگزاران دانش در کمک به اجماع‌سازی ایفا می‌کنند. قانون‌گذاران و سیاست‌گذاران در وزارتخانه‌ها، نهادهای وضع‌کننده قانون و تأمین مالی، چارچوب سیاست و قوانین را فراهم می‌کنند و بودجه لازم را تخصیص می‌دهند تا بهره‌برداران محلی آب زیرزمینی و نهادهای فنی بتوانند در سطوح مقتضی اقدام نمایند. آنان چشم‌اندازی از چگونگی تطبیق قوانین آب زیرزمینی با چارچوب بزرگتر مدیریت دارند، و گفت و گو را در سطوح بالاتر درباره چگونگی یکپارچه‌سازی پایداری آب زیرزمینی در اولویت‌های گسترده‌تر اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی به پیش می‌برند.

◄ ***بدون جلب حمایت سیاسی، هدف نهایی مدیریت پایدار آب زیرزمینی برآورده نخواهد شد.***

دغدغه‌مندان مدیریت پایدار آب زیرزمینی نیاز دارند قدرت سیاسی را برای درک مسائل و اقدام عملی درباره مشکلات کنونی و آینده آب زیرزمینی به کار بگیرند. اینان باید منطق اجتماعی و توجیه اقتصادی مدیریت آب زیرزمینی را روشن کنند، و با شواهد و مدارک اثبات نمایند. آنان باید حمایت سیاسی را برای آب زیرزمینی جلب کنند و با آنان در قالب ائتلاف‌های تغییر همکاری نمایند. حامیان سیاسی به اطلاعات و شواهد نیاز دارند تا بتوانند برای توجیه اقدام از نظر وزن سیاسی آن به کار گیرند: اگر اقدامی در راستای مدیریت پایدار آب زیرزمینی انجام نگیرد، هزینه‌هایی در سطح ملی و بین‌المللی، برای رشد اقتصادی، کاهش فقر، امنیت غذایی، آب شرب سالم، تنوع زیستی و تاب‌آوری در برابر تغییر اقلیم در پی خواهد داشت.

پیشگفتار

در طول تاریخ می‌توان امپراتوری‌هایی را سراغ گرفت که ظهور و سقوط‌شان با آب زیرزمینی پیوند داشته است. این سرگذشت را هیچ کجا بهتر از منطقه خاورمیانه نمی‌توان مشاهده کرد. برخی از کشورهای خاورمیانه، در زمره خشک‌ترین مناطق کره زمین قرار دارند. امروز نیز از اهمیت آب زیرزمینی کاسته نشده است. با این همه در سرتاسر جهان، سنگینی تهدیدهایی که متوجه آب زیرزمینی است همچنان رو به افزایش است.

اطمینان از پایداری منابع آب، چالش عظیمی است. مسائل آب همه‌جا احساس می‌شود: در میان خانوارها و در مزارع، در سکوت طبیعت و در کلان‌شهرهای پرهیاهو، در اتاق هیئت مدیره و کنار میز ناهارخوری. تأمین نیاز آب جمعیت و اکوسیستم‌ها مشکل پیچیده‌ای است و هیچ راه‌حل ساده‌ای وجود ندارد، ولی چاره‌ناپذیر نیست. دستیابی به آینده‌ای که سایه امنیت آبی بر سر آن باشد، به دانش، افزایش تأمین مالی و مدیریت منابع آب بستگی دارد که بتواند مردم، بخش‌ها و کشورها را گرد هم آورد و هم‌داستان سازد. این کار مستلزم همکاری و نهادهای توانمند برای متوقف‌ساختن آلوده‌شدن آب، سازگاری با تغییر اقلیم، حفاظت در برابر بلایای مرتبط با آب، حفظ تنوع زیستی و تأمین آب سالم برای همه افراد در همه نقاط است.

آیا نباید شگفت‌زده شد که چرا با وجود اهمیت فراوان آب، آب زیرزمینی- پنهان و بی‌صدا- غالباً فراموش می‌شود؟

این وضعیت باید تغییر کند. تقریباً همه آب شیرینی که در اختیار داریم، در زیر زمین است، و نیمی از آبی که می‌آشامیم، از آبخوان‌ها تأمین می‌شود. مدیریت بخردانه و بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی، بی‌تردید اولویت بالایی برای تأمین نیازهای پایه انسان دارد. با این همه، با درک رو به رشد وابستگی متقابل و نزدیک آب و توسعه، بر این بایسته باید تأکید بیشتری شود. مدیریت آب زیرزمینی، الزام اساسی در استراتژی‌های مقابله با تهدیدهای آتی کمبود آب، انرژی و غذا به شمار می‌آید. همچنین، در بهینه‌سازی راه‌حل‌ها در

همبستگی آب- انرژی- غذا و امنیت انسان، و بنابراین در شکل گیری ظرفیت‌های بیشتر برای تاب‌آوری، اهمیت حیاتی دارد.

تغییر اقلیم ضرورت بی‌درنگ ارتقای اولویت مدیریت آب زیرزمینی و افزایش اثربخشی آن را پررنگ‌تر می‌سازد. خشکسالی‌های فراوان‌تر یا شدیدتر، برداشت آب زیرزمینی را افزایش خواهد داد و همزمان، پرشدگی دوباره آبخوان‌ها را کاهش می‌دهد. پیامدهای دست روی دست گذاشتن در مناطق خشک و وابسته به آب زیرزمینی، ناخوشایند خواهد بود: متراکم‌شدن بالقوه برگشت‌ناپذیر آبخوان، پائین‌رفتن تراز آب زیرزمینی و از دست‌دادن ظرفیت ذخیره.

آب زیرزمینی در دستور کار توسعه ۲۰۳۰ مورد توجه قرار گرفته است. مقابله با کم‌آبی بسیار ضروری است، و از این رو موفقیت اهداف توسعه پایدار بدان وابسته است. در خاورمیانه، همکاری منطقه‌ای درباره مدیریت آب زیرزمینی کلید به انجام‌رساندن این دستور کار، و نیز غلبه بر بی‌ثباتی و بحران انسانی در این منطقه ناامن آبی به شمار می‌آید.

همه دغدغه‌مندان دستیابی به آینده پایدار و مطمئن آبی را تشویق می‌کنیم این کتاب را مطالعه کنند، و پیام‌های آن را درباره متوقف‌ساختن بیش‌بهره‌برداری و آلوده‌شدن آب زیرزمینی به کار بندند. این کتاب، مفاهیم، ابزارها و استراتژی‌هایی را که مدیریت پایدار آب زیرزمینی را تحقق‌پذیر می‌سازد ارائه می‌کند.

این کتاب به ما نشان می‌دهد با گنجی چون آب زیرزمینی چگونه رفتار کنیم.

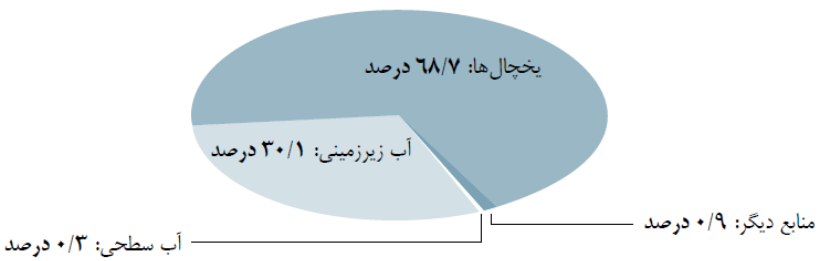
فصل اول

آب زیرزمینی: چالش‌ها و ریسک‌ها

۱–۱– مدیریت پایدار آب زیرزمینی: ضرورتی کتمان‌ناپذیر برای همه کشورها

هیدروژئولوژیست‌ها– متخصصانی که آب زیرزمینی را مطالعه می‌کنند– دوست دارند همواره این واقعیت را به مردم یادآور شوند که بیشتر حجم آب شیرین دسترس‌پذیر جهان، در زیر زمین ذخیره شده است. سدها، مخازن و آبیاری در رأس فهرست اولویت‌های توسعه زیرساخت آب قرار دارند. رودخانه‌ها، تالاب‌ها و دریاچه‌ها، انگاره‌هایی برای انگیزه‌بخشی برای حفاظت آب شیرین فراهم می‌آورند. تالاب‌ها و آبخیزها، هدف‌گیری اصلی رویکرد یکپارچه در مدیریت منابع آب به شمار می‌آیند. شگفت‌انگیز است که ۹۶ درصد آب شیرین، غیر از آب یخ‌زده در یخچال‌ها، در پیکره‌های آب زیرزمینی ذخیره شده است (شکل۱–۱). آب زیرزمینی، فراوان‌ترین منبع آب شیرین در کره زمین به شمار می‌آید. با این همه، چون نادیدنی و در زیر زمین پنهان است، به خویشاوند دور منابع آب سطحی قابل تشبیه است که فراموش شده باشد. متأسفانه به آب زیرزمینی اولویت داده نمی‌شود و آن طور که شایسته آن است، مورد توجه قرار نگرفته است، تا از منافعی که برای جوامع انسانی فراهم می‌آورد و تداوم بقای اکوسیستم‌ها اطمینان حاصل شود.

شکل۱–۱– توزیع آب شیرین در کره زمین



حجم کل آب زیرزمینی شیرین ذخیره‌شده در کره زمین، بین ۸ و ۱۰ میلیون کیلومتر مکعب برآورد می‌شود. مجموع برداشت آب زیرزمینی در سطح جهان در سال ۲۰۱۰ تقریباً ۱,۰۰۰ کیلومتر مکعب در سال، یا تقریباً

۲۶ درصد کل برداشت جهانی آب شیرین بوده است. از کل آب زیرزمینی برداشت‌شده، ۶۷ درصد برای آبیاری، ۲۲ درصد برای مقاصد خانگی و ۱۱ درصد برای صنعت استفاده شده است (به جدول۱-۱ نگاه کنید). آب زیرزمینی تقریباً ۵۰ درصد کل نیاز آب شرب جهان و ۴۳ درصد استفاده مصرفی آب آبیاری در کشاورزی را تأمین می‌کند. برآورد می‌شود ۲/۵ میلیارد نفر در جهان برای تأمین آب شرب، تنها و تنها به آب زیرزمینی اتکا دارند. بهره‌برداری و کیفیت آب زیرزمینی، پیوند عمیقی با سلامت و امرار معاش انسان، و امنیت غذایی و توسعه و رفاه اقتصادی ملی دارد. میان آب زیرزمینی و رودخانه‌ها و تالاب‌ها، روابط متقابل هیدرولوژیکی وجود دارد، از این رو، سلامت بسیاری از اکوسیستم‌های آبی به وضعیت و عملکرد آبخوان‌ها وابستگی دارد. ناکامی در مدیریت پایدار آب زیرزمینی، منافع کلانی را که برای رفاه انسان دارد، توسعه پایدار و حفظ تنوع زیستی را در معرض خطر قرار می‌دهد.

جدول۱-۱- برآوردهای برداشت جهانی آب زیرزمینی

قاره	برداشت آب زیرزمینی					مقایسه با کل برداشت آب	
	آبیاری ممم در سال	خانگی ممم در سال	صنعتی ممم در سال	مجموع ممم در سال	مجموع درصد	مجموع برداشت ممم در سال	سهم آب زیرزمینی درصد
امریکای شمالی	۹۹	۲۶	۱۸	۱۴۳	۱۵	۵۲۴	۲۷
امریکای مرکزی و کارائیب	۵	۷	۲	۱۴	۱	۱۴۹	۹
امریکای جنوبی	۱۲	۸	۶	۲۶	۳	۱۸۲	۱۴
اروپا (شامل فدراسیون روسیه)	۲۳	۳۷	۱۶	۷۶	۸	۴۹۷	۱۵
آفریقا	۲۷	۱۵	۲	۴۴	۴	۱۹۶	۲۳
آسیا	۴۹۷	۱۱۶	۶۳	۶۷۶	۶۸	۲۲۵۷	۳۰
اقیانوسیه	۴	۲	۱	۷	۱	۲۶	۲۵
جهان	۶۶۶	۲۱۲	۱۰۸	۹۸۶	۱۰۰	۳۸۳۱	۲۶

ممم = میلیارد متر مکعب

فشار بر منابع آب زیرزمینی، روند فزاینده‌ای داشته و دارد. برداشت جهانی آب زیرزمینی در ۱۵۰ سال اخیر، دست کم سه‌برابر شده است و با نرخ سالانه بین ۱ و ۲ درصد همچنان افزایش می‌یابد. ترازهای آب زیرزمینی در ۲۱ سیستم از ۳۷ سیستم آبخوان بزرگ دنیا در فاصله سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۳ اُفت کرده است. با این همه، برداشت آب زیرزمینی توزیع ناموزونی دارد و مشخصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان تمرکز یافته است. در این مناطق، رشد جمعیت و گسترش کشاورزی آبی به رشد سریع تقاضای آب انجامیده است. بهره‌برداری بیش از اندازه از ذخایر آب زیرزمینی سبب اُفت قابل ملاحظه ترازهای آب زیرزمینی در آبخوان‌های مهم زیر شده است:

- دره مرکزی کالیفرنیا و سیستم آبخوان High Plains در ایالات متحده
- آبخوان‌های حوضه بالایی Guadiana در اسپانیا
- سیستم‌های آبخوان غرب صحرای بزرگ و آبخوان ماسه‌سنگی Nubian در شمال آفریقا
- آبخوان‌های شبه‌جزیره عربستان و شرق مدیترانه
- آبخوان‌های حوضه‌های ایندوس و گنگ در مرکز و جنوب هند
- آبخوان دشت شمال چین، و
- حوضه بزرگ آرتزین در استرالیا

«فشار بر منابع آب زیرزمینی، روند فزاینده‌ای داشته و دارد.»

اُفت ترازهای آب زیرزمینی در مناطق نامبرده، زنگ خطری است بر این که نرخ‌های برداشت، پایدار نیستند. برای نمونه، ترازهای آب زیرزمینی در آبخوان High Plains، که آب آبیاری را برای کشاورزی پرارزش به مساحت ۴۵۰ هزار کیلومتر مربع، از داکوتای جنوبی تا تگزاس و آب شرب ۲/۳ میلیون نفر را در ایالات متحده تأمین می‌کند، به طور متوسط ۴/۳ متر اُفت داشته است. در برخی مناطق، ترازهای آب زیرزمینی تا ۶۰ متر اُفت کرده است. ترازهای آب زیرزمینی در دیگر مناطق جهان نیز که برای امنیت جهانی غذا اهمیت حیاتی دارند، اُفت شدیدی دارد، از جمله دشت‌های شمال چین، ایالت‌های راجستان، گجرات، پنجاب، هریانا و آندراپرادش در هند و شرق استرالیا. اُفت تراز آب، هزینه آب زیرزمینی را افزایش و جریان رودخانه را کاهش می‌دهد و سبب تنزل وضعیت اکوسیستم‌های ساحلی و تالاب می‌شود. همچنین، پایداری بلندمدت اقتصادهای مبتنی بر آبیاری را در این مناطق تهدید می‌کند و بنابراین ریسک‌های بلندمدت را برای امنیت جهانی غذا به وجود می‌آورد. بهره‌برداری بیش از اندازه آب زیرزمینی و نیز آلوده‌شدن یا نفوذ آب شور، منبع تأمین آب شرب میلیون‌ها انسان را تهدید می‌کند. همچنین، تنزل کیفی و کمی منابع آب زیرزمینی، توان حفاظت در شرایط خشکسالی و کمیابی آب را کاهش می‌دهد، چرا که این ذخایر برای تداوم بقای اکوسیستم‌ها و بنابراین حفظ تنوع زیستی، و سازگاری با تغییر اقلیم و تاب‌آوری در برابر آن، اهمیت حیاتی دارند.

۱–۲– آب زیرزمینی برای توسعه پایدار

اهمیت آب زیرزمینی به عنوان یک منبع پنهان، در توسعه اجتماعی و اقتصادی به راحتی نادیده گرفته می‌شود. ارزش آن در اقتصاد و در توسعه اقتصادی غالباً دست پائین برآورد می‌شود. سیاست‌گذاران دولتی، سرمایه‌گذاران یا زارعان محلی، چنین می‌پندارند که چشمه‌ها و چاه‌هایی که به آنها اتکا دارند، برای همیشه آب شیرین با کیفیت بالا را تأمین خواهند کرد. اگر این دست پندارهای اشتباه همچنان ادامه یابند، منافع آب زیرزمینی برای توسعه از دست خواهد رفت.

اگر مدیریت آب زیرزمینی، پایدار باشد، نقش‌های بالقوه آن، جنبه‌های مختلف توسعه پایدار را بهره‌مند می‌سازد. مدیریت پایدار آب زیرزمینی می‌تواند ما را از تأمین تاب‌آور نیازهای آب در برابر تغییر اقلیم، کمک به تحقق اهداف کلان امنیت غذایی، توسعه انرژی و دسترسی به آب شرب مطمئن سازد. همچنین می‌تواند نیاز آب شهرهای پایدار و روند صنعتی‌سازی را تأمین نماید.

مدیریت پایدار آب زیرزمینی، کلید حفظ اکوسیستم‌های وابسته به آب زیرزمینی در محدوده‌های تخلیه آب زیرزمینی است. نمونه‌های آن عبارتند از رودخانه‌ها و دریاچه‌ها، جنگل‌های مرطوب و جنگل‌های ریشه‌دار عمیق ساوانا. تالاب‌ها، باتلاق‌ها و زمین‌های باتلاقی در تورب‌زارها به آب زیرزمینی وابسته هستند، و اکوسیستم‌های ساحلی مانند تالاب‌های شور و جنگل‌های حرا ممکن است به جریان ورودی آب شیرین از آب زیرزمینی متکی باشند.

تصویر۱–۱– واحه اَزرَق در اُردن، نمونه‌ای از اکوسیستم وابسته به آب زیرزمینی که با برداشت بیش از اندازه آب زیرزمینی تهدید می‌شود.

تغییرات در ترازهای آب زیرزمینی یا زمان‌بندی، کمیت و کیفیت تخلیه آب زیرزمینی، پیشران تنزل و نابودی تنوع زیستی در این اکوسیستم‌ها به شمار می‌آید. مدیریت پایدار آب زیرزمینی، بخش مهمی از استراتژی‌های اثربخش را برای حفظ تنوع زیستی، در جاهایی که اکوسیستم‌ها به آب زیرزمینی وابسته هستند تشکیل می‌دهد.

اکوسیستم‌ها در محدوده‌های تغذیه آب زیرزمینی نیز اهمیت دارند. برای نمونه، تغییرات در پوشش گیاهی در مراتع و جنگل‌ها، یا کم‌شدن تالاب‌ها می‌تواند مقدار آب ورودی به آبخوان را کاهش دهد. در محدوده‌های تغذیه آب زیرزمینی، مدیریت خوب اکوسیستم‌ها برای مدیریت پایدار آب زیرزمینی ضروری است. بنابراین، ارتباط میان آب زیرزمینی و اکوسیستم‌ها، دوسویه است، و مدیریت آب زیرزمینی و مدیریت اکوسیستم همپوشانی دارند. عملکرد هماهنگ این دو، تداوم خدمات اکوسیستمی آب زیرزمینی و اکوسیستم‌های وابسته به آب زیرزمینی را تقویت می‌کند. منافعی که با مدیریت اکوسیستم‌های وابسته به آب زیرزمینی نصیب مردم می‌شود عبارت است از تأمین آب، تصفیه آب، شیلات، امکانات گردشگری و تولید کشاورزی.

«مدیریت آب زیرزمینی کلید حفظ اکوسیستم‌های وابسته به آب زیرزمینی است.»

۱-۳- مدیریت آب زیرزمینی: نیاز به تغییر

فصل‌های مختلف این کتاب، دستور کار تغییر در مدیریت آب زیرزمینی را مشخص می‌کند. این نوشتار، راهنمای چگونگی حمایت بهره‌برداران و مدیران آب زیرزمینی، هیدروژئولوژیست‌ها از مدیریت پایدار آب زیرزمینی است و سیاست‌گذاران می‌توانند ابزارها و گام‌های لازم را برای گذار از وضع موجود و بهره‌برداری بیش از اندازه از آبخوان‌ها به مدیریت پایدار آب زیرزمینی به کار بندند. همچنین، راهنمای عملی درباره نقش‌هایی که این گروه‌ها باید ایفا نمایند، و چگونگی همکاری آنان در قالب ائتلاف‌ها، برای تحقق فرایندهای اثربخش تغییر است.

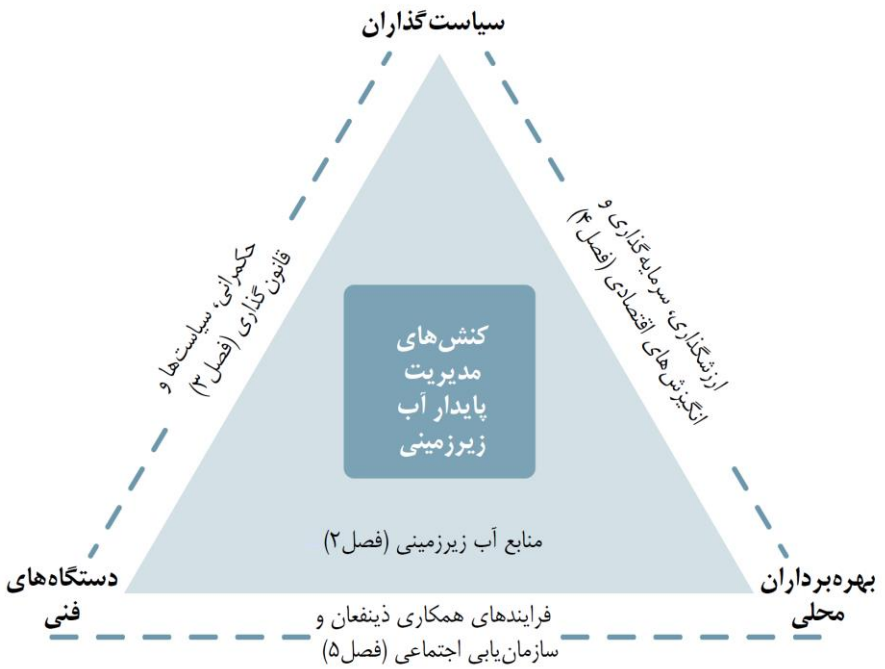
«بی‌درنگ باید دست به کار شد.»

ساختار این کتاب، مبتنی بر اصول و اقدامات لازم برای پیاده‌سازی همکاری جمعی در مدیریت پایدار آب زیرزمینی است (شکل۱-۲). مدیریت آب زیرزمینی یک فعالیت میان‌رشته‌ای است که نه تنها بر دانش تخصصی درباره آبخوان‌ها و مشخصات فنی آنها تکیه دارد، بلکه بر اقتصاد، سیاست‌های اثربخش و قوانین نیز متکی است. دانش این رشته‌ها، بنیادهای فنی را برای اقدامات عملی مدیریت، سیاست و مقررات مناسب- از جمله ساز و کارهای نظارت و اجرای مقررات- مشوق‌های اقتصادی و توجیه لازم را برای سرمایه‌گذاری فراهم می‌آورد. افزون بر این، برای پایداربودن مدیریت آب زیرزمینی و موفقیت در دستیابی به اهداف آن، ضروری است که بهره‌برداران در طراحی حکمرانی، تدابیر تشویقی و اقدامات مدیریت مشارکت کنند- در غیر این صورت مدیریت آب زیرزمینی همان شیوه دستوری (بالا- پائین) و تکنوکراتی با نتایج ناپذیرفتنی باقی

خواهد بود. مدیریت خوب در عمل، تنها در صورتی موفق خواهد بود که بهره‌برداران آب زیرزمینی، با پیاده‌سازی اقدامات لازم، توافق داشته باشند. از این رو در این نوشتار، راهنمایی درباره فرایندهای بهبود سازمان اجتماعی و مشارکت ذینفعان در مدیریت آب زیرزمینی نیز ارائه می‌شود. در نهایت، راهنمایی درباره چگونگی تقویت پیاده‌سازی ارائه می‌شود. فصل‌های این کتاب به ترتیب زیر سازماندهی شده است:

- فصل‌های ۲ تا ۴- اصول و ابزارهای بنیادی (هیدروژئولوژیکی، حکمرانی، اقتصادی)
- فصل۵- چگونگی سازماندهی بهره‌برداران آب زیرزمینی و به کارگیری دانش، و
- فصل۶- راهنمایی درباره چگونگی سرعت‌بخشیدن و تقویت فرایندهای تغییر

شکل۱-۲- الگوی همکاری در مدیریت پایدار آب زیرزمینی که در آن، کنش‌گران برای کاربست ابزارهای پیشبرد و پیاده‌سازی اقدات مدیریت آب زیرزمینی همکاری می‌کنند.



تحقق مدیریت پایدار آب زیرزمینی مستلزم آن است که استفاده‌کنندگان محلی آب زیرزمینی، متخصصان فنی و سیاست‌گذاران با یکدیگر همکاری کنند (شکل۱-۲). هر یک از این گروه‌ها در سطوح مختلف محلی، حوضه، سطوح ملی یا بین‌المللی، در پیشبرد استراتژی‌های ضروری تغییر، و نیز در همکاری با یکدیگر در پیاده‌سازی ابزارها و اقدامات لازم، نقش‌آفرین هستند. اگر قرار باشد انتظارات از نقش آب زیرزمینی در توسعه پایدار، حفظ تنوع زیستی و تاب‌آوری در برابر تغییر اقلیم برآورده شود، لازم است الگوی گذشته مدیریت آب زیرزمینی، که کنترل به دست نهادهای فنی بر آن حاکم بود تغییر کند.

فصل دوم

سیستم‌های آب زیرزمینی

۲–۱– دانش آب زیرزمینی: نقطه آغازین در پی‌ریزی راه‌حل‌های مدیریت

آب زیرزمینی یک منبع آسیب‌پذیر است. وقتی پمپاژ مقادیر عظیم آب برنامه‌ریزی می‌شود، یا آلاینده‌هایی پیدا می‌شوند که ماندگاری طولانی دارند، نیاز به حفاظت و مدیریت این منبع، دوچندان می‌شود (به جدول ۲–۱ نگاه کنید). با اینکه آب زیرزمینی در حفظ اکوسیستم‌ها و تأمین آب، نقش محوری دارد، هنوز هم آن طور که شایسته است، درک نمی‌شود، و بنابراین در بسیاری از بخش‌های جهان به شکلی ضعیف مدیریت می‌شود. وقتی امور در مسیر درست پیش نرود، خسارت‌ها همچنان باقی یا حتی همیشگی خواهد بود. برای نمونه، پمپاژ بیش از اندازه و آلوده‌شدن پیوسته در درازمدت، ناشی از فاضلاب شهری و شیوه‌های کشت در نوار غزه سبب شده است که آب زیرزمینی برای استفاده شرب یا کشاورزی نامناسب شود. حتی اگر امروز پمپاژ و آلوده‌سازی متوقف شود، صدها سال طول خواهد کشید تا آلاینده‌ها و آب شور نفوذی، از سیستم آب زیرزمینی شسته شود. برخی از منابع آب زیرزمینی در زمان‌های بسیار دور در زیر زمین انباشته شده‌اند و امروز دیگر تجدید نمی‌شوند (برای نمونه برخی از آبخوان‌های ماسه‌سنگی شمال آفریقا)، از این رو استفاده از آنها شبیه استخراج مواد معدنی تجدیدناپذیر است که روزی پایان خواهند یافت.

اگر همه سیستم‌های آب زیرزمینی شبیه هم بودند، مدیریت آب زیرزمینی ساده می‌بود. اما واقعیت این است که سیستم‌های مختلف آب زیرزمینی، تفاوت زیادی دارند، و این تفاوت بدین معنا است که به فشارهایی که به آنها وارد می‌شود، به شکل متفاوت پاسخ می‌دهند و بنابراین، به راه‌حل‌های متفاوت مدیریت نیاز دارند.

نقطه آغازین بسیار مهم برای بهبود مدیریت آب زیرزمینی، شناخت فنی درباره چگونگی عملکرد سیستم‌های آب زیرزمینی است. برای نمونه:

- چه نوع سنگ‌هایی آبخوان‌های خوبی را تشکیل می‌دهند؟
- چرا برخی آبخوان‌ها به طور طبیعی تغذیه می‌شوند، در حالی که برخی دیگر چنین نیستند؟
- چگونه می‌توان میزان برداشت پایدار آب از یک آبخوان را تعیین کرد؟ و
- چه نوع آبخوان‌هایی در معرض بیشترین ریسک آلوده‌شدن قرار دارند؟

با شناخت این دست موضوعات، و با پشتیبانی پایش اثربخش، بهره‌برداران و مدیران آب زیرزمینی می‌توانند چشم‌اندازها و برنامه‌های معقولی را برای مدیریت آب زیرزمینی طراحی کنند و اقدامات لازم را برای مدیریت شناسایی نمایند.

جدول۲-۱- مزیت‌ها و محدودیت‌های استفاده از آب زیرزمینی برای تأمین آب

مزیت‌های آب زیرزمینی	محدودیت‌ها
• آب زیرزمینی غالباً در نزدیکی جایی که بدان نیاز است، در دسترس قرار دارد.	• آب زیرزمینی در همه‌جا وجود ندارد و در برخی وضعیت‌ها، ممکن است تلاش قابل ملاحظه‌ای برای شناسایی مکان‌های مناسب برای حفر چاه نیاز باشد.
• آب زیرزمینی را می‌توان نسبتاً ارزان‌تر و مستمر برای تأمین تقاضا، با سرمایه‌گذاری پائین‌تر از بسیاری از طرح‌های آب سطحی بهره‌برداری کرد.	• به نسبتی که محدوده زیر پوشش تأمین نیاز از منابع آب زیرزمینی افزایش می‌یابد، تأمین آب محدوده‌های دشوارتر، هزینه‌برتر خواهد بود.
• آب زیرزمینی معمولاً کیفیت طبیعی عالی دارد، و معمولاً برای تأمین آب شرب، با اندکی تصفیه یا بدون نیاز به تصفیه مناسب است.	• در برخی نواحی، محدودیت‌های کیفیت طبیعی مانند فلورید و ارسنیک بالا وجود دارد.
• آب زیرزمینی معمولاً از پوشش حفاظت‌کننده خاک و زون اشباع‌نشده برخوردار است.	• به نسبتی که توسعه با سرعت بیشتری افزایش می‌یابد، آلودگی می‌تواند از ظرفیت خاک در کاهش آلاینده‌ها فراتر رود.
• آب زیرزمینی معمولاً در دوره‌های خشکسالی فراهم است.	• به نسبتی که تقاضای آب زیرزمینی افزایش می‌یابد، بیش‌بهره‌برداری بروز می‌کند؛ تغییر اقلیم ممکن است تغذیه را در برخی نواحی کاهش دهد.

۲-۲- چگونگی عملکرد آب زیرزمینی

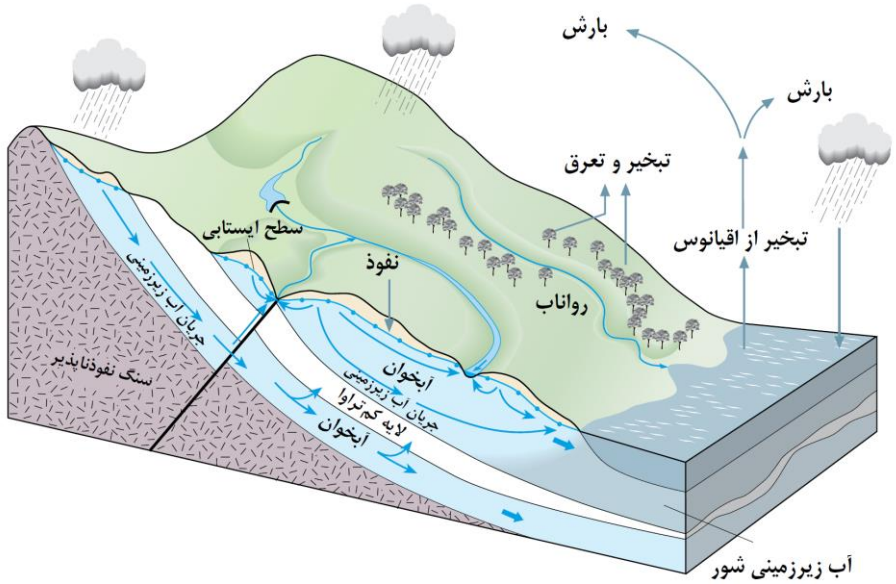
۲-۲-۱- سیستم‌های آب زیرزمینی

شناسایی مشکلات آب زیرزمینی نیازمند درک پایه‌ای چرخه طبیعی آب است، چرا که آب زیرزمینی بخشی از آن است، ولی این واقعیت غالباً نادیده گرفته می‌شود (به شکل۲-۱ نگاه کنید). این چرخه، با انرژی خورشید به حرکت درمی‌آید، آب را از زمین و اقیانوس‌ها برمی‌دارد و از طریق هواکره، از مسیرهای گوناگون، دوباره به اقیانوس‌ها انتقال می‌دهد. وقتی بر روی سطح زمین باران می‌بارد، مقداری از آن به درون خاک نفوذ می‌کند و باقیمانده تبخیر یا در رودخانه‌ها جاری می‌شود. بیشتر آبی که به شکل رطوبت در خاک ذخیره می‌شود، به وسیله ریشه گیاهان جذب و از طریق ساقه‌ها بالا می‌آید و در اثر تعریق، دوباره به هواکره باز می‌گردد، یا به سرعت در رودخانه جریان می‌یابد (ظرف چند روز تا چند سال).

«آب زیرزمینی نقش محوری در حفظ اکوسیستم‌های آبی دارد.»

با این همه، مقداری از آب به اعماق بیشتری در خاک فرو می‌رود، و در نهایت در بالای یک لایه نفوذناپذیر انباشته می‌شود، و تمام منافذ موجود در سنگ‌ها را از آب پر می‌کند و یک آبخوان زیرزمینی را شکل می‌دهد. *آبخوان* یک لایه زیرزمینی اشباع است که از سنگ نفوذپذیر آبدار یا مصالح سخت‌نشده (شن، ماسه، یا سیلت) تشکیل یافته است. آب زیرزمینی به آهستگی (چند سال، چند دهه، حتی چندین قرن) در اثر گرانش از داخل منافذ و شکستگی‌های سنگ جریان می‌یابد تا نهایتاً سر از چشمه‌ها، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، یا دریا درمی‌آورد. شکل۲-۱ یک آبخوان کم‌عمق واقع در بالای یک لایه نیمه‌تراوا و یک آبخوان عمیق‌تر میان لایه نیمه‌تراوا و یک لایه سنگ نفوذناپذیر نشان می‌دهد.

شکل۲-۱- جایگاه آب زیرزمینی در سیستم گسترده‌تر هیدرولوژیکی



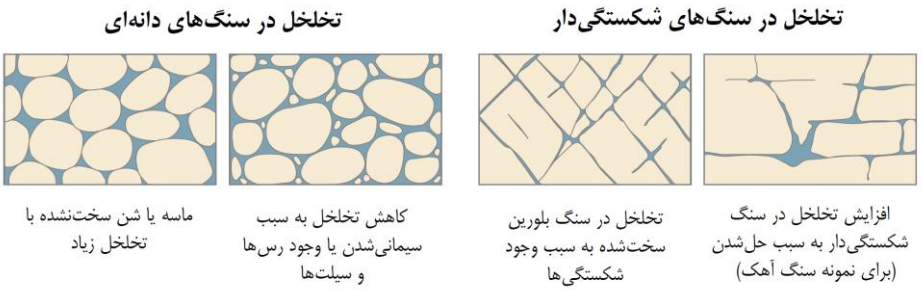
آب زیرزمینی نقش محوری در حفظ اکوسیستم‌های آبی دارد. تخلیه مطمئن سالانه آب زیرزمینی به نهرها، رودخانه‌ها و تالاب‌ها، تأمین‌کننده جریان آب در فصل‌های خشک و خشکسالی‌ها است. در برخی حوضه‌های پست، آب زیرزمینی می‌تواند بیش از ۹۰ درصد جریان رودخانه را در دوره‌های خشک تشکیل دهد. حتی در آبخیزهای بالادست که ذخیره آب زیرزمینی محدود است، ۳۰ درصد جریان رودخانه ممکن است با عبور آب زیرزمینی از درون سنگ‌ها تأمین شده باشد.

۲-۲-۲- آبخوان‌ها و ذخیره آب زیرزمینی

با اینکه بخشی از آب زیرزمینی می‌تواند در دریاچه‌های زیرزمینی در غارها یا حفره‌های بزرگ پدید آید، بخش اعظم آن در منفذها و شکستگی‌های موجود در سنگ ذخیره می‌شود. خصوصیات سنگ (به شکل۲-۲ نگاه کنید) تعیین‌کننده ظرفیت ذخیره و قابلیت تولید یک آبخوان است. به سنگ‌هایی که خلل و فرج زیادی دارند و می‌توانند آب را در خود نگاه دارند، *متخلخل* گفته می‌شود و اگر منفذها و شکستگی‌ها به هم متصل باشند و آب بتواند به آسانی جریان یابد، این سنگ‌ها *نفوذپذیر* خوانده می‌شوند. رسوبات دانه‌ای سخت‌نشده، مانند ماسه‌ها یا شن‌ها تخلخل بالایی دارند و میزان آب در این آبخوان‌ها می‌تواند بیش از ۳۰ درصد حجم آنها باشد. تخلخل به تدریج به نسبت افزایش مصالح ریزدانه‌تر (مانند سیلت یا رس) و سخت‌شدگی رسوبات به صورت سنگ جامد تحت فشار کاهش می‌یابد. در سنگ‌های رسوبی بسیار سخت‌شده، تخلخل ممکن است کمتر از ۱۰ درصد باشد. سنگ‌های رسوبی با حداقل نفوذپذیری عبارتند از

رس‌ها، که معمولاً به آب زیرزمینی اجازه جابجایی نمی‌دهد، و از این رو به عنوان مانع بر سر راه جابجایی آب زیرزمینی عمل می‌کنند. برخی از سنگ‌های رسوبی (مانند سنگ آهک) انحلال‌پذیرند. در سنگ‌های انحلال‌پذیر، شکستگی‌ها وقتی آب زیرزمینی به تدریج سنگ را حل می‌کند، ممکن است بزرگتر شوند و شکاف‌ها و غارها را به وجود می‌آورد. در این فضاها، آب زیرزمینی می‌تواند در «رودخانه‌های زیرزمینی» گسسته به سرعت جریان یابد.

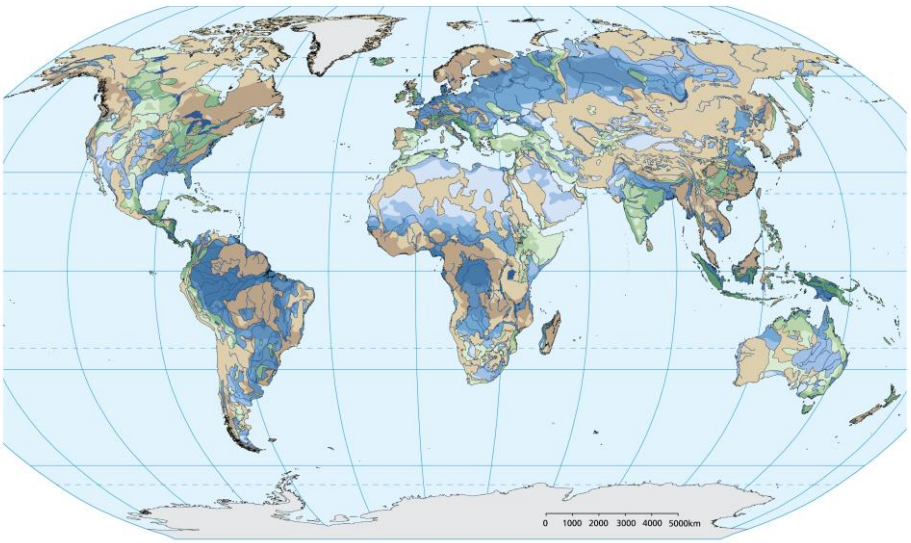
شکل۲-۲- بافت و تخلخل سنگ در آبخوان‌ها



در سنگ‌های بلورین، مانند سنگ‌های آذرین و دگرگونی، آب زیرزمینی تنها در شکستگی‌ها یافت می‌شود و به ندرت از ۱ درصد حجم توده سنگ تجاوز می‌کند. برای نمونه، این نوع سنگ‌ها نزدیک به ۳۴ درصد مساحت آفریقا را پوشش می‌دهند. خوشبختانه، این سنگ‌ها غالباً تا عمق ۲۰ متر یا بیشتر، هوازده هستند و خاک عمیق با ذخیره آب زیرزمینی در ماسه‌ها و شن‌های حاصل از هوازدگی، و سنگ خردشده را به وجود آورده است. در سنگ‌های بلورین فرسایش‌نیافته، آب زیرزمینی تنها در محدوده‌هایی که شکستگی دارد یافت می‌شود.

هر چه سنگ‌ها در عمق بیشتری باشند، فشردگی بیشتری را در اثر وزن سنگ‌ها و خاک رولایه متحمل می‌شوند و منفذها و شکستگی‌ها بسته‌تر می‌شوند. معلوم نیست تا چه عمقی می‌توان آب زیرزمینی قابل استفاده را یافت، ولی گمان می‌رود حد معمول آن ۱ کیلومتر باشد. در بیشتر استفاده‌ها، تنها از آب زیرزمینی کم‌عمق بهره‌برداری می‌شود، ولی نمونه‌های استخراج آن برای استفاده‌های پرارزش از عمق‌های ۵۰۰-۱۵۰ متر نیز رو به افزایش است. نقشه جهانی آبخوان‌های اصلی در شکل۲-۳ نشان داده شده است.

شکل۲-۳- نقشه جهانی منابع آب زیرزمینی، نشان‌دهنده حوضه‌های اصلی آب زیرزمینی (آبی‌رنگ)، محدوده‌هایی که ساختارهای هیدروژئولوژیکی پیچیده‌ای دارند (سبزرنگ) و آبخوان‌های موضعی و کم‌عمق (قهوه‌ای‌رنگ)



«آبی که سفره را تغذیه می‌کند، معمولاً در جهت عمودی به سمت پائین، از داخل زون اشباع‌نشده تا سطح آب زیرزمینی حرکت می‌کند.»

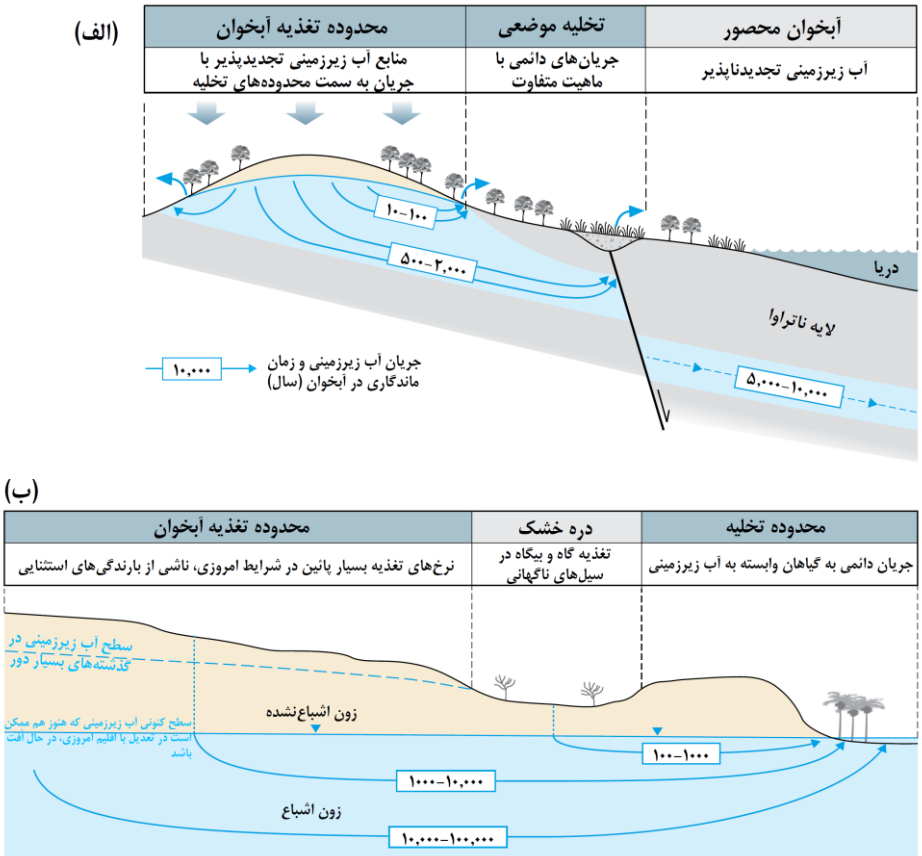
۲-۲-۳- تغذیه و تجدیدپذیری

آب زیرزمینی معمولاً در اثر بارش تغذیه می‌شود (یعنی بارندگی و آب‌شدن برف)، ولی در برخی وضعیت‌های توپوگرافیکی می‌تواند در اثر تراوش آب از رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، یا نشت از کانال‌ها نیز تغذیه شود. در اقلیم‌های خشک، تغذیه از بارش در مقایسه با تراوش از بستر رودخانه‌ها و مسیل‌ها، اهمیت کمتری می‌یابد. آبی که سفره را تغذیه می‌کند، معمولاً در جهت عمودی به سمت پائین در زون اشباع‌نشده تا سطح ایستابی جابجا می‌شود. در سطح ایستابی، ارتفاع فشار آب زیرزمینی با فشار اتمسفر برابر است. در زیر سطح ایستابی، جریان آب زیرزمینی عمدتاً افقی است، بر اساس گرادیان فشار، و در نهایت به فرورفتگی‌های سطح زمین می‌رسد (به شکل۲-۴ نگاه کنید)، یعنی جایی که معمولاً به داخل رودخانه، چشمه، یا تالاب تخلیه می‌شود. در واقع، آبخوان تا اندازه‌ای اشباع می‌شود که جریان خروجی با تغذیه تطبیق یابد.

شکل۲-۴ الف، تغذیه، جریان، و زمان ماندگاری آب زیرزمینی را در یک آبخوان رسوبی در منطقه‌ای با اقلیم معتدل مرطوب، که بارش بالای ۷۰۰ میلی‌متر است و تغذیه سالانه قابل توجهی وجود دارد نشان می‌دهد. مدار گردش آب زیرزمینی در عمق کم، نسبتاً سریع است و به رودخانه‌ها و نیز به تراز عمیق‌تر آب زیرزمینی که

تحت فشار است تخلیه می‌شود. بخش پائین‌تر سیستم آبخوان از نظر زمین‌شناسی محصور است و از سطح، جدا افتاده است، و آب زیرزمینی بسیار قدیمی‌تر، و اساساً تجدیدناپذیر را در خود جای داده است.

شکل۲-۴- رژیم‌های جریان آب زیرزمینی در شرایط امروزی (الف) مناطق مرطوب و (ب) مناطق خشک



شکل۲-۴ب، وضعیت آب زیرزمینی را در یک منطقه با اقلیم فراخشک نشان می‌دهد (بارندگی زیر ۲۰۰ میلی‌متر در سال). بیشتر آب زیرزمینی (به استثنای بخش بسیار کوچک موضعی که در یک دره خشک نشأت می‌گیرد) بسیار قدیمی است (یعنی در گذشته اقلیمی بسیار مرطوب‌تر نفوذ کرده است)، ولی هنوز هم به آهستگی به محدوده تخلیه در یک واحه جریان می‌یابد. توجه کنید که آب زیرزمینی از تراز قدیمی خود تا تراز کنونی در اثر تخلیه طبیعی آب زیرزمینی پائین رفته است، که اکنون با بارندگی جایگزین نمی‌شود. همچنین توجه کنید که در تراز قدیمی‌تر آب زیرزمینی، دره خشک یک واحه بوده است.

بخشی از بارندگی که به تغذیه آب زیرزمینی تبدیل می‌شود، متأثر از خصوصیات خاک و پوشش گیاهی است. در جایی که خاک، نفوذپذیری ضعیفی دارد یا پوشش گیاهی به آب بسیار بیشتری نیاز دارد، تغذیه آب زیرزمینی محدود می‌شود. شدت بارندگی نیز می‌تواند تأثیر داشته باشد. شواهد اخیر گویای آن است که بارندگی گاه به گاه، ولی بزرگ و با شدت زیاد برای تغذیه آبخوان‌ها، به ویژه در نواحی نیمه‌خشک مهم هستند.

در برخی نواحی، ارتباط میان آب زیرزمینی و پیکره‌های آب سطحی می‌تواند تغییر کند. برای نمونه، آب تالاب‌های Las Tablas de Daimiel در مرکز اسپانیا، با بالاآمدن آب از آبخوان زیرین آن تأمین می‌شد. در پی پمپاژ عمده آب زیرزمینی برای پشتیبانی کشاورزی آبی، سطح ایستابی اُفت کرد و آبی که از بارندگی و جریان رودخانه به تالاب‌ها می‌رسید، با نفوذ عمقی به آبخوان رسید، بنابراین ارتباط آنها از تخلیه آب زیرزمینی، به تغذیه آب زیرزمینی تغییر کرد.

«وقتی آب برداشت می‌شود، معمولاً با پمپاژ، تراز آب زیرزمینی پائین می‌رود.»

همان گونه که پیش‌تر گفته شد، بیشتر آب زیرزمینی، فعالانه تغذیه می‌شود، بنابراین یک منبع تجدیدپذیر به شمار می‌آید. وظیفه مدیران، تدبیر شیوه‌ای برای برداشت پایدار از آن است. با این همه، برخی آبخوان‌ها تغذیه اندکی دارند یا اصلاً تغذیه نمی‌شوند. منشأ آب زیرزمینی موجود در این آبخوان‌ها، بارندگی دوران مرطوب است– شاید ۵,۰۰۰ یا ۱۰,۰۰۰ سال پیش (به شکل۲-۴ نگاه کنید). این آب زیرزمینی– گاهی «آب زیرزمینی فسیلی» نامیده می‌شود– در شرایط امروزی تجدیدپذیر نیست. مناطقی از جهان که آب زیرزمینی آنها اساساً تجدیدناپذیر است عبارتند از شمال صحرای آفریقا، خاورمیانه و آسیای مرکزی. برای نمونه در بیابان Sahara، آب زیرزمینی عمیق زمانی شکل یافته است که بارندگی در دوره پوشیده‌شدن تدریجی عرض‌های بالایی با یخچال، بیشتر بوده است.

وقتی آب برداشت می‌شود، معمولاً با پمپاژ، ترازهای آب زیرزمینی پائین می‌رود، بدین ترتیب فضا برای تغذیه آبخوان فراهم می‌شود. اگر برداشت کمتر از تغذیه باشد، تخلیه طبیعی به چشمه‌ها و رودخانه‌ها به یک تعادل جدید می‌رسد. زمان لازم برای رسیدن به تعادل، به شماری از عوامل بستگی دارد و ممکن است چند دهه یا صدها سال به طول انجامد. اگر برداشت از تغذیه بیشتر باشد، اُفت ترازهای آب ادامه خواهد یافت، چون حجم آب زیرزمینی ذخیره‌شده کاهش می‌یابد. از این رو، شناخت خوب نرخ تغذیه آبخوان، نوسانات تراز آب، و رژیم برداشت برای مدیریت منابع آب زیرزمینی اهمیت بنیادی دارد.

تصویر۲-۱- آب زیرزمینی، نگاه به درون چاه

آب زیرزمینی در آبخوان‌ها می‌تواند تحت فشار قرار داشته باشد. وقتی چاه در یک آبخوان تحت فشار حفر می‌شود، آب تا بالای سطح فوقانی آبخوان، و گاه حتی تا فراز سطح زمین، بالا خواهد آمد، آن چنان که به پمپاژ نیاز نیست (این چاه‌ها را چاه‌های آرتزین می‌نامند). آب تحت فشار معمولاً در آبخوان‌های *محصور*، میان لایه‌های نیمه‌تراوا یا ناتراوا یافت می‌شود. آبخوان‌های کم‌عمق در محدوده‌های تغذیه معمولاً *نامحصور* هستند، و آب زیرزمینی تحت فشار اتمسفر قرار دارد. آبخوان نامحصور سریع‌تر تغذیه می‌شود. آبخوان محصور، زمان تغذیه طولانی‌تری دارد. ممکن است در برابر آلوده‌شدن، کمتر مستعد باشد، ولی اگر آلوده شود، به ویژه با آلاینده‌هایی که عمر طولانی دارند، ممکن است نتواند در آینده نزدیک قابل بازیابی باشد.

۲-۲-۴- آب زیرزمینی، رودخانه‌ها، و اکوسیستم‌ها

آب زیرزمینی ارتباط نزدیکی با رودخانه‌ها، تالاب‌ها، و دریاچه‌ها دارد و به حفظ بسیاری از اکوسیستم‌های آبی مهم کمک می‌کند. در مناطق مرطوب، آب زیرزمینی معمولاً به رودخانه‌ها تخلیه می‌شود، بدین ترتیب جریان پایه رودخانه‌ها و اکوسیستم‌های آبی را حفظ می‌کند (به شکل ۲-۶ نگاه کنید). در مناطق خشک‌تر، این ارتباط پیچیده‌تر است و غالباً آب از رودخانه‌ها به سیستم آب زیرزمینی وارد می‌شود. ورود آب از رودخانه به سیستم آب زیرزمینی می‌تواند به چندین راه پدید آید، برای نمونه: تراوش از بستر رودخانه‌های بزرگ و دائمی، نفوذ دوره‌ای آب از خشک‌رودها یا مسیل‌ها، یا سیلاب که آبخوان‌های سیلاب‌دشت را تغذیه می‌کند.

«اکوسیستم‌های آبی که از آب زیرزمینی تغذیه می‌کنند، می‌تواند نشانگرهای خوبی برای سلامت آبخوان باشد.»

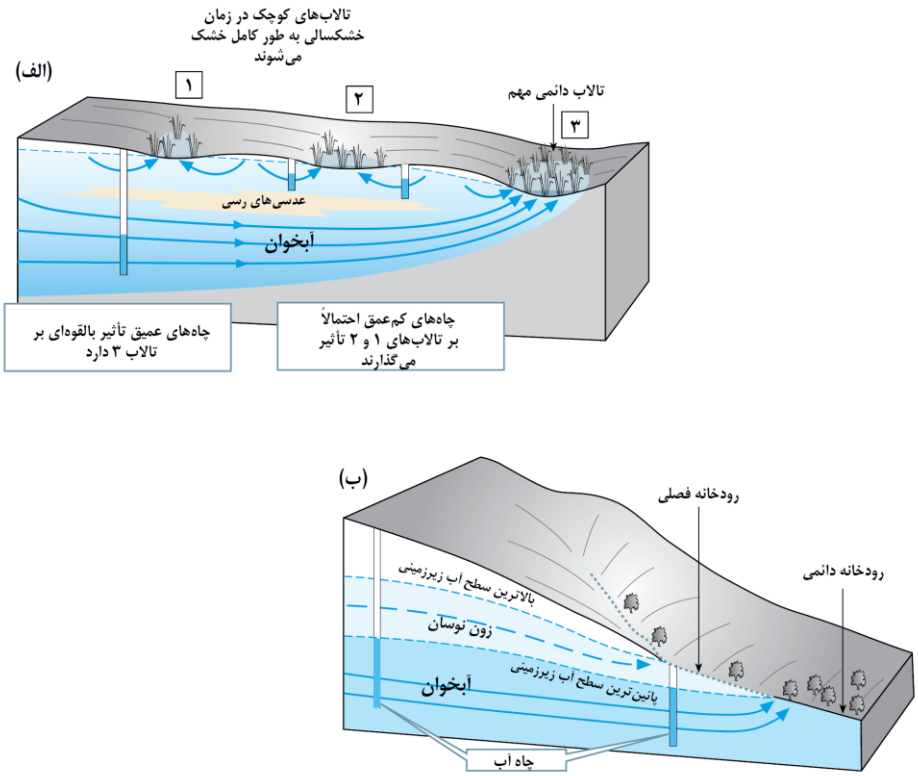
اکوسیستم‌هایی که از آب زیرزمینی تغذیه می‌شوند، معمولاً به تغییرات آهسته در جریان یا تراز آب، که دوره آبی نامیده می‌شود تمایل دارند، در نتیجه، گیاهان و جانوران خاصی در رژیم‌های باثبات آب رشد می‌کنند، مانند رودخانه‌های گل‌سنگی و زمین‌های باتلاقی. در این اکوسیستم‌ها، آب زیرزمینی معمولاً دمای ثابتی دارد (برای نمونه ۱۱-۱۰ درجه سانتی‌گراد)، و معمولاً گرم‌تر از رودخانه‌های تغذیه‌شده سطحی در زمستان و در تابستان، خنک‌تر است. از این رو، رودخانه‌های واقع در اراضی پست که با آب زیرزمینی تغذیه می‌شوند می‌توانند ماهیانی مانند سالمون را پشتیبانی کنند، معمولاً در رودخانه‌های خنک‌تر کوهستانی یافت می‌شوند. تفاوت‌ها در ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی، مانند pH بالا در رودخانه‌های گل‌سنگی، گیاهان و جانوران منحصر به فردی را نیز پشتیبانی می‌کند. همچنین، اکوسیستم‌های آبی وابسته به آب زیرزمینی می‌توانند نشانگرهای خوبی از سلامت آبخوان از نظر کمیت و کیفیت آب باشد. در موارد خاص، آب زیرزمینی گونه‌های منحصر به فرد یا بومی مانند stygobites (برای نمونه *Niphargus glenniei* — سخت‌پوستان کوچک شبیه میگو) و ماهی کور غار (*Astyanax mexicanus*) در مکزیک را پشتیبانی می‌کند. در محیط‌های بیابانی، آب زیرزمینی ممکن است تنها منبع آب باشد و در واحه‌های تغذیه‌شده با آب زیرزمینی، غالباً اکوسیستم‌های آبی بسیار مولد وجود دارند که منابع طبیعی و خدمات اکوسیستمی حیاتی، مانند ماهی و مراتع چرا را در محیط‌های خشک پیرامونی برای مردم فراهم می‌کنند. تبخیر غالباً در این نواحی بسیار زیاد است، ولی حجم کلی آب به دلیل گسترش فضایی کوچک آنها معمولاً کم است.

اکوسیستم‌های تالاب می‌توانند به آب زیرزمینی که از عمق‌های مختلف جریان می‌یابد وابسته باشند، و بنابراین عمق چاه آبی که آب از آن پمپاژ می‌شود می‌تواند تعیین‌کننده تأثیر بر تالاب باشد. شکل ۲-۵ الف نشان می‌دهد چاه‌های کم‌عمق در فاصله‌ای از تالاب‌های کوچک واقع در گودی‌های سطح، چگونه می‌تواند آب

را پمپاژ کند، در حالی که بیش‌برداشت از یک چاه عمیق، حتی دورتر از یک تالاب دائمی مهم، می‌تواند تأثیر جدی بر ترازهای آب تالاب داشته باشد. شکل۲-۵ ب نشان می‌دهد چگونه پمپاژ از چاه‌های عمیق که دورتر از اکوسیستم قرار دارد، می‌تواند سبب نوسان در سطح ایستابی شود، تا جایی که بخشی از نهر در برخی زمان‌ها به طور کامل خشک می‌شود.

آبیاری می‌تواند ارتباط آب زیرزمینی و آب سطحی را بهتر کند: مازاد آب مزارع آبیاری‌شده، به آب زیرزمینی نفوذ می‌کند؛ نشت از کانال‌ها یا لوله‌ها نیز می‌تواند آبخوان‌ها را تغذیه کند. این نشت همیشه به نفع آب زیرزمینی نیست، چون می‌تواند به افزایش شوری آب زیرزمینی منجر شود، که اگر شناسایی و کنترل نشود، به اُفت شدید توان تولید کشاورزی منتهی خواهد شد. چندین ساز و کار متمایز وجود دارد که آب آبیاری می‌تواند بر آب زیرزمینی تأثیر بگذارد: (۱) نشت کانال می‌تواند سبب بالاآمدن سطح ایستابی شود (رودخانه‌ها نیز چنین تأثیری دارند)؛ (۲) آب آبیاری در عبور از خاک، نمک‌ها را بشوید، در نتیجه شوری آب زیرزمینی را افزایش دهد؛ و (۳) بیش‌برداشت می‌تواند سطح ایستابی را پائین ببرد و به آب شور مصب یا اقیانوس اجازه دهد به سمت آبخوان جریان یابد.

شکل۲-۵-وابستگی اکوسیستم به آب زیرزمینی: (الف) تالاب‌هایی که با یک آبخوان چندلایه در یک منطقه مرطوب ارتباط دارند و (ب) یک نهر در منطقه‌ای خشک.



در (الف) تأثیر بالقوه برداشت آب از چاه، به عمق و تراز برداشت آب بستگی دارد. در (ب)، نهر بالادست تا اندازه‌ای با جریان نامنظم آب زیرزمینی و نهر پائین‌دست با تخلیه دائمی تغذیه می‌شود. تأثیر برداشت آب از چاه به فاصله از نهر، دوره پمپاژ و خصوصیات آبخوان بستگی خواهد داشت.

۲-۲-۵- ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی

آب زیرزمینی معمولاً از کیفیت میکروبیولوژیکی طبیعی بسیار مناسب و کیفیت شیمیایی مناسب برای بیشتر استفاده‌ها برخوردار است. البته بسیاری از افراد، خرید آب بسته‌بندی (با هزینه بیشتر) از منبع طبیعی آب زیرزمینی را به شبکه عمومی تأمین آب، که ممکن است آب تصفیه‌شده رودخانه باشد ترجیح می‌دهند. نُه ماده شیمیایی عمده (سدیم، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، بی‌کربنات، کلراید، سولفات، نیترات، و سیلیس)، ۹۹ درصد مواد محلول آب زیرزمینی طبیعی را تشکیل می‌دهند. نسبت این اجزا در آب زیرزمینی، متأثر از شرایط زمین‌شناختی و سرگذشت جریان آب زیرزمینی است. اجزای تشکیل‌دهنده جزئی و رد‌یاب، ۱ درصد باقیمانده را تشکیل می‌دهند، و وجود (یا عدم وجود) آنها در مقیاس موضعی می‌تواند به بروز مشکلات خطرناک برای سلامت منتهی شود، یا آب را برای استفاده انسانی یا برای حیوانات، نامناسب سازد (شکل۲-۶).

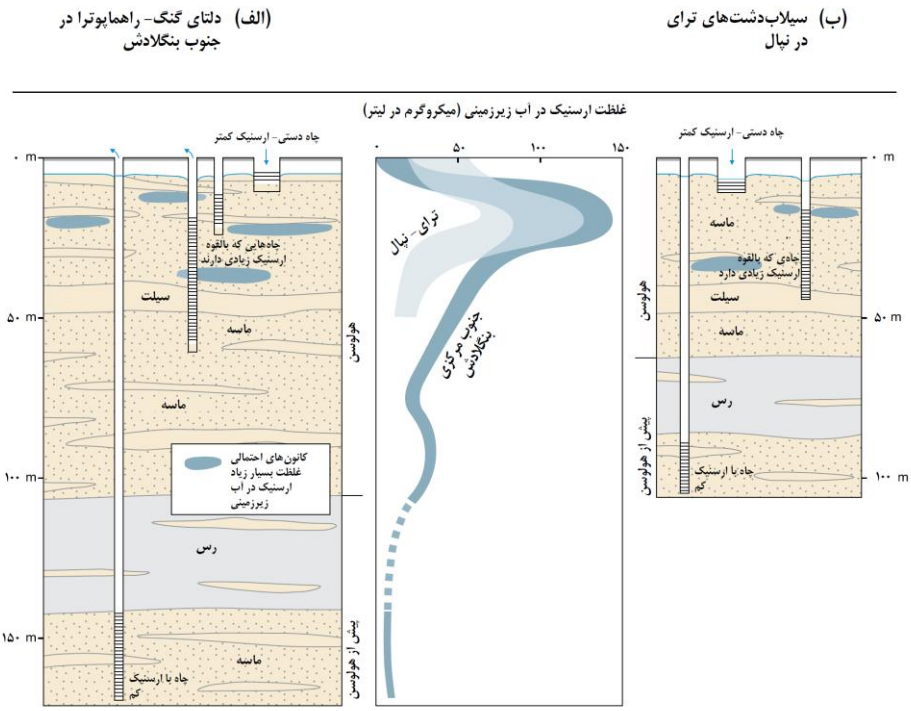
شکل۲-۶-اجزای شیمیایی طبیعی که در آب زیرزمینی یافت می‌شوند

«مشکلات زمانی پدید می‌آید که آب تغذیه‌کننده آبخوان، حاوی آلاینده‌های شیمیایی باشد.»

آب زیرزمینی، چنانچه اقدامات حفاظتی در چاه‌ها، گمانه‌ها، یا چشمه‌ها، به طور حساب‌شده، تعبیه و نگهداری نشود می‌تواند آلوده شود. مشکلات دیگر زمانی پدید می‌آید که آب تغذیه‌کننده آبخوان، حاوی آلاینده‌های شیمیایی از منشأ کشاورزی، دفع پسماند، یا صنعت باشد. از این رو، بررسی این ریسک‌ها و نیز آزمایش منابع آب زیرزمینی استفاده‌شده برای شرب، اهمیت اساسی دارد تا از مطابقت آن با استانداردهای سلامت، اطمینان حاصل شود. همچنین، برای مدیران آب درک اینکه کیفیت آب زیرزمینی در یک آبخوان یکنواخت نیست، و تغییرات مهمی در کیفیت طبیعی و میزان آلاینده در جهت عمودی و نیز افقی پدید می‌آید بسیار مهم است (به شکل۲-۷ نگاه کنید).

دو عنصر طبیعی- ارسنیک و فلوراید- دغدغه ویژه‌ای برای سلامت به شمار می‌آیند. یکی از مشهورترین نمونه‌های این موضوع، بحران ارسنیک در جنوب آسیا است (مشخصاً بنگلادش، هند- بنگال و نپال)، که غالباً غلظت طبیعی ارسنیک در چاه‌های کم‌عمق حفرشده برای تأمین آب شرب سالم بالا است (به شکل۲-۷ نگاه کنید). ارسنیک یک ماده سمی است و برای نمونه می‌تواند سبب سرطان پوست و قانقاریا شود. فلوراید طبیعی در آب زیرزمینی، نگرانی رو به رشدی است، چرا که بیش از ۲۰۰ میلیون نفر در معرض ریسک آب شرب با غلظت بالای فلوراید قرار دارند. فلوراید می‌تواند به مشکلات دندانی شدید منجر شود، و حتی غلظت‌های بالاتر می‌تواند سبب فلورسیس استخوانی شود، که توان حرکتی را کاهش می‌دهد و می‌تواند فلج کننده باشد.

شکل۲-۷- لایه‌بندی آب زیرزمینی و آلودگی ارسنیک (As) در سیلاب‌دشت‌های آبرفتی دلتای گنگ- براهماپوترا در بنگلادش و نپال



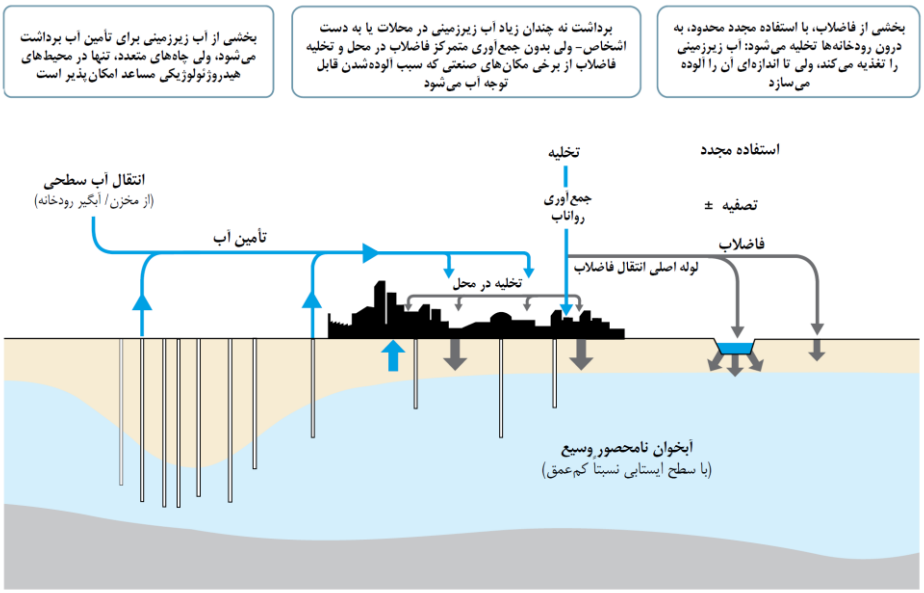
شکل۲-۷ غلظت‌های بالای ارسنیک محلول را که در عمق ۵ تا ۴۰-۳۰ متری زیر سطح زمین، در نتیجه تغییرات طبیعی در هیدروشیمی آبخوان پدید می‌آید نشان می‌دهد. حفر چاه‌های عمیق‌تر، از محدوده‌های آب حاوی ارسنیک عبور می‌کند و به آب شرب سالم دسترسی می‌یابد (با هزینه بیشتر). با این همه، با گذشت زمان، آب آلوده به ارسنیک در اثر پمپاژ ممکن است به لایه‌های عمیق‌تر کشانده شود.

۲–۳– عوامل تهدیدکننده آب زیرزمینی: بهره‌برداری بیش از اندازه و آلوده‌سازی

۲–۳–۱– عوامل کاهش کیفیت آب زیرزمینی

دو تهدید عمده برای آب زیرزمینی عبارتند از بهره‌برداری بیش از اندازه و آلوده‌شدن. شهرنشینی، صنعتی‌شدن و شیوه‌های زراعی، به افزایش تقاضای آب زیرزمینی به عنوان یک منبع قابل اتکا برای تأمین آب منجر شده است. این وضعیت، با فشارهای رشد سریع جمعیت و تغییر اقلیم پیچیده‌تر شده است. این شیوه‌ها و سبک‌ها همچنین می‌تواند بار آلاینده زیادی تولید کند، که غالباً در محیط طبیعی تخلیه می‌شود و در نهایت آب زیرزمینی را آلوده می‌سازد. مقیاس اثرگذاری بر سیستم طبیعی آب زیرزمینی در یک محدوده شهری بزرگ در شکل۲–۸ نشان داده شده است. سیستم‌های مختلف آب زیرزمینی، واکنش متفاوتی به این تهدیدها نشان می‌دهند. مدیران نه تنها باید تهدیدها، بلکه باید حساسیت و آسیب‌پذیری سیستم آب زیرزمینی مورد نظر را نیز بشناسند. شکل۲–۹ محدوده شهری را نشان می‌دهد که از آب زیرزمینی در ترکیب با آب سطحی برای تأمین آب استفاده می‌شود. تخلیه فاضلاب و مواد شیمیایی صنعتی، سبب آلوده‌شدن آب زیرزمینی و رودخانه‌ها می‌شود. دفع فاضلاب در محل، و نیز تخلیه فاضلاب در محیط می‌تواند سبب آلودگی قابل توجه آب زیرزمینی شود.

شکل۲–۸– رابطه نزدیک میان آب زیرزمینی و شهرنشینی



۲-۳-۲- اثرات بهره‌برداری بیش از اندازه

برداشت شدید آب می‌تواند آب آبخوان را خالی کند. تراز پائین‌تر آب، هزینه‌های پمپاژ را افزایش می‌دهد، و با فراهم‌آوردن امکان نفوذ آب شور به داخل سیستم آب شیرین، می‌تواند سبب خسارت شدید شود. افزون بر این، اگر حفره‌های ریزی که قبلاً با آب زیرزمینی پر شده بودند، در هم فروریزند، سبب نشست زمین می‌شود. ممکن است چندین دهه طول بکشد تا این اثرات خود را نشان دهند و می‌توانند برگشت‌ناپذیر باشند. اُفت سطح آب زیرزمینی می‌تواند آبدهی چاه‌های کم‌عمق را کاهش دهد، یا حتی سبب خشک‌شدن آنها شود، اگر تراز آب زیرزمینی تا زیر کف چاه اُفت کند. در برخی سیستم‌های حساس، حتی اُفت کوچک در تراز آب زیرزمینی می‌تواند تأثیر عمده‌ای بر جریان چشمه‌ها یا سلامت تالاب‌ها داشته باشد، چون تخلیه طبیعی آب زیرزمینی برای جبران برداشت کاهش می‌یابد.

«برداشت شدید می‌تواند آب زیرزمینی آبخوان خالی کند.»

این اثرات گاهی در یک ناحیه محدود رخ می‌دهد (برای نمونه در اطراف یک چاه) حتی زمانی که برداشت کلی کمتر از تغذیه کلی باشد، به دلیل آنکه آب زیرزمینی به سمت فروافتادگی ناشی از برداشت جریان می‌یابد، گرادیان هیدرولیکی در آبخوان پیرامونی تغییر می‌کند. اگر در آبخوان‌های پیرامونی (در بالا و پائین)، آب شور یا لب‌شور وجود داشته باشد، کیفیت آب شیرین را کاهش می‌دهد. نفوذ شوری متداول‌ترین پدیده در آبخوان‌های ساحلی است، چرا که آب شور دریا در پاسخ به پمپاژ به سمت خشکی جریان می‌یابد (نمونه۲-۱). آب‌های شور همچنین می‌توانند در ترازهای عمیق‌تر برخی آبخوان‌ها، یا در نواحی خشک با سطح ایستابی کم‌عمق، در نتیجه تبخیر مستقیم یافت شود.

نمونه ۲-۱- هجوم آب دریا به آبخوان‌های ساحلی در قبرس

سنگ آهک ساحلی در جنوب شرق قبرس، ویژگی بارز بسیاری از جزایر و محدوده‌های ساحلی است که آبخوان‌های بسیار نفوذپذیر دارند. سطح آب زیرزمینی به طور طبیعی بالاتر از تراز دریا بود. با این همه، پمپاژ کنترل‌نشده برای آبیاری، به اضافه ساخت سدهایی که تغذیه را کاهش داد، به کاهش قابل ملاحظه تراز سطح آب زیرزمینی منجر شد. در فاصله سال‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۸۰، تراز آب در چاه‌ها در سطح گسترده، تا بیش از ۲۵ متر زیر تراز دریا اُفت کرد. آب شور دریا به سمت آبخوان جریان یافت و به هجوم قابل ملاحظه آب دریا به سمت خشکی و آبخوان تا چندین کیلومتر از خط ساحلی انجامید.

امروز می‌توان اثرگذاری طولانی‌مدت این پدیده را در پمپ‌های بادی متروکه و مزارع کشت‌نشده فراوان در نزدیک ساحل مشاهده کرد. در گزارشی برآورد شده است که ۱۲ سال طول خواهد کشید که با عدم پمپاژ آب زیرزمینی، ترازهای پیشین بازیابی شود و سپس، زمان بیشتری برای خلاص‌شدن از آلودگی نیترات در آب زیرزمینی ناشی از آبیاری، که بیشتر آب زیرزمینی را برای شرب نامناسب می‌سازد نیاز است. کاهش بارندگی، سبب کاهش جریان رودخانه‌ها و تغذیه آبخوان شده است، که در ترکیب با پمپاژ بیش از اندازه، اثرات منفی بر منابع آب زیرزمینی گذاشته است، سطح برداشت پایدار را فراتر از این حد می‌برد.

این کشور، برنامه عمل مشارکتی را برای مدیریت حوضه آبریز، با تمرکز بر کاهش اساسی پمپاژ تا حدود پایدار و افزایش تغذیه با روش‌های طبیعی و مصنوعی تهیه کرده است، ولی چند دهه فعالیت منضبط برای احیای منبع نیاز خواهد بود.

«سرعت خالی‌شدن سفره آب زیرزمینی، به هیدروژئولوژی آن بستگی دارد.»

برداشت آب زیرزمینی، فشار را در منفذهای آبخوان کاهش می‌دهد. اگر سنگ، قابلیت فشردگی داشته باشد، می‌تواند ریزش کند و توانایی نگهداشت آب، حتی پس از تغذیه برای همیشه کاهش یابد. اگر لایه‌های ضخیم رُس وجود داشته باشند، چه به صورت میان‌لایه‌ها یا به صورت رولایه، فشرده‌شدن می‌تواند قابل ملاحظه باشد و به نشست زمین می‌انجامد، که در نواحی بسیار توسعه‌یافته شهری یا ساحلی می‌تواند اثرات شدیدی بر زیرساخت‌ها بگذارد.

۲-۳-۳- حساسیت به اثرات جانبی بیش‌بهره‌برداری

سرعت خالی‌شدن سفره آب زیرزمینی، یا میزان حساسیت به پیامدهای منفی ثانوی، مانند نفوذ شوری یا نشست زمین، به هیدروژئولوژی آبخوان بستگی دارد. در جدول۲-۲ اثرات برداشت بی‌رویه و عوامل هیدروژئولوژیکی تعیین‌کننده حساسیت آبخوان‌های مختلف در برابر این اثرات فهرست شده است.

چنانچه پیامدها، مانند اُفت کیفیت آب و آبدهی چاه، یا تنزل وضعیت اکوسیستم‌های وابسته، رفته‌رفته پدیدار شود (به جدول۲-۲ مراجعه نمائید)، لازم است شرایط هیدروژئولوژیکی، به سرعت بررسی شود تا روند تنزل وضعیت در آینده پیش‌بینی شود و بررسی شود کدامیک از گزینه‌های مدیریت، بیشترین اثربخشی را خواهد داشت. هر چه آسیب‌شناسی زودتر انجام گیرد، بهتر است. پایش منظم کیفیت آب، ترازهای آب، و سلامت اکوسیستم برای شناخت زودهنگام مشکلات، مهم هستند.

جدول۲-۲- عوامل هیدروژئولوژیکی اثرگذار بر حساسیت آبخوان به بیش‌بهره‌برداری

نشانه‌های برداشت بیش از اندازه	عوامل هیدروژئولوژیکی اثرگذار بر حساسیت سیستم به برداشت بیش از اندازه
• اُفت تراز آب: افزایش هزینه‌های پمپاژ؛ کاهش آبدهی چاه؛ خشک‌شدن چاه‌های کم‌عمق؛ کاهش دبی چشمه و جریان پایه.	• خصوصیات آبخوان: قابلیت انتقال و ضریب ذخیره. • تغذیه سالانه • حجم آبخوان
• تنش وارد بر پوشش گیاهی: وقتی تراز آب زیرزمینی اُفت می‌کند، به برخی گیاهان وابسته به آب زیرزمینی تنش وارد می‌شود، و سبب پژمردگی و از بین‌رفتن آنها می‌شود؛ تالاب‌های نیز ممکن است خشک شوند و در نتیجه آن، تنش قابل ملاحظه‌ای بر اکوسیستم وابسته به آب زیرزمینی وارد آید.	• مانند بالا، به اضافه عمق آب زیرزمینی
• آب شور: اُفت تراز آب می‌تواند سبب جریان‌یافتن آب با کیفیت پائین به سمت آبخوان شود- غالباً از دریا، و نیز از منابع دیگر- و نشانه‌های آن تغییر در طعم، کاهش میزان محصول، و افزایش خوردگی است. میزان شوری به سادگی بر اساس تغییر در میزان نمک یا قابلیت هدایت الکتریکی آب پمپاژشده اندازه‌گیری می‌شود.	• همجواری آب شور یا آلوده‌شده • حضور موانع فیزیکی و هیدرولیکی
• از دست‌دادن ظرفیت آبخوان: استفاده بیش از اندازه می‌تواند سبب کاهش فشار و تراکم سنگ‌های متخلخل شود و در نتیجه، ظرفیت آنها را برای نگهداشت آب کاهش می‌دهد و در نهایت به کاهش آبدهی چاه می‌انجامد.	• تراکم‌پذیری آبخوان
• نشست زمین: وقتی تراز آب زیرزمینی اُفت می‌کند، برخی آبخوان‌ها به شکل قابل ملاحظه‌ای فشرده می‌شوند و در نتیجه سبب نشست زمین و خسارت به زیرساخت‌ها می‌شود.	• تراکم‌پذیری آبخوان • تراکم‌پذیری رولایه‌ها و میان‌لایه‌های کم‌تراوا • ضخامت لایه‌های کم‌تراوا

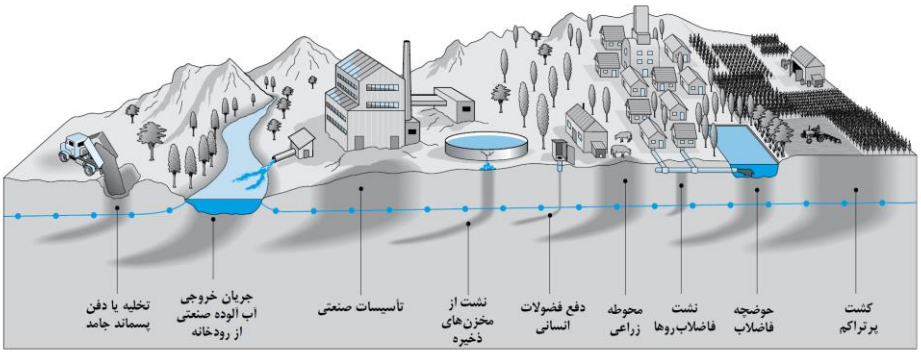
۲-۳-۴- فرایندهای آلوده‌شدن

توسعه شهری، صنعتی‌شدن، و کشاورزی فشرده می‌تواند به آلوده‌شدن خطرناک آب زیرزمینی منجر شود. برخی منابع عمده آلوده‌سازی آب زیرزمینی در شکل۲-۹ نشان داده شده است. آلوده‌سازی از منشأ کشاورزی در محدوده‌هایی گسترش دارد که کشاورزی فشرده وجود دارد. این شیوه می‌تواند نیترات با غلظت بالا را از کودها و پسماند حیوانی و نیز ترکیبات نامعمول‌تر ناشی از آفت‌کش‌ها را تولید کند. صنایع می‌توانند آلاینده‌های مختلفی تولید کنند، از جمله بسیاری از انواع مختلف هیدروکربن‌ها و فلزات سنگین. استخراج معدن می‌تواند به آلوده‌شدن شدید آب با غلظت‌های بالاتر آهن و دیگر فلزات، آب اسیدی، و میزان بالای سولفات‌ها منجر شود. فاضلاب انسانی نیز می‌تواند منشأ عمده آلوده‌کننده باشد، به ویژه از طریق نشت ناشی از دفع در محل، مانند توالت‌های صحرایی و مخزن‌های سپتیک، یا جاهایی که فاضلاب‌روها وجود داشته باشد، از طریق استفاده مستقیم فاضلاب جمع‌آوری‌شده برای آبیاری گیاهان، که می‌تواند به افزایش نیترات، کلراید، و کربن ارگانیک، و در برخی موارد به آلوده‌شدن مدفوعی آب زیرزمینی و حتی گیاهان منجر شود.

«آلوده‌شدن آب زیرزمینی ممکن است، تا زمانی که چندین سال از استفاده از کودها سپری نشده باشد، قابل شناسایی نباشد.»

از نظر مفهومی، آب زیرزمینی در معرض خطر آلوده‌شدن قرار دارد، اگر ظرفیت طبیعی خاک، زون اشباع‌نشده، یا لایه‌های محصورکننده آبخوان، برای جادادن و کاهش بار آلاینده یا فشار واردشده کافی نباشد. از آنجا که جابجایی آب در زیر زمین بسیار آهسته صورت می‌گیرد، آلوده‌شدن آب زیرزمینی ممکن است تا زمانی که چندین سال از استفاده از کودها یا دفع زهاب نگذشته باشد قابل شناسایی نباشد و ممکن است فراتر از هر گونه وقفه در آلوده‌سازی ادامه یابد.

شکل۲-۹- طیف فعالیت‌هایی که می‌تواند بار آلاینده زیرسطحی ایجاد کند و آلودگی آبخوان زیرین را سبب شود. خط آبی‌رنگ نشان‌دهنده سطح ایستابی و سایه خاکستری‌رنگ در زیر زمین، نشان‌دهنده نوع هاله آلودگی آب زیرزمینی است که می‌تواند در یک سیستم آبخوان رسوبی شکل گیرد



شکل۲-۹ طیف فعالیت‌هایی را نشان می‌دهد که می‌تواند آب زیرزمینی را در یک آبخوان کم‌عمق آلوده سازد. این شکل، نوع هاله آلودگی آب زیرزمینی را نشان می‌دهد که در یک آبخوان رسوبی نتیجه می‌شود. چنانچه این فعالیت‌ها، در جاهایی که آبخوان آسیب‌پذیر وجود دارد (قسمت بعدی را ببینید)، برنامه‌ریزی می‌شود یا هم‌اکنون دایر باشد، یا اگر آب زیرزمینی برداشت‌شده برای تأمین آب شرب استفاده می‌شود، لازم است اقدامات مقتضی برای کنترل آلودگی شناسایی و پیاده شوند.

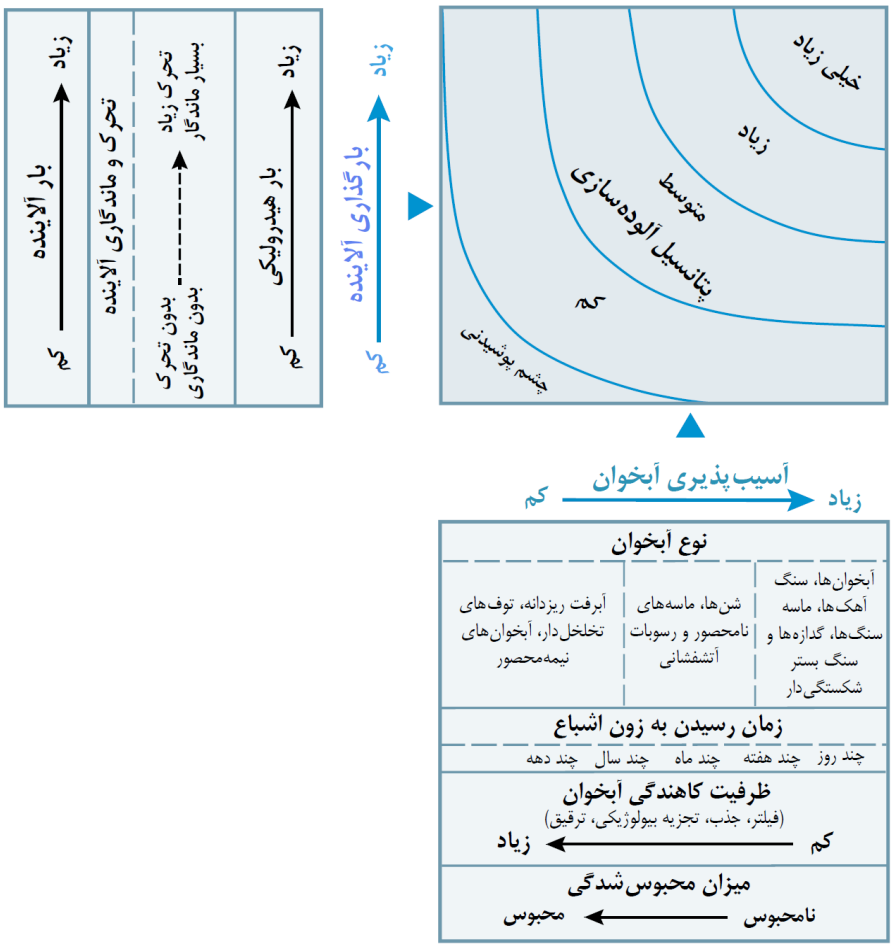
کادر ۲-۱: تعیین آسیب‌پذیری آبخوان در برابر آلوده‌شدن

سطح خطرناکی آلوده‌شدن آب زیرزمینی به دو چیز بستگی دارد: ماهیت آلودگی و ماهیت آبخوان. شکل۲-۱۰ چگونگی در نظرگرفتن آنها را در مقیاس کوچک تا بزرگ نشان می‌دهد. نمودار «بارگذاری آلودگی» سه خصوصیت آلاینده‌ها را در نظر می‌گیرد (الف) میزان آلودگی (میزان بار آلوده‌ساز)، (ب) تحرک و ماندگاری آلاینده، و (ج) بار هیدرولیکی. به طور کلی، اگر بار آلاینده، تحرک، ماندگاری آلاینده، زیاد باشد و با آب‌شستگی به زیر زمین برسد، خطرناک‌تر از آلاینده‌هایی است که میزان کمتری داشته باشد، به آسانی جابجا نشود، ماندگاری طولانی نداشته باشد و در اثر گرادیان هیدرولیکی زیاد، به حرکت در نیاید.

میزان تحرک، متأثر از واکنش‌های ژئوشیمیایی است؛ محیط آب زیرزمینی بر اینکه چه آلاینده‌ای به تحرک درآید تأثیر می‌گذارد. آلاینده‌های تحرک‌پذیر معمولاً آنهایی هستند که به آسانی در آب حل می‌شوند، مانند نیترات، حلال‌ها و برخی روغن‌های سبک/ تحرک فلزات (برای نمونه سرب، کروم) به pH و حالت اکسایش آب زیرزمینی بستگی دارد. روغن‌های سنگین معمولاً خیلی تحرک‌پذیر نیستند، و پیش‌بینی رفتار آفت‌کش‌ها می‌تواند دشوار باشد؛ برخی انواع آفت‌کش‌ها نسبت به دیگران تحرک بیشتری دارند.

چهار ویژگی بر آسیب‌پذیری آبخوان در برابر آلوده‌شدن تأثیر می‌گذارد (شکل۲-۱۰)» (الف) نوع خاک و سنگ، (ب) زمان جابجایی آب در آبخوان، (ج) توان آبخوان در جذب آلاینده‌ها، و (د) میزان محصوربودن آن. به طور کلی، آسیب‌پذیرترین آبخوان‌ها عبارتند از سنگ بستر شکستگی‌دار، با زمان جابجایی کوتاه (چندروز)، توان پائینی برای فیلترکردن آلاینده‌ها دارند، و با لایه‌های نیمه‌تراوا محصور نیستند. آبخوان‌ها توانایی بهتری در رویارویی با آلاینده‌ها دارند، اگر از مصالح ریزدانه تشکیل شده باشند، زمان جابجایی آب، چنددهه باشد، ظرفیت فیلتراسیون بالایی دارند، و با لایه‌های نیمه‌تراوا یا کم‌تراوا محصور شده‌اند.

شکل۲-۱۰- تأثیر بارگذاری آلاینده و آسیب‌پذیری آبخوان بر پتانسیل آلوده‌شدن آب زیرزمینی



۲-۳-۵- آسیب‌پذیری در برابر آلوده‌شدن

برخی سیستم‌های آب زیرزمینی، در مقایسه با سیستم‌های دیگر، ذاتاً آسیب‌پذیری بیشتری در برابر آلوده‌شدن دارند. آبخوان‌های کم‌عمق نامحصور، با ریسک بیشتری روبرو هستند، چون لایه‌های کمتری برای فیلترکردن آلاینده‌ها وجود دارد. در آبخوان‌های عمیق‌تر، پروفیل خاک طبیعی زیر سطحی، از آبخوان حفاظت می‌کند، و می‌تواند فعالانه بسیاری از آلاینده‌های آب را از طریق واپاشی بیوشیمیایی و واکنش‌های شیمیایی کاهش دهد، و نیز مانع آلاینده‌هایی باشد که می‌توانند به سطوح کانی‌های رسی و/ یا ماده ارگانیک بچسبند (کادر۲-۱ را ببینید).

خواص لایه‌های جداکننده آبخوان اشباع از سطح زمین، معمولاً حساسیت آبخوان را به آلوده‌شدن از منشأ سطح زمین تعیین می‌کند. در حوزه مدیریت اراضی، آسیب‌پذیری ذاتی انواع مختلف آبخوان را می‌توان تعریف کرد و با کاربری زمین تطبیق داد (قسمت۲-۴-۲ در ادامه). برخی هیدروژئولوژیست‌ها از استفاده از «نقشه‌های آسیب‌پذیری ویژه» برای آلاینده‌های مختلف (مانند نیترات‌ها یا آفت‌کش‌ها) جانبداری می‌کنند، ولی به ندرت داده‌های کافی یا منابع انسانی مناسب برای کاربرد منظم این رویکرد وجود دارد.

۲-۴- اطلاعات لازم برای بهبود مدیریت آب زیرزمینی

تهیه اطلاعات مناسب درباره منابع آب زیرزمینی، برای بهبود مدیریت آب زیرزمینی بسیار ضروری است. این مهم نیازمند استفاده از ابزارهای علمی مناسب برای آسیب‌شناسی و پایش وضعیت سیستم آبخوان است. در زیر، بهترین روش‌های شناخت خصوصیات سیستم‌های آب زیرزمینی توصیف می‌شود، و سپس درباره برخی از ابزارهای فنی مدیریت، مانند مدل‌سازی آب زیرزمینی برای پیش‌بینی مشکلات بالقوه، پهنه‌بندی برای کمک به محدودسازی فعالیت‌های آلوده‌ساز، و طیفی از راه‌حل‌های مهندسی برای کاستن از خسارت‌های پدیدآمده سخن گفته می‌شود.

۲-۴-۱- بیلان آب زیرزمینی

بیلان آب، با مقایسه تغذیه آبخوان و تخلیه طبیعی و برداشت برآورد می‌شود. متأسفانه، این کار فرایند آسانی نیست، چون ممکن است نقاط تخلیه و برداشت فراوانی وجود داشته باشد، و تغذیه نمی‌تواند مستقیماً اندازه‌گیری شود. از این رو، تلاش برای گردآوری سابقه تغییرات تراز آب زیرزمینی، در حالت ایده‌آل از روی داده‌های چاه‌های پایش با گذشت زمان، که می‌تواند نشان دهد آیا آب زیرزمینی به تدریج در بلندمدت در حال کاهش است یا خیر ارزش دارد. چنانچه داده‌های تاریخی در دسترس نباشد، برخی اطلاعات عمومی درباره وضعیت منابع آب زیرزمینی را می‌توان بر اساس صحبت با بهره‌برداران گوناگون آب زیرزمینی و یادآوری اوضاع گذشته به دست آورد. تنها با داشتن چنین سابقه‌ای می‌توان تصویری از چگونگی پاسخ به رویدادهای مختلف در گذر زمان را ترسیم کرد.

روش‌های لازم برای تهیه و آزمودن بیلان آب زیرزمینی در یک آبخوان در جدول۲-۳ نشان داده شده است. یکی از مهم‌ترین گام‌ها، صورت‌برداری از تمام برداشت‌های آب زیرزمینی است. بدون این اطلاعات، تعریف و پیاده‌سازی اقدامات اثربخش مدیریت آب زیرزمینی دشوار خواهد بود. اندازه‌گیری تغذیه، در طرف ورودی‌های معادله بیلان، پیچیده و داده‌بر است. تغذیه می‌تواند ناشی از نفوذ پراکنده آب مازاد از طریق خاک، یا در رویدادهای گذرا مانند بارندگی شدید باشد. همچنین می‌تواند نتیجه فعالیت‌های انسان مانند آبیاری اضافی در کشاورزی یا نشت از زیرساخت آب در محدوده‌های شهری باشد.

یکی از بهترین روش‌های آزمودن بیلان آب آبخوان، مدل‌سازی عددی آب زیرزمینی است (به قسمت۲-۳-۳ مراجعه کنید). ساخت این مدل شامل تعریف تغذیه و تخلیه با پمپاژ در *هندسه آبخوان* با خصوصیات معلوم آبخوان، و سپس مقایسه ترازهای پیش‌بینی‌شده مدل با ترازهای آب زیرزمینی اندازه‌گیری‌شده میدانی و تخلیه‌های طبیعی است. مدل‌های عددی، ابزار بسیار مفیدی برای درک و اولویت‌بندی اطلاعات اضافه‌تری است که باید گردآوری شود.

۲-۴-۲- کیفیت آب زیرزمینی

تعیین کیفیت آب زیرزمینی، آسان‌تر از برآورد بیلان آب است، ولی نیازمند نمونه‌برداری تفصیلی و روش‌مند است. بررسی چاه‌های پمپاژ، چاه‌های کم‌عمق، و چشمه‌ها می‌تواند نسبتاً سریع انجام گیرد، ولی باید به شیوه‌ای روش‌مند انجام گیرد و نمونه‌ها در آزمایشگاهی معتبر آنالیز شوند. داده‌های پایش می‌تواند برای متمایزساختن آلودگی یا نفوذ شوری و تغییر ژئوشیمیایی طبیعی آب زیرزمینی تفسیر شود. اطلاعات تاریخی درباره ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی، برای تعیین چگونگی تحول کیفیت یا پیشرفت آلودگی ارزشمند هستند. سازمان جهانی بهداشت، استانداردهای کیفیت آب شرب را منتشر می‌کند. آلاینده‌های معین را می‌توان با این استانداردها یا وضعیت مبنای مورد انتظار در یک سیستم طبیعی مقایسه کرد.

جدول۲-۳- روش‌های بررسی شرایط آب زیرزمینی

هدف	روش	الزامات
• برآورد تخلیه	• فهرست‌برداری چاه‌ها/ چشمه‌ها • اندازه‌گیری جریان رودخانه	• شناسایی تمام نقاط برداشت و دریافت جزئیات برداشت‌های کنونی و الگوهای پمپاژ. دستیابی به اطلاعات تاریخی. • تحلیل داده‌های اندازه‌گیری جریان برای بررسی جریان پایه آب زیرزمینی. اگر هیچ داده‌ای وجود نداشته باشد، باید از روش‌های مربوط به آبخیزهای فاقد ایستگاه استفاده کرد و راه‌اندازی پایش را مورد توجه قرار داد.
• برآورد تغذیه	• بیلان رطوبت خاک، یا روش‌های آستانه‌ای برای نواحی خشک‌تر • بیلان کلرید • نشانگرهای زمان ماندگاری	• اطلاعات بارندگی، تبخیرتعرق روزانه و خاک و پوشش گیاهی. • اندازه‌گیری کلرید در آب زیرزمینی آلوده‌نشده و مقایسه با بارندگی (به ویژه در نواحی خشک، روش اثربخشی است). • استفاده از ایزوتوپ‌های پایدار یا گازهای نامحلول برای مشخص کردن زمان ماندگاری آب زیرزمینی.
• بررسی تراز آب	• اندازه‌گیری تراز آب در چاه‌های پمپاژنشده	• پایش ترازهای آب در آبخوان، نه در چاه‌های پمپاژ منفرد.
• بررسی بیلان آب	• معادلات تحلیلی • مدل آب زیرزمینی	• بررسی بیلان آب تنها با مؤلفه‌های تخلیه، تغذیه و تغییرت در ذخیره. • بررسی بسیار استوارتر برای شناخت آبخوان و بیلان آب، ولی با صرف زمان و داده‌های بیشتر.
• بررسی کیفیت آب	• نمونه‌برداری کیفیت آب	• بررسی کیفیت آب چاه‌ها و چشمه‌ها، با نمونه‌برداری و آنالیز دقیق برای متمایزساختن آلوده‌شدن یا نفوذ شوری و تغییرات ژئوشیمیایی طبیعی.

کادر۲–۲– آرسنیک در آب زیرزمینی در بنگلادش

بررسی تفصیلی و روش‌مند کیفیت آب زیرزمینی در بنگلادش، با همکاری سازمان زمین‌شناسی بریتانیا و دولت بنگلادش انجام شد و تصویر روشن‌تری از ماهیت، مقیاس و علل آلودگی ارسنیک در آب شرب فراهم آورد.

در این مطالعه، نقشه توزیع آرسنیک در آب زیرزمینی در مقیاس ملی تهیه شد و نشان داد که مشکلات آلودگی ارسنیک در آب زیرزمینی، به آبخوان جوان و کم‌عمق (به سن هولوسن) ارتباط دارد. از میان نمونه‌های آنالیزشده آب زیرزمینی این آبخوان، غلظت ارسنیک در حدود یک چهارم نمونه‌ها بالاتر از استاندارد ملی ۵۰ میکروگرم در لیتر و تقریباً نیمی از نمونه‌ها فراتر از مقدار توصیه‌شده سازمان جهانی بهداشت به میزان ۱۰ میکروگرم در لیتر بود. آبخوان عمیق‌تر زیرین (به سن پلیستوسن) حاوی آب زیرزمینی با غلظت تقریباً بدون استثنا زیر مقدار توصیه‌شده سازمان جهانی بهداشت بود (شکل۲–۷). این مطالعه نشان داد که منشأ آرسنیک احتمالاً اکسید طبیعی آهن است که در آبخوان هولوسن وجود داشته است و به این جمع‌بندی رسید که هزاران سال است که ارسنیک آزاد می‌شود. نقشه‌های تهیه‌شده نشان داد که بیش از ۳۵ میلیون نفر در بنگلادش، برای شرب از آبی استفاده می‌کنند که غلظت آرسنیک آن بیش از استاندارد ملی و بیش از ۵۷ میلیون نفر آبی را می‌نوشند که بالاتر از مقدار توصیه‌شده سازمان جهانی بهداشت است.

نقشه ملی آرسنیک، محدوده‌های اولویت‌دار را برای کاهش، شناسایی و درمان بیماران، آگاهی‌بخشی و آنالیز بیشتر مشخص کرد. این یافته‌ها همچنین چارچوبی را برای تعریف سیاست ملی تأمین آب فراهم آورد و داده‌ها و اطلاعات لازم را برای بسیاری از گروه‌های علمی فراهم آورد که بر روی مشکل آرسنیک در حوضه بنگال و جاهای دیگر به تحقیق می‌پردازند.

۲–۴–۳– تعیین خصوصیات آبخوان: داده‌ها، نقشه و مدل‌سازی

پس از شناخت مشکلات آب زیرزمینی، مدیریت آنها نیازمند درک ماهیت آبخوان‌ها است. نخستین کار لازم، شناخت محدوده‌هایی است که آبخوان‌ها وجود دارند. سپس، خصوصیات خاک‌ها، رسوبات، و سنگ‌ها باید بررسی شود تا اطلاعات درباره ظرفیت و آسیب‌پذیری آبخوان به دست آید. جدول۲–۴ روش‌های به کاررفته را برای تعیین ماهیت آبخوان فهرست می‌کند.

با اینکه آبخوان‌ها ممکن است در ابتدا در یک نقشه دوبُعدی تصویر شوند، در نهایت باید به شکل سه‌بعدی و با گذشت زمان به عنوان یک سیستم پویا فهم شوند. با داشتن اطلاعات کافی، ساخت مدل عددی آب زیرزمینی امکان‌پذیر می‌شود. این مدل می‌تواند گام مفیدی برای شناسایی کمبودها در شناخت سیستم آب زیرزمینی، و نیز پیش‌بینی نتایج بالقوه استراتژی‌های مدیریت به شمار آید.

نقشه‌های زمین‌شناسی، درک پایه هیدروژئولوژیکی یک محدوده به شمار می‌آیند. بیشتر کشورها حداقل نقشه ملی زمین‌شناسی را در مقیاسی معین تهیه کرده‌اند. با این همه، همیشه نقشه‌ها در مقیاس‌های مفیدتر ۱:۲۵۰,۰۰۰ فراهم نیستند. خوشبختانه، فنون جدید تهیه نقشه زمین‌شناسی با استفاده از ترکیبی از اطلاعات ماهواره‌ای و مطالعات هدفمند میدانی، تهیه نقشه زمین‌شناسی را سریع‌تر و کم‌هزینه‌تر ساخته است. با افزودن اطلاعات درباره خواص آبخوان در انواع مختلف سنگ، ترازهای آب زیرزمینی، و گاه ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی، این نقشه‌ها می‌توانند به نقشه‌های هیدروژئولوژیکی تبدیل شوند. این نقشه‌ها را می‌توان چاپ کرد یا

به صورت نقشه‌های دیجیتالی GIS درآورد. در نهایت، باید دانست که سودمندی آنها به قابلیت اطمینان داده‌ها بستگی دارد.

«شناخت مشکلات آب زیرزمینی نیازمند درک ماهیت آبخوان‌ها است.»

تبدیل نقشه دوبُعدی به سه‌بُعدی نیازمند اطلاعات درباره ضخامت لایه‌های زمین‌شناسی است. داده‌هایی که از گمانه‌های حفرشده عمیق در آبخوان‌ها به دست می‌آید، می‌تواند اطلاعات درباره تغییرات سنگ‌ها را آشکار سازد. مواقعی که آبخوان‌ها خیلی عمیق هستند، روش‌های دیگر مانند فنون ژئوفیزیکی را می‌توان به کار گرفت.

برای درک چگونگی پاسخ سیستم آب زیرزمینی در گذر زمان به پمپاژ یا آلوده‌شدن، باید ظرفیت آبخوان را برای ذخیره آب (ضریب ذخیره) و نرخ جریان آب در آبخوان (قابلیت انتقال) تعیین کرد. این اصطلاحات، و دو اصطلاح دیگر درباره خصوصیات آبخوان: «قابلیت هدایت هیدرولیکی» و «تخلخل» در کادر۲-۲ معرفی شده‌اند. چنانچه اطلاعات درباره این پارامترهای مهم در دسترس نباشد، مجموعه‌ای از بررسی‌ها می‌تواند انجام شود. ضریب ذخیره و قابلیت انتقال می‌تواند با انجام آزمون پمپاژ کنترل‌شده در چاه‌ها و اندازه‌گیری پاسخ سطح ایستابی اندازه‌گیری شود. این قبیل خصوصیات آبخوان می‌تواند در حتی یک نوع سنگ نیز تغییر زیادی داشته باشد، از این رو آزمون‌ها در شمار کافی چاه‌ها باید انجام شود تا نتایج مطمئن فراهم آید. قابلیت هدایت هیدرولیکی و تخلخل معمولاً با مغزه‌گیری از سنگ‌ها و انجام آزمایش در آزمایشگاه اندازه‌گیری می‌شوند.

جدول۲-۴- روش‌های شناخت خصوصیات آبخوان‌ها

هدف	روش	الزامات
• تعیین موقعیت آبخوان‌ها	• تهیه نقشه هیدروژئولوژیکی	• اطلاعات و نقشه‌های زمین‌شناسی خوب • اطلاعات درباره خواص هیدروژئولوژیکی سازندهای گوناگون. اطلاعات درباره آبخوان‌ها، گمانه‌ها و ترازهای آب.
• شناخت سه‌بُعدی آبخوان‌ها	• تفسیر اطلاعات موجود گمانه‌ها • پیمایش‌های ژئوفیزیکی • حفر گمانه‌های اکتشافی • چاه‌نگاری ژئوفیزیکی	• تفسیر تفصیلی لاگ‌های حفاری سوابق گمانه‌ها (در صورت وجود) • برداشت‌های ژئوفیزیکی برای تهیه اطلاعات درباره ضخامت و ساختار آبخوان • گمانه‌های اکتشافی، چنانچه اطلاعات آبخوان ناقص باشد. • چاه‌نگاری ژئوفیزیکی برای کمک به تعیین مشخصات ساختار آبخوان و شناسایی افق‌های اصلی جریان.
• کمی‌سازی خصوصیات آبخوان	• بررسی داده‌های موجود آزمون پمپاژ • آزمون‌های تفصیلی پمپاژ در چاه‌ها در گستره آبخوان • آزمون‌های آزمایشگاهی برای اندازه‌گیری تخلخل و نفوذپذیری	• کنترل اطلاعات موجود از نهادهای مختلف • پمپاژ با نرخ کنترل‌شده برای چند روز تا چند هفته، و پایش پاسخ در چاه‌های دیگر. • تحلیل نمونه‌مغزه‌های گمانه‌ها برای شناخت بیشتر خصوصیات آبخوان.

ابزارهای تخصصی مانند ابزارهای ژئوفیزیکی و آزمایش ردیاب‌ها گاهی برای کمک به شناخت ویژگی‌های آبخوان‌ها استفاده می‌شوند. ژئوفیزیک چاه می‌تواند جریان‌های آب زیرزمینی در آبخوان را مشخص کند- آیا در شکستگی‌های منفرد صورت می‌گیرد یا از طریق منفذهای فراوان و نامتمرکز. برای نمونه، این تکنیک به شکل موفق در جنوب انگلستان برای تهیه نقشه نوسانات فصلی شوری در شکستگی‌های منفرد در آبخوان عمده گل‌سفید استفاده شد، که به مدیریت بهتر آبخوان در کنترل نفوذ شوری انجامید. در آفریقا، از شیوه عبور جریان‌های الکتریکی از زیر زمین برای نشان‌دادن انواع لایه‌های سنگی استفاده می‌شود که ممکن است حاوی آب بوده و مکان‌های مناسبی برای حفر چاه باشند (نمونه۲-۳).

نمونه۲–۳– کاربرد فنون ژئوفیزیکی برای تعیین مکان آب زیرزمینی در آفریقا

در سرتاسر آفریقا، در مناطقی که روستائیان معمولاً به آب زیرزمینی چاه‌ها وابسته هستند، فنون ژئوفیزیکی غالباً برای شناسایی بهترین مکان‌های حفر چاه استفاده می‌شوند، حتی اگر زمین‌شناسی محدوده، پیچیده باشد، مانند آبخوان‌های پی‌سنگی بلورین. غالباً دو تکنیک سنجش خواص الکتریکی سنگ‌ها به کار می‌رود: مقاومت‌سنجی و پیمایش الکترومغناطیسی. جریان‌های الکتریکی از داخل زمین عبور داده می‌شوند و سهولت هدایت الکتریسیته زمین اندازه‌گیری می‌شود. سنگ سخت معمولاً الکتریسیته را عبور نمی‌دهد، بنابراین مقادیر بالاتر معمولاً نشان‌دهنده افزایش تخلخل سنگ است و بنابراین می‌تواند آب وجود داشته باشد. با استفاده از این تکنیک، احتمال حفاری چاه بی‌آب کاهش می‌یابد، و بدین ترتیب به کاهش هزینه پروژه کمک می‌کند.

در آزمایش ردیاب‌ها، یک ماده رنگی در آب قرار داده می‌شود، و در آبخوان‌های پُرشکستگی و سنگ‌آهک‌های کارستی برای ردگیری ارتباط میان چاه‌ها و سطح زمین یا رودخانه‌ها به کار می‌رود.

کادر۲–۲– چهار ویژگی آبخوان که برای پیش‌بینی رفتار آب زیرزمینی لازم است.

تخلخل– مجموع منفذهای سنگ، که معمولاً مقدار کل آب زیرزمینی ذخیره‌شده در یک آبخوان را مشخص می‌کند.

ضریب ذخیره– معیاری واقعی‌تر درباره مقدار آب زیرزمینی موجود در یک آبخوان؛ مقدار آب زیرزمینی که از ذخیره آبخوان، زمانی که سطح ایستابی تا یک متر اُفت می‌کند آزاد می‌شود.

قابلیت هدایت هیدرولیکی– سرعت (بر حسب متر در روز) آب زیرزمینی که داخل سنگ جریان می‌یابد، اگر گرادیان فشار یک متری در فاصله ۱ متر وجود داشته باشد.

قابلیت انتقال– توانایی آبخوان در انتقال حجم آب زیرزمینی (بر حسب متر مربع در روز)، که با ضرب‌کردن قابلیت هدایت هیدرولیکی در ضخامت آبخوان محاسبه می‌شود.

۲–۵– چارچوب فنی مدیریت

۲–۵–۱– پایش آب زیرزمینی

وقتی پایگاه داده‌ها و نقشه آبخوان‌ها تهیه شد، هم ترازهای آب زیرزمینی و هم کیفیت آب باید به طور منظم در کل آبخوان برای تعیین روندها پایش شود. آیا ترازهای آب رو به افزایش دارند یا اُفت می‌کنند؟ آیا غلظت نیترات به شکل قابل ملاحظه‌ای در حال افزایش است؟ پایش اثربخش آب زیرزمینی باید مبتنی بر هدف مشخص باشد و داده‌های گردآوری‌شده باید به شیوه‌ای نظام‌مند برای استفاده در آینده ذخیره شوند.

میزان قابل قبول برداشت و آلوده‌سازی در محدوده‌های مختلف باید در سطح سیاست‌گذاری، بر پایه ضوابط ملی یا بین‌المللی سلامت تعیین شوند. پایش روشن می‌کند چگونه وضعیت واقعی با این معیارها مطابقت دارد. مقدار آلاینده‌ها می‌تواند با مقادیر توصیه‌شده سازمان جهانی بهداشت برای کیفیت آب زیرزمینی مقایسه شود.

برای دستیابی به بهترین نتایج در پایش ترازهای آب زیرزمینی، چاه‌ها باید به طور اختصاصی بدین منظور ساخته شوند، و موقعیت آنها به دقت انتخاب شود تا از پایش الزامات مدیریت اطمینان حاصل شود (برای نمونه

تراز طبیعی آب در آبخوان یا تراز متأثر از پمپاژ چاه‌ها). برای نمونه‌برداری برای تعیین ترکیب شیمیایی مبنا، بهترین کار استفاده از چاه‌های برداشت است که به طور منظم پمپاژ می‌شوند، و نیز نمونه‌برداری از بخش بزرگی از آبخوان. با این همه، به منظور نمونه‌برداری هدفمند آلودگی، بهترین کار ساخت چاه‌ها در محدوده آلودگی است. سرمایه‌گذاری کافی باید برای تداوم پایش در بلندمدت، و ساخت پایگاه داده مطمئن و قابل استفاده برای ذخیره و گزارش آسان داده‌ها صورت گیرد.

زمانی که مشکلی پدیدار می‌شود، باید برای تصحیح آن اقدام کرد. برای نمونه در اسکاتلند، پایش دقیق، افزایش غلظت نیترات را در چندین آبخوان عمده شناسایی کرد. با اینکه غلظت آن هنوز پائین‌تر از مقادیر توصیه‌شده سازمان جهانی بهداشت بود، داده‌های پایش نشان می‌داد که تداوم شیوه‌های رایج کشاورزی، در نهایت منجر خواهد شد غلظت نیترات در آب زیرزمینی از این حدود بیشتر شود. به عنوان یک تدبیر پیشگیرانه، این محدوده‌ها به عنوان پهنه‌های آسیب‌پذیر نیترات مشخص شدند و اقدامات ویژه‌ای برای محدودسازی کمیت و زمان‌بندی کاربرد نیتروژن و انباشت لجن تعریف شد.

۲–۵–۲– پهنه‌بندی برای حفاظت آب زیرزمینی

نقشه‌های دقیق موقعیت و نوع آبخوان‌ها می‌تواند برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی کاربری اراضی استفاده شود. این نقشه‌ها، تنها کاربری‌هایی را مجاز می‌داند که با ظرفیت آبخوان زیرین آن تطبیق داشته باشد. در سیاست بسیاری از کشورها، پهنه‌بندی سطح زمین با آئین‌نامه‌ای که توصیه می‌کند چه فعالیت‌هایی در پهنه‌های مختلف قابل قبول هستند ترکیب شده است. پهنه‌بندی سطح زمین معمولاً دو مؤلفه دارد:

- *حفاظت منبع*، بر پایه آسیب‌پذیری سیستم آب زیرزمینی در برابر آلوده‌شدن و،
- *حفاظت مبدأ*، یعنی حفاظت محیط پیرامون منابع منفرد آب زیرزمینی، مانند چاه‌ها یا چشمه‌ها به منظور حفاظت ویژه آنها در برابر آلوده‌شدن.

در پهنه‌بندی، زمین به محدوده‌هایی با آسیب‌پذیری بالا تا چشم‌پوشیدنی در برابر آلوده‌شدن تقسیم می‌شود. بالاترین آسیب‌پذیری، به آبخوان‌های پُرشکستگی با سطح ایستابی کم‌عمق تعلق دارد، و آسیب‌پذیری چشم‌پوشیدنی، در صورتی فرض می‌شود که آبخوان، از فعالیت سطحی با لایه‌های نفوذناپذیر جدا شده باشد (به جدول۲–۵ مراجعه کنید). نقشه‌های آسیب‌پذیری نشان داده‌اند که ابزار ساده و اثربخشی در بسیاری کشورها هستند و به آسانی با نظام برنامه‌ریزی کاربری اراضی تطبیق می‌یابد. در برخی کشورها، از این نقشه‌ها برای تعیین سطح بررسی لازم برای محدوده مورد نظر، پیش از راه‌اندازی فعالیت پیشنهادی استفاده می‌شود، به جای آنکه فعالیت‌های معین در اراضی ممنوع شود.

پهنه‌های حفاظت مبدأ، محدوده‌های پیرامونی نقطه برداشت به شمار می‌آید که آب زیرزمینی آن، به سمت چاه برداشت یا چشمه جریان می‌یابد. این محدوده یا با مدل‌سازی عددی یا با استفاده از نمودارهای تحلیلی استاندارد تعیین می‌شود و به کار جلوگیری از آلوده‌شدن آب می‌آید. برای آلاینده‌هایی که به آسانی تجزیه‌پذیر هستند (یعنی پاتوژن‌ها)، استراتژی پایه، کاهش ریسک ورود آنها به زیر زمین در محدوده‌هایی است که زمان ماندگاری آب زیرزمینی، از منشأ آلودگی تا مکان‌های برداشت، برای آنکه با فیلتراسیون یا جذب حذف شوند ناکافی است. برای آلاینده‌های مقاوم‌تر (یعنی هیدروکربن‌های کلرینه صنعتی و برخی آفت‌کش‌ها) بهترین استراتژی، پیشگیری از ورود آنها به زیر زمین است.

جدول۲-۵- دسته‌بندی کلی آسیب‌پذیری آبخوان

• بسیار زیاد	در برابر بیشتر آلاینده‌های آب، آسیب‌پذیر است و تأثیر نسبتاً سریعی در بسیاری از سناریوهای آلوده‌شدن دارد.
• زیاد	در برابر بسیاری از آلاینده‌ها، آسیب‌پذیر است، به استثنای آلاینده‌هایی که جذب‌پذیری بالایی دارند و/یا به آسانی تبدیل می‌شوند، در بسیاری از سناریوهای آلوده‌شدن.
• متوسط	در برابر برخی آلاینده‌ها، آسیب‌پذیر است، ولی تنها زمانی که پیوسته تخلیه یا شسته می‌شوند.
• کم	تنها در برابر ماندگارترین آلاینده‌ها در بلندمدت، زمانی که پیوسته و گسترده تخلیه یا شسته می‌شوند آسیب‌پذیر است.
• چشم‌پوشیدنی	وقتی تقاضا بری آب زیرزمینی افزایش می‌یابد، بیش‌بهره‌برداری منبع می‌تواند پدید آید؛ تغییر اقلیم ممکن است در برخی نواحی، تغذیه را کاهش دهد.

۲-۵-۳- مدل‌سازی عددی آب زیرزمینی

مدل دینامیکی آب زیرزمینی برای یک آبخوان، ابزار بسیار مناسبی برای مدیریت برداشت است، و نیز می‌تواند برای کمک به بررسی نفوذ شوری و جابجایی آلاینده‌ها استفاده شود. مدل آب زیرزمینی، بازنمود عددی سیستم آبخوان است که می‌تواند با اجرای نرم‌افزار در کامپیوترهای شخصی انجام شود. یک مدل مطمئن، به حجم قابل ملاحظه‌ای داده نیاز دارد: هندسه آبخوان، شبکه رودخانه، موقعیت چاه‌ها، تغذیه توزیع‌شده و خواص آبخوان. نرم‌افزارهای گوناگون مدل‌سازی مانند MODFLOW یا ZOOM می‌توانند استفاده شود. در اختیارداشتن یک مدل‌ساز مختص آب زیرزمینی که مدل‌سازی را با همراهی هیدرولوژیست‌ها انجام دهد مفید است. برای کمک به اصلاح و بهبود مدل، داده‌های مطمئن و زمان‌مند درباره ترازهای آب زیرزمینی، جریان‌های رودخانه، بارندگی و تغذیه لازم هستند. با این همه، حتی با داشتن داده‌های محدود، یک مدل مقدماتی می‌تواند به تأئید درک رفتار آبخوان کمک کند، بزرگی پاسخ‌های احتمالی را نشان دهد، و اولویت‌های گردآوری داده‌ها را مشخص نماید.

با داشتن یک مدل خوش‌ساخت و کالیبره‌شده آب زیرزمینی، به پرسش‌ها می‌توان پاسخ داد و سناریوهای آینده را بررسی کرد. برای نمونه: تأثیر تداوم برداشت با نرخ‌های کنونی یا افزایش‌یافته بر آبخوان و اکوسیستم‌های وابسته چه خواهد بود؟ مدل همچنین می‌تواند زمان لازم را برای مشاهده تغییرات فیزیکی یا اثربخش واقع‌شدن سیاست‌های مدیریت برآورد نماید. علی‌رغم منابع لازم برای طراحی مدل آب زیرزمینی، نتایج می‌تواند از نظر هزینه، اثربخشی داشته باشد، چون مدل امکان بررسی گزینه‌های بالقوه آینده را بدون ریسک‌های مالی، سیاسی، و اقتصادی پیاده‌سازی واقعی راهکارها فراهم می‌آورد (نمونه‌های ۲-۴ و ۲-۵).

نمونه۲-۴- مدل‌سازی آب زیرزمینی در دره مرگ کالیفرنیا

دره مرگ ایالات متحده در جنوب نوادا و شرق کالیفرنیا قرار دارد. شرایط هیدروژئولوژیکی این منطقه، پیچیده و مسائل مدیریت آب زیرزمینی آن، بحث‌برانگیز است. افزون بر برداشت کنونی آب زیرزمینی، میراث آلودگی ناشی از آزمایش هسته‌ای در زیر زمین در گذشته، و نیز پیشنهاد مجدد ساخت مخزن ذخیره پسماند هسته‌ای سطح بالا در کوهستان Yucca وجود دارد. درک جابجایی آب زیرزمینی برای شناخت چگونگی گسترش احتمالی آلودگی ضرورت دارد.

سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده، مدل عددی سه‌بُعدی جریان گذار آب زیرزمینی دره مرکزی را برای وزارت انرژی طراحی کرد. چندین دهه مطالعه سیستم جریان آب زیرزمینی، بررسی‌های خواص هیدرولیکی سنگ‌ها و مفهوم‌سازی جریان، همراه با طراحی این مدل پیچیده رقومی ارزیابی شده بود.

مدل جریان آب زیرزمینی MODFLOW-2000، یک مدل مدولار سه‌بعدی جریان آب زیرزمینی به روش تفاضل محدود، برای این منطقه با استفاده از همه داده‌های موجود زمین‌شناختی و هیدروژئولوژیکی ساخته و با توجه به داده‌های پایش تراز آب و جریان چشمه در دوره ۱۹۹۸-۱۹۱۳ کالیبره شد. این مدل، بازنمود سیستم بزرگ و پیچیده جریان آب زیرزمینی در دره مرکزی با قابلیت تفکیک و دقتی بیشتر از آنچه پیش از آن امکان‌پذیر بوده به شمار می‌آید. اکنون این مدل برای کمک به برآورد اثرات پمپاژ بر موجودی آب، مهاجرت آلاینده، و اکوسیستم‌های وابسته به آب به کار می‌رود.

نمونه۲-۵- مدل‌سازی آب زیرزمینی سیستم آبخوان Nubian در شرق صحرای بزرگ آفریقا

سیستم آبخوان Nubian در شرق صحرای بزرگ آفریقا، بزرگترین سیستم آبخوان در آفریقا به شمار می‌آید. این سیستم، بیش از ۲ میلیون کیلومتر مربع مساحت دارد و آب مورد نیاز جمعیت این محدوده را در بیرون دره نیل، برای استفاده‌های خانگی، کشاورزی و صنعتی تأمین می‌کند. این سیستم از چهار حوضه تشکیل می‌شود: (الف) حوضه Kufra در جنوب شرقی لیبی، شمال شرقی چاد و شمال غربی سودان؛ (ب) حوضه Dakhla در مصر؛ (ج) حوضه شمال غربی مصر؛ و (د) پلتفرم سودان. در مرکز و شمال این سیستم، متوسط بارش، پائین است (۵۰ میلی‌متر در سال) و در نتیجه، هیچ تغذیه امروزی آب زیرزمینی در بیشتر بخش‌های این سیستم وجود ندارد و بیشتر منابع موجود، در دوره‌های بارانی‌تر گذشته این منطقه تغذیه شده است.

به منظور بهبود مدل‌سازی موجود آب زیرزمینی این سیستم، پایگاه داده‌های GIS در مقیاس‌های منطقه‌ای و نیز محلی طراحی، و پایگاه داده‌ها راه‌اندازی شد که تمام اطلاعات موجود هیدروژئولوژیکی مطالعات پیشین و داده‌های هیدروژئولوژیکی چاه‌های جدید حفرشده در مصر و لیبی را تا سال ۲۰۰۱ شامل می‌شد. مش‌های چهارگوشه‌ای در این مدل منطقه‌ای برای گنجاندن جزئیات، طراحی شد. بر اساس پایگاه داده‌های GIS، یک مدل عددی یکپارچه سه‌بعدی جریان گذار و وابسته به زمان، بر پایه GIS با استفاده از MODFLOW ساخته شد. از این مدل برای شبیه‌سازی پاسخ آبخوان به تغییرات اقلیمی که در ۲۵,۰۰۰ سال اخیر روی داده بود استفاده شد. کالیبراسیون مدل بر شبیه‌سازی دریاچه‌های قدیمی اتکا داشت که در این دوره وجود داشتند و برای برآورد و کالیبره‌کردن تغذیه آب زیرزمینی در کل این دوره زمانی استفاده شد.

نتایج این مطالعه نشان دادکه در حال حاضر، ذخایر آب زیرزمینی آبخوان ماسه‌سنگی Nibian در مصر و لیبی کاهش می‌یابد. این مدل نشان داد که با گسترش چاه‌های موجود تا ظرفیت کامل آنها تا سال ۲۰۲۰، ترازهای آب پیوسته کاهش خواهد یافت و ممکن است به زیر ترازهای اقتصادی برداشت برسد.

۲-۶- اقدامات مدیریت برای حفاظت و ترمیم آبخوان

هدف مدیریت پایدار آب زیرزمینی باید پیشگیری از خالی‌شدن یا آلوده‌شدن شدید سفره آب زیرزمینی باشد، چون پیشگیری همیشه کم‌هزینه‌تر از تلاش برای جبران مشکلات در زمان پدیدارشدن آن است. با این همه، گاهی ممکن است مجبور باشیم تنزل وضعیت آب زیرزمینی را با راهکارهای فنی کاهش دهیم، به دلیل آنکه آبخوان به خودی خود به حالت پیشین بازنمی‌گردد، یا به دلیل فشارهای دیگری که بهره‌برداری آب زیرزمینی را از یک سیستم رو به تنزل تداوم خواهد بخشید. در سطح جهان راهکارهای فراوانی با سطوح گوناگون موفقیت به کار گرفته شده است.

چندین شیوه را می‌توان برای حفظ تأمین آب از منابع آب زیرزمینی به کار گرفت:

- بهینه‌سازی مکان چاه‌ها برای محدودسازی اُفت کلی آبخوان با همان نرخ برداشت
- کنترل رژیم‌های پمپاژ برای حداقل‌سازی اُفت یا کاهش نفوذ شوری
- استفاده از چاه‌های اضطراری، در موارد حاد، برای حفظ اکوسیستم‌های حساس یا جریان‌های رودخانه در دوره‌هایی که تخلیه طبیعی آب زیرزمینی متوقف می‌شود، و
- چاه‌های برداشت تفکیکی در محدوده‌های ساحلی برای حفاظت محدوده‌های مولد آبخوان، با پمپاژ آب شور به بیرون (این شیوه، کسری بیلان کلی آب را تشدید می‌کند، از این رو باید با احتیاط مدیریت شود).

مدیریت تغذیه آبخوان برای افزایش نرخ‌های تغذیه آب زیرزمینی، مورد توجه بیشتری قرار می‌گیرد و چندین روش به کار گرفته شده است: (۱) ساخت استخرها و حوضچه‌های نفوذ (نمونه۲-۶ را ببینید)، (۲) اصلاح مجراهای آب سطحی و ساخت سدهای کوچک؛ (۳) تزریق مستقیم به آب زیرزمینی از طریق چاه‌ها، و (۴) ساخت سازه‌های کوچک‌مقیاس در مزارع کشاورزی.

نمونه۲-۶- تغذیه مدیریت‌شده آبخوان در مکزیک

بیش از نیمی از کشور مکزیک در شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک قرار دارد، از این رو آب زیرزمینی منبع اساسی برای توسعه ملی به شمار می‌آید. مجموع برداشت آب زیرزمینی، ۲۸ میلیارد متر مکعب در سال برآورد می‌شود و سهم استفاده کشاورزی، ۷۱ و نواحی شهری و صنعتی، ۲۶ درصد است. در حال حاضر، بیش از ۱۰۰ آبخوان منطقه‌ای در وضعیت بیش‌بهره‌برداری قرار دارند. در پاسخ به این وضعیت، پروژه آزمایشی تغذیه در منطقه Comarca Lagunera در شمال مکزیک که یک منطقه مهم کشاورزی است تعریف شد. آب برای منظور آبیاری، استفاده خانگی و صنعتی از رودخانه‌های Nazas و Aguanaval و از ۳۵۰۰ چاه برداشت آب زیرزمینی از آبخوان Comarca Lagunera برداشت می‌شود. برآورد می‌شود که برداشت کنونی حداقل سه برابر تغذیه است، در نتیجه اُفت قابل ملاحظه تراز آب زیرزمینی و کاهش کیفیت آب به وجود آمده است.

هدف این پروژه آزمایشی، مدیریت تغذیه آبخوان در راستای پرشدن دوباره منابع آب زیرزمینی است. در این طرح، حوضه ماسه‌ای مناسب تغذیه در نزدیکی بستر رودخانه Nazas در شهر Torreon، به مساحت ۱۳ هکتار با ظرفیت ذخیره نزدیک به ۱۹۷,۰۰۰ متر مکعب آماده گردید. تأسیسات آبی برای انتقال آب سطحی از سد Zarco به حوضه تغذیه ساخته شد. در دوره آزمایشی می تا آگوست ۲۰۰۰، ۵/۲ میلیون متر مکعب به حوضه تغذیه انتقال یافت. از این مقدار، ۰/۲ میلیون متر مکعب تبخیر شد و ۵ میلیون متر مکعب به زیر سطح نفوذ کرد.

در این طرح آزمایشی، ساخت سازه‌های جدید برای کنترل تحویل آب به حوضچه‌ها، رهاسازی تنها ۰/۵ میلیون متر مکعب در هفته برای جلوگیری از سرریز حوضچه‌ها، ساخت حوضچه‌های رسوب موازی برای کاهش گرفتگی و ساخت چاه‌های جذب به عمق ۲۰ متر و به قطر بزرگتر از ۰/۳ متر برای پرهیز از ترازهایی که قابلیت هدایت پائینی دارند پیشنهاد شد.

«پیشگیری همیشه کم‌هزینه‌تر از تلاش برای ترمیم مشکلات است.»

حتی مهم‌تر از آن، اقداماتی را می‌توان برای کاهش برداشت با کنترل تقاضای آب انجام داد. در ۱۵ سال گذشته یا بیشتر، پیشرفت زیادی در طراحی مهندسی صورت گرفته که کارآیی استفاده از آب را افزایش داده است. برای نمونه در کشاورزی، آبیاری قطره‌ای (به گیاهان، تنها حجم آب مورد نیاز برای رشد داده می‌شود) می‌تواند کاهش‌های عمده‌ای را در مقدار آب به کاررفته و انرژی مصرف‌شده برای پمپاژ به ازای مساحت زیر کشت نتیجه دهد، و همزمان میزان محصول را حفظ یا افزایش دهد. با این همه، همبستگی «بهبود کارآیی استفاده از آب» با «کاهش واقعی در برداشت آب زیرزمینی»، تصوری اشتباه است- کاهش برداشت تنها زمانی خواهد بود که اقدامات موازی برای کاهش پمپاژ آب زیرزمینی صورت گیرد، چون بیشتر به اصطلاح ارتقای کارآیی، نتیجه حذف آبیاری اضافی قبلی است که در اثر نفوذ به آبخوان باز می‌گشت.

در شهرها، اقدامات فیزیکی با هدف کاهش مصرف خانگی آب و استفاده مکمل از آب باران در باغچه‌ها و فضای سبز می‌تواند تقاضای آب از آبخوان‌ها را کاهش دهد. آنچه اهمیت بیشتری دارد: (الف) کاهش نرخ‌های غالباً زیاد نشت آب از لوله‌های اصلی توزیع آب شهری (و البته باید به یاد داشت که در برخی موارد، لوله‌های اصلی آب می‌توانند آب زیرزمینی را تغذیه کنند)، و (ب) مدیریت و تصفیه مناسب فاضلاب شهری برای امکان‌پذیر ساختن استفاده مجدد آن برای آبیاری در کشاورزی و/ یا فضای سبز به عنوان جایگزین آب زیرزمینی شیرین (و البته باید به یاد داشت که استفاده مجدد می‌تواند بار آلاینده آبخوان‌ها را تولید کند).

«اقداماتی را می‌توان برای کاهش برداشت، با کنترل تقاضای آب انجام داد.»

روش‌های زیادی برای ترمیم آلوده‌شدن آب زیرزمینی طراحی شده است. سابقه این روش‌ها به اقامه دعوا در ایالات متحده یا پیاده‌سازی دستورالعمل چارچوب مدیریت آب اتحادیه اروپایی برمی‌گردد. بیشتر روش‌ها، مختص آلاینده و شرایط هیدروژئولوژیکی معین هستند، ممکن است تنها تا اندازه‌ای موفق باشند، و پیاده‌سازی آنها هزینه‌بر باشد. یکی از جنبه‌های کلیدی در هر گونه برنامه ترمیم، توافق روشن بر سر اهداف مورد نظر و چگونگی پایش و اندازه‌گیری است. راهکارهای ترمیم می‌تواند در محل انجام شود (ورود اکسیژن، ذرات نانو، یا باکتری برای کمک به تسریع فرایندهای بیوژئوشیمیایی طبیعی) یا دور از محل (غالباً پمپاژ آب زیرزمینی آلوده‌شده به سطح و تصفیه آن یا مانع‌گذاری برای کنترل آب زیرزمینی آلوده‌شده.

۲-۷- فهرست کنترل: به کاربستن دانش و اطلاعات فنی برای مدیریت و حفاظت آب زیرزمینی

کسب دانش هیدروژئولوژی و منابع آب زیرزمینی

- تلاش برای درک بهتر چگونگی عملکرد سیستم‌های آب زیرزمینی در میان بهره‌برداران آب زیرزمینی، دستگاه‌های فنی، تصمیم گیران و قانون‌گذاران.
- پیام‌رسانی درباره تهدیدهایی که متوجه آب زیرزمینی است، از جمله برداشت بیش از اندازه و آلوده‌شدن. پیامدهای تنزل وضعیت آب زیرزمینی را برای عموم، بهره‌برداران آب زیرزمینی و سیاست‌گذاران از نظر ریسک‌های که برای اقتصاد، سلامت، امنیت غذا و آب، تنوع زیستی و محیط‌زیست دارد توضیح دهید.
- دانش فنی را در میان ذینفعان و دستگاه‌های فنی ارتقا دهید، از جمله درباره اینکه ویژگی‌های آبخوان و ترکیب شیمیایی، چگونگی استفاده پایدار آب زیرزمینی و اولویت‌های مدیریت و حفاظت آب زیرزمینی را تعیین می‌کند.

تولید و در دسترس قراردادن اطلاعات لازم برای بهبود مدیریت آب زیرزمینی

- ظرفیت‌سازی فنی برای تحلیل آسیب‌ها و پایش سیستم‌های آب زیرزمینی.
- بررسی خصوصیات آبخوان با استفاده از اطلاعات زمین‌شناختی سنگ‌ها، رسوبات و خاک‌ها و با مطالعات علمی قابلیت انتقال و ظرفیت ذخیره آب آبخوان‌ها.
- گردآوری اطلاعات درباره نوسانات بلندمدت ترازهای آب زیرزمینی، و چنانچه فراهم نباشد، راه‌اندازی پایش به عنوان یک اولویت.
- فهرست‌برداری از تمام برداشت‌های آب زیرزمینی و برآورد بیلان آب آبخوان‌ها با مقایسه تغذیه طبیعی با تخلیه و برداشت.
- تعیین خصوصیات کیفی آب با پیاده‌سازی برنامه حساب‌شده نمونه‌برداری از چاه‌ها. تعیین وضعیت مبنا برای امکان‌پذیرشدن پایش تغییرات نسبت به استانداردهای کیفیت آب.
- تهیه نقشه‌های ملی هیدروژئولوژیکی برای نشان‌دادن موقعیت آبخوان‌ها و پایگاه داده‌های ملی برای ذخیره منظم داده‌های آبخوان و آب زیرزمینی برای استفاده در مدیریت آب زیرزمینی.
- بررسی آسیب‌پذیری آبخوان در برابر آلودگی و تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری برای استفاده در برنامه‌ریزی کاربری اراضی.
- طراحی مدل‌های عددی دینامیک آبخوان‌ها در مواقعی که منابع و مهارت‌های لازم فراهم است. به کارگیری مدل برای بررسی پیامدهای گزینه‌های مدیریت و سناریوهای بهره‌برداری از آبخوان‌ها در آینده.

شناسایی اقدامات مدیریت

- راه‌اندازی سامانه ملی برای پایش منظم ترازهای آب زیرزمینی و کیفیت آب زیرزمینی، از جمله شبکه چاه‌های پایش.
- پی‌ریزی نظام پهنه‌بندی کاربری اراضی که تنها کاربری‌هایی را اجازه دهد که با ظرفیت آبخوان زیرین آن سازگاری داشته باشد. استفاده از نقشه‌های آسیب‌پذیری برای شناسایی محدوده‌هایی که لازم است شروطی پیش از توسعه برآورده شود و برای مشخص کردن پهنه‌های حفاظت منشأ که محدودیت‌های کاربری اراضی برای پرهیز از آلوده‌شدن آب زیرزمینی لازم است.
- شناسایی و پیاده‌سازی ضوابط لازم برای محدودسازی پمپاژ آب زیرزمینی تا سطوح پایدار. تکمیل این موارد با اقدامات طراحی‌شده برای کنترل تقاضای آب.
- پیاده‌سازی تغذیه مصنوعی آبخوان در جاهایی که افزایش نرخ تغذیه لازم است، برای نمونه از طریق ساخت حوضچه‌های نفوذ یا تزریق مستقیم به آبخوان.
- بررسی ضرورت و مناسب‌بودن روش‌های گوناگون ترمیم در جاهایی که آب زیرزمینی آلوده شده است.

فصل سوم

سیاست، قوانین و نهادها برای حکمرانی اثربخش آب زیرزمینی

۳-۱- ظرفیت حکمرانی آب زیرزمینی

حکمرانی اثربخش آب، ساختارها و معیارهای لازم را برای مدیریت خوب آب زیرزمینی فراهم می‌آورد. اگر تمهیدات مناسب برای آب زیرزمینی اندیشیده نشده باشد، کشورها ممکن است در برابر خالی‌شدن سفره‌ها و کاهش کیفیت منابع آب زیرزمینی آسیب‌پذیر باشند. حکمرانی ضعیف آب زیرزمینی در یک کشور، سلامت و امنیت غذایی مردم، موفقیت اقتصاد، پایداری محیط طبیعی و در مورد آبخوان‌های فرامرزی، روابط خوب با همسایگان را به خطر می‌اندازد.

حکمرانی اثربخش، بر سیاست‌ها، قوانین، ترتیبات نهادی و پیاده‌سازی و ساز و کارهای نظارت بر رعایت قوانین تکیه می‌کند. این مؤلفه‌ها بر روی هم، «ظرفیت حکمرانی آب» یک جامعه را می‌سازند. در کتاب «رهنمودهای اصلاح حکمرانی آب»[۱]، درباره چگونگی ایجاد و تقویت ظرفیت حکمرانی اثربخش آب در سطح ملی توصیه‌ها و پیشنهادهایی ارائه شده است. همان گونه که در کتاب نامبرده آمده است، اصلاحات در حکمرانی آب باید متناسب با نظام حاکمیتی و قوانین یک کشور باشد. سیاست‌ها، قوانین و ترتیبات نهادی موفق برای آب می‌تواند شکل‌های فراوانی داشته باشد، که هر کدام آنها، مناسب سنت‌ها و شکل خاص دولت در یک کشور هستند. هیچ نقشه‌ای برای حکمرانی خوب آب وجود ندارد، با این همه می‌توان اصول راهنما را برشمرد که می‌تواند به سیاست‌گذاران کمک کند، و می‌توان از تجربه دیگر کشورها نیز آموخت.

«حکمرانی ضعیف آب زیرزمینی در یک کشور، سلامت و امنیت غذایی مردم را به خطر می‌اندازد.»

۱- رهنمودهای اصلاح حکمرانی آب. ترجمه حمید پشتوان. وزارت نیرو، دفتر استانداردها و طرح‌های آب و آبفا. نشریه شماره ۱۸۵-ن. سال ۱۳۹۷.

تقویت ظرفیت حکمرانی آب به اطمینان از نظام‌یافتگی مناسب سیاست‌ها، قوانین و ترتیبات نهادی بستگی دارد. این مؤلفه‌ها باید انسجام داشته و با هم ناسازگاری نداشته باشند، چرا که الزامات متعارض را به وجود می‌آورد، یا پیاده‌سازی و نظارت بر اجرای آنها را تضعیف می‌کند. متأسفانه، در بیشتر کشورها، ترتیبات حکمرانی آب در گذر زمان، غالباً به شیوه‌ای ناپیوسته انباشته شده است، و بر بخش‌های خاص (برای نمونه کشاورزی، انرژی، صنعت، سلامت و بهداشت، محیط‌زیست) تمرکز دارد و جامع‌نگری در توجه به نیازهای بخش‌های دیگر وجود نداشته است. بنابراین، حکمرانی آب غالباً گسسته و ناهماهنگ است. این وضعیت به ویژه درباره آب زیرزمینی مصداق دارد، چون نادیدنی است و در بسیاری از مواقع، درک ضعیفی درباره آن وجود دارد. در چنین شرایطی، شکل‌گیری نظام منسجم سیاست‌ها، قوانین و نهادها برای آب زیرزمینی، یکپارچه و هماهنگ با حکمرانی آب‌های سطحی، از مؤلفه‌های اساسی مدیریت پایدار آب زیرزمینی به شمار می‌آید.

حکمرانی آب همچنین مستلزم سازمان‌یابی اجتماعی، گفت و گوی ذینفعان و کنش شهروندی (که برای حکمرانی محلی آب لازم است. در فصل پنجم توصیف می‌شود)، و استفاده از ابزارهای اقتصادی است (فصل چهارم). حکمرانی خوب، مبتنی بر اطلاعات و داده‌های علمی است (در فصل دوم توصیف شد). تمرکز این فصل، فرایندها و ساختارهای اصلی حاکمیتی است که برای حکمرانی خوب آب زیرزمینی لازم است. این فصل با سیاست آب زیرزمینی آغاز می‌شود که در واقع برنامه و استراتژی دولت درباره چگونگی مدیریت آب زیرزمینی است. قوانین، برای نظام‌مندسازی سیاست‌ها شکل می‌گیرند، و قواعد بهره‌برداری و حفاظت منابع آب زیرزمینی را مشخص می‌کنند، و تعیین می‌کنند چه کسی حق استفاده از آب زیرزمینی را دارد. قطعیت قوانین، مؤلفه ضروری و اساسی حکمرانی آب زیرزمینی است، چون برای نمونه، به مراجع محلی و کسب و کارها امکان برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری بلندمدت را می‌دهد، و همزمان شهروندان را قادر می‌سازد در مدیریت آب زیرزمینی مشارکت کنند و حقوق خود را مطالبه نمایند. نهادهای مناسب، در سطح ملی، حوضه آبریز، آبخوان یا مقیاس محلی، یا در سطح بین‌المللی برای آبخوان‌های فرامرزی، برای انجام تکالیف مقرر در قوانین لازم هستند.

۳-۲- سیاست مدیریت آب زیرزمینی

۳-۲-۱- رویکردهای متفاوت ولی یکپارچه به آب زیرزمینی و آب سطحی

آب زیرزمینی با آب سطحی متفاوت است و از این رو نیازمند سیاست‌های خاص است. با این همه، این سیاست‌ها باید به عنوان مسئله‌ای متمایز در دل سیاست‌های گسترده‌تر ملی آب تهیه شوند. آنچه نیاز است، جامع‌نگری است، که نه تنها پیشبرد استراتژی‌های مناسب مدیریت را برای پایداری آب زیرزمینی پشتیبانی می‌کند، بلکه اطمینان می‌دهد دغدغه‌های اقتصادی و اجتماعی به هم‌مرتبط ذینفعان و بخش‌های ذیربط را نیز

مورد توجه قرار می‌دهد. سیاست مدیریت آب زیرزمینی باید در چارچوب فراگیر رویکرد یکپارچه در مدیریت منابع آب تدوین شود.

یکپارچه‌نگری در مدیریت منابع آب بر یکپارچگی تمرکز دارد، یعنی انسجام در مدیریت منابع آب، در مدیریت آب در بخش‌ها و بهره‌برداران آب (برای نمونه کشاورزی، انرژی، سلامت و بهداشت، صنعت، اکوسیستم‌ها و مانند آن) و در میان منافع و استفاده‌های متفاوت ولی وابسته به هم آب. برای همخوانی با چارچوب یکپارچه‌نگری در مدیریت منابع آب، سیاست‌های آب زیرزمینی باید کارآیی اقتصادی، پایداری اکوسیستم و عدالت اجتماعی را در نظر بگیرد. بهره‌برداری و حفاظت از این منبع نه تنها باید روابط متقابل میان آب زیرزمینی و آب سطحی، بلکه پیوندها میان آب، زمین و دیگر منابع طبیعی و اکوسیستم‌ها، از جمله تالاب‌ها، حوضه‌های آبریز و محدوده‌های ساحلی مجاور را نیز در نظر بگیرد. لازم است توجه مناسبی به خدمات اکوسیستم و منافع آنها برای جامعه، بهره‌برداران آب، تاب‌آوری در برابر اقلیم و حفظ تنوع زیستی معطوف شود. در واقع، رویکرد اکوسیستمی باید از مؤلفه‌های چارچوب یکپارچه‌نگری در مدیریت منابع آب باشد. چارچوب یکپارچه‌نگری در مدیریت منابع آب به توسعه پایدار کمک خواهد کرد، مشخصاً با اطمینان از اینکه پیوندهای میان‌بخشی با منابع آب زیرزمینی به صراحت در سیاست دیده می‌شود، و بخش‌های مختلف و ذینفعان به تعقیب هدف‌های مشترک تشویق می‌شوند. با این همه، یکپارچه‌سازی آب زیرزمینی با رویکرد یکپارچه در مدیریت منابع آب، فرایندی پیچیده است. از این رو سیاست‌ها باید فرایندهای انعطاف‌پذیر و تطبیقی تغییر را تقویت کنند که اطمینان می‌دهد مشارکت معنادار ذینفعان با آموختن در عمل پشتیبانی می‌شود.

«لازم است توجه مناسبی به خدمات اکوسیستم و منافع آنها معطوف شود.»

ابهام در سیاست‌های آب در بسیاری از کشورها، مانع یکپارچه‌سازی مدیریت آب زیرزمینی و آب سطحی است که در نتیجه، قواعد و ترتیبات نهادی حاکم بر آب زیرزمینی کفایت لازم را ندارند. غالباً پیکره‌های آب سطحی و زیرزمینی از نظر هیدرولوژیکی پیوند دارند (غیر از آب زیرزمینی فسیلی)، و آب میان آنها در محیط مبادله می‌شود (به فصل۲ مراجعه نمائید). استفاده ناپایدار از آب سطحی بر تغذیه آب زیرزمینی تأثیر گذاشته است، و برداشت بیش از اندازه آب زیرزمینی می‌تواند بر موجودی آب سطحی تأثیر بگذارد و آلوده‌شدن آب سطحی می‌تواند به آلوده‌شدن آبخوان‌ها منجر شود. برخلاف این دست اثرگذاری‌های متقابل، سیاست‌های آب در بسیاری از موارد، برهم‌کنش‌های آب سطحی- آب زیرزمینی را نادیده گرفته‌اند و به طور سنتی بر ضابطه‌مندسازی حفاظت و بهره‌برداری آب‌های سطحی تمرکز دارند، در نتیجه به شکل بالقوه به گسستگی نهادی و ایجاد موانع بر سر راه ارتباط و هماهنگی درباره آب زیرزمینی در میان کنشگران گوناگون (برای نمونه بهره‌برداران آب، متخصصان فنی، مدیران عملیاتی و سیاست‌گذاران) دخیل در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب می‌انجامد.

الزامات ضروری برای حکمرانی آب زیرزمینی، از جایی به جای دیگر، به دلیل تفاوت‌های فیزیکی و شیمیایی آبخوان‌ها متفاوت است. برای نمونه، موقعیت محدوده‌های تغذیه، و ویژگی‌های ذخیره آبخوان‌ها، مرزهای جریان و سرعت جریان، زمان ماندگاری، تلفات تبخیری، آلوده‌شدن و ماندگاری آلاینده‌ها، همگی آسیب‌پذیری آب زیرزمینی را در برابر آلوده‌شدن یا بیش‌بهره‌برداری شکل می‌دهند (به فصل۲ مراجعه نمائید). افزون بر این دست تفاوت‌های هیدروژئولوژیکی، تفاوت‌هایی نیز در بافت اجتماعی مدیریت آب زیرزمینی وجود دارد که به آگاهی از ارزش آب زیرزمینی و اولویت‌های داده‌شده به توسعه منابع آب زیرزمینی ارتباط می‌یابد. از این رو، مدیریت آب زیرزمینی نیازمند سیاست‌های اختصاصی است، ولی باید در سیاست گسترده‌تر ملی آب به ایفای نقش بپردازد، و همزمان یکپارچگی آب سطحی و آب زیرزمینی و میان بخش‌ها را تقویت کند، همچنین مدیریت را متناسب با شرایط و آسیب‌پذیری‌های محلی امکان‌پذیر سازد.

۳-۲-۲- طراحی سیاست آب زیرزمینی

با اینکه انتظارت و خواسته‌ها از سیاست آب زیرزمینی پیچیده است، ولی می‌توان گام‌های عملی طراحی چارچوب سیاست مناسب و اثربخش آب زیرزمینی را برشمرد. نخستین گام، ترسیم چشم‌انداز ملی مدیریت آب زیرزمینی است که در چشم‌انداز ملی منابع آب گنجانده می‌شود. برای نمونه در آفریقای جنوبی، چشم‌انداز ترسیم‌شده چنین است: «آب زیرزمینی، به عنوان عنصر مهم منابع آب آفریقای جنوبی، شناخته، بهره‌برداری و حفاظت می‌شود.»

«نخستین گام، ترسیم چشم‌انداز ملی مدیریت منابع آب زیرزمینی است.»

اهداف نهایی سیاست باید در پی تحقق توازن مناسب میان بهره‌برداری از موجودی منابع آب و افزایش تقاضای آب باشد و همزمان، کیفیت و کمیت آب زیرزمینی، و مسیر پایدار بهره‌برداری را رعایت و حفاظت نماید. هدف‌ها باید دامنه سیاست و نتایج لازم را مشخص نمایند، و بدین ترتیب به شناسایی ترتیبات نهادی و اقدامات لازم مدیریت کمک می‌کنند. هدف‌های نهایی باید فراگیر باشند، و نیز باید به مسائل مشخص بپردازند، برای نمونه:

- «نظارت بر فعالیت‌ها در مبدأ» برای پیشگیری و به حداقل‌رساندن اثرات بهره‌برداری در مبدأ- بر کیفیت آب زیرزمینی با وضع مقررات و فراهم‌آوردن مشوق‌ها
- «نظارت بر منبع» به منظور مدیریت اثرات بر منابع آب زیرزمینی، وقتی پدیدار می‌شوند، برای حفاظت از منبع و اطمینان از پایداری مقاصد سودمند بهره‌برداری، و
- ترمیم کیفیت آب زیرزمینی و اطمینان از حداقل تناسب با استفاده‌هایی که تحت پوشش پیکره آب زیرزمینی قرار دارند.

گام سوم، شناسایی اقدامات لازم برای تحقق اهداف نهایی سیاست است. در این گام باید اصول پایه زیر راهنما قرار گیرد (همچنین به کتاب «رهنمودهای اصلاح حکمرانی آب» مراجعه نمائید):

- *کارآیی*- بدین معنا که استفاده از آب زیرزمینی برابر الگوهاس منطقی مصرف، به حداکثر رسانده می‌شود و به نفع بیشتر مصرف کنندگان است و همزمان، نه تنها آب، بلکه دیگر منابع، از جمله سرمایه اجتماعی و انسانی را به حساب می‌آورد.
- *عدالت* – بدین معنا که بهره‌برداران، هم در منافع و هم در هزینه‌ها سهیم هستند و فرایندی شفاف در تصمیم‌گیری‌ها در مدیریت آب زیرزمینی استفاده می‌شود.
- *پایدار*- بدین معنا که مدیریت آب زیرزمینی، تاب‌آوری جامعه را با گذشت زمان، بدون تضعیف یکپارچگی چرخه هیدرولوژیکی یا اکوسیستم‌هایی که به آن وابسته است، از جمله توازن مناسب میان برداشت آب زیرزمینی و تغذیه پشتیبانی می‌کند.
- *مشارکت عمومی*- بدین معنا که مدیریت آب زیرزمینی، بر پایه رویکرد مشارکتی است، شامل بهره‌برداران، برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران در تمام سطوح.
- *شفافیت*- بدین معنا که گفت و گو، مشورت، تصمیم‌گیری و مستندات، از طریق جلسات آزاد عمومی، انتشار عمومی و ارتباطات منظم میان ذینفعان و مراجع عمومی، زیر ذره‌بین نقد قرار دارند.
- *پاسخگویی*- بدین معنا که مدیران و تصمیم‌گیران آب به مردم در قبال اقدامات خود پاسخگو هستند.
- *تمرکززدایی*- بدین معنا که تصمیم‌ها و فعالیت‌ها در پائین‌ترین سطح اداری مناسب انجام می‌شود.
- *بهره‌برداری تلفیقی*- بدین معنا که بهره‌برداری از ذخایر آب سطحی و آب زیرزمینی باید متوازن شود تا از فشارهای بیش از اندازه بر آنها یا بیش‌بهره‌برداری از آنها پرهیز شود، و
- *اصل پیشگیری*- بدین معنا که اگر درباره خسارت بالقوه به منابع آب زیرزمینی ناشی از پیاده‌سازی سیاست‌ها یا فعالیت‌ها، تردید وجود دارد، فقدان قطعیت کامل علمی نباید دلیل حذف یا تأخیر در اقدام برای پیشگیری از تخریب محیط‌زیستی باشد.

۳-۲-۳- از هدف‌های نهایی سیاست تا اقدام ملموس

سیاست آب زیرزمینی، چارچوب اقدام ملی را برای مدیریت آب زیرزمینی پی‌ریزی می‌کند. برای میسرشدن پیاده‌سازی، لازم است نقش‌ها و مسئولیت‌ها، و چگونگی تفکیک آنها در سطوح ملی، منطقه‌ای و محلی، به روشنی تعریف و تمام ذینفعان آن را درک کنند. برای نمونه، درباره ارتباط با سیاست ملی امنیت غذایی، یا یارانه‌های حفر چاه و پمپاژ باید در سطح ملی تصمیم‌گیری شود. به همین صورت، نهادهای ملی باید مسئولیت تأمین مالی نظام پایش آب زیرزمینی و مدیریت و انتشار اطلاعات آب زیرزمینی را بر عهده داشته باشند. ذینفعان در سطح محلی، تشکل‌های بهره‌برداران آب زیرزمینی را تشکیل می‌دهند. در این تشکل‌ها،

بهره‌برداران محلی آب درباره اقدامات محلی مدیریت که مسائل اولویت‌دار و منافع محلی را به حساب می‌آورد به توافق می‌رسند، و سپس مستقیماً پیاده‌سازی را بر عهده می‌گیرند.

«برنامه ملی مدیریت آب زیرزمینی باید در فرایندی شفاف و دسترس‌پذیر برای همگان تهیه شود.»

وقتی هدف‌های نهایی و اصول در سیاست آب زیرزمینی مشخص شد، برای تعیین اقدامات لازم، به اطلاعات و بررسی نیازها و تقاضا نیز نیاز است. اطلاعات و داده‌ها باید مشارکتی گردآوری شود- با مشارکت دستگاه‌های فنی و نمایندگان بهره‌برداران محلی- تا ارزیابی‌های زیر امکان‌پذیر گردد:

- چارچوب نهادی و قوانین موجود
- دانش و مهارت‌های فنی موجود
- چه داده‌هایی درباره آبخوان‌ها فراهم است
- دسته‌بندی آبخوان‌ها بر اساس ویژگی‌های هیدرولوژیکی و دغدغه‌های بالقوه مدیریت، و
- ذینفعان در مدیریت آب زیرزمینی چه کسانی هستند.

برنامه ملی مدیریت آب زیرزمینی باید با استفاده از مطالعات آسیب‌شناسی بر اساس اطلاعات موجود، با هدف شناسایی و اولویت‌بندی اقدامات لازم تهیه شود. این برنامه باید در فرایندی همگانی و شفاف تهیه شود که در آن، تمام ذینفعان بتوانند به سهم خود نقش داشته باشند. اطمینان از مشارکت اثربخش (به فصل ۵ کتاب مذاکره مراجعه نمائید)، ابزار ضروری برای بهبود اتفاق نظر و متعهدسازی به اقدام به شمار می‌آید.

برنامه ملی مدیریت آب زیرزمینی باید هدف‌های نهایی مدیریت آب زیرزمینی را تعیین نماید و نقشه راه پیاده‌سازی باشد. بر پایه چارچوب فراهم‌شده سیاست و مطالعات آسیب‌شناسی، برنامه مدیریت باید اقدامات لازم را برای پرداختن به مشکلات خاص یا فشارهای وارد بر آب زیرزمینی در شرایط خاص مشخص نماید. جدول۳-۱ نمونه‌هایی از اقدامات معطوف به مبدأ، معطوف به منبع یا اقدامات ترمیمی را به دست می‌دهد که ممکن است در برنامه‌های مدیریت آب زیرزمینی گنجانده شوند. دستیابی به هدف کلی بهره‌برداری پایدار آب زیرزمینی نیازمند آن است که سه نوع اقدام در رویکردی منسجم در پیاده‌سازی سیاست ترکیب شوند.

جدول۳-۱- اقدامات مشخص‌شده در برنامه‌های مدیریت آب زیرزمینی

نوع تدابیر	هدف	نمونه‌ها
معطوف به مبدأ	به حداقل رساندن و پیشگیری از اثرات در مبدأ	• الزامات اعطای حق و صدور مجوز • استانداردهای کیفیت تخلیه فاضلاب • الزامات مدیریت در محل برای کنترل آلودگی چندنقطه‌ای • مدیریت اجباری و غیر اجباری تقاضا • مشوق‌های اقتصادی برای کاهش آلوده‌سازی • توسعه تکنولوژی‌هایی با پسماند کم و بدون پسماند
معطوف به منبع	مدیریت منبع	• نظام ملی دسته‌بندی آب زیرزمینی • تعیین دسته‌های مدیریت آب زیرزمینی • تعیین هدف‌های کیفیت بر اساس دسته‌های مدیریت • مشخص کردن ذخیره محفوظ برای تأمین نیازهای پایه انسان و ذخیره محفوظ اکولوژیکی برای حفاظت از اکوسیستم‌ها
ترمیم	احیای کیفیت آب زیرزمینی یا ذخیره آبخوان	• اولویت‌بندی مکان‌ها • پاکسازی مکان‌های متروک • پاسخ اضطراری در موارد نشت • کاهش برداشت برای بازگرداندن ذخیره

«برنامه‌های مدیریت آب زیرزمینی باید با رویکرد تطبیقی پیاده شوند.»

فصل۵ توضیحات بیشتری درباره چگونگی پیاده‌سازی اقدامات مدیریت به دست می‌دهد که در حکمرانی آب زیرزمینی، نیاز است با بنیان‌گذاری قواعد عملیاتی درباره استفاده و حفاظت آب زیرزمینی، متناسب با آسیب‌پذیری و استفاده‌های آبخوان پشتیبانی شود (به نمونه۳-۱ مراجعه نمائید). این قواعد نیاز است با تدابیر انگیزه‌بخش در راستای تشویق به اقدام یا بازداشتن آن در جامعه محلی و برنامه‌های آموزشی برای افزایش سطح آگاهی و پرورش مهارت‌های لازم برای جوامع محلی در مدیریت آب زیرزمینی تکمیل شود. افزون بر این، خدمات ترویجی برای توصیه و کمک به جوامع محلی درباره بهترین شکل استفاده از آب زیرزمینی نیاز است. این خدمات باید بر پایه تحقیق و توسعه راه‌های جدید و بهتر مدیریت آب زیرزمینی، به کاربستن الگوهای موفق و ظرفیت‌سازی برای کمک به جوامع محلی در قاعده‌مندسازی بهره‌برداری آب زیرزمینی به

دست خود بهره‌برداران باشد. راه‌اندازی برنامه‌های پایش برای ثبت تغییرات در آبخوان و بهنگام‌سازی مطالعات آسیب‌شناختی مهم است. برنامه‌های مدیریت آب زیرزمینی باید با استفاده از رویکردی تطبیقی پیاده شوند. در چنین رویکردی، پایش و درس‌آموزی از تجربه برای بهنگام‌سازی و بهبود برنامه‌های آتی استفاده می‌شوند.

کادر ۳–۱– رویکرد تفکیکی در آفریقای جنوبی

در آفریقای جنوبی، ویژگی‌ها و استفاده آب زیرزمینی در مقیاس محلی، بسیار متفاوت است، و تشخیص داده شد حفاظت از تمام منابع آب زیرزمینی به یک اندازه، از نظر فیزیکی و اقتصادی ناممکن است. از این رو سیاست آب آفریقای جنوبی پیشگیری از تأثیر منفی بر محیط آبی را با تمام هزینه‌ها هدف قرار نداد، چون به این کشور اجازه نمی‌داد توسعه اجتماعی و رشد اقتصادی را که بسیار نیازمند آن بود محقق سازد. برای اقدام اثربخش و متمرکز، رویکرد تفکیکی در حفاظت، بر پایه آسیب‌پذیری و اهمیت محلی و منطقه‌ای آبخوان‌ها در پیش گرفته شد. برابر نظام طراحی‌شده، هر آبخوان بر اساس کارکرد تعیین‌شده – از جمله استفاده‌های مصرفی مستقیم، استفاده‌های مولد یا پشتیبانی اکوسیستم‌ها– بر پایه اهمیت آبخوان مورد نظر از نظر آبدهی بالقوه و سطح وابستگی جوامع محلی به آبخوان دسته‌بندی می‌شود. با این همه، برای آبخوان‌هایی که تنها منبع تأمین آب برای جوامع محلی هستند، صرف نظر از آبدهی بالقوه، جایگاه ویژه‌ای در نظر گرفته می‌شود و از بالاترین سطح حفاظت برخوردار می‌شوند.

۳–۳– چارچوب قوانین برای مدیریت آب زیرزمینی

۳–۳–۱– نقش قوانین درباره آب زیرزمینی

سیاست‌های توسعه و مدیریت پایدار آب زیرزمینی باید در قالب قوانین، نظام‌مند شوند. قوانین، قواعد بهره‌برداری و حفاظت منابع آب زیرزمینی را مشخص می‌کنند. نگاهی تنگ‌نظرانه و کهنه‌شده معتقد است که قوانین، ابزاری برای واداشتن به رعایت قواعد از طریق دادگاه‌ها هستند. هر چند لازم است، ولی قوانین آب زیرزمینی باید چارچوب باثبات قواعد را فراهم آورند تا دولت‌ها و بهره‌برداران آب زیرزمینی بتوانند برای مدیریت آب زیرزمینی در بلندمدت برنامه‌ریزی کنند. نقش قوانین در مدیریت آب زیرزمینی، فراهم‌آوردن مقرراتی است تا منافع رقیب تمام بهره‌برداران آب زیرزمینی، از جمله منافع محیط‌زیست و نسل‌های آینده بتواند منصفانه به حساب آید.

«قوانین، قواعد بهره‌برداری و حفاظت آب زیرزمینی را مشخص می‌کنند.»

قوانین آب زیرزمینی باید به پرسش‌های بسیار عملی که دولت‌ها، دادگاه‌ها و بهره‌برداران آب زیرزمینی، اگر می‌خواهند مشارکت کامل داشته، و پاسخگو باشند، و مدیریت آب زیرزمینی را به پایداری برسانند، به آنها نیاز دارند پاسخ دهد. این پرسش‌ها برای نمونه عبارتند از:

- حقوق و تعهدات بهره‌برداران آب چیست؟
- این حقوق چگونه محافظت می‌شوند و نظارت بر انجام تعهدات چگونه می‌تواند انجام شود؟ چه کسی اختیار انجام آن را دارد؟
- فعالیت‌هایی که بر منابع آب زیرزمینی تأثیر می‌گذارند– مانند توسعه شهری، استخراج معدن یا کشاورزی– ولی دورتر از نقاط تأثیر قرار دارند، چگونه می‌توانند به حساب آورده شوند؟
- نقش ائتلاف‌ها میان بهره‌برداران آب زیرزمینی چیست؟
- مبنای قانونی برای ایالت‌ها در یک کشور فدرال برای دخالت در مدیریت آبخوان مشترک با ایالت دیگر چیست؟
- درباره چه مسائلی یک کشور می‌تواند ادعای حقوقی درباره مدیریت آب زیرزمینی در کشور همسایه داشته باشد؟

قوانین اثربخش برای آب زیرزمینی باید افراد و گروه‌های ذینفع را قادر سازد از تهدیدهای مهمی که متوجه آب زیرزمینی است، مانند بیش‌بهره‌برداری و آلوده‌شدن (به فصل۲ مراجعه نمائید) جلوگیری یا اثرات را ترمیم کنند. برای نمونه، این سناریو را در نظر بگیرید که بهره‌برداران چاه‌ها درمی‌یابند که آبدهی پمپاژ از چاه، رو به اُفت دارد و آب آلوده می‌شود. آنان به قوانین نیاز دارند تا به آنان کمک کند مسببان چنین وضعیتی را به پاسخگویی وادارند و نیز نقش‌ها و مسئولیت‌ها را در برنامه ترمیم مشخص سازد. مسبب مشکلات– برای نمونه یک شرکت آبجوسازی که از یک آبخوان، بیش از اندازه برداشت می‌کند یا شرکت استخراج معدن سبب آلوده‌شدن آب زیرزمینی می‌شود– سازمان‌های قدرتمندی هستند، شهروندان به قوانین نیاز دارند که راه و رسم حفاظت و مطالبه حقوق منصفانه آنها را مشخص کرده باشد. قوانین همچنین باید به همه برای پیشگیری از اُفت وضعیت و آلوده‌شدن آبخوان کمک کند.

۳-۳-۲- برداشت و استفاده آب زیرزمینی

به لحاظ تاریخی، حقوق استفاده از آب زیرزمینی غالباً به حقوق مالکیت زمین منضم بوده است، و بر این اساس مالکان زمین حق داشتند آب زیرزمینی را از زیر املاک خود استخراج نمایند. مشکل اینجا است که زمین‌دار مجاور، به دلیل ماهیت مشترک‌بودن آب زیرزمینی، همان حق را نسبت به همان منبع ادعا خواهد کرد. اگر پمپ‌های مجاور، مقادیر زیادی آب را پمپاژ کنند- برای نمونه برای آبیاری یا کارخانه آب بسته‌بندی- این کار آب را از محدوده‌های مجاور به سمت خود می‌کشد و سبب می‌شود چاهی که زمین‌دار اول استفاده می‌کند خشک شود. رقابت بر سر آب در جاهایی که هیچ الزامی برای دریافت مجوز وجود نداشته باشد تا مواد و شروط استفاده از آب زیرزمینی، از جمله مقدار و نرخ برداشت را تعیین نماید شدیدتر می‌شود. سپس اختلاف‌ها میان زمین‌داران به شکایت می‌انجامد و طرف‌های اختلاف در دادگاه ادله خود را مطرح می‌کنند. قوانینی که برای همه زمین‌داران، دعاوی مبتنی بر املاک را برای آب زیرزمینی، به یک اندازه معتبر می‌داند، می‌تواند تعارض و اقامه دعوای بی‌پایانی را به وجود آورد و در عین حال، تأثیر چندانی بر کاهش ریسک بیش‌برداشت و در نهایت خالی‌شدن سفره نداشته باشد.

قوانین اثربخش آب زیرزمینی نباید دادگاه را ابزاری برای روشن‌شدن حقوق حفر چاه و برداشت آب زیرزمینی به کار گیرند. با تشخیص این مهم، روندی در سطح جهان برای جایگزینی قواعدی که حقوق استفاده از آب زیرزمینی را به مالکیت زمین پیوند می‌زند، با قوانینی که برابر آنها، با ابزارهای گوناگون، دولت می‌تواند برداشت و استفاده از آب زیرزمینی را قاعده‌مند سازد به وجود آمده است. برای قطع استمرار چرخه تعارض، لازم است ماهیت مشترک‌بودن منبع آب زیرزمینی در قوانین به شکل زیر بازتاب یابد:

- خارج‌کردن آب زیرزمینی از کنترل انحصاری زمین‌داران و وضع حدود برای حقوق برداشت آنها
- قراردادن منابع آب زیرزمینی تحت نظارت دولت، و
- گشودن فرصت‌های برداشت و بهره‌برداری آب زیرزمینی به روی کسانی که مالک زمین نیستند.

«قوانین باید ساز و کارهایی را برای دولت‌ها برای رسیدگی به امور حقوق برداشت فراهم آورد.»

اگر مسئولیت منبع بر عهده دولت باشد، قوانین باید ساز و کارهایی را برای دولت‌ها برای رسیدگی به امور حقوق برداشت فراهم آورند. سپس، استفاده‌کنندگان آب زیرزمینی مانند خانوارها، زارعان یا شرکت آبجوسازی باید از دولت برای استفاده از آب اجازه بگیرند- برای نمونه در قالب مجوز یا پروانه- پیش از آنکه چاهی حفر کنند یا آب زیرزمینی را استخراج نمایند (به نمونه۳-۲ مراجعه نمائید). حقوق ناشی از چنین اجازه‌ای، با تعهدات رسمیت خواهد یافت. با گنجاندن حقوق و تعهدات در قالب مجوز یا پروانه، دستگاه‌های مسئول امکان می‌یابند منافع مشروع بهره‌برداران آب زیرزمینی را با پایداری نرخ‌های برداشت متوازن کنند. دستگاه‌های مسئول می‌توانند با توجه به نیازهای آب، زیستگاه‌های وابسته به آب زیرزمینی، مشخصاً تالاب‌ها و

واحه‌ها، اهمیت درخواست برداشت پیشنهادی را تعیین کنند. در همه موارد، برقراری توازن لازم، به دست دولت انجام می‌گیرد، که در جایگاه بهتری نسبت به زمین‌داران برای بررسی دقیق تمام منافع مطرح، از جمله منافع تنوع زیستی و نسل‌های آینده قرار دارد. با این همه، دولت همچنین باید اطمینان یابد که ظرفیت کافی برای اداره امور مربوط به صدور مجوز استخراج و نیز استیفای حقوق (ستاندن حقوق) وجود دارد، در غیر این صورت قوانین، اثربخشی نخواهند داشت (به نمونه۳-۳ مراجعه نمائید).

نمونه۳-۲- الزامات صدور مجوز استخراج آب زیرزمینی در قوانین آب مکزیک

قانون آب‌های ملی مکزیک در سال ۱۹۹۲ به تصویب رسید و در ۲۰۱۳ اصلاح شد. شالوده این قانون، مالکیت دولت بر منابع آب است، که آب زیرزمینی را نیز شامل می‌شود. استخراج و استفاده از آب زیرزمینی از آبخوانی که دولت آن را در وضعیت بیش‌بهره‌برداری تشخیص داده است، نیازمند دریافت مجوز بهره‌برداری از دولت است. الزام دریافت مجوز بهره‌برداری، برداشت‌های جاری را نیز شامل می‌شود و مشمول مقررات خواهند شد. مجوزهای بهره‌برداری برابر مواد و شروط معین، از جمله در مورد مدت جواز اعطا می‌شوند. این مدت نمی‌تواند از سی سال بیشتر باشد، و معادل آن قابل تمدید است. افزون بر این، جواز جداگانه‌ای از دولت برای حفر چاه‌های جدید، و اصلاح چاه‌های موجود در آبخوان‌های بیش‌بهره‌برداری شده لازم است. به عکس این قاعده عمومی در قانون که دارندگان جوازهای برداشت آب می‌توانند آن را جدا از زمین واگذار کنند (از جمله با فروش)، جوازهای برداشت آب زیرزمینی از آبخوان‌هایی که بیش از اندازه بهره‌برداری شده‌اند، تنها به همراه زمین مربوطه قابل واگذار است. این قاعده بعدها تغییر کرد و آب زیرزمینی می‌تواند جدا از زمین واگذار شود، مادامی که معاملات، مستلزم انتقال آب زیرزمینی به بیرون از آبخوان نباشد، و طرف‌های ثالث تحت تأثیر قرار نگیرند. در همه موارد، فروشنده و خریدار آب زیرزمینی مشترکاً و جداگانه، مسئول هزینه مسدودسازی چاه‌های استفاده‌نشده هستند.

نمونه۳-۳- وضع مقررات بر آب زیرزمینی در آفریقای جنوبی

در آفریقای جنوبی، قانون ملی آب (۱۹۹۸)، ستون فقرات حکمرانی آب زیرزمینی و مبتنی بر سه رکن عدالت اجتماعی، کارآیی اقتصادی و پایداری محیط‌زیست است. این قانون، تهیه استراتژی ملی منابع آب را برای تعیین چارچوب ملی مدیریت منابع آب و تقسیم کشور به ۱۹ محدوده مدیریت آب الزام کرده است.

به عکس گذشته، اکنون آب یک منبع عمومی در نظر گرفته می‌شود و بنابراین، در کنترل دولت قرار می‌گیرد. مالکیت آب وجود ندارد، و تنها حق داشتن آب برای تأمین نیازهای پایه انسان و نیازهای محیط‌زیست (ذخیره محفوظ نامیده می‌شود) یا کسب اجازه برای استفاده از آن وجود دارد. قانون ملی آب و استراتژی ملی منابع آب، مقرراتی را درباره استفاده از آب، ثبت استفاده آب و اجازه‌های گوناگون (یعنی استفاده آب، اجازه‌های عمومی، استفاده قانونی موجود و مجوزهای استفاده از آب) مقرر کرده است.

با این همه، موضع قانون درباره صدور مجوز آب زیرزمینی، برای بهره‌برداران و نیز برنامه‌ریزان ابهاماتی دارد، به ویژه درباره مقررات حاکم بر دولت محلی (به عنوان استفاده‌کننده آب). این مسئله، در ترکیب با فرایند آهسته بررسی و تأیید درخواست‌ها، سبب تعویق صدور مجوزهای آب زیرزمینی شده است. تنها حدود ۲۰ درصد استفاده‌های ثبت‌شده آب زیرزمینی تا سال ۲۰۱۱ تأیید شده‌اند. ظرفیت محدود وزارتخانه آب در انجام این کار، به ضرر ساماندهی اثربخش استفاده آب زیرزمینی است، و از این رو، روند صدور مجوز استفاده از آب نامطلوب است.

تصمیم‌گیری دولت درباره حقوق حفر و استخراج، با هدف پیشگیری از تعارض بر سر آب زیرزمینی و پیشبرد مدیریت آب زیرزمینی در بیرون از دادگاه است. هدف آن، حفاظت آب زیرزمینی در برابر خالی‌شدن

تدریجی، از طریق فرایند تخصیص حقوق برداشت، با در نظرگرفتن تمام منافع رقیب است. اطلاعات برای موفقیت، اهمیت کلیدی دارد. از این رو، طراحی و پیاده‌سازی قوانین آب زیرزمینی باید با گردآوری و تحلیل داده‌ها، برای نمونه بیلان آب و خصوصیات آبخوان (قسمت۲-۳) پشتیبانی شود. البته، تصمیم‌های دولت مصون از چالش‌های حقوقی نخواهد بود، و قوانین باید اطمینان دهند که مسیرهای قانونی برای دادگاه‌ها برای صدور حکم درباره تصمیم‌های مورد اختلاف فراهم است. البته روی هم‌رفته، محاسن فرایند ضابطه‌مند تخصیص منبع، با هدایت دولت به شیوه‌ای شفاف، برتری زیادی بر ضعف‌های آن دارد.

۳-۳-۳- آلوده‌شدن آب زیرزمینی و انسجام و پیوستگی با مقررات کاربری اراضی

دادگاه‌ها برای پرداختن به موضوع پیچیده تعیین اینکه چه کسی مسئول آلوده‌شدن آب زیرزمینی است، به خوبی تجهیز نشده‌اند. با توجه به طبیعت پنهان جابجایی آب و آلاینده‌ها در زیر زمین، غالباً تعیین منشأ آلودگی با قطعیت، ناممکن است. از این رو، اهرم اصلی قوانین باید پیشگیری از آلوده‌شدن جدید و کاهش و ترمیم آلودگی موجود باشد. نظارت بر رعایت قوانین، مؤلفه اساسی قوانین کنترل آلوده‌سازی، به موازات مقررات پیشگیرانه به شمار می‌آید، و نیز اقدامات ترمیمی به هزینه متخلف (آلوده‌کننده پرداخت می‌کند) یا، اگر شدنی نباشد، وضع جریمه‌های مالی و لغو موقتی یا همیشگی فعالیت‌های آلوده‌ساز (به نمونه‌های ۳-۴ و ۳-۵ مراجعه نمائید).

«نظارت بر رعایت قوانین، مؤلفه اساسی قوانین کنترل آلوده‌سازی به شمار می‌آید.»

رویکردها در مقررات‌گذاری برای آلودگی از منشأ نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای باید متفاوت باشد. آلودگی غیر نقطه‌ای مواقعی رخ می‌دهد که آلاینده‌ها از چندین منشأ، مانند معدن، پالایشگاه شیمیایی یا تأسیسات تصفیه فاضلاب تخلیه می‌شوند، و به آبخوان می‌رسند. در این موارد، قوانین باید آلوده‌سازان را به دریافت مجوز از دولت برای تخلیه فاضلاب (مشمول تعهدات) ملزم سازد. سپس، دستگاه‌های نظارتی می‌توانند از فرایند صدور مجوز برای اعمال حدود سختگیرانه بر کمیت آلاینده‌های رهاسازی‌شده و نیز نرخ تخلیه استفاده کنند. از این رو، هدف قوانین باید متوازن‌سازی منافع تولیدکنندگان پسماند، با حقوق بهره‌برداران وابسته به کیفیت خوب آب زیرزمینی، از جمله تأمین آب شرب و حفظ اکوسیستم‌ها باشد.

تصویر۳-۱- فاضلاب شهری و صنعتی، از منابع آلوده‌سازی آب زیرزمینی است.

مجوزهای تخلیه برای کنترل آلودگی چندنقطه‌ای مناسب نیستند، چون معمولاً مشخص کردن جای دقیق منشأ آلودگی ناممکن است. آلودگی با منشأ چندنقطه‌ای، از زهکشی اراضی زراعی، یا برای نمونه، از رواناب باران در نواحی شهری نشأت می‌گیرد. هدف باید تغییر از کنترل تخلیه پسماند به مقررات‌گذاری درباره کاربری اراضی و چگونگی مدیریت آن باشد. این موضوع برای منشأ نقطه‌ای آلودگی مانند دفن زباله، انباشت پسماند و تأسیسات ذخیره زیرزمینی نیز صادق است که نشت آلاینده‌ها سبب آلوده‌شدن آب زیرزمینی می‌شود.

نمونه۳–۴– مقررات حاکم بر آلوده‌شدن آب زیرزمینی در مکزیک

برابر قانون آب‌های ملی مکزیک، مصوب سال ۱۹۹۲ و اصلاح‌شده در ۲۰۱۳، تخلیه فاضلاب در سطح و زیر زمین، چنانچه ریسک آلوده‌شدن آب زیرزمینی وجود داشته باشد، نیازمند دریافت مجوز از دولت است. مجوزها برابر مواد و شروط اعطا می‌شود، از جمله درباره الزامات تصفیه، و مدت زمان. تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها از طریق تزریق فاضلاب، نیازمند مجوز دولت است.

این قانون همچنین آلوده‌شدن آب زیرزمینی از منشأ غیر نقطه‌ای، مشخصاً ناشی از اراضی زراعی را مورد توجه قرار می‌دهد. بهره‌برداران آب آبیاری موظفند استانداردها و ضوابط رسمی را که استفاده از مواد آلوده‌کننده احتمالی آب زیرزمینی را محدود می‌سازد رعایت کنند. افزون بر این، تشکیلات فدرال آب، موظف به پیگیری همخوانی استانداردهای کاربری اراضی، با هدف حفاظت از کیفیت آب زیرزمینی است که در قانون مقرر شده است.

در نهایت، این قانون، این اصل را بنیان گذاشته است که اگر آلودگی به سبب عدم رعایت ضوابط قانونی رخ دهد، مسئولیت رفع خسارت به محیط، بر عهده متخلف است و وی باید آلودگی را برطرف و پیکره آبی را به شرایط قبل از آلوده‌شدن بازگرداند، یا اگر شدنی نباشد، متعهد خواهد بود مبلغ خسارت را به میزانی که مرجع ذیصلاح دولت تعیین می‌کند پرداخت نماید.

نمونه۳–۵– مقررات حاکم بر آلوده‌شدن آب زیرزمینی در هند

چارچوب نهادی و قوانین حفاظت آب زیرزمینی در هند پیچیده است. علت این است که قانونگذاری درباره مسائل مرتبط با آب بر عهده ایالت‌ها گذاشته شده است تا دولت مرکزی، و بیشتر ایالت‌ها قوانینی را تصویب کرده‌اند که تنها در محدوده‌های جغرافیایی معین قابل کاربرد است و در نتیجه، سیاست‌های مختلفی در سطوح فدرال و ایالتی جاری است.

قانون آب سال ۱۹۴۷ (پیشگیری و کنترل آلودگی) نخستین قانونگذاری ملی بود که با هدف کنترل آلوده‌شدن آب طراحی شد و دستگاه‌های نظارتی مرکزی و ایالتی را تأسیس نمود. با این همه، قانون (حفاظت) محیط‌زیستی سال ۱۹۸۶ به بیشتر مسائل آلودگی در هند می‌پردازد. افزون بر این، سیزده فرمان سیاستی و قانونی دیگر نیز درباره حفاظت آب زیرزمینی وجود دارد. شورای مرکزی کنترل آلودگی (CPCB)، و در سطح ایالتی، سازمان مرکزی آب زیرزمینی (CGWA) و شورای مرکزی آب زیرزمینی (CGWB)، دستگاه‌های اصلی مسئول به شمار می‌آیند. سازمان مرکزی آب زیرزمینی، دستگاه‌های منطقه‌ای و محلی را در هر ایالت برای نظارت بر اجرای مقررات در محدوده‌های تعیین‌شده و کنترل بیش‌بهره‌برداری و تغذیه منصوب کرده است.

آمارهای اجرا و رعایت مقررات کنترل آلودگی در هفده دسته از صنایع آلوده‌کننده نشان می‌دهد که از میان ۲،۵۲۶ کارخانه صنعتی بزرگ، ۱۸ درصد بسته شده‌اند، ۱۰ درصد تعلیق شده‌اند، و ۷۱ درصد مقررات را رعایت کرده‌اند، یعنی دستگاه‌های کنترل آلودگی را نصب کرده‌اند. از سویی دیگر، کنترل آلودگی ۳۳/۵ میلیون کارگاه کوچک و متوسط صنعتی، کمتر اثربخش بوده است و شمار بزرگی از تأسیسات تصفیه فاضلاب، عملکرد مناسبی ندارند.

در این چارچوب، نظارت بر اجرای مقررات، آسان نیست و دستگاه‌های ایالتی به خوبی تجهیز نشده‌اند (فاقد امکانات یا بودجه هستند). افزون بر این، قوانین مدیریت آب زیرزمینی در هند، از چارچوب پیچیده و چندلایه‌ای از مواد قانون اساسی و قوانین در سطوح مرکزی و ایالتی تشکیل می‌شود. روشن است که مدیریت آب زیرزمینی ذیل اختیارات ایالت‌ها قرار دارد و برای عملی‌سازی آن، دولت مرکزی از دهه ۱۹۷۰، الگوی لایحه آب زیرزمینی را منتشر کرده است که چندین بار در متن آن تا ۲۰۱۱ اصلاحات صورت گرفته است. متأسفانه تا سال ۲۰۱۳، از میان ۳۰ ایالت و قلمروهای متحد، حدود نیمی از آنها قوانین و مقررات آب زیرزمینی را با استناد به این الگو تصویب کرده‌اند و تنها اندک‌شماری از آنها به طور رسمی آن را به کار گرفته‌اند.

قاعده‌گذاری برای کاربری اراضی نیز در حفاظت از محدوده‌های تغذیه و تخلیه آبخوان‌ها بسیار مهم است، به ویژه جاهایی که با خطر خالی‌شدن سفره یا آلوده‌شدن آب زیرزمینی روبرو هستند. مقررات کاربری اراضی از

این نوع، معمولاً در قوانین آب در قالب موادی گنجانده می‌شوند که دستگاه‌های دولتی مدیریت آب را قادر می‌سازد محدوده‌هایی را که تدابیر ویژه‌ای برای حفاظت آب زیرزمینی نیاز است مورد توجه قرار دهند (نمونه۳-۶ را ببینید). این تدابیر معمولاً شامل محدودیت کاربری اراضی و محدودیت درباره برداشت و استفاده از آب زیرزمینی است که نسبت به جاهای دیگر سخت‌گیرانه‌تر هستند.

نمونه۳-۶- مقررات حاکم بر آلوده‌شدن آب زیرزمینی در اسپانیا

قانون آب اسپانیا در سال ۱۹۸۵ برای نخستین‌بار مقرر کرد که تمام آب‌ها به قلمرو عمومی تعلق دارند (از جمله آب زیرزمینی). با این همه، مالکان فعلی می‌توانستند مالکیت خصوصی خود را حفظ کنند، ولی باید تصمیم می‌گرفتند آیا می‌خواهند برای همیشه در رژیم مالکیت خصوصی باقی بمانند (در این حالت، باید خود را در فهرست آب‌های خصوصی ثبت کنند) یا در رژیم گذار از مالکیت خصوصی بمانند و مالکیت‌شان بعد از ۲۰۳۸، به حق بهره‌برداری عمومی تبدیل شود. با اینکه از آن سال به بعد، اصلاحات مختلفی صورت گرفته است- به دلیل ضرورت تطبیق قانون آب سال ۱۹۸۵ با چالش‌های جدید و همسویی با نظام‌نامه مدیریت آب اتحادیه اروپایی (WFD)- چارچوب کلی کنترل آلوده‌شدن آب زیرزمینی همان باقی مانده است.

مشابه قانون مکزیک، بر اساس قانون آب سال ۲۰۰۱ که اینک جاری است، تخلیه پسماند با پتانسیل آلوده‌سازی آب زیرزمینی، تنها در صورتی مجاز است که مطالعات هیدرولوژیکی قبلی نشان داده باشد که برای پیکره آبی مورد نظر، بی‌خطر است. در غیر این صورت، تخلیه آلاینده‌ها نیازمند مجوز یا موافقت قبلی است که برابر شروطی، نشت را مجاز می‌داند و کل هزینه را آلوده‌کننده باید بر اساس اصل «آلوده‌کننده پرداخت می‌کند» پرداخت نماید. این قانون همچنین مقرر می‌کند که مجوز راه‌اندازی یک فعالیت صنعتی که می‌تواند سبب نشت آلاینده شود، ممکن است منوط به داشتن مجوز است و دولت باید بتواند از فعالیت‌های صنعتی که بالقوه می‌تواند آب‌ها را در محدوده‌های معین آلوده سازد، جلوگیری نماید. چنانچه شروط مقرر در مجوز رعایت نشود یا بدون کسب اجازه، آلودگی صورت گیرد، مجازات در پی خواهد داشت و نیز آلوده‌ساز موظف است وضعیت آب‌های آلوده‌شده به شرایط پیش از آلوده‌سازی برگرداند.

بنابراین، لازم است چندین مؤلفه در قوانین اثربخش برای کنترل آلودگی آب زیرزمینی مقرر گردد. وضع قوانین برای کنترل تخلیه پسماند، و پشتیبانی ساز و کارهای نظارت بر اجرای قوانین، لازم است، در عین حال قوانین آب باید با قوانین کاربری اراضی و برنامه‌ریزی شهری و کشور نیز تطبیق داشته باشد. دستیابی به انسجام لازم در خود قوانین و در اداره واقعی امور، چالش عمده‌ای به شمار می‌آید.

۳-۳-۴- منافع بهره‌برداران محلی آب زیرزمینی

هدف قوانین آب باید فراهم‌آوردن روال‌ها و ساز و کارهایی باشد که بتوانند تمام منافع ذیربط را به حساب آورند. مشارکت در مدیریت آب به افزایش عدالت و پاسخگویی این نظام کمک می‌کند. مشارکت ممکن است از طریق ترتیبات غیر رسمی امکان‌پذیر باشد، ولی این شیوه غالباً به نفع گروه‌های قدرتمندتر، مانند شرکت‌های بزرگ است. از این رو، قوانین امروزی آب به شکل فزاینده‌ای خواهان شکل‌گیری تشکل‌های رسمی بهره‌برداران آب زیرزمینی هستند و برای آنان جایگاه قانونی قائل می‌شوند (همچنین به کتاب «رهنمودهای اصلاح حکمرانی» مراجعه نمائید). به این تشکل‌ها، رسیدگی به اجرای مقررات در سطح محلی

سپرده می‌شود و از این رو، ابزار رسمی ارتباط و هماهنگ‌سازی مدیریت با مراجع دولتی را برای بهره‌برداران آب زیرزمینی فراهم می‌آورد. این تشکل‌ها به اطمینان‌یافتن از اینکه تمام گروه‌های ذینفع می‌توانند دغدغه‌های خود را به گوش مسئولان برسانند، و اجماع‌سازی بر سر تدابیر حفاظت از آبخوان‌ها در برابر خالی‌شدن سفره و آلوده‌شدن آب زیرزمینی کمک می‌کنند. بنابراین، تشکل‌های بهره‌برداران آب زیرزمینی می‌توانند به متوازن‌سازی منافع گروه‌های قدرتمندتر، کمک کنند و شفافیت، پاسخگویی و اثربخشی را در پیاده‌سازی قوانین افزایش دهند. فصل۵ توضیحات بیشتری درباره فرایندهای سازمان‌یابی اجتماعی، که تسهیل‌کننده مشارکت و مسئولیت‌پذیری بهره‌برداران محلی آب زیرزمینی است ارائه می‌کند.

«قوانین آب باید روال‌ها و ساز و کارهایی را فراهم آورد که تمام منافع ذیربط را به حساب می‌آورند.»

نمونه۳–۷– تشکل بهره‌برداران محلی آب زیرزمینی در بارسلونا، اسپانیا

تشکل بهره‌برداران آب زیرزمینی بارسلونا در سال ۱۹۷۵، در زمانی که آب هنوز برابر قانون آب ۱۸۷۶ خصوصی بود تشکیل شد. عوامل مساعد محلی که مشوق شکل‌گیری این تشکل خاص بود عبارت بود از وجود مطالعات تفصیلی وضعیت آب زیرزمینی و در نتیجه آگاهی از نقش اساسی آب زیرزمینی در اقتصاد محلی. مهم‌تر از همه، سطح خوبی از اعتماد میان تشکیلات دولتی آب و بهره‌برداران آب وجود داشت، که در آن زمان غالباً تأمین‌کنندگان آب و صنایع بودند تا کشاورزی.

این تشکل به عنوان یک نهاد خصوصی به ثبت رسید و از پشتیبانی تشکیلات دولتی آب و دستگاه‌های شهری برخوردار بود. هدف آن، حفاظت از حقوق خصوصی آب زیرزمینی، تضمین موجودی آب در دوره‌های خشکسالی، و متوقف‌ساختن و معکوس‌ساختن روند اُفت وضعیت آب زیرزمینی است. آئین‌نامه‌های این تشکل امکان تأمین بودجه، مجازات متخلفان و نمایندگی حقوق آب اعضای آن را فراهم آورده است.

نتایج مثبت عبارتند از کنترل بهره‌برداری‌های جدید آب زیرزمینی و کاهش برداشت آب زیرزمینی، پایان‌دادن به دفن پسماند، و پیاده‌سازی برنامه پایش. موفقیت آن بدین معنا است که بیشتر بهره‌برداران آب زیرزمینی در این محدوده به این تشکل پیوسته‌اند، و نیز به معنای افزایش سرمایه‌گذاری عمومی در این محدوده است که ممکن بود در غیر این صورت انجام نشود.

۳–۳–۵– قوانین آب زیرزمینی در کشورهای فدرال

آبخوان‌ها لزوماً از تقسیمات سیاسی–اداری پیروی نمی‌کنند و می‌توان انتظار داشت در چندین استان یا ایالت گسترش داشته باشند. در کشورهای فدرال مانند آرژانتین، استرالیا، کانادا، آلمان، هند، مالزی و ایالات متحده، قوانین باید قواعد و روال‌هایی را برای ایالت‌ها در راستای حفاظت از منافع شهروندان خود در برابر اثرات بهره‌برداری یا تنزل وضعیت آب زیرزمینی که در دیگر ایالت‌ها رخ می‌دهد مشخص نمایند. تمهیدات مشخص برای انجام چنین کاری، به چگونگی تقسیم مسئولیت‌ها و اختیارات در سطوح فدرال و ایالتی در هر کشور بستگی دارد. به طور کلی، ایالت‌هایی که بر سر استفاده از منابع آبی که در دو طرف مرزهایشان قرار

می‌گیرد اختلاف دارند، به دادگاه عالی کشور متوسل می‌شوند. برای نمونه، دادگاه عالی ایالات متحده بارها به اختلافات آبی میان ایالت‌ها، رسیدگی و رأی صادر کرده است، با این همه هیچ یک از آنها تاکنون به آب زیرزمینی مربوط نبوده است. کشور هند، ساز و کار ویژه‌ای را برای صدور رأی درباره اختلافات آبی میان ایالت‌ها وضع کرده است، ولی مانند ایالات متحده، تاکنون به آب زیرزمینی نپرداخته است.

در بلندمدت، ایالت‌ها و شهروندان آنها از نتایج مثبت توافقاتی که با مذاکره درباره مسائل آب میان ایالت‌ها حاصل شده است، بهره‌مند خواهند شد. توافقات حاصل مذاکره می‌تواند قواعدی را مشخص سازد که درباره استفاده‌های مشخص از یک آبخوان مشترک، و نیز برای گنجاندن تدابیر لازم برای حفاظت آن بر پایه ویژگی‌های آن مناسب باشد. توافقات مذاکره‌شده ممکن است در همه موارد لازم نباشند، ولی مواقعی که آب زیرزمینی به شدت بهره‌برداری می‌شود یا به ویژه در برابر آلوده‌شدن آسیب‌پذیر است، راهکاری جایگزین تعارض و اقامه دعوا به شمار می‌آیند که در تحقق هدف نهایی مدیریت پیشگیرانه و پایدار آب زیرزمینی موفق‌تر خواهد بود. ایالت‌ها در کشورهای فدرالی به شکل موفق درباره توافقات آبی مذاکره کرده‌اند، و برخی از آنها با آب زیرزمینی به عنوان تکمیل‌کننده آب سطحی ارتباط داشته‌اند. موارد بسیار کمی تنها با آب زیرزمینی سر و کار داشته‌اند، با این همه برخی نمونه‌ها شامل توافق‌نامه آب زیرزمینی مرزی (۱۹۸۵) میان ایالت‌های استرالیای جنوبی و ویکتوریا در استرالیا، و توافق‌نامه بین سازمانی آبخوان Pullman- Moscow (۱۹۹۲) میان ایالت‌های آیداهو و واشنگتن در ایالات متحده را می‌توان نام برد.

۳-۳-۶- آبخوان‌های فرامرزی در مقیاس بین‌المللی

برنامه مدیریت آبخوان‌های مشترک بین‌المللی در یونسکو، بسیاری از آبخوان‌های فرامرزی را در تمام قاره‌ها مستند و به نقشه درآورده است. قواعد تعبیه‌شده در قوانین بین‌المللی، با هدف پیشگیری از زیان‌دیدن کشورها یا ترمیم پیامدها، بر اثرات متقابل بهره‌برداری و مدیریت آب زیرزمینی حاکم است. قوانین بین‌المللی درباره آب زیرزمینی، بر دو قاعده بنیادی زیر استوار است:

- هیچ دولتی حق ندارد آسیب «قابل ملاحظه» را در مرز بین‌المللی، از طریق اقدامات خود یا اقدامات شهروندان خود وارد آورد، و دولت‌ها ملزمند اقداماتی را برای پیشگیری از چنین آسیب‌هایی انجام دهند، و برای حذف یا کاهش آسیب وقتی رخ می‌دهد، اقدام کنند، و
- تمام دولت‌هایی که در یک آبخوان سهیم هستند، مستحق سهم «معقول و عادلانه» در استفاده‌های آب زیرزمینی در آبخوان‌های فرامرزی مشترک هستند.

این دو قاعده اساسی درباره مدیریت آبخوان‌های فرامرزی، و تأثیر متقابل آنها، هسته اصلی آن چیزی است که غالباً به آن قوانین عُرفی بین‌المللی گفته می‌شود و نیز مبنای مذاکرات میان دولت‌ها بر سر منابع مشترک آب زیرزمینی به شمار می‌آید.

« قواعد تعبیه‌شده در قوانین بین‌المللی، بر اثرات متقابل بهره‌برداری و مدیریت آب زیرزمینی حاکم است.»

قوانین عرفی بین‌المللی، برای تمام دولت‌ها الزام‌آور است و مبنای پیمان‌نامه‌ها و توافق‌نامه‌های صورت‌گرفته میان دولت‌هایی است که در آبخوان فرامرزی مشترک هستند. قواعد اساسی در قوانین عرفی بین‌المللی، به همراه دیگر قواعد تکمیل‌کننده، به دست کمیسیون مقررات بین‌المللی سازمان ملل مدون شده است. ابزار مربوطه، قطعنامه سازمان ملل با موضوع «مقررات آبخوان‌های فرامرزی» (۲۰۰۸) است، با این همه، این قطعنامه الزام‌آور نیست، و بحث درباره ماهیت و اثرات مدون‌سازی مقررات آبخوان‌های فرامرزی به دست کمیسیون، تا به امروز در مجمع عمومی سازمان ملل ادامه داشته است.

تا به امروز پیمان‌نامه و توافق‌نامه‌های اندکی را می‌توان برشمرد که مشخصاً به آبخوان فرامرزی پرداخته باشند. مشهورترین آنها عبارتند از:

- دو توافق‌نامه درباره آبخوان Geneva (۱۹۷۸ و ۲۰۰۷)، مشترک میان فرانسه و سوئیس
- توافق بر سر تأسیس یک کمیته مشورتی سه‌جانبه برای سیستم آبخوان شمال غربی صحرای بزرگ آفریقا (۲۰۰۲–۲۰۰۸)، مشترک میان الجزایر، لیبی و تونس.
- توافق بر سر آبخوان Guarani (۲۰۱۰)، مشترک میان آرژانتین، برزیل، پاراگوئه و اوروگوئه، و
- توافق‌نامه آبخوان Al-Sag/Al-Disi (۲۰۱۵) مشترک میان اُردن و عربستان سعودی.

توافق‌نامه آبخوان ژنو، ابزار پیچیده‌ای است که کنترل برداشت‌های آب زیرزمینی، عملیات تغذیه مصنوعی آبخوان، کنترل آلودگی، تقسیم تمام هزینه‌های مربوطه، و یک نهاد دائمی دوجانبه را برای اداره و پیاده‌سازی توافق‌نامه پوشش می‌دهد. در مقابل، توافق‌نامه‌های ساهارای غربی و Guarani از توافق‌نامه‌هایی هستند که یک چارچوب را پی‌ریزی می‌کنند، و هسته اصلی آن، یک نهاد مشترک برای پایش آبخوان، و گردآوری و تبادل داده‌ها است.

از راهکارهای جایگزین پیمان‌نامه‌ها و توافق‌نامه‌های آب زیرزمینی برای دولت‌ها، و شیوه‌ای که متداول‌تر است، گنجاندن آب زیرزمینی در توافق‌نامه‌های آب‌های سطحی فرامرزی یا حوضه‌های آبریز (رودخانه و دریاچه) فرامرزی است (همچنین به کتاب SHARE نگاه کنید[1]). این شیوه معمولاً تعهداتی را که دولت‌ها برای همکاری در مدیریت آب‌های سطحی یا حوضه‌های آبریز رودخانه و دریاچه پذیرفته‌اند، به آب

[1] SHARE- Managing Water Across Boundaries. IUCN, 2008.

زیرزمینی فرامرزی گسترش می‌دهند. نمونه‌های آن عبارتند از کنوانسیون رودخانه دانوب (۱۹۹۴)، کنوانسیون حفاظت راین (۱۹۹۹)، توافق‌نامه چارچوبی حوضه آبریز Sava (۲۰۰۲)، کنوانسیون دریاچه Tanganyika (۲۰۰۳)، کنوانسیون دریاچه ویکتوریا (۲۰۰۳)، پیمان‌نامه صلح میان اسرائیل و اُردن (۱۹۹۴)، و پروتکل کیفیت آب دریاچه‌های بزرگ میان کانادا و ایالات متحده امریکا (۱۹۸۳)، اصلاح کننده توافق‌نامه کیفیت آب دریاچه‌های بزرگ (۱۹۷۸).

۳-۴- معماری نهادی مدیریت آب زیرزمینی

۳-۴-۱- هماهنگی و تمرکززدایی

نقش نهادهای آب، پیاده‌سازی سیاست‌ها و هنجارها، تبدیل تصمیم‌ها به اقدامات عملی و اطمینان از پیاده‌سازی مقررات، روال‌ها و نظارت مقرر در قوانین است. هیچ نقشه ساده‌ای برای چارچوب نهادی یک کشور برای آب یا مدیریت آب زیرزمینی وجود ندارد. بهترین تشکیلات نهادی برای هر کشور، به نظام حاکمیتی و نیز دیگر عوامل مانند شرایط اقلیمی و هیدرولوژیکی و شرایط اجتماعی و اقتصادی بستگی خواهد داشت که مدیریت آب در چارچوب آن صورت می‌گیرد. مدیریت آب، شامل آب‌های سطحی یا زیرزمینی، باید در طیفی از سطوح، در جوامع محلی و سطح ملی و بین‌المللی عملی شود. در همه موارد، نهادهای دخیل در حکمرانی آب و آب زیرزمینی، ترکیبی از وزارتخانه‌ها، دستگاه‌ها، سازمان‌های حوضه و شرکت‌ها هستند، و هر یک از آنها صلاحیت‌ها و اختیارات متفاوتی دارند. با توجه به ماهیت میان‌بخشی آب، نهادهای دیگر بخش‌ها، مانند کشاورزی، کاربری اراضی، انرژی، سلامت و بهداشت نیز در تصمیم‌گیری درباره آب نقش دارند. نقش‌ها و مسئولیت‌ها باید برای هر نهاد، روشن باشد، ترجیحاً در قالب تعریف روشن مأموریت‌ها در قوانین، و هماهنگی میان آنها بسیار ضروری است.

معماری نهادی پایه برای آب و آب زیرزمینی معمولاً در ساختارهای متحد و فدرالی متفاوت است. در کشورهایی که ساختار دولت، متحد است، گرایش به تأسیس نهادهای آبی نیرومند وجود دارد که در سطح ملی عمل می‌کنند، و ذیل آنها سلسله‌مراتبی از نهادها وجود دارد که مدیریت آب را در سطوح پائین‌تر پیاده می‌کنند. در دولت‌های فدرالی، نهادهای آب در سطح استانی یا ایالتی معمولاً استقلال بیشتری دارند و بهره‌برداران آب، دخالت بیشتری دارند. برای نمونه در استرالیا، نهادها در سطح ایالت‌ها سیاست‌های کلی، جهت‌گیری‌های استراتژیک و پارامترهای فنی را برای مدیریت تعیین می‌کنند، و سپس به دست مراجع محلی از طریق طرح‌ها و پروژه‌های مدیریت آب که خاص و منطبق با شرایط محلی است پیاده می‌شود.

«نهادهای آب، تصمیمات را به اقدام عملی تبدیل می‌کنند.»

دست‌اندرکاران هدایت یا تسهیل فرایند بهبود مدیریت آب زیرزمینی باید تشکیلات نهادی موجود و اینکه چگونه می‌تواند تغییر یابد تا اثربخش‌تر گردد ارزیابی کنند. این کار می‌تواند در قالب فرایندی انجام شود که در آن، نهادهای دخیل در امور اجرایی یا مدیریت آب زیرزمینی شناسایی شوند و نقش‌ها و مسئولیت‌ها، توصیف و مقایسه شوند. بر پایه این ارزیابی- که بیشتر در فصل۵ مورد بحث قرار می‌گیرد- شکاف‌ها و ضعف‌ها در مأموریت‌های نهادی باید روشن شود و نیز آیا همپوشانی و مأموریت‌های ناروشن دارند که به اختلال در فرایند پیاده‌سازی حکمرانی خوب آب زیرزمینی منجر می‌شود. سپس بر اساس این اطلاعات، امکان اولویت‌بندی تغییرات لازم در مأموریت‌ها و فعالیت نهادها، و چنانچه لازم باشد، ایجاد نهادهای جدید فراهم می‌آید.

اصل تمرکززدایی، راهنمای مهمی برای الزامات نهادی و نقش‌ها و مسئولیت‌ها به شمار می‌آید. این اصل بیان می‌کند که تصمیم‌ها و فعالیت‌های کلیدی باید در پائین‌ترین سطح اداری ممکن انجام گیرد، چرا که مراجع محلی و شهروندان، در بهترین موقعیت برای تعریف نیازهای خود درباره مدیریت آب و شرایط محلی قرار دارند. بنابراین، مراجع ملی باید تنها برای انجام اقداماتی دخالت کنند که نهادهای محلی‌تر، توان پیاده‌سازی ندارند یا در شرایطی که در سطح محلی کاری انجام نمی‌شود.

«اصل تمرکززدایی، راهنمای مهمی برای نقش‌ها و مسئولیت‌ها به شمار می‌آید.»

پیامد مستقیم تمرکززدایی، افزایش مشارکت همگانی و سازمان‌یابی اجتماعی است. نتیجه کار، دخالت بیشتر مراجع محلی، سازمان‌های جامعه مدنی و شهروندان و توانمندشدن آنان برای پیاده‌سازی مدیریت بهتر است. هر چه تعهد آنان افزایش یابد، احتمال تحقق موفق تغییرات لازم برای مدیریت پایدار آب زیرزمینی افزایش می‌یابد. فصل۵، با جزئیات بیشتری الزامات این موضوع را توصیف می‌کند.

تمرکززدایی بدین معنا نیست که مراجع عالی نقش مهمی نخواهند داشت. به عکس، دولت در انجام مسئولیت خود در پاسداری از همه منابع آب، چارچوب کلی حفاظت و استفاده پایدار آب زیرزمینی را طراحی می‌کند. همچنین، برنامه استراتژیک مدیریت آب زیرزمینی را طراحی می‌کند و اطمینان می‌دهد که منابع لازم برای پیاده‌سازی، فراهم است و به شکل مناسب تخصیص می‌یابد. همچنین اطمینان می‌دهد که مطالعات علمی و تحلیل داده‌ها برای پشتیبانی تصمیم‌گیری در سطح ملی و در سطوح پائین‌تر، انجام می‌شود و فراهم می‌آید.

در آبخوان‌های فرامرزی، چنانچه یک نهاد بین‌المللی وجود داشته باشد، باید فرایند مشترک برنامه‌ریزی استراتژیک را در میان کشورهای سهیم راهبری کند. بسته به مفاد پیمان‌نامه یا توافق‌نامه میان کشورهای سهیم در آبخوان، نهاد بین‌المللی ممکن است در مطالعات مشترک، گردآوری و اشتراک‌گذاری اطلاعات، و در برخی موارد، تأمین مالی مشترک نقش ایفا نماید.

بر پایه اصل تمرکززدایی، جدول۳-۲ تشکیلات نهادی مدیریت آب زیرزمینی و نقش‌های هر نهاد را در سطوح مختلف خلاصه می‌کند.

جدول۳-۲- تشکیلات نهادی مدیریت آب زیرزمینی

نهاد	مقیاس	کارکرد
مرجع آبخوان بین‌المللی	بین‌المللی/ بین استان‌ها (ایالت‌ها)	• برنامه‌ریزی استراتژیک مدیریت آبخوان مشترک • تصمیمات بر سطح ملی اثر گذار است.
مرجع ملی آب یا کمیسیون هماهنگی وزارتخانه‌ها	ملی	• سیاست گذاری، برنامه‌ریزی و هماهنگ‌سازی • اطمینان از هماهنگی در بالاترین سطح سیاسی در میان وزارتخانه‌ها و دستگاه‌های مختلف • یکپارچه‌نگری در مدیریت منابع آب در برنامه‌ریزی فضایی یا استراتژی‌های کاربری اراضی • روال‌های هماهنگی با مراجع محلی، سازمان‌های مدیریت آبخوان و تشکل‌های آب‌بران • صدور مجوز حفاران، حفر چاه و برداشت آب زیرزمینی • کنترل آلوده‌سازی آب زیرزمینی ناشی از منابع نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای • تخصیص بودجه برای سرمایه گذاری در بخش آب
مرجع حوضه آبریز	حوضه/ زیرحوضه	• هماهنگ‌سازی نرخ‌های برداشت در تمام آبخوان‌هایی که با حوضه آب سطحی ارتباط دارند. • مدیریت خشکسالی و شرایط اضطراری • طراحی سیاست‌های کنترل و حفاظت • کنترل عملیات تغذیه مصنوعی آبخوان • کنترل آلوده‌شدن آب زیرزمینی ناشی از منابع نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای
سازمان مدیریت آبخوان	آبخوان	• تعیین پارامترهای فنی برای برداشت و استفاده آبخوان • آگاهی‌بخشی درباره حفاظت آبخوان • طرح‌ریزی مدیریت یکپارچه آبخوان و پایش آنها • هماهنگ‌سازی با نهادهای عالی و تشکل‌های آب‌بران • روال مجازات
تشکل‌های آب‌بران	محلی	• مدیریت امور مرتبط با تأمین آب شهری، فاضلاب، بهداشت، آبیاری در مساحت کوچک و بزرگ و سامانه‌های تأمین آب خانگی • مشارکت در تدوین راهنماهای آب زیرزمینی • تهیه پیشنهادهای سیاستی در سطح محلی و قواعد محلی • نمایندگی بهره‌برداران محلی در مرجع ملی آب در موضوعات مرتبط با مدیریت منابع آب زیرزمینی آنها • پایش پیاده‌سازی سیاست‌ها و برنامه‌های مدیریت

۳-۴-۲- نقش سازمان مدیریت آبخوان

آب باید به عنوان منبعی واحد (تقسیم‌نشده) مدیریت شود، و مدیریت آب سطحی و آب زیرزمینی به خوبی هماهنگ باشند. تأسیس دستگاهی جداگانه برای مدیریت آب زیرزمینی در سطح ملی، افزون بر دستگاه مدیریت آب‌های سطحی، به افزایش گسستگی نهادها منجر می‌شود. از این رو، بهتر این است که تمام آب‌ها در سطح ملی به دست یک مرجع اثرگذار دولتی اداره شود.

دستگاه ملی آب، با مسئولیت آب سطحی و آب زیرزمینی، با اصول یکپارچه‌نگری در مدیریت منابع آب همخوانی دارد و اطمینان می‌دهد تمام مهارت‌ها، و منابع فنی، انسانی و مالی موجود، در سطح ملی در یک نهاد واحد فراهم است. با این همه، بایستی به یاد داشت که ویژگی‌های هیدروژئولوژیکی پیکره‌های آب زیرزمینی، آن را با آب‌های سطحی و نیازهای مدیریت آنها را نیز متفاوت می‌سازد، و همه آبخوان‌ها از نظر هیدرولوژیکی با رودخانه‌ها یا دریاچه‌ها پیوند ندارند (برای نمونه، آبخوان‌هایی فسیلی که تغذیه نمی‌شوند). افزون بر این، روابط بالادستی- پائین‌دستی معمول درباره آب‌های سطحی، و دینامیک قدرت میان بهره‌برداران آب، موضوعیت چندانی درباره آب زیرزمینی ندارد، و دامنه مکانی و زمانی ویژگی‌های آب زیرزمینی، تفاوت بسیاری با آب‌های سطحی دارد. در حالی که اختیارات به دست دستگاه ملی واحد سپرده می‌شود، ترتیباتی برای برنامه‌ریزی مدیریت آب زیرزمینی نیاز است که اطمینان دهد همزمان که در چارچوب گسترده‌تر یکپارچه‌نگری در مدیریت منابع آب، یکپارچه می‌شود، به حاشیه رانده نمی‌شود و عنصر فرعی مدیریت آب سطحی به شمار نمی‌آید.

«آب باید به عنوان منبعی واحد مدیریت شود، و مدیریت آب سطحی و آب زیرزمینی، به خوبی هماهنگ باشد.»

با این همه، غیر از سطح ملی، ایجاد سازمان‌هایی که جداگانه و مشخصاً مأموریت پیاده‌سازی مدیریت آب زیرزمینی را بر عهده داشته باشند، مزیت‌هایی دارد. این قبیل سازمان‌های مدیریت آبخوان باید هماهنگی نزدیکی با مراجع ملی آب و سازمان‌های حوضه آبریز، و نیز با تشکل‌های بهره‌برداران آب در سطح محلی داشته باشند. با این همه، سازمان مدیریت آبخوان با مأموریت مستقل، به دلیل ماهیت نادیدنی این منبع، ممکن است در تقابل با این سابقه تاریخی و دامنه‌دار قرار گیرد که مدیریت آب زیرزمینی همواره در حاشیه بوده و امکانات ضعیفی را در اختیار داشته است (نمونه۳-۸).

نمونه۳–۸– کمیته فنی Huichapan-Tecozautla-Nopala، مکزیک

منطقه Huichapan-Tecozautla-Nopala در شمال غرب ایالت Hidalgo در مکزیک قرار دارد. آب سطحی در این منطقه، کمیاب است و با چالش‌های پیچیده‌ای در تأمین نیازهای آب روبرو است. این وضعیت به بهره‌برداری شدید آب زیرزمینی انجامیده است. در پاسخ، استراتژی تشویق به کاهش برداشت و مدیریت آب زیرزمینی به عنوان مبنای تداوم بهره‌برداری از این آبخوان در پیش گرفته شد.

در چنین شرایطی، کمیته فنی آبخوان Huichapan-Tecozautla-Nopala با هدف تدوین، پیشنهاد، پیشبرد و پایش پیاده‌سازی مدیریت آب زیرزمینی تشکیل شد. مأموریت این کمیته، اطمینان از استفاده کارآ از آب زیرزمینی و تثبیت ترازهای آب زیرزمینی در کوتاه‌ترین زمان ممکن است. این کار مستلزم آن است که بر بیش‌برداشت ۱۰/۴ میلیون متر مکعب در سال غلبه شود. برای دستیابی به این هدف، کمیته فنی برنامه مدیریت آبخوان را با استفاده از فرایندهای مشارکتی شامل نمایندگان بهره‌برداران آب، خبرگان چندرشته‌ای و واحدهایی از سطوح سه‌گانه دولت (دولت‌های محلی Huichapan، Tecozautla، و Nopala، ایالت Hidalgo، و دولت فدرال مکزیک به نمایندگی سازمان ملی آب) تهیه کرد.

فعالیت‌های پیاده‌سازی‌شده این کمیته عبارتند از: پژوهش‌های علمی؛ پروژه‌ها و فعالیت‌ها در راستای ارتقای توسعه پایدار؛ مدرن‌سازی سامانه‌های آبیاری؛ بهبود پیاده‌سازی قوانین؛ کنترل بهره‌برداری از آبخوان؛ تقویت نهادی برای مدیریت جامع آبخوان؛ ارتباطات و ساز و کارهای هماهنگی؛ ترویج فرهنگ آب؛ تقویت و ارتقای کارآیی بهره‌برداری سامانه‌های آب شرب؛ و توسعه زیرساخت برای توسعه شهری و الگوهای کشت سودآور در این منطقه.

وظایف اصلی سازمان مدیریت آبخوان در جدول۳–۲ فهرست شده است. افزون بر این، سازمان‌های مدیریت آبخوان باید به مطالعات علمی که به درک بهتر آبخوان و نیازهای مدیریت آن می‌انجامد اولویت بدهند. حکمرانی خوب آب زیرزمینی تنها زمانی امکان‌پذیر خواهد بود که تصمیم‌ها، برنامه‌ها و موافقت‌ها درباره توسعه و مدیریت آب زیرزمینی، بر پایه داده‌ها و اطلاعات لازم، و منظم بهنگام‌شده باشد. بنابراین، سازمان‌های مدیریت آبخوان نقشی حیاتی در افزایش شناخت منابع آب زیرزمینی در محدوده مدیریت خود و نیز اطمینان از پشتیبانی حکمرانی خوب لازم برای تحقق مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی دارند.

۳-۵- چک‌لیست: ارتقای حکمرانی آب زیرزمینی

طراحی چشم‌انداز و اهداف نهایی سیاست آب زیرزمینی

- برنامه ملی مدیریت آب زیرزمینی را از طریق فرایند گفت و گوی ذینفعان و اقدام هماهنگ، طراحی چشم‌انداز، هدف‌های نهایی سیاست و اقدامات لازم برای تحقق توازن مناسب میان تغذیه و برداشت و میان استفاده پایدار و تقاضا تهیه کنید.
- داده‌ها و اطلاعات مربوط به منابع آب و بهره‌برداری آنها را گردآوری، کنترل و سازماندهی کنید.

وضع قوانین مناسب آب زیرزمینی

- قوانین آب زیرزمینی را با مشخص کردن ساز و کارهایی برای دولت برای مدیریت تخصیص منبع آب و حقوق برداشت، بر پایه مجوزها و پروانه‌ها، شامل تعهدات اطمینان از پایداری منبع طراحی کنید.
- حدود سخت‌گیرانه را هم برای کمیت رهاسازی آلاینده‌ها و هم نرخ تخلیه اعمال نمائید.
- منافع تولیدکنندگان پسماندهای آلوده‌ساز را با حقوق بهره‌برداران در بهره‌مندی از کیفیت خوب آب زیرزمینی، از جمله تأمین آب شرب و حفظ اکوسیستم‌ها متوازن کنید.
- کاربری اراضی را برای حفاظت از محدوده‌های تغذیه و تخلیه آبخوان‌ها، به ویژه جاهایی که در معرض خطر خالی‌شدن یا آلوده‌شدن قرار دارند، از جمله با اعمال محدودیت‌ها درباره کاربری اراضی و استخراج و استفاده آب زیرزمینی کنترل کنید.
- مبنای قانونی تأسیس سازمان‌های مدیریت آبخوان و شکل‌گیری تشکل‌های محلی بهره‌برداران آب زیرزمینی را فراهم آورید.

بررسی و طراحی معماری نهادی لازم

- نهادهایی را که در مدیریت آب زیرزمینی دخیل هستند و نقش‌ها و مسئولیت‌های آنان را بشناسید تا خلأها، ضعف‌ها و موانعی را که از پیاده‌سازی سیاست‌های و قوانین آب زیرزمینی جلوگیری می‌کنند شناسایی نمائید.
- تغییرات لازم در مأموریت و عملکرد نهادها، و در صورت لزوم، نهادهای جدیدی را که باید ایجاد شوند اولویت‌بندی کنید.
- اطمینان یابید مدیریت آب سطحی و آب زیرزمینی می‌تواند به عنوان یک منبع واحد، به دست یک مرجع ملی آب مدیریت شود، و همزمان، ترتیبات لازم را برای اطمینان از اینکه مدیریت آب زیرزمینی، در حاشیه قرار نمی‌گیرد، مانند دستگاه‌های مدیریت آبخوان ذیل مرجع ملی مهیا سازید.
- هماهنگی نزدیک را بر اساس تعریف‌های روشن نقش‌ها و مسئولیت‌ها، میان دستگاه‌های مدیریت آبخوان و مراجع ملی آب، سازمان‌های حوضه آبریز و تشکل‌های محلی بهره‌برداران آب تقویت کنید.

فصل چهارم

اصول و ابزارهای اقتصادی برای مدیریت پایدار آب زیرزمینی

۴-۱- جنبه‌های اقتصادی آب زیرزمینی

در برخی مناطق پرآب و در بیشتر مناطق خشک،آب زیرزمینی با کیفیت خوب، به شکل فزاینده‌ای کمیاب شده است. دلیل اصلی آن، ناکامی دولت‌ها در کنترل برداشت تا سطوحی است که پیامدهای منفی برای محیط‌زیست و طرف‌های ثالث نداشته باشد، و نیز در حفاظت اثربخش آبخوان‌ها در برابر آلوده‌شدن. از عوامل سهیم در این وضعیت، این است که بهره‌برداران آب زیرزمینی مجبور نبوده‌اند هزینه استفاده از آب زیرزمینی را بپردازند (هزینه اقتصادی کامل)، و آلوده‌کنندگان آب زیرزمینی نیز مجبور نبوده‌اند هزینه پاکسازی آلوده‌سازی خود را بپردازند. تعیین ارزش برای آب زیرزمینی در شرایط فراوانی، کمتر اهمیت پیدا می‌کند، ولی وقتی آب با کیفیت بالا، رفته‌رفته کمیاب‌تر می‌شود و تقاضاهای رقیب پیدا می‌کند، ارزش آب زیرزمینی افزایش می‌یابد. از این رو، باید دست به انتخاب زد که چه استفاده‌ای از آن باید کرد یا چه زمان باید از آن استفاده کرد، و چگونه مدیریت شود و قیمت استفاده از آن چگونه تعیین شود.

اصول اقتصادی می‌تواند راهنمای این دست انتخاب‌ها باشد. درک بهتر جنبه‌های اقتصادی آب زیرزمینی به دولت‌ها و بهره‌برداران و آلوده‌کنندگان آب زیرزمینی کمک خواهد کرد ابزارهای اقتصادی مناسب را- که در واقع ساز و کارهایی برای انگیزه‌بخشی و بازدارنده‌های اقتصادی به شمار می‌آیند- به عنوان عاملی برای پیشبرد مدیریت پایدارتر آب زیرزمینی، طراحی و به کار بندند. اصول اقتصادی در مدیریت آب زیرزمینی، با شناخت موارد زیر به کار می‌روند:

- پیشران‌های اجتماعی-اقتصادی تقاضای آب زیرزمینی و آلوده‌سازی آبخوان‌ها
- اصول و روش‌های ارزشگذاری سنجیده اقتصادی منابع آب زیرزمینی، و
- محرک‌ها و سیاست‌های اقتصادی که رفتار همسو با مدیریت پایدار آب زیرزمینی را تشویق می‌کند.

«بهره‌برداران آب زیرزمینی مجبور نبوده‌اند چیزی شبیه هزینه اقتصادی کامل استفاده از آب زیرزمینی را بپردازند.»

اصول و ابزارهای اقتصادی، ابزارهای مهمی برای پیاده‌سازی سیاست مدیریت آب زیرزمینی به شمار می‌آیند. ابزارهای اقتصادی همراه با ترکیبی از مقررات و ساز و کارهای مشارکتی، متناسب با محیط هیدروژئولوژیکی، اجتماعی- اقتصادی و نهادی در مقیاس محلی به کار گرفته می‌شوند. برای آنکه در مدیریت آب زیرزمینی، اثربخش واقع شوند، ابزارهای اقتصادی باید به همراه دیگر ابزارها و تدابیر معرفی‌شده در این کتاب، و با استفاده از تمهیدات منطبق با شرایط حاکم بر مدیریت آب زیرزمینی به کار گرفته شوند.

ارزشگذاری دست پائین منابع آب زیرزمینی، در مشکلات برداشت بی‌رویه، بهره‌وری پائین استفاده مصرفی آب و سرمایه‌گذاری ناکافی فردی و جمعی در حفاظت کیفیت نقش داشته است. با این همه، بیش از اندازه ساده‌انگارانه است فکر کنیم که مشکلات ناشی از بهره‌برداری بیش از اندازه آب زیرزمینی صرفاً می‌تواند با استفاده از ابزارهای اقتصادی، مانند عوارض بالاتر بابت برداشت یا استفاده و بابت تخلیه آلاینده برطرف گردد. علت اساسی این است که آب تنها یکی از اجزای هزینه در توسعه شهری، تولید کشاورزی و بنگاه‌های صنعتی است. از این رو، رفتار بهره‌برداران یا آلوده‌کنندگان آب زیرزمینی می‌تواند نسبت به تغییر هزینه آب زیرزمینی، بی‌حساسیت باشد.

به طور کلی، پیشبرد استفاده پایدار آب زیرزمینی و حفاظت اثربخش کیفیت آب زیرزمینی نیازمند اجزای اصلی اقتصادی و مالی زیر است:

- ارزشگذاری واقع‌بینانه منافع منابع پایدار آب زیرزمینی برای امرار معاش و رفاه انسان، از جمله اکوسیستم‌ها در محدوده‌های تغذیه و تخلیه آب زیرزمینی.
- هم‌افزایی و بده‌بستان میان حفاظت و توسعه اقتصادی، با کاهش نرخ‌های بهره‌برداری از منبع و تدابیر انگیزه‌بخش برای بهره‌وری بالاتر آب.
- گنجاندن تدابیر انگیزه‌بخش اقتصادی سازنده‌تر برای حفظ آب زیرزمینی در سطح سیاست ملی، و در سطح محلی، از طریق وضع عوارض استفاده، جریمه فعالیت‌های آلوده‌ساز و حفظ خدمات اکوسیستم که برای تغذیه آبخوان لازم هستند، و
- تأمین مالی پیاده‌سازی راهکارهای مدیریت و حفاظت.

۴-۲- پیشران‌های اجتماعی- اقتصادی استفاده و آلوده‌شدن آب زیرزمینی

۴-۲-۱- شناسایی پیشران‌ها

بررسی عوامل مهم اجتماعی- اقتصادی که محرک استفاده بیش از اندازه آب زیرزمینی و سبب‌ساز ریسک آلوده‌شدن آب زیرزمینی هستند، برای تشخیص اینکه چرا سفره‌های آب زیرزمینی خالی می‌شوند، یا چرا کیفیت آنها در معرض ریسک بالای کاهش قرار دارد، اهمیت اساسی دارد. این بررسی، نقطه آغازین بسیار مهم در مسیر تلاش برای شناسایی راه‌حل‌های اثربخش و پایدار مشکلات به شمار می‌آید- و بدین منظور، تمایز روشن میان موارد زیر مفید است:

- کشاورزی آبی گسترده- مصرف‌کننده عمده (و گاه آلوده‌ساز مهم) منابع آب زیرزمینی، و
- گسترش شهرنشینی و صنعت- استفاده‌کننده عمده (و استفاده‌کننده آلوده‌ساز) منابع آب زیرزمینی.

معمولاً عامل تعیین‌کننده در کنترل بهره‌برداری آب زیرزمینی، هزینه آن نسبت به دیگر منابع تأمین آب است. با توجه به مزیت‌هایی که آب زیرزمینی دارد، یعنی کیفیت عالی و قابلیت اطمینان در دوره خشکسالی، این هزینه‌ها غالباً به صورتی نامشهود، دچار تحریف می‌شوند. از این رو بسیار مهم است به دقت بررسی شود که آیا سیاست‌های عمومی موجود (یا گاه خصوصی)، منشأ «انگیزه‌های متضاد» با اهداف هستند یا نه، چرا که مانع عمده‌ای در برابر پیاده‌سازی تدابیر مدیریت آب زیرزمینی خواهند بود.

بخش کشاورزی غالباً از تدابیر به کار گرفته‌شده دولت در برانگیختن توسعه کشاورزی، به دلیل اهمیت آن در اقتصاد بیشتر کشورها منتفع می‌شود. برخی از این اقدامات، مدیریت پایدار آب زیرزمینی را دشوارتر می‌سازد، برای نمونه:

- قیمت‌های تضمینی کشت‌های آب‌بر (مانند برنج و نیشکر)
- کمک‌های بلاعوض یا وام‌های کم‌بهره برای ساخت چاه آب
- تعرفه‌های ثابت برای برق روستایی برای پمپاژ آب زیرزمینی در نواحی آبیاری و،
- یارانه هزینه مواد شیمیایی مصنوعی کشاورزی (و گاه مواد شیمیایی متداول صنعتی) که در محیط زیرسطحی، ماندگاری طولانی دارند و آب زیرزمینی را در معرض ریسک آلوده‌شدن قرار می‌دهند.

در پی‌ریزی رویکرد مدیریت آب زیرزمینی، همیشه لازم است این پرسش را در نظر داشت که «توازن میان منافع اقتصادی و هزینه‌های محیط‌زیستی استفاده‌های مختلف از منبع یا فعالیت آلوده‌ساز چیست؟»- و سپس اقدامات مدیریت را با توجه به استفاده‌ها و فعالیت‌هایی که منافعی کوچک دارند ولی هزینه‌های محیط‌زیستی آنها زیاد است، در اولویت قرار دارد. نمونه کلاسیک این شیوه، کاربرد بیش از اندازه کود نیتروژن در زراعت

است، به ویژه در زمان‌هایی از سال که نیتروژن‌زایی طبیعی خاک برای تأمین نیازهای گیاه، کافی است، در نتیجه بیشتر آن شسته و وارد آب زیرزمینی می‌شود.

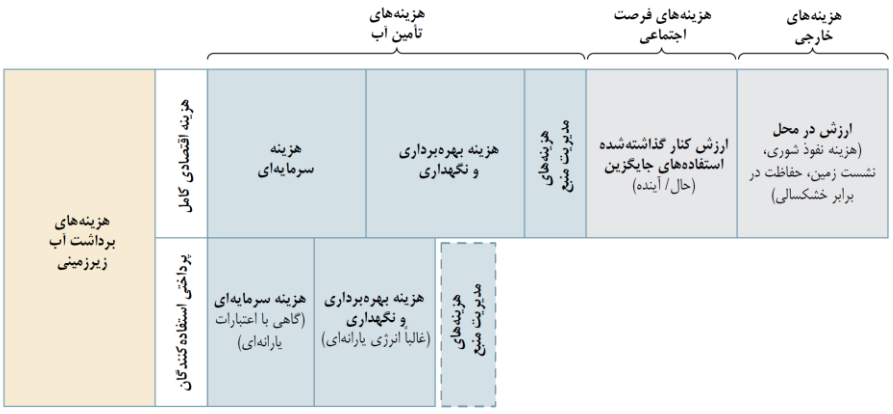
۴-۲-۲- مشکل ارزشگذاری پائین

آب زیرزمینی معمولاً دست پائین ارزشگذاری می‌شود، به ویژه وقتی بهره‌برداری از آن کنترل نمی‌شود. در چنین وضعیتی، بهره‌بردار منبع (عملاً) از تمام منافع استفاده از آب زیرزمینی بهره‌مند می‌شود، ولی (حداکثر) تنها بخشی از هزینه‌ها را پرداخت می‌کند، در بسیاری از موارد تنها هزینه سرمایه‌ای ساخت چاه آب و هزینه تکرارشونده پمپاژ. حتی این هزینه‌ها نیز ممکن است با کمک‌های بلاعوض برای ساخت چاه و یارانه‌های برق روستایی کاهش یابد. این گونه ارزشگذاری پائین آب زیرزمینی معمولاً به مشکلات استفاده ناکارآ و برداشت بیش از اندازه منجر می‌شود.

«آب زیرزمینی معمولاً دست پائین ارزشگذاری می‌شود.»

«هزینه اقتصادی کامل» آب زیرزمینی در شکل۴-۱ نشان داده شده است، و شامل هزینه‌های سرمایه‌ای، بهره‌برداری و نگهداری و اداره امور است. غالباً شکافی (به ویژه در کشورهای در حال توسعه) میان هزینه‌هایی که معمولاً به دست بهره‌برداران تأمین می‌شود و هزینه‌های اقتصادی کامل وجود دارد، وقتی آثار خارجی محیط‌زیستی، هزینه‌های فرصت اجتماعی و هزینه‌های اداری منبع منظور می‌شود. در برخی اقتصادهای توسعه‌یافته‌تر، این شکاف تا اندازه‌ای پر شده است- برای نمونه با اعمال وزن تجربی تقریباً زیاد به «عوارض مدیریت منبع» برای تمام چاه‌های آب در مجاور اکوسیستم‌های آبی کلیدی یا در نواحی مستعد نشست زمین ناشی از برداشت آب زیرزمینی.

شکل۴-۱- مقایسه هزینه‌های اقتصادی کامل استفاده از آب زیرزمینی و هزینه‌هایی که معمولاً بهره‌برداران می‌پردازند.



اقتصاددانان، اصطلاح «آثار خارجی» را برای مشخص کردن هزینه‌هایی به کار می‌برند که به جامعه منتقل می‌شود و مستقیماً در هزینه فعالیت یا محصول مورد نظر گنجانده نمی‌شود. آثار خارجی استفاده از آب زیرزمینی وقتی پدید می‌آید که استفاده یک بهره‌بردار، پیامدهایی برای طرف‌های ثالث دارد، ولی به هیچ شیوه‌ای خسارت‌های به وجودآمده، جبران نمی‌شود یا پاداشی بابت منافع تولیدشده داده نمی‌شود. در نتیجه، بهره‌بردارانی که منابع آب زیرزمینی را برداشت، استفاده یا آلوده می‌کنند، خودشان تمام هزینه‌های اقدامات خود را به دوش نمی‌کشند. آنان انگیزه چندانی برای احتساب این هزینه‌ها در هنگام تصمیم‌گیری ندارند. همین حالت زمانی مصداق می‌یابد که مدیریت نامناسب اراضی، تأثیر منفی بر کیفیت آب زیرزمینی می‌گذارد. برای نمونه، صنعت می‌تواند با هزینه‌های کمتری، عملیات صنعتی خود را انجام دهد، اگر مواد شیمیایی و زهاب‌ها در محل، مدیریت نشود تا از آب زیرزمینی واقع در زیر، حفاظت شود، ولی جامعه باید هزینه‌های خسارت محیط‌زیستی را بپردازد و ممکن است مجبور شود برای اطمینان از تأمین عمومی آب با کیفیت قابل قبول، هزینه بیشتری صرف کند.

آب زیرزمینی تنها با استخراج و استفاده مولد از آن، ارزش‌آفرین نیست. ارزش خدمات در محل نیز وجود دارد که ناشی از آبی است که در آبخوان باقی گذاشته می‌شود. برای نمونه، ظرفیت ذخایر آب زیرزمینی، به سبب آنکه در برابر خشکسالی‌های دوره‌ای اثرگذار بر آب سطحی، محافظت ایجاد می‌کند، یا حفاظت فراهم‌شده با آب زیرزمینی در برابر نفوذ آب دریا و نشست زمین، دارای ارزش است.

نتیجه نهایی ارزشگذاری پائین این است که تصمیمات درباره آب زیرزمینی غالباً شناخت بایسته از «هزینه‌های واقعی» استفاده بیش از اندازه یا آلوده‌شدن بی سر و صدای آن ندارد. بنابراین، هزینه‌های گسترده‌تر اجتماعی و اقتصادی ناشی از خالی‌شدن سفره یا کاهش کیفیت آب زیرزمینی غالباً نادیده گرفته می‌شود و تصمیماتی را که نتیجه آن می‌تواند سناریوهای ناپایدار باشد، پذیرفتنی می‌نمایاند.

۴-۳- ارزشگذاری منابع آب زیرزمینی

۴-۳-۱- چرا باید آب زیرزمینی را ارزشگذاری کرد؟

ارزشگذاری مردم برای آب زیرزمینی (و مطلوبیت استفاده‌های مختلف)، افزون بر جنبه‌های اقتصادی، به عوامل بسیاری بستگی دارد. با این همه، ارزشگذاری اقتصادی منبع باید به برنامه‌ریزان کمک کند درباره اولویت استفاده تصمیم بگیرند و درباره چگونگی مدیریت آب زیرزمینی به شیوه‌ای عادلانه‌تر و کاراتر راهنمایی کند. ارزشگذاری اقتصادی آب زیرزمینی نیازمند فهم درست تفاوت مهم میان دو مؤلفه زیر است:

- شار (جریان) آب زیرزمینی- مؤلفه تجدیدپذیر منبع، و
- ذخیره آب زیرزمینی- مؤلفه ذخیره طبیعی آبخوان‌ها که برای کاهش اثرات خشکسالی و سازگاری با تغییر اقلیم نیاز است، و بهره‌برداری آن غالباً آثار خارجی بزرگتری دارد (محیط‌زیستی و طرف ثالث).

از دید اقتصادی، بررسی اینکه کدام استفاده‌ها از جریان و ذخیره آب زیرزمینی، بالاترین بازده پولی را به دست می‌دهد مهم است- و از این رو، ارزشگذاری شامل تعیین وزن منافع و هزینه‌های نسبی گزینه‌های مختلف استفاده از آب زیرزمینی است. با این همه، انجام این کار، ساده نیست، و ملاحظات بسیاری را باید به حساب آورد تا مطمئن شد ارزش‌های به دست‌آمده تا حد امکان دقیق و همه موارد را شامل شده است.

«ارزشگذاری اقتصادی منبع باید به برنامه‌ریزان در تصمیم‌گیری درباره استفاده‌های اولویت‌دار کمک نماید.»

برخی استدلال می‌کنند که قیمت‌گذاری معقول‌تر استفاده آب زیرزمینی، اقشار ضعیف را از دسترسی به این منبع برای آب شرب سالم و کشاورزی معشیتی محروم خواهد کرد. با این همه، متوسط عوارض وضع‌شده باید متناسب با مدیریت منبع آب باشد، و یارانه‌ها را می‌توان در ساختارهای هزینه برای حمایت از اقشار ضعیف منظور کرد. برای نمونه، بهره‌برداران یک معدن الماس با تولید بالا در بوتسوانا در میانه دهه ۱۹۸۰، که تا اندازه زیادی از ذخیره تجدیدناپذیر یک آبخوان عمیق‌تر استفاده می‌کرد، ملزم شدند تمام چاه‌های آب روستا و دام را تا شعاع خیلی زیاد، عمیق‌تر و مالکان و بهره‌برداران آنها را بر اساس «بدترین حالت پیش‌بینی‌شده» در افزایش هزینه‌های پمپاژ چاه آب، جبران خسارت کنند.

۴-۳-۲- چگونگی ارزشگذاری آب زیرزمینی

فنون ارزشگذاری اقتصادی دقیق آب زیرزمینی، کمتر از فنون ارزشگذاری آب سطحی تکامل یافته‌اند. ارزشگذاری به سبب پیچیدگی عوامل هیدروژئولوژیکی تعیین‌کننده پاسخ آبخوان‌ها به رژیم برداشت و بار آلودگی، اثرات اجتماعی اقتصادی حاصل، دشوارتر می‌شود. اقتصاددانان تنها می‌توانند مقادیری را که برای آنها، قیمت بازاری روشن وجود دارد به آسانی به حساب آورند، ولی بسیاری از هزینه‌های ناشی از استفاده بیش از اندازه آب زیرزمینی و فشار آلودگی، بیرون از دایره بازارهای رسمی قرار می‌گیرند، به تدریج با گذر زمان به بار می‌آیند، و عدم قطعیت قابل ملاحظه‌ای دارند. از این رو، استفاده از فنون ارزشگذاری برای آب زیرزمینی باید با مهارت‌های تخصصی هیدروژئولوژیست‌ها و اقتصاددانان محیط‌زیست ترکیب شود.

تمایز میان ارزشگذاری آب زیرزمینی از دید استفاده‌کننده آب (برای نمونه، زارع آبیاری‌کننده، استفاده‌کننده خانگی یا شرکت تأمین آب) و از دید سیاست‌گذاران عمومی (مانند وزارتخانه محیط‌زیست یا سازمان منابع آب) مهم است. در بیشتر موارد، استفاده‌کنندگان آب تنها با هزینه‌ها و فایده‌هایی سر و کار می‌یابند که مستقیماً در معادله تولید یا مصرف خصوصی وارد می‌شود- که اقتصاددانان آن را *تحلیل مالی* می‌نامند. در مقابل، تصمیم‌گیران عمومی (حداقل در اصل) با خیر جامعه، و آرمان‌های به حداکثر رساندن منافع عمومی سر و کار دارند - که نیازمند در نظر گرفتن طیف کامل هزینه‌ها و فایده‌ها در تمام استفاده‌ها و استفاده‌کنندگان آب زیرزمینی است، و آن را *تحلیل اقتصادی* می‌نامند.

در آغاز مناسب است نگاهی به روش‌های ارزشگذاری آب زیرزمینی از دیدگاه کاملاً مالی بیندازیم، یعنی موضوع آثار خارجی را به میان نیاوریم. ارزش اقتصادی یک منبع، به کاری که یک فرد می‌تواند با آن انجام دهد (فایده‌هایی که تولید می‌کند و خدماتی که فراهم می‌کند) و به کمیابی نسبی آن در مقایسه با منابع جایگزین بستگی دارد. بنابراین، ارزش اقتصادی آب زیرزمینی در یک آبخوان مشخص، بر اساس استفاده‌ای که از آن می‌شود، و موجودی آن در مقیاس موضعی و کیفیت آن در مقایسه با منابع جایگزین آب (نمونه۴-۱) به دست می‌آید. برای نمونه، یک آبخوان در منطقه‌ای با آب سطحی فراوان و آلوده‌نشده، به طور کلی ارزش اقتصادی پائین‌تری نسبت به منطقه‌ای دارد که آب سطحی آلوده‌شده دارد، یا در منطقه‌ای خشک و بدون آب سطحی زیاد قرار دارد. در نتیجه، در بسیاری از مناطق، ارزش اقتصادی آب زیرزمینی به دلایل زیر افزایش می‌یابد:

- رشد جمعیت و توسعه اقتصادی (که تقاضا را افزایش می‌دهد)
- آلوده‌شدن آب‌های سطحی (که تأمین آب را کاهش می‌دهد)، و
- افزایش نوسان اقلیمی (نیاز به ذخیره آبخوان برای تأمین مطمئن آب در خشکسالی).

«ارزش اقتصادی آب زیرزمینی، از استفاده‌ای که از آن می‌توان کرد به دست می‌آید.»

نمونه۴–۱– ارزشگذاری سیستم آبخوان Orange County در کالیفرنیا، ایالات متحده

این تجربه به دهه ۱۹۹۰ تعلق دارد و نمونه‌ای است از ارزشگذاری یک آبخوان با برآورد میزان هزینه جایگزینی استفاده از منابع آب زیرزمینی. سیستم آبخوان Orange County، با نفوذ آب دریا تهدید می‌شد و سه تأثیر اصلی زیر را در پی داشت:

- آسیب به آبخوان به عنوان یک مخزن ذخیره– اگر ذخیره آب زیرزمینی، به طور پیوسته برای تأمین اوج نیاز روزانه و فصلی فراهم نباشد، به تأسیسات تأمین آب از آب سطحی با هزینه بسیار زیاد، به دلیل افزایش قیمت زمین و هزینه‌های ساخت نیاز خواهد بود.
- کاهش کیفیت ذخیره تأمین آب شرب– اگر تا اندازه‌ای شور شود، منبع جدید تأمین آب شرب باید فراهم شود، و زیان‌های اقتصادی سرمایه‌گذاری اولیه در چاه‌های آب، قابل ملاحظه خواهد بود، و
- از دست‌دادن توزیع‌کننده طبیعی آب شیرین– اگر آب زیرزمینی فراهم نباشد، بنابراین به سیستم توزیع برای تحویل آب سطحی جایگزین به مشترکان در محدوده‌ای بزرگ نیاز خواهد بود.

ارزش تأمین آب شرب، اهمیت ویژه‌ای دارد. آب زیرزمینی معمولاً ارزان‌تر از آب وارداتی است، در وهله اول به دلیل هزینه‌های پائین‌تر بهره‌برداری، انتقال و تصفیه. بهره‌برداران تجاری و صنعتی قادر بودند حدود ۷۵ درصد تقاضای آب خود را با پمپاژ آب زیرزمینی تأمین کنند– و قیمت این آب، ۰/۱۱ دلار به ازای هر متر مکعب برآورد شده بود. هزینه آب وارداتی ۰/۲۳ دلار به ازای هر متر مکعب (برای تأمین فصلی) تا ۰/۳۵ دلار در متر مکعب (تأمین دائمی) بود. بهره‌برداران محلی، نخست بر آب زیرزمینی تکیه داشتند، و آن را با خرید آب وارداتی به نرخ‌های تخفیفی در ماه‌های زمستان تکمیل می‌کردند. در سال ۱۹۹۵، هزینه کل خریدهای آب نزدیک به ۹۲ میلیون دلار بود، ولی اگر سیستم آب زیرزمینی از دست می‌رفت، این هزینه دوبرابر می‌شد و به ۱۸۳ میلیون دلار می‌رسید. این صرفه‌جویی در هزینه، یکی از سنجه‌های عینی ارزش منابع آب زیرزمینی محلی است (گر چه برآورد حد پائین‌تر ارزش واقعی است). ارزش‌های اقتصادی بالا به توجیه سرمایه‌گذاری در اقدامات حفاظت سیستم آب زیرزمینی کمک می‌کند، و ملاحظه مهمی در تصمیم به راه‌اندازی تصفیه‌خانه پیشرفته فاضلاب و دو پروژه تزریق آب بود که برای پیشگیری از نفوذ آب دریا طراحی شد (به هزینه سرمایه‌ای ۵۷ میلیون دلار و هزینه بهره‌برداری بیش از ۶ میلیون دلار در سال).

ارزش اقتصادی آب زیرزمینی می‌تواند اساساً با یافتن فایده استفاده آن، منهای هزینه‌های برداشت و مدیریت برآورد شود (نمونه۴–۲). ارزشگذاری تقریباً همیشه مستلزم مقایسه گزینه‌های مختلف است. موارد بسیار اندکی وجود دارد که آب زیرزمینی، تنها منبع تأمین آب است– و فراهمی دیگر گزینه‌ها است که «ارزش منبع» را تعیین می‌کند. اگر تقاضاهای رقیب بسیاری برای منابع کمیاب وجود داشته باشد، ارزش نسبی آب زیرزمینی نیز افزایش می‌یابد. زمانی که آب زیرزمینی در نزدیکی یا در زیر محدوده کشاورزی یا صنعتی، یا نزدیک محدوده‌ای شهر واقع باشد، معمولاً ارزش بالاتری نسبت به حالتی دارد که در مکانی دوردست یافت شود.

نمونه۴–۲– ارزشگذاری منبع آب زیرزمینی آبخوان Stampriet در نامیبیا

ارزشگذاری آب زیرزمینی در آبخوان Stampriet، نمونه‌ای است از دهه ۱۹۹۰ که اطمینان از اینکه طیف کامل هزینه‌ها و فایده‌های توأم با آب زیرزمینی، در طراحی سیاست‌های مدیریت، تخصیص و قیمت‌گذاری آب به حساب می‌آید اهمیت یافته بود. نامیبیا یکی از کم‌جمعیت‌ترین کشورهای جهان و نیز یکی از خشک‌ترین کشورهای جهان است، و آب از محدودیت‌های اصلی در سیاست توسعه دیده می‌شود و به ویژه بر بخش‌های مهم معدن، کشاورزی و گردشگری حیات وحش تأثیر می‌گذارد. نزدیک به ۵۰ درصد استفاده آب در سطح ملی از آب زیرزمینی تأمین می‌شود، ولی نرخ‌گذاری مناسب برای تأمین دشوار بوده است، به دلیل آنکه بیشتر استفاده‌کنندگان کنتور ندارند. داده‌هایی درباره هزینه مالی تأمین آب در سطح محلی، بر پایه هزینه‌های زیرساخت فیزیکی لازم برای برداشت و توزیع، به همراه هزینه‌های تأسیسات ذخیره و تصفیه وجود داشت. اطلاعات درباره ارزش اقتصادی کامل منابع آب، از جمله فایده نهایی خصوصی، هزینه فرصت و آثار خارجی وجود نداشت.

آبخوان Stampriet بزرگترین آبخوان در این کشور است (به مساحت ۶۵,۰۰۰ کیلومتر مربع) و رو به خالی‌شدن داشت، به دلیل آنکه زراعت تجاری محلی، برای استفاده از آب زیرزمینی، تقریباً دسترسی آزاد داشت. در حالی که زارعان، هزینه مالی کامل برداشت آب زیرزمینی خود را پرداخت می‌کردند (مکان‌یابی چاه آب، حفاری، کامل‌سازی و پمپاژ)، هیچ ارزش اقتصادی (رانت منبع و هزینه فرصت) بابت برداشت آب زیرزمینی و خالی‌شدن آبخوان، برآورد یا وضع نشده بود. افزون بر این، رسیدگی به امور حقابه مجوزها و پروانه‌های استفاده از چاه آب ضعیف بود. فنون ارزش باقیمانده برای محاسبه ارزش اقتصادی آب زیرزمینی، با استفاده از پرسش‌نامه زارعان و مدل بنگاه برای محاسبه ارزش کشاورزی آبی و تولید دامی به کار گرفته شد. این مطالعه حاکی از آن بود که ارزش مالی آب زیرزمینی، ۰/۰۰۵ و ارزش اقتصادی ۰/۰۱۰ دلار در متر مکعب است و دریافته شد که کارآیی اقتصادی این منبع کمیاب در کشاورزی، ضعیف است. افزون بر این، یارانه‌های گوناگون کشاورزی، انگیزه زارعان را برای برداشت بیش از اندازه آب زیرزمینی افزایش می‌داد. از این رو به سیاست ملی جدید آب لازم بود که هزینه بهره‌برداری بیش از اندازه آب زیرزمینی را برای کل اقتصاد، و ملاحظات گسترده‌تر اقتصادی و اجتماعی را در نرخ‌گذاری آب به حساب آورد.

هدف پایه ارزشگذاری، معلوم کردن ترجیحات بهره‌بردار است: برای تأمین از منبع آب زیرزمینی معین، چه مقدار تمایل به پرداخت دارد، و تا چه اندازه وضعیت خود را در نتیجه تغییرات در موجودی یا کیفیت آن، بهتر یا بدتر در نظر می‌گیرند. یک راه بدیهی برای سنجش این موارد، نگاه به قیمت‌های بازار است– تعرفه‌ها یا عوارضی که مردم بابت آب زیرزمینی می‌پردازند. با این همه، معمولاً این کار امکان‌پذیر نیست، چون در بیشتر موارد هیچ قیمت بازاری برای آب زیرزمینی وجود ندارد، و در موارد دیگر، قیمت رایج، تحریف‌شده است و بازتاب دقیق «تمایل پرداخت بهره‌برداران» یا هزینه کامل استفاده از آب زیرزمینی نیست. در چنین مواردی، لازم است از دیگر روش‌های ارزشگذاری استفاده شود (جدول۴–۱).

جدول۴-۱- رویکردهای ممکن در ارزشگذاری اقتصادی آب زیرزمینی

روش	توصیف	کاربردهای اصلی
بالاترین ارزش استفاده‌ای	ارزش اقتصادی حاصل از استفاده آب زیرزمینی، و از فراهمی و کیفیت آن در مقایسه با آب سطحی	تصمیم گیری درباره: • تأمین آب استفاده (استفاده‌های) معین، از آب زیرزمینی صورت گیرد یا آب سطحی؟
ارزش‌گذاری فایده-هزینه	ارزش اقتصادی از روی فایده حاصل از استفاده آب زیرزمینی، منهای هزینه برداشت و مدیریت محاسبه می‌شود.	• چگونگی تخصیص تقاضاهای جدید برداشت آب زیرزمینی میان استفاده‌ها و استفاده کنندگان رقیب، و • مقایسه ارزش اقتصادی و مالی آب.
ارزش باقیمانده	ارزش کالاهای تولیدشده با استفاده از آب زیرزمینی منهای هزینه‌های تولید (به قیمت بازار) و باقیمانده، ارزش آب زیرزمینی استفاده‌شده است.	
ارزشگذاری مشروط	از مردم خواسته می‌شود به طور مستقیم تمایل پرداخت خود را بابت آب زیرزمینی یا جبران قابل قبول در ازای زیان آن اعلام کنند.	توجیه سرمایه گذاری در حفاظت آب زیرزمینی یا پروژه‌های توسعه، و شناسایی میزان مالیات استفاده کننده یا ساختارهای نرخ گذاری برای تأمین مالی آنها.
نرخ‌گذاری هدونیک	تفاوت در قیمتی که می‌تواند به وجود آب زیرزمینی نسبت داده شود (معمولاً بر اساس تفاوت در ارزش املاک در مکان‌های مشابه برآورد می‌شود).	
مخارج کاهش اثرات	برآوردهای ارزش آب زیرزمینی از روی سرمایه گذاری‌های صورت گرفته برای اجتناب یا کاهش اثرات کمبود آب یا از دست‌دادن کیفیت آب	
هزینه خسارت یا تحلیل زیان	ارزشگذاری آب زیرزمینی بر حسب هزینه‌های به بارآمده در زمانی که خالی‌شدن سفره یا تنزل کیفیت آن، فعالیت اقتصادی را محدود می کند.	
هزینه جایگزینی یا تعویض	ارزش آب زیرزمینی معادل کم‌هزینه‌ترین منبع جایگزین تأمین آب با خدمات معادل است.	

برای نمونه در استرالیا، مطالعات ارزشگذاری اقتصادی برای فراهم‌آمدن اطلاعات برای گفت و گوی ذینفعان محلی استفاده شده است. چارچوب تحلیل هزینه- فایده در پنج واحد مدیریت آبخوان در ایالت‌های مختلف استرالیا به کار برده شد. طیف چالش‌های مدیریت آب زیرزمینی، از استفاده کشاورزی و شورشدن آب زیرزمینی در حوضه موری- دارلینگ در کوئینزلند و ویکتوریا، کاربری اراضی شهری و بده‌بستان‌های مدیریت جنگل کاری در اطراف محدوده کلاشهر Perth در استرالیای غربی، تا دغدغه‌های جوامع محلی روستایی در سرزمین شمالی را شامل می‌شد. مطالعات ارزشگذاری، «نسبت فایده- هزینه» گزینه‌های گوناگون مدیریت را در هر مورد به دست داد. سپس این نتایج را ذینفعان برای کمک به درک بهتر پیامدهای اقتصادی انتخاب‌های جایگزین در مدیریت آب زیرزمینی به کار بردند. با این همه، محدودیت‌های روشنی نیز درباره داده‌های استفاده‌شده در این مطالعات وجود داشت (عمدتاً مربوط به محدودیت داده‌های موجود و عدم قطعیت، و نیز تمایز میان استفاده مصرفی و غیر مصرفی).

از این رو به ذینفعان توصیه شد این محدودیت‌ها را در گفت و گوی خود و پیش از آنکه این نتایج در تصمیم‌گیری نهایی به کار گرفته شود در نظر داشته باشند.

«آب زیرزمینی به عنوان یک نهاده برای عملکرد مناسب اکوسیستم‌ها و خدماتی که فراهم می‌کنند، دارای ارزش است.»

۴-۳-۳- در نظر گرفتن ارزش‌های اکوسیستم

بسیاری از اکوسیستم‌ها در اراضی پست، به *تخلیه* سیستم‌های آب زیرزمینی وابسته هستند (*آب زیرزمینی برای طبیعت*). از این رو، آب زیرزمینی به عنوان یک نهاده برای عملکرد مناسب آنها و خدماتی که فراهم می‌آورند، ارزش دارد، از جمله محصولات اقتصادی که این اکوسیستم‌ها فراهم می‌کنند مانند ماهی، سوخت، چوب و دیگر خدمات پشتیبانی کننده حیات. بزرگی این ارزش‌ها به نوع، اندازه، ویژگی‌ها، وضعیت و مدیریت اکوسیستم مورد نظر بستگی دارد، ولی اهمیت بنیادی و اساسی نهاده آب زیرزمینی را نباید نادیده گرفت. به همین اندازه مهم، دانستن این موضوع است که مجموعه دیگری از اکوسیستم‌های طبیعی برای تداوم تغذیه آب با کیفیت بالا به سیستم‌های آب زیرزمینی ضروری هستند (*طبیعت برای آب زیرزمینی*). اکوسیستم‌ها در هر دو محدوده تخلیه و تغذیه، برای آب زیرزمینی، منافع اقتصادی فراهم می‌کنند که می‌تواند ارزشگذاری شود.

تصویر۴-۱- کشاورزی آبی، اُردن

بنابراین، اکوسیستم‌ها، هم استفاده‌کنندگان اقتصادی از منابع آب زیرزمینی، و هم از مؤلفه‌های اقتصادی حفظ منبع آب زیرزمینی به شمار می‌آیند (هم از نظر کمیت و هم کیفیت). این ارزش‌ها باید در ارزشگذاری آب زیرزمینی به حساب آیند، نرخ‌گذاری شوند، تخصیص یابند و مدیریت شوند. در تلاش برای بازتاب‌دادن ارزش خدمات اکوسیستم مرتبط با آب و هزینه‌های مدیریت اکوسیستم در نرخ‌گذاری آب و تصمیمات سرمایه‌گذاری، اکنون ساز و کارهای گوناگونی وجود دارد و در سطح گسترده‌ای استفاده می‌شوند. این رویکرد تا اندازه‌ای از جنس کارآیی است، چون تخصیص آب زیرزمینی به اکوسیستم‌ها، ارزش اقتصادی ملموس تولید می‌کند که باید وزن آن در مقابل دیگر ارزش‌های مولد تعیین شود. همچنین به اثربخشی هزینه و انتخاب سرمایه‌گذاری ارتباط می‌یابد، چرا که غالباً سرمایه‌گذاری در مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی برای حفظ خدمات آنها برای سیستم‌های آب زیرزمینی از نظر تغذیه، در مقایسه با اقدام در زمانی که این خدمات کاهش می‌یابند، هزینه کمتری دارد. گنجاندن هزینه‌ها و فایده‌های اکوسیستم در ارزشگذاری آب زیرزمینی، می‌تواند پیامدهای عدالتی مهمی برای برخی از ذینفعان نیز داشته باشد. همانند ارزشگذاری آب زیرزمینی، ارزشگذاری اکوسیستم مدت زمان زیادی است که برای اقتصاددانان یک چالش بوده است. با این همه، فنون ارزشگذاری اکوسیستم، پیشرفت کرده است و اکنون تعیین ارزش بسیاری از خدمات اکوسیستم مرتبط با آب زیرزمینی امکان‌پذیر است. بیشتر فنون فهرست‌شده در جدول۴-۱ نیز می‌تواند برای ارزشگذاری خدمات اکوسیستم در ارتباط با آب زیرزمینی به کار رود.

«تخصیص آب زیرزمینی به اکوسیستم‌ها، ارزش اقتصادی ملموس تولید می‌کند.»

۴-۳-۴- چارچوب زمانی، ریسک‌ها و عدم قطعیت‌ها

تفاوت‌ها میان فایده‌های کوتاه و بلندمدتی که از استفاده از آب زیرزمینی انتظار می‌رود بر چگونگی احتساب ارزش‌های اقتصادی آب زیرزمینی نیز تأثیر می‌گذارد. نتایج کوتاه‌مدت استخراج شدید آب زیرزمینی باید با توجه به جریان بلندمدت فایده‌ها، متوازن شود، و از این رو، نرخ استخراج آب زیرزمینی را محدود سازد. بیشتر منابع آب زیرزمینی، تجدیدپذیر هستند و بنابراین، ارزش آنها نیز پیوسته با گذر زمان تجدید می‌شود. با این همه در مورد منابع آب زیرزمینی تجدیدناپذیر (به قسمت۲-۱-۳ مراجعه نمائید)، بهره‌برداری تا درجات مختلف، خالی‌شدن برگشت‌ناپذیر سفره را نتیجه خواهد داد. بنابراین، به نگاه اقتصادی گسترده‌تری نیاز است. ارزشگذاری آب زیرزمینی باید هزینه‌های اضافه‌تر توأم با استفاده از یک منبع تمام‌شدنی را به حساب آورد، از جمله ارزش آن به عنوان یک ذخیره استراتژیک و هزینه اضافه‌تر برای نسل‌های آینده در یافتن منابع جایگزین برای تأمین آب.

منابع آب زیرزمینی، تجدیدپذیر یا تجدیدناپذیر باشند، در ارزشگذاری آنها همیشه باید چارچوب زمانی را در نظر گرفت، به دلیل آنکه ارزش‌های آب زیرزمینی معمولاً به عنوان جریانی از فایده‌ها و هزینه‌های آتی محاسبه می‌شود که غالباً در دوره مرجع زمانی چندین دهه به بار می‌آید. راه معمول سر و کاریافتن با زمان در تحلیل اقتصادی، اعمال نرخ تنزیل به منظور تبدیل هزینه‌ها و فایده‌های آینده به معادل امروزی آنها است. این کار اساساً عکس اعمال نرخ بهره مرکب است، و به مقادیر، در آینده‌ای که به بار می‌آیند وزن نسبتاً کمتری می‌دهد. همیشه باید حساسیت ارزشگذاری آب زیرزمینی را به نرخ تنزیل به دقت در نظر داشت. نرخ تنزیل نسبتاً بالا همیشه مساعد استفاده‌های کوتاه‌مدت نسبت به فایده‌ها و هزینه‌های بلندمدت‌تر است.

در نهایت، عدم قطعیت علمی و ریسک محیط‌زیستی، ملاحظات مهمی در ارزشگذاری آب زیرزمینی به شمار می‌آید. ریسک و عدم قطعیت با هم متفاوتند. ریسک، وضعیتی است که یک احتمال منطقی را می‌توان به رویدادی با نتایج معلوم نسبت داد. در مقابل، عدم قطعیت زمانی است که اثرات بالقوه یا احتمال برخی نتایج، به اندازه کافی معلوم نیست، یا حتی نمی‌توان نتایج را پیش‌بینی کرد. برای نمونه، اثرات آلوده‌شدن آب زیرزمینی، و بنابراین الزامات حفاظت در برابر آلوده‌شدن، معمولاً نامعین‌تر از برداشت بیش از اندازه آب زیرزمینی هستند، به دلیل آنکه ارزیابی فنی و نیازهای داده‌ای برای بررسی آلوده‌شدن پیچیده‌تر است. با ریسک می‌توان (حداقل در اصل) به عنوان هزینه رفتار کرد و احتمالات عددی را در محاسبات ارزشگذاری گنجاند، ولی غلبه بر عدم قطعیت بسیار دشوارتر است، و معمولاً باید رویکرد مبتنی بر «اصل پیشگیرانه» را در پیش گرفت (به قسمت۳-۲-۲ مراجعه نمائید).

۴-۳-۵- ارزشگذاری با چه محدودیت‌هایی روبرو است؟

هیچ یک از فنون ارزشگذاری که در بالا توصیف شدند، بدون اشکال نیستند، با این همه، مسیر ارزشگذاری بهتر منابع آب زیرزمینی و گنجاندن هزینه‌ها و فایده‌های چندگانه را که نیاز است در اطلاعات پشتیبانی کننده تصمیم بازتاب یابد ترسیم می‌کنند. با این همه، چندین نقطه ضعف در این روش‌ها وجود دارد که همواره باید در استفاده از داده‌های ارزشگذاری به یاد داشت:

- ارزشگذاری آب زیرزمینی، هم به توانایی پرداخت استفاده‌کنندگان آب و هم به توانایی آنان در دسترسی به بازارهای پرارزش بستگی دارد، و از این رو، زراعت تجاری یا بهره‌برداری صنعتی، تقریباً همیشه بازده بالاتری در استفاده از آب زیرزمینی نسبت به زارع معیشتی یا استفاده‌کننده خانگی نشان می‌دهد. در نتیجه، به استدلال‌هایی می‌انجامد مبنی بر این که ارزشگذاری ذاتاً به سمت اقشار ضعیف سوگیری دارند.
- بیشتر فنون ارزشگذاری قادر نیستند به دقت، ارزش‌های اجتماعی و فرهنگی توأم با تأمین آب سالم و مطمئن را بازتاب دهند، و از این رو در نهایت، ارزشی که مردم برای آب زیرزمینی قائل می‌شوند، به عوامل بسیاری، غیر از بازار و جنبه‌های اقتصادی بستگی می‌یابد.
- فنون ارزشگذاری که عمدتاً بر ارزش‌های مرتبط با تولید تمرکز دارند (مرتبط با استفاده صنعتی و تجاری، از جمله کشاورزی)، نیازمند تعدیل دیگر نهاده‌های مهم غیر از آب زیرزمینی است (مانند نیروی کار، انرژی و مواد اولیه)، که معلوم کردن دقیق آنها می‌تواند دشوار باشد، و
- ارزشگذاری به عدم در نظرگرفتن مناسب ارزش‌های در محل یا خدمات اکوسیستم تمایل دارد.

تغییرپذیری ارزشگذاری‌های آب زیرزمینی نیز، به دلیل نوسان مکانی و نوسان در گذر زمان می‌تواند زیاد باشد. برای نمونه در مطالعه ملی ارزش استفاده از آب زیرزمینی برای اقتصاد استرالیا، ارزش مستقیم ۳/۵ میلیارد متر مکعب آب زیرزمینی برداشت‌شده در سال، ۵/۴-۱/۴ میلیارد دلار برآورد شد. اگر اثرات آن در دیگر صنایع و تجارت‌ها در نظر گرفته شود، این رقم به ۸/۳-۲/۳ میلیارد دلار افزایش می‌یابد- برای نمونه، بزرگتر از بخش‌های ماهیگیری یا جنگل‌داری- حاکی از متوسط «ارزش استفاده‌ای» در طیف ۲/۳-۰/۴ دلار در متر مکعب. رقم تقریبی برای ارزش کل تولید وابسته به آب زیرزمینی (و نیز نیازمند بسیاری از نهاده‌های دیگر) در اندازه ۲۵ میلیارد دلار در سال بود. نوسان در این ارقام همچنین به عوامل گنجانده‌شده در تحلیل یا کنار گذاشته‌شده از آن بستگی دارد. طیف مقادیر مربوط به تأمین مستقیم برای خانوارهای روستایی، از ۴/۸-۱/۱ دلار در متر مکعب بود، در حالی که مقادیر دامپروری، استفاده از آب زیرزمینی به عنوان منبع آب پشتیبان در دوره خشکسالی، و خدمات اکوسیستم به حساب نیامدند. ارزشگذاری استفاده آب زیرزمینی در معدنکاری، از ۳/۸-۰/۴ دلار در متر مکعب نوسان داشت، و حداکثر مقادیر به تولید فلزات پرارزش و سنگ جواهر تعلق داشت. ارقام مربوط به کشت آبی کمتر از ۰/۴ دلار در متر مکعب بود.

«ارزشگذاری آب زیرزمینی، هم به توان پرداخت استفاده‌کنندگان آب و هم به توانایی آنها در دسترسی به بازارهای پرارزش بستگی دارد.»

محدودیت‌ها و تغییرپذیری در داده‌های ارزشگذاری آب زیرزمینی، پیامدهای مهمی برای چگونگی استفاده از ارزش آب زیرزمینی در تصمیم‌گیری دارد. برای نمونه در اسپانیا، هزینه‌های آبیاری تنها ۱۵-۲ درصد هزینه‌های مستقیم تولید سبزیجات گلخانه‌ای، مرکبات، انگور و زیتون را تشکیل می‌دهد، ولی بهره‌وری اقتصادی استفاده از آب زیرزمینی ۲ یورو در متر مکعب بود. با این همه، این رقم با افزایش بارز در ارزش اراضی کشاورزی که حق استفاده از چاه آب داشتند، در مقایسه با اراضی مجاور که برای دیم‌کاری استفاده شده بود، بیشتر افزایش یافت. پدیده مشابهی در استان Mendoza در آرژانتین، در مجاورت اراضی کشت‌نشده رخ داد. خطر در این است که در غیاب مدیریت عمومی منسجم، یا نظام مشارکتی استوار در کنترل استفاده از آب زیرزمینی و مدیریت، این وضعیت می‌تواند به بهره‌برداری ناپایدار منجر شود، از جمله اثرات قابل توجه بر اکوسیستم‌های آبی، که سپس بعداً باید ترمیم شوند. بنابراین، ضروری است که ارزش آب زیرزمینی در ترکیب با کنترل و مدیریت اثربخش (فصل۳) و مدیریت مشارکتی (فصل۵)، تفسیر و به کار گرفته شود.

۴-۴- ابزارهای اقتصادی مدیریت و حفاظت آب زیرزمینی

۴-۴-۱- دامنه و اهمیت ابزارهای اقتصادی

ابزارهای اقتصادی برای انگیزش استفاده‌کننده آب زیرزمینی، آلوده‌کننده، یا تأمین‌کننده خدمات اکوسیستمی به در پیش‌گرفتن داوطلبانه رفتار مطلوب که به نفع جامعه خواهد بود، یا حداقل، پیروی از سیاست‌های دولت به کار می‌روند. منطق زیربنای تدابیر انگیزه‌بخش اقتصادی این است که انسان (معمولاً) به تشویق‌ها و جریمه‌های مالی واکنش می‌دهد. ابزارهای اقتصادی می‌تواند مشوق استفاده کارآتر از آب زیرزمینی باشند، و بدین ترتیب در مدیریت پایدار آب زیرزمینی و کاهش ریسک اثرات منفی و تعارضات اجتماعی نقش داشته باشد.

با اینکه دشواری‌های عملی، مانع ارزشگذاری دقیق منابع آب زیرزمینی است، دامنه گسترده و نیاز ضروری به استفاده گسترده‌تر و منسجم‌تر ابزارهای اقتصادی تجربی در پرداختن به امور آب زیرزمینی وجود دارد. برای مدیران منبع آب بسیار مطلوب است اطمینان یابند که استفاده‌کنندگان یا آلوده‌کنندگان منابع آب زیرزمینی، هزینه‌های اقتصادی کامل اقداماتشان را به عهده بگیرند، چرا که در غیر این صورت، به همگان سیگنال‌های اشتباه می‌دهد، و اساساً راه و رسم‌های هدردهنده و خسارت‌آفرین را تشویق می‌کند.

«ابزارهای اقتصادی می‌توانند انگیزه استفاده کارآتر آب زیرزمینی را تقویت کند.»

ابزارهای اقتصادی، تکمیل کننده دیگر رویکردها هستند، و در واقعیت، ابزارهای اقتصادی به «پاداش» می‌مانند که می‌تواند کامل کننده «تهدید» قوانین و مقررات باشند. از این رو، برای اثربخش واقع‌شدن در پیشبرد مدیریت پایدار آب زیرزمینی، ابزارهای اقتصادی باید به عنوان بخشی از یک بسته شامل مقررات (به فصل۳ مراجعه نمائید) و مشارکت اجتماعی (به فصل۵ مراجعه نمائید) متناسب با محیط هیدروژئولوژیکی، اجتماعی–اقتصادی و نهادی به کار گرفته شوند. در طراحی چنین بسته‌ای باید دقت داشت، و نیز به چگونگی ترتیب به کارگیری تدابیر گوناگون توجه داشت. برای نمونه، دیر یا زود لازم خواهد شد ابزارهای اقتصادی در برخی نواحی جنوب صحرای بزرگ آفریقا برای پرداختن به مسائل نوظهور به کار گرفته شوند، ولی تنها زمانی که برای نمونه، ترتیبات مقتضی حکمرانی، توانمندی‌های مدیریت و تکنولوژی‌ها برای قادرساختن بهره‌برداران آب زیرزمینی به پاسخ اثربخش وجود داشته باشد.

شماری از ابزارهای اقتصادی وجود دارد که غالباً برای کنترل برداشت و منع آلوده‌سازی به کار می‌رود، مانند عوارض و هزینه‌ها، و یارانه‌ها برای حفظ منبع یا تکنولوژی‌های کنترل آلودگی. بدین منظور، نظام شفاف اندازه‌گیری، به اضافه مجازات‌های اجتماعی و مالی بابت عدم رعایت، باید برقرار باشد (و این مهم، زمانی که تلاش می‌شود بازار آب زیرزمینی برای تسهیل انتقال حقوق به استفاده‌هایی با بهره‌وری بیشتر به کار رود، ضروری‌تر است). مدیریت عمومی باید بازدارنده آن دسته فعالیت‌های توسعه باشد که تنها منافع کوچک اجتماعی اقتصادی را در قبال ریسک‌های بزرگ محیط‌زیستی به دست می‌دهند. مدیریت عمومی و شرکت‌های آب نیز باید امکان پرداخت به مالکان اراضی را برای مراقبت از محدوده‌های تغذیه آبخوان در نظر بگیرند که به محافظت از نرخ‌ها و کیفیت تغذیه آب زیرزمینی کمک می‌کند.

تحلیل‌های امکان‌سنجی باید درباره پیاده‌سازی ابزارهای اقتصادی برای مدیریت آب زیرزمینی، شامل بررسی هزینه‌ها و فایده‌های هر ابزار انجام شود. در این بررسی‌ها همچنین باید ظرفیت سازمانی (برای اداره، پایش و نظارت بر رعایت مقررات) و هزینه‌های تکرارشونده در بلندمدت به حساب آید. هزینه‌ها و فایده‌های مورد انتظار نیز باید بده‌بستان‌ها میان استفاده از ابزارهای اقتصادی و دیگر رویکردهای مدیریت آب زیرزمینی را در نظر بگیرد. در حالی که برآورد هزینه‌های به کارگیری یک ابزار مشخص، نسبتاً ساده است، ولی برآورد فایده‌ها می‌تواند بسیار بسیار دشوار باشد. شیوه‌های دیگر بررسی عبارتند از تحلیل اثربخشی هزینه (مقایسه هزینه گزینه‌های مختلفی که هدف یکسانی دارند) و تحلیل چندمعیاری (تحلیل هدف‌های مختلف بر اساس رتبه آنها).

۴-۴-۲- وضع عوارض و هزینه‌ها برای محدودسازی برداشت آب زیرزمینی

عوارض مستقیم برداشت و استفاده از منبع

اخذ عوارض بابت برداشت آب زیرزمینی، مستقیم‌ترین روش برای اطمینان از این است که مشوق استفاده اقتصادی از آب زیرزمینی وجود دارد، چون بهره‌برداران باید «عوارض برداشت منبع» را بر پایه حجم استفاده‌شده بپردازند (ترجیحاً بر اساس کنتور به جای حجم مجاز استفاده). بهره‌بردارانی که حجم کوچکی از آب را برای تأمین نیازهای خانگی برداشت می‌کنند، از این عوارض مستثنا هستند. این رویکرد می‌تواند مؤلفه‌ای بسیار اثربخش در مدیریت باشد (نمونه۴-۳).

نمونه۴-۳- وضع عوارض استفاده از آب زیرزمینی برای کنترل برداشت در کلان‌شهر بانکوک، تایلند

کلان‌شهر بانکوک در حوضه Chao Phyra، بر روی رسوبات انباشته‌شده ضخیم و مجموعه‌ای از آبخوان‌های نیمه‌محصور، توسعه یافته است. برای تأمین آب شهری (شرکت‌های دولتی و استفاده خصوصی) از دهه ۱۹۵۰ به این سو، به شکل فزاینده‌ای از آب زیرزمینی بهره‌برداری می‌شده است، از جمله شرکت تأمین آب شهری که تا سال ۱۹۸۵ از ۴۰۰,۰۰۰ متر مکعب در روز فراتر رفت. بیش‌برداشت آب زیرزمینی به نشست زمین با نرخ بیش از ۱۰ سانتی‌متر در سال در بخش‌های قابل توجه کلان‌شهر منجر شد، و سبب خسارت شدید به ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها، و افزایش ریسک آب‌گرفتگی ناشی از مد آب شد.

نخستین تلاش برای پرداختن به این مشکل در دوره ۱۹۹۵-۱۹۸۵، با مسدودسازی چاه‌های آب شهری و جایگزینی آن با تأمین بسیار گران‌تر آب سطحی (انتقال‌یافته و تصفیه‌شده) صورت گرفت. با این همه، افزایش قیمت تأمین عمومی آب، فقدان نظارت مناسب بر برداشت آب زیرزمینی، و افزایش سریع در تقاضای خانگی و صنعتی، سبب افزایش شدید در ساخت چاه‌های خصوصی آب شد. تا انتهای این دوره، استفاده آب زیرزمینی از ۲۰۰,۰۰۰ به ۲,۰۰۰,۰۰۰ متر مکعب در روز افزایش یافت و نشست تجمعی زمین در بسیاری از محدوده‌ها از ۱ متر فراتر رفت.

از سال ۱۹۹۵، دپارتمان منابع آب زیرزمینی اختیارات بیشتری برای کنترل استفاده از آب زیرزمینی به دست آورد، و تلاش جدی را برای کنترل برداشت آب زیرزمینی تا سطوح قابل قبول آغاز کرد. در این اقدام، ممنوعیت‌هایی برای استفاده از چاه‌های آب خصوصی در «محدوده‌های بحرانی»، حذف تدریجی چاه‌های آب صنعتی و مشاع در نواحی با تأمین کافی آب شهری، و مهم‌تر از همه، نصب کنتور و عوارض بر استفاده خصوصی از آب زیرزمینی اعمال شد. در تعیین عوارض، بر اساس وزن ملاحظات استفاده از آب و ریسک‌های سیستم آب زیرزمینی در مکان‌های مختلف عمل می‌شود. در آغاز، بالاترین میزان عوارض، ۰/۰۹ دلار در متر مکعب بود، ولی به تدریج تا ۰/۴۲ دلار در متر مکعب تا ۲۰۰۵ افزایش یافت. نتیجه این اقدامات، تثبیت، و حتی تا اندازه‌ای بازیابی ترازهای آب زیرزمینی در بیشتر آبخوان‌های شدیداً بهره‌برداری‌شده، و کاهش نرخ‌های نشست زمین به کمتر از ۱ سانتی‌متر در سال در بیشتر محدوده‌ها بوده است. درآمدهای قابل توجهی بابت سرمایه‌گذاری مجدد در تقویت اداره امور آب زیرزمینی به طور کلی، و در بهبود شبکه‌های میدانی پایش محیط‌زیستی و آب زیرزمینی حاصل شده است.

متأسفانه استفاده از آب در کشاورزی، که معمولاً بزرگترین مصرف‌کننده منابع آب زیرزمینی است، به ندرت با کنتور اندازه‌گیری می‌شود و از این رو کنترل استفاده آبیاری به آسانی صنعت یا تجارت نیست. فنون جایگزین برای برآورد برداشت آب زیرزمینی برای آبیاری به قرار زیر است:

- استفاده از کنتور برق به عنوان شاخص حجم آب زیرزمینی پمپاژشده (نمونه۴-۴)، که در قبض ترکیبی برق و آب زیرزمینی حساب می‌شود (و بابت عدم پرداخت جریمه می‌شوند)، با اینکه احتساب بازدهی پائین پمپ امکان‌پذیر نیست.
- استفاده از ظرفیت یا گنجایش پمپ‌های چاه آب (متر مکعب بر ساعت) و برنامه زمانی عملکرد برآوردشده یا پایش‌شده (ساعت در ماه) برای برآورد میزان استفاده، و
- برآورد مصرف آب زیرزمینی از روی متوسط نیاز آبی هر گیاه (متر مکعب در ماه) و مساحت زیر کشت آبی (متر مربع)، برآوردشده با دورسنجی یا پیمایش‌های زمینی.

نمونه۴-۴- وضع عوارض ترکیبی استفاده روستایی برق و آب زیرزمینی در Mendoza، آرژانتین.

Mendoza در مجاورت کوهستان آند در آرژانتین و در یک منطقه فراخشک قرار دارد. برخی رودخانه‌های مهم و آبخوان‌های آبرفتی در این منطقه یافت می‌شود. سازمان منابع آب در این استان خودمختار، تلاش می‌کند آب زیرزمینی را در زیرساخت آبی استان، با سابقه طولانی مدیریت آب سطحی برای کشاورزی آبی یکپارچه کند. رویکرد اولیه آن، تشویق به حفر چاه آب در حاشیه اراضی زیر پوشش کانال آبیاری و اجازه استفاده از آب زیرزمینی در صورت ناکافی‌بودن تخصیص‌های آب سطحی بود. این استراتژی به طور کلی موفقیت بزرگی در پی داشت، به گواه این واقعیت که قیمت‌های زمین تا سال ۲۰۰۶ برای تاکستان‌هایی که حقوق استفاده آب زیرزمینی و زیرساخت آبیاری داشتند، به ۳۰،۰۰۰-۵۰،۰۰۰ دلار در هکتار رسید، در مقایسه با ۴،۰۰۰ دلار در هکتار در زمین‌های بی‌آب و علف مجاور. با این همه در برخی نواحی، این استراتژی مشکلات افزایش شوری آب زیرزمینی ناشی از استفاده شدید آب زیرزمینی و/ یا افزایش بی‌رویه مساحت اراضی آبی را به وجود آورده است.

کنترل بیشتر و مدیریت غیر منفعلانه برداشت آب زیرزمینی (و استفاده مصرفی آن برای آبیاری) با اقدامات زیر تعقیب شده است:

- ممنوعیت حفر چاه‌های جدید آب و بستن «راه‌های گریز قانونی» درباره انتقال مکانی و بازفعال‌سازی حقوق استفاده آب زیرزمینی در «نواحی بحرانی»، و
- استفاده از تصویربرداری ماهواره‌ای و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی برای تهیه نقشه موقعیت چاه‌های آب، مساحت زمین‌هایی که آبیاری می‌کنند (و هر گونه آبیاری تلفیقی با آب سطحی)، و موقعیت کنتورهای برق.

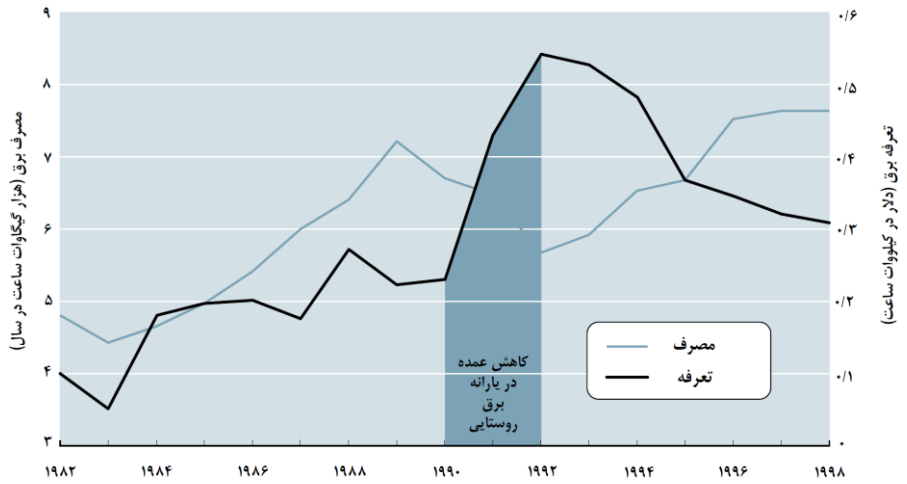
رویکرد دوم، اعمال تدریجی عوارض مشترک برای برق و برداشت آب زیرزمینی را از سال ۲۰۰۰ در نواحی اولویت‌دار، و برآورد تجربی میزان برداشت را از روی کنتور برق تسهیل کرد. مجازات عدم پرداخت برای تأمین انرژی به کار گرفته شد. همکاری لازم برای دریافت عوارض برداشت آب زیرزمینی بر پایه حجم (هر چند تقریبی)، حتی در وضعیت‌هایی که شرکت تأمین برق روستایی خصوصی شده بود و سازمان منابع آب، یک نهاد دولتی بود امکان‌پذیر شد.

«نرخ‌گذاری برق روستایی می‌تواند ابزار مفیدی برای تأثیر بر روندهای پمپاژ آب زیرزمینی باشد.»

نرخ‌گذاری غیر مستقیم از طریق تعرفه‌های برق

پس از اینکه چاه ساخته می‌شود، هزینه عمده برداشت آب زیرزمینی، انرژی لازم برای بالاآوردن آب است. این هزینه نه تنها به عمق سطح ایستابی، خصوصیات آبخوان و کارآیی چاه، بلکه به هزینه واحد انرژی برای پمپاژ نیز بستگی دارد. اگر ظرفیت رسیدگی به امور منابع آب یا اراده سیاسی برای اعمال عوارض حجمی مستقیم، کافی نباشد، نرخ‌گذاری برق روستایی می‌تواند ابزار مفیدی برای اثرگذاری بر روندهای پمپاژ آب زیرزمینی باشد (شکل۴-۲). با این همه، در وضعیت‌هایی که هزینه انرژی و آب زیرزمینی، کسر کوچکی از کل هزینه‌های تولید کشاورزی باشد، دامنه کاربرد این رویکرد ممکن است بیش از آنچه در ابتدا به نظر می‌رسد محدودتر باشد.

شکل۴-۲- سابقه تأثیر نوسانات تعرفه برق روستایی بر مصرف انرژی در پمپاژ آب زیرزمینی در مکزیک. تأثیر مثبت کاهش عمده در یارانه در ۱۹۹۲-۱۹۹۰ وجود دارد، ولی به دلیل دیگر عوامل اقتصادی در تولید کشاورزی و لابی سیاسی تداوم نداشته است.



جای شگفتی است که در بسیاری از مناطق جهان، قیمت‌های انرژی در جهت عکس به کار می‌روند، و یارانه‌های زیادی به تأمین برق روستایی برای کاهش هزینه‌های زراعی داده می‌شود. در بسیاری از موارد، این شیوه تا آنجا پیش می‌رود که تفاوت قیمت میان استفاده از آب زیرزمینی برای آبیاری و آب کانال (که این شیوه نیز سابقه‌ای طولانی در بهره‌مندی از یارانه‌های زیاد دارد) کاهش می‌دهد. با اینکه یارانه‌های برق روستایی غالباً به لحظ سیاسی توجیه می‌شوند، باید دانست که اتخاذ تعرفه ثابت برق روستایی (تنها با نیروی اسب بخار پمپ ارتباط می‌یابد) بسیار نابجا است، چون زارعان را از تأثیرپذیری از یکی از اقلام مهم هزینه‌ای ناشی اُفت سطح ایستابی در امان نگاه می‌دارد. همچنین می‌تواند به شیوه‌های بسیار ناکارای پمپاژ در آبخوان‌های کم‌عمق

منجر شود و زارعان همچنان به استفاده از چاه‌های آب با ترازهای بسیار بسیار پائین آب زیرزمینی، و تلفات ورودی و اصطکاک بسیار زیاد پمپ ادامه دهند. اگر قرار باشد هزینه کامل اقتصادی انرژی برق مصرف‌شده منظور گردد، این دست راه و رسم‌ها کاملاً غیر اقتصادی خواهد بود.

«اتخاذ تعرفه‌های ثابت برای برق روستایی، کاملاً غیر منطقی است.»

افزون بر این، با اینکه دادن یارانه به زارعان فقیر برای بهبود معیشت آنان، منطقی است، به عهده گرفتن هزینه استفاده از آب زیرزمینی ممکن است بهترین راه نباشد، چون برداشت بیش از اندازه آب زیرزمینی می‌تواند موجودی منبع را در بلندمدت پایان دهد. جایگزین بهتر، برای نمونه، پرداخت یکجا در ابتدای فصل آبیاری برای پوشش بخشی از صورتحساب برآوردشده انرژی آنان است، چون انگیزه استمرار دریافت این مبالغ و استفاده کارآتر آب را فراهم می‌آورد. دیگر رویکردهای به کاررفته، کنترل استفاده از چاه‌های آب برای آبیاری به دست شمار بزرگ زارعان کوچک است که به شکل موفق در هند، آزمایشی اجرا شده است:

- سهمیه‌بندی تأمین برق با استفاده از شبکه اختصاصی تنها برای پمپاژ آبیاری، و همزمان حفظ تعرفه‌های اساساً یارانه‌ای برای برآوردن انتظارات سیاسی، و
- تحویل برق به توزیع کنندگان متمرکز در سطح روستا، که هر یک از تعرفه یارانه‌ای نیز منتفع می‌شوند، ولی مسئولیت بازاریابی، مدیریت و اخذ عوارض تأمین برق مشترکان روستا بر پایه تجاری، بر عهده آنان است.

از بسیاری جنبه‌ها، استفاده از انرژی صفحات خورشیدی برای تأمین انرژی پمپ‌های چاه‌های آب، تحول امیدوارکننده‌ای است، چون وابستگی به برق تولیدشده از سوخت‌های فسیلی را کاهش می‌دهد (شاید تا اندازه زیاد در بلندمدت‌تر). با این همه، برای دستگاه‌های مدیریت منابع آب، بسیار مهم است که با شرکت‌های برق برای اعمال «تعرفه‌های بازخرید» همکاری کنند تا به اندازه کافی برای پرهیز از استفاده از انرژی خورشیدی برای تداوم بیش‌بهره‌برداری منابع آب زیرزمینی جذابیت پیدا کنند.

پیاده‌سازی و نظارت

پیش از به کارگیری ابزارهای اقتصادی برای آب زیرزمینی، لازم است گام‌های معینی برداشته شود:

- تهیه فهرست تفصیلی بهره‌برداران آب زیرزمینی، استفاده و حقوق استفاده
- امکان‌سنجی کنتورگذاری چاه‌های آب یا فنون دیگر برای برآورد استفاده آب زیرزمینی، و
- رایزنی با گروه‌های بهره‌بردار آب زیرزمینی درباره پیاده‌سازی و گزینه‌های نظارت

شاید مهم‌ترین مسئله در کارگر واقع‌شدن ابزارهای اقتصادی در منابع آب زیرزمینی پایدار، رعایت مقررات و نظارت بر اجرای آنها باشد. استفاده از آب زیرزمینی، فعالیتی بسیار نامتمرکز با شمار زیاد بهره‌برداران خصوصی

است، که چاه‌های خودشان را حفر می‌کنند، تجهیزات پمپاژ خودشان را نصب می‌کنند و از برنامه زمانی پمپاژ خودشان پیروی می‌کنند. در آبخوان‌های اصلی، چندین هزار بهره‌بردار وجود خواهد داشت، و اندازه‌گیری استفاده چاه آب تنها در صورتی امکان‌پذیر خواهد بود که انگیزه‌بخش‌های روشنی برای پیروی از آن وجود داشته باشد.

مشارکت فعال بهره‌برداران چاه آب در مدیریت منبع آب زیرزمینی اهمیت اساسی دارد (به فصل۵ مراجعه نمائید)، و می‌تواند با موارد زیر تسهیل شود:

- فراهم‌آوردن داده‌ها درباره وضعیت منابع آب زیرزمینی
- پیشبرد مشارکت ذینفعان در قالب تشکل‌های مدیریت آبخوان (که بهره‌برداران به سهم خود برای تحقق اهداف نهایی مدیریت فشار وارد می‌کنند)
- ترکیب عوارض برق روستایی و استفاده از آب زیرزمینی، و
- افزایش استفاده از تکنولوژی‌های نوآورانه.

نمونه‌ای از این دست تکنولوژی‌ها، دورسنجی است. اکنون تصویرهای ماهواره‌ای در دسترس هستند و بسیاری از سازمان‌ها ابزارهای تفسیر آنها را برای تهیه نقشه رخنمون آبخوان‌ها، و استفاده مصرفی آب زیرزمینی، و نیز برآورد مستقیم مجموع تبخیرتعرق واقعی با قابلیت تفکیک بالا طراحی کرده‌اند.

همچنین لازم خواهد بود مجازات‌هایی بابت عدم رعایت مقررات و عوارض آب زیرزمینی اعمال شود. این کار نیازمند اراده سیاسی، ظرفیت سازمانی و یک استراتژی است که رعایت‌نشدن مقررات را آشکارا جریمه کند.

۴-۴-۳- بازارهای آب زیرزمینی برای مبادله حقوق استفاده و تخصیص‌ها

راه‌اندازی «بازارهای آب» غالباً از جنبه تسهیل مدیریت منبع، جانبداری می‌شود، چون می‌تواند به تخصیص آب به استفاده‌هایی که ارزش بالاتری دارند، به گونه‌ای قابل قبول برای تمام طرف‌ها و بنابراین پیشبرد رشد اقتصادی و همزمان، کاهش تنش اجتماعی کمک کند. ممکن است چنین باشد، اما بسیار مهم است بدانیم که چنین بازارهایی، به کار محدودسازی برداشت کل آب زیرزمینی یا استفاده مصرفی نمی‌آیند، و در واقع اگر محدودیت‌هایی وضع نشود، ممکن است تأثیر معکوس داشته باشند. با این همه، اگر در چارچوب تثبیت‌شده مدیریت منبع آب زیرزمینی به کار گرفته شوند که در آن، سقف برداشت قابل نظارت برای مجموع استفاده مصرفی اعمال گردد (در عمل به عنوان بازاری برای حجم ثابت حقوق برداشت آب زیرزمینی) می‌تواند ابزار مفیدی برای مدیریت منبع باشد. با این همه حتی پس از آن نیز لازم است مبادله در محدوده‌های مشخص یک آبخوان برای استفاده‌های مشخص مقید گردد.

بازار آب در مورد منابع آب زیرزمینی، به معنای مبادله حقوق استفاده یا تخصیص‌ها در بازار است، نه به معنای فروش حجمی آب و نه انتقال چنین حقوقی در زمان فروش دارایی و انتقال مالکیت زمین. برای موفقیت «بازارهای آب زیرزمینی» از این نوع، رویکردی تدریجی بسیار ضرورت دارد:

- نخست، پی‌ریزی نظام مناسب برای اندازه‌گیری استفاده آب زیرزمینی، و ساماندهی و تعریف حقوق استفاده و ساز و کارهای مشارکت بهره‌برداران آب، و همزمان، دادن زمان به ذینفعان برای تطبیق‌یافتن با مجموعه قواعد جدید، و
- دوم، وقتی این نظام برقرار شد، قابل مبادله‌ساختن حقوق استفاده از آب زیرزمینی.

در اصل، مبادله حقوق آب زیرزمینی تنها زمانی اثربخش خواهد بود که بر پایه مدیریت دولتی سنجیده، و با استفاده از مقررات ناظر بر مدیریت منبع، استوار شود. بازار آب، جایگزین کنترل منبع نیست، بلکه راهکاری تکمیل‌کننده است که نیازمند اهتمام بیشتر از نظر مدیریت دولتی در ازای منافع اقتصادی بیشتر برای جامعه است.

«بازار آب به مبادله حقوق استفاده یا تخصیص‌ها در بازار گفته می‌شود.»

معمولاً هدف نهایی، کاهش استفاده مصرفی آب زیرزمینی، به نفع پایداری بلندمدت تولید اقتصادی و اکوسیستم‌های آبی است، و مبادله حقوق آب زیرزمینی، ساز و کاری را برای اطمینان‌یافتن از اینکه بهره‌برداران جدید و با بهره‌وری بالاتر، می‌توانند به این منبع دسترسی یابند فراهم می‌آورد. برای محقق‌ساختن این هدف، و همزمان حفاظت از بهره‌برداران قانونی موجود و اکوسیستم‌های آبی وابسته به آب زیرزمینی، بازار نیازمند ضوابط مهم زیر خواهد بود:

- محدودسازی انتقال حقوق آب زیرزمینی در داخل واحدهای هیدروژئولوژیکی مشخص (که بر حسب مکان و عمق بر پایه موجودی منبع، روندهای کیفیت و کارکردهای محیط‌زیستی تعریف می‌شود) و استفاده‌های مشخص که استفاده مصرفی یا بار آلودگی را افزایش ندهد، از طریق قواعد استاندارد روشن.
- حفاظت از بهره‌برداران قانونی موجود (شامل محیط آبی) در قالب شروط تکمیل‌کننده درباره انتقال‌ها و با ارزشیابی مورد به مورد، و
- کاهش‌های دوره‌ای حجم کل حقوق استفاده آب زیرزمینی در گذر زمان.

شمار فزاینده‌ای از کشورها یا ایالت‌های فدرال (مشخصاً و نه منحصر به اتحادیه اروپایی، ایالات متحده امریکا و استرالیا) وجود دارند که کوشیده‌اند، یا می‌کوشند مبادله حقوق استفاده آب زیرزمینی یا تخصیص‌ها را به کار گیرند. مبادله ممکن است در آبخوان اولویت‌دار یا واحدهای مدیریت آب زیرزمینی به کار گرفته شود، و معمولاً بخشی از استراتژی یکپارچه مدیریت منبع آب زیرزمینی هستند. بر پایه تجربه محدود بازارهای آب

زیرزمینی، می‌توان گام‌های عملیاتی را برای کمک به اطمینان از موفقیت مدیریت مبادله حقوق استفاده آب زیرزمینی و تخصیص‌ها برشمرد:

- فراهم‌سازی عمومی اطلاعات تجمیعی درباره حجم‌ها و روندهای مبادله برای تسهیل بازار
- تشویق به مبادله موقتی (فصلی یا با دوره زمانی محدود) تخصیص‌های استفاده آب زیرزمینی، چون در جاهایی که امکان‌پذیر باشد، رسیدگی به این شیوه مبادله آسان‌تر است و هم می‌تواند برای ارزیابی و هم برانگیختن به انتقال دائمی حقوق استفاده آب زیرزمینی به کار گرفته شود.
- حفظ «ذخیره محفوظ»، پس از کسر سهم توافق‌شده منابع آب زیرزمینی به عنوان جریان محیط‌زیستی، تا بتوان از عهده نیازهای اضطراری اجتماعی بیرون بازار برآمد.
- اطمینان از اینکه ارزیابی منابع آب زیرزمینی موجود با شناخت پیوند متقابل با سیستم‌های آب سطحی صورت گرفته است (و دو بار احتساب منابع رخ نداده است)، و ارتباط و برهم‌کنش میان آب زیرزمینی و مبادله حقوق استفاده آب سطحی همخوانی دارد.
- اندیشیدن تمهیداتی برای شرایط خشکسالی برای کاهش حقوق به تناسب، چون در این دوره‌ها است که اثرات طرف ثالث و محیط‌زیستی برداشت‌های فردی، شدیدترین حالت است (یا مقرر کردن حقابه به صورت کسر ثابتی از تخصیص متغیر کل بر اساس سابقه)، و
- وجود روال‌های مناسب پیگیری و پایش برای ارزشیابی پیوسته اصلاحات در برداشت و استفاده آب زیرزمینی ناشی از مبادله حقوق و تخصیص، و تأثیر آن بر رژیم جریان آبخوان و تخلیه‌های محیط‌زیستی آن.

۴-۴-۴- ابزارهای اقتصادی برای کنترل ریسک آلوده‌شدن از منشأ نقطه‌ای

گزاره‌ای اقتصادی که معمولاً برای محدودسازی آلوده‌شدن آب از منشأ نقطه‌ای تجویز می‌شود، این اصل است که «آلوده‌کننده پرداخت می‌کند.» برابر این اصل، یک فعالیت صنعتی باید بابت مقدار تولید آلودگی (معمولاً زمانی که از حد تعیین‌شده فراتر می‌رود یا استاندارد تعیین‌شده کیفیت آب رعایت نمی‌شود) عوارض پرداخت کند. هر چه کمتر آلوده سازد، کمتر پرداخت می‌کند. این اصل، هزینه آثار خارجی آلودگی را در هزینه تولید صنعتی منظور می‌کند، به جای آنکه پرداخت آن را بر دوش جامعه بگذارد. به شکلی دیگر، ممکن است بازاری راه‌اندازی شود که مبادله «مجوزهای آلوده‌سازی» را امکان‌پذیر سازد. صنایع می‌توانند تخصیص مجوزدار خود را به دیگر صنایع بفروشند، و بنابراین، انگیزه پرهیز یا کاهش آلودگی دارند.

با این همه در مورد آب زیرزمینی، زحمت اثبات آلوده‌سازی آبخوان، غالباً طاقت‌فرسا است، به دلیل آنکه متهم‌ساختن افراد یا شرکت‌ها، هم به دلیل پیچیدگی هیدرولیکی و هم زمان تأخیر بسیار طولانی در جابجایی آلاینده که در بسیاری از سیستم‌های آبخوان (نه همه آنها) وجود دارد دشوار می‌شود. از این رو، مبادله

مجوزهای آلوده‌سازی به آسانی برای آلوده‌شدن آب زیرزمینی کاربردپذیر نیست. در واقع تا اندازه زیادی، اصل حفاظت پیشگیرانه درباره آبخوان‌ها، اثربخش نیست، به دلیل ماندگاری بسیار طولانی برخی آلاینده‌ها در زیر سطح زمین و غالباً غیر عملی‌بودن ترمیم (پاکسازی)، به همراه افزایش هزینه برخی رویدادهای آلوده‌ساز.

«مبادله مجوزهای آلوده‌سازی، به آسانی برای آب زیرزمینی کاربردپذیر نیست.»

بنابراین در مورد آب زیرزمینی، اصل «آلوده‌کننده پرداخت می‌کند» باید به صورت «آلوده‌ساز بالقوه، هزینه‌های حفاظت ضروری آبخوان را پرداخت می‌کند» تفسیر شود. این هزینه‌ها از جایی به جای دیگر با توجه به پروفیل خاک و شرایط زمین‌شناختی زیرسطحی تغییر می‌کند. این هزینه در مهم‌ترین محدوده‌های تغذیه آب زیرزمینی، بیشترین مقدار است. افزون بر این، در محدوده‌های حفاظت از آب شرب، غالباً ترکیبی از مقررات و ابزارهای اقتصادی برای جلوگیری از فعالیت‌های خطرناک استفاده می‌شود.

در نهایت، به کارگیری راهکارهای انگیزه‌بخش اقتصادی برای آلوده‌کنندگان بالقوه، برای بهبود مدیریت فاضلاب، تصفیه، استفاده مجدد و دفع پسماند در تأسیسات صنعتی موجود، و برای حداقل‌کردن و دفع ایمن پسماندهای جامد، ارجحیت زیادی دارد. این دست انگیزه‌بخش‌ها به ویژه در محدوده‌هایی که ارزیابی‌های آسیب‌پذیری آبخوان، حاکی از ریسک بالای آلوده‌شدن آب زیرزمینی است اهمیت دارند. اجرای جدی مجازات‌ها بابت عدم رعایت مقررات، افزون بر انگیزه‌بخشی برای رعایت آنها نیز ضرورت دارد.

۴-۴-۵- پرداخت در قبال خدمات اکوسیستم

پرداخت در قبال خدمات اکوسیستم در دهه اخیر به ابزاری متداول‌تر برای حفاظت از خدمات مهم هیدرولوژیکی تبدیل شده است- برای نمونه، نقشی که جنگل، تالاب یا چمن‌زارها در تولید رواناب یا تغذیه و کیفیت آب دارند. نفع‌برندگان از خدمات اکوسیستم‌های مرتبط با آب- مانند تولیدکنندگان برقابی، زارعان آبی، مصرف‌کنندگان شهری یا بهره‌برداران آب در صنایع بزرگ- به صورت نقدی یا غیر نقدی، به گروه‌هایی که مسئول مدیریت اکوسیستم‌های تولیدکننده این دست خدمات هستند، برای نمونه مراجع مدیریت محدوده‌های حفاظت‌شده یا جوامع محلی روستایی آبخیز پرداخت می‌کنند.

منطق این کار در مورد آب زیرزمینی این است که استفاده‌کنندگان از آب چاه، در پی کسب منافع قابل ملاحظه هستند، اما مدیران اراضی یا منبع که اقداماتشان به تأمین چنین خدماتی منجر می‌شود (اساساً از طریق راه و رسم‌های مدیریت پایدار آب و اراضی)، بابت آثار خارجی مثبتی که تولید می‌کنند پاداش نمی‌گیرند. بنابراین، انگیزه چندانی برای پیشبرد راه و رسم‌های مدیریت پایدار آب و اراضی ندارند، حتی با اینکه منافع ارزشمندی را دورتر از محل، یا «پائین‌دست» برای سیستم‌های آب زیرزمینی و ذینفعان آنها تولید می‌کند.

هدف این پرداخت‌ها، دادن پاداش بابت تأمین این خدمات ارزشمند و جبران هزینه فراهم‌ساختن آنها است (نسبت به دیگر گزینه‌های کاربری اراضی که از نظر محیط‌زیستی خسارت‌آفرین هستند).

با اینکه شمار رو به رشدی از نمونه‌های پرداخت در قبال منافع خدمات اکوسیستم برای تأمین آب سطحی وجود دارد، تجربه این شیوه درباره آب زیرزمینی در کشورهای در حال توسعه محدودتر است. با این همه، شماری از نمونه‌های آب زیرزمینی را می‌توان برشمرد:

- در شماری از کشورهای اتحادیه اروپا (یعنی آلمان، انگلستان و دانمارک) شرکت‌های تأمین آب با مالکان زمین که در «محدوده‌های تأمین‌کننده آب» چاه‌های آنان زراعت می‌کردند، برای جبران آنها بابت به کارگیری شیوه‌های زراعی «مطلوب برای آب زیرزمینی» (مرتع کم‌تراکم، کاهش استفاده از کود نیتروژنی ارگانیک، ممنوعیت استفاده از آفت‌کش‌های معین و غیره) در عوض پرداخت یکجا یا یکبار در سال، با مذاکره به توافق رسیدند، و
- بازار خدمات اکوسیستمی آب زیرزمینی که با حفاظت آبخیز Upper Tuul در مغولستان شکل می‌گیرد (نمونه۴-۵).

نمونه۴-۵- سرمایه‌گذاری در اکوسیستم Upper Tuul در مغولستان برای حفظ منبع آب زیرزمینی

اولان باتور پایتخت مغولستان، با بحران فزاینده آب روبرو است. در دهه‌های گذشته، وضعیت آبخیز رودخانه Tuul به تدریج تنزل یافت، و در نتیجه، حداکثر و حداقل جریان رودخانه، به مقادیر کرانه‌ای نزدیک شد و سطح آب زیرزمینی در آبخوان اصلی این محدوده اُفت کرد. تنها منبع تغذیه این آبخوان، این رودخانه است. از این رو، کمبودهای فصلی آب فراوان‌تر شده است. تحلیل‌های یکپارچه اکولوژیکی، هیدرولوژیکی، ضرورت حفاظت اراضی مجاور رودخانه را در آبخیز Upper Tuul به عنوان محور اصلی سرمایه‌گذاری بخش آب مسجل ساخت، چرا که حفاظت اکولوژیکی جنگل و مرتع در این محدوده، پیوند مستقیمی با زمان‌بندی و شدت جریان رودخانه Tuul و نرخ تغذیه آب زیرزمینی داشته است. با اینکه حفاظت آبخیز به تنهایی امنیت آبی را تضمین نخواهد کرد و نیاز به بهره‌برداری از دیگر منابع آب را حذف نمی‌کند، این زیرساخت، تحویل آب کافی به اولان باتور را برای یک دوره قابل توجه امکان‌پذیر می‌سازد.

صرف هزینه برای حفاظت آبخیز، پتانسیل تولید منافع توجه را در پائین‌دست دارد و هزینه‌های پائین‌دست را به شکل اساسی کاهش می‌دهد. چنانچه روند تنزل وضعیت آبخیز Upper Tuul ادامه یابد، هزینه‌ای که به سبب از دست‌دادن کالاها و خدمات اکوسیستم به اقتصاد ملی تحمیل می‌شود، نزدیک به ۲۷ میلیون دلار در سال (به قیمت‌های سال ۲۰۰۹) برآورد شد. در مقابل، با هر ۱ دلار سرمایه‌گذاری در حفاظت از آبخیز بالایی، منافع اضافه‌تر تأمین آب شهری را به میزان ۱۵ دلار تولید می‌کند، به گونه‌ای که با حفاظت کامل آبخیز بالایی، ارزش تدریجی کالاها و خدمات در بلندمدت‌تر به ۳۷ میلیون دلار در سال می‌رسد.

۴-۵- هماهنگی تدابیر انگیزه‌بخش در سیاست اقتصادی کلان کشاورزی

از آنجا که کشاورزی آبی تاکنون، مصرف‌کننده غالب منابع آب زیرزمینی در بسیاری از کشورها است، سیاست اقتصادی کلان کشاورزی، محرک بسیار مهم استفاده از آب زیرزمینی به شمار می‌آید. بهبود هماهنگی سیاست‌های مرتبط، با اهداف مدیریت پایدار آب زیرزمینی، تا اندازه زیادی تلاش‌های مدیریت محلی را تسهیل خواهد کرد. برای نمونه، حذف قیمت‌های تضمینی یا یارانه‌های کشت‌های بسیار آب‌بر (برای نمونه برنج، نیشکر یا آلفاآلفا) در کشورهای نیمه‌خشک، کمک زیادی به مدیریت منبع آب زیرزمینی خواهد کرد. افزون بر این، حتی سیاست تجارت بین‌المللی می‌تواند تأثیر غیر مستقیم بر استفاده آب زیرزمینی، با ایجاد موانع بر سر واردات محصولاتی که آب زیادی استفاده می‌کنند داشته باشد.

به کارگیری تکنولوژی مدرن آبیاری و ارتقای مدیریت آب آبیاری باید صرفه‌جویی‌های عمده انرژی را در پمپاژ آب زیرزمینی تسهیل نماید، و نیز برابر شروطی به صرفه‌جویی‌های مهم آب زیرزمینی منجر می‌شود (در وضعیت‌هایی که شیوه‌های از قبل موجود آبیاری، به هدررفت‌های تبخیری زیاد و بی‌ثمر منجر شده است). تأمین مالی بهبود تکنولوژی آبیاری، و ترجیح احتمالی پیاده‌سازی آنها از طریق یارانه‌ها و کمک‌های بلاعوض، به شکل بالقوه، اقدام مهم مدیریت آب زیرزمینی به شمار می‌آید، به این شرط که شواهد علمی روشنی از تلفات غیر مفید وجود داشته باشد. با این همه، باید یادآوری شود که کاهش در آب برگشتی آبیاری به آب زیرزمینی (عموماً از مؤلفه‌های عمده تلفات آبیاری شناخته می‌شود) در انرژی پمپاژ صرفه‌جویی خواهد کرد، نه در منابع آب.

«سیاست کلان اقتصادی کشاورزی، از محرک‌های بسیار مهم استفاده از آب زیرزمینی به شمار می‌آید.»

مسئله مهم دیگر، کنترل آلودگی غیر نقطه‌ای در کشاورزی از طریق انگیزش‌های اقتصادی کلان است. باید به حذف یارانه گسترده انواع معین کودها و آفت‌کش‌ها توجه داشت، که اگر بیش از اندازه استفاده شوند یا نامناسب به کار روند، می‌تواند سبب پیامدهای وخیم برای کیفیت آب زیرزمینی شود. یارانه‌های محصول معمولاً به تک‌کشت در مساحت زیاد می‌انجامد، تقریباً بی‌توجه به مناسب‌بودن خاک و شرایط اقلیمی، که با استفاده بیش از اندازه کودها و/ یا آفت‌کش‌ها تداوم می‌یابد (خود اینها نیز گاه یارانه‌ای هستند). این شیوه، تأثیر منفی عمده‌ای بر کیفیت آب زیرزمینی به سبب آب‌شستگی مواد شیمیایی دارد، و هزینه آن در ابتدا به حساب نیامده است. در کشورهای شمالی اتحادیه اروپا به ویژه، اقدامات داوطلبانه مدیریت کاربری اراضی، پیرو رهنمودهای «الگوهای موفق کشاورزی» برای کاهش مواد مغذی گیاه و آب‌شستگی آفت‌کش آغاز شده است، با این همه در محدوده‌های تغذیه آب زیرزمینی با آسیب‌پذیری بالا، این کار ممکن کاملاً اثربخش واقع نشود. از این رو، اقداماتی نیز برای تغییر هدف یارانه‌های کشاورزی صورت می‌گیرد، تا بدین ترتیب

انگیزه‌هایی برای زارعان برای کاهش آب‌شستگی مواد شیمیایی به عنوان «خدمت اکوسیستمی آب زیرزمینی» فراهم آید، و نیز ممکن است دلیلی برای برداشتن گام بیشتر و وضع «مالیات محیط‌زیستی» بر کودها و/ یا آفت‌کش‌ها برای تأمین بودجه پایش کیفیت آب زیرزمینی باشد.

۴-۶- چک‌لیست: طراحی راهکارهای انگیزه‌بخش اقتصادی

درک ارزش اقتصادی آب زیرزمینی

- فهرست‌برداری از چگونگی استفاده از آب زیرزمینی و نتایج اجتماعی و اقتصادی استفاده از آب زیرزمینی. بررسی پیشران‌های اصلی اجتماعی و اقتصادی استفاده بیش از اندازه آب زیرزمینی و ریسک آلوده‌شدن.
- انجام مطالعات ارزش اقتصادی آب زیرزمینی. این کار نیازمند تحلیل تخصصی اقتصاددانان محیط‌زیست با همکاری هیدروژئولوژیست‌ها است. مطالعات ارزشگذاری، روش‌هایی را به کار می‌گیرد که به راه‌های گوناگون، ارزش منافع حاصل از استفاده‌های معین آب زیرزمینی را منهای هزینه‌های برداشت و مدیریت برآورد می‌کند.
- گنجاندن ارزشگذاری‌های اکوسیستم در بررسی ارزش آب زیرزمینی. احتساب ارزش خدمات اکوسیستم وابسته به تخلیه آب زیرزمینی (آب زیرزمینی برای طبیعت) و اکوسیستم‌هایی که استمراربخش تغذیه آب زیرزمینی هستند (طبیعت برای آب زیرزمینی). ارزشگذاری اکوسیستم‌ها اطلاعات لازم را برای جلوگیری از کنارگذاشتن هزینه‌ها و فایده‌های حفاظت در تصمیم‌گیری درباره تعیین وزن گزینه‌های مدیریت استفاده و تغذیه آب زیرزمینی فراهم می‌آورد.
- پیام‌رسانی درباره ارزش اقتصادی آب زیرزمینی به سیاست‌گذاران، برنامه‌ریزان و ذینفعان برای پشتیبانی گفت و گو و کمک به آنها در تصمیم‌گیری و توافق بر سر استفاده‌های اولویت‌دار آب زیرزمینی و طراحی راهکارهای انگیزه‌بخش برای مدیریت پایدارتر و عادلانه‌تر آب زیرزمینی.
- بهبود هماهنگی سیاست‌های اقتصادی کلان و کشاورزی در مدیریت آب زیرزمینی
- بررسی سیاست‌های اقتصادی و کشاورزی برای شناسایی زمینه‌هایی که می‌تواند برای تسهیل مدیریت آب زیرزمینی بهبود یابد. به ویژه باید در نظر داشت آیا یارانه‌ها، قیمت‌های تضمینی یا سیاست‌های تجاری وجود دارد که مشوق کشت‌های آب‌بر در کشاورزی هستند، یا آیا یارانه‌ها و انگیزش‌ها برای استفاده از کود یا آفت‌کش به اثرات منفی بر کیفیت آب زیرزمینی منجر می‌شود.

شناسایی راهکارهای انگیزه‌بخش اقتصادی برای مدیریت و حفاظت آب زیرزمینی

- بررسی کنید کدام یک از ابزارهای اقتصادی، مشوق‌ها یا جریمه‌های اثربخش را برای پرداختن به بیش‌بهره‌برداری و آلوده‌شدن آب زیرزمینی ایجاد خواهد کرد. وضع عوارض برای برداشت آب

زیرزمینی بر اساس حجم استفاده‌شده، مستقیم‌ترین شیوه انگیزه‌بخشی برای کاهش مصرف است. راهکار غیر مستقیم، گنجاندن عوارض برداشت در قیمت‌گذاری برق در نواحی روستایی است. با این همه در طراحی شیوه انگیزه‌بخشی، باید اطمینان یافت که از گروه‌های فقیر یا آسیب‌پذیر در قالب معافیت‌ها یا یارانه‌ها حمایت می‌شود.

- استفاده از «بازارهای آب زیرزمینی» را به عنوان ساز و کاری برای تقویت کارآیی و تخصیص آب به استفاده‌هایی که ارزش بالاتری دارد، تنها زمانی مورد توجه قرار دهید که نظام تعیین و تعریف حقوق استفاده از آب زیرزمینی برقرار باشد. از این رو، قابل مبادله‌ساختن حقوق استفاده نیازمند نظام مقررات اثربخش و مناسب عمومی، شامل حمایت از گروه‌های فقیر و آسیب‌پذیر، تثبیت ذخیره محفوظ محیط‌زیستی و تمهیداتی برای کاهش تخصیص‌های آب در دوره‌های خشکسالی است.
- اطمینان یابید که ساز و کارهایی برای مجازات آلوده‌کنندگان با استفاده از اصل «آلوده‌کننده پرداخت می‌کند» وجود دارد، و این اصل را به این مفهوم گسترش دهید که «آلوده‌کننده بالقوه، بابت حفاظت مناسب آب زیرزمینی پرداخت می‌کند»، بر اساس محیط هیدروژئولوژیکی مورد نظر. از رعایت مقررات با ایجاد انگیزه برای سرمایه‌گذاری در تصفیه فاضلاب، بازچرخانی و دفع، مانند یارانه برای تکنولوژی‌های کنترل آلودگی پشتیبانی کنید.
- گزینه‌های استفاده از پرداخت در قبال خدمات اکوسیستم را در مدیریت و حفاظت آب زیرزمینی بررسی کنید، به ویژه برای حفاظت تغذیه و کیفیت آب زیرزمینی در محدوده‌های بسیار حساس تغذیه آب زیرزمینی. ساز و کارهای قابل کاربرد می‌تواند مالکان اراضی را در این محدوده‌ها بابت مدیریت «مطلوب برای آب زیرزمینی» از طریق پرداخت نقدی و غیر نقدی بهره‌برداران آب زیرزمینی جبران نماید.

فراهم‌آوردن محیط مساعد برای کاربرد موفقیت‌آمیز راهکارهای انگیزه‌بخش اقتصادی

- پیاده‌سازی ابزارهای اقتصادی پیشنهادشده را با مقایسه هزینه‌ها و فایده‌ها در بلندمدت و بررسی اینکه آیا ظرفیت‌های سازمانی لازم وجود دارند امکان‌سنجی کنید.
- اطمینان یابید که امکانات پایش و مدیریت داده‌ها برای تأمین نیازهای عملیاتی ابزارهای اقتصادی مهیا هستند، از جمله برای نمونه، کنتور یا تکنولوژی‌های دورسنجی.
- اطمینان یابید که شیوه‌های اثربخش سازماندهی مشارکت بهره‌برداران آب زیرزمینی در طراحی، پیاده‌سازی و نظارت بر اجرای ابزارهای اقتصادی وجود دارد.
- تمهیدات پیشبرد و رعایت مقررات و کاربست ابزارهای اقتصادی را فراهم کنید، و همزمان اطمینان یابید مجازات‌ها و جریمه‌هایی وجود دارد که به شکل اثربخش برای عدم رعایت مقررات اعمال می‌شوند.

فصل پنجم

سازمان‌یابی اجتماعی برای مدیریت آب زیرزمینی

۵-۱- مشارکت در حکمرانی آب

از آنجا که آب ضرورت حیات است، همگان درباره آن دغدغه دارند. همه باید به دور «میز آب» گرد آیند تا درباره استفاده و مدیریت آن بحث کنند. از این رو، سازمان‌یابی اثربخش اجتماعی برای حکمرانی خوب منابع آب زیرزمینی یک پیش‌نیاز است. چرا؟ چرا مدیریت این منبع نادیدنی و پیچیده به خبرگان فنی و حقوقی سپرده نشود؟ چون منبعی حیات‌بخش است که همه در طلب آنند، از خانوارهای فقیر گرفته تا شرکت‌های قدرتمند کشاورزی و صنعتی. مدیریت آن به گونه‌ای عادلانه و پایدار در طول چندین نسل، نیازمند مشارکت تمام ذینفعان است. بدین معنا، مدیریت آب زیرزمینی نیازمند فرایندهای مدیریت تغییر است.

سازمان‌یابی اجتماعی برای حکمرانی اثربخش آب، تصمیم‌گیری آگاهانه را تسهیل و حل تعارض را آسان می‌کند. سازمان‌یابی اجتماعی شامل فراهم‌آوردن مجال و ساز و کارهایی است که شرکت فعالانه تمام ذینفعان را در گفت و گو، برنامه‌ریزی، تصمیم‌گیری و پیاده‌سازی فعالیت‌ها درباره مسئله‌ای معین، به گونه‌ای که تا بیشترین حد ممکن، منافع و دغدغه‌های ذینفعان را مورد توجه قرار می‌دهد امکان‌پذیر می‌سازد.

بسترهای مشارکتی، امکان شنیده‌شدن صدای گروه‌های نسبتاً بی‌قدرت، مانند زنان و افراد آسیب‌پذیر را فراهم می‌آورد. مشارکت، فرصت شناخت حقوق و نقش‌ها، عمل به مسئولیت‌ها، یافتن حس تعلق، و مطالبه حقوق‌شان را فراهم می‌آورد. همه ذینفعان در این فرایند نسبت به مدیریت خوب آب زیرزمینی مسئولیت‌پذیرتر خواهند شد. استفاده از یک فرایند اجتماعی مشارکتی، نیازمند تغییرات در مواضع و رفتار افراد، نهادها، متخصصان، و تصمیم‌گیران است- و این تغییرات یک‌شبه پدید نخواهد آمد. با این همه، وقتی فرایندهای سازمان‌یابی اجتماعی به هنجار تبدیل می‌شود، معمولاً استمرار می‌یابند، چون پرطرفدار و اثربخش هستند.

«بسترهای مشارکتی شنیده‌شدن صدای گروه‌های نسبتاً بی‌قدرت را امکان‌پذیر می‌سازد.»

حکمرانی محلی یا جمعی، آن گونه که در محیط‌های قبیله‌ای یا دیگر محیط‌های بومی به کار می‌رود، قدیمی‌ترین شکل حکمرانی آب به شمار می‌آید. وقتی دولت- ملت‌ها شکل گرفتند، مدیریت آب معمولاً مسئولیت دولت‌های ملی شد، چون آب زیرزمینی یک منبع مشترک شناخته می‌شد. دولت‌ها در تلاش خود برای مدیریت آن، مسیرهای مختلفی را پیموده‌اند، از جمله خصوصی‌سازی (اعطای حقوق آب به مالکان زمین یا دیگرانی که آنها را می‌خرند)؛ کنترل سفت و سخت دولت در موضوع تخصیص؛ یا حتی اجازه برداشت آزاد آب برای همگان، که می‌تواند به «تراژدی منابع مشترک» منجر شود. از دید حقوقی، از مالکیت عمومی منابع آب به شکل فزاینده‌ای حمایت می‌شود، با این پندار که کالایی مشترک است که به دست دولت کنترل می‌شود.

با این همه در موارد بسیاری، راه و رسم مدیریت دولت، بوروکراتیک و بالا- پائین است و به سبب نفوذ صاحبان منافع در سطوح عالی، جهت‌گیری خاصی پیدا می‌کند، در حالی که غالباً توجه اندکی به دغدغه‌های جامعه محلی معطوف می‌شود. راه و رسم‌های ضعیف مدیریت، فقدان هماهنگی نهادی، نارسایی‌های سیاست، و روابط قدرت در سطح محلی، همگی بر نابرابری در وضعیت‌هایی که آب زیرزمینی ناموجود است، به ویژه برای افراد فقیرتر در محیط‌های شهری و خانوارهای زراعی کوچک‌مقیاس در نواحی روستایی می‌افزاید.

از آنجا که آب اهمیت زیادی برای حیات دارد، مردم با استفاده نادرست این منبع مخالف خواهند بود، و احتمالاً به تعارض، رفتار تند، منازعات حقوقی، و حتی خشونت منجر می‌گردد. تعارض همچنین زمانی به وجود می‌آید که آب، از مؤلفه‌های ثروت‌آفرینی باشد. برای نمونه، در آبخوان واقع در واحه مشهور اَزرق در اُردن (نمونه ۵-۴)، که بخش‌هایی از آن در فهرست تالاب‌های رامسر ثبت شده است، نیروهای مسلح حکومت در تلاش برای شناسایی و مسدودسازی چاه‌های غیر مجاز، با مقاومت کارگران مسلح مزارع بزرگ روبرو شدند. برداشت آب از این چاه‌ها برای کشت‌های معیشتی ناپایدار صورت می‌گرفت. از درگیری مسلحانه تنها زمانی پرهیز شد که حاکمیت نیروهای خود را به عقب فراخواند.

در مقابل، رویکردهای حکمرانی محلی، ذینفعان را به شکل‌گیری مسئولیت و هنجارهای مشترک در مدیریت منبع مشترک به عنوان کالایی مشترک هدایت می‌کند. در چنین رویکردی، مردم صرفاً نمایندگان را برای حُکم‌راندن انتخاب نمی‌کنند، بلکه مشارکت‌کنندگان فعال در حکمرانی باقی می‌مانند، به ویژه درباره مسائل محلی مهم، مانند مدیریت آبرسانی خود. حکمرانی محلی شامل موضوعات سازمان‌یابی اجتماعی، مذاکره، منصفانه‌بودن، و رفتار مسئولانه است. نه تنها به بسیاری از صداها امکان نمایندگی منافع‌شان را می‌دهد، آنان را وامی‌دارد به تصمیماتی برسند که نیازهای کنونی را برآورده می‌سازد و آنان را تشویق می‌کند به نیازهای آینده، هم در دوره زندگی خود، و هم فرزندانشان نیز توجه نمایند.

۵–۲– اصول فرایندهای اجتماعی برای تغییر

چگونه می‌توانیم یک فرایند اجتماعی فراگیر را در پیش بگیریم که بهره‌برداری بهتر و عادلانه‌تر منابع آب زیرزمینی را نتیجه دهد؟ پاسخ این پرسش را باید در هشت اصل جست که اجزای اصلی فرایند اثربخش سازمان‌یابی اجتماعی را شکل می‌دهند.

اصل ۱: گروه‌های آسیب‌پذیر را بگنجانید– فرایند اجتماعی باید فراگیر باشد، پذیرای تمام ذینفعان، از جمله قدرتمندان، و نیز به ویژه آنهایی که بیشترین تأثیر را می‌پذیرند، مانند زنان و زارعان کوچک. آسیب‌پذیرترین گروه‌ها باید گنجانده شوند، حتی اگر در نگاه اول، «ذینفع» به نظر نیایند. تأکید ویژه باید به نیازها و حقوق اقشار فقیر و زنان شود و تلاش‌های ویژه برای آوردن آنها در فرایند مدیریت انجام شود. آگاه باشید که آنان ممکن است به کمک مالی و ظرفیت‌سازی برای مشارکت منظم در این فرایند نیاز داشته باشند.

«دولت و نهادهای محلی باید با تمام وجود از این فرایند پشتیبانی کنند.»

اصل ۲: محیط‌زیست را به عنوان یک ذینفع بگنجانید– از آنجا که برنامه‌های مدیریت باید آب کافی را برای حفظ پایدار فرایندهای اکوسیستم باقی بگذارد، محیط‌زیست می‌تواند در تمام گفت و گوها یک ذینفع در نظر گرفته شود. ممکن است یک گروه طرفدار محیط‌زیست، آن را نمایندگی کند، ولی جدا از حضور چنین گروهی، اطمینان از آب کافی برای ادامه حیات اکوسیستم‌ها باید یکی از هدف‌ها در هر گونه فرایندی باشد. این فرایند صرفاً درباره تقسیم تمام منابع آب میان ذینفعان نیست، بلکه درباره چگونگی حفظ یک نظام عادلانه و پایدار آب زیرزمینی است که تأمین آب مورد نیاز اکوسیستم‌ها را نیز در برمی‌گیرد.

اصل ۳– پشتیبانی اصحاب قدرت را به دست آورید– برای آنکه نتیجه‌بخش باشد، این فرایند باید با تمام وجود از جانب مراجع محلی و ملی دولت پشتیبانی شود. نباید صرفاً برای آرام‌کردن تنش‌ها بدون دست‌یافتن به تغییر بنیادین به کار رود. آنانی که دستی در قدرت دارند باید اراده پذیرش تصمیمات شکل‌یافته در فرایند سازمان‌یابی اجتماعی را داشته باشند. نمونه۵–۱، نمونه‌ای از فرایند اجتماعی پرتفصیل، شامل سناریوهای کامپیوتری است که در تلاش خود برای تهیه یک برنامه موفق بود، ولی وقتی مسئولان نهادهای دولتی ذیربط به آن اهمیت ندادند، ناکام ماند.

نمونه۵–۱– وزارتخانه دولت در Kiribati به برنامه عمل ذینفعان اهمیت نداد.

در South Tarawa، پایتخت جمهوری Kiribati در منطقه پاسیفیک، دولت و مالکان اراضی بر سر اینکه چه کسی از حق و حقوق نسبت به آب زیرزمینی برخوردار است تعارض داشتند.

یک دستگاه دولتی و یک سازمان بین‌المللی غیر دولتی، فرایند فشرده‌ای را برای تسهیل گفت و گو میان دولت، نمایندگان نهادها و جامعه محلی آغاز کردند. ویژگی این فرایند، نقش‌بازی در سناریوهای کامپیوتری بر پایه تصمیمات مختلف بود. این کارگاه یک موفقیت بود و برنامه عمل قابل قبولی را تهیه کرد. با این همه، بعدها وزارت بهداشت، سلامت عمومی و محیط‌زیست به این برنامه اهمیت نداد، برای آنکه از بالا برای در اختیارگرفتن آب زیرزمینی بیشتر، زیر فشار بود. در بازنگری این تجربه می‌توان گفت که مشارکت نمایندگان سطوح عالی‌تر وزارتخانه و/ یا دولت ملی در این فرایند برای اطمینان از تعهد و مالکیت فرایند و نتایج، می‌توانست سودمند باشد.

اصل ٤: فرایند را نهادینه کنید- ظرفیت‌سازی و توانمندسازی جامعه محلی به ندرت اثربخش و پایدار خواهد بود اگر با سیاست‌های دولت و قوانین پشتیبانی نشود. دولت محلی که با جامعه محلی در برنامه‌ریزی همراه می‌شود، باید اختیارات کافی سیاسی، اداری، مالی داشته باشد، و از جانب دولت ملی، برای انجام تصمیماتی که گرفته می‌شود پشتیبانی و تقویت شود. دولت محلی باید هم اختیار و هم منابع برای برنامه‌ریزی و هماهنگ‌سازی برنامه‌های استراتژیک محلی داشته باشد و خدمات دولتی را فراهم آورد. برای نمونه، در آبخیز Marj Sanour در فلسطین (نمونه۵-۵)، کمیته مشارکتی آبخیز نهادینه شد و اکنون به نمایندگی هفت روستای آبخیز در جلسات گسترده‌تر شرکت می‌کند. اکنون این روستا بر پایه مطالعات آبخیز و برنامه توسعه آبخیز، سازو کار مشروعی را برای ارائه پیشنهادها به دستگاه‌های دولتی و نهادهای بین‌المللی در اختیار دارد.

«گروه‌های مختلف با منافع مختلف ممکن است دریافت‌های متفاوتی از مشکل داشته باشند.»

شکل۵-۱- مسئله این است که چگونه به آن نگاه می‌کنید.

اصل۵: گفت و شنود احترام‌آمیز و راه‌حل‌های مشترک را در فضای گفت و گوی آزاد تسهیل کنید- این فرایند نیازمند شکل‌گیری گفت و گو میان مشارکت‌کنندگانی است که به نظرات دیگران گوش می‌دهند، ارزش قائل می‌شوند و درک می‌کنند و حتی احتمالاً مواضع خود- یا حداقل رفتارشان- را در پاسخ به نظرات و نیازهای دیگران تغییر می‌دهند. مهم است بدانیم که افراد با منافع مختلف ممکن است دریافت‌های عمیقاً متفاوتی درباره مشکل یکسان داشته باشند و از این رو حتی دشوار می‌توانند چگونگی نگاه دیگران به مشکل را فهم کنند. اهمیت دریافت‌های متفاوت در شکل۵-۱ نشان داده شده است. در این شکل می‌توان- نه همزمان- یک گلدان یا طرح‌واره دو صورت را دید. در یک گفت و گو، مشارکت‌کنندگان باید دریافت‌ها و نظرات دیگران را بشناسند، به همراه هم مشکلات را تحلیل کنند، و به راه‌حل‌های مشترک دست یابند. متنوع‌ترین گروه‌ها، و به ویژه گروه‌هایی که اعضای آنها با هم تعارض یا منافع متعارض دارند، ممکن است نتوانند بدون کمک به این نگاه دست یابند. از این رو، فرایندهای دشوار مذاکره و یافتن راه‌حل‌های برنده- برنده معمولاً به یک تسهیل‌گر حرفه‌ای، بدون نفع در مسائلی که باید حل شوند و به عنوان راهنما در کل این فرایند نیاز دارد.

اصل۶: حس مالکیت را به وجود آورید- بیشتر مردم بعید است در گفت و گو درباره مشکلات و راه‌حل‌های ممکن در مدیریت آب زیرزمینی مشارکت کنند، مگر آنکه به دغدغه‌های روزانه آنان ارتباط یابد. افراد تنها زمانی تمایل به مشارکت دارند که این مسائل، با مشکلات اضطراری امروز و آینده نزدیک سر و کار داشته باشد، و زمان صرف‌شده در بحث‌ها به نتایج ملموس بینجامد. به گفت و گو کشاندن افراد در قالب یک فرایند عملی و واقعیت‌بنیاد ترسیم چشم‌انداز، بررسی، طراحی استراتژی و برنامه‌ریزی ثابت کرده است اثربخش واقع خواهد شد. در نتیجه، مشارکت‌کنندگان، مالک تصمیم‌هایی هستند که به همراه هم برای اقدام مشترک گرفته‌اند. مشارکت در چنین فرایندی می‌تواند دستگاه‌های دولتی را نسبت به تصمیمات گرفته‌شده پاسخگوتر سازد. اعضای مشارکت‌کننده جامعه محلی اطمینان می‌یابند که گرایش‌ها و منافع آنان، و نیز حقوق و دسترسی آنان به منابع آب زیرزمینی به حساب آورده می‌شود. این نتیجه، به اضافه این حس فزاینده که می‌توانند بر تصمیمات اثر بگذارند، به نسبتی که ظرفیت‌های خود را می‌سازند، دلایل کلیدی به شمار می‌آیند که اعضای جامعه محلی مشارکت خواهند کرد و در نهایت در قبال مدیریت منابع آب زیرزمینی خود، مسئولیت‌پذیر خواهند بود.

اصل۷: ظرفیت‌سازی کنید و استقامت داشته باشید- فرایند مشارکتی زمان‌بر است، ولی وقتی بنیاد آن استوار شد، در مقایسه با شیوه‌های قدیمی، نتایج بهتری به دست می‌دهد، چون تعارض را کاهش می‌دهد و جامعه محلی را بر مدیریت بلندمدت منابع به نفع کلیت جامعه محلی متمرکز می‌کند. افزون بر این، از توجه جدی مراجع دولتی (محلی و ملی) اطمینان می‌دهد، چون درمی‌یابند که کار بدین شیوه، اثربخش‌تر است و اعتبار آنان را در میان جوامع محلی بهبود می‌بخشد.

فرایند ظرفیت‌سازی و توانمندسازی با بررسی مهارت‌های اساسی موجود در جامعه محلی و نیز توانایی آنان در نوآوری آغاز می‌شود. شناخت و استفاده از دانش‌های مختلف (برای نمونه زارعان، مأموران ترویج و پژوهشگران) در نوآوری لازم، هم در تکنولوژی و هم فرایندهای مشارکتی تأثیر خواهد داشت. ظرفیت‌سازی هدفمند در قالب ارزیابی و مستندسازی جاری تغییرات، بخشی از فرایند سازمان‌یابی اجتماعی است.

ظرفیت‌سازی برای سازمان‌یابی اجتماعی و حکمرانی محلی در مدیریت آب زیرزمینی، فرایندی مستمر است. ممکن است جایگزینی شیوه قدیمی انجام امور، زمان زیادی به طول انجامد، ولی وقتی استقرار یابد، فرایند سازمان‌یابی اجتماعی می‌تواند برای مدت‌های طولانی به عنوان راهی جدید برای انجام امور استمرار یابد.

«فرایند مشارکتی، زمان‌بر است، ولی در مقایسه با شیوه قدیمی انجام امور، نتایج بهتری به دست می‌دهد.»

نمونه۵–۲– استقامت در راه تغییر اجتماعی، اورگان، ایالات متحده

در ایالت اورگان در ایالات متحده، شورای شهر، کارگروهی شامل ۲۰ عضو برای تهیه یک برنامه دوراندیشانه برای مدیریت آبخوان برای آینده منصوب کرد. این کارگروه، این فرایند را برای جامعه محلی در قالب «یادگیری جمعی»، شکلی از مشارکت همگانی بر پایه یادگیری، که برگرفته از تفکر سیستمی، مدیریت تعارض، و گزینه‌های حل اختلاف است فراهم کرد. پس از چهار سال، این طرح هنوز در ابتدای راه است، ولی آگاهی رو به رشد عمومی درباره ضرورت مدیریت بخردانه آب زیرزمینی به تصویب تخصیص بودجه از جانب قانونگذار برای بررسی بازیابی آبخوان منطقه‌ای منجر شده است.

اصل۸: بدانید که فرایند اجتماعی خوب، یک سرمایه‌گذاری خوب است– فرایند سازمان‌یابی اجتماعی نیازمند سرمایه‌گذاری مالی و نهادی است، ولی کم‌هزینه‌تر از بسیاری از راهکارهایی است که مخالفت، تعارض، خشونت، خسارت به دارایی، تأخیر، از دست‌دادن آرا، و استمرار عدم توافق را به همراه دارد. با اینکه رویکردهای سازمان‌یابی اجتماعی ممکن است در آغاز، پرهزینه و زمان‌بر به نظر آیند، هزینه آنها وقتی با گزینه‌های دیگر و نیز با هزینه کلی سرمایه‌گذاری‌ها در زیرساخت آب مقایسه شود نسبتاً کوچک است. این رویکردها از پتانسیل نتایج خوب از نظر اثربخشی، مالکیت، و پایداری نتایج برخوردارند (نمونه۵–۳).

نمونه۵–۳– تسهیل سازمان‌یابی اجتماعی، هزینه‌ها را برمی‌گرداند.

هزینه ارتقای کیفیت رویکردهای برنامه‌ریزی بر پایه مشارکت ذینفعان در بخش آب در اُردن محاسبه شده است. در سال ۲۰۰۷، پروژه چهارساله زیرساخت آب شرب با تأمین بودجه GTZ، در چهار فرمانداری با بودجه تقریبی ۴ میلیون یورو در سال پیشنهاد شد. هزینه تسهیل رویکرد سازمان‌یابی/ برنامه‌ریزی اجتماعی، ۲۴۰،۰۰۰ یورو در سال بوده است، با فرض ۳۰ اجتماع محلی در هر فرمانداری. به ازای هر جامعه محلی، هزینه فرایند سازمان‌یابی اجتماعی تقریباً ۸،۰۰۰ یورو در سال در هر جامعه محلی، یا ۲ یورو در سال به ازای هر شخص برای متوسط ۴،۰۰۰ ساکن در هر جامعه محلی بود. سرمایه‌گذاری فرایندهای تسهیل‌کنندگی نزدیک به ۶ درصد کل هزینه سرمایه‌گذاری شبکه‌های پیشنهادشده آب شرب خواهد بود– گزینه‌ای ارزشمند. این سرمایه‌گذاری، حس مالکیت بیشتری را برای نصب و نگهداری شبکه شرب، و از این رو هزینه تعمیر کمتر و پایداری بالاتر را نتیجه داده است.

۵-۳- فعالیت‌ها در مدیریت و فرایند تغییر

بر اساس اصول معرفی‌شده در قسمت ۵-۲، برای شکل‌گیری فرایند مشارکتی سازمان‌یابی اجتماعی برای مدیریت منبع آب زیرزمینی، لازم است از گام‌های متوالی پیروی شود. این فرایند می‌تواند به دست یک دستگاه دولتی، سازمان غیر دولتی یا یک شرکت مشاور متخصص در فرایندهای تسهیل‌گری مدیریت شود، به شرط آنکه اختیار انجام چنین کاری از جانب ذینفعان اصلی و دستگاه‌های دولتی ذیربط داده شده باشد و توافق داشته باشند. این فرایند بسترهای گفت و گوی ذینفعان را فراهم می‌آورد که در آن، درباره مسائل بحث و تصمیم‌گیری می‌شود.

این گروه از فعالیت‌ها (زیرفرایندهای الف، ب، و ج در جدول ۵-۱) در عمل می‌تواند به موازات، و به شیوه‌ای کم و بیش تکرارشونده انجام شوند. زیرفرایند الف، که در آن ذینفعان در سطوح مختلف، شناسایی و شرکت می‌کنند، یکی از پیش‌نیازهای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری معنادار در زیرفرایند ب به شمار می‌آید. یادگیری، ظرفیت‌سازی، ارزیابی، مستندسازی، و به اشتراک‌گذاری در زیرفرایند ج در سرتاسر کار پدید می‌آید.

جدول۵-۱- خلاصه زیرفرایندها و گام‌ها در مدیریت و فرایند تغییر

الف. تسهیل تحلیل و مشارکت ذینفعان (۵-۳-۱)	ب. برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری درباره کنش جمعی (۵-۳-۲)	ج. یادگیری، مستندسازی، اشتراک‌گذاری، و ظرفیت‌سازی (۵-۳-۳)
• شناخت منافع ذینفعان در سطوح و مقیاس‌های مختلف و اطمینان از تحلیل عمیق ذینفعان	• ایفای نقش در فرایند برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری مشارکتی در قالب ترسیم چشم‌انداز و سناریوسازی حداقل در میان‌مدت (۵ تا ۱۰ سال)	• مستندسازی و اشتراک‌گذاری فرایندها و تصمیمات •
• ایجاد بسترهای همکاری ذینفعان	• تهیه پایگاه اطلاعات پایه اشتراک‌گذاری‌شده و مورد توافق	• مشارکت در ظرفیت‌سازی و توانمندسازی
• با تسهیل‌گری اثربخش فرایند، اطمینان از مشارکت گروه‌های مختلف ذینفع در ساز و کارهای محلی و نماینده‌داشتن در دیگر ساز و کارهای همکاری	• تحلیل اجتماعی تفصیلی‌تر (دسترسی و حقوق و نیز پاسخگویی در سطح حلی، به تفکیک جنسیتی)	
• در صورت امکان، نهادینه‌سازی ترتیبات توافق‌شده مدیریت منبع آب زیرزمینی	• دستیابی به تصمیمات و تعهدات مشترک در فرایند مشارکت واقعی، ترجیحاً در قالب برنامه‌های مدیریت آب زیرزمینی، در سطح جامعه محلی و نیز سطح گسترده‌تر (آبخیز، نواحی)	

۵-۳-۱- تحلیل و به میان آوردن ذینفعان

سه اصل نخست سازمان‌یابی اجتماعی مستلزم کشاندن نقش‌آفرینان درست به دور «میز گفت و گو درباره آب» و اطمینان‌یافتن از تعهد آنان به فرایند تصمیم‌گیری است. انجام این کار با شناخت چگونگی شناسایی و مشارکت ذینفعان و جزئیات استفاده آب، حقوق و مسئولیت و شناخت آنان از منبع آغاز می‌شود.

شناخت منافع ذینفعان

تلاشی آگاهانه برای «شناخت» سطوح مختلف و تحلیل منافع، ظرفیت‌ها، اختیارات، نقش‌ها، وظایف و مسئولیت‌های ذینفعان لازم است. تحلیل خوب ذینفعان می‌تواند شامل خانوارهای شهری، بخش غیر رسمی بنگاه‌های کوچک و متوسط باشد که از آب برای فرایندهای تولیدی خود استفاده می‌کنند (آبجوسازی، فرآوری‌کنندگان غذا، لباس‌شویی، معدن سنگ، کارواش، فضای سبز شهری و بسیاری دیگر)، نهادهای بزرگ مانند بیمارستان‌ها، مدارس، هتل‌ها، و تمام گروه‌های ناهمگن در روستاها و شهرک‌ها در نواحی روستایی. گروه‌های عمومی استفاده‌کنندگان (برای نمونه زارعان، خانوارهای شهری) را نمی‌توان گروه‌های همگن در نظر گرفت. بسته به وضعیت و مقیاس، پالایش بیشتر گروه‌های استفاده‌کننده و مدیریت باید، با احتساب تفات‌های ممکن در منافع و اولویت‌ها میان مردان و زنان صورت گیرد.

نمونه۵-۴ مشکل کنارگذاشتن ذینفعان مهم را که بیرون از محدوده مورد نظر قرار دارند، ولی از آبخوان استفاده می‌کنند، و نیز مشکل سر و کاریافتن با ذینفعانی که از تصمیمات پیروی نخواهند کرد نشان می‌دهد.

«تلاش آگاهانه برای شناخت سطوح و منافع مختلف دخیل لازم است.»

نمونه۵–۴ – گنجاندن ذینفعان در مدیریت واحه اَزرق در اُردن

واحه مشهور اَزرق یکی از بزرگترین منابع آب زیرزمینی با کیفیت خوب در اُردن به شمار می‌آید. این واحه در پائین‌ترین بخش حوضه ازرق، که کوه‌های سوریه (محدوده اصلی تغذیه آب) در اردن به سمت مرز با عربستان سعودی امتداد دارد قرار دارد. چون آب آن بسیار به سطح نزدیک است، واحه ازرق از دوره سنگی مسکونی بوده است. این واحه در فهرست رامسر به ثبت رسیده است. تالابی است در منطقه‌ای نیمه‌خشک که پرندگان مهاجر از آفریقا به اروپا را جذب می‌کند.

اکنون این آبخوان بیش از اندازه از طریق چاه‌های غیر قانونی، و برای تأمین آب شرب شهر عمان و مزارع تجاری بزرگ برای آبیاری سبزیجات و درختان میوه پمپاژ می‌شود. برداشت کل تقریباً سه برابر بیشتر از تغذیه است. در اوایل دهه ۱۹۹۰، چهار چشمه طبیعی در واحه اَزرق، که هزاران سال بود که آب شیرین با کیفیت خوب از آنها می‌جوشید، به طور کامل خشک شدند. افراد محلی احساس کردند امرار معاش‌شان به دلیل کمیابی آب و شورشدن خاک ناشی از اُفت کیفیت آبخوان در خطر قرار دارد. با این همه، مالکان بزرگ به واسطه نفوذ خود در مرکز، گروه‌های قدرتمندی بودند.

در سال ۲۰۰۷، نخستین تلاش برای شکل‌گیری گفت و گوی ذینفعان برای شناسایی راه‌حل‌ها صورت گرفت. تمرکز بر این واحه بود، از جمله دغدغه‌های محلی درباره آب و کاربری اراضی و حفظ ثبت در فهرست رامسر. متأسفانه، این گفت و گوها نهادینه نشد و پیشرفت اندکی داشت. سپس، دامنه جلسات گفت و گو گسترده‌تر شد تا کل حوضه آب زیرزمینی را شامل شود. تحلیل عمیق منافع، مشکلات، نقش‌ها و روابط سیاسی ذینفعان انجام شد. در دور جدید گفت و گوها، ساکنان محلی و نیز وزارتخانه‌های فنی دولت دخیل بودند و بهتر نمایندگی داشتند. فرایند جامع‌تر برنامه‌ریزی شامل چشم‌انداز تفصیلی، سناریوسازی و طراحی استراتژی پی‌ریزی شد. چشم‌انداز بلندمدت، به روز شد تا دغدغه‌های گسترده‌تری را شامل شود، از جمله نیازهای آب شرب عمان و منافع متعارض ساکنان محلی و بزرگ‌مالکان.

انرژی زیادی صرف گفت و گوی واقعی و تهیه چشم‌انداز و برنامه سنجیده، با پشتیبانی بیشتر مقامات دولتی شده است. این فرایند به جامعه محلی، فرصت بیشتری برای اظهار نظر و دستیابی به بودجه برای پروژه‌هایی که به نفع آنان باشد داده است. با این همه، دولت با تصمیمی دشوار برای کاهش بیش‌بهره‌برداری آب زارعان بزرگ روبرو است. با وجود این، این واقعیت که بسیاری از ذینفعان در چشم‌اندازی مشترک، متحد شدند، در نهایت باید دولت را به اقدام عملی وادار سازد. این گفت و گوها در استقرار گردهمایی آب برای حوضه ازرق در برنامه اُردنی– آلمانی آب به میزبانی وزارت آب و آبیاری اُردن راهگشا بود. این گردهمایی باید ظرفیت‌سازی، یادگیری مشترک، شبکه‌سازی، و تبادل تجربه میان کنشگران مهم در بخش آب زیرزمینی اُردن را رونق دهد.

بررسی منافع مختلف در مقیاس‌های مختلف

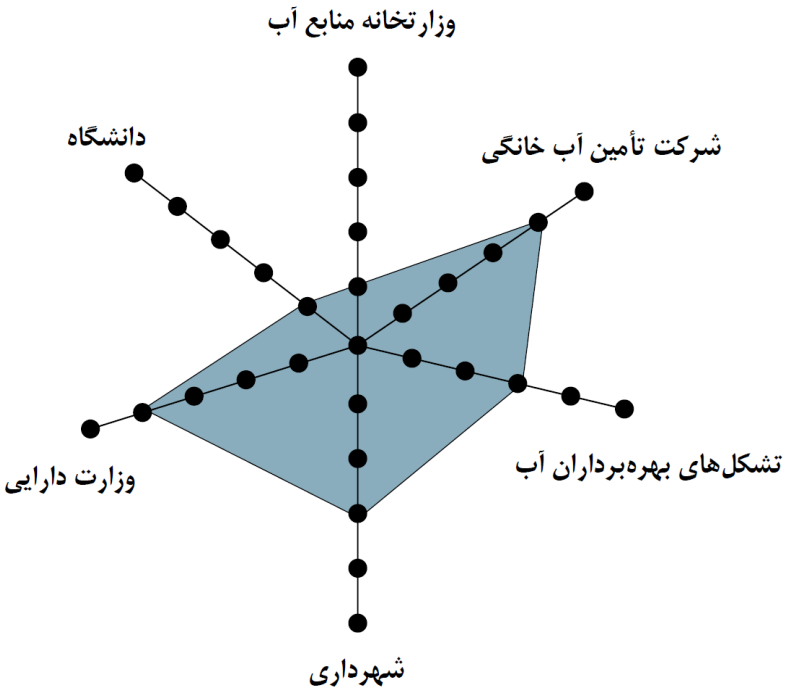
از چالش‌های کلیدی در مدیریت آب زیرزمینی (و حکمرانی بهتر آب)، شکستن موانع بخشی بر سر راه برنامه‌ریزی و تصمیم گیری، و فراهم‌آوردن بسترها و چارچوب‌های مشترک برای توسعه و مدیریت منابع آب است. برای کمک به رویارویی با این چالش، برای هر یک از ذینفعان یا گروه‌های بهره‌بردار، از جمله زنان و مردان و آنهایی که نماینده نیازهای اکوسیستم هستند، سازمان‌دهندگان باید موارد زیر را بررسی کنند:

- از نظر نظام قوانین رسمی، و نیز از نظر راه و رسم‌ها و قواعد عُرفی، چه حقوقی دارند؟
- دسترسی به آب را چگونه سازماندهی می کنند و چگونه از مبدأ به نقطه مورد نظر حمل می‌شود؟
- چاه‌های مجوزدار خصوصی یا غیر مجاز چگونه برای دیگران دسترس‌پذیر است؟

- چه وظایفی برای توزیع آب مشخص شده است (برای نمونه در سامانه آبیاری یا در شبکه آب شرب یا حتی از طریق تانکر آب)، و
- چه کسی نفوذ و قدرت برای تصمیم‌گیری دارد، رسمی و نیز از نظر اجتماعی و سیاسی.

ابزارهای فراوانی برای ترسیم، رتبه‌بندی، تصویرسازی یا توصیف این اطلاعات وجود دارد. برای نمونه، شکل ۲-۵ یکی از آنها را نشان می‌دهد. در چنین نموداری، شرکت‌کنندگان می‌توانند میزان تأثیری را که تصور می‌کنند هر یک از ذینفعان در تصمیمات آب زیرزمینی دارند مشخص نماید.

شکل۵-۲- نمونه‌ای از نمودار تعیین تأثیرگذاری ذینفعان کلیدی بر تأمین خانگی آب از آب زیرزمینی (توجه: ۱ تأثیر کم؛ ۵ تأثیر زیاد).



پرهیز از سه فرض نادرست

درک وابستگی و روابط سلسله‌مراتبی، گرایش‌های سیاسی، تعارض‌های پنهان، و نیز فرصت‌های موجود برای راه‌حل‌ها نیز بخشی از تحلیل ذینفعان است. سه فرض متداول ولی نادرست می‌تواند مانع تلاش برای شناخت ذینفعان در سطح محلی باشد: (۱) این فرض که یک روستا، یک واحد همگن است، (۲) این فرض

که همه اطلاعات لازم می‌تواند از آنچه در ذهن روستائیان یا شورای روستا است به دست آید، و (۳) این فرض که عقاید مردان بازتاب عقاید زنان و همه گروه‌های اجتماعی یا استفاده‌کننده در روستا نیز هست.

جستجو و بررسی سازمان‌یافتگی‌های موجود

در بیشتر مکان‌ها، نوعی سازمان‌یافتگی در میان ذینفعان وجود دارد که در قالب آن درباره مسائل آب همکاری می‌کنند، و ممکن است نماینده تمام ذینفعان باشند یا نباشند. این گروه‌ها باید در نظر گرفته شوند، و از نظر شمول و اثربخشی تحلیل شوند.

«هنر سازمان‌یابی اجتماعی در بنیاد، مبتنی بر تقویت گفت و شنود است.»

تکرار شکل‌های سازمان‌یافته موجود منطقی نیست. با این همه، مسئله کارآمدی و اثربخشی باقی است، و تحقیق درباره گروه‌های سازمان‌یافته موجود نیز باید نگاه نزدیکی به کارآمدی آنها در واقعیت داشته باشد. آیا صرفاً در حرف وجود دارند، تا چه اندازه به رسمیت شناخته می‌شوند و طرف‌های مختلف به آنها اعتماد دارند؟ آیا تمام کنشگران مهم را در برمی‌گیرند؟ چه اختیاراتی برای برنامه‌ریزی، حل مسئله، حل تعارض، تصمیم‌گیری و پیاده‌سازی دارند؟ در سطوح پائین‌تر، آیا میان گروه‌های ذینفع مختلف در جوامع محلی تمایز قائل می‌شوند؟

به کارگرفتن بسترهای همکاری ذینفعان در فرایند سازمان‌یابی اجتماعی

هنر سازمان‌یابی اجتماعی در مدیریت آب زیرزمینی، گرد هم‌آوردن بیشتر ذینفعان به شیوه‌ای هدفمند است که برای همه، معنادار باشد و همه آنان با منابعی که فراهم می‌آورند، تعهد خود را به مشارکت در چشم‌انداز و اهداف مشترک نشان دهند.

گفت و گوی ذینفعان و کنش مشترک (SDCA)، رویکرد اثربخشی است. بنیاد این رویکرد بر پایه تقویت گفت و شنود میان ذینفعان قرار دارد، تا بتوانند یکدیگر را بهتر درک کنند و دست به اقدام اثربخش‌تر و هماهنگ‌تر بزنند.

منظور از «بستر همکاری ذینفعان»، گروهی از ذینفعان با منافع مشترک است که به همراه هم تصمیم می‌گیرند و اقدامات را انجام می‌دهند. عامل حیاتی برای موفقیت این است که ذینفعان در دغدغه‌های مهم شریک باشند– برای نمونه، دغدغه‌ها درباره کمیابی و کیفیت آب زیرزمینی– و اذعان به اینکه به تنهایی نمی‌توانند مشکلات را حل کنند. همچنین ضرورت دارد که تصمیم‌های گرفته‌شده در قالب همکاری ذینفعان، برای همگان الزام‌آور باشد. تصمیم‌های مهم نباید بیرون از این همکاری گرفته شود.

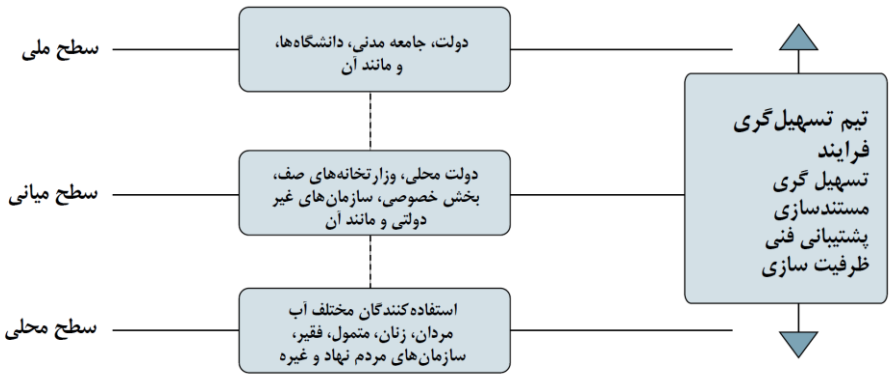
از آنجا که مدیریت منابع آب مشترک، از این دست دغدغه‌های مشترک به شمار می‌آید، در سرتاسر جهان، همکاری‌های خودجوش سنتی یا بومی در جوامع محلی (برای نمونه سیستم قنات در ایران، عمان و یمن)، بدون دستور رسمی دولت شکل گرفته است. تجربه به دست‌آمده از بسیاری از مناطق جهان نشان می‌دهد که این نوع همکاری ذینفعان، اثربخش‌ترین راهکار در سطح محلی است و می‌تواند غالباً به شبکه‌ای بزرگتر پیوند یابد.

باور زیربنایی در این همکاری‌ها این است که ذینفعان آب (زیرزمینی) که در قالب ساختارمند مشترک، ارتباط اثربخش و منظم با یکدیگر داشته باشند، راه‌های محلی مناسب و راهگشا را برای حل مشکلات اضطراری مرتبط با آب خواهند یافت. اطمینان از اینکه منافع و اولویت‌های زنان، به یکسان در نظر گرفته می‌شود و بسترهای همکاری محلی ذینفعان به جنسیت توجه دارند مهم است. بر پایه موفقیت‌های کوچک، این همکاری می‌تواند در چارچوب‌های رسمی‌تر نهادینه شود (کمیته آبخیز، کمیته حوضه آب زیرزمینی، و شبکه محلی تأمین آب، کارگروه میان وزارتخانه‌ای برای مدیریت حوضه آب زیرزمینی). در اصل، هدف فرایند SDCA، شناسایی (و چنانچه لازم باشد، آغاز) و تقویت بسترهای همکاری ذینفعان در سطوح محلی (روستا/شهرک، آبخیزهای کوچک)، میانی (ناحیه/فرمانداری، حوضه آبریز یا حوضه اب زیرزمینی)، ملی یا حتی فرامرزی- و اطمینان از جریان ارتباطی مناسب و هموار در درون و میان این سطوح است (شکل ۵-۳).

«در گرد هم‌آوردن کنشگران مختلف به مهارت‌های یک تسهیل‌گر باتجربه نیاز است.»

برابر اصل تمرکززدایی، که تصمیمات باید در پائین‌ترین سطح مناسب انجام شود، بسترهای همکاری ذینفعان به بهترین شکل در سطحی سازمان می‌یابد که می‌تواند بر خواسته‌های مشترک تمرکز شود و مناسب مقیاس لازم فعالیت باشد. با این همه، ایجاد پیوندهای عمودی لازم میان این قبیل بسترهای همکاری بیش و کم افقی، برای اطمینان از اینکه سطوح بالاتر از دغدغه‌های محلی و اولویت‌ها آگاه می‌شوند و درک سطوح محلی از تصویر بزرگتر، اهمیت اساسی دارد. بدین ترتیب، همه می‌توانند ارتباط بهتری میان اولویت‌های خود و اولویت‌ها در مقیاس‌های دیگر برقرار نمایند (شکل ۵-۳).

شکل ۵-۳- سطوح متداول ذینفعان در حکمرانی آب، به همراه تیم تسهیل گری فرایند که سبب ارتقای گفت و گو و کنش مشترک در درون و میان بسترهای همکاری ذینفعان در سطوح مختلف می‌شود.



اطمینان از تسهیل گری اثربخش فرایند

گرد هم‌آوردن کنشگران مختلف، شناخت دریافت‌های آنان، مذاکره درباره منافع متعارض، و یافتن راه‌حل‌های برنده- برنده نیازمند مهارت‌های تسهیل گر باتجربه و بی‌طرف است. تسهیل گر می‌تواند به دیگران کمک کند به حرف‌های یکدیگر گوش دهند، زمینه‌های مشترک را در صورت امکان بیابند، یا حداقل به مصالحه معقول برسند. تسهیل گر خوب فرایند می‌تواند در برنامه‌ریزی و پیاده‌سازی بهتر فعالیت‌ها تأثیرگذار باشد. تسهیل گری فرایند هزینه‌ای دارد که در بلندمدت با اجرای هموارتر فرایند و دستیابی به نتایج مشترک بهتر، بازگشت خواهد داشت. بدون تسهیل گری با کیفیت بالا، بعید است فرایند برنامه‌ریزی مشارکتی ذینفعان برای مدیریت آب (زیرزمینی) موفق باشد.

تسهیل گری فرایند، فراتر از تسهیل جلسات است و باید اطمینان یابد کل فرایند کارکرد خود را به انجام می‌رساند. کار تسهیل گر فرایند شامل شناسایی ذینفعان، تیم‌سازی، حل تعارض و میانجی گری، و هدایت و سازماندهی فرایندها در برنامه‌ریزی و تصمیم گیری میان دستگاه‌های دولتی (مقامات مسئول)، جوامع محلی (استفاده‌کنندگان، هم زنان و هم مردان)، و دیگر طرف‌های دخیل است.

تسهیل گران فرایند به کنشگران مختلف کمک می‌کنند منافع، دریافت‌ها، مشغله‌های ذهنی، فرضیات، و قضاوت‌های خود را روشن‌تر بیان کنند. آنان فرصت‌های بهبود تبادل اطلاعات، سازمان‌یابی اجتماعی، و تصمیم گیری را در میان ذینفعان شناسایی می‌کنند. آنان ممکن است درباره محدودیت‌ها و فرصت‌هایی که بر عملکرد کنشگران ذیربط تأثیر می‌گذارد آگاهی بدهند.

«در فرایندهای تعارض‌خیز، وجود یک تسهیل گر بی‌طرف، از شرط‌های کلیدی موفقیت به شمار می‌آید.»

یک تسهیل گر خوب می‌تواند کنشگران بالقوه را که می‌توانند به همراه هم، کنش اثربخشی برای رفع محدودیت‌ها داشته باشند و از فرصت‌های جدید استفاده کنند شناسایی نماید. یک تسهیل گر خوب و باتجربه می‌تواند تعارض و مقاومت در برابر تغییر را مدیریت کند. تعارض و مقاومت در برابر تغییر غالباً وقتی به وجود می‌آید که افراد نسبت به رفاه خود احساس تهدید (فیزیکی، روانی، قدرت، شأن، و مانند آن) می‌کنند و معمولاً به ضرر تحقق نتایج مثبت و مشترک است. تعارض یا تعارض بالقوه که غالباً یکی از اجزای منفی در فرایندهای تغییر دیده می‌شود، می‌تواند با تسهیل گری خوب، و تا اندازه‌ای خوش‌شانسی، به یک عامل قدرتمند برای تغییر تبدیل شود.

تجربه حاکی است که در فرایندهای تعارض‌خیز، وجود یک تسهیل گر بی‌طرف، از شرط‌های کلیدی موفقیت به شمار می‌آید. تسهیل گران باید محیط اعتمادآمیز، شفافیت، و احترام‌آمیز را ایجاد کنند که در آن، چشم‌اندازها و آرمان‌های مشترک بتواند شکل گیرد. آنان باید طرف‌های مختلف و روابط آنها و نیز محیط نهادی و خواسته‌های موجود درباره مسئله مورد نظر را بشناسند. همزمان، آنان باید یک استراتژیست باشند و چشم‌اندازی برای نتایج ممکن داشته باشند. کادر۵-۱ چگونگی انتخاب یک تسهیل گر را توصیف می‌کند.

کادر۵-۱- انتخاب تسهیل‌گر فرایند

تسهیل‌گران فرایند باید هم از دید دستگاه‌های دولتی و هم سازمان‌های جامعه محلی، مقبول و معتبر باشند تا بتوانند در ایفای نقش خود، اثرگذار باشند.

در انتخاب نهادی که باید خدمات تسهیل‌گری فرایند را فراهم آورد، به این موارد توجه داشته باشید: (۱) نسبتاً بی‌طرف باشد و هیچ دستور کاری درباره بخشی خاص نداشته و مستقل از دولت باشد؛ (۲) در جامعه مدنی یک کشور، ریشه‌دار باشد؛ (۳) نامتعارف و غیر بوروکرتیک باشد؛ (۴) اگر نه همه بخش‌های جامعه مدنی و دولت، بیشترشان آن را قبول داشته باشند؛ و (۵) در کار با جوامع محلی، تجربه داشته باشد و برابری جنسیتی را مورد توجه قرار دهد.

این نهاد باید در ارتباطات با دستگاه‌های دولتی و گروه‌های جامعه محلی تجربه داشته باشد؛ دانش عمومی درباره بخش آب داشته باشد؛ تجربه در حل تعارض و مدیریت فرایندهای تغییر داشته باشد؛ و با رویکردهای مشارکتی و همکاری ذینفعان آشنا باشد.

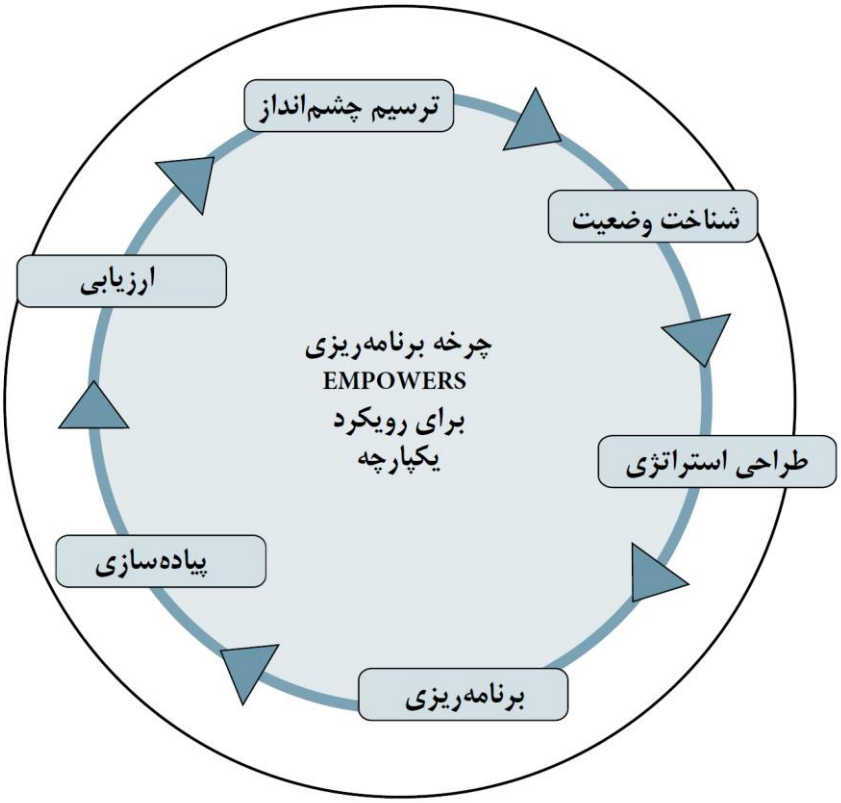
۵-۳-۲- برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری برای اقدام مشترک و جمعی

برنامه‌ریزی برای مدیریت منبع آب

در مشارکت ذینفعان در شکل‌گیری سازمان اجتماعی، به یک رویکرد بسامان برای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری برای شناسایی و توافق بر سر اقدامات مشترک در راستای بهبود مدیریت آب زیرزمینی نیاز است. چرخه برنامه‌ریزی EMPOWERS، چنین رویکردی را فراهم می‌آورد. این چرخه از توالی تکرارشونده شش گام (شکل۵-۴) برای تسهیل و ملموس‌ساختن نتیجه همکاری ذینفعان تشکیل می‌شود:

- گام۱- تحلیل مشترک مشکل و ترسیم چشم‌انداز
- گام۲- بررسی و گردآوری و تحلیل مشترک داده‌ها
- گام۳- طراحی استراتژی و سناریوسازی
- گام۴- برنامه‌ریزی
- گام۵- پیاده‌سازی اقدام مشترک، و
- گام۶- ارزیابی فرایند

شکل۵-۴- چرخه برنامه‌ریزی EMPOWERS برای مدیریت یکپارچه منبع آب (IWRM)



جدول ۵-۲ این شش گام و نیز اهداف آنها، چگونگی استفاده در برنامه‌ریزی، و نتیجه آنها را در کاربرد در فرایند سازمان‌یابی اجتماعی برای مدیریت آب زیرزمینی خلاصه می کند. چرخه برنامه‌ریزی EMPOWERS (نمونه ۵-۵) برای ترسیم چشم‌انداز آینده مدیریت آب زیرزمینی به عنوان مبنای سناریوسازی طراحی می‌شود که بر اساس آنها می‌توان استراتژی‌های تغییر را تدوین کرد. بسیار ضروری است که این گام‌ها با فرایندهایی برای پی‌ریزی و تقویت مسئولیت‌پذیری و مالکیت محلی فعالیت‌ها از طریق مشارکت واقعی و متوازن جنسیتی در برنامه‌ریزی کامل شود.

نمونه۵–۵– به کارگیری چرخه برنامه‌ریزی EMPOWERS در Marj Sanour در فلسطین

Marj Sanour، آبخیز کوچکی در فرمانداری جنین در بخش شمالی کرانه غربی در محدوده فلسطین تاریخی قرار دارد. این آبخیز نزدیک به ۶۲ کیلومتر مربع مساحت دارد و مساحت کف دره آن ۱۶ کیلومتر مربع است. در بخش اعظم تپه‌های پیرامونی، باغ میوه، عمدتاً زیتون کاشته شده است که مهم‌ترین محصول معیشتی در این کشور به شمار می‌آید. هفت روستا در این آبخیز قرار دارند و مجموع جمعیت آنها ۲۴,۰۰۰ نفر است.

این دره هیچ خروجی آب سطحی ندارد و گاهی شبیه یک وان حمام، به سبب رواناب ناشی از تپه‌ها پر می‌شود، چون مدیریت اراضی و حفظ آب، ضعیف است و آب نمی‌تواند در خاک‌های رسی عمیق و غنی از ماده مغذی دره نفوذ کند. تغذیه آبخوان محدود است و بیشتر آب تبخیر می‌شود و نمی‌تواند در فصل خشک بعدی، وقتی آب کمیاب می‌شود استفاده شود. از این رو، زراعت، هم در اثر آب‌گرفتگی و هم فقدان آب در فصل خشک محدود می‌شود، و در نتیجه فشار بیشتری بر آب زیرزمینی وارد می‌آید. درک گزینه‌های رویارویی با کمیابی آب و نیز آب‌گرفتگی، دو مشکل اصلی که مانع توسعه و یافتن راه‌حل‌های مدیریت آبخیز به نفع تمام ذینفعان بود ضرورت داشت. برنامه توسعه آبخیز باید استفاده پایدار از آب سطحی را ارتقا دهد، و همزمان فشار بر ذخایر آب زیرزمینی را کاهش دهد.

به کارگیری چرخه برنامه‌ریزی EMPOWERS با تحلیل عمیق ذینفعان شامل بیشتر وزارتخانه‌های ذیربط آغاز شد– سازمان آب فلسطین (PWA)، وزارت کشاورزی (MoA) و وزارت کشور (MLG) و سازمان کیفیت محیط‌زیستی (EQA)– در سطوح فرمانداری و ملی، گروه‌های بهره‌بردار آب و اراضی و دیگر سازمان‌های جامعه محلی، شورای روستا و شهرداری، سازمان‌های غیر دولتی فعال در محدوده، و دانشگاه جنین. این تحلیل در پی آن بود که این گروه‌ها چگونه با آبخیز، از نظر وظایف، نقش‌ها، خواسته‌ها و مأموریت‌ها ارتباط می‌یابند. همچنین در پی گردش اطلاعات میان آنها و تصمیم آنها و الگوهای هماهنگ‌سازی بود.

دو ساز و کار، از مشارکت گروه‌های مختلف محلی ذینفع و نیز جلب توجه نهادهای دولتی اطمینان داد. یک ساز و کار غیر رسمی مشارکت ذینفعان محلی، برای مشارکت شورای روستا و گروه‌های جامعه مدنی در هفت روستا، سازمان‌های غیر دولتی فعال در این محدوده، و مقامات در سطح فرمانداری برپا شد. کمیته ملی سازماندهی نیز شامل نمایندگان جامعه محلی، سازمان‌های غیر دولتی و دستگاه‌های ملی دولتی تشکیل شد.

در قالب ساز و کار محلی، یک فرایند برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری مشارکتی برای کار در راستای چشم‌انداز برنامه بلندمدت آبخیز Marj Sanour پی‌ریزی شد. به موازات، و با پشتیبانی کمیته ملی سازماندهی، پایگاه اطلاعات مشترک داده‌های علمی و مهندسی و نیز سیستم پشتیبانی تصمیم برای برنامه‌ریزی و آزمودن سناریوهای مختلف و استراتژی‌هایی که برابر آنها چشم‌انداز آبخیز می‌توانست تحقق یابد راه‌اندازی شد.

پس از بحث‌های فشرده، هفت روستا تصمیم گرفتند کمیته آبخیز Marj Sanour را برای هماهنگ‌سازی و پیاده‌سازی تمام فعالیت‌های مرتبط با آب و کشاورزی، از تأمین آب شرب و شیوه‌های آبیاری تا حفظ آب و خاک در بخش‌های تپه‌ای آبخیز تشکیل دهند.

کمیته آبخیز، به طور رسمی در ساختار دولت به ثبت رسید و نمایندگی روستاها در جلسات گسترده‌تر بر عهده دارد و می‌تواند پیشنهادهایی به دستگاه‌های دولتی و نهادهای بین‌المللی کمک‌دهنده، بر پایه مطالعات کامل‌شده، نتایج سیستم پشتیبانی تصمیم و برنامه توسعه آبخیز بدهد.

برای حل مشکل آب‌گرفتگی و انتقال آب به فصل خشک، گروه ذینفعان– با استفاده از برنامه‌ریزی متقابل و تحلیل چندمعیاری– چندین پروژه را با محوریت توقف سیلاب، پیش از رسیدن به دره با بهبود تراس‌بندی و نگهداشت آب در خاک‌ها در تپه‌ها و با ساخت مخزن‌ها در تپه‌ها برای نگهداشت آب توصیه کرد. آنان همچنین ساخت چاه‌های تغذیه مصنوعی آبخوان و مخزن‌های بیشتر را در دره برای انتقال آب به فصل خشک توصیه کردند. از این رو، از طریق مدیریت اراضی (بازسازی و احیا و جمع‌آوری آب)، آب می‌تواند با توزیع یکنواخت‌تر زمانی، به نفع تپه و هم ساکنان دره و نیز اکوسیستم‌ها در آبخیز باشد، و همزمان فشار را از روی ذخایر آب زیرزمینی بردارد.

جدول۵-۲- گفت و گوی ذینفعان و اقدام مشترک (SDCA) و چرخه برنامه‌ریزی EMPOWERS

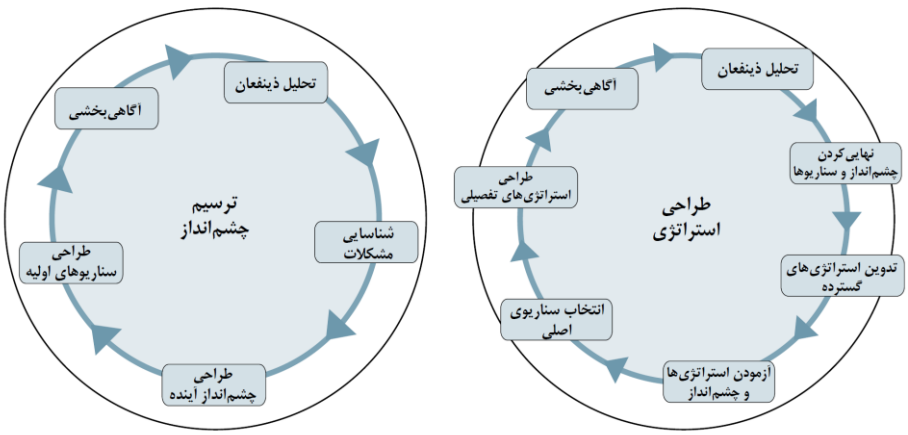
گام	هدف‌ها	اقدامات	نتایج
۱. ترسیم چشم‌انداز	• ذینفعان به میدان می آیند و علاقه‌مند می‌شوند. • شناسایی و توافق درباره دامنه کلی کار	• شناسایی و تحلیل ذینفعان • تحلیل مشکل • ترسیم اولیه چشم‌انداز و سناریوسازی • شناسایی جوامع محلی اولویت‌دار برای اقدام عملی	• بسترهای همکاری ذینفعان • درخت مشکل • چشم‌اندازهای اولیه در سطح ناحیه • سناریوهای اولیه
۲. بررسی	• دلایل اصلی مشکلات آب شناخته می‌شود. • پایگاه اطلاعات مورد توافق و اشتراک گذاری شده شکل می گیرد.	• مشارکت ذینفعان: گردآوری و تحلیل اطلاعات؛ کنترل کیفیت و اطلاعات • بررسی پاسخگویی و حقوق	• تحلیل منابع آب، زیرساخت، تقاضا و دسترسی (تحلیل RIDA) • پایگاه داده • تحلیل اجتماعی (حقوق، منافع، پاسخگویی)
۳. طراحی استراتژی	• مبنای مشترک برای برنامه‌ریزی یکپارچه عمودی و افقی اقدامات فراهم می آید.	• بهنگام‌سازی چشم‌اندازها و سناریوها • طراحی استراتژی‌های گسترده • بررسی و تعیین اعتبار ترکیب‌های سناریو/استراتژی • گزینش سناریوهای کلیدی و استراتژی‌های مربوطه • اولویت‌بندی فعالیت‌ها • تعریف مراحل تصمیم	• گزارش‌های ارزیابی منابع آب • اطلاعات آب جامعه محلی و ناحیه • چشم‌اندازها، سناریوها و استراتژی‌های نهایی یکپارچه‌نگری
۴. برنامه‌ریزی	• برنامه (برنامه‌های) تفصیلی برای اقدام جمعی، مشخص می‌شود، بودجه‌بندی و مورد توافق قرار می گیرد.	• برنامه‌ریزی فعالیت‌های جامعه محلی و سطح استانی • شناسایی وظایف و مسئولیت‌ها • تعریف روال گردش اطلاعات • آماده‌سازی پیشنهادهای پروژه • تعریف برنامه‌های پایش و ارزیابی • دریافت بودجه	• چارچوب منطقی برای پیشنهاد پروژه‌ها • پیشنهادهای بودجه‌بندی‌شده پروژه یکپارچه‌نگری برای جامعه محلی، ناحیه و استان‌ها
۵. پیاده‌سازی	• فعالیت‌ها برابر برنامه‌ها با رویکردی شفاف و با کیفیت بالا و جمعی پیاده می‌شود.	• پیاده‌سازی فعالیت‌ها • آگاهی‌بخشی • مناقصه/مزایده (شفاف) • ظرفیت‌سازی • اشتراک گذاری اطلاعات • کنترل کیفیت	• تحقق نتایج • ظرفیت‌های ساخته‌شده • پایگاه اطلاعات بهبودیافته
۶. ارزیابی	• فرایند پیاده‌سازی مستند می‌شود. • دستاوردها پایش می‌شود. • درس آموزی از چرخه طی‌شده برنامه‌ریزی	• مستندسازی فرایندها (+ویدئو) • پایش و ارزیابی • یادگیری و بازنگری	• گزارش‌ها و ویدئوهای فرایند • گزارش‌های ارزیابی • نتیجه گیری‌ها برای چرخه بعدی برنامه‌ریزی

ترسیم چشم‌انداز آینده مدیریت آب زیرزمینی

در گام نخست فرایند، ترسیم چشم‌انداز (شکل۵-۵)، ذینفعان توصیفی دقیق، مشترک و توافق‌شده درباره منابع آب و خدماتی که دوست دارند در محدوده مورد نظر در زمان مشخص آینده فراهم باشد (برای نمونه ۵ تا ۱۰ سال) تدوین می‌کنند. چشم‌انداز باید پنج ویژگی داشته باشد: مشخص، قابل اندازه‌گیری، قابل قبول، واقع‌بینانه و زمان‌دار. برای کمک به ذینفعان در تجسم آینده، تسهیل‌گران آنان را در انجام فرایند سناریوسازی پشتیبانی می‌کنند. ذینفعان طیفی از شرایط ممکن آینده را تعریف می‌کنند که بر گستره تحقق چشم‌انداز تأثیر خواهد داشت. شرایط آینده به تحول عوامل بیرونی مهم (اقلیم، اقتصاد جهانی، جمعیت، برداشت از سفره‌های دیگر، تعارض) بستگی دارد. بر پایه روندهای کنونی و بررسی مهم‌ترین عواملی که بیشترین عدم قطعیت را نیز دارند، ذینفعان سناریوهای روایی را می‌سازند. سناریوها ترکیبی از اطلاعات کیفی و کمی هستند که به ذینفعان کمک می‌کنند عدم قطعیت ذاتی در برنامه‌ریزی در بخش آب را نیز بشناسند. سناریوسازی امکان طراحی استراتژی‌ها و برنامه‌ها را در مراحل بعد در چرخه برنامه‌ریزی فراهم می‌کند، از جمله برای سناریوهای بهترین و بدترین حالت.

«برای کمک به ذینفعان در تجسم آینده، تسهیل‌گران آنان را در سناریوسازی پشتیبانی می‌کنند.»

شکل۵-۵- ترسیم چشم‌انداز (گام۱) و طراحی استراتژی (گام۳) در چرخه برنامه‌ریزی EMPOWERS



بررسی مسئولیت‌پذیری، مالکیت و حقوق در سطح محلی در مدیریت آب زیرزمینی

در گام بررسی در چرخه برنامه‌ریزی، ذینفعان در بررسی مسئولیت‌پذیری محلی و حقوق نسبت به استفاده و مدیریت منابع آب زیرزمینی، مشارکت و همکاری می‌کنند. این کار، فرایند عملی شناخت سطح تأمین شرایط برای افراد محلی برای پذیرفتن مالکیت و مسئولیت‌پذیری در قبال مدیریت منابع آب و استفاده در جامعه محلی آنان است. در بسیاری از موارد، افراد محلی چنین مسئولیتی را به عهده نخواهند گرفت، چون احساس نمی‌کنند این فعالیت یا نتایج آن واقعاً به آنان تعلق دارد (مالکیت). بلکه این فعالیت‌ها را موقتی می‌بینند که به دست یک نهاد بیرونی (یک سازمان غیر دولتی یا یک دستگاه دولتی) انجام شده است، در حالی که آنان منافع مستقیم فعالیت را نمی‌بینند و نتایج، اولویت‌های واقعی آنان یا خواسته‌های بلندمدت‌تر آنان را تأمین نمی‌کند.

مسئولیت‌پذیری در قبال رفتار و اعمال خود، و همزمان، توجه‌داشتن به اثرات رفتار و اعمال خود بر دیگران، بسیار مهم است. مسئولیت‌پذیری باید در تمام سطوح در بحث‌ها درباره مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی تعریف شود. مسئولیت‌پذیری، بخش مهمی از سازمان‌یابی اجتماعی را برای حکمرانی آب زیرزمینی شکل می‌دهد.

«مدیریت آب زیرزمینی در نهایت به حس مالکیت و سطح مسئولیت‌پذیری افراد بستگی خواهد داشت.»

برای برنامه‌ریزی خوب مدیریت پایدار منبع آب، ضروری است که افراد محلی در بررسی مسئولیت‌پذیری و حقوق مشارکت کنند. این بررسی، پیش‌نیازهایی را که ذینفعان محلی بر اساس آنها، ظرفیت‌ها و تمایل خود را به پذیرفتن مسئولیت در قبال مدیریت آب زیرزمینی شکل می‌دهند تحلیل خواهد کرد (شکل۵-۶). گام نخست، بررسی این است که افراد محلی چه نگاهی به منافع خود (مالی، تأثیر، و موارد دیگر) در مدیریت منبع آب زیرزمینی دارند؛ دوم، شناخت اینکه تا چه اندازه به دانش لازم برای انجام آن اطمینان دارند؛ سپس دریافت آنان از اینکه می‌توانند حقوق خود را در استفاده از منبع آب زیرزمینی به اجرا بگذارند، و در نهایت تا چه اندازه برای گرفتن منافع و حقوق خود (قدرت مطالبه‌گری) توانمند هستند. این تحلیل، به ویژه وقتی با نگاه جنسیتی انجام شود، روشن خواهد کرد چه پیش‌شرط‌هایی تأمین نشده است و بنابراین در مسیر مدیریت پایدار آب زیرزمینی پابرجا خواهد بود. مدیریت آب زیرزمینی نهایتاً به حس مالکیت و سطح مسئولیت‌پذیری افراد و سطح عهده‌دارشدن مسئولیت بستگی خواهد داشت.

شکل۵-۶- چارچوب بررسی سطح تأمین پیش‌نیازها (یا عدم تأمین) برای جوامع محلی برای پذیرش پاسخگویی در قبال مدیریت منبع آب زیرزمینی.

تصویر۵-۱- آب، دغدغه همگان است، اُردن.

از طریق مشارکت در تحلیل پرسش‌هایی که نمونه آن در شکل۵-۶ آمده، استفاده‌کنندگان آب- هم مردان و هم زنان- در کار با چرخه برنامه‌ریزی EMPOWERS می‌توانند استراتژی‌ها و برنامه‌های مشخص را با اولویت‌ها و محدودیت‌های محلی تطبیق دهند. آنان باید از تحلیل عمیق‌تر برای شناخت چگونگی تأثیرپذیری از نابرابری‌ها در منافع، ظرفیت‌ها و قدرت مطالبه‌گری میان جنسیت‌ها و دسته‌های مختلف استفاده‌کنندگان آب استفاده کنند. با پشتیبانی تسهیل‌گران، گروه‌های استفاده‌کننده آب باید گزینه‌های غلبه بر محدودیت‌ها و قیدها را در درون یا بیرون از جامعه محلی، درباره مالکیت و مسئولیت‌پذیری در قبال اقدامات مدیریت آب شناسایی کنند.

«بسیار مهم است که جامعه محلی در نهایت، از سطوح بالاتر برنامه‌ریزی تفکیک نشود.»

مسئولیت‌پذیری در سطح محلی باید یک هدف نهایی بلندمدت دیده شود تا یک پیش‌نیاز برای طرح توسعه یا سرمایه‌گذاری در بخش آب. با وجود این، تحلیل پیش‌شرط‌هایی که برابر آن، افراد محلی احتمالاً سطحی از مسئولیت استفاده و مدیریت منبع آب زیرزمینی را به عهده می‌گیرند، برای درک چگونگی تسهیل سازمان‌یابی اجتماعی لازم، اهمیت اساسی دارد.

مشارکت واقعی در چندین سطح

به نسبتی که ذینفعان بر اساس چرخه برنامه‌ریزی EMPOWERS پیش می‌روند و اطلاعات بیشتری به دست می‌آورند، تسهیل‌گران به آنان در بسط تفصیلی‌تر سناریوهای مدیریت آب کمک می‌کنند. سپس آنان می‌توانند استراتژی‌های دستیابی به چشم‌انداز خود از مدیریت آب را برابر سناریوهای مختلف آینده توصیه کنند (شکل۵-۵). سپس، برنامه‌ریزی تفصیلی اقدامات مشترک امکان‌پذیر می‌شود. مهم است که تصمیم‌ها و توصیه‌های صورت‌گرفته در سطح روستا، آبخیز، ناحیه، یا مقیاس‌های بزرگ‌تر در برنامه‌هایی که در بیشتر موارد، باید به تأئید مراجع مختلف دولتی برسد مستند شود. بنابراین، در سازماندهی مدیریت آب زیرزمینی، بسیار مهم است که جامعه محلی در نهایت کار، از سطوح بالاتر برنامه‌ریزی جدا نیفتد. از این رو، دستگاه‌های دولتی و سازمان‌های غیر دولتی نیاز دارند بر تسهیل مشارکت و گفت و گو میان جوامع محلی و سطوح نهادی بالاتر تمرکز کنند. آنان برای نمونه چنین کاری را به شیوه‌های زیر انجام دهند:

- تسهیل فرایندهای تعاملی میان طیف کامل ذینفعان در سطوح مختلف نهادی
- انتشار درک کلی درباره وضعیت منبع آب زیرزمینی در مقیاس‌های مختلف
- پیشبرد اقداماتی برای بهبود بیلان منبع آب زیرزمینی (چنانچه لازم باشد)، از طریق کاهش استفاده مصرفی، حفاظت در برابر آلوده‌شدن، و بهبود تغذیه آب زیرزمینی
- فراهم‌آوردن چارچوب، حقوقی، نهادی و سیاستی راهگشا، روشن‌ساختن سطوح مختلف مسئولیت‌پذیری (به فصل۳ مراجعه نمائید)، و
- تعیین هدف‌های کمی واقع‌بینانه مدیریت و پایش پیشرفت.

مشارکت ذینفعان باید در راستای رویکردهای شفاف و توانمندساز مشارکت باشد- سطوح بالاتر نردبان مشارکت (جدول۵-۳). ارزیابی سریع مشارکتی (PRA) و یادگیری و کنش مشارکتی (PLA) ابزارهای طراحی‌شده برای کمک به مردم محلی را برای درک بهتر وضعیت خود، تعیین اولویت‌ها و یافتن راه‌حل‌های ممکن هستند. متأسفانه، غالباً PRA و PLA به گونه‌ای به کار گرفته می‌شود که تنها به دست‌اندرکاران توسعه کمک می‌کند پروژه‌ها را بدون دخالت‌دادن افراد محلی در ارزیابی، تحلیل، و پیامدهای فرهنگی پروژه شکل دهند.

جدول۵-۳- پله‌های نردبان مشارکت

سطح	ویژگی‌ها
۱. مشارکت غیر فعال	به افراد تنها گفته می‌شود چه کاری در حال انجام است یا انجام شده است. اطلاع‌رسانی به افراد محلی تنها به کارشناسان بیرونی تعلق دارد.
۲. مشارکت در دادن اطلاعات	پژوهشگران با استفاده از پرسش‌نامه یا شیوه‌های مشابه، از افراد پرسش می‌کنند. افراد نمی‌توانند بر اطلاعات و یافته‌های تحقیق تأثیر بگذارند.
۳. مشارکت به صورت رایزنی	با افراد رایزنی می‌شود، بدون هیچ گونه سهم در تصمیم‌گیریف و عوامل بیرونی تنها به دیدگاه آنان گوش می‌دهند. مشکلات و راه‌حل‌ها به دست عوامل بیرونی تعریف می‌شود.
۴. مشارکت در قبال مشوق‌های مادی	افراد با فراهم‌آوردن منابع مشارکت می‌کنند، برای نمونه نیروی کار در ازای غذا، دستمزد یا دیگر مشوق‌های مادی. در کوتاه‌مدت منتفع می‌شوند، ولی وقتی مشوق‌ها دیگر برقرار نباشند، علاقه‌ای به ادامه فعالیت‌ها ندارند.
۵. مشارکت کارکردی	افراد با تشکیل گروه‌ها در راستای تأمین اهداف از پیش تعیین‌شده مرتبط با پروژه مشارکت می‌کنند. این پروژه می‌تواند سازمان‌یابی اجتماعی با هدایت بیرونی باشد. این شیوه برای پروژه سودمند است، ولی عمدتاً پس از تصمیم‌گیری‌های کلیدی درباره پروژه سازماندهی می‌شود.
۶. مشارکت تعاملی	افراد در تحلیل مشترک مشارکت می‌کنند که به برنامه‌های عمل و شکل‌گیری نهادهای جدید یا تقویت نهادهای موجود منجر می‌شود. افراد می‌توانند بر تصمیمات کنترل داشته باشند و از این رو برای تداوم فعالیت‌ها و نتایج انگیزه دارند.
۷. بسیج خودانگیخته	افراد با به دست‌گرفتن اقدامات نهادهای برونی برای تغییر نظام‌ها و فرایندها مشارکت می‌کنند. بسیج خودانگیخته و کنش جمعی ممکن است سهم نابرابر ثروت و قدرت را به چالش بکشد یا نکشد.

۵-۳-۳- ارزیابی، یادگیری فعال، و مستندسازی

از گام‌های مهم در مدیریت تغییر، و در چرخه برنامه‌ریزی EMPOWERS در قسمت ۵-۳-۲، ارزیابی، یادگیری فعال و مستندسازی برای تثبیت درس‌های آموخته‌شده است. به جای آنکه به عنوان گام پایانی انجام شود، باید در سرتاسر چرخه مدیریت پیاده شود.

فرایند ارزیابی و یادگیری فعال، زمانی است که گروهی از افراد (برای نمونه ذینفعان) تصمیم می‌گیرد نگاه عینی به اموری داشته باشد که اتفاق افتاده است و چرایی و چگونگی رویداد آنها را درک کنند. فراهم‌آوردن فضای یادگیری ساختارمند یا بی‌برنامه در سرتاسر این فرایند برای پرهیز از اشتباه‌ها یا تصحیح آنها، درک تفاوت‌ها در دریافت ذینفعان، و شناخت عمیق‌تر چگونگی انجام متفاوت امور در آینده، اهمیت اساسی دارد.

ارزیابی می‌تواند مختصر باشد، ولی می‌تواند به شکل منظم در پایان هر فعالیت عمده صورت گیرد. می‌تواند به کمک پایش و ترازیابی شاخص‌های کلیدی تغییر و مستندسازی فرایند باشد. ارزیابی، یک فرایند یادگیری جاری است که از طریق آن، مشارکت‌کنندگان مهارت‌های خود را بهبود می‌بخشند، نه اینکه تنها یک ارزیابی خشک و خالی باشد.

مستندسازی فرایندهای تغییر می‌تواند تغییرات نه چندان ملموس را که در پیاده‌سازی یک پروژه پدید می‌آید برجسته سازد، برخی از دلایل این تغییرات را شناسایی نماید، و راهنمای ذینفعان و نیز تسهیل‌گران در بهبود پیاده‌سازی باشد. فرایند مستندسازی به مسائلی مانند توانمندسازی، تغییر موضع/باور، تصمیم‌گیری، و پویایی ذینفعان ارتباط می‌یابد. مستندسازی فرایند نه تنها به کار یادگیری مشارکت‌کنندگان می‌آید، بلکه امکان اشتراک‌گذاری بینش‌ها و نتایج را با جامعه گسترده‌تر فراهم می‌آورد.

برای مستندسازی، به منابع مالی و انسانی نیاز است، ولی نتایجی که به دست می‌آید، ارزش سرمایه‌گذاری را دارد. یکی از محصولات کلیدی مستندسازی فرایند می‌تواند کتابی باشد که روایت‌های کوتاه کنشگران مختلف را درباره چگونگی دریافت آنان از آنچه در فرایند تغییر اتفاق افتاد گردآوری کرده است (نمونه ۵-۶).

کادر ۵–۶– گشودن مسیرهای گفت و گو در فرمانداری Beni Sueif، مصر

پروژه EMPOWERS در مصر، از سازمان‌یابی اجتماعی برای مدیریت بهتر آب پشتیبانی کرد. مستندسازی فرایند، بخشی از رویکرد پروژه بود. این کار با جلب توجهات به فرایند آغاز شد (گام۱). مصاحبه‌های منظم با نمایندگان ذینفعان کلیدی و گروه‌های متمرکز انجام شد، کارکنان پروژه به طور منظم گزارش تهیه می‌کردند، و صورتجلسات و گزارش جلسات تهیه می‌شد. همزمان نیز ویدئوهای کوتاه و عکس تهیه شد. این اقلام با تدوین بیشتر (گام۲، آرشیو و تنظیم) به عنوان مبنای تهیه و تدوین مقالات ساده، کتاب‌های مصور، نمونه مطالعات، ستون روزنامه‌ها برای انتشار سریع به کار رفت. استفاده فوری از این مطالب، از ارکان مستندسازی فرایند به شمار می‌آمد. تحلیل اطلاعات (گام۳) برای یادگیری و ارزیابی در پروژه مهم بود. در نهایت، اطلاعات مناسب و جالب (گام۴) از طریق کانال‌های مختلف و برای مخاطبان مشخص انتشار یافت. یکی از این شیوه‌ها، کتاب داستان EMPOWERS بود که برای آگاه‌سازی دست‌اندرکاران آب و مقامات دولتی، برای متقاعدساختن آنها درباره اثربخشی این رویکرد توزیع شد. نمونه‌ای از داستان‌های مندرج این کتاب به شرح زیر است:

«مسئولان می‌دانستند اگر فعالیت‌ها را هماهنگ کنند، به نتایج بهتری می‌رسند، ولی هیچ کس آماده برداشتن گام نخست نبود. EMPOWERS ذینفعان مختلف را در یک اتاق گرد هم آورد. بلافاصله مدیران دپارتمان‌های مختلف شروع کردند به صحبت درباره مشکلات مشابه، و این آغاز فرایند هماهنگی بود. آنان از یکدیگر می‌پرسیدند چرا برخی امور به انجام نمی‌رسد و چرا برخی تصمیمات گرفته شده است. گفت و گوی آزاد جایگزین تشریفات بوروکراتیک شد. جلسات EMPOWERS گام نخست را با گرد هم‌آوردن مدیران از وزارتخانه‌های مختلف (آب، کشاورزی، بهداشت) امکان‌پذیر ساخت.

«ایمان اسماعیل، مدیر دفتر قائم مقام وزارت آب و آبیاری در Beni Sueif می‌گوید: رویکرد EMPOWERS ابزار حل هر مشکلی را به آنان داده است. او می‌گوید که در فرایند EMPOWERS، اعضای هیئت مدیره‌های آبیاری و کشاورزی شروع کردند به ایجاد یک رابطه کاری پویا که می‌توانستند با یکدیگر به شیوه‌ای بسیار مستقیم‌تر تعامل داشته باشند. برای نمونه، یک عضو از یک هیئت مدیره می‌توانست درباره دلایل یک مشکل، تلفنی با عضو هیئت مدیره دیگر، بدون پیمودن مسیرهای طولانی پیچیده و زمان‌بر بوروکراتیک جویا شود.»

«این فرایندهای غیر رسمی به همکاری رسمی‌تر میان دو وزارتخانه کشاورزی و آب و آبیاری در قالب یک تفاهم‌نامه منجر گردید. این تفاهم‌نامه از کشاورزان تجاری می‌خواست آگاهی خود را درباره استفاده معقول و حفظ آب، در همکاری با مهندسان آب افزایش دهند. همچنین توافق شد که مدیران آبیاری در جلسات هفتگی دپارتمان مشاوره کشاورزی شرکت کنند و وضعیت آب را با همکاری کشاورزان تجاری توضیح دهند. ممکن است این شیوه، ساده به نظر آید، ولی در محیط بوروکراتیک مصر، گام‌های مهمی بودند.»

مستندسازی فرایندها چیزی بیش از ثبت نتایج قابل اندازه‌گیری اثرات یک اقدام است، که می‌تواند با پایش پروژه انجام شود، بلکه بیشتر درباره شناخت چگونگی تحقق این فرایند است. هدف آن (۱) شناخت تغییر در دریافت‌های ذینفعان با تکامل فرایند؛ (۲) پشتیبانی ارزیابی و یادگیری برای بهبود پیوسته در اقدام؛ (۳) درک دلایل زیربنایی چرایی عملکرد خوب پروژه یا ناکامی آن؛ و (۴) کمک به آنانی که در بیرون این فرایند قرار دارند، تا تغییرات در شناخت، مواضع و رفتارهایی را که برای تحقق نتایج لازم بودند درک کنند.

۵-۴- چک‌لیست: طراحی گفت و گوی ذینفعان و کنش مشترک

راه‌اندازی گفت و گو و به میان‌آوردن ذینفعان

- پیاده‌سازی و مستندسازی تحلیل عمیق ذینفعان
- سازماندهی و فعال‌سازی ساز و کارهای خودجوش همکاری ذینفعان، در صورت لزوم در سطوح و مقیاس‌های مختلف
- تجهیز مشارکت اثربخش گروه‌های مختلف ذینفعان محلی در ساز و کارهای محلی، با نماینده‌داشتن در دیگر ساز و کارهای همکاری.
- تحلیل اجتماعی تفصیلی (دسترسی و حقوق آب و نیز مسئولیت‌پذیری در سطح محلی؛ شکل۵-۶) و به کارگیری نتایج آن در فرایند برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری‌های بعدی.

برنامه‌ریزی مشارکتی و فرایند تصمیم‌گیری

- پیروی از گام‌های چرخه برنامه‌ریزی رویکرد یکپارچه EMPOWERS (شکل ۵-۴ و جدول ۵-۲): ترسیم چشم‌انداز، ارزیابی و طراحی استراتژی.
- اطمینان از اینکه بیشتر ذینفعان، جمع‌بندی‌ها و تصمیمات فرایند برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری مشارکتی را به اشتراک می‌گذارند، و مبتنی بر ترسیم چشم‌انداز (SMART) و سناریوسازی حداقل در میان‌مدت است (۵ تا ۱۰ سال).
- پی‌ریزی پایگاه مشترک و توافق‌شده داده‌ها/ اطلاعات و در دسترس همه ذینفعان
- اقدامات بیشتر برای تثبیت سازمان‌یابی اجتماعی
- انجام و پیگیری ظرفیت‌سازی و توانمندسازی
- تهیه برنامه‌های تفصیلی مدیریت آب زیرزمینی در سطح جامعه محلی و نیز سطوح گسترده‌تر (آبخیزها، نواحی) که مبتنی بر تصمیمات و تعهدات مشترک بیشتر ذینفعان باشد.
- نتایج بالا، برنامه‌ها و فرایندهای تصمیم را مستند کنید و با مخاطبان گسترده‌تر به اشتراک بگذارید.
- چنانچه امکان‌پذیر باشد، ترتیبات و ساز و کارهای توافق‌شده همکاری برای مدیریت منبع آب زیرزمینی را نهادینه کنید.

فصل ششم

اقدام عملی در مدیریت آب زیرزمینی

۶-۱- سرعت‌بخشیدن به تغییر برای مدیریت پایدار آب زیرزمینی

دانش آب زیرزمینی باید به اقدام در مدیریت آن منجر شود. در سطح جهان نزدیک به ۵۰ درصد کل نیاز آب شرب و ۴۳ درصد کل آب استفاده‌شده برای آبیاری، از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود، بنابراین ناکامی در مدیریت پایدار آب زیرزمینی، تأمین آب سالم، امنیت غذایی و دستاوردهای بهبود وضعیت گروه‌های آسیب‌پذیر، و نیز سرمایه‌گذاری کسب و کارها و رشد اقتصادی را به خطر می‌اندازد. آب زیرزمینی، جریان پایه رودخانه‌ها و نیاز اکوسیستم‌های مهم را تأمین می‌کند، بنابراین ناکامی در مدیریت پایدار آب زیرزمینی، تنوع زیستی را به خطر می‌اندازد. ظرفیت آبخوان‌ها امکان ذخیره آب را در زمان‌های فراوانی، و آزادسازی آن را در زمان‌های نیاز فراهم می‌آورد، بنابراین، ناکامی در مدیریت پایدار آب زیرزمینی، مردم را در برابر خشکسالی، آسیب‌پذیرتر و در برابر تغییر اقلیم، با تاب‌آوری پائین‌تری باقی می‌گذارد. کاهش این ریسک‌ها به معنای تبدیل اصول، ابزارها، راه و رسم‌ها و تجربه‌ها به اقدام در راستای پیشبرد تغییر در شیوه مدیریت آب زیرزمینی است. مردم باید در سطوح مختلف، برای سرعت‌بخشیدن و مدیریت تغییرات لازم با یکدیگر همکاری کنند، همان گونه که در مدل همیاری مدیریت پایدار آب زیرزمینی در فصل۱ معرفی شد (شکل ۱-۲). بهره‌برداران محلی آب زیرزمینی، بهره‌برداران بزرگ‌مقیاس، متخصصان، سیاست‌گذاران و سیاستمداران- با کمک و پشتیبانی تسهیل‌گران- همگی نقش‌های مهمی برای ایفاکردن دارند.

۶-۱-۱- اولویت‌دادن به کنش مشترک در مدیریت آب زیرزمینی

برای کمک به تمام ذینفعان در نقش‌آفرینی لازم در تبدیل اثربخش‌تر و سریع‌تر دانش آب زیرزمینی به اقدام عملی و پیاده‌سازی که به مدیریت پایدار آب زیرزمینی می‌انجامد، به استراتژی‌های مشخصی نیاز است. از کلیدهای پیشرفت در این امر، برداشتن گام‌هایی برای بهبود دخالت ذینفعان در مدیریت آب زیرزمینی در تمام سطوح و دستیابی به فهم مشترک درباره نقش‌هایی است که می‌توانند ایفا کنند و منافعی که با کنش جمعی به دست خواهد آمد. در بیشتر وضعیت‌ها، ذینفعان احتمالاً به کمک افراد یا سازمان‌هایی نیاز دارند که بتوانند

مشارکت بهتر را تسهیل نمایند و جریان تبادل دانش را در میان متخصصان، بهره‌برداران آب زیرزمینی و سیاست‌گذاران و قانون‌گذاران بهبود بخشد. تلاش‌ها برای بهبود استفاده از دانش- دانش محلی یا علمی- برای توانمندسازی مردم برای اقدام، قوی‌تر و موفق‌تر خواهد بود.

«ناکامی مدیریت آب زیرزمینی، مردم را در برابر خشکسالی، آسیب‌پذیرتر می‌سازد.»

بیشتر دانش فنی لازم برای مدیریت آب زیرزمینی، بازتاب پیچیدگی‌های هیدروژئولوژی و ماهیت پنهان این منبع، بسیار تخصصی است. دانش آب زیرزمینی در بسیاری از مواقع در انحصار متخصصان فنی است، و در نتیجه، پارادایم حاکم بر مدیریت آب زیرزمینی، متأثر از خبرگان و تکنوکراتیک است. موانع استفاده و کاربست دانش آب زیرزمینی گسترده است. غلبه بر این موانع نیازمند همکاری میان متخصصان فنی و بهره‌برداران آب زیرزمینی، سیاست‌گذاران و فرایندهای سیاسی است که قادر به تجهیز اقدام باشد. مدیریت آب زیرزمینی نیازمند تغییر پارادایم، از نظام مبتنی بر دانش تکنوکراتیک، به نظام دانش مبتنی بر همکاری و مشارکتی است. در این نظام، دانش علمی و محلی ترکیب می‌شود و برای پی‌ریزی اقدام به کار می‌رود.

جدول۶-۱- نمونه اقدامات در مدیریت آب زیرزمینی

سطح	ویژگی‌ها	
کاهش مصرف آب زیرزمینی	**کمک به بهره‌وری بالاتر آب در کشاورزی** • تغییر الگوی کشت، واریته‌ها و اقتصاد کشاورزی • آبیاری خُرد و آبیاری منطقه ریشه	• بهبود انتقال آب • افزایش ظرفیت نگهداشت آب خاک‌ها • کاهش تلفات در فرآوری و بازاریابی
	کاهش استفاده شهری آب زیرزمینی • شناسایی نشت	• کاهش هدررفت و استفاده خانگی آب فضای سبز شهری
	استفاده از تدابیر انگیزه‌بخش اقتصادی • مالیات • نرخ گذاری انرژی • هدایت یارانه‌ها به اقدامات صرفه‌جویی آب	• حذف یارانه‌ها از کشت‌های آب‌بر • مشوق‌های کارآیی آب • کارت هوشمند کنترل برداشت و سهمیه‌ها
بهبود تغذیه و نگهداشت آب زیرزمینی	**نگهداشت رواناب سطحی و سیلاب‌ها** • پشته‌بندی و تراس‌بندی مزرعه • آبکندها • دیواره‌های نشت و نگهداری گودال‌های طبیعی • چاه‌های تزریق	• گردآوری آب باران از خیابان‌ها • حوضچه‌ها، سدهای تغذیه • نگهداشت سیلاب
	بهبود ظرفیت نفوذ سطح زمین • سطوح شهری نفوذپذیر • شکافتن لایه‌های رسی	• افزایش نفوذ با سوراخ کنی حیوانات • دیواره آب‌بند در بستر ماسه‌ای رودخانه
	نگهداشت جریان‌های زیرسطحی • مسدودسازی کانال‌های زهکشی	• سدهای زیرسطحی
	مدیریت تلفیقی آب سطحی و زیرزمینی • تعدیل تحویل آب سطحی متناسب با پتانسیل تغذیه و استفاده مجدد	• ذخیره آب مازاد فصلی
کنترل توسعه آب زیرزمینی	**کنترل داوطلبانه** • قوانین کارساز • طراحی و اعمال قواعد محلی • پایش و ارزیابی مشارکتی	• برنامه‌ریزی جمعی کشت • سرمایه گذاری محلی در تغذیه
	مجوز چاه و کنترل چاه • ممنوعیت‌های جغرافیایی • صدور مجوز برای تجهیزات حفاری	• رهگیری ادوات حفاری

همان گونه که اصول و راه و رسم‌های معرفی‌شده در فصل‌های پیشین نشان دادند، هیچ کمبودی در فرصت‌ها برای کنش و اقدام در مدیریت پایدار آب زیرزمینی وجود ندارد. طیف گسترده‌ای از راهکارها برای حفاظت از موجودی و کیفیت آب زیرزمینی شناخته شده است که نیاز است با شرایط هیدروژئولوژیکی، اکولوژیکی، اجتماعی و اقتصادی، تطبیق یافته و اولویت‌بندی شوند (جدول ۶-۱). با این همه، برای تحقق تغییرات لازم برای پیاده‌سازی موفقیت‌آمیز و پایدار این قبیل راهکارها، متخصصان، بهره‌برداران آب زیرزمینی و سیاست‌گذاران باید بر محور استراتژی‌هایی تغییر که دانش سیستم‌های آب زیرزمینی را ترکیب می‌کنند (فصل۲)، حکمرانی (فصل۳) و اقتصاد (فصل۴) با سازمان و بسیج اجتماعی (فصل۵) همسو شوند. برای موفقیت، استراتژی‌های تغییر برای مدیریت آب زیرزمینی باید کنش را در چندین سطح تدارک ببینند- محلی تا ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی- و همزمان نقش‌های متمایزی را به ذینفعان مختلف بسپارد.

۶-۱-۲- استراتژی‌های تغییر

نقطه آغاز مهم برای استراتژی‌های تغییر، ایجاد حس اضطرار است. آگاهی‌بخشی درباره تهدیدهایی که متوجه آب زیرزمینی است و هزینه‌ها و پیامدهای ناکامی در مدیریت پایدار آب زیرزمینی یا حفاظت از منابع آب زیرزمینی در برابر آلوده‌شدن اهمیت دارد. دستگاه‌های دولتی، متخصصان و سازمان‌های غیر دولتی همگی می‌توانند در کمپین‌های آگاهی‌بخشی عمومی درباره آب زیرزمینی سهیم باشند. کمپین‌های اطلاع‌رسانی باید از این استدلال که آب زیرزمینی، مسئله ویژه‌ای در مدیریت منابع طبیعی به شمار می‌آید که به درمان ویژه‌ای نیاز دارد بپرهیزد، چون ذینفعانی که اولویت‌های دیگری دارند توجه خود را به آن معطوف نخواهند کرد. محدودسازی آگاهی‌بخشی به دغدغه‌های فنی و تخصصی، به محدودشدن مشارکت ذینفعان و نتایج ناپذیرفتنی منجر خواهد شد. هدف نهایی بهتر برای کمپین‌های اطلاع‌رسانی عمومی، نشان‌دادن چگونگی کمک مدیریت پایدار آب زیرزمینی در حل مسائلی است که اولویت بالایی برای مردم و سیاستمداران دارند. سپس توجیه کنش بی‌درنگ در مدیریت آب زیرزمینی می‌تواند با استفاده از پیام‌های کلیدی که برای نمونه به موارد زیر ارتباط می‌یابد شکل گیرد:

- اقتصاد و اشتغال- آب زیرزمینی خالی‌شده و آلوده‌شده، انگیزه سرمایه‌گذاری را به جایی دیگر می‌کشاند، سودآوری صنعت را کاهش می‌دهد و بر هزینه امرار معاش و اشتغال مردم می‌افزاید.
- تأمین آب شرب و سلامت- مدیریت پایدار آب زیرزمینی، تأمین مطمئن و آب سالم را فراهم می‌آورد.
- امنیت غذایی و کشاورزی پایدار- بدون آب زیرزمینی پایدار، امنیت غذایی در خطر قرار می‌گیرد.
- تغییر اقلیم و خشکسالی- آبخوان‌ها ذخیره زیرسطحی آب را فراهم می‌آورند که در برابر تغییر اقلیم، تاب‌آوری به وجود می‌آورد، و
- حفظ طبیعت و تنوع زیستی- حفاظت از طبیعت، حفاظت از تغذیه آب زیرزمینی است، و مدیریت پایدار آب زیرزمینی به حفظ تنوع زیستی کمک می‌کند.

آگاهی‌بخشی درباره اهمیت مدیریت و حفاظت آب زیرزمینی مفید است، ولی به تنهایی به تغییر نمی‌انجامد. در جانبداری از مدیریت پایدار آب زیرزمینی باید فراتر از آگاهی‌بخشی اندیشید و اطمینان یافت که اطلاع‌رسانی عمومی در استراتژی جامع‌تر تغییر گنجانده می‌شود. بدین منظور باید برنامه‌ها و اقداماتی را برای مشارکت‌دادن ذینفعان در استراتژی‌های تغییر که اصول سازمان‌یابی اجتماعی معرفی‌شده در قسمت ۵-۲ را در امور زیر به کار می‌گیرد طراحی شود:

- ایجاد حس اضطرار
- خلق چشم‌انداز مشترک درباره آینده
- تدارک ائتلاف ذینفعان برای حمایت از تغییر
- توانمندسازی ذینفعان در تمام سطوح برای اقدام عملی لازم در مدیریت پایدار آب زیرزمینی، و
- نشان‌دادن تأثیر راه‌حل‌های مدیریت آب زیرزمینی، تجربه‌آموزی از آنها و محقق‌ساختن نتایج کوتاه‌مدت که ذینفعان را به استقامت و گسترش موفقیت تشویق می‌کند.

۶-۲- به میان آوردن ذینفعان

۶-۲-۱- تسهیل‌گری فرایند

آب، دغدغه همگانی است- و از این رو، تحقق تغییرات لازم برای مدیریت پایدار آب زیرزمینی نیازمند آن است که همه ذینفعان به دور «میز آب» آورده شوند. همان گونه که در فصل۵ نشان داده شد، آوردن افراد به دور میز گفت گو و سپس فراهم‌آوردن فرایندی منصفانه، برابر و سازنده نیازمند تسهیل گری است.

فرایندهای تغییر در مدیریت آب زیرزمینی به بیشترین احتمال به دست حامیان محلی یا ملی مدیریت پایدار آب زیرزمینی راه‌اندازی می‌شوند، با پروژه‌ای دولتی یا با هدایت سازمان غیر دولتی یا با گروه‌های ذینفع در بخشی خاص (برای نمونه تأمین آب شرب، کشاورزی)- یا احتمالاً ائتلافی میان این گروه‌ها. بنابراین، یکی از نخستین کنش‌های لازم، شناسایی و به کارگیری تسهیل گران کارکشته و بامهارت فرایند خواهد بود. همان گونه که در کادر ۵-۱ توصیف شد، آنان معمولاً مستقل از دولت هستند و به بی‌طرفی، معلومات بالا و تعهد شناخته می‌شوند. بیشتر ذینفعان به آنان اعتماد دارند. اگر این فرایند بخواهد در مشارکت‌دادن بهره‌برداران آب زیرزمینی موفق باشد، بسیار مهم است که تسهیل گران انتخاب‌شده برای هدایت فرایند، تجربه کار با جوامع محلی و در کمک به آنها در مشارکت اثربخش و عادلانه در فرایندهای همکاری ذینفعان داشته باشند. در نتیجه، تسهیل گران فرایند معمولاً برخاسته از جامعه مدنی هستند. نمونه‌های تسهیل گران فرایند را می‌توان مشاوران مستقل با تجربه تسهیل گری، سازمان‌های غیر دولتی با کارکنانی که صاحب اعتبارند و مأموریت مطمئنی برای تسهیل تغییر دارند، یا پروژه‌هایی که مشخصاً برای پی‌ریزی و تسهیل فرایندهای برنامه‌ریزی بر پایه مشارکت ذینفعان طراحی شده است.

اقدامات لازم

تسهیل‌گران فرایند باید بستری را برای گرد هم‌آمدن ذینفعان فراهم سازند. از این رو، یکی از فعالیت‌های اولیه ضروری، شناخت خواسته‌های ذینفعان، از جمله تمایز خواسته‌های زنان و مردان، و تحلیل عمیق ذینفعان است. این کار باید برای اطمینان از اینکه تمام ذینفعان شناسایی می‌شوند، کمک‌های لازم را می‌کنند، و این فرایند برای مشارکت غیر گزینشی و آزادانه آنان طراحی می‌شود و اینکه مردان و زنان می‌توانند به یکسان مشارکت نمایند به کار رود. تسهیل‌گران فرایند باید کانال‌های ارتباطی را با گروه‌های محلی، دستگاه‌های دولتی، متخصصان و سیاست‌گذاران ایجاد کنند. آنان باید در متعادل‌کردن جلساتی که این گروه‌ها در فرایندهای برنامه‌ریزی مشترک شامل ترسیم چشم‌انداز، بررسی و طراحی استراتژی همکاری می‌کنند، مهارت داشته باشند (به قسمت ۵-۳-۲ مراجعه نمائید). مهم‌تر از همه، تسهیل‌گران فرایند وظیفه دارند اطمینان یابند که بهره‌برداران محلی آب زیرزمینی احساس راحتی می‌کنند و در فرایندها و تصمیم‌گیری توانمند می‌شوند، و اینکه به شیوه‌ای شفاف انجام می‌گیرد. برای موفق‌بودن، تسهیل‌گران فرایند ممکن است مجبور شوند به ذینفعان در حل تعارضات کمک کنند، و نیز اطمینان یابند که برای ظرفیت‌سازی و کسب مهارت‌های لازم برای ذینفعان برای فرایند خوب، برای درک بهتر فنی و برای پیاده‌سازی اقدامات مدیریت، پشتیبانی وجود دارد. تسهیل‌گران فرایند به تهیه پایگاه داده‌های مشترک و ساز و کارهای گردآوری و اشتراک‌گذاری اطلاعات کمک می‌کنند. آنان همچنین از مستندسازی یادگیری، تصمیمات و برنامه‌ها پشتیبانی می‌کنند، و اطمینان می‌دهند که به اشتراک گذاشته می‌شود و در میان جوامع محلی، گروه‌های مختلف، دستگاه‌های فنی و وزراتخانه‌های دولت که هر یک در سطوح گوناگون، مسئولیت‌هایی در قبال پیاده‌سازی برنامه‌ها و اقدامات توافق‌شده دارند اطلاع‌رسانی می‌شود.

۶-۲-۲- بهره‌برداران آب زیرزمینی

نیاز به مشارکت بهره‌برداران آب زیرزمینی در مدیریت آب زیرزمینی به ظاهر بدیهی است، با این همه غالباً نادیده گرفته می‌شود یا به همکاری سطحی محدود می‌شود. به زبان ساده، اگر اقدامات مدیریت، الزامات صدور مجوز و پروانه و مقررات بخواهد موفق باشند، بهره‌برداران آب زیرزمینی باید با آنها موافق باشند و آنها را درک کنند و حس مثبتی درباره پیاده‌سازی آنها داشته باشند. در غیر این صورت، صرفاً واژه‌هایی بر روی کاغذ باقی خواهند ماند.

بهره‌برداران آب زیرزمینی دانش محلی درباره استفاده آب زیرزمینی، راه و رسم‌های مدیریت، موجودی و کیفیت برای فرایندهای برنامه‌ریزی فراهم می‌آورند که به تهیه برنامه‌ها و طراحی استراتژی‌های مدیریت آب زیرزمینی و حفاظت باثبات‌تر، متناسب با شرایط محلی و بنابراین پایدارتر کمک می‌کند. بهره‌برداران غالباً قواعد محلی را برای مدیریت آب زیرزمینی طراحی کرده‌اند که باید با برنامه‌ها و استراتژی‌ها یکپارچه شود. بهره‌برداران آب زیرزمینی، هم مردان و هم زنان، همچنین باید بتوانند مطالبه‌گر پاسخگویی باشند و به کنشگران قدرتمندتر، برای نمونه در دولت یا کسب و کارها، برای مشارکت و عمل به مسئولیت‌های خود

فشار آورند. بنابراین، آنان عاملان بسیار مهم تغییر برای مدیریت پایدار آب زیرزمینی به شمار می‌آیند و وقتی به شکل اثربخش در فرایندهای خوب تسهیل‌گری‌شده، برابر و شفاف تغییر، بسیج شوند، نتایج محقق‌شده را تقویت می‌کنند.

البته همه بهره‌برداران آب زیرزمینی یکسان نیستند. به ویژه تمایز میان گروه‌های زیر مهم است:

- آنهایی که از آب زیرزمینی در فعالیت‌های تجاری و کسب و کار استفاده می‌کنند، از جمله زارعان بزرگ‌مقیاس و دیگرانی که در آبیاری سرمایه‌گذاری می‌کنند، کسب و کارهایی که از آب زیرزمینی برای بهره‌برداری انرژی استفاده می‌کنند (برای نمونه خنک‌سازی نیروگاه، استخراج نفت از شیل)، و دیگر بهره‌برداران صنعتی؛ و
- خانوارهای زراعی کوچک‌مقیاس محلی، دیگر استفاده‌کنندگان صنعتگر و خانوارهای فقیر که از آب زیرزمینی برای آب شرب خانواده و امرار معاش خود استفاده می‌کنند.

«بهره‌برداران آب زیرزمینی، هم مردان و هم زنان، باید بتوانند مطالبه‌گر پاسخگویی باشند.»

بهره‌برداران بزرگ‌مقیاس در گروه نخست باید بتوانند هزینه‌های برداشت و استفاده آب زیرزمینی را از درآمد حاصل از سرمایه‌گذاری خود، بر اساس حسابداری هزینه کل اقتصادی (قسمت ۴-۲-۲) پوشش دهند. بهره‌برداران کوچک‌مقیاس در گروه دوم ممکن است قادر به چنین کاری نباشند. در این مورد، سیاست‌های کاهش نرخ و یارانه‌ها باید در نظر گرفته شود (قسمت ۴-۳-۱).

تصویر۶-۱- آب شرب سالم، از منافع مهم مدیریت پایدار آب زیرزمینی است

با این همه، هر دو گروه در منافع اقدامات مدیریت برای حفظ دسترسی به آب زیرزمینی کافی با کیفیت بالا برای سلامت خوب و امنیت غذایی، و برای حفظ امرار معاش خود و فعالیت‌های اقتصادی شریک‌اند. چنین می‌نماید که همه بهره‌برداران آب زیرزمینی، و به ویژه گروه نخست، با نگاهی بلندمدت تصمیم می‌گیرند و هدف‌های نهایی آنان برای استفاده از آب زیرزمینی، کوتاه‌مدت و سودجویانه نیست. مواقعی که بهره‌برداران آب زیرزمینی منافع خود را در مدیریت عادلانه و پایدار آب زیرزمینی نمی‌شناسند، دغدغه‌مندان آب زیرزمینی و تسهیل‌گران فرایند نیاز خواهند داشت ضرورت تغییر را با استفاده از نتایج تحلیلی و شواهد، توجیه و بازگو کنند. آنان نیاز خواهند داشت درباره توجیه اقدام، از طریق گفت و گوی ذینفعان و فرایندهای برنامه‌ریزی به اجماع برسند (قسمت ۵-۳).

اقدامات لازم

انتظار می‌رود بهره‌برداران آب زیرزمینی در مدیریت پایدار آب زیرزمینی، برای نمونه به شیوه‌های زیر مشارکت کنند:

- شناخت نیازهای مدیریت آب زیرزمینی و در میان‌گذاشتن دانش محلی
- تعیین قواعد محلی برای کنترل مصرف آب زیرزمینی و پیروی از آن
- پی‌ریزی و فعال‌سازی همکاری ذینفعان محلی و تلاش برای بسیج گروه‌های مخلف ذینفعان محلی برای مشارکت‌کردن
- مشارکت در شناخت ذینفعان و تحلیل اجتماعی برای بهبود درک مشترک درباره دسترسی، مسئولیت‌پذیری و حقوق.
- پیروی از گام‌های ترسیم چشم‌انداز، بررسی و طراحی استراتژی در چرخه برنامه‌ریزی در سطح محلی و با نماینده‌داشتن در برنامه‌ریزی ملی.
- اصرار به نماینده‌داشتن بهره‌برداران محلی در فرایندهای محلی برنامه‌ریزی و تصمیم برای آب زیرزمینی و در تهیه برنامه‌های محلی و ملی مدیریت آب زیرزمینی، و نیز جلسات گفت و گو درباره سیاست‌ها و قوانین آب زیرزمینی و سازماندهی آن.
- اثرگذاری و مشارکت در ظرفیت‌سازی و توسعه مهارت‌ها، در آسیب‌شناسی، پایش و تحلیل و نیز برنامه‌ریزی و مدیریت اقدامات آب زیرزمینی.
- پشتیبانی از پیشبرد و مشارکت در مستندسازی و اشتراک‌گذاری اطلاعات و داده‌ها، از جمله راه‌اندازی و استفاده از پایگاه داده‌های محلی و ملی، برای بهبود درک توازن مناسب میان برداشت آب زیرزمینی و تغذیه، کنترل آلوده‌شدن، حفاظت از پهنه‌های تغذیه و اهمیت پهنه‌بندی کاربری اراضی در مدیریت آب زیرزمینی.

- کمک به درک هزینه‌ها و منافع مدیریت پایدار آب زیرزمینی در میان بهره‌برداران آب زیرزمینی و مشارکت در طراحی و عملیاتی‌سازی تدابیر انگیزه‌بخش برای بهبود وضعیت.
- پشتیبانی از شکل‌گیری نهادهای اثربخش و مشارکتی برای مدیریت آب زیرزمینی، که ممکن است تشکل‌های بهره‌برداران آب زیرزمینی باشد، و نماینده‌داشتن آنها در سازمان‌های مدیریت آبخوان.
- رعایت الزامات مجوزها یا پروانه‌های برداشت و پایش آب زیرزمینی، و
- اطمینان‌یافتن از اینکه مشارکت بهره‌برداران آب زیرزمینی، از فعالیت‌های یک پروژه نیست، بلکه بخش همیشگی حکمرانی آب پذیرفته می‌شود.

۶-۲-۳- دستگاه‌های فنی و اجرایی

بهره‌برداران آب زیرزمینی نمی‌توانند تغییرات لازم را برای مدیریت پایدار آب زیرزمینی در مقیاس لازم محقق سازند، اگر در انزوا دست به کار شوند. در توافق درباره اقدامات مدیریت و پیاده‌سازی آنها، آنان نیاز به کمک متخصصان دارند. برای آگاه‌کردن، تأثیرگذاری و دریافت پشتیبانی از سیاست‌گذاران، آنان نیاز به کمک نهادهای ملی و منطقه‌ای دارند. از این رو، دستگاه‌هایی که خدمات فنی عرضه می‌کنند و مسئولیت پیاده‌سازی سیاست‌ها و برنامه‌ها را بر عهده دارند، نقش‌های کلیدی در استراتژی‌های تغییر به عنوان میانجی میان بهره‌برداران محلی آب زیرزمینی و سیاست‌گذاران ایفا می‌کنند.

کنشگرانی که در سطح دستگاه‌های فنی و اجرایی فعالیت می‌کنند عبارتند از:

- کارکنان فنی در وزارتخانه‌های آب، کشاورزی و سلامت
- کارکنان دپارتمان‌های برنامه‌ریزی وزارتخانه‌ها
- کارکنان فنی و مدیریت در سازمان‌های آب شهری یا خدمات تأمین آب روستایی
- کارکنان فنی و مدیریت در سازمان‌های غیر دولتی دخیل در طرح‌ها یا پروژه‌های مدیریت آب (برای نمونه تأمین آب شرب، آبیاری) که به آب زیرزمینی نیاز دارند، و
- دانشگاهیان و متخصصان دانشگاهی، پژوهش و دیگر سازمان‌های تخصصی.

مدل‌های تکنوکراتی مدیریت آب زیرزمینی، به دانش این متخصصان در تصمیم‌گیری بالا- پائین اولویت می‌دهند.

در پارادایم مشارکتی و کنش جمعی، متحصصان فنی، عاملان تبادل دانش میان مخاطبان مختلف به شمار می‌آیند. آنان فعالانه برای پیوند دانش محلی و سنتی آب زیرزمینی به دانش فنی و علمی فعالیت می‌کنند. در انجام این کار، آنان پیاده‌سازی عملی سیاست‌هایی را که در سطوح ملی تصمیم‌گیری شده است تجهیز می‌کنند و مقررات را اداره می‌کنند. آنان دانش علمی عرضه می‌کنند و دانش جدید را از طریق مطالعات و

بررسی‌های فنی تولید می‌کنند، و همزمان، مشارکت، نیازها و دانش محلی را در مدیریت و کنترل استفاده و حفاظت آب زیرزمینی یکپارچه می‌کنند.

هنوز در مطالعات هیدروژئولوژیکی، اطلاع‌رسانی در قالب‌ها و زبان قابل فهم به آنهایی که بیشترین اهمیت را دارند – بهره‌برداران آب زیرزمینی معمول نیست. در نتیجه، متخصصان فنی، به جای آنکه بخشی از راه‌حل باشند، غالباً به بخشی از مشکل تبدیل می‌شوند. بنابراین، ضرورت مطالعات، مدل‌ها و پایش بیشتر، در نهایت وزن بیشتری نسبت به ضرورت مدیریت و اقدام بیشتر می‌یابد. شکاف ارتباطی زیادی وجود دارد که باید پر شود، برای نمونه ترویج فرهنگ اشتراک‌گذاری داده‌های آب زیرزمینی و بیش از آن، حفظ اطمینان‌پذیری اطلاعات. نه تنها به تحلیل فنی پیچیده نیاز وجود دارد، بلکه اشتراک‌گذاری، مطالعه و پیشبرد راهکارهای عملی اثربخش نیز یک ضرورت است. مشارکت فعال متخصصان و کارشناسان در ظرفیت‌سازی، ارتباط و ساده‌سازی دانش هیدرولوژی و اولویت‌دادن به اقدام عملی و راه‌حل‌ها، به پر کردن این شکاف کمک خواهد کرد.

«متخصصان فنی، عاملان تبادل دانش میان مخاطبان مختلف به شمار می‌آیند.»

اقدامات لازم

اقداماتی که لازم است به دست دستگاه‌های فنی و اجرایی در مدیریت پایدار آب زیرزمینی صورت گیرد:

- ظرفیت‌سازی فنی در نهادها و دستگاه‌ها و در میان ذینفعان، و پشتیبانی توسعه ظرفیت‌های متخصصان آب زیرزمینی.
- همکاری با دیگر ذینفعان از جمله بهره‌برداران آب زیرزمینی در ارتقای آگاهی عمومی درباره تهدیدهایی که متوجه آب زیرزمینی است و هزینه‌ها و منافع مدیریت آب زیرزمینی.
- شناخت و تحلیل منافع ذینفعان، دغدغه‌ها و نقش‌ها، از جمله تفاوت‌ها میان مردان و زنان، و پشتیبانی آنها برای مشارکت در همکاری ذینفعان به شکل برابر و در سطوح مختلف.
- بررسی سیاست‌ها و قوانین اثرگذار بر مدیریت آب زیرزمینی، از جمله سیاست‌های آب، کشاورزی و سیاست‌های اقتصادی.
- بررسی مشخصات آبخوان از طریق مطالعات هیدروژئولوژیکی، تهیه نقشه و مدل‌سازی آبخوان.
- راه‌اندازی سامانه‌های ملی پایش ترازها و کیفیت آب زیرزمینی، از جمله شبکه چاه‌های پایش.
- پی‌ریزی پایگاه داده‌ها و اشتراک‌گذاری اطلاعات دسترس‌پذیر برای همه ذینفعان، و گردآوری، کنترل و سازماندهی داده‌ها از منابع مختلف.
- پهنه‌بندی کاربری اراضی و مدیریت آن، سازگار با مدیریت پایدار آب زیرزمینی، از جمله نقشه‌های آسیب‌پذیری.

- پیشبرد مدیریت چشم‌انداز طبیعی به شیوه‌هایی که از تغذیه آب زیرزمینی حفاظت و آن را بهبود می‌دهد.
- شناسایی تدابیر لازم برای محدودسازی پمپاژ آب زیرزمینی تا سطوح پایدار و اقدامات تکمیل‌کننده لازم برای کنترل تقاضای آب.
- مشارکت در فرایندهای همکاری ذینفعان برای تهیه برنامه‌های محلی و ملی مدیریت آب زیرزمینی (با دورنمای حداقل ۵ تا ۱۰ سال)، اطمینان از مشارکت بهره‌برداران آب زیرزمینی، از طریق ترسیم چشم‌انداز، بررسی و طراحی استراتژی.
- اطمینان از اینکه برنامه‌های مدیریت آب زیرزمینی، هماهنگ با برنامه‌ریزی مدیریت حوضه آبریز و فعالیت سازمان‌های حوضه آبریز تدوین می‌شود.
- مستندسازی برنامه‌ها و تصمیمات گرفته‌شده از طریق فرایندهای برنامه‌ریزی مشارکتی و انتشار آنها در میان سیاست‌گذاران و مخاطبان گسترده‌تر.
- اداره مقررات لازم برای مدیریت آب زیرزمینی، از جمله نظام صدور پروانه برداشت آب زیرزمینی و کنترل آلوده‌سازی.
- انجام مطالعات هزینه- فایده برای مدیریت آب زیرزمینی و مطالعات امکان‌سنجی تدابیر انگیزه‌بخش اقتصادی، که ارزشگذاری اقتصادی آب زیرزمینی و اکوسیستم‌های مرتبط را به حساب می‌آورند («طبیعت برای آب زیرزمینی» در محدوده‌های تغذیه و «آب زیرزمینی برای طبیعت» در محدوده‌های تخلیه).
- مدیریت تدابیر انگیزه‌بخش اقتصادی و ساز و کارهای نظارت بر رعایت و اجرای مقررات، و همزمان پشتیبانی از مشارکت اثربخش ذینفعان، و
- پشتیبانی استقرار و فعالیت تشکل‌های بهره‌برداران آب زیرزمینی و سازمان‌های مدیریت آبخوان.

«سیاست‌گذاران و قانونگذاران، گفت و گو در سطوح بالاتر را تقویت می‌کنند.»

۶-۲-۴- سیاست‌گذاران، قانون‌گذاران و نهادهای تأمین مالی

در این سطح، قانون‌گذاران، سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران قرار دارند که عهده‌دار طراحی سیاست و قوانین مناسب برای مدیریت پایدار آب زیرزمینی هستند. آنان در سطوح ارشد دستگاه‌های فنی و اجرایی (برای نمونه در وزارتخانه‌ها)، و نیز در نهادهای تقنینی یک کشور و نهادهای ملی و بین‌المللی تأمین مالی یافت می‌شوند. آنان سیاست و چارچوب قوانین، و نیز تخصیص منابع مالی را مشخص می‌کنند، که بهره‌برداران محلی آب زیرزمینی و نهادهای فنی و اجرایی را به اقدام در سطح مربوطه قادر می‌سازد.

قانون‌گذاران و سیاست‌گذاران باید چشم‌اندازی از چگونگی تطبیق قوانین آب زیرزمینی با چارچوب بزرگتر مدیریت و چگونگی تبدیل آن به یک چارچوب عملیاتی داشته باشند. نامعمول نیست که قوانین برای دنیای

فرضی تهیه شوند- یا باجزئیاتی که نمی‌تواند پیاده شود، یا در غیاب کامل ساز و کارهای پیاده‌سازی. از انتقادهایی که برای نمونه درباره قانون آب، اراضی و درختان آندراپرادش در هند مطرح بود این بود که مسئولیت‌های اجرایی ثبت، صدور مجوز و اجرای قانون هرگز روشن نشده بود. از این رو، ترجیح آن است که طراحی قوانین جدید، همراه با ارزیابی تأثیر قوانین انجام شود. ارزیابی تأثیر قوانین، منابع و مسئولیت‌های لازم را برای اجرای اثربخش قوانین جدید، از جمله تمهیدات اعلان عمومی قوانین و راهنمایی نهادهایی که باید مواد آن را به کار بندند مورد توجه قرار می‌دهد. ارزیابی تأثیر قانون، کسانی را که منتفع می‌شوند و کسانی که متضرر می‌شوند نیز بررسی می‌کند.

سیاست‌گذاران و قانون‌گذاران گفت و گو در سطوح بالاتر را برای یکپارچه‌سازی پایداری منابع آب زیرزمینی در گفتمان اولویت‌های گسترده‌تر اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی تقویت می‌کنند. در انجام چنین کاری، آنان باید مشارکت بهره‌برداران آب زیرزمینی را در این بحث‌ها، برای به رسمیت‌شناختن حقوق و پاسخگویی جدی‌تر، تقویت و پشتیبانی کنند و نیز برای اطمینان از اینکه قواعد و راه و رسم‌های محلی مدیریت آب زیرزمینی، در قوانین، استراتژی‌ها و برنامه‌ها گنجانده می‌شوند. آنان باید ارتباطات و اشتراک‌گذاری دانش و داده‌های آب زیرزمینی را برای آگاه‌سازی عمومی درباره آب زیرزمینی و تقویت بنیاد دلایل و ضرورت مدیریت آب زیرزمینی در بلندمدت ارتقا دهند.

نهادهای تأمین مالی، از جمله دستگاه‌های ملی، نهادهای بین‌المللی و نهادهای چندجانبه تأمین مالی، نقش مهمی در این سطح ایفا می‌کنند. این نهادها می‌توانند به مدیریت پایدار آب زیرزمینی، از جمله اقدامات و فرایندهای توصیف‌شده در این نوشتار، در معیارهای تأئید تأمین مالی طرح‌های توسعه آب زیرزمینی اولویت بدهند. تصمیمات تأمین مالی باید منافع چندگانه مدیریت آب زیرزمینی را در توسعه اقتصادی، از جمله کاهش آب‌گرفتگی، تثبیت خاک و پیشگیری از نشست زمین، و نیز اهمیت آب زیرزمینی به عنوان یک ذخیره استراتژیک در تاب‌آوری در برابر خشکسالی و آلوده‌شدن آب سطحی به حساب آورد. آنان همچنین می‌توانند بخش‌های مختلف را به گنجاندن تأمین مالی که ساز و کارهای جهانی را به اقدامات و سرمایه‌گذاری‌های محلی پیوند می‌دهد تشویق کنند، و به این ترتیب، به افزایش جریان مالی، برای نمونه از صندوق تسهیلات جهانی محیط‌زیست یا صندوق اقلیم سبز در مدیریت پایدار آب زیرزمینی کمک کنند.

«اقدامات فراوانی در بهبود مدیریت آب زیرزمینی نقش دارند.»

اقدامات لازم

اقداماتی که لازم است به دست سیاست‌گذاران، قانون‌گذاران و نهادهای تأمین مالی انجام شود:

- پشتیبانی از پیام‌رسانی عمومی درباره پایداری آب زیرزمینی
- طراحی و در پیش‌گرفتن سیاست مدیریت پایدار آب زیرزمینی که فرایندهایی را برای شکل‌گیری و فعال‌سازی ساز و کارهای متوازن جنسیتی در همکاری ذینفعان در سطوح مختلف، ساز و کارهایی برای نماینده‌داشتن ذینفعان در دیگر محمل‌ها، از جمله گفت و گوهای ملی، برنامه‌ریزی ملی و محلی آب زیرزمینی پی‌ریزی می‌کند.
- پی‌ریزی قوانین لازم برای مدیریت پایدار آب زیرزمینی، از جمله نظام صدور مجوز و نظارت بر آنها و حدود رهاسازی آلاینده‌ها، و کنترل کاربری اراضی برای حفاظت از تغذیه و پهنه‌های تخلیه.
- اطمینان‌یافتن از اینکه بررسی‌های واقع‌بینانه درباره اثرات قوانین و مقررات و منابع و مسئولیت‌های لازم برای اثربخش‌ساختن اجرای قوانین و مقررات انجام می‌گیرد.
- مجهزساختن نهادها با احکام قانونی و نقش اثربخش در حکمرانی آب، از جمله تشکل‌های محلی آب‌بران، دستگاه‌های فنی و نهادهای نظارتی مسئول اداره امور مجوزهای برداشت و کنترل آلوده‌سازی.
- اطمینان‌یافتن از حقوق بهره‌برداران محلی آب زیرزمینی، هم مردان و هم زنان، در بهره‌مندی از آب زیرزمینی با کیفیت خوب برای استفاده کشاورزی و خانگی، یکپارچه‌سازی حفاظت اکوسیستم‌ها.
- تأئید برنامه‌های مدیریت آب زیرزمینی که در فرایندهای برنامه‌ریزی مشارکتی ذینفعان تهیه شده است.
- پیوند نهادهای مدیریت آب زیرزمینی با چارچوب‌های نهادی گسترده‌تر مانند دولت‌های محلی یا سازمان‌های حوضه آبریز.
- تخصیص تأمین مالی به مدیریت آب زیرزمینی، از جمله برای مطالعات فنی، علمی، اجتماعی و اقتصادی و پایش.
- احتساب نتایج ارزشگذاری‌های اقتصادی در تصمیمات سرمایه‌گذاری درباره آب زیرزمینی، از جمله آنهایی که بر اکوسیستم‌ها تأثیر می‌گذارند.
- طراحی ابزارهای اقتصادی، مانند عوارض برداشت یا نرخ‌گذاری برق، که انگیزه ایجاد می‌کند و تنبیهات (برای نمونه بر پایه اصل «آلوده‌کننده پرداخت می‌کند.») برای پرداختن به مسئله بیش‌بهره‌برداری و آلوده‌شدن منابع آب زیرزمینی.
- به کارگیری «پرداخت در قبال خدمات اکوسیستم» برای تقویت سرمایه‌گذاری‌ها در محدوده‌های تغذیه و تخلیه آب زیرزمینی، و
- بازنگری سیاست‌های اقتصادی و کشاورزی در راستای تسهیل مدیریت پایدارتر آب زیرزمینی.

۶-۳- اثبات اثربخشی، یادگیری و پیام‌رسانی

محقق‌ساختن تغییر در مدیریت آب زیرزمینی آسان نیست. این نوشتار نشان می‌دهد که انبوهی از اقدامات مرتبط با دانش علمی و پایش، اصلاحات در حکمرانی، تدابیر انگیزه‌بخش اقتصادی و سازمان‌یابی اجتماعی، همگی در بهبود مدیریت آب زیرزمینی سهیم هستند. اقدامات لازم شامل ذینفعان بسیار متفاوت در سطوح گوناگون است. از این رو، ایجاد همه تغییرات لازم به یکباره ناممکن است. با این همه، فرد یا گروهی از حامیان مدیریت پایدار آب زیرزمینی باید پیشگام شوند- چه بهره‌برداران محلی، سازمان‌های غیر دولتی، متخصصان، دستگاه‌های فنی یا سیاست‌گذاران- و تغییر را به پیش ببرند و ثابت کنند.

یک راه خوب برای آغاز، تمرکز بر یک مشکل مشخص است، مانند ریسک‌هایی که به سبب اُفت سطح ایستابی یا آلوده‌شدن متوجه تأمین آب شرب است، متوجه امرار معاش زارعان و امنیت ملی غذایی است، یا متوجه تنوع زیستی تالاب و آسیب‌پذیری در برابر تغییر اقلیم است. تمرکز بر مسائل ملموس که بر دغدغه‌های اولویت‌دار تأثیر می‌گذارد، به مردم کمک می‌کند اضطرار آن را درک کنند و آنان را به پیوستن به یکدیگر برای اقدام‌کردن برمی‌انگیزد. سپس در قالب یک ائتلاف، برای نمونه بهره‌برداران محلی، سازمان‌های غیر دولتی و دستگاه مدیریت آب، آنان می‌توانند پروژه‌ای را برای اقدام عملی بیاغازند یا برنامه‌ای هماهنگ را پی‌ریزی کنند. برای راهنمایی می‌توان فصل‌های ۲ تا ۵ این نوشتار و چک‌لیست‌های پایان هر فصل (قسمت‌های ۲-۶، ۳-۵، ۴-۶ و ۵-۴) را به عنوان نقطه آغاز برای شناسایی اقدامات اولویت‌دار و پروژه‌ها و طرح‌های برنامه‌ریزی مورد توجه قرار دارد. سپس هدف آنان باید همکاری در قابل یک ائتلاف برای اثبات این باشد که در حل مشکلات عملی و محلی می‌تواند پیشرفت صورت گیرد. با این همه، همزمان حامیان و پیشگامان مدیریت پایدار آب زیرزمینی باید گفت و گو درباره سیاست، قوانین، سرمایه‌گذاری و عوامل انگیزه‌بخش، شامل سیاست‌گذاران و کسب و کارها را ترویج کنند، و اطمینان یابند که صدای بهره‌برداران محلی نیز شنیده می‌شود.

«ائتلاف‌ها برای اقدام، از دستاوردهای محلی برای نشان‌دادن موفقیت استفاده می‌کند.»

ضروری است که ائتلاف‌ها برای اقدام و تسهیل‌گران فرایند، غیر منفعلانه نتایج حاصل از دستاوردهای محلی را برای نشان‌دادن موفقیت در گفت و گوهای سطح بالاتر به کار بگیرند. یادگیری از تجربه و پیام‌رسانی نتایج خوب، اعتماد به فرایند را به وجود خواهد آورد، اتفاق نظر را بهبود می‌بخشد و تعهد به تغییر را در تمام سطوح تقویت می‌کند. به همین صورت، مواقعی که تغییر در سیاست در حال انجام است یا تغییرات در قوانین باید پیاده شود، دستگاه‌های اجرایی یا سیاست‌گذاران باید در مشارکت‌دادن بهره‌برداران محلی و نهادها، برای پیشبرد همسویی در حل مشکل محلی و اولویت‌های تغییر در سطح بالاتر، منفعل نباشند. سپس ائتلاف‌ها برای اقدام، گسترش و رشد خواهد کرد، تبادل دوسویه دانش را آسان‌تر و گسترش مقیاس مدیریت پایدار آب زیرزمینی را سریع‌تر و اثربخش‌تر خواهد ساخت.

۶-۴- توجه به نگرش سیاسی تغییر

رویکرد تکنوکراتی، به جداسازی مدیریت آب زیرزمینی از فرایندهای سیاسی تمایل دارد. سر و کاریافتن با دارندگان قدرت سیاسی ممکن است از دید برخی، غیر ضروری باشد، چون اقدامات لازم بر اساس تشخیص فنی تعیین می‌شوند تا از طریق گفت و گو و بحث. این نگاه اشتباه است. در پارادایم مشارکتی و جمعی در مدیریت آب زیرزمینی، که در قسمت ۶-۲ معرفی شد، متخصصان فنی، عاملان تبادل دانش، داده‌ها و اطلاعات برای آگاه‌سازی ذینفعان-اعم از بهره‌برداران محلی آب زیرزمینی یا سیاست‌گذاران و قانون‌گذاران- به شمار می‌آیند و برای کمک به آنها در دستیابی به اجماع درباره سیاست‌ها، برنامه‌ها و اقدامات مدیریت فعالیت می‌کنند. بنابراین، سیاستمداران، کنشگران مهمی در استراتژی‌های ضروری تغییر برای تحقق مدیریت پایدار آب زیرزمینی به شمار می‌آیند.

جانبداران مدیریت پایدار آب زیرزمینی باید نگرش سیاسی به آب زیرزمینی را درک کنند و شیوه‌ای را برای تعامل با آنانی که قدرت سیاسی را در دست دارند و ظرفیت تغییر دارند شکل دهند. آنان نیاز دارند سیاستمداران مسائل را درک کنند و چالش‌های کنونی و آینده و نیز راه‌حل‌های عملی مربوط به آب زیرزمینی را بشناسند- در غیر این صورت، بعید خواهد بود اصحاب قدرت دست به اقدام بزنند. از این رو، مدافعان تغییر نیاز دارند توجیه معقول اجتماعی و اقتصادی برای مدیریت آب زیرزمینی دست و پا کنند، و بر بنیاد مدارک، آن را اثبات نمایند. آنان نیاز دارند حمایت‌های سیاسی را برای آب زیرزمینی به دست آورند و در قالب ائتلاف‌های تغییر و اقدام با آنان همکاری نمایند. آنان نیاز دارند این حمایت‌ها را با اطلاعات، تجربه‌ها و مدارکی که برای توجیه اقدام در پارلمان نیاز دارند فراهم آوردند، به شکلی که وزن سیاسی پیدا کند: اگر اقدام درباره مدیریت پایدار آب زیرزمینی صورت نگیرد، هزینه‌های ملی و جهانی برای رشد اقتصادی، کاهش فقر، امنیت غذایی، آب شرب سالم و تاب‌آوری در برابر تغییر اقلیم به بار خواهد آمد.

«جلب توجه قدرت سیاسی ممکن است از دید برخی غیر ضروری باشد. این نگاه، اشتباه است.»

بدون حمایت سیاسی، این خطر وجود دارد که همه اقدامات دیگری که در این نوشتار توصیف شدند، به هدف نهایی مدیریت پایدار آب زیرزمینی نرسند. موفقیت‌ها صرفاً به مزیت‌های فنی، نوشتن سیاست‌ها و قوانین خوش‌پرداخت روی کاغذ، یا تجهیز ذینفعان برای مشارکت بستگی ندارد. به این نیز بستگی خواهد داشت که همه آنان گرد هم آورده شوند، در انسجام با فرایندهای سیاسی در سطح محلی و ملی، به منظور برانگیختن جامعه به اقدام عملی و اجماع‌سازی برای تغییر.

تقریباً همه آب شیرینی که در اختیار داریم، در زیر زمین است، و نیمی از آبی که می‌آشامیم، از آبخوان‌ها تأمین می‌شود. مدیریت بخردانه و بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی، بی‌تردید اولویت بالایی برای تأمین نیازهای پایه انسان دارد. با این همه، با درک رو به رشد وابستگی متقابل و نزدیک آب و توسعه، بر این بایسته باید تأکید بیشتری شود. مدیریت آب زیرزمینی، الزام اساسی در استراتژی‌های مقابله با تهدیدهای آتی کمبود آب، انرژی و غذا به شمار می‌آید. همچنین، در بهینه‌سازی راه‌حل‌ها در همبستگی آب- انرژی- غذا و امنیت انسان، و بنابراین در شکل‌گیری ظرفیت‌های بیشتر برای تاب‌آوری، اهمیت حیاتی دارد.

اندیشکده مدیریت آب ایران

نشانی: تهران. خیابان فتحی شقاقی. بین خیابان چهل‌ستون و سید جمال‌الدین اسدآبادی. پلاک ۴۵. طبقه ۴.

تلفن: ۸۸۷۰۲۰۱۳ – ۸۸۷۰۲۸۰۵

www.iwpri.ir