

پیش‌نویس

راهنمای مطالعات کاربردی بهسازی و ارتقاء کیفیت منابع آب سطحی



پیش‌نویس

راهنمای مطالعات کاربردی بهسازی و ارتقاء کیفیت منابع آب سطحی

اردیبهشت ماه ۱۴۰۴

ضابطه شماره ۵۲۲ - الف

بسمه تعالی

پیشگفتار

امروزه نقش و اهمیت ضوابط، معیارها و استانداردها و آثار اقتصادی ناشی از به کارگیری مناسب و مستمر آنها در پیشرفت جوامع، تهیه و کاربرد آنها را ضروری و اجتناب ناپذیر ساخته است. نظر به وسعت دامنه علوم و فنون در جهان امروز، تهیه ضوابط، معیارها و استانداردها در هر زمینه به مجامع فنی تخصصی واگذار شده است. با در نظر گرفتن مراتب فوق و با توجه به شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، تهیه استاندارد در بخش آب و آبفا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و از این رو طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور وزارت نیرو با همکاری سازمان برنامه و بودجه کشور به منظور تامین اهداف زیر اقدام به تهیه استانداردهای صنعت آب و آبفا نموده است:

- ایجاد هماهنگی در مراحل تهیه، اجرا، بهره‌برداری و ارزشیابی طرح‌ها
- پرهیز از دوباره‌کاری‌ها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
- تدوین استانداردهای صنعت آب و آبفا با در نظر داشتن موارد زیر صورت می‌گیرد:
- استفاده از تخصص‌ها و تجارب کارشناسان و صاحب‌نظران شاغل در بخش‌های عمومی و خصوصی
- استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی
- بهره‌گیری از تجارب دستگاه‌های اجرایی، سازمان‌ها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت

- توجه به اصول و موازین مورد عمل سازمان ملی استاندارد ایران و سایر موسسات معتبر تهیه‌کننده استاندارد، شایان ذکر است، استانداردها ابتدا به صورت پیش‌نویس برای نظرخواهی منتشر شده و نظرات دریافتی پس از بررسی تیم تهیه‌کننده و گروه نظارت در نسخه نهایی منظور خواهد شد. امید است کارشناسان و صاحب‌نظرانی که فعالیت آنها با این رشته از صنعت آب و آبفا مرتبط می‌باشد، با توجهی که مبذول می‌فرمایند این پیش‌نویس را مورد بررسی دقیق قرار داده و با ارائه نظرات و راهنمایی‌های ارزنده خود به دفتر طرح، این دفتر را در تنظیم و تدوین متن نهایی یاری و راهنمایی فرمایند.

تهیه و کنترل «راهنمای مطالعات کاربردی بهسازی و ارتقاء کیفیت منابع آب سطحی»

[ضابطه شماره ۵۲۲-الف]

مجری: مؤسسه تحقیقات آب

مسئول پروژه: شروین فقیهی راد

اعضای گروه تهیه کننده:

عباس اکبرزاده	عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات آب	دکترای مدیریت محیط زیست
آتنا خواجه‌ایم مقدم	کارشناس پژوهشی مؤسسه تحقیقات آب	دکترای عمران - مهندسی آب
حسین شریفی منش	کارشناس پژوهشی مؤسسه تحقیقات آب	فوق لیسانس تأسیسات آبیاری
شهداد صفوی	کارشناس پژوهشی مؤسسه تحقیقات آب	فوق لیسانس عمران - آب
مهشید طالبی	کارشناس پژوهشی مؤسسه تحقیقات آب	دکترای جامعه‌شناسی سیاسی
شروین فقیهی راد	عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات آب	دکترای عمران - سازه‌های هیدرولیکی
سید محمد هادی مشکاتی	عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات آب	دکترای عمران - سازه‌های هیدرولیکی
آرش نیکخواه	کارشناس پژوهشی مؤسسه تحقیقات آب	فوق لیسانس عمران - سازه‌های هیدرولیکی
علیرضا ولی‌پور	کارشناس پژوهشی مؤسسه تحقیقات آب	دکترای علوم محیط زیست
نازنین همبرد	کارشناس پژوهشی مؤسسه تحقیقات آب	فوق لیسانس شیمی فیزیک

اعضای گروه نظارت:

محسن اسلامی زاده	کارشناس آزاد	دکترای مهندسی محیط زیست
محمد محبوب	شرکت آب منطقه ای قزوین	دکتری
جواد حسن‌نژاد	شرکت مدیریت منابع آب ایران	فوق لیسانس مدیریت محیط زیست

الهام رسولپور شبستری طرح تهیه ضوابط و معیار های فنی فوق لیسانس برنامه ریزی، مدیریت و آموزش
صنعت آب کشور- شرکت مدیریت منابع محیط زیست
آب ایران

اعضای گروه تاییدکننده (کمیته تخصصی محیط زیست طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور):

محسن اسلامی زاده	کارشناس آزاد	دکترای مهندسی محیط زیست
محمدعلی حامدی	شرکت مهندسین مشاور رویان	دکترای برنامه ریزی توسعه منطقه ای
جواد حسن نژاد	شرکت مدیریت منابع آب ایران	فوق لیسانس مدیریت محیط زیست
بهروز دهزاد	کارشناس آزاد	دکترای اکولوژی آب های داخلی
الهام رسولپور شبستری	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت	فوق لیسانس برنامه ریزی، مدیریت و آموزش
	آب کشور- شرکت مدیریت منابع آب ایران	محیط زیست
مریم سلطانی	سازمان حفاظت محیط زیست	دکترای مهندسی عمران - محیط زیست
زهره قائمی	شرکت مدیریت منابع آب ایران	دکترای محیط زیست
محمد محمدی	دانشگاه جامع علمی کاربردی	دکترای ارزیابی و آمایش محیط زیست
احمد منتظری	شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور	فوق لیسانس مهندسی محیط زیست- آب و فاضلاب
سیدرضا یعقوبی	شرکت اندیشه زلال	فوق لیسانس مهندسی محیط زیست

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۳	فصل اول - ادبیات فنی موضوع، مطالعات کتابخانه‌ای و تجربه‌های جهانی و ملی
۵	۱-۱- ادبیات فنی موضوع
۷	۲-۱- راهنماهای بین‌المللی در زمینه بهسازی کیفی منابع آب سطحی
۱۰	۳-۱- تجارب بین‌المللی و ملی در بهسازی کیفی رودخانه‌ها
۱۳	فصل دوم - قوانین، مقررات و استانداردهای کیفیت آب رودخانه‌ها
۱۵	۱-۲- مقدمه
۱۵	۲-۲- قوانین، مقررات و استانداردهای ایران در زمینه کیفیت آب‌های سطحی
۱۷	۳-۲- قوانین، مقررات و استانداردهای بین‌المللی در زمینه کیفیت آب‌های سطحی
۱۸	۴-۲- طبقه‌بندی کیفی آب رودخانه‌ها، معیارها و استانداردهای کیفی آب
۱۸	۱-۴-۲- طبقه‌بندی کیفی آب رودخانه‌ها
۱۹	۲-۴-۲- معیارهای کیفیت آب
۲۰	۳-۴-۲- استانداردهای کیفیت آب
۲۱	۴-۴-۲- استفاده از ظرفیت خودپالایی رودخانه در بهسازی کیفی
۲۳	۵-۴-۲- شاخص کیفیت آب (WQI)
۲۴	۶-۴-۲- برآورد (تخمین) بار آلودگی در حوضه آبریز
۲۵	۷-۴-۲- مقررات تخلیه پساب در رودخانه‌ها
۲۶	۸-۴-۲- بررسی معیارها و شاخص‌های آلودگی و آسیب‌پذیری آب‌های سطحی
۲۸	۵-۲- بررسی مشکلات کیفی آب‌های سطحی از دیدگاه اجتماعی و شکاف‌های نهادی
۳۱	فصل سوم - اطلاعات و داده‌های مورد نیاز
۳۳	۱-۳- مقدمه
۳۳	۲-۳- داده‌های کمی (هیدرولیکی، هیدرولوژیکی، زیست‌بوم مورفولوژیکی، هندسی و اجتماعی)
۳۳	۱-۲-۳- داده‌های هیدرولیکی و هیدرولوژیکی
۳۴	۲-۲-۳- داده‌های خاک‌شناسی و رسوب
۳۵	۳-۲-۳- وضعیت کشاورزی منطقه

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۳۶	۳-۲-۴- داده‌های زیست‌بوم مورفولوژیکی
۳۷	۳-۲-۵- داده‌های اجتماعی و فرهنگی
۳۷	۳-۲-۶- تاریخچه شیمیایی و بیولوژیکی جریان
۳۸	۳-۳- داده‌های کیفی (آلاینده‌های آب، منشا تولید و اثرگذاری و تواتر اندازه‌گیری پارامترها)
۳۸	۳-۳-۱- انواع آلاینده‌ها در آب‌های سطحی
۳۸	۳-۳-۲- بررسی عوامل آلوده‌کننده، نحوه ورود به آب‌های سطحی و علائم مشخصه آن‌ها
۴۲	۳-۳-۳- تهیه لیست نوع و شدت اثرات آلودگی بر منابع آب سطحی
۴۲	۳-۳-۴- تواتر نمونه‌برداری پارامترهای کیفی مرتبط با برنامه بهسازی
۴۵	۳-۴- پیشنهاد و راهنمایی در روش گردآوری داده‌ها و چگونگی تهیه اطلاعات
۴۶	۳-۵- تحلیل داده‌ها به‌منظور فهم ارتباط میان پدیده‌های مختلف طبیعی مرتبط با موضوع
۴۹	فصل چهارم - تبیین فرآیند بهسازی کیفی، گام‌های مربوطه و ارائه راهکارها
۵۱	۴-۱- مقدمه
۵۱	۴-۲- آشکارسازی و تبیین اهداف طرح بهسازی
۵۳	۴-۳- شناسایی و اندازه‌گیری عوامل تأثیرگذار در پروژه‌های بهسازی کیفی
۵۴	۴-۴- تبیین گام‌های اساسی و مهم در پروژه‌های بهسازی کیفی رودخانه‌ها
۶۱	۴-۵- گام‌های طراحی برنامه بهسازی کیفی از دید بازتوانی رژیم طبیعی جریان
۶۶	۴-۶- ارائه روش‌ها و راهکارهای بهسازی کیفی مبتنی بر حوضه آبریز و رودخانه و نواحی ساحلی
۶۸	۴-۶-۱- روش‌های مختص کنترل آلاینده‌های نقطه‌ای به منظور بهبود کیفیت آب
۶۸	۴-۷- بررسی میزان تأثیر بهسازی بر کاربری آب به تفکیک نوع مصارف
۶۹	۴-۸- جمع‌بندی روش‌ها و پیشنهاد ساختار کارگروه بهسازی کیفی
۷۲	۴-۹- ارائه برنامه بهسازی کیفی و چک لیست‌های مربوطه
۷۷	فصل پنجم - پیاده‌سازی و اجرا
۷۹	۵-۱- مقدمه
۷۹	۵-۲- مراحل پیاده‌سازی و اجرا
۸۰	۵-۲-۱- تقسیم پروژه به چندین پروژه کوچک‌تر
۸۰	۵-۲-۲- اولویت‌بندی و تعیین اقدامات پیش‌نیاز و کلیدی پروژه

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۸۰	۵-۲-۳- انتخاب پیمانکاران
۸۱	۵-۳- اقدامات لازم برای تشکیل چارت طرح
۸۲	۵-۴- فلوچارت گام به گام پیاده‌سازی و اجرای پروژه
۸۴	۵-۵- تشکیل دفتر نظارت و بازرسی در راستای پایش اقدامات در دست اجرا
۸۴	۵-۶- ارزیابی میزان دستیابی به اهداف پروژه
۸۹	۵-۷- تولید دانش بهسازی و به اشتراک‌گذاری حاصل از نتایج برنامه و ارتقاء دانش عمومی
۹۱	پیوست ۱ - تجارب بین‌المللی و ملی در بهسازی کیفی رودخانه‌ها
۱۰۵	پیوست ۲ - شاخص‌های کیفی آب و شکاف‌های نهادی و نقد قوانین حفاظت از کیفیت آب
۷	پیوست ۳ - معرفی آلاینده‌های معدنی و آلی تاثیرگذار در کیفیت آب
۱۴۹	پیوست ۴ - روش‌ها و راهکارهای بهسازی کیفی مبتنی بر حوضه آبریز و رودخانه و نواحی ساحلی
۱۹۷	پیوست ۵ - پرسش‌نامه‌ها
۲۱۱	پیوست ۶ - شرح خدمات انجام مطالعات بهسازی کیفی منابع آب سطحی
۲۱۷	منابع و مراجع

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۵	شکل ۱-۱- تشریح ارتباط مفهومی مابین سه فرآیند بازیابی، بهسازی و ترمیم
۲۹	شکل ۱-۲- عناصر اثرگذار بر مدیریت کیفیت منابع آب سطحی ایران از منظر نهادی و اجتماعی
۴۱	شکل ۱-۳- ساختار کلی منشاء آلودگی‌های نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای در رودخانه‌ها
۵۸	شکل ۱-۴- شاخص‌های کلی بهسازی رودخانه، اهداف، اقدامات و آزمایش‌های لازم جهت ارزیابی
۶۰	شکل ۲-۴- نمای شماتیک مدل‌سازی ابزارهای حفاظت کیفی رودخانه به منظور بهسازی
۶۲	شکل ۳-۴- فلوچارت مدل مفهومی بهسازی
۶۳	شکل ۴-۴- فلوچارت فرآیند بهسازی کیفی با تأکید بر بازنشانی رژیم طبیعی جریان
۷۰	شکل ۵-۴- ساختار و اجزای اصلی کارگروه بهسازی کیفی منابع آب سطحی
۷۳	شکل ۶-۴- ساختار اصلی برنامه بهسازی کیفی

فهرست شکل‌ها

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۸۰	شکل ۵-۱- مراحل کلی پیاده‌سازی و اجرای یک طرح بهسازی
۸۳	شکل ۵-۲- فلوچارت نمونه گام به گام پیاده‌سازی و اجرای یک پروژه بهسازی کیفی رودخانه
۱۴۰	شکل پ.۳-۱- چرخه نیتروژن در زیست کره
۱۵۲	شکل پ.۴-۱- نمونه حوضچه‌های نگهداری (تأخیری) خشک
۱۵۴	شکل پ.۴-۲- نمونه شماتیکی (بالا) و ساخته شده (پایین) از حوضچه‌های مرطوب با زمان ماندگاری طولانی
۱۵۵	شکل پ.۴-۳- نمونه جدا کننده‌های روغنی (مواد نفتی)
۱۵۶	شکل پ.۴-۴- نمونه تالاب‌های ساخته شده
۱۵۷	شکل پ.۴-۵- نمونه حفاظت زیستی ایجاد شده
۱۵۸	شکل پ.۴-۶- نمونه سیستم انحراف موقت رواناب
۱۵۹	شکل پ.۴-۷- نمونه طراحی و واقعی حصار سیلت و تله‌اندازی
۱۶۱	شکل پ.۴-۸- نمونه احداث برم‌ها به منظور افزایش نفوذ
۱۶۱	شکل پ.۴-۹- نمونه احداث کانال و سدهای کنترلی ((Check Dam
۱۶۳	شکل پ.۴-۹- نمونه ترانشه‌های پر از شن
۱۶۴	شکل پ.۴-۱۱- نمونه طراحی مخازن فاضلاب ترکیبی
۱۷۷	شکل پ.۴-۱۲- انواع فرآیندهای موثر در گیاه‌پالایی
۱۸۱	شکل پ.۴-۱۳- نمونه‌های اجرا شده از نوارهای فیلتر گیاهی
۱۸۲	شکل پ.۴-۱۴- نمونه‌ای از طراحی و اجرای گودی‌های چمن‌پوش به منظور بهبود کیفیت و کنترل رواناب
۱۸۴	شکل پ.۴-۱۵- تصاویری از دو نمونه اجرا شده سیستم‌های گیاه‌پالایی با تالاب‌های طبیعی
۱۸۵	شکل پ.۴-۱۶- تصویری از نمونه اجرا شده یک سیستم گیاه‌پالایی با تالاب مصنوعی
۱۸۶	شکل پ.۴-۱۷- انواعی از تالاب‌های مصنوعی با جریان سطحی (الف و ب) و جریان زیر سطحی (ج و د)
۱۸۸	شکل پ.۴-۱۸- برخی از سیستم‌های اصلاح شده (الف) سنبل آبی کم عمق، (ب) بافلدار، (ج) تغذیه مرحله‌ای، (د) هوادهی مصنوعی، (ه) هوادهی بشقابی دو مرحله‌ای، (و) جریان جزر و مدی و (ز) بیوفیلیم
۱۹۰	شکل پ.۴-۱۹- سیستم گیاه‌پالایی Bio-hedge
۱۹۰	شکل پ.۴-۲۰- سیستم گیاه‌پالایی Bio-rack

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱- عملیات بهسازی و اهداف، گستره‌ها و روش‌ها	۱۰
جدول ۲-۱- خلاصه‌ای از درس آموخته‌ها در موضوع بهسازی کیفی منابع آب سطحی	۱۰
جدول ۱-۲- ضرایب بار آلودگی نیتروژن و فسفر انواع حیوانات	۲۵
جدول ۲-۲- کلاس‌بندی، وزن و رتبه پارامترهای شاخص WRASTIC	۲۷
جدول ۳-۲- تقسیم‌بندی میزان آسیب‌پذیری	۲۸
جدول ۱-۳- عوامل و علائم مسائل خاص کیفیت آب مرتبط با نوع آلودگی	۳۹
جدول ۲-۳- چک لیست داده‌های مرتبط با نحوه ورود آلودگی به آب‌های سطحی (رودخانه)	۴۰
جدول ۳-۳- لیست داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز در هر برنامه بهسازی کیفی رودخانه	۴۲
جدول ۴-۳- لیست نوع و شدت اثرات آلودگی بر منابع آبی سطحی	۴۲
جدول ۵-۳- بررسی عوامل مهم در تواتر نمونه‌برداری پارامترهای کیفی مرتبط با برنامه بهسازی	۴۳
جدول ۶-۳- تواتر زمان‌بندی پیشنهادی جهت پارامترهای کیفی	۴۳
جدول ۷-۳- ویژگی‌های طبقات تواتر پایش	۴۴
جدول ۸-۳- راهنمای انتخاب متغیرهای (شاخص‌های) کیفیت آب با توجه به نوع کاربری	۴۴
جدول ۹-۳- تواتر زمان‌بندی نمونه‌برداری پیشنهادی جهت پارامترهای میکروبی، آفت‌کش‌ها و دترجنت‌ها	۴۴
جدول ۱-۴- عوامل مؤثر و متغیرهای پیشنهادی مرتبط با پروژه‌های بهسازی کیفی	۵۴
جدول ۲-۴- جزییات چک‌لیست فعالیت‌های مرتبط با گام اول- تعریف مساله و اهداف	۷۳
جدول ۳-۴- جزییات چک‌لیست فعالیت‌های مرتبط با گام دوم- اطلاعات و داده‌های مورد نیاز	۷۴
جدول ۴-۴- جزییات چک‌لیست فعالیت‌های مرتبط با گام سوم- تبیین فرآیند بهسازی کیفی	۷۴
جدول ۱-۵- نمونه‌ای از ارزیابی پروژه بر اساس مشاهدات	۸۷
جدول ۲-۵- نمونه‌ای از فرم‌های ارزیابی و پایش پروژه بهسازی کیفی رودخانه	۸۸
جدول پ.۱-۱- عملیات بهسازی و اهداف، گستره‌ها و روش‌ها	۱۰۳
جدول پ.۲-۱- خلاصه‌ای از درس آموخته‌ها در موضوع بهسازی کیفی منابع آب سطحی	۱۰۳
جدول پ.۲-۱- مقادیر وزنی W_i بر اساس اهمیت پارامترها در محاسبه شاخص کیفیت NSF-WQI	۱۱۵
جدول پ.۲-۲- فهرست شاخص کیفیت آب NSF-WQI	۱۱۵
جدول پ.۱-۳- کلاس‌بندی کیفیت آب سطحی بر اساس غلظت فلزات سنگین	۱۳۶

فهرست جدول‌ها

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۳۹	جدول پ.۳-۲- روش‌های مختلف تعیین شکوفایی جلبکی بر اساس غلظت کلروفیل a و فیتوپلانکتون
۱۴۳	جدول پ.۳-۳- استاندارد کیفیت آب برای حفاظت محیط‌زیست (اکوسیستم‌های آبی-اکسیژن محلول)
۱۴۴	جدول پ.۳-۴- استاندارد کیفیت آب برای حفاظت محیط‌زیست (اکوسیستم‌های آبی-دما)
۱۶۶	جدول پ.۴-۱- خلاصه اقدامات مبتنی بر حوضه آبریز در راستای بهسازی کیفی
۱۷۶	جدول پ.۴-۲- خلاصه اقدامات عملی مبتنی بر رودخانه و نواحی ساحلی در راستای بهسازی کیفی
۱۷۹	جدول پ.۴-۳- پارامترهای مرتبط با طراحی نوار فیلتر گیاهی
۱۸۷	جدول پ.۴-۴- راندمان برخی از سیستم‌های تالابی متعارف، اصلاح‌شده و هیبریدی در گیاه پالایی
۱۹۵	جدول پ.۴-۵- راهکارهای بهسازی کیفیت آب رودخانه متناسب با وجود آلاینده‌های مختلف

مقدمه

با ورود آلاینده‌های مختلف از زه‌آب‌های صنعتی، کشاورزی و دامداری، انواع فاضلاب‌ها و دیگر مواد آلوده‌کننده شهری و روستایی به رودخانه‌ها و دیگر آب‌های سطحی، کیفیت فیزیکی، شیمیایی و زیستی آب کاهش یافته و این مساله آثار زیان‌بار فراوانی بر زندگی انسان‌ها، جانوران و محیط‌زیست بر جای می‌گذارد. تلاش برای بازگرداندن شرایط طبیعی رودخانه‌ها با انجام اقدامات بهسازی کیفی قابل انجام است.

دانش بهسازی کیفی رودخانه‌ها یک موضوع چند رشته‌ای و نسبتاً جوان است هرچند که در این خصوص تجارب متعددی نیز وجود دارد. تنوع اکولوژیکی رودخانه‌ها، وجود زیستگاه‌ها و پتانسیل یک رودخانه تا حد زیادی به موضوع کیفیت آب بستگی دارد. تغییراتی که در مقدار دبی جریان رودخانه اتفاق می‌افتد، اثرات مستقیمی بر حفظ و یا نابودی حیات جانوری و گیاهی دارد. رودخانه‌ها با تأمین آب، هدایت و کاهش پیک سیلاب و فراهم آوردن محیطی برای تخلیه فاضلاب به زندگی جوامع انسانی کمک می‌کنند. این فعالیت‌ها منجر به مرگ بیولوژیکی بسیاری از رودخانه‌های جهان شده و بنابراین توجه دانشمندان بسیاری را به خود جلب کرده است. رسیدن به یک اکوسیستم پایدار، به‌ویژه در محیط‌های آب شیرین برای قانون‌گذاران، بهره‌برداران، دانشمندان و متخصصان محیط‌زیست به یک چالش تبدیل شده است.

- هدف

به منظور شناسایی و تعریف اقدامات بهسازی کیفی، قوانین و مقررات و استانداردهای کیفیت آب، آلاینده‌های مختلف و راهکارهای قابل اجرا در راستای انجام پروژه‌های بهسازی کیفی برای رودخانه‌ها و دیگر آب‌های سطحی کشور لازم است که ضابطه و راهنمایی در این مورد تدوین شده که در اختیار مدیران و دست‌اندرکاران آب‌های سطحی و همچنین کاربرهای آب قرار گیرد. بنابراین دستیابی به یک الگوی پیشنهادی در مسیر بهسازی و ارتقاء کیفیت منابع آب سطحی با تکیه بر تجارب جهانی و تجارب موفق داخلی از اهداف مهم در تهیه این راهنما می‌باشد. تعیین فعالیت‌های اجرایی و گام‌های علمی و عملی لازم با تفصیل و جزییات کافی برای بهسازی و ارتقای کیفیت منابع آب سطحی در این راهنما مورد توجه قرار خواهد گرفت و بررسی اقدامات نظارتی در جهت کاهش آلودگی از منابع آلاینده (نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای)، مسیر انتقال، منابع آب پذیرنده و ارائه راهکار در جهت بهبود مشارکت اجتماعی، سازمانی و نهادی و همچنین اقدامات آتی به‌منظور بهبود کیفیت آب در سطح حوضه آبریز در دستور کار خواهد بود.

- دامنه کاربرد

دامنه کاربرد این راهنما، آب‌های سطحی جاری با تاکید بر رودخانه‌ها در کشور می‌باشد ولی شامل مخازن سدها، تالاب‌ها و پهنه‌های آبی اشاره شده در کنوانسیون بین‌المللی تالاب‌ها در رامسر (سال ۱۹۷۵) و دریاچه‌هایی مانند دریاچه

ارومیه، بختگان، مهارلو و مانند آن نمی شود. همچنین دامنه کاربرد این راهنما در حوزه مهندسان مشاور، پژوهشگران، دانشجویان تحصیلات تکمیلی، بهره‌برداران و مدیران صنعت آب کشور می‌باشد.

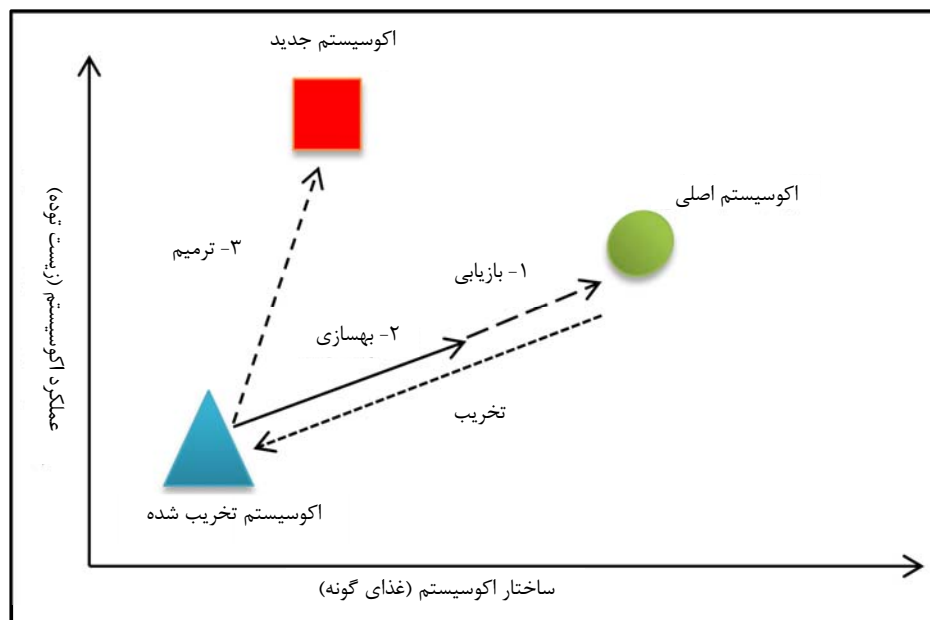
فصل ۱

ادبیات فنی موضوع، مطالعات

کتابخانه‌ای و تجربه‌های جهانی و ملی

۱-۱- ادبیات فنی موضوع

ورود و افزایش هر مقدار از مواد شیمیایی، فیزیکی یا بیولوژیکی در آب‌های سطحی که موجب تغییر ویژگی‌های اولیه و کاهش کیفیت آب شود، آلاینده آب محسوب می‌شود. از مهم‌ترین آلاینده‌های آب‌های سطحی می‌توان به انواع زه‌آب‌های صنعتی و کشاورزی، فاضلاب‌های شهری و بهداشتی، مواد شیمیایی و هیدروکربنی، رسوبات حوضه‌های آبریز، نمک‌های محلول و موارد دیگر اشاره نمود. آلودگی آب‌ها بر زندگی انسان‌ها، جانوران، گیاهان و ارگانیسم‌های زنده تاثیر منفی و زیان‌بار دارد، بنابراین می‌بایست با روش‌های مختلف، وضعیت کیفی آب‌های آلوده شده را بهبود بخشید. یکی از روش‌های بالا بردن وضعیت کیفی رودخانه‌ها و آب‌های سطحی، بازگرداندن شرایط طبیعی و پیش از تغییر رودخانه از طریق بهبود شرایط هیدرولیکی، هیدرولوژیکی، اکولوژیکی و به ویژه حذف یا کاهش ورود آلاینده‌ها به آن می‌باشد. بهبود شرایط جریان‌های سطحی و به‌ویژه رودخانه می‌تواند برای رسیدن به یکی از سه هدف عمده انجام گیرد که این سه هدف شامل بازیابی^۱، بهسازی^۲ و ترمیم^۳ می‌باشند. شکل (۱-۱) ارتباط مفهومی میان سه فرآیند بازیابی، بهسازی و ترمیم را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱- تشریح ارتباط مفهومی مابین سه فرآیند بازیابی، بهسازی و ترمیم

- ۱- Restoration
- ۲- Rehabilitation
- ۳- Remediation

- بازیابی

بازیابی فرآیندی است که درگیر بازگشت جریان به حالت اکوسیستم اصلی می‌باشد. بازیابی در رودخانه به طور ایده‌آل به عنوان دستیابی به پنج هدف عمده تعریف می‌شود که شامل بازیابی محدوده طبیعی کیفیت آب، بازگرداندن رژیم طبیعی جریان آب و رسوب شامل تغییرات فصلی، سالانه و وضعیت سیلابی، بازیابی ویژگی‌های هندسی آبراهه و پایداری آن، احیای وضعیت طبیعی گیاهان ساحلی و بازیابی گیاهان و جانوران آبرزی بومی می‌شود. باید به این موضوع مهم توجه شود که در اغلب موارد مشخص نمودن اینکه وضعیت جریان رودخانه در گذشته به چه شکل بوده غیرممکن است و بازیابی جریان رودخانه به ندرت امکان‌پذیر است. فرآیند بازیابی به معنای اصلاح خصوصیات فیزیکی مانند فرم و شکل آبراهه و ویژگی‌های بیولوژیکی قابل دسترسی در آن بوده به طوری که رودخانه و یا دیگر آب‌های سطحی بتواند به نوعی رسیدن به شرایط اولیه را تکرار کند. بازیابی کل شبکه آبراهه‌ها و حوضه آبریز به ندرت امکان‌پذیر است زیرا یک سیستم به هم پیوسته بوده و تغییر در هر کدام از اجزای آن ممکن است دیگر اجزا را تحت تاثیر قرار دهد.

- بهسازی

در فرآیند بهسازی، تثبیت و اصلاح وضعیت جریان به شکلی است که جریان آسیب دیده به وضعیت اکوسیستم اصلی نزدیک گردد. اگرچه بازگرداندن کامل وضعیت کیفی یک رودخانه به شرایط اولیه ممکن است امکان‌پذیر نباشد، اما می‌توان مهم‌ترین جنبه‌های زیست‌محیطی را به گونه‌ای بهبود بخشید تا وضعیتی شبیه به شرایط اولیه پیش از تغییرات پیدا کند. از آنجایی که بازیابی کامل شرایط هیدرولوژیکی، زیستی و اکولوژیکی رودخانه‌ها معمولاً امری دست نیافتنی است، بنابراین بهسازی کیفی معمولاً یک هدف قابل دسترس است که در قالب انجام پروژه‌های بهسازی کیفی امکان‌پذیر می‌باشد. بهسازی کیفی متأثر از بهسازی دبی جریان در رودخانه بوده و این دو مفهوم ارتباط مستقیمی با یکدیگر دارند. به بیان ساده در یک فرآیند بهسازی در رودخانه که بیش‌تر متمرکز بر بهسازی و وضعیت جریان خواهد بود، تلاش‌ها در راستای بازگشت وضعیت هیدرولوژیکی، کیفیت آب، ساختار هندسی آبراهه و پوشش گیاهی است. انتظار می‌رود که با بهسازی وضعیت جریان و خصوصیات فیزیکی، ارگانیسم‌های زیستی نیز باز گردند. در واقع با کسب موفقیت در بهسازی وضعیت جریان، مورفولوژی، کیفیت آب، رسوب و پوشش گیاهی، شرایط برای موجوداتی که به آن‌ها تکیه می‌کنند، مهیا می‌گردد. توجه به این نکته مهم است که بهسازی کیفی لزوماً باعث پایداری دائمی وضعیت رودخانه نمی‌گردد بلکه ممکن است در اثر وقوع سیل، فرسایش و تغییر در کیفیت آب، تغییراتی در پایداری وضعیت رودخانه به وجود آید.

گرچه پژوهشگران بر بهبود وضعیت زیست‌شناسی رودخانه به عنوان هدف بهسازی رودخانه تأکید می‌کنند، اما ارزش‌های زیست‌محیطی دیگری نیز وجود دارد که به ارگانیسم‌های موجود در رودخانه مربوط نمی‌شوند. مثلاً، همان‌طور که بازگشت مناطق مستعد در یک رودخانه برای شنا و ماهیگیری و یا تنوع جغرافیایی نیز دلیلی برای احیای رودخانه‌ها می‌باشد، زیبایی چشم‌انداز یک رودخانه نیز به عنوان یکی دیگر از ارزش‌های محیطی محسوب می‌شود. گفتنی است که ساختار فیزیکی یک رودخانه، مستقل از ارگانیسم‌هایی که در آن زندگی می‌کنند، ارزش ذاتی دارد. اما ارزش‌های

بیولوژیکی نیز به همان اندازه مهم هستند و معیار خوبی از سلامت عمومی یک رودخانه را نشان می‌دهند. در پروژه‌های بهسازی کیفی، آگاهی از این موضوع بسیار مهم است که، احیای رودخانه‌ها و آبراهه‌ها به دلایل اکولوژیکی معمولاً مستلزم احیای مشخصه‌های فیزیکی آن‌ها نیز می‌باشد.

در فرآیند بهسازی جریان، تلاش می‌شود تا دبی جریان با تقریب مناسبی به حالت اولیه (گذشته) در رودخانه بازگردد. بهسازی (توان بخشی) کوششی برای بازگرداندن مصنوعی عناصر بنیادی جریان اصلی با مداخله مستقیم یا به صورت تسریع در روند بهبودی است. بهسازی معمولاً شامل مدیریت فیزیکی و شرایط شیمیایی در جریان است به طوری که:

- الزامات چرخه حیات ارگانیسم‌های موجود، با تمرکز بر حداقل نیازمندی‌های آن‌ها فراهم گردد.
- فرآیندهای مخرب (تغییر دبی جریان، کیفیت پایین آب، چرای دام) که چرخه حیات را مختل می‌کند، مدیریت شوند.
- پیچیدگی و تنوع طبیعی مرتبط با فرآیندهای مورفولوژیکی و هیدرولوژیکی رودخانه را به شکلی برگرداند که زیستگاه و منابع مورد نیاز ارگانیسم‌ها فراهم شود.

- ترمیم

ترمیم فرآیندی است که بازگشت به شرایط اولیه میسر نیست و در آن یک وضعیت جدید تعریف می‌شود. درواقع ادامه مسیر بهسازی به بازبایی منجر می‌شود و این در حالی است که ترمیم یک مسیر بازبایی در راستای دستیابی به یک وضعیت جدید می‌باشد. در برخی موارد بهسازی هم امکان‌پذیر نیست چون تغییرات کمی و کیفی برگشت‌ناپذیری در جریان رودخانه رخ داده است. در این موارد، دستیابی به وضعیت مشابه شرایط اولیه نمی‌تواند هدف مناسبی باشد زیرا ورودی‌ها و خروجی‌های جریان از حوضه آسیب دیده و تغییر کرده و حتی برای رسیدن به شرایط اولیه و یا مشابه آن نیز مناسب نیست. در این شرایط، درمان مناسب، ترمیم است. هدف از ترمیم، بهبود وضعیت اکولوژیکی جریان بوده اما نقطه پایانی این بهبود الزاماً شبیه حالت اولیه نخواهد شد. درواقع پیش‌بینی اینکه یک جریان در وضعیت رودخانه چه تاثیری خواهد گذاشت، دشوار است. پس از ترمیم و برقراری یک جریان جدید، شرایط کاملاً متفاوتی برای رودخانه به وجود می‌آید که با وضع موجود آن متفاوت خواهد بود.

۲-۱- راهنماهای بین‌المللی در زمینه بهسازی کیفی منابع آب سطحی

مروری بر استانداردهای بهسازی کیفی منابع آب سطحی که در دیگر کشورهای جهان در حال استفاده هستند می‌تواند در تعیین چارچوب راهنمای مطالعات کاربردی بهسازی و ارتقاء کیفیت منابع آب سطحی مفید باشد. بنابراین در این بخش از راهنما تلاش می‌شود تا با مروری بر برخی از این استانداردها، گام مؤثری در این زمینه برداشته شود. برخی از راهنماهای در دسترس برای موضوع بهسازی رودخانه‌ها عبارتند از:

- راهنمای بهسازی آب‌های سطحی استرالیا

- راهنمای جامع بهسازی رودخانه آفریقای جنوبی
 - راهنمای بهسازی رودخانه برای رودخانه‌های انگلستان
 - راهنمای بهسازی سیلاب‌دشت‌های هلند
 - راهنمای روش‌های بهسازی رودخانه‌های شهری دانشگاه درسدن آلمان
 - روش‌های جدید بهسازی رودخانه‌های شهری پرتغال
- در راهنماهای کشورهای مختلف با توجه به موقعیت آبراهه‌ها و رودخانه‌ها در حوضه آبریز و شهرها، میزان اهمیت رودخانه برای ذینفعان، نوع آلودگی، بودجه و ابزارها و امکانات موجود برای بهسازی کیفی رودخانه‌ها، روش‌ها و موارد مختلفی مطرح شده است ولی در بسیاری موارد، اشتراک مشخصی در رویه و نوع نگاه به موضوع بهسازی کیفی وجود دارد. در برخی از این راهنماها، آلودگی آب رودخانه‌ها به واسطه وجود آلاینده‌های مختلف به عنوان مشکل مطرح شده و راهکارهای بهسازی در این راستا تدوین شده است. در برخی دیگر مشکلاتی مانند افزایش رسوب در رودخانه یا تمایل سریع رودخانه به تغییر مسیر، تهاجم گسترده پوشش‌های گیاهی بیگانه در سطح حوضه یا زیرحوضه، کاهش دبی رودخانه‌ها در فصول خشک و افزایش رشد گونه‌های گیاهی هرز در حاشیه رودخانه‌ها، ساخت بندها، پل‌ها یا آبگیرها که سبب انباشتگی بارهای رسوبی بزرگ و یا زباله‌های مختلف پیرامون آن‌ها و موارد دیگر طرح گردیده و به آن توجه شده است.
- از آنجا که استفاده از این تجربیات بین‌المللی می‌تواند موجب کاهش خطاها و اشتباهات و همچنین صرفه‌جویی در زمان اجرا و هزینه‌ها شود، استفاده از رویه بهسازی کیفی در این کشورها و بومی‌سازی آن رویه‌ها با توجه به شرایط موجود کشور امری شایسته و با اهمیت است. در این راستا موارد مهمی که در رویه بهسازی کیفی برخی از این راهنماها وجود دارد در زیر آورده می‌شود:
- مفاهیم بهسازی جریان
 - بررسی مشکلات کیفی آبراهه‌ها و رودخانه‌ها
 - روش برنامه‌ریزی برای ترمیم و بهسازی کیفی رودخانه‌ها
 - ابزارهایی که می‌توانند برای بهسازی جریان مفید باشد.
 - چگونه یک پروژه ترمیم و بهسازی کیفی یک رودخانه طراحی و آغاز می‌شود؟
 - برای بازگرداندن حیات موجودات زنده به جریان‌ها چه کارهایی باید انجام شود؟
 - در صورت بهسازی رودخانه آیا می‌توان انتظار سیل و فرسایش بیش‌تری را داشت و چقدر؟
 - اطمینان از موفقیت پروژه و در صورت خطای احتمالی، نحوه بهره‌برداری از درس‌آموخته‌ها چگونه است؟
- پس از تعریف و مشخص کردن اهداف بهسازی کیفی و همچنین مطالعه، اندازه‌گیری و داده‌برداری و در نهایت تعیین نوع مشکل کیفی رودخانه و بررسی ابزارهای موجود برای آغاز یک پروژه بهسازی کیفی، گام‌های مشخصی مبتنی بر کارهای انجام شده در مراحل پیش، طراحی شده که بر اساس آن گام‌ها می‌توان یک پروژه بهسازی را به طور کامل انجام داد. بر

۱ اساس مطالب مطرح شده در راهنماهای بهسازی کیفی بین‌المللی، یک نمونه از چنین گام‌های طراحی در زیر آورده شده که می‌تواند برای بهسازی کیفی یک رودخانه در داخل کشور نیز به شرط بومی‌سازی آن مورد استفاده قرار گیرد:

- گام اول: اهداف تعیین شده برای بهسازی کیفی رودخانه چیست؟
 - گام دوم: چه ارگان‌ها/ سازمان‌هایی در طرح بهسازی مشارکت دارد؟
 - گام سوم: کیفیت آب رودخانه نسبت به پیش از دستکاری بشر چه تغییراتی داشته است؟
 - گام چهارم: مزیت‌ها و مشکلات طبیعی رودخانه موردنظر چیست؟
 - گام پنجم: تعیین اولویت‌ها - ابتدا باید چه موضوعات و مشکلاتی برطرف شوند؟
 - گام ششم: راهبردها برای حفظ مزایا و بهبود جریان آب رودخانه چیست؟
 - گام هفتم: اهداف مشخص و قابل سنجش و ارزیابی چیست؟
 - گام هشتم: آیا اهداف تعریف شده دست‌یافتنی هستند؟
 - گام نهم: طرح دقیق پروژه با جزئیات اجرایی چگونه است؟
 - گام دهم: کارایی پروژه بهسازی تعریف شده، چگونه ارزیابی خواهد شد؟
 - گام یازدهم: پروژه چگونه برنامه‌ریزی و اجرا خواهد شد؟
 - گام دوازدهم: آیا پروژه موفقیت‌آمیز اجرا شده و کارایی پیش‌بینی شده را دارد؟
- افزون بر گام‌های طراحی یک پروژه بهسازی موارد دیگری نیز برای بهسازی کیفی رودخانه‌ها در این راهنماها مورد توجه قرار گرفته‌اند. این موارد اگرچه مستقیماً به موضوع آلاینده‌ها اشاره ندارد ولی دربرگیرنده مسائل مهمی است که کم و بیش در هر رودخانه‌ای مطرح بوده و در بسیاری موارد شرط لازم برای یک پروژه بهسازی کیفی به شمار می‌روند که در زیر به آن‌ها اشاره شده است:

- مجوزهای قانونی لازم برای بهسازی رودخانه
- مدیریت رسوب
- برداشتن برخی از بندها و یا دیگر سازه‌های رودخانه که به دلایل مختلف موجب کاهش کیفیت آب شده‌اند
- بهبود کیفیت آب نهرها و شاخه‌های فرعی
- بهسازی رژیم جریان رودخانه
- بهبود کیفیت زیستگاه رودخانه و تنوع زیستی
- مدیریت رودخانه‌ها برای ماهی‌های بومی
- ایجاد پوشش گیاهی برای بهسازی رودخانه

۳-۱- تجارب بین‌المللی و ملی در بهسازی کیفی رودخانه‌ها

استفاده از تجارب گذشته همیشه می‌تواند مسیر آینده را بهتر ترسیم نماید. بنابراین بررسی تجارب دیگر کشورها و به‌ویژه کشورهای توسعه‌یافته که برنامه‌های بهسازی کیفی رودخانه‌ها را در پروژه‌های موردی پیاده‌سازی نموده‌اند، می‌تواند کمک مؤثری در نگرش علمی به موضوع باشد. توجه به نقاط قوت و ضعف هر مطالعه و بررسی دستاوردهای طرح‌های انجام‌شده و مشکلات احتمالی در مسیر هر پروژه، می‌تواند در پروژه‌های آتی نیز مورد استفاده قرار گیرد. به این منظور تلاش شده است با تکیه بر مواردی از این دست و توجه به سیاست‌های اجراشده در کشورهای هدف به یک تحلیل مفید از موضوع دست‌یافت و درس آموخته‌های کلیدی از تجارب گذشته در کشورهای مختلف را بررسی نمود.

جدول (۱-۱) نقاط کانونی فعالیت‌های بهسازی را با اهداف، دامنه و روش‌های آن‌ها نشان می‌دهد. بیش‌تر فعالیت‌های بهسازی رودخانه عمدتاً بر روی آب و منطقه ساحلی متمرکز است. با این حال، بر اساس گستره، هدف و سایر موضوعات مرتبط، کارهای بهسازی در موضوع زیبایی، زیستگاه و تخفیف (کاهش) سیل نیز انجام می‌شود [۱].

جدول ۱-۱- عملیات بهسازی و اهداف، گستره‌ها و روش‌ها

موضوع اصلی بهسازی	هدف	گستره و محدوده کار	روش‌ها
کیفیت آب	دستیابی به استانداردهای کیفی آب	زیستگاه‌های درون رودخانه‌ای تفریحی و مصارف آب	۱- حذف آلودگی‌ها با منبع نقطه‌ای ۲- تغییر کاربری اراضی حوضه آبریز
زیبایی و چشم‌انداز	ایجاد امکانات و تسهیلات تفریحی	تفریحی، تجاری‌سازی	۱- بازگرداندن جریان طبیعی و شکل کانال ۲- دست‌کاری رسوبات و پوشش گیاهی
زیستگاه‌های درون رودخانه‌ای	حفظ و نجات ماهی‌گیری، جوامع گیاهی و جانوری و گونه‌های نادر	حفظ و نجات اکوسیستم، مصارف غذایی	۱- پاک‌سازی منابع آلاینده ۲- بازگشت بهره‌وری طبیعی
منطقه ساحلی	حفظ جریان طبیعی در رودخانه و تثبیت ساحل	تفریحی، اکوسیستم و محیط‌های شهری	۱- پوشش گیاهی مجدد ۲- حفاظت از مناطق ساحلی شهری
کاهش سیلاب	حفاظت از اموال و جان مردم	اسکان مردم	۱- افزایش حجم ذخیره ۲- برقراری اتصال مجدد به سیلاب‌دشت

درس آموخته‌های کلیدی از تجربه‌های صورت پذیرفته در کشورهای آمریکا، انگلستان، ژاپن، اسپانیا، دانمارک، استرالیا و مالزی در خصوص طرح‌های بهسازی کیفی در محیط‌های رودخانه و حوضه آبریز در جدول (۱-۲) ارائه شده است. در این جدول، افزون بر اینکه نگرش فنی حاکم بر انجام طرح‌های بهسازی در این کشورها را نشان می‌دهد، در خصوص درس آموخته‌های حاصل از تجربیات اجراشده در رودخانه‌های مرزی نیز مطالب مفیدی را ارائه می‌کند.

جدول ۱-۲- خلاصه‌ای از درس آموخته‌ها در موضوع بهسازی کیفی منابع آب سطحی

کشورها، رودخانه‌های مرزی	درس آموخته‌های کلیدی
آمریکا	- ردیابی اجزای مشترک برنامه‌های موفق بهسازی رودخانه - در نظر گرفتن عوامل اجتماعی و اقتصادی - پایش رودخانه‌های بهسازی شده و انتشار یافته‌های آن‌ها

ادامه جدول ۱-۲- خلاصه‌ای از درس آموخته‌ها در موضوع بهسازی کیفی منابع آب سطحی

کشورها، رودخانه‌های مرزی	درس آموخته‌های کلیدی
انگلستان	- نیاز به بهسازی رودخانه در مقیاس حوضه آبریز - مدیریت جریان رودخانه و زمین (کاربری اراضی) با همدیگر - تهیه بانک اطلاعاتی دقیق
ژاپن	- نقش سازمان‌های مردم‌نهاد (NGOs) در راه‌اندازی پروژه‌های بهسازی در مقیاس بزرگ
اسپانیا	- مشکلات بین کارکنان اداری به دلیل عدم تجربه و نداشتن زمینه زیست‌محیطی - ترتیب برنامه‌های آموزشی
دانمارک	- تعیین اهداف قطعی برنامه‌های بهسازی و قضاوت در خصوص نتایج مورد انتظار
استرالیا	- قضاوت درست پیش از آغاز هر پروژه بهسازی
مالزی	- نیاز به سرمایه‌گذاری مشترک دولت، مردم محلی و سازمان‌های مردم‌نهاد - تمایل مردم به شرکت در برنامه‌های حفظ محیط‌زیست
رودخانه دانوب (Danube)	- هماهنگی و تعهد بین‌المللی
رودخانه راین (Rhine)	- فعالیت‌های یک‌طرفه - تهدیدی برای بهسازی رودخانه - موافقت‌نامه بین‌المللی و اجرای قوانین زیست‌محیطی
رودخانه میوز (Meuse)	- تعیین هدف مشخص برای کاهش آلودگی و بهبود اکولوژی
رودخانه اردن (Jordan)	- اقدام ملموس از طریق همه کشورهای درگیر رودخانه - ایجاد فرصت برابر برای همه کشورهای واقع در حوضه آبریز مشترک

به‌سازی کیفی رودخانه‌های آلوده در قرن گذشته در بسیاری از کشورهای جهان اهمیت زیادی پیدا کرده است. در پیوست ۱، تجارب گردآوری‌شده در کشورهای توسعه‌یافته جهان، مانند ایالات متحده آمریکا، انگلستان، ژاپن و برخی کشورهای اروپایی و همچنین تجارب موجود در کشور ایران آورده شده است.

فصل ۲

قوانین، مقررات و استانداردهای

کیفیت آب رودخانه‌ها

۲-۱- مقدمه

در هریک از کشورهای جهان، برای تعیین آلاینده‌ها و تعیین حدود غلظت‌های مجاز آن‌ها معیارهایی وجود دارد که این معیارها در کشورهای توسعه‌یافته متناسب با سطح فن‌آوری و دانش آن‌ها بوده و در کشورهای درحال توسعه معمولاً به پیروی از کشورهای توسعه‌یافته و یا، با در نظر گرفتن محدودیت‌های اجرایی می‌باشد. با توجه به اینکه طبقه‌بندی کیفی آب در کشورهای مختلف با یکدیگر متفاوت است، نمی‌توان مقایسه درستی از میزان مجاز غلظت آلاینده‌ها میان کشورهای مختلف انجام داد اما به طور کلی می‌توان گفت که استانداردهای کیفی در کشورهای توسعه‌یافته سخت‌گیرانه‌تر از کشورهای درحال توسعه است و تفاوت‌هایی در تعداد و یا میزان آلاینده‌ها نیز وجود دارد. تدوین استاندارد در کشورهای توسعه‌یافته بسیار زودتر از کشورهای درحال توسعه آغاز شده و از این‌رو کیفیت منابع آب در این کشورها وضعیت بهتری دارد و استانداردهای جدید برای آب‌هایی باکیفیت بهتر اجرا می‌شوند. بسیاری از مواد آلاینده که در کشورهای درحال توسعه به‌نوعی معضل محسوب می‌شوند در کشورهای توسعه‌یافته مشکلاتشان تقریباً حل شده است.

در این راهنما تلاش می‌شود ضمن استفاده از معیارهای کیفیت آب‌های سطحی موجود در کشور، از معیارهای دیگر کشورها نیز به ویژه در حوزه استانداردهای آب خام به منظور استفاده در فرآیند بهسازی کیفی رودخانه‌ها استفاده شود.

۲-۲- قوانین، مقررات و استانداردهای ایران در زمینه کیفیت آب‌های سطحی

در ایران، اهمیت حفظ منابع آبی و دانش کیفیت آب‌های سطحی در میان مدیران تصمیم‌گیر، پژوهشگران دانشگاهی و کارشناسان فنی از موقعیت بالایی برخوردار است. در موضوع حکمرانی آب در میان نهادهای ناظر و مسئول، هماهنگی قابل قبولی در حال شکل‌گیری است که البته هنوز با ایده‌آل‌ها فاصله دارد. از مهم‌ترین قوانین و مقررات و اسناد بالادستی توسعه پایدار منابع آب کشور و مسائل مربوط به موضوع کیفیت آب می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- بر اساس اصل پنجاهم قانون اساسی، حفاظت محیط‌زیست که نسل امروز و نسل‌های بعد باید در آن حیات اجتماعی رو به رشدی داشته باشند، وظیفه عمومی تلقی می‌گردد. از این رو فعالیت‌های اقتصادی و غیر آن که با آلودگی محیط‌زیست یا تخریب غیر قابل جبران آن ارتباط پیدا کند ممنوع است.
- قانون توزیع عادلانه آب و آیین‌نامه‌های اجرایی آن (مصوب سال ۱۳۶۱ و اصلاح شده در سال ۱۳۶۴)
- بر اساس ماده ۳ آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب مصوب سال ۱۳۶۴، سازمان حفاظت از محیط‌زیست با همکاری وزارتخانه‌های نیرو، کشاورزی، بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و سایر وزارتخانه‌ها و سازمان‌های ذیربط حسب مورد، نسبت به بررسی و شناسایی کیفیت آب‌های ایران از لحاظ آلودگی اقدام خواهد نمود. همچنین به استناد ماده ۵ همین آیین‌نامه استانداردهای مربوط به آلودگی آب با ذکر روش‌های سنجش و سایر مقررات مربوط توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست و با همکاری وزارتخانه‌ها و سازمان‌های گفته شده، تهیه و به مورد اجرا گذارده می‌شود.

- ضرورت حفاظت آب رودخانه‌ها، در قانون حفاظت و بهسازی محیط زیست (م صوب ۱۳۵۳/۳/۲۸ و اصلاحیه ۱۳۷۱/۸/۲۴) آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب (م صوب ۱۳۷۳/۲/۱۸)، برنامه‌های پنج ساله توسعه کشور و نیز راهبردهای توسعه بلندمدت منابع آب کشور (م صوب جلسه ۱۳۸۲/۸/۲۷ هیئت وزیران) مورد تاکید قرار گرفته است.
- آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب (م صوبه شماره ۱۸۲۴۱/ت/۷۱ هـ مورخ ۱۳۷۳/۳/۱۶ هیئت وزیران)
- تصویب‌نامه هیئت وزیران در خصوص راهبردهای توسعه بلندمدت منابع آب کشور (مورخ ۱۳۸۲/۷/۲۷)
- سند راهبرد ملی بهبود کیفیت آب شرب م صوب ۱۳۹۰ هیئت وزیران
- سند چشم‌انداز و برنامه راهبردی بلندمدت وزارت نیرو تا افق ۱۴۰۴ (تاریخ ویرایش ۹۰/۱۰/۲۱)
- راهبردهای بلندمدت توسعه بخش آب از منظر آمایش سرزمین- م صوب ۱۳۹۱/۷/۱۷
- در بخش ظرفیت‌سازی و ایجاد ساز و کارهای لازم جهت مدیریت بهینه منابع آب و حفاظت محیط‌زیست آبی کشور، نظام‌نامه جامع مدیریت کیفیت منابع آب تدوین گردیده و به شرکت‌ها ابلاغ شده است. همچنین با توجه به موضوع بند چهارم م صوبه شورای عالی حفاظت محیط‌زیست مورخ ۹۲/۸/۱۳ این مهم در بازنگری ساختار شرکت‌های آب منطقه‌ای مدنظر قرار گرفته و با توجه به تأکید بند دوم ابلاغیه وزیر محترم نیرو به شماره ۹۵/۲۰۱۳۶/۳۱/۱۰۰ مبنی بر تقویت و توسعه نیروی انسانی و امکانات و تجهیزات مورد نیاز واحدهای متولی کیفیت، تشکیل واحد مدیریت محیط‌زیست و کیفیت منابع آب زیر نظر معاونت‌های حفاظت و بهره‌برداری و ارتقاء گروه به دفتر، در شرکت‌های آب منطقه‌ای در دستور کار قرار گرفته و اکثریت شرکت‌ها نسبت به تشکیل دفتر محیط‌زیست و کیفیت منابع آب و استقرار آن با جذب نیروهای انسانی متخصص اقدام نموده‌اند.
- بند ۵ تصویب‌نامه هیات وزیران در خصوص راهبردهای توسعه بلند مدت منابع آب کشور: مدیریت فعالیت‌های مصرف‌کنندگان مختلف آب، به‌گونه‌ای اعمال شود که ابتدا آلودگی‌های منابع آب ناشی از فعالیت‌های این بخش‌ها کنترل و سپس شاخصه‌های کیفی آب به تدریج ارتقا یابد. برای تحقق این هدف رعایت ملی حفاظت کیفی منابع آب، توسط مصرف‌کنندگان برای پساب خروجی الزامی است.
- در زمینه تدوین راهنماهای کاربردی و منابع علمی به روز در موضوع مرتبط با بهسازی رودخانه‌ها و مسائل کیفی نیز اقداماتی صورت پذیرفته است که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از:
- راهنمای مطالعات ظرفیت خود پالایی رودخانه‌ها (نشریه ۴۸۱ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور ۱۳۸۸)
- راهنمای طبقه‌بندی کیفیت آب خام، پساب‌ها و آب‌های برگشتی برای مصارف صنعتی و تفریحی (نشریه ۵۲۲ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور ۱۳۸۸)

- راهنمای مطالعات کیفیت آب مخازن سدهای بزرگ (نشریه ۵۵۰ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور ۱۳۹۰)
- راهنمای تعیین آب موردنیاز اکوسیستم‌های آبی (نشریه ۵۵۷ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور ۱۳۹۰)
- راهنمای بررسی اثر فعالیت‌های کشاورزی بر کمیت و کیفیت آب‌های سطحی (نشریه ۵۶۰ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور ۱۳۹۰)
- استاندارد کیفیت آب‌های ایران، دفتر آب و خاک سازمان حفاظت محیط زیست ۱۳۹۵
- دستورالعمل ناحیه‌بندی استقرار کاربری در حریم کیفی منابع آب سطحی (ضابطه شماره ۷۸۲ - بازنگری اول ۱۴۰۳)

۲-۳- قوانین، مقررات و استانداردهای بین‌المللی در زمینه کیفیت آب‌های سطحی

در ایالات متحده آمریکا، آژانس حفاظت محیط‌زیست^۱ (EPA) قانون آب پاک^۲ را برای حفاظت کیفی آب‌های سطحی از سال ۱۹۷۲ تصویب و اجرایی نموده است. در این قانون با استفاده از وضع برخی مقررات و همچنین پایش پیوسته آب‌های سطحی، رواناب‌ها و پساب‌های آلوده را مدیریت می‌کند. همچنین با استفاده از این قانون، برای احداث تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری تامین بودجه نموده و مانع تخلیه مستقیم و بدون تصفیه آلاینده‌ها به آب‌های سطحی می‌شود. در ابتدای تصویب این قانون، تنها بر حفظ سلامت شیمیایی آب تاکید شد ولی پس از آن، توجه بیشتری بر سلامت فیزیکی و زیستی آب نیز می‌شود. همچنین در سال‌های اولیه تصویب این قانون، تلاش‌ها بیشتر بر کنترل تخلیه آلاینده‌ها از منابع نقطه‌ای مانند تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری و صنعتی متمرکز بوده و به رواناب‌های جاری در مناطق شهری، سایت‌های ساخت و ساز و سایر منابع روانابی آلوده کمتر توجه می‌گردید ولی از اواخر دهه ۱۹۸۰ تلاش‌ها به سمت کنترل رواناب‌های آلوده معطوف شد. توجه بیشتر به سلامت فیزیکی و زیستی آب‌های سطحی و همچنین کنترل رواناب‌های آلوده نشان‌دهنده توجه به بهسازی کیفی رودخانه‌ها و آب‌های سطحی در سال‌های اخیر می‌باشد. در قانون آب پاک آمریکا، اهدافی گنجانده شده که دستیابی به این اهداف مستلزم توجه به موارد زیر است:

- استانداردهای کیفیت آب

نخستین گام در اجرای قانون آب پاک، تدوین استانداردهای کیفیت آب سازگار با اهداف این قانون است. در گام دوم پایش و اندازه‌گیری‌های کیفی از آب‌های سطحی انجام شده تا رعایت یا عدم رعایت استانداردهای کیفیت آب ارزیابی شود.

۱- U. S. Environmental Protection Agency

۲- Clean Water Act-CWA

- سیاست‌های مقابله با افت کیفیت^۱

در صورتی که استانداردهای کیفی آب برآورده شوند، سیاست‌ها و برنامه‌های لازم به منظور مقابله با افت کیفیت آب و حفظ آن در سطح قابل قبول وضع می‌گردد. پایش کیفی آب به منظور اطمینان از رعایت استانداردها ضروری است.

- حداکثر بار کل روزانه

در صورتی که در آب سطحی مورد نظر، استانداردهای کیفی آب برآورده نشوند، می‌بایست استراتژی مناسبی برای رعایت استانداردها تدوین گردد که از مهم‌ترین و رایج‌ترین این استراتژی‌ها، حداکثر بار کل روزانه می‌باشد که در آن مقدار بار مجاز آلاینده به منظور رعایت استانداردها و سهم قابل قبول هر منبع آبی مشخص می‌شود. کاهش موردنیاز بار آلاینده نیز با اجرای استراتژی‌های منطبق با قانون آب پاک در کنار بهره‌گیری از سایر ابزارهای موجود قابل دستیابی می‌باشد.

۲-۴- طبقه‌بندی کیفی آب رودخانه‌ها، معیارها و استانداردهای کیفی آب

در پروژه‌های بهسازی کیفی، ارزیابی کیفیت آب رودخانه و همچنین اعمال تغییر در کیفیت آب رودخانه برای نزدیک شدن به شرایط اولیه، به نوع کاربری بستگی داشته و بنابراین از شاخص‌ها و استانداردهای کیفی مختص به خود پیروی می‌کند. در شرایطی که آب رودخانه برای مصارف شرب در نظر گرفته شود، می‌بایست از استانداردهای کیفی آب شرب استفاده نموده و از این رو رویه بهسازی کیفی آب رودخانه با توجه به نوع و غلظت آلاینده‌ها می‌بایست در راستای بازگرداندن شرایط کیفی آب رودخانه برای مصارف شرب باشد. در دیگر موارد کاربری رودخانه مانند استفاده در صنعت یا کشاورزی، مباحث اکولوژیکی و یا مقاصد تفریحی و گردشگری، رویه بهسازی کیفی متفاوت بوده و نیاز به استانداردهای کیفیت آب خام دارد. بنابراین طبقه‌بندی رودخانه‌ها از دیدگاه نوع کاربری و همچنین استانداردهای موجود در این موارد از جمله اقدامات اساسی در فازهای اولیه پروژه‌های بهسازی کیفی به شمار می‌روند.

۲-۴-۱- طبقه‌بندی کیفی آب رودخانه‌ها

کیفیت آب رودخانه‌ها را می‌توان بر اساس نوع کاربری‌های تعریف شده برای آن‌ها طبقه‌بندی نمود. از جمله کاربری‌های مهم از آب رودخانه‌ها می‌توان به شرب، کشاورزی، صنعت، اکولوژی و تفریحی اشاره کرد. آب شرب مستقیماً مورد استفاده انسان بوده و بنابراین کیفیت این آب باید به گونه‌ای باشد که افزون بر اینکه سلامتی انسان را تهدید نکند، بدون رنگ و بو و مزه و و عاری از ذرات رسوبی ریز و درشت باشد. در این زمینه، شاخص‌ها، استانداردها و دیگرام‌های زیادی برای تعیین کیفیت آب شرب موجود است که در این مورد می‌بایست از آن‌ها استفاده نمود.

۱- Antidegradation Policies

در آب کشاورزی غلظت برخی از یون‌ها مانند منیزیم، سدیم و پتاسیم می‌بایست در محدوده مشخصی باشد. در این مورد نیز شاخص‌ها و استانداردهای آب کشاورزی موجود بوده که از جمله به نمودار ویلکوکس اشاره می‌شود. کیفیت آب با کاربری در صنعت نیز تابع نوع صنعت بوده که متناسب با آن غلظت برخی از آلاینده‌ها محدود می‌گردد. در کاربری آب برای مقاصد تفریحی و گردشگری، غلظت میکروارگانیسم‌ها اهمیت زیادی دارد. در این نوع از کاربری‌ها تهدیدات و آسیب‌های ممکن به سلامت انسان‌ها شامل عفونت‌های منتقل شده از پاتوژن‌ها و همچنین آسیب‌ها و بیماری‌های ناشی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب می‌باشد. در دو مورد اخیر از کاربری‌های آب‌های سطحی می‌توان به استانداردهای تدوین شده در زمینه آب خام برای مصارف صنعتی یا تفریحی مراجعه نمود.

در راستای طبقه‌بندی کیفی آب رودخانه‌ها تاکنون چندین استاندارد و راهنما در ایران تهیه و چاپ گردیده و یا در دست چاپ است. از جمله این نشریات به استاندارد کیفیت آب‌های ایران توسط دفتر آب و خاک سازمان حفاظت محیط‌زیست، راهنمای طبقه‌بندی کیفی منابع آب خام ایران مصارف شرب، راهنمای طبقه‌بندی کیفیت آب و کاربرد آب برای آبیاری و راهنمای طبقه‌بندی کیفیت آب خام، پساب‌ها و آب‌های برگشتی برای مصارف صنعتی و تفریحی توسط طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور اشاره می‌شود.

۲-۴-۲- معیارهای کیفیت آب

معیارهای کیفیت آب معمولاً به صورت تعیین محدوده مجازی از غلظت آلاینده‌ها تعریف می‌شوند که در صورت پایبندی به آن معیارها، سلامت انسان، زندگی آبزیان، محیط‌زیست و به طور کلی کاربری تعریف شده با ایمنی بالایی حفظ می‌شود. معیارهای کیفی آب معمولاً به سه گروه اصلی تقسیم می‌شوند:

- معیارهای کیفی برای حفظ سلامتی انسان
- معیارهای کیفی برای حفظ حیات آبزیان
- معیارهای کیفی برای حفظ محیط‌زیست و حیات وحش

گفتنی است که در هر کدام از سه گروه معیارهای کیفی معرفی شده، دسته‌بندی‌های مختلفی وجود دارد. برای نمونه معیارهای شیمیایی و میکروبیولوژیکی در گروه معیارهای سلامتی انسان وجود دارد ولی گروه معیارهای کیفی حیات آبزیان شامل معیارهای شیمیایی، معیارهای سمیت، معیارهای زیستی، معیارهای رسوبی و معیارهای فیزیکی مانند معیارهای زیستگاه و بیلان دبی جریان رودخانه است. معیارهای کیفی آب مبتنی بر داده‌ها و قضاوت‌های علمی در مورد رابطه میان غلظت آلاینده‌ها و آثار زیست‌محیطی و سلامت انسان می‌باشند. در تدوین استانداردها، معیارهای حفظ سلامت انسان، حفظ حیات آبزیان و حیات وحش در نظر گرفته می‌شوند. در این جا به چند مورد از معیارهای کیفی آب اشاره می‌شود:

- معیارهای سلامت انسان. این معیارها به منظور حفظ سلامت انسان در برابر آثار آلاینده‌های مختلف است

- معیارهای سلامت منابع آبی. این معیارها به منظور حفظ سلامت موجودات آبی و بر اساس چهار نوع آثار منفی سنجیده می‌شود که عبارتند از: سمیت حاد، سمیت مزمن، سمی بودن برای گیاهان آبی و تجمع زیستی آلاینده‌ها
- معیارهای زیبایی‌شناختی. تعیین این معیارها با شناخت کیفیت مطلوب آب برای هر کاربری ویژه صورت می‌گیرد. این شناخت می‌تواند مربوط به مشکلات مزه و بو یا رشد گیاهان آبی زیان‌آور و رشد و نمو حشرات موزی باشد. معیارهای کیفیت زیبایی‌شناختی آب با تعیین معیار رنگ، فسفر و مواد آلوده‌کننده محیط سنجیده می‌شود. در این معیارها تصریح شده است که آب باید عاری از مواد قابل ته‌نشینی و تولیدکننده رسوبات آلوده، زباله‌های معلق، کف، روغن و عاری از هر ماده دیگری باشد که رنگ، بو، مزه یا کدورت نامطلوب ایجاد می‌کند و یا واکنش‌های منفی بیولوژیکی در انسان، جانوران و یا گیاهان را باعث می‌شود و نیز عاری از موادی که منابع آبی را برای حیات گونه‌های آبی آلوده می‌سازد.
- معیارهای زیستی. توصیف‌کننده جامعه آبی مطلوب است که برای نمونه می‌توان به تعداد و انواع ارگانیسم‌های مورد انتظار در منابع آبی اشاره نمود.
- معیارهای مواد مغذی. ابزاری است به منظور جلوگیری از افزایش بیش از حد مواد مغذی و فرآیند تغذیه‌گرایی
- معیارهای رسوبی. توصیفی از شرایطی است که پیرو آن از بروز آثار منفی رسوبات آلوده و یا غیرآلوده جلوگیری می‌شود.

۲-۴-۳- استانداردهای کیفیت آب

استانداردهای کیفیت آب به منظور تعیین حدود قابل قبول کیفیت منابع آب برای کاربری‌های شرب، صنعت، کشاورزی، تفریحی و حفظ محیط زیست تدوین شده است و در صورت تخطی از حدود تعیین شده، آب آلوده تلقی می‌گردد و بایستی اقدامات تعیین شده در آیین‌نامه توسط سازمان‌ها و نهادهای مرتبط به مرحله اجرا گذاشته شود. در این استانداردها تفسیری از معیارهای کیفیت آب به شکل قابل اجرای قانونی و مرتبط با اهداف کلی حفظ کیفیت آب ارائه شده است. استانداردها ممکن است بر اساس عواملی غیر از ملاحظات بهداشتی از معیارها استخراج شوند. استانداردها می‌بایست به گونه‌ای بیان شوند که امکان اندازه‌گیری کمی داشته باشند و برای آب‌های سطحی قابل اعمال باشند. استانداردها و معیارها ممکن است از منطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت باشند که از ملاحظات اقتصادی، اهمیت زیست‌بوم‌های ویژه یا سطح بهداشت مورد نیاز برای هر منبع آبی ناشی می‌شوند.

استانداردهای کیفیت آب به واسطه نقش اساسی خود در کمک به حفظ و احیای رودخانه‌ها اهمیت زیادی دارند. استانداردها در تشخیص مسائل کیفی آب ناشی از تخلیه فاضلاب‌های بدون پیش‌تصفیه، رواناب‌ها یا هرزاب خروجی از کارگاه‌های معدنی، رسوبات، کودها و مواد شیمیایی از زمین‌های کشاورزی و فرسایش سواحل به واسطه پوشش گیاهی نامناسب و همچنین در راستای دستیابی و حفظ شرایط کیفی آب نیز تاثیرگذار هستند.

نگرش تدوین استانداردهای کیفیت آب، مشابه سایر منابع زیست‌محیطی این است که ابتدا آثار نامطلوب ناشی از یک آلاینده یا ترکیبی از آلاینده‌ها ارزیابی شده و سپس قابلیت اجرایی کاهش میزان آن آلاینده‌ها تعیین شوند. اقدامات قانونی برای الزامی کردن مقررات و استانداردها می‌بایست هم از دیدگاه علمی و هم از دیدگاه حقوقی قابل دفاع بوده و از دیدگاه فنی و اقتصادی نیز قابل اجرا باشد. این امر مستلزم تبادل نظر بین افراد و گروه‌های متأثر از این مقررات و قانون‌گذاران است.

مقررات مربوط به استانداردهای کیفیت منابع آب با کاربری‌های تعریف شده برای آب مرتبط است. در تعیین کاربری‌های مناسب به استفاده و ارزش منابع آب در تامین آب شرب، حفظ حیات گونه‌های آبی و کاربری‌های کشاورزی، صنعتی و تفریحی توجه می‌شود. در تعریف کاربری‌های منابع آبی، مناسب بودن منابع آب از نظر کیفیت فیزیکی، شیمیایی و زیستی، موقعیت جغرافیایی و کیفیت چشم‌اندازی و همچنین ملاحظات اقتصادی تعیین می‌شود. راهنمای طبقه‌بندی کیفیت آب خام، پساب‌ها و آب‌های برگشتی برای مصارف صنعتی و تفریحی (نشریه ۵۲۲ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور ۱۳۸۸) در همین زمینه قابل استفاده می‌باشد.

در گذشته مهم‌ترین موردی که در ارتباط با کیفیت نامناسب آب در معیارها و استانداردها مد نظر قرار می‌گرفت، تاثیر کیفیت آب بر سلامت انسان‌ها و به ویژه عوامل ایجاد بیماری‌های عفونی بود. پس از آن مواد شیمیایی سمی به دلیل داشتن آثار زیان‌بار بر موجودات زنده و اکنون تاثیر کیفیت آب بر نوع کاربری‌ها، تاثیر بر زیست‌بوم‌های آبی و مسائل زیبایی‌شناختی نیز در معیارها و استانداردها گنجانده می‌شود.

۴-۴-۲- استفاده از ظرفیت خودپالایی رودخانه در بهسازی کیفی

خودپالایی، توانایی رودخانه در زدودن آلاینده‌ها از خود است و بنابراین حذف یا کاهش مواد آلی، مواد مغذی گیاهان و سایر آلاینده‌های گفته شده به وسیله فعالیت کلیه جانداران ساکن در رودخانه و بدون دخالت انسان، خودپالایی نامیده می‌شود. در این فرآیند کلیه آلاینده‌های قابل تجزیه‌ای که وارد آب شده‌اند، به تدریج توسط میکروارگانیسم‌ها مصرف شده و آلودگی آب کاهش می‌یابد و جریان آب رودخانه خود را پالایش خواهد کرد. [۲] میزان آلودگی قابل پالایش برای رودخانه‌های مختلف یا همان ظرفیت خودپالایی رودخانه‌ها^۱، تابع عوامل زمانی و مکانی متفاوتی مرتبط با نوع و شدت بار آلاینده‌های ورودی و همچنین شرایط محیطی داخل رودخانه است. با توجه به گوناگونی و فراوانی آلاینده‌ها و متغیر بودن توان خودپالایی رودخانه‌ها از جنبه مکانی و زمانی، افزون بر ضرورت اعمال استانداردهای تخلیه زه‌آب برای کنترل آلاینده‌های نقطه‌ای و اجرای اقدامات مدیریتی در سطح حوضه آبریز برای کنترل آلاینده‌های غیرنقطه‌ای، متناسب کردن میزان آلودگی با توان خودپالایی یک رودخانه بر اساس وضعیت اقلیمی و ویژگی‌های هیدرولوژیکی، هیدرولیکی و هندسی

رودخانه برای حفظ کیفیت آب رودخانه و زیست‌بوم‌ها بر اساس استانداردهای کیفیت آب مربوط به کاربری‌های موجود یا آینده کاری ضروری می‌باشد.

در ظرفیت خودپالایی رودخانه، ظرفیت بارگذاری^۱ (LC) یا حداکثر بار کل روزانه^۲ (TMDL)، بیش‌ترین مقدار بارگذاری آلاینده قابل تحمل برای یک رودخانه است به شرطی که استانداردهای کیفیت آب رعایت شود. در تعیین توان خودپالایی یک رودخانه، شناخت رابطه علت-معلول میان کیفیت آب رودخانه و بارگذاری آلاینده‌ها از اولین اقدامات موردنیاز می‌باشد. این رابطه به پارامترهای مختلف فیزیکی رودخانه مانند دبی و سرعت جریان، عمق آب، شیب بستر، زمان حرکت، دمای آب و همچنین ویژگی‌های شیمیایی-زیستی مانند اکسیژن‌خواهی بستر، فتوسنتز و تنفس جلبک‌ها و نیتریفیکاسیون بستگی دارد.

برای پیش‌بینی واکنش رودخانه به ورود آلاینده‌ها، استفاده از مدل‌های ریاضی ضروری است. این مدل‌ها نه تنها امکان پیش‌بینی آثار بار آلاینده‌ها در آینده را فراهم می‌کند بلکه تخمین کیفیت آب مربوط به شرایطی که در گذشته نیز پایش نشده است (نمونه در خشک‌سالی‌ها) نیز امکان‌پذیر است. [۲]

در مطالعات ظرفیت خودپالایی و TMDL اطلاعات کمی موردنیاز برای کمک دست‌اندرکاران در تصمیم‌گیری‌های مربوط به مدیریت کیفیت آب با استفاده از داده‌های برداشت شده از بازه مورد مطالعه و مدل‌سازی فرآیندها به دست می‌آید. در مدل‌سازی‌ها، روابط مربوط به فرآیندها به هم مرتبط شده تا بتوان رابطه علت-معلول میان میزان آلاینده ورودی به رودخانه و میزان تغییرات کیفیت آب را تعیین نمود. از چنین روابطی می‌توان میزان ارتقاء کیفیت بهینه و مطلوب و مقرون به صرفه را برای دستیابی به استانداردها و معیارهای کیفیت آب مشخص نمود.

فرآیند TMDL استراتژی‌های کنترل منابع آلاینده نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای را تدوین می‌کند تا بر اساس آن، تصمیم‌گیران بهینه‌بودن آن‌ها از نظر هزینه، کارایی فعالیت‌ها یا کنترل‌های مختلف کاهش آلاینده‌ها و نیز منافع اجتماعی-اقتصادی شیوه‌های مختلف سهم‌بندی بار آلاینده‌ها را مقایسه کنند. [۲]

کاربرد موفقیت‌آمیز فرآیند TMDL به منظور تدوین یک استراتژی کارآمد در تضمین کیفیت مطلوب آب، مستلزم شناخت و تعریف دقیق مساله، توصیف رودخانه آسیب‌دیده و یا در معرض تهدید و نیز کلیه آلاینده‌های موثر در تخریب و شناخت و درک محدودیت‌ها و قیدهای سیاسی و اقتصادی تاثیرگذار بر اجرا و پذیرفتن TMDL است. منظور از رودخانه‌های آسیب‌دیده، رودخانه‌هایی است که استانداردهای کیفیت آب مربوط به کاربری‌های تعیین شده را ندارند. منظور از رودخانه‌های در معرض تهدید، رودخانه‌هایی است که هم‌اکنون استانداردهای کیفیت آب را دارند ولی داده‌ها و اطلاعات موجود در مورد روند تخریب آن‌ها نشان می‌دهد که احتمالاً استانداردها در آینده نزدیک نقض خواهند شد. فرآیند TMDL شامل مراحل زیر است:

۱- Loading Capacity

۲- Total Maximum Daily Load

- ۱- شناسایی رودخانه‌های تخریب شده و یا در شرف تخریب و شناسایی آلاینده‌هایی که موجب تخریب شده‌اند.
 - ۲- اولویت‌بندی و هدف‌گذاری برای رودخانه‌ها
 - ۳- تدوین یک استراتژی علمی به عنوان TMDL برای بهبود کیفیت آب، رفع تهدید و بهسازی رودخانه
 - ۴- اجرای TMDL با اعمال مقررات و نظارت
 - ۵- ارزیابی کفایت فعالیت‌های مرحله ۴ در دستیابی به کیفیت مطلوب آب
- با توجه به مطالب گفته شده در این بخش، مشخص می‌شود که تعیین و استفاده از ظرفیت خودپالایی رودخانه‌ها از گام‌های اساسی در انجام پروژه‌های بهسازی کیفی می‌باشد. بنابراین پس از تصمیم‌گیری برای اجرای یک پروژه بهسازی کیفی در یک رودخانه آسیب‌دیده، ابتدا می‌بایست با استفاده از داده‌ها و اطلاعات مختلف گفته شده در مورد وضعیت کیفی و فیزیکی رودخانه، فرآیند TMDL را طی نموده و ظرفیت خودپالایی رودخانه در سطوح مختلف مانند شرایط حدی هیدرولوژیکی و بار آلاینده‌ها و یا انتخاب یک حالت میانگین را استخراج نمود. در این راستا انتخاب استاندارد برای کیفیت مطلوب آب رودخانه اهمیت دارد که این استاندارد از دیدگاه منطقی می‌بایست بر اساس کاربری‌های تعریف شده برای رودخانه تعیین شود و به عنوان نمونه می‌توان از استانداردهای تعریف شده برای آب خام (نشریه شماره ۴۶۲) استفاده نمود.

۲-۴-۵- شاخص کیفیت آب^۱ (WQI)

تامین آب شرب، توسعه فعالیت‌ها و کاربری‌های تفریحی و ایجاد محیط‌زیست مناسب برای پرورش ماهی‌ها و حیات وحش، نیازمند بالابودن کیفیت آب رودخانه‌ها می‌باشد. در این خصوص تعیین مهم‌ترین عامل کیفیت آب اهمیت زیادی دارد. با توجه به فراوانی و تنوع پارامترهای کیفیت آب که تفسیر آن‌ها را مشکل می‌سازد، شاخص‌های کیفیت آب تعیین می‌شوند تا بتوان اطلاعات تخصصی مورد استفاده کارشناسان و مدیران برای ارزیابی کیفیت آب رودخانه‌ها و تصمیم‌گیری‌های مربوط را فراهم آورد. شاخص کیفیت آب پارامتری برای پاسخ به پرسش‌های مدیریتی در مورد کیفیت آب است که برای ارزیابی اولیه و اهداف مقایسه‌ای (آیا آب رودخانه با توجه به نوع کاربری‌ها کیفیت مناسبی دارد؟) و پرسش‌های کلی (کیفیت آب رودخانه چطور است؟) مفید است ولی برای پرسش‌های ویژه و پیش‌بینی‌های کاربردی و علمی مناسب نمی‌باشد.

بسیاری از سازمان‌های قانون‌گذاری، راهنماهای مفید و متنوعی را با هدف حفظ کیفیت آب‌ها منتشر نموده‌اند که می‌توان از آن‌ها برای تعیین شاخص عمومی کیفیت آب و شناخت وضعیت کیفیت منابع آب استفاده کرد. این شاخص‌ها، پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب را که با روش‌های متداول قابل اندازه‌گیری هستند را با روش‌ها و مدل‌های مشخصی ترکیب کرده و به صورت یک عدد بیان می‌کنند.

در ایران، شاخص کیفیت منابع آب سطحی^۱ (IRWQISC) تعریف شده است که در استفاده از این شاخص، ابتدا برخی از پارامترهای متداول کیفی آب (معمولاً ۱۱ پارامتر) انتخاب و بر اساس جدولی وزن‌دهی می‌شوند. سپس با استفاده از منحنی‌های رتبه‌بندی و روابط ریاضی، مقدار شاخص کیفی تعیین می‌شود. بر اساس مقادیر به دست آمده از این روابط در صورتی که مقدار شاخص کمتر از ۱۵ باشد، کیفیت آب سطحی بد و در صورتی که مقدار شاخص بیش‌تر از ۸۵ باشد کیفیت آب سطحی بسیار خوب سنجیده می‌شود و برای مقادیر شاخص‌های قرار گرفته در محدوده ۱۵ و ۸۵ نیز کیفیت آب سطحی به طور متناسب رتبه‌بندی می‌شود.

شاخص کیفیت آب در آمریکا توسط بنیاد ملی بهداشت^۲ (NSF) ارائه شده و در حال حاضر به منظور پایش روند تغییرات کیفیت آب رودخانه‌ها توسط سازمان‌های اجرایی در سراسر آمریکا مورد استفاده قرار می‌گیرد. بر این اساس، این شاخص با استفاده از مقادیر پارامترهای متداول کیفیت آب توسط سازمان‌ها محاسبه می‌شود، سامانه درجه‌بندی کیفیت آب را تعیین نموده تا به کمک آن بتوان کیفیت آب رودخانه‌ها را مدیریت کرد. توضیحات مربوط به نحوه برآورد این شاخص در پیوست ۲ ارائه شده است.

۲-۴-۶- برآورد (تخمین) بار آلودگی در حوضه آبریز

کیفیت آب رودخانه‌ها و منابع آب سطحی متأثر از حوضه آبریز است. فعالیت‌های دامداری شامل پرورش احشام، تغذیه دام‌ها، نظافت محل دامداری، ذخیره‌سازی کود و حتی دامداری‌های متروکه اثر منفی وسیعی بر کیفیت آب‌های سطحی دارند. فاضلاب تولیدی در مراکز جمعیتی و صنعتی و انباشت زباله نیز یکی از منابع اصلی ورود آلاینده‌ها از جمله فسفر و نیتروژن به منابع آب سطحی است. مهندسان و محققان از روش‌های مختلفی برای تخمین این بار آلودگی بهره می‌گیرند که می‌تواند در موضوع میزان بار آلودگی حوضه آبریز مهم باشد. بر اساس تجربیات عملی و توصیه‌های مشاورین برآوردهای زیر به دست آمده است:

- در فاضلاب خام، میانگین میزان ازت کل ۴۰ میلی‌گرم در لیتر است (حداقل ۲۰ و حداکثر ۷۰ میلی‌گرم)
 - در فاضلاب خام، میانگین میزان فسفر کل ۷ میلی‌گرم در لیتر است (حداقل ۴ و حداکثر ۱۲ میلی‌گرم)
 - میانگین نیترات هر لیتر شیرابه زباله در حدود ۱۰ میلی‌گرم در لیتر است (حداقل ۵ و حداکثر ۱۵ میلی‌گرم)
 - میانگین فسفات هر لیتر شیرابه زباله در حدود ۱۲ میلی‌گرم در لیتر است (حداقل ۷ و حداکثر ۱۷ میلی‌گرم)
- مقدار پساب (فاضلاب) تولیدی نیز به جمعیت، سرانه مصرف آب مصرفی و ضریب پساب و ضریب آب به حساب نیامده بستگی دارد. در ایران عمده مشاورین از گزارش‌های مطالعات طرح جامع آب کشور (جاماب) در حوضه آبریز و مطالعات شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور در تخمین این ضرایب و میزان پساب استفاده می‌کنند.

۱- IRan Water Quality Index for Surface Water Resources-Conventional Parameters, IRWQISC

۲- National Sanitation Foundation

برای محاسبه میزان بار آلودگی دام از مطالعات صورت گرفته توسط J.A. Moore and M.J. Gamroth (۱۹۹۳) مقدار سفر و نیتروژن حاصل از آن به تفکیک دام استخراج شده که در جدول (۱-۲) آورده شده است.

جدول ۱-۲- ضرایب بار آلودگی نیتروژن و فسفر انواع حیوانات

نوع حیوان	وزن (پوند)	وزن (کیلوگرم)	نیتروژن (پوند در روز)	نیتروژن (کیلوگرم در سال)	فسفر (پوند در روز)	فسفر (کیلوگرم در سال)
گاو	۵۰۰	۲۲۶/۸	۰/۱۷	۲۸/۱۵	۰/۰۵۱	۸/۴۴
	۷۵۰	۳۴۰/۲	۰/۲۶	۴۳/۰۵	۰/۰۷۹	۱۳/۰۸
	۱۰۰۰	۴۵۳/۶	۰/۳۴	۵۶/۲۹	۰/۱۰۹	۱۸/۰۵
	۱۲۵۰	۵۶۷	۰/۴۳	۶۹/۵۴	۰/۱۲۰	۱۹/۸۷
گوسفند	۱۰۰	۴۵/۴	۰/۰۴۵	۷/۴۵	۰/۰۰۶۶	۱/۰۹
مرغ (گوشتی)	۲	۰/۹۱	۰/۰۰۲۴	۰/۴	۰/۰۰۰۶	۰/۱

با استفاده از مقادیر جدول فوق و توصیه‌های ارائه شده در خصوص پساب مراکز جمعیتی می‌توان به تخمین اولیه در خصوص بار آلودگی در حوضه آبریز ناشی از این فعالیت‌ها دست یافت. لازم به ذکر است که دامداری صنعتی و مرغداری به عنوان منابع آلاینده نقطه‌ای و دام‌های بزرگ سنتی و دام‌های کوچک به عنوان منابع آلاینده غیر نقطه‌ای محسوب می‌شوند.

۲-۴-۷- مقررات تخلیه پساب در رودخانه‌ها

در مقررات تخلیه پساب به رودخانه‌ها، چند عامل مهم در نظر گرفته می‌شود که شامل ویژگی‌های فاضلاب تخلیه شده (منشا نقطه‌ای یا غیرنقطه‌ای، تجزیه‌پذیری و شدت آلودگی)، ظرفیت خودپالایی رودخانه (ویژگی‌های هیدرولیکی، جمعیت گیاهی و جانوری، مشخصات بستر) و کل بارگذاری جرمی ورودی در نقاط مختلف می‌شود. به دلیل پیچیدگی پارامترهای مختلف تعیین کننده کیفیت آب، تفاوت‌های زیادی بین رودخانه‌های کشورهای مختلف و یا بین رودخانه‌های واقع در مناطق آب و هوایی متفاوت وجود دارد. در نتیجه یک مجموعه استاندارد قابل قبول همگان در سطح جهان که بتواند کیفیت پایه شیمیایی یا زیستی آب رودخانه‌ها را تضمین نماید، وجود ندارد.

در ایران استاندارد تخلیه فاضلاب خروجی یا پساب خروجی به منظور تعیین حدود مجاز و استاندارد آلاینده‌های زیست محیطی در پساب‌ها جهت تخلیه به منابع پذیرنده، توسط سازمان حفاظت محیط زیست تدوین و منتشر شده است. استاندارد پساب خروجی بر اساس استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست و بر اساس منبع دریافت کننده به سه بخش استانداردهای خروجی پساب جهت تخلیه به آب‌های سطحی، تخلیه به چاه‌های جذبی و جهت مصارف کشاورزی و آبیاری فضای سبز طبقه‌بندی شده است. در استاندارد تخلیه پساب، آلاینده‌های موجود در پساب خروجی بر اساس نوع آن‌ها شامل آلاینده‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی طبقه‌بندی شده و استانداردهای محیط زیست در ارتباط با میزان مجاز آلاینده‌ها در قالب جداولی ارائه شده است.

در کشور آمریکا، تخلیه پساب به رودخانه‌ها و دیگر آب‌های سطحی از طریق تدوین یک سری از استانداردهای تخلیه معروف به سامانه ملی حذف تخلیه آلاینده^۱ NPDES کنترل می‌شود. در این سامانه، مجوزهای لازم با محدودیت کمی و کیفی پساب در ایالات مختلف صادر شده و نظارت عالیه بر آن‌ها توسط دولت فدرال صورت می‌گیرد. محدوده‌های مزبور در ایالات مختلف متفاوت بوده و به صورت مورد به مورد و بر اساس تخمین آثار نامطلوب کیفی بر محیط‌زیست و میزان بارگذاری مجاز آلاینده‌ها در طول مسیر رودخانه با توجه به ظرفیت خودپالایی رودخانه تعیین می‌شود. استانداردها با هدف حفظ یا بهبود کاربری‌های مختلف از رودخانه‌ها تدوین می‌شوند. این استانداردها بسیار جامع بوده به طوری که برای صنایع مختلف و حتی فرآیندهای به کار گرفته شده در داخل هر صنعت متفاوت است.

۲-۴-۸- بررسی معیارها و شاخص‌های آلودگی و آسیب‌پذیری آب‌های سطحی

یکی از مهم‌ترین گام‌ها در طراحی یک پروژه بهسازی همچنان که گفته شد آگاهی از میزان آلودگی و آسیب وارد شده به کیفیت آب رودخانه‌ها می‌باشد. در این راستا، افزون بر مطالبی که در ارتباط با استاندارد آب خام گفته می‌شود، معیارها و شاخص‌هایی در رابطه با میزان حساسیت منابع آب و همچنین تاثیر آلاینده‌ها بر میزان آلودگی و آسیب‌پذیری وجود دارند که در این جا به آن پرداخته می‌شود.

آسیب‌پذیری به مفهوم درجه‌ای است که یک سیستم، زیرسیستم یا اجزای یک سیستم در معرض خطر قرار گرفته یا در فرآیند آن اختلال ایجاد شود که این مفهوم بیانگر واژه احتمال و ریسک در ارزیابی سیستم منابع آب است. براین اساس به منظور تحلیل آسیب‌پذیری منابع آب سطحی مبتنی بر عوامل مختلف که بر وضعیت آن تاثیر دارند می‌توان حساسیت را ارزیابی کرد. حساسیت یک رودخانه در اصل مستقل از پتانسیل آلودگی منابع آلاینده بوده و ناشی از استعداد ذاتی رودخانه در آلوده شدن توسط پارامترهای آلودگی است. اما آسیب‌پذیری رودخانه در واقع از اثرات متقابل رودخانه و آلاینده ناشی می‌شود و پتانسیل منابع آلاینده نیز افزون بر استعداد ذاتی منابع آب در آلوده شدن منابع آب نقش دارند. براین اساس روش جامعی برای ارزیابی و مدل سازی ریسک آلودگی منابع آب سطحی وجود نداشته و تنها روش‌هایی بر مبنای سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای تحلیل وضعیت کلی ریسک تعریف می‌شود. یکی از این روش‌ها استفاده از برخی شاخص‌ها به عنوان ابزاری برای ارزیابی آسیب‌پذیری است. شاخص WRASTIC^۲ یک شاخص تعریف شده برای ارزیابی آسیب‌پذیری منابع آب سطحی است که براساس هفت پارامتر فاضلاب انسانی و حیوانی، وضعیت تفریحی، فعالیت‌های کشاورزی، فعالیت‌های صنعتی، اندازه حوضه، راه و حمل و نقل و تراکم پوشش گیاهی در سطح حوضه یک رودخانه تعریف می‌گردد. در این روش ارزیابی ریسک و آسیب‌پذیری آلودگی منابع آب براساس شرایط حوضه آبریز در ایجاد آلودگی منابع آب سطحی در هر محیط هیدرولوژیکی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. این شاخص براساس تاثیر

۱- National Pollution Discharge Elimination System

۲- Wastewater-Recreation-Agriculture-Size-Transportation-Industry-Cover

آلودگی آب سطحی وزن‌دهی شده و در نهایت یک ارزش منفرد برای کل منطقه محاسبه می‌شود. این شاخص براساس رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$\text{WRASTIC - Index} = W_r W_w + R_r R_w + A_r A_w + S_r S_w + T_r T_w + I_r I_w + C_r C_w$$

که در آن اندیس r رتبه و اندیس w وزن مربوط به هر یک از پارامترهای مدل است. بزرگ بودن این شاخص نشان دهنده قابلیت بیش‌تر منطقه مورد مطالعه در ایجاد آلودگی و میزان آسیب‌پذیری بالای منطقه نسبت به آلودگی است. تقسیم‌بندی پارامترهای این شاخص به صورت جدول (۲-۲) بیان شده است. در جدول (۳-۲) نیز تقسیم‌بندی نهایی شاخص از نظر آسیب‌پذیری بیان شده است.

جدول ۲-۲- کلاس‌بندی، وزن و رتبه پارامترهای شاخص WRASTIC

پارامتر	زیر بخش	محدوده	رتبه (r)	وزن (w)
تخلیه فاضلاب (W)	فرایند تصفیه	فرایند طبیعی	۱ - ۴	۳
		تصفیه مقدماتی	۳	
		تصفیه ثانویه	۲	
		تصفیه تکمیلی	۱	
فعالیت‌های تفریحی (R)	ورزش‌های آبی	فعالیت‌های موتوری در آب مجاز است.	۵	۳
		فعالیت‌های موتوری در آب مجاز نیست.	۴	
	دسترسی	دسترسی محلی به وسیله نقلیه در حوضه وجود دارد.	۳	
		دسترسی محلی بصورت گذرگاه عابرپیاده در حوضه وجود دارد.	۲	
		دسترسی به وسیله نقلیه وجود ندارد.	۱	
	زیرساخت‌های گردشگری	در فاصله ۵۰ متری قرار دارد	۴	
		در فاصله ۵۰ متری وجود ندارد	۰	
فعالیت‌های کشاورزی (A)	آبیاری دائمی	$< 10\%$	۱	۳
		$10\% - 25\%$	۲	
		$25\% - 50\%$	۳	
		$50\% - 75\%$	۴	
		$75\% - 100\%$	۵	
	تغییر کاربری اراضی کشاورزی	$< 20\%$	۱	۵
		$20\% - 40\%$	۲	
		$> 40\%$	۳	
سطح حوضه (S)	---	$< 1942/35$ کیلومترمربع	۵	۱
		$1942/35 - 388/47$ کیلومترمربع	۴	
		$388/47 - 155/39$ کیلومترمربع	۳	
		$155/39 - 38/85$ کیلومترمربع	۲	
		$> 38/85$ کیلومترمربع	۱	
راه‌های حمل و نقل (T)	راه آهن	مسیر اصلی راه‌آهن از داخل حوضه عبور می‌کند.	۴	۱
		قرار داشتن راه‌آهن توریستی در نزدیکی حوضه	۱	
	راه دسترسی	وجود بزرگراه در حوضه مورد مطالعه	۵	
		وجود شاهراه یا هر نوع راه آسفالت اصلی در حوضه	۴	
		وجود راه‌های محلی در حوضه	۳	

ادامه جدول ۲-۲- کلاس‌بندی، وزن و رتبه پارامترهای شاخص WRASTIC

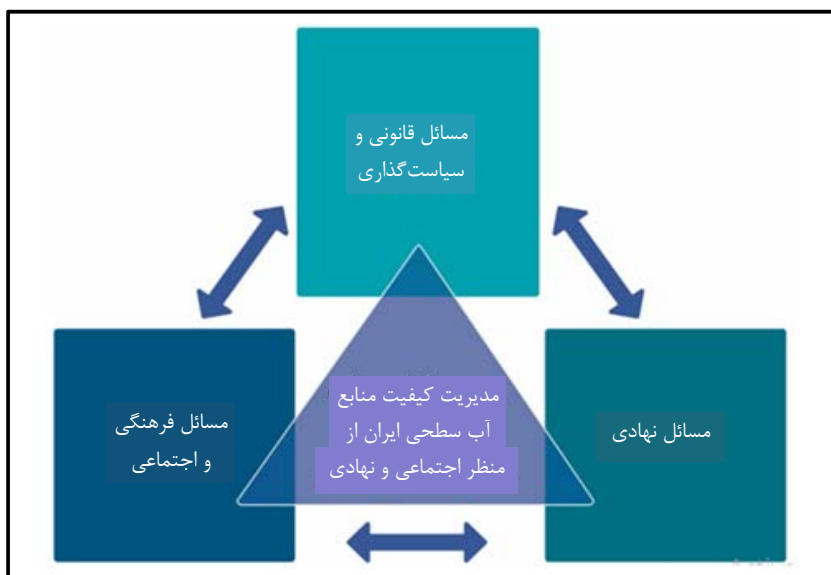
پارامتر	زیر بخش	محدوده	رتبه (r)	وزن (w)
فعالیت‌های صنعتی (I)		جاده آسفالت نشده وجود دارد.	۱	
		هیچ نقل و انتقالی در حوضه وجود ندارد.	۰	
	فعالیت‌های صنعتی	فعالیت‌های صنعتی وجود دارد.	۳	۴
		فعالیت‌های صنعتی وجود ندارد.	۰	
	فعالیت‌های استخراجی	معادن و محل دفن زباله	۵	
		وجود محدوده‌های بهره‌برداری	۱	
		عدم وجود محدوده بهره‌برداری	۰	
میزان تراکم پوشش گیاهی سطح زمین (C)	---	۰-۵٪	۵	۱
		۶-۱۹٪	۴	
		۲۰-۳۴٪	۳	
		۳۵-۵۰٪	۲	
		۵۰٪ >	۱	

جدول ۲-۳- تقسیم‌بندی میزان آسیب‌پذیری

کلاس آسیب‌پذیری	شاخص WRASTIC
پایین (آسیب‌پذیری کم- آلودگی کم)	۴۰-۱۰
متوسط (آسیب‌پذیری متوسط-آلودگی متوسط)	۷۰-۴۰
بالا (آسیب‌پذیری بالا-آلودگی بالا)	۹۰-۷۰
خیلی بالا (آسیب‌پذیری خیلی بالا- آلودگی خیلی بالا)	۱۰۰-۹۰

۲-۵- بررسی مشکلات کیفی آب‌های سطحی از دیدگاه اجتماعی و شکاف‌های نهادی

مدیریت و حفاظت از کیفیت منابع آب در زمره مسائل پیچیده و چندبعدی قرار دارد که طی چند دهه اخیر تمرکز بیش‌تری بر ابعاد اجتماعی و نهادهای دولتی داشته است. در این بخش از راهنما به حوزه مطالعات اجتماعی و نهادی و شناسایی شکاف‌های برآمده از آن پرداخته می‌شود. در این راستا سه پارامتر غیر فنی که بر کیفیت منابع آب سطحی تأثیر به‌سزایی دارند، در الگوی شکل (۲-۱) نمایش داده شده است.



شکل ۲-۱- عناصر اثرگذار بر مدیریت کیفیت منابع آب سطحی ایران از منظر نهادی و اجتماعی

با توجه به هدف اصلی این بخش که تبیین مسائل اجتماعی و نهادی در حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی است، شناسایی عوامل بر هم زننده کیفیت منابع آب سطحی، اولویت اصلی است. به این منظور با شناسایی و کشف مهم‌ترین مسائل اجتماعی مدیریت کیفیت منابع آب سطحی کشور و زمینه‌های ایجاد آن‌ها، نظر خبرگان این زمینه اخذ شده است. بنابراین در ابتدا گزارشی از جایگاه کیفیت منابع آب سطحی در اسناد و قوانین ارائه شده، سپس در حوزه اجرایی، نتایج مصاحبه با متخصصان و کارشناسان آورده می‌شود. جامعه آماری مورد مصاحبه، شامل مدیران میانی و بالارده مدیریت کیفیت منابع آب کشور، کارشناسان متخصص امور اجتماعی در شرکت‌های آب منطقه‌ای، جهاد کشاورزی، سازمان حفاظت محیط‌زیست و وزارت بهداشت، بخش دانشگاهی و بخش خصوصی در شرکت‌های مهندسی مشاور با تخصص کیفیت منابع آب سطحی می‌باشند. همچنین در بخش اسناد نیز شرح قوانین، احکام ابلاغی، برنامه‌های توسعه و مصوبات شورای عالی آب در زمینه کیفیت منابع آب سطحی مورد بررسی قرار گرفته است. در پیوست ۲ به تفصیل به موضوع شکاف‌های نهادی پرداخته شده است.

فصل ۳

اطلاعات و داده‌های مورد نیاز

۳-۱- مقدمه

شناسایی، اندازه‌گیری و در اختیار داشتن داده‌ها و اطلاعات موردنیاز شرط لازم برای انجام پروژه‌های مرتبط با رودخانه‌ها از جمله پروژه‌های بهسازی کیفی آب می‌باشد. در راهنمای پیش‌رو، داده‌ها و اطلاعات موردنیاز برای اجرای یک طرح بهسازی کیفی در رودخانه‌ها به دو بخش کلی اطلاعات و داده‌های کمی و کیفی تقسیم شده است. در بخش اطلاعات و داده‌های کمی، داده‌های مرتبط با هیدرولیک، هیدرولوژی، مورفولوژی و حتی اجتماعی فرهنگی بررسی شده و در بخش اطلاعات و داده‌های کیفی، داده‌های مرتبط با انواع آلاینده‌ها، منشاء تولید و اثرات آن‌ها بر کیفیت آب رودخانه‌ها مورد بحث قرار می‌گیرند.

۳-۲- داده‌های کمی (هیدرولیکی، هیدرولوژیکی، زیست‌بوم مورفولوژیکی، هندسی و اجتماعی)

برای دستیابی به یک الگوی کاربردی در مسیر بهسازی و ارتقاء کیفیت منابع آب سطحی، اطلاعات ناکافی یا ناقص منجر به مشکلات و محدودیت‌هایی در بهسازی مؤثر رودخانه شده و منجر به درک ضعیف از وضعیت طبیعی جریان آب، انتخاب اهداف نامناسب و نهایتاً ارائه گزینه‌های نامناسبی برای بهسازی می‌شود. بدیهی است که از مهم‌ترین پیش‌نیازهای یک برنامه بهسازی، گردآوری یا تولید داده‌هایی است که منجر به بهینه‌سازی فعالیت‌ها، سرمایه‌گذاری‌ها و در نتیجه بهبود منابع آب شود. بنابراین تجزیه، تحلیل و تفسیر داده‌های گوناگون، یکی از بنیادی‌ترین اجزای فرآیند بهسازی به شمار می‌رود. در ادامه، این داده‌ها و اطلاعات به تفکیک آورده شده است.

۳-۲-۱- داده‌های هیدرولیکی و هیدرولوژیکی

دخالت در شرایط طبیعی رودخانه به منظور اجرای یک پروژه بهسازی کیفی، بدون درک درستی از هیدرولیک جریان رودخانه، ممکن است نه تنها منجر به بهسازی نشود بلکه منجر به افزایش مسائل و مشکلات موجود گردد و بنابراین بهسازی رودخانه باید بر اساس انجام مطالعات دقیق هیدرولیکی صورت پذیرد. مطالعات هیدرولیک جریان به ویژه در رودخانه‌هایی که از محدوده‌ی شهری یا روستایی عبور می‌کنند، از اقدامات اساسی در این راستا بوده و بررسی و تعیین رژیم طبیعی جریان آب و برنامه‌ریزی براساس آن، از الزامات یک طرح بهسازی است. برای تعیین وضعیت هیدرولیکی جریان در رودخانه موردنظر، گردآوری داده‌های زیر الزامی می‌باشد:

- سرعت جریان در مقاطع مختلف بازه مورد مطالعه

- دبی جریان روزانه

- مدت‌زمان تداوم جریان

- اطلاعات سیلاب‌های منطقه

- مدت‌زمان تداوم سیلاب‌های کوچک و بزرگ

- عمق آبراهه

- پهنه سیل گیر

- تعیین حریم دریاچه‌های احدثی در پشت سدها

- حد بستر و حریم رودخانه‌های موجود در محدوده مطالعاتی

باید توجه داشت که در مناطق خشک و نیمه‌خشک، ویژگی‌های خاص هیدرولوژیکی و فیزیولوژیکی حوضه‌های آبریز، باعث به وجود آمدن جریان‌هایی با ویژگی‌های متفاوت هیدرولیکی در این نواحی می‌گردد. در این مناطق رودخانه‌ها در اغلب فصول سال خشک می‌باشند و در فصول پرباران محل جمع‌آوری و انتقال سیلاب‌های حوضه آبریز خود قرار می‌گیرند. شدت بارش و نحوه توزیع بارش به همراه ویژگی‌های مورفولوژیکی حوضه آبریز، از جمله کمبود پوشش گیاهی در این مناطق باعث تولید رواناب‌هایی با هیدروگراف‌های متفاوت می‌شود. هیدروگراف‌هایی با زمان پایه کوتاه و قله‌های تیز که سیلاب‌های شدیدی را به وجود می‌آورند. همچنین عدم وجود جریان پایه در رودخانه‌های فصلی، باعث می‌شود ماهیت هیدروگراف بالادست و پایین‌دست به علت نفوذ حجمی آب از بستر و کناره‌های رودخانه کاملاً متفاوت باشد. بنابراین تعیین وضعیت هیدرولوژی بدنه آبی شامل موارد زیر، از ضروریات مطالعات بهسازی می‌باشد.

- دبی- اشل در ایستگاه‌های شاخص
- میانگین آبدهی سالانه و ماهانه
- حداقل، حداکثر و میانگین دبی ماهانه
- فراوانی رخداد سیلاب‌های بزرگ
- مقدار و فراوانی دبی اوج سیلاب‌های کوچک و بزرگ
- تعداد روزهای جریان با دبی صفر
- تغییر مدت تداوم و زمان وقوع رخدادهای جریان‌های حدی سالانه
- شدت و مدت بارش
- نحوه توزیع بارش
- ویژگی‌های مورفولوژیکی (ریخت‌شناسی) حوضه آبریز

۳-۲-۲- داده‌های خاک‌شناسی و رسوب

بررسی تأثیر وضعیت زمین‌شناسی و جنس خاک مناطق پیرامون آب‌های سطحی، از دیگر نکات مهم در تعیین برنامه بهسازی منابع آب سطحی باید باشد. بنابراین لازم است بین فرآیندهای زمین‌ریخت‌شناسی و ژئولوژی منطقه موردنظر و منابع آب موجود در آن رابطه‌ای برقرار شود تا بر اساس آنچه که در طبیعت دیده می‌شود، وضعیت کیفی منابع آب سطحی پیش‌بینی شده و راه کارهای پایش ارائه گردد.

مقدار و نوع رسوبات معلق و بستر در هر رودخانه‌ای تاثیر مستقیمی در کیفیت آب دارد و بنابراین بررسی و تحلیل وضعیت رسوبات رودخانه موردنظر نیز ازجمله مواردی است که لازم است برای انجام پروژه‌های بهسازی رودخانه‌ها انجام گیرد. برای تکمیل اطلاعات وضعیت کیفی جریان و برنامه‌ریزی برای پروژه‌های بهسازی، آگاهی از اطلاعات زیر الزامی است:

- موقعیت و وسعت محدوده موردنظر
- وضعیت زمین‌شناسی و جنس و بافت خاک نواحی پیرامون رودخانه
- شرایط بستر (میزان فرسایش دیواره و بستر رودخانه)
- تاثیر سازه‌های حفاظتی بر میزان فرسایش و رسوبگذاری
- پیچ و خم‌های رودخانه (مئاندرها)
- شیب و جنس دیواره و بستر
- نوع و غلظت ذرات رسوبی
- وضعیت تغییر بافت رسوبات انتقالی
- دبی رسوب
- میزان و نحوه انتقال رسوبات
- اشکال و فرآیندهای زمین‌ریخت‌شناسی و ژئولوژی منطقه
- ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه آبریز مانند شیب و توپوگرافی
- شرایط اقلیمی حوضه

۳-۲-۳- وضعیت کشاورزی منطقه

برای برنامه‌ریزی و مطالعه یک برنامه بهسازی و ارتقاء کیفی منابع آب سطحی در یک منطقه، وضعیت موجود زمین‌های کشاورزی و باغی و همچنین آبی‌پروری منطقه می‌بایست به شرح زیر مورد بررسی قرار گیرد.

- وضعیت کاربری اراضی
- نوع و الگوی کشت
- روش آبیاری
- کودها و سموم مورد استفاده
- وضعیت زهکشی اراضی
- وضعیت دفع زه‌آب کشاورزی و کیفیت آن
- نوع آبزیان و تغذیه آن‌ها
- کیفیت زه‌آب تولیدی از واحدهای آبی‌پروری

۳-۲-۴- داده‌های زیست‌بوم مورفولوژیکی

جهت بررسی زیست‌بوم مورفولوژیکی منابع آب سطحی، در گام نخست می‌بایست مشخصات فیزیکی و بیولوژیکی رودخانه‌ها (شامل ریخت‌شناسی، اندازه آن و شاخص‌های بیولوژیکی متمرکز بر گونه‌های گیاهی یا جانوری موجود در جریان) استخراج شود. از ارزیابی و تجزیه و تحلیل داده‌ها و اطلاعات زیست‌بوم مورفولوژیکی بازه مورد مطالعه از رودخانه و همچنین با در دست داشتن داده‌های مربوط به آلاینده‌ها، می‌توان تاثیرات احتمالی این آلاینده‌ها بر هر نوع تغییری در گونه‌های گیاهی و جانوری رودخانه و نواحی پیرامونی آن را آشکار نموده و شرایط در آینده را پیش‌بینی نمود. از بین رفتن یا تغییر پوشش گیاهی، تغییر نوع گونه‌های گیاهی و جانوری مانند تغییرات ژنتیکی، رشد بی‌رویه برخی گیاهان غیر بومی در بازه مورد مطالعه، کاهش یا افزایش تعداد جانوران منطقه و مانند این می‌توانند نتیجه‌ای از تاثیر آلاینده‌ها بر زیست‌بوم مورفولوژیکی رودخانه باشند. همچنین در زیست‌بوم مورفولوژیکی، شناخت ویژگی‌های کاربردی گونه‌های گیاهی محلی و طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی کلیدی نیز باید مورد توجه قرار گیرد. پوشش گیاهی در بستر و حاشیه رودخانه موجب افزایش زبری مسیر و کاهش میانگین سرعت جریان، کاهش انرژی آب و تغییر توزیع سرعت لایه‌ای و به عبارتی تغییر پروفیل سرعت جریان در مقطع عرضی رودخانه می‌شود. در این خصوص گردآوری داده‌ها و اطلاعات زیر دارای اهمیت می‌باشد:

- داده‌های مربوط به روابط بین قطر ریشه، طول ریشه و استحکام کششی ریشه گونه‌های گیاهی پیرامون رودخانه مورد مطالعه. با استفاده از این داده‌ها می‌توان چگونگی عملکرد ریشه با گونه‌های گیاهی مناسب را تطبیق داده و دستورالعملی برای تعیین گونه گیاهی مناسب برای تثبیت کناره‌های رودخانه تدوین نمود.
- انجام آزمایش‌های صحرایی برای تکمیل بانک اطلاعاتی گیاه، ضمن توجه به اینکه مهم‌ترین ویژگی حائز اهمیت گیاهان مجاور رودخانه‌ها، قدرت بیرون‌کشی ریشه است که نشان‌دهنده مقاومت گونه‌های گیاهی در برابر ریشه‌کن کردن می‌باشد. از آزمایش‌های مزرعه‌ای، ثبت طول ریشه برای گونه‌های مختلف گیاهی نیز مفید خواهد بود تا مشخص شود که آیا ریشه‌های گیاه قادر به نفوذ از ناحیه سطح لغزش پیش‌بینی شده از تجزیه و تحلیل هستند یا خیر.
- زمان لازم برای رشد گونه‌های گیاهی و اجازه دادن به ریشه‌ها برای رسیدن به عمق کافی باید در نظر گرفته شده و اقدامات پیشگیرانه تا زمانی که ریشه به طور کامل فعال شود نیز باید مدنظر قرار گیرد. همچنین ایجاد پایگاه‌های اطلاعاتی از گونه‌های گیاهی کمیاب در هر منطقه نیز از الزامات می‌باشد.
- در نتیجه تعیین موارد زیر در کمک به بهسازی منابع آب سطحی ضروری می‌باشد:
- ریخت‌شناسی رودخانه
- اندازه رودخانه (طول، عرض، سطح مقطع و دبی رودخانه)
- شاخص‌های بیولوژیکی متمرکز بر گونه‌های گیاهی یا جانوری موجود در جریان

- شناخت ویژگی‌های کاربردی گونه‌های گیاهی محلی
- طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی کلیدی
- پوشش گیاهی در بستر و حاشیه رودخانه
- روابط بین قطر ریشه، طول ریشه و استحکام کششی ریشه
- میزان استحکام کششی گونه‌های گیاهی
- گونه‌های گیاهی کمیاب در هر منطقه
- اهداف مصارف بدنه‌های آبی
- نحوه بهره‌برداری از بدنه‌های آبی

۳-۲-۵- داده‌های اجتماعی و فرهنگی

- شناسایی فعالیت کنونی نهادها در حساس کردن جامعه نسبت به افت کیفیت و کمیت منابع آب
- شناسایی تخلفات و جریمه‌های نقدی و غیرنقدی (احتمالی) موجود برای افراد حقوقی و حقیقی بر هم زنده کیفیت منابع آب و ارزیابی اثرات آن جریمه‌ها تاکنون
- شناسایی شکاف‌های نهادی بین سازمان حفاظت محیط‌زیست، وزارت نیرو و وزارت جهاد کشاورزی در موضوع تصرفات بستر و حریم رودخانه
- شناسایی شکاف نهادی بین سازمان حفاظت محیط‌زیست و وزارت صمت در تعیین وضعیت و مکان‌یابی واحدهای صنعتی
- تکمیل پرسشنامه ارزیابی نوع نگرش و دلایل بی‌توجهی افراد به حفاظت از کیفیت منابع آب
- تکمیل پرسشنامه ارزیابی میزان دانش افراد از میزان آلودگی و عوامل آلوده‌کننده آب‌های سطحی منطقه
- تکمیل پرسشنامه ارزیابی دانش کارشناسان نهادهای دولتی مرتبط، از چگونگی تعامل با جامعه در موضوع حفاظت از منابع آب

۳-۲-۶- تاریخچه شیمیایی و بیولوژیکی جریان

در اغلب موارد، به دلیل نامشخص بودن شرایط طبیعی رودخانه، بررسی تاریخچه شیمیایی و بیولوژیکی جریان موردنیاز است و برای دستیابی به این داده‌ها، نیاز به گذشته تاریخی کیفیت آب، تأثیر ساختار زمین‌شناسی، خاک، آب و هوا و توپوگرافی می‌باشد. به‌عنوان مطالعات تکمیلی، می‌توان سوابق گذشته گیاهان یا جانورانی را که زمانی در جریان یافت شده است را نیز مدنظر قرار داد. تعیین میزان تحمل آلودگی توسط این گونه‌ها، نشان‌دهنده وضعیت کیفیت آب در حال حاضر خواهد بود. وجود اطلاعات بارش و سیلاب‌های منطقه نیز برای بررسی تاریخچه شیمیایی و بیولوژیکی جریان موردنیاز است.

بررسی وضعیت تغییرات کاربری اراضی، توان خودپالایی رودخانه‌ها و منابع آب سطحی، وضعیت آب‌وهوا، زمین‌ریخت‌شناسی و زمین‌شناسی محدوده مطالعه، و وضعیت حیات جانوری و گیاهی منطقه و تاریخچه تغییرات کمی آب، از مواردی هستند که باید در تعیین نحوه کمک به بهسازی رودخانه‌ها مدنظر قرار گیرد.

۳-۳-۳- داده‌های کیفی (آلاینده‌های آب، منشا تولید و اثرگذاری و تواتر اندازه‌گیری پارامترها)

۳-۳-۳-۱- انواع آلاینده‌ها در آب‌های سطحی

آلاینده‌ها، ماده یا انرژی واردشده به محیط زیست هستند که اثرات نامطلوبی داشته یا بر سودمندی یک منبع تأثیر نامطلوب می‌گذارند. آلاینده‌ها می‌توانند به طور طبیعی مانند مواد معدنی یا ترکیبات استخراج‌شده مانند نفت یا به طور مصنوعی یعنی مواد ساخته شده یا در اثر محصولات جانبی ناشی از تجزیه زیستی، تولید شوند. هنگامی که غلظت آلاینده به اندازه‌ای باشد که اثرات منفی قابل توجهی داشته باشد، منجر به آلودگی محیط زیست از جمله آب‌های سطحی می‌شود. در پروژه‌های بهسازی کیفی رودخانه‌ها، ارزیابی کیفی آب رودخانه پیش از هر اقدام بهسازی ضروری است. کیفیت آب رودخانه را اغلب می‌توان به وسیله یک پارامتر و یا مجموعه‌ای از چندین پارامتر مختلف مورد بررسی قرار داد. با این وجود در بیش‌تر موارد کیفیت آب توسط تعداد محدودی از پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی به خوبی توصیف می‌شود. ترکیب آلاینده‌های مورد اندازه‌گیری از دیدگاه پایش یا بهسازی کیفی می‌تواند شامل آلاینده‌های معدنی، آلاینده‌های آلی و دیگر پارامترهای تأثیرگذار در کیفیت آب باشد. در پیوست ۳ آلاینده‌های معدنی و آلی و دیگر آلاینده‌های تأثیرگذار در کیفیت آب‌های سطحی آورده شده است.

۳-۳-۳-۲- بررسی عوامل آلوده‌کننده، نحوه ورود به آب‌های سطحی و علائم مشخصه آن‌ها

فعالیت‌های شهری، صنعتی و کشاورزی به طور عمده با تامین و مصرف آب توأم هستند. این فعالیت‌ها موجب تولید پساب‌ها، زه‌آب‌ها، پسماندها و گازهای آلاینده می‌شوند. آلاینده‌های ناشی از فعالیت‌های مختلف انسانی از راه‌های مختلف وارد محیط زیست و آب‌های سطحی می‌شوند. اجزای محیط زیست پس از دریافت آلاینده‌ها می‌توانند بخشی از آن‌ها را طی فرآیندهای طبیعی، پالایش کرده و به ترکیبات و مواد سازگار با خود تبدیل کنند و تعادل پیشین را دوباره ایجاد نمایند. عوامل محیطی همچون تابش نور، گرما و فعالیت موجودات زنده موجب فرآیندهایی مثل واکنش‌های شیمیایی، بیوشیمیایی، فتوشیمیایی، جذب سطحی و انتقال گاز شده و سبب پایش برخی از آلودگی‌ها می‌شوند. با این وجود در صورتی که اکوسیستم‌ها با مقدار آلاینده‌های بیش از توان پالایش طبیعی خود روبرو شوند شرایط تعادل زیست محیطی دچار بحران می‌شود (عنا‌بستانی و قربانی، ۱۳۸۹). حفظ پتانسیل خودپالایی آب در رودخانه‌ها یک پیش شرط مهم برای استفاده پایدار از منابع آبی و نیز شرط اساسی برای توسعه پایدار و رشد اقتصادی است. امروزه رودخانه‌ها به بستری برای

انتقال پساب‌ها و پسماندها تبدیل شده‌اند. این پساب‌ها هم به صورت متمرکز مانند پساب‌های شهری و هم غیرمتمرکز مانند زه‌آب‌های کشاورزی بر افت کیفیت رودخانه‌ها تأثیر به سزایی دارند [۳].

بر اساس آلاینده‌های مهم ارائه شده، پیامدها یا چگونگی تأثیرگذاری ورود هر کدام از آلاینده‌ها به رودخانه‌ها تعیین می‌شود. طراحان برنامه بهسازی کیفی منابع آب سطحی باید به تفکیک نوع آلودگی، منشأ آلودگی و مسیر ورود و فرآیند انتقال آن‌ها را با جزییات کامل و سطح دقت مناسب مشخص سازند. جدول (۳-۱) پارامترهای مرتبط با آلاینده‌ها و علائم مشخصه هر پارامتر در تغییر کیفیت آب را به تفکیک تشریح می‌نماید [۴].

جدول ۳-۱- عوامل و علائم مسائل خاص کیفیت آب مرتبط با نوع آلودگی

علائم مشخصه	اجزای (عوامل) کیفیت آب
- رشد بیش‌ازحد جلبک‌ها در رودخانه‌ها و آبراه‌ها، چسبیدن به سنگ‌ها و حتی رسوب در آب‌های کم‌عمق - استقرار علف‌های هرز آبی بیگانه (مانند سنبل آبی) در رودخانه‌هایی با عمق زیاد و سرعت جریان کم - نرخ سریع رشد نیزارها و سایر گیاهان در مناطق کم‌عمق حاشیه رودخانه‌ها - جلبک در آب با جریان کم سرعت و راکد شکوفا می‌شود، رنگ آب در موارد شدید کدر یا سبز به نظر می‌رسد؛ بو و یا تجمع تفاله‌های آلی سیاه‌رنگ در بستر رودخانه؛ - در موارد شدید سمیت آمونیاک، ممکن است مرگ‌ومیر ماهی‌ها قابل مشاهده باشد اما معمولاً مرگ ماهی به دلیل اکسیژن کم است. سطوح بسیار بالای نیتريت‌ها و نیترات‌ها (به‌ندرت) می‌تواند منجر به تغییر شکل در قورباغه‌ها شود و ماهی‌ها و بی مهرگان آبی را تحت تأثیر قرار دهد. یادآوری: - ممکن است غنی شدن مواد مغذی در قسمتی از رودخانه هیچ نشانه‌ای نداشته باشد ولی در جایی دیگر که عمق جریان افزایش یافته است، شرایط برای غنی شدن مواد مغذی فراهم می‌شود. - گونه‌های خاص جلبک، حتی در آب دارای مواد مغذی کم نیز تا حدودی وجود دارند.	مواد مغذی، فسفر و نیتروژن
- آب شفاف دیده می‌شود. نمک زیاد باعث می‌شود ذرات خاک رس از ستون آب خارج شوند؛ - وجود گونه‌های گیاهی مقاوم به نمک؛ - پوسته‌های نمکی قابل مشاهده در کناره‌های رودخانه، به‌ویژه رودخانه‌هایی که تغییرات دبی در فصول متفاوت زیاد است؛ - تغییرات در طعم آب، پوشش گیاهی ضعیف و مشکلات دام.	شوری
- شامل فلزات سنگین، آمونیاک یونیزه نشده (NH_3)، روغن‌ها (هیدروکربن‌ها)، علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها. - بیش‌تر رودخانه‌ها همواره دارای مقداری مواد ریزدانه (سیلت و رس) هستند. باین‌حال، اگر سیلت یا رس بستر رودخانه را پوشانده باشد، فضای بین شن‌های بستر را کاملاً پر کرده و گیاهان دچار خفه‌شدگی می‌شوند. احتمالاً در این حالت کدورت و یا رسوبات ریزدانه سبب بروز مشکل در حیات گیاهان آبی در بازه رودخانه موردنظر می‌شود. مشکل در مسیر رودخانه با رسوبات معلق را می‌توان تا حدی به‌صورت بصری به‌عنوان یک‌لایه با کدورت بالا یا کدر تشخیص داد. یادآوری: - حجم رسوبات ریزدانه می‌تواند بسته به سرعت و دبی جریان بسیار متفاوت باشد. همچنین رسوب بسیار کم نیز می‌تواند در رودخانه به همان اندازه سبب بروز مشکل باشد. - باید در جریان‌های کم و زیاد بتوان منبع کدورت در رودخانه را تشخیص داد.	کدورت و رسوبات ریزدانه
- دیده شدن ماهی‌ها در سطح آب (مراجعه به سطح برای دریافت اکسیژن)، در موارد شدید، مرگ ماهی‌ها، نشانه‌های غنی شدن مواد مغذی، به‌خصوص گل‌های سیاه در آب‌های کم‌عمق و گرم - ورود جریان‌های غنی از مواد مغذی در شرایط گرم - به‌عنوان مثال: پایین دست محل ورود فاضلاب به رودخانه‌ها	کمبود اکسیژن محلول
دماهای بالا*: - آب‌های کم‌عمق و بدون سایه در مناطقی با دمای هوای بالا ممکن است در برخی مواقع مستعد گرم شدن بیش‌ازحد باشند. - جریان پساب ورودی به رودخانه یا بدنه آبی ممکن است دمای بالایی داشته باشد. دماهای پایین: - اغلب ناشی از تخلیه آب از قسمت‌های عمیق سدهای بزرگ	دما

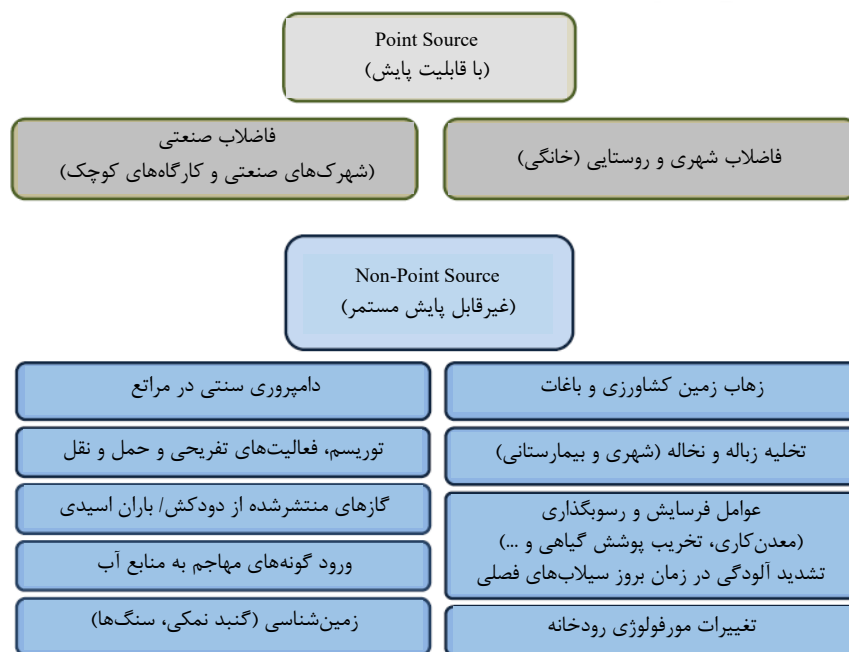
* توجه: دمای بالا ممکن است فقط در دوره‌های کوتاه روز رخ دهد، اما ممکن است منجر به رسیدن اکسیژن به آستانه‌های بسیار پایین شود.

تدوین سناریوهای تصمیم‌سازی، نیازمند آگاهی دقیق از عوامل، پیامدها و نوع آلودگی‌های ورودی به رودخانه می‌باشد. بنابراین اطلاعات مرتبط با نحوه ورود آلودگی به رودخانه می‌بایست به‌دقت توسط طراحان برنامه بهسازی کیفی جمع‌آوری و مورد ارزیابی قرار گیرد. به این منظور جدول (۳-۲) که بیانگر نوع داده‌های موردنیاز در این زمینه می‌باشد، پیشنهاد شده است. در این جدول، مجموعه‌ای از اطلاعات توصیفی، آلاینده‌ها، پارامترهای هیدرولیکی و هیدرودینامیکی، فنی و مهندسی و داده‌های میدانی در کنار هم قرار خواهند گرفت. با این مجموعه می‌توان سیمای وضعیت موجود را بهتر ترسیم و برآورد کرد.

جدول ۳-۲- چک لیست داده‌های مرتبط با نحوه ورود آلودگی به آب‌های سطحی (رودخانه)

ردیف	اطلاعات موردنیاز	مشخصات داده‌ها
۱	رودخانه (اطلاعات توصیفی)	نام حوضه آبریز، موقعیت بازه در حوضه، طول بازه موردبررسی نوع جریان (دائمی، فصلی و موقتی)، شیب عمومی، دبی (سالانه و ماهانه) نوع مناطق مجاور (شهری، روستایی، صنعتی، طبیعی و ...)
۲	نوع آلودگی	مواد مغذی، سفر و نیتروژن، رسوبات ریزدانه، شوری، مواد سمی و مسائل مرتبط با دما و ...
۳	منشأ آلودگی	نقطه‌ای: فاضلاب شهری، روستایی و صنعتی، پساب تصفیه‌خانه‌ها، پساب واحدهای نمک‌زدایی و آب حاصل از خنک‌کاری واحدهای نیروگاهی یا صنعتی غیر نقطه‌ای: تراوش، زهکش اراضی کشاورزی و باغات، شیرابه مکان‌های دفن زباله (شهری و بیمارستانی)، نخاله‌های ساختمانی، چاه‌های جذبی (نواحی مسکونی) مناطق مجاور رودخانه‌ها، چرای دام، دودکش‌های صنعتی / باران اسیدی، آلودگی‌های معدنی و وابسته به زمین‌شناسی و فعالیت‌های گردشگری، تفریحی و حمل‌ونقل
۴	مشخصات ورود به آب‌های سطحی	دبی سالانه و تغییرات آن در فصول مختلف، نحوه ورود (ثقلی و سطح آزاد، داخل رودخانه با دیفوزرها)، دمای پساب، رقیق‌سازی و هوادهی
۵	مشخصات هیدرودینامیکی مرتبط با فرآیند انتقال	تخمین ضریب پخش و انتشار، تعیین فرآیند غالب، توان خود پالایی، سرعت جریان و زمان ماند

در طرح‌های بهسازی کیفی آگاهی از مشخصات منشأ آلودگی‌ها، گام مهمی در راستای اندازه‌گیری، پایش و پیش‌بینی میزان آلودگی رودخانه در بازه‌های زمانی مختلف می‌باشد. در آلودگی‌های نقطه‌ای همواره امکان اندازه‌گیری میزان آلودگی و پایش پیوسته آن وجود دارد ولی در آلودگی‌های غیرنقطه‌ای چنین امکانی وجود ندارد و یا مشکل است. در شکل (۳-۱) ساختار کلی منشأ آلودگی‌های نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای در رودخانه‌ها آورده شده است.



شکل ۳-۱- ساختار کلی منشأ آلودگی‌های نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای در رودخانه‌ها

در مناطق شهری و صنعتی، رواناب‌های جاری شده ناشی از فاضلاب شهری و صنعتی در اثر رخداد بارندگی و سیل ممکن است شامل مقادیر زیادی از فاضلاب خام و سایر زباله‌های خانگی باشد که به رودخانه منتقل می‌شوند. بنابراین در این راستا تهیه اطلاعات زیر برای تدوین یک برنامه بهسازی الزامی است:

- وضعیت و مشخصات دفع فاضلاب بافت مسکونی حاشیه رودخانه‌ها (مانند دبی جریان و پارامترهای کیفی)
- وضعیت دفع پسماند بافت مسکونی پیرامون رودخانه (مانند حجم پساب و محل دفن)
- جانمایی و نوع صنایع موجود در منطقه و اطلاعات مرتبط با پساب آن‌ها
- نوع و میزان دفع فاضلاب صنایع
- توپوگرافی محدوده مطالعه
- نقشه‌های کاربری اراضی

با توجه به انواع آلاینده‌ها باید جزییات مساله و داده‌ها را دسته‌بندی و تبیین نمود. پیشنهاد می‌گردد عوامل ایجادکننده آلودگی، نوع آلاینده، منشأ، مقادیر کمی، نحوه ورود و انتقال و اثر مشهود بر کیفیت و زیست‌بوم منطقه و اطلاعات تکمیلی توسط طراحان برنامه به‌سازی کیفی جمع‌آوری و به صورت جدول (۳-۳) دسته‌بندی گردد. اطلاعات لیست شده در این جدول مبنای طراحی‌ها قرار خواهد گرفت.

جدول ۳-۳- لیست داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز در هر برنامه بهسازی کیفی رودخانه

ردیف	شرح فعالیت	داده و اطلاعات
۱	نوع آلاینده	(مواد مغذی، فسفر و نیتروژن، شوری، کدورت و رسوبات ریزدانه، مواد سمی، اکسیژن محلول، دما و ...)
۲	عوامل تولید آلاینده	(فاضلاب بهداشتی، زه‌آب کشاورزی، زه‌آب صنعتی و دام و ...)
۳	مقادیر کمی آلاینده	(اطلاعات در خصوص دبی، غلظت مواد و داده‌های کمی)
۴	منشاء ورود و انتقال آلاینده	(نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای، نحوه انتشار و مسائل مربوطه)
۵	اثرات مشهود آلاینده	(تغییر پارامترهای فیزیکی پهنه آبی، تاثیر بر روی انسان و موجودات زنده جانوری و گیاهی)
۶	اطلاعات تکمیلی	(داده‌های فنی و جزییات مهم مربوطه)

۳-۳-۳- تهیه لیست نوع و شدت اثرات آلودگی بر منابع آب سطحی

هر نوع آلودگی ممکن است تاثیر مشخصی بر پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی رودخانه داشته باشد، بنابراین جمع‌آوری اطلاعات مربوط به هر آلودگی و نوع تاثیر آن بر منابع آب سطحی، گامی دیگر در راستای طرح بهسازی کیفی به شمار می‌رود. در جدول (۳-۴) لیستی از نوع و شدت اثرات آلودگی بر منابع آبی سطحی آورده شده است.

جدول ۴-۳- لیست نوع و شدت اثرات آلودگی بر منابع آبی سطحی

ردیف	شرح مرتبط	داده و اطلاعات
۱	تفکیک موضوعی پیامدها	فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و ریخت‌شناسی رودخانه
۲	اثرات مستقیم	بار آلودگی، تنزل شاخص‌های کیفی مانند کمبود اکسیژن محلول، تغذیه‌گرایی، دما، بار معلق جامدات و ...
۳	اثرات غیر مستقیم	تاثیر بر رفتار طبیعی رودخانه، رشد گونه‌های مهاجم، حذف و یا تغییر در گونه‌های زیستی، جهش ژنتیکی، تاثیر بر زنجیره غذایی و ...
۴	زمان و دوره	درازمدت تا کوتاه‌مدت، تغییرات مرتبط با دوره‌های کم‌آبی، پراپی و سیلابی
۵	جوامع هدف	(انسان، گیاه، جانوری- آبی و غیر آبی)
۶	برهم کنش‌ها	بررسی اثرات آلاینده‌ها بر یکدیگر از نظر تشدید یا تضعیف عملکردهای مربوطه

۳-۳-۴- تواتر نمونه‌برداری پارامترهای کیفی مرتبط با برنامه بهسازی

اندازه‌گیری پارامترهای کیفی آب‌های سطحی و تهیه آرشیوی از این داده‌ها و تجزیه و تحلیل تغییرات آن‌ها مرحله اساسی و مهمی در آغاز و حین اجرای طرح‌های بهسازی کیفی می‌باشد. طراحان و برنامه‌ریزان بر پایه چنین آمار و اطلاعاتی می‌توانند بهینه‌ترین و اقتصادی‌ترین طرح بهسازی برای هر رودخانه‌ای ارائه دهند. بنابراین در هر رودخانه‌ای ابتدا می‌بایست نوع پارامترهای مورد اندازه‌گیری و همچنین تواتر اندازه‌گیری این پارامترها در دستور کار قرار گیرد. در جدول ۳-۵ عوامل مهم تاثیرگذار در تعیین تواتر نمونه‌برداری‌های کیفی آورده شده است. طراحان برنامه بهسازی می‌بایست با آگاهی از این عوامل، برنامه پایش و بهسازی را تنظیم نموده تا هم از دوباره‌کاری پرهیز شده و هم بتوانند سطح دقت و همپوشانی داده‌های خود را طوری تنظیم نمایند که مهم‌ترین رخدادهای مرتبط با مسائل کیفی در رودخانه و یا پهنه آبی موردنظر در نتایج این داده‌ها منعکس شود. به عبارت دیگر داده‌ها بتوانند وضعیت پارامترهای کیفی را با توجه به تغییرات رژیم جریان نشان دهند.

جدول ۳-۵- بررسی عوامل مهم در تواتر نمونه‌برداری پارامترهای کیفی مرتبط با برنامه بهسازی

ویژگی‌های محیطی	عوامل تأثیرگذار
رودخانه‌ها	نوع کاربری (شرب، صنعت، کشاورزی، شیلات و آبی‌پروری و زیست‌محیطی) میزان بار آلودگی (زیاد، متوسط و کم) رژیم عادی جریان، رواناب حاصل از سیلاب، ذوب برف
مخازن و پهنه‌های طبیعی	نوع کاربری (شرب، صنعت، کشاورزی، تفریحی و زیست‌محیطی) برقابی، کنترل سیلاب موقتی یا دائمی بار آلودگی بالا، متوسط و کم تغییرات فصلی و مسائل مربوط به برنامه رهاسازی‌ها و منحنی فرمان

در نشریه‌های ۵۵۰ و ۵۵۱ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری تحت عناوین «راهنمای مطالعات کیفیت آب مخازن سدهای بزرگ» و «دستورالعمل اجرایی پایش کیفیت آب مخازن پشت سدها» در سرفصل‌های مربوطه در خصوص تواتر زمانی نمونه‌برداری پارامترهای کیفی توصیه‌هایی ارائه شده است که در مورد مخازن قابل استفاده می‌باشد. در رودخانه‌ها نیز بر اساس تجربیات موجود، جدول (۳-۶) تواتر زمانی نمونه‌برداری کیفی در رودخانه‌ها را پیشنهاد می‌نماید [۴]. پیشنهاد این راهنما به طراحان برنامه بهسازی تنظیم یک برنامه مجزای نمونه‌برداری با در نظر داشتن اهداف مطالعات، عوامل تأثیرگذار و در نظر داشتن محدودیت‌هاست. تواتر نمونه‌برداری باید تأثیر تغییرات زمانی (مرتبط با رژیم آبدی و مسائل هیدرولوژیکی) بر کیفیت آب را در نظر بگیرد. به جز در مواردی که برای مطالعات خاص موردنیاز است، نمونه‌برداری در هنگام بارندگی، ۲۴ ساعت پس از بارندگی شدید یا زمانی که سطح آب در مرحله بالا است، پیشنهاد نمی‌شود. در این شرایط نمونه آب معرف وضعیت عمومی نخواهد بود. ولی ممکن است در تدوین برنامه بهسازی نیازمند دانستن میزان بار آلودگی ورودی ناشی از رواناب بوده که در این حالت آزمایش‌های ویژه‌ای برای بررسی این وضعیت انجام می‌گردد.

جدول ۳-۶- تواتر زمان‌بندی پیشنهادی جهت پارامترهای کیفی

هدف از پایش	پارامترها	تواتر نمونه‌برداری (حداقل)	حداقل دوره پایش
۱ طبقه‌بندی	اولیه	سه ماه یک‌بار (فصلی)	یک سال
۲ طبقه‌بندی مجدد	اولیه	۱۰ نمونه‌برداری ماهانه در طول یک سال	سه سال متوالی
	ثانویه	سه ماه یک‌بار (فصلی)	سه سال متوالی
۳ پایش روندها	اولیه	۱۰ نمونه‌برداری ماهانه در طول یک سال	سه سال متوالی
	ثانویه	سه ماه یک‌بار (فصلی)	سه سال متوالی
۴ پایش برای شناسایی علل و منابع مشکلات مربوط به آب	پارامترهای انتخابی بر اساس وضعیت	به منطقه تحت تأثیر و پارامتر موردنظر بستگی دارد	خیلی کوتاه (روزانه یا هفتگی)
۵ پایش بر داده‌های پایه و مطالعات علمی	اولیه	ماهی یک‌بار برای دوازده ماه	یک سال
	ثانویه	ماهی یک‌بار برای دوازده ماه	یک سال
۶ اهداف دیگر	انتخاب بر اساس هدف	در صورت لزوم بر اساس هدف	کم‌تر از یک سال

پارامترهای اولیه شامل: BOD، کلراید (به صورت NaCl کلراید سدیم یا نمک، KCl کلراید پتاسیم و CaCl_2 کلراید کلسیم)، رنگ، DO (اکسیژن محلول)، Fecal Coliforms (کلی فرم‌های مدفوعی) نیترات، pH، فسفات، دما و TSS (کل مواد جامد معلق)، هدایت الکتریکی EC، مواد مغذی و پارامترهای ثانویه شامل: Ammonia-Nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$)، فلزات سنگین، مواد سمی، فلوراید، آفت کش‌ها، مواد آلی، COD، روغن و مواد نفتی می‌باشند.

در نشریه ۵۵۲ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری تحت عنوان «دستورالعمل پایش کیفیت آب‌های سطحی» در خصوص تواتر زمانی پایش پارامترهای کیفی توصیه نموده است که می‌توان تواتر پارامترهای پایش را به ۳ طبقه (کم، متوسط و زیاد) به صورت جدول (۷-۳) تقسیم‌بندی کرد. در خصوص پارامترهای میکروبی و آفت کش‌ها، این نشریه به تفکیک نوع کاربری، درجه اهمیت متغیر مربوطه را به صورت جدول (۸-۳) پیشنهاد نموده است. با توجه به مطالب فوق و به تفکیک اهداف پایش و همچنین در نظر داشتن توصیه‌های ارائه شده در نشریه مورد اشاره، جدول (۹-۳) جهت تواتر زمانی نمونه‌برداری‌های مربوط به پارامترهای میکروبی، آفت کش‌ها و دترجنت‌ها، پیشنهاد شده است. تأکید این راهنما بر تصمیم‌گیری طراحان برنامه بهسازی در عملیات پایش بر اساس اهداف و در نظر داشتن همه جوانب (مساله و فرآیند غالب، اقتصادی، موقعیت منطقه و بررسی داده‌های موجود و ...) است جداول بالا و دیگر پیشنهادهایی که در راهنماهای مرتبط با پایش کیفی در بدنه‌های آبی ارائه شده است می‌تواند به عنوان یک گزینه اولیه مدنظر قرار گرفته و سپس مورد تدقیق قرار گیرد.

جدول ۷-۳ ویژگی‌های طبقات تواتر پایش

تواتر پایش	شرح
کم	بیش از ماهیانه (۴۵ روز، ۲ ماهه، سه ماهه یا بیش تر)
متوسط	بین هفتگی تا ماهانه
زیاد	از حالت مداوم یا online تا هفتگی

جدول ۸-۳ راهنمای انتخاب متغیرهای (شاخص‌های) کیفیت آب با توجه به نوع کاربری

نام متغیر	پایش پایه	حیات آبریان و پرورش آبریان	منابع آب آشامیدنی	توریستی و درمانی	کشاورزی	دام‌پروری
فنل‌ها		۱	۲			۱
آفت کش‌ها		۲	۲			۱
دترجنت‌ها		۱	۱	۱		۱
کلی فرم مدفوعی			۳	۳	۳	
کلی فرم کل			۳	۳	۱	

۱ تا ۳ درجه اهمیت کم تا زیاد جهت اندازه‌گیری در برنامه پایش

جدول ۹-۳ تواتر زمان‌بندی نمونه‌برداری پیشنهادی جهت پارامترهای میکروبی، آفت کش‌ها و دترجنت‌ها

ردیف	هدف از پایش	پارامترها	حداقل تواتر نمونه‌برداری	حداقل دوره پایش
۱	پایش پایه (طبقه‌بندی و طبقه‌بندی مجدد)	کلی فرم مدفوعی و کلی فرم کل	ماهانه	یک سال
		آفت‌کش‌ها*	ماهانه	یک سال
		دترجنت‌ها	سه ماه یکبار (فصلی)	یک سال
۲	پایش روند	کلی فرم مدفوعی و کلی فرم کل	ماهانه	سه سال متوالی
		آفت‌کش‌ها	ماهانه	سه سال متوالی
		دترجنت‌ها	سه ماه یکبار (فصلی)	سه سال متوالی
۳	پایش بر داده‌های پایه و مطالعات علمی	کلی فرم مدفوعی و کلی فرم کل	ماهانه	یک سال
		آفت‌کش‌ها	ماهانه	یک سال
		دترجنت‌ها	ماهانه	یک سال
۴	اهداف دیگر	کلی فرم مدفوعی و کلی فرم کل	در صورت لزوم بر اساس هدف	کم‌تر از یک سال
		آفت‌کش‌ها		
		دترجنت‌ها		

در خصوص آفت‌کش‌ها و دیگر سموم با توجه به فصل کشاورزی می‌بایست تواتر نمونه‌برداری را تنظیم نمود که بیشینه و کمینه این نوع پارامترها را بتوان اندازه‌گیری نمود.

۳-۴- پیشنهاد و راهنمایی در روش گردآوری داده‌ها و چگونگی تهیه اطلاعات

پس از بررسی و مطالعه بازه مورد نظر رودخانه برای انجام یک پروژه بهسازی کیفی و شناسایی مشکلات موجود، داده‌های اندازه‌گیری شده، داده‌های قابل اندازه‌گیری و اطلاعات غیرقابل اندازه‌گیری مربوط به شرایط کمی و کیفی رودخانه در گذشته می‌بایست تنظیم و آماده بهره‌برداری گردد. کمبود داده‌ها و اطلاعات را می‌توان با مطالعات تاریخی و وضعیت مسیر آب (به‌عنوان مثال، استفاده از اطلاعات تاریخی منابع آب سطحی مانند بررسی تجربیات ساکنان قدیمی و تهیه و بررسی نقشه‌های تاریخی یا عکس‌های هوایی محدوده مطالعه) تکمیل نمود. یکی از روش‌های متداول در این زمینه، مصاحبه با ساکنان قدیمی حوضه آبریز و پیرامون رودخانه برای به دست آوردن اطلاعات است. روش مورد اتکای دیگر، استفاده از منابع و داده‌های تاریخی زیر می‌باشد:

- عکس‌های هوایی تاریخی (منبع اطلاعاتی خوبی برای ارزیابی تغییرات مورفولوژیکی و پوشش گیاهی در مقیاس نسبتاً بزرگ، مانند فرسایش یا نوع و تراکم پوشش گیاهی می‌باشد. هم‌چنین استفاده از تصاویر Google Earth می‌تواند تصاویر نسبت جدیدتری را برای ۱۰ تا ۲۰ سال گذشته برای برخی نواحی ارائه دهد).
- داده‌های تاریخی جریان رودخانه (می‌تواند نشانه‌هایی از تغییرات جریان در بازه زمانی طولانی مدت را ارائه دهد).
- داده‌های پایش کیفیت آب در گذشته، یا مقایسه کیفیت آب یک بازه از رودخانه مورد نظر با یک بازه «مرجع» در نزدیکی حوضه (بررسی این مورد می‌تواند نشانه‌ای از شرایط کیفی آب در شرایط بازه مرجع باشد. هم‌چنین با توجه به وجود بیش از ۲۰۰ تصفیه‌خانه فاضلاب در سراسر کشور، پیشنهاد می‌شود تمامی اطلاعات کیفی و کمی خروجی تصفیه‌خانه‌ها جمع‌آوری گردیده و به‌عنوان بانک اطلاعاتی جامع پساب کشور در اختیار متولیان امر قرار گرفته و به‌روزرسانی گردد. بهترین روش برای نحوه کسب اطلاعات، پایش آنلاین آن‌ها می‌باشد).

- شناسایی منابع آلاینده (فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی و ...) و مطالعات زمین‌شناسی در مناطق پیرامونی رودخانه و دیگر منابع آب‌های سطحی

- شناسایی و ایجاد ایستگاه‌های پایش کیفی در بازه مورد مطالعه از رودخانه

از داده‌ها و اطلاعات به دست آمده، می‌توان برای درک میزان افت کیفیت و مهم‌تر از آن، سرعت تغییر یا تخریب منبع آب سطحی استفاده نمود. هر چه سرعت تغییر بیش‌تر باشد، خطر آسیب کیفی به منبع آب سطحی بیش‌تر است. تجزیه و تحلیل بازه محدوده مورد مطالعه و گستره و نرخ تاریخی تغییرات، درک مهمی از پیامدهای انجام نشدن طرح‌های بهسازی کیفی را ارائه می‌دهد. از جمله اطلاعاتی که از تجزیه و تحلیل داده‌ها و اطلاعات می‌توان به دست آورد این است که مشکل کیفیت آب این بازه از رودخانه نسبت به شرایط پیش از آلودگی در چه اندازه‌ای است، افت شرایط کیفی رودخانه از چه زمانی آغاز شده است و با چه سرعتی رو به پیشرفت است و پیش‌بینی‌های احتمالی وخامت اوضاع چگونه خواهد بود. به‌عنوان مثال، بازه زمانی ۲، ۵ و ۱۰ ساله، همگی میزان و خطر زوال بیش‌تر را در صورتی که هیچ کاری انجام نشود، اعلام می‌کنند.

ایجاد یک بانک اطلاعاتی از تجربیات زمین‌داران محلی با کمک عکس‌های هوایی و داده‌های تاریخی میسر بوده که به کمک آن می‌توان در مورد مقدار و جهت تغییر در جریان رودخانه‌ها اطلاعات مفیدی به دست آورد. این اطلاعات در درک فرآیندهای تخریب جریان و بازیابی طبیعی رودخانه‌ها و توان خودپالایی آن‌ها به برنامه‌ریزها نیز کمک می‌کند. در این موارد، داشتن یک برگه ثبت استاندارد در جمع‌آوری داده‌ها به‌ویژه در حین کار میدانی، بسیار مهم است. وجود برگه‌های ثبت و ضبط استاندارد و یا چک لیست‌های از پیش طراحی شده، تدوین نتایج را نیز بسیار آسان می‌کند.

۳-۵- تحلیل داده‌ها به‌منظور فهم ارتباط میان پدیده‌های مختلف طبیعی مرتبط با موضوع

پس از جمع‌آوری داده‌ها، با توجه به نوع مصارف آب و پساب در بازه موردنظر، داده‌ها با استانداردهای موجود مورد مقایسه قرار می‌گیرند و امکان‌سنجی مصرف بررسی شده و منطقه مورد نظر از منظر میزان بارش، دوره خشک و وضعیت جمعیتی و اقتصادی بررسی می‌شود. گفتنی است نوع فناوری در تصفیه پساب‌های صنعتی نقش به‌سزایی در کیفیت پساب تولیدی دارد، بنابراین لازم است جهت رعایت استانداردهای زیست‌محیطی نوع تصفیه و فناوری آن در کارخانه‌ها و صنایع مرتبط نیز مورد مطالعه قرار گیرد. معمولاً در یک ارزیابی ساده، تجزیه و تحلیل داده‌ها، با مقایسه داده‌های جمع‌آوری‌شده و عکس‌ها یا پلان‌های موجود، قابل انجام است. با این حال، در برخی موارد که ارزیابی اثرات فیزیکی یا بیولوژیکی و تجزیه و تحلیل داده‌ها ممکن است پیچیده‌تر باشد، نوعی از تحلیل آماری موردنیاز است. در چنین مواردی، بسیار مهم است که تجزیه و تحلیل داده‌ها در مراحل تدوین گام‌های اولیه ارزیابی در نظر گرفته شود.

نکته مهم در اینجا آن است که تمرکز بر روی تجزیه و تحلیل و ارزیابی پارامترهایی باید باشد که وضعیت کیفی جریان را هرچه بهتر و کامل‌تر نشان دهد. اما در موضوع داده‌های منابع آب سطحی و خصوصاً رودخانه‌ها، مانند سایر

فرآیندهای علم هیدرولوژی، مواجهه با پدیده‌های تصادفی وجود دارد که در این مورد می‌بایست ارزیابی و تحلیل پدیده‌های تصادفی به صورت آماری انجام شود. در چنین شرایطی، استفاده از تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، به‌عنوان ابزاری کارآمد در پردازش داده‌ها و تحلیل مسائل ساختاریافته محسوب شده و یکی از روش‌های تصمیم‌گیری است. این روش یکی از روش‌های کاربرد برای رتبه‌بندی و تعیین اهمیت عوامل است که با استفاده از مقایسه زوجی گزینه‌ها به اولویت‌بندی هر یک از معیارها پرداخته می‌شود. این تکنیک برای وزن‌دهی به معیارها نیز استفاده می‌شود. مازول فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، امکان رتبه‌بندی بخش‌های اصلی آلوده‌کننده رودخانه و رتبه‌بندی منابع آلاینده در بازه‌ها را فراهم می‌سازد.

در تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده از مسائل اجتماعی و نهادی، می‌بایست داده‌ها و علل کشف شده در ابعاد مختلف تقسیم‌بندی شده و چک‌لیستی از مهم‌ترین مسائل اکتشافی و دلایل ایجاد آن تنظیم شود. وزن‌دهی به مسائل و اولویت‌بندی آن‌ها گام بعدی است و در حقیقت اعتباریابی اطلاعات جمع‌آوری شده در گام‌های پیش، از طریق متخصصان سیاست‌گذار، اجرایی، میدانی و آکادمیک انجام می‌شود. با رتبه‌بندی هر مساله و امتیاز دادن به دلایل ایجاد آن از طریق مصاحبه گروهی با خبرگان در گام نهایی می‌توان برای هر یک از علت‌های شناخته شده راهکار درخور تعریف کرد. در گام پایانی نیز با پیاده‌سازی راهکارهای به دست آمده، می‌توان ارزیابی عملکرد مطالعات اجتماعی را مورد سنجش قرار داد. نکته مهم در مساله‌شناسی و تجزیه و تحلیل داده‌های اکتشافی میدانی آن است که فرد متخصص علوم اجتماعی آب که با انواع روش‌شناسی‌ها و پارادایم‌های مفهومی و معنایی علوم اجتماعی آشناست از ابتدا با میدان تحقیق، جامعه محلی و مراکز نهادی در تعامل بوده و در مدیریت تفسیر علت‌ها و ارائه راهکارهای ارائه‌شده توسط خبرگان نقش ایفا کند تا بتواند مفاهیم و پیشنهادها را با ساختار محلی و فرهنگ بومی انطباق دهد.

فصل ۴

تبیین فرآیند بهسازی کیفی، گام‌های

مربوطه و ارائه راهکارها

۴-۱- مقدمه

هدف اصلی در این راهنما، ارائه راهکارها و روش‌هایی به منظور بهسازی کیفی منابع آب سطحی با تأکید بر رودخانه‌ها می‌باشد. اقدام مهم و کلیدی در این موضوع، بازسازی وضعیت جریان و کیفیت آب در رودخانه و نزدیک شدن به شرایط طبیعی آن می‌باشد. در یک برنامه بهسازی کیفی، تلاش می‌شود که افزون بر حذف، کنترل و یا کاهش میزان ورود آلاینده‌ها به بدنه آبی، با بازسازی جریان بتوان از توان خود پالایی رودخانه‌ها نیز بهره گرفت. ورود آلاینده‌های مختلف به رودخانه‌ها از یک سو و تخصیص آب به دیگر فعالیت‌ها همچون کشاورزی، صنعتی، طرح‌های پرورش ماهی و احداث تفرجگاه‌های آبی از سوی دیگر، رژیم طبیعی رودخانه را تغییر داده و این موضوع سبب فاصله گرفتن رودخانه از شرایط طبیعی و دینامیک خود می‌گردد. برنامه بهسازی کیفی، یک طرح ساماندهی رودخانه با ابعاد مهندسی نیست که به طور مثال هدف اصلی آن هدایت سیلاب و یا مهار فرسایش باشد بلکه مجموعه اقداماتی است که به ویژه شرایط کیفی و هیدرولوژیکی رودخانه را در مسیر تاریخی خود قرار می‌دهد.

۴-۲- آشکارسازی و تبیین اهداف طرح بهسازی

طرح‌های بهسازی کیفی رودخانه‌ها، پروژه‌های پرهزینه هستند و تجربیات جهانی نشان داده است که در مقیاس بزرگ در اندازه میلیون دلار می‌باشد. بنابراین منطقی است که پیش از اجرای هر پروژه بهسازی کیفی، حدود ۵ تا ۱۰ درصد از هزینه‌ها صرف برنامه‌ریزی شود. پس از انجام مطالعات اولیه بر روی رودخانه موردنظر و تصمیم‌گیری دست‌اندرکاران در زمینه لزوم طرح و اجرای یک پروژه بهسازی کیفی، می‌بایست دورنمای موردنظر از چنین پروژه‌ای تا حد امکان پیش‌بینی و روشن شود. به منظور آشکارسازی و تبیین طراحی و اجرای این پروژه‌ها، پرسش‌هایی مطرح می‌شود که در فرآیند پاسخ به این پرسش‌ها، اهداف طرح تا حد زیادی روشن می‌شوند:

۱- اهداف موردنظر برای بهسازی کیفی رودخانه چیست؟

در پایان این مرحله باید یک هدف و چشم‌انداز گسترده از شرایط کیفی رودخانه پس از انجام پروژه بهسازی پیش‌بینی و ترسیم شود. تعریف و تعیین چنین اهدافی همواره کمک می‌کند که یک پروژه بهسازی کیفی در مسیر مشخصی پیش رفته و مولفه‌های زیرمجموعه آن نیز تا حد زیادی آشکار شوند.

۲- اهداف تعیین شده با چه نهادهایی به اشتراک گذارده می‌شود؟

احیای کیفی رودخانه‌ها و جریان‌های سطحی، زیرمجموعه‌ای از مدیریت حوضه آبریز است. جریان آب در یک رودخانه از دیدگاه نهادهای مختلف، نقش‌ها و ارزش‌های متفاوتی داشته که همه آن‌ها به پارامترهای اکولوژیکی یا زیست‌محیطی

آن‌ها مربوط نمی‌شود. در این ارتباط آیا دیگر نهادها دیدگاه طراحان و برنامه‌ریزان را در مورد یک رودخانه بهسازی شده از نظر زیست‌محیطی به اشتراک می‌گذارند؟

۳- شرایط جریان در رودخانه از دید کمی و کیفی به صورت تاریخی چگونه تغییر کرده است؟

شرایط کیفی و هیدرولوژیکی رودخانه پیش از برهم‌خوردگی، چگونه بوده است و آیا آماری از داده‌ها وجود دارد؟ همچنین وضعیت فعلی رودخانه از نظر میزان دبی جریان و کیفیت آب می‌بایست گزارش شود.

۴- دارایی‌ها و مشکلات اصلی جریان در رودخانه چیست؟

دارایی‌ها شامل گیاهان، جانوران، زمین‌های کشاورزی مجاور و سازه‌های انسان‌ساخت مانند پارک‌ها و واحدهای صنعتی و مانند آن در داخل و پیرامون رودخانه می‌باشند. در اثر ورود آلاینده‌ها و افت کیفیت آب رودخانه، ممکن است چنین دارایی‌هایی در معرض آسیب و یا تخریب قرار گیرند. بهسازی کیفی و بازسازی جریان رودخانه راهکارهایی در ارتباط با حفاظت از دارایی‌های جریان طبیعی، بهبود شرایط و یا ایجاد دارایی‌های دیگر است. در این مرحله، می‌بایست دارایی‌های اصلی، دارایی‌های تخریب‌شده و تهدیدات ناشی از مشکلات کیفی و کمی جریان را شناسایی و فهرست نمود.

۵- تعیین اولویت‌ها: ابتدا باید روی کدام بازه‌ها و چه مشکلات تمرکز شود؟

کدام بازه از رودخانه بیش‌ترین اولویت را برای توجه دارد؟ برخلاف تصور، فرآیند بهسازی جریان معمولاً از آسیب‌دیده‌ترین بازه‌ها آغاز نمی‌شود، بلکه حفظ بهترین بازه‌ها در اولویت قرار می‌گیرد.

۶- راهکارها و استراتژی‌های موجود برای بهبود کیفی جریان چیست؟

تصمیمات و اقداماتی را که می‌توان برای بهبود کیفی جریان در بازه‌های اولویت‌دار رودخانه انجام داد و همچنین استراتژی‌های منطقی برای حفاظت درازمدت از شرایط کیفی رودخانه را می‌بایست شناسایی و فهرست نمود.

۷- اهداف مشخص و قابل اندازه‌گیری (سنجش) چیست؟

اهداف بهسازی و باز توانی کیفی رودخانه اگرچه نمی‌تواند همیشه به صورت کامل قابل دستیابی باشند ولی این اهداف باید قابل اندازه‌گیری باشند. در این مرحله، اهداف دقیقی از گزینه‌های تعریف‌شده در مرحله ۶، استخراج می‌شود که قابل انجام و قابل سنجش بوده و هسته اصلی برنامه بهسازی کیفی جریان خواهد بود.

۸- آیا اهداف تبیین شده، قابل اجرا هستند؟

آیا رسیدن به اهداف مرحله ۷، امکان‌پذیر است؟ بسیاری از عوامل، مانند هزینه‌ها، سیاست‌ها، و پیامدهای نامطلوب برای سایر کاربران رودخانه، موجب تغییر در اولویت‌های شناسایی شده می‌شود. در پایان این مرحله، فهرست نهایی مشکلات موجود در مسیر اجرای پروژه بهسازی می‌بایست مشخص شود.

۹- طرح تفصیلی پروژه بهسازی چیست؟

در مرحله ۶ راهکارهای کلی برای درمان مشکلات کیفی رودخانه شناسایی شده‌اند. بنابراین در این مرحله باید یک طرح دقیق پیشنهاد شود. برای رسیدن به اهداف چه اقدامات خاصی باید انجام گیرد؟ فعالیت‌های پیشنهادی می‌توانند از انجام اقدامات بسیار کوچک و ناچیز گرفته تا کنترل‌های برنامه‌ریزی یا دست‌کاری در جریان رودخانه و یا حذف یک واحد صنعتی با بار آلاینده‌گی بالا متغیر باشند.

۱۰- پروژه بهسازی تعریف شده، چگونه ارزیابی خواهد شد؟

اهداف قابل اندازه‌گیری که در مرحله ۷ تعریف شد، مبنایی برای ارزیابی پروژه هستند. روش انجام این ارزیابی‌ها می‌بایست عملی و ساده بوده و به گونه‌ای تعریف شوند که نیازی به جزییات و هزینه بالایی نداشته باشند.

۱۱- برنامه‌ریزی و اجرای پروژه بهسازی چگونه خواهد بود؟

این طرح باید با تدوین جدول زمانی، تخصیص مسئولیت‌ها، نهایی کردن بودجه، انجام اقدامات و سازمان‌دهی برنامه ارزیابی اجرا شود.

۱۲- آیا پروژه بهسازی نتیجه‌بخش بوده و کارایی دارد؟

مرحله نهایی این روش حفظ و مستندسازی پروژه انجام‌شده و تعیین زمانی در آینده است که در آن زمان، کارایی پروژه با استفاده از اطلاعات و داده‌های جمع‌آوری‌شده از طرح پایش به طور رسمی ارزیابی گردد.

۴-۳- شناسایی و اندازه‌گیری عوامل تأثیرگذار در پروژه‌های بهسازی کیفی

پس از تبیین اهداف کلی طرح بهسازی، می‌بایست عوامل آسیب‌زا به کیفیت آب رودخانه را پیش از طراحی و اجرای طرح بهسازی کیفی موردنظر، شناسایی و در صورت لزوم اندازه‌گیری نمود که در این قسمت به این عوامل مهم و تأثیرگذار اشاره می‌شود [۵].

- تعیین نوع آلودگی (بر پایه دسته‌بندی‌های انجام شده در فصل سوم راهنما)
- تعیین درجه کاهش کیفیت آب رودخانه (بر پایه معیارهای آسیب‌پذیری منابع آب و استاندارد کیفیت آب خام)
- شناسایی منابع و راه ورود آلودگی‌ها به رودخانه (بر پایه مطالب فصل سوم راهنما)
- موقعیت بازه رودخانه در حوضه آبریز (میزان فاصله از مناطق شهری و روستایی، واحدهای صنعتی، زمین‌های کشاورزی و ...)
- وسعت حوضه تحت کنترل برنامه بهسازی (این پارامتر نشان‌دهنده پتانسیل ایجاد تغییر است)

- بررسی اثرات کاهش کیفیت آب رودخانه بر محیط زیست پیرامونی (آیا کیفیت آب، عملکرد رودخانه موجود را تهدید و دچار اختلال می‌کند؟ رشد و نمو و بقای گیاهان و جانوران مطلوب اکولوژیکی موجود، در معرض تهدید کیفیت آب است؟ آیا گیاهان نامطلوب مثلاً گیاهان آبی بیگانه، به دلیل کیفیت آب موجود بیش‌تر می‌شوند؟ باوجود کیفیت پایین آب در بازه مورد مطالعه، آیا ممکن است اهداف بهسازی تحقق یابند؟)

- امکان‌سنجی برآورد هزینه‌های دستیابی به بهبود کیفیت آب

- پیش‌بینی وضعیت زندگی جوامع پایین‌دستی که بهسازی کیفی برای آن‌ها مطلوب است

- پیش‌بینی وضعیت رفع تهدیدهای موجود برای جوامع پایین‌دستی در صورت بهبود کیفیت آب

- برآورد مقیاس مشکل کیفی موجود و امکان‌سنجی اجرای پروژه بهسازی (آیا اجرای پروژه بهسازی کیفی در بازه موردنظر از رودخانه قابل‌دستیابی است یا موضوعی است که باید در سطح حوضه بررسی شود؟ از دیدگاه سیاست، قوانین و مقررات در چه وضعیتی قرار دارد؟)

رودخانه‌ها ممکن است برای اهداف مختلفی چون مصارف آب شهری و کشاورزی، صنعتی و شرب مورد بهره‌برداری قرار گیرند. روش و برنامه بهره‌برداری بر مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی و در کل بر کیفیت آب رودخانه تأثیر می‌گذارد. در جدول (۴-۱) عوامل مؤثر مرتبط با برنامه بهسازی کیفی در محیط‌های رودخانه‌ای آورده شده‌اند.

جدول ۴-۱- عوامل مؤثر و متغیرهای پیشنهادی مرتبط با پروژه‌های بهسازی کیفی

عامل مؤثر	ویژگی	متغیر موردنظر
موقعیت و اندازه	مشخصات هندسی بازه رودخانه	موقعیت در حوضه، وسعت حوضه، شیب رودخانه، طول بازه، وضعیت ریخت‌شناسی و زمین‌شناسی
هیدرولوژی	مشخصه‌های آبی	دبی-اشار در ایستگاه‌های شاخص، میانگین آبدهی سالانه و ماهانه و بررسی دبی آب و دبی رسوب
کاربری اراضی	شهری	جمعیت، میزان پساب، حجم مصرف آب (به تفکیک شرب، فضای سبز و ...)، مقدار زباله تولیدی و محل دفن آن‌ها، انواع آلاینده‌های شهری
	صنعتی	صنایع موجود، میزان مصرف آب، نوع و مقدار زباله تولیدی، انواع آلاینده‌های صنعتی
	کشاورزی	وسعت اراضی کشاورزی، نوع کشت، میزان مصرف آب، نوع و مقدار کود و سم، انواع آلاینده‌های ناشی از کشاورزی
نحوه بهره‌برداری	دائم یا موقت	نحوه بهره‌برداری و تناوب زمانی آن، حقایقه‌های زیست‌محیطی، مدیریت حوضه‌ای یا استانی و برنامه‌های موجود سازه‌ای در دست‌ساخت در رودخانه در صورت وجود
سایر اثرها	رژیم نور	کدورت (رسوبات معلق)
	رژیم اختلاط	وضعیت انتشار، ضریب پخشیدگی و پایداری دمایی

۴-۴- تبیین گام‌های اساسی و مهم در پروژه‌های بهسازی کیفی رودخانه‌ها

هدف اصلی در این بخش بیان چگونگی و شدت تاثیرگذاری پارامترهای هیدرولیکی، هندسی، شیمیایی و بیولوژیکی آب‌های سطحی، به‌خصوص رودخانه‌ها، بر کیفیت آب این منابع می‌باشد. این مهم منجر به شناخت بهتر نحوه بهسازی و

ارتقای کیفیت منابع آب سطحی با هدف دستیابی به مرزهای بهینه از میان انبوه خواسته‌ها و عوامل تاثیرگذار می‌گردد. پارامترهایی از قبیل تامین نسبی نیازهای کمی-کیفی بهره‌برداران، سیاست‌مداران و مصرف‌کنندگان آبی با توجه به وضعیت کنونی و آینده بدنه آبی با در نظر گرفتن سناریوهای مختلف (خشک سالی و تر سالی) و همچنین در نظر گرفتن اثرات مختلف تغییر اقلیم جزو مهم‌ترین آن‌ها می‌باشد. با مدنظر قرار دادن هم‌زمان تاثیرات پارامترهای هیدرولیکی، هندسی، شیمیایی و بیولوژیکی بدنه‌های آبی با عوامل گفته شده می‌توان به مقدار قابل اعتماد برای کمیت مهم ظرفیت پذیرش^۱ بدنه آبی دست یافت. در نهایت با هماهنگی دستگاه‌های ذیربط برای رسیدن به ظرفیت پذیرش یا توان خودپالایی بدنه آبی به عنوان تابع هدف در بحث بهسازی کیفی در شرایط مختلف حال و آینده، می‌توان به وضعیت مناسبی دست یافته و کیفیت بدنه آبی را ارتقا بخشید. اما دستیابی به این هدف نیازمند تحلیل دقیق تصمیمات برای مصالحه بین خواسته‌های ذینفعان و مدیران آبی و همچنین نتایج به دست آمده از مدل‌های ریاضی و داده‌های اندازه‌گیری شده می‌باشد. به طور کلی رویکردهای تجزیه و تحلیل سیستم برای انجام یک طرح بهسازی درست بر انجام گام‌های زیر استوار است:

- ۱- تعریف مساله بهسازی
- ۲- شناسایی اهداف و ویژگی‌های تاثیرگذار منطقه بر مساله بهسازی
- ۳- شناسایی و پیش‌انتخاب گزینه‌های جایگزین
- ۴- انجام مدل‌سازی و شبیه‌سازی ریاضی برای پیش‌بینی وضعیت منطقه با شرایط موجود و آینده با در نظر گرفتن اثر عدم قطعیت پارامترهای موثر و در صورت امکان شبیه‌سازی قابلیت اطمینان متناظر در جهت انجام یک بهسازی ایده‌آل
- ۵- کمی‌سازی نظرات و اولویت‌های ذینفعان و تصمیم‌گیرندگان منطقه بر روی نتایج اولیه به دست آمده و نوشتن سناریوهای مختلف و تاثیر دادن این سناریوها بر شبیه‌سازی‌ها و ارائه گزارش بازخورد
- ۶- جمع‌آوری فنی و تخصصی نتایج با رویکرد امتیازگذاری راهکارهای اجرایی و ممکن
- ۷- ارزیابی نتایج و ارائه راه‌حل برای رسیدن به پاسخ مناسب در کوتاه‌ترین زمان ممکن

۱- گام اول: تعریف مساله بهسازی

در گام اول از موارد بالا به شناخت مشخصات بدنه آبی مانند رژیم جریان و سایر مشخصات هیدرولیکی، بیولوژیکی و هندسی پرداخته می‌شود. در واقع در این گام می‌بایست، کلیه اقداماتی که منجر به تغییر میدان سرعت و سایر پارامترهای هیدرولیکی، بیولوژیکی و هندسی سیستم آبی می‌شود، را پیدا کرد. از جمله این اقدامات برای رودخانه‌ها می‌توان به کم یا زیاد نمودن عرض، تغییر شیب بستر، برداشته‌های آب از نقاط مختلف، سد سازی، تغییر در دبی رودخانه ناشی از تخلیه ناگهانی غیرطبیعی نیروگاه‌های برق آبی و سایر موارد از این دست اشاره نمود. همچنین یافتن مشخصات نوع و منابع مختلف ورود آلاینده به بدنه آبی در هر منطقه از جمله اقدامات اولیه اساسی برای شروع و تعریف مساله

^۱ - Assimilation capacity

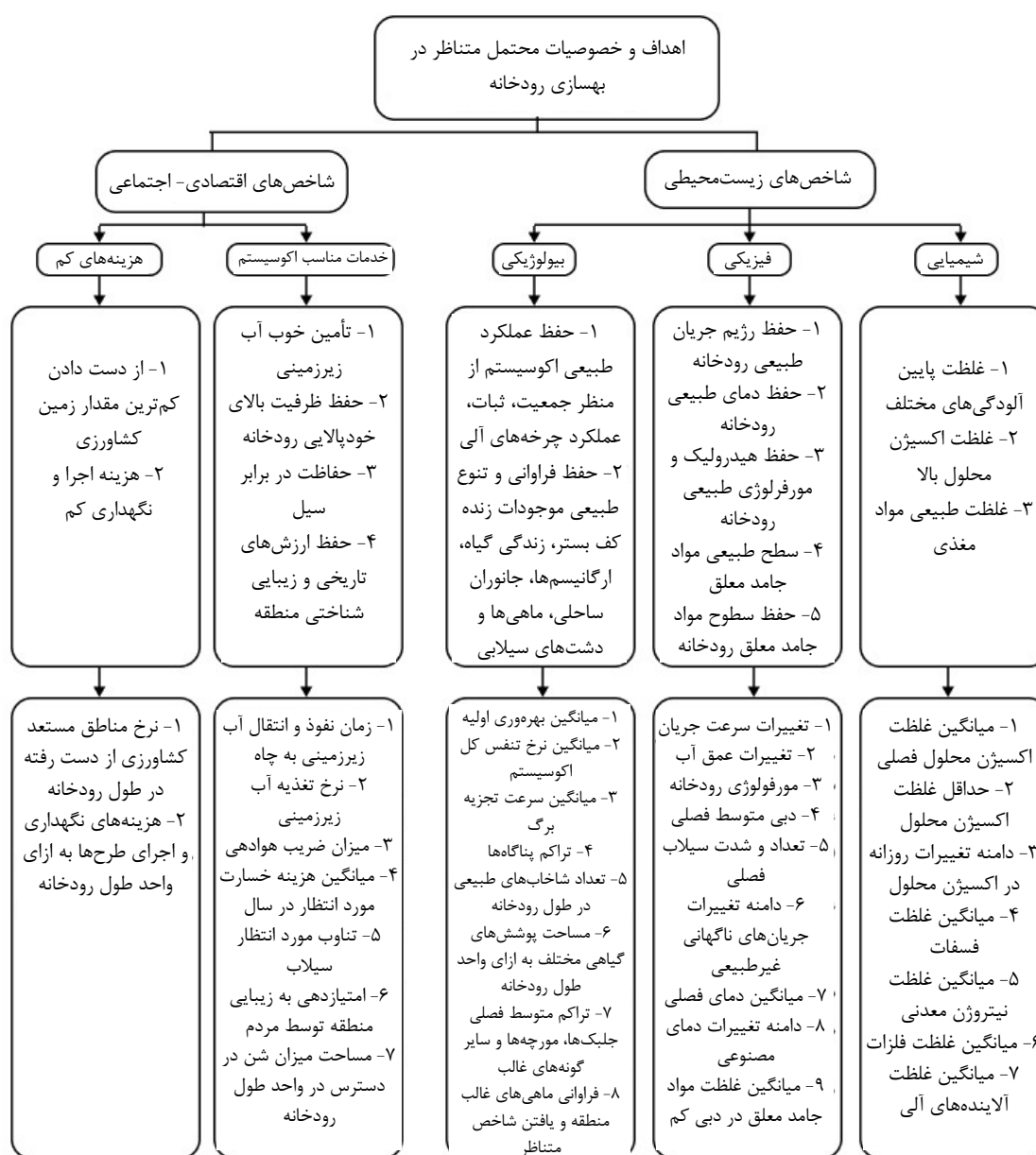
به سازی می‌باشد. با توجه به اطلاعات و داده‌های به دست آمده می‌بایست لزوم یا عدم لزوم اجرای یک پروژه به سازی کیفی در بازه مورد مطالعه از رودخانه تعیین و تعریف شود.

۲- گام دوم: شناسایی اهداف و ویژگی‌های تاثیرگذار منطقه بر مساله

در گام دوم بایستی هدف به سازی و ویژگی‌های آن به صورت کاملاً روشن مشخص شوند. در اینجا منظور مشخص نمودن هدف یا مجموعه‌ای از اهداف به سازی می‌باشد که مورد توافق اکثر ذینفعان و تصمیم‌گیرندگان باشد و ویژگی‌های دستیابی به اهداف نیز با توجه به منطقه تعیین شده و پتانسیل نیل به اهداف در منطقه نیز موجود باشد. اهداف انتخابی بایستی اساسی، منحصربه فرد، جامع و متناسب با منطقه باشند. به عنوان مثال هنگامی که هدف اصلاح شاخص‌های اکولوژیکی بدنه آبی است، کلیه پارامترهای مرتبط با ساختار اکوسیستم مدنظر قرار گرفته و با در نظر گرفتن شاخص‌ها و اهداف زیرمجموعه‌ای مانند ارگانیسیم‌های شاخص یا گروه‌های عملکردی، هدف اصلی برآورده گردد. در شکل (۴-۱) شاخص‌های کلی بهسازی رودخانه، اهداف متناظر، اقدامات و آزمایش‌های لازم برای ارزیابی و نیل به اهداف یک طرح بهسازی جامع در رودخانه‌ها، از دیدگاه‌های گوناگون آورده شده است [۶]. در هنگام استفاده از این شکل باید دقت نمود که در هر منطقه مطالعاتی، متناسب با اهداف بهسازی همان منطقه از اهداف کاربردی و ویژگی‌های آن بهره جست. دستیابی به شاخص‌های زیست‌محیطی مناسب منطقه در گرو رسیدن به سطوح مناسب از شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی می‌باشد. بدیهی است که این شاخص‌ها نیز در ارتباط مستقیم با یکدیگر هستند؛ به طوری که پارامترهای فیزیکی، هیدرولوژیکی، هیدرولیکی و مورفولوژیکی رودخانه با شدت زیاد بر جنبه‌های شیمیایی کیفیت آب و همه این موارد با همدیگر بر وضعیت بیولوژیکی منطقه تاثیرگذار است. بنابراین پژوهشگران در تعریف بهسازی جامع رودخانه، کلیه شاخص‌ها و اهداف اساسی مطرح شده در را به صورت یکپارچه دانسته و بررسی آن‌ها را ضروری می‌دانند [۷].

در برخی از پروژه‌های بهسازی ممکن است بر شاخص‌های بیولوژیکی تمرکز گردد و شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی به عنوان اهدافی برای دستیابی به شاخص‌های بیولوژیکی در نظر گرفته شود، یا در برخی دیگر روی شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی تمرکز شده و فرض گردد که این برای تضمین شاخص‌های بیولوژیکی کافی است. اما امروزه هیچ یک از این رویکردها به تنهایی رضایت بخش نیست؛ چراکه رویکرد نخست دستیابی به شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی را به عنوان اهداف اساسی در نظر نمی‌گیرد، درحالی‌که در رویکرد دوم شاخص‌های بیولوژیکی را به عنوان یک هدف اصلی مهم حذف می‌کند. برای حل این مشکل می‌بایست شاخص‌های گفته شده به صورت یکپارچه و هم‌زمان بررسی گردند. گفتنی است که در برخی پروژه‌ها، در نظر نگرفتن شرایط هر منطقه و عدم واقع‌بینی منجر به وخامت بیش‌تر و وضعیت فعلی می‌گردد. بنابراین پیشنهاد می‌شود که متناسب با بودجه در دسترس برای بهسازی منابع آب و باتوجه به شرایط هر منطقه و نوع بهسازی موردنیاز، از اهداف اساسی و اقدامات متناظر بیان شده در شکل به صورت درست بهره‌برداری گردد. در نظر گرفتن اهدافی که بتواند برازش ترکیبی از شاخص‌های بالا باشد نیز می‌تواند در این زمینه راهگشا باشد. به عنوان مثال توجه به ظرفیت حداکثری خودپالایی بدنه آبی به عنوان هدف بهسازی از مواردی است که در نظر گرفتن آن مرتبط با شاخص‌های

اجتماعی- اقتصادی و شاخص‌های زیست‌محیطی به صورت هم‌زمان ممکن می‌گردد. به دلیل آن که در قلمرو ابزارهای مقرون به صرفه شاخص‌های اجتماعی- اقتصادی بوده و اجرا و به کارگیری آن زیرمجموعه‌ای از شاخص‌های زیست‌محیطی و به طور جزء نمودی از به کارگیری کلیه شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی می‌باشد. دلیل چنین ادعایی این است که در فرآیند بهسازی با رویکرد مذکور می‌بایست کلیه شاخص‌های فیزیکی رودخانه برای محاسبه ظرفیت جذب مدنظر قرار گیرند؛ از طرفی درنظر گرفتن غلظت مجاز متناظر هر نیاز آبی پایین‌دست، شاخص‌های مختلف شیمیایی را درگیر می‌کند و در نهایت با توجه به اکوسیستم موردنیاز ماهی‌ها و دیگر آبزیان و گیاهان، غلظت مجاز در بدنه آبی متناسب با نوع برداشت آب تعیین می‌گردد.



شکل ۴-۱- شاخص‌های کلی بهسازی رودخانه، اهداف، اقدامات و آزمایش‌های لازم جهت ارزیابی

ظرفیت جذب بارها در بسیاری از پژوهش‌های اخیر به عنوان یک ابزار قابل اطمینان در مدیریت کیفی منابع آب با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته است. در بهسازی کیفی رودخانه، موارد زیر را می‌توان به عنوان نکات مستخرج از گام دوم بهسازی مدنظر قرار داد:

- ۱- فواصل مکانی و زمانی ایستگاه‌های برداشت آب از منابع ورود آلاینده مشخص گردند تا به طور دقیق مشخص شود که از آب در چه بازه زمانی و مکانی در پایین‌دست برداشت می‌گردد.
- ۲- با توجه به مشخصات آلاینده، با کمک مستندات سازمان بهداشت جهانی در خصوص هر آلاینده مشخص، به شناخت کافی از مقادیر غلظت مجاز برای نیازهای مختلف آبی شامل شرب، کشاورزی، صنعت، تفریحی، زیست‌محیطی و ... برای آلاینده مذکور پرداخته می‌شود.
- ۳- حداکثر زمان تماس مجاز آلودگی با غلظت غیرمجاز و حداکثر مسافت آسیب‌دیده ممکن از غلظت غیرمجاز تعیین گردد.
- ۴- تعریف تابع شرایط حدی به منظور شبیه‌سازی میزان قابلیت اطمینان ابزار بهسازی به کار گرفته شده در جهت دستیابی به کم‌ترین مقدار عدم قطعیت و احتمال خرابی.

۳- گام سوم: شناسایی و پیش‌انتخاب گزینه‌های جایگزین

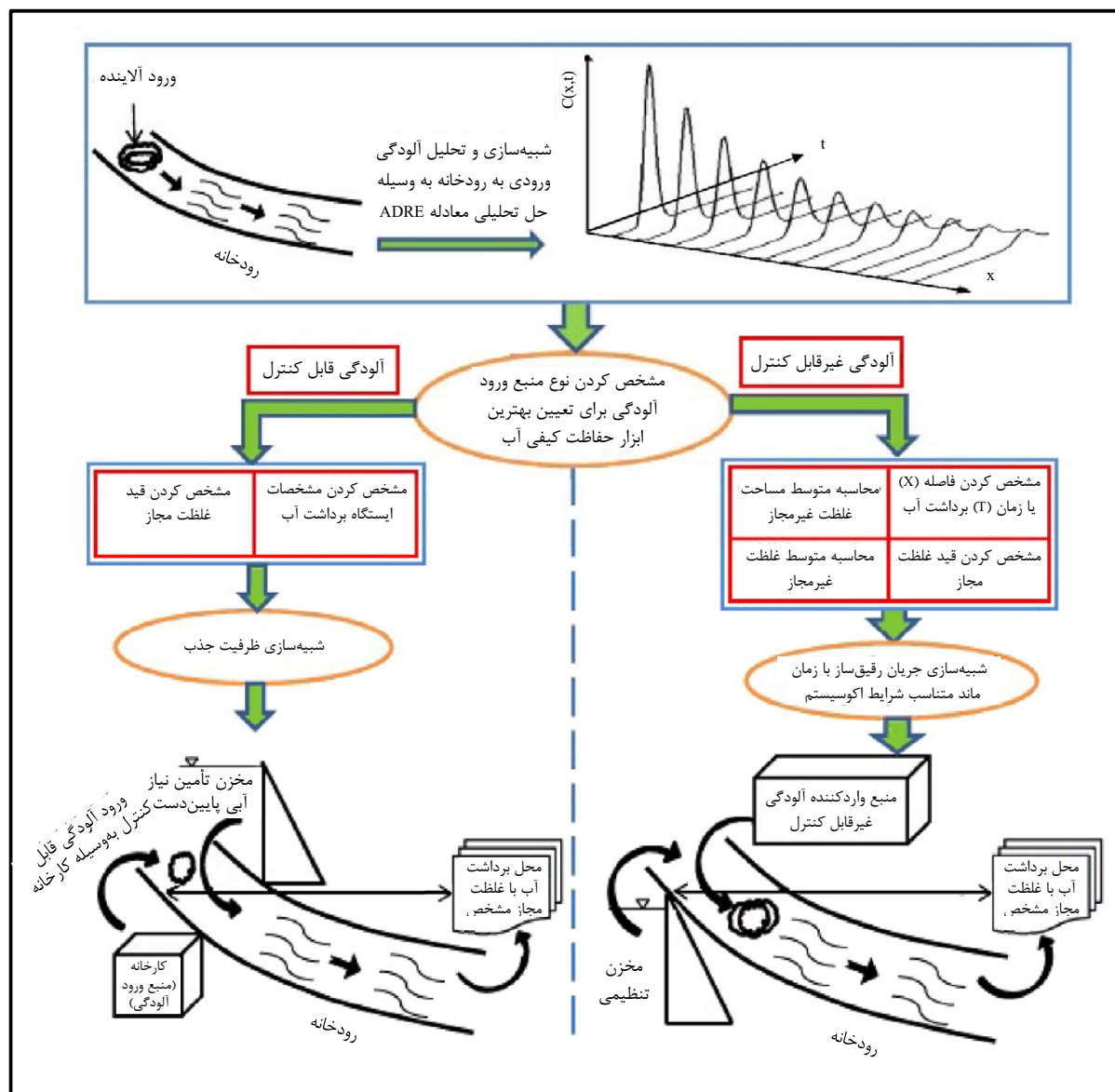
در گام سوم به شناسایی و پیش‌انتخاب گزینه‌های جایگزین پرداخته می‌شود. تعریض مقطع رودخانه، بازگشایی کالورت‌ها، ساخت سازه‌های تنظیم جریان، ایجاد کانال‌های جانبی، حذف موانع جریان و اصلاح خاکی‌ها از جمله اقداماتی هستند که به تنهایی یا به صورت ترکیبی می‌توانند در مواقع نیاز با توجه به شرایط بدنه آبی به عنوان گزینه‌های جایگزین به کار گرفته شوند.

۴- گام چهارم: مدل‌سازی و شبیه‌سازی ریاضی

در گام چهارم فرآیند به‌سازی، مدل‌سازی ریاضی برای شبیه‌سازی و وضعیت منطقه در شرایط حال و آینده تحت سناریوهای مختلف ارائه می‌شود. از جمله این سناریوها می‌توان به وضعیت پایه، خشکسالی، ترسالی، تغییر اقلیم و ... اشاره نمود. در این راستا در نظر گرفتن اثر عدم قطعیت پارامترهای موثر و در صورت امکان شبیه‌سازی قابلیت اطمینان متناظر برای هر سناریوی تعریف‌شده در جهت انجام یک بهسازی ایده‌آل پیشنهاد می‌شود. مدل یکپارچه به‌منظور بهسازی کلی رودخانه‌ها، از مدل‌های فرعی زیادی تشکیل شده است که در جهت مدل‌سازی شاخص‌های مختلف زیست‌محیطی و اجتماعی-اقتصادی به کار گرفته می‌شوند. از جمله این مدل‌های فرعی می‌توان به مدل هیدرولیکی، مدل پیش‌بینی وضعیت گیاهی منطقه، مدل پیش‌بینی جمعیت جانوران کفزی، مدل پیش‌بینی جامعه جانوران ساکن در خط ساحلی از

قبیل عنکبوت و سوسک، مدل احتمالی پیش‌بینی شبکه زندگی ماهیان و مدل تحلیل اقتصادی اشاره نمود. در نهایت مدل یکپارچه بسته به هدف یا اهداف بهسازی متفاوت بوده و می‌تواند یک یا ترکیبی از این زیرمدل‌ها باشد.

همان‌گونه که پیش‌تر بیان گردید محاسبه ظرفیت جذب رودخانه و رعایت مقادیر آن یکی از راهکارهای مقرون به صرفه و کارآمد به منظور بهسازی و مدیریت کیفی رودخانه‌ها می‌باشد. یکی از روش‌های شبیه‌سازی این ابزار حیاتی استفاده از حل تحلیلی معادله ADRE می‌باشد. همان‌طور که در گام اول بهسازی اشاره گردید؛ باید در نظر داشت که تقسیم‌بندی نوع آلاینده ورودی نیز در به کارگیری ابزار متناظر در جهت بهسازی تاثیرگذار است. از جمله دسته‌بندی‌های رایج در انواع آلاینده‌های ورودی می‌توان به نقطه‌ای، غیرنقطه‌ای، قابل کنترل، غیر قابل کنترل، لحظه‌ای، پیوسته و ... اشاره نمود که بایستی تاثیر نوع آلاینده ورودی را در مدل سازی لحاظ نمود. به عنوان مثال ظرفیت جذب به عنوان ابزار بهسازی در مناطق با آلاینده قابل کنترل توصیه می‌گردد. جریان رقیق‌ساز و زمان ماند نیز به عنوان ابزارهای مدیریت کیفی برای بهسازی مناطق با نوع آلاینده غیر قابل کنترل قابل استفاده می‌باشند. در محاسبه ظرفیت جذب تعیین عواملی از قبیل مشخصات آلاینده ورودی، پارامترهای هیدرولیکی رودخانه، غلظت مجاز متناظر با نیازهای مختلف آبی و مشخصات زمانی- مکانی ایستگاه‌های برداشت آب از اهمیت بالایی برخوردار است. پیرامون ورود آلاینده غیرقابل کنترل استفاده از ابزار بهسازی که بتواند متناظر هر سیستم در کم‌ترین زمان یا مکان ممکن شرایط اکوسیستم را به حالت ایده آل برساند از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. شکل (۴-۲) نمای شماتیک مدل سازی ابزارهای حفاظت کیفی رودخانه به منظور بهسازی را با توجه به نوع آلاینده ورودی (کنترل‌پذیر یا غیرقابل کنترل) نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشخص است ظرفیت جذب ابزار حفاظت کیفی متناظر با نوع آلاینده ورودی قابل کنترل و جریان رقیق‌ساز و زمان ماند ابزارهای حفاظت کیفی برای آلاینده‌های غیرقابل کنترل می‌باشند [۸ و ۹].



شکل ۴-۲- نمای شماتیک مدل‌سازی ابزارهای حفاظت کیفی رودخانه به منظور بهسازی

استفاده از مفاهیم و شاخص‌های گفته شده در شرایط ورود آلاینده‌ها، منجر به شبه‌سازی هرچه دقیق‌تر ابزارهای حفاظت کیفی رودخانه‌ها می‌گردد. به کار گرفتن این ابزارها به صورت عملی نیز زمینه‌ساز بهبود کیفی وضعیت اکوسیستم و بهسازی رودخانه‌ها می‌گردد. البته پیشنهاد می‌شود در تمام موارد فوق برای محاسبه هرچه واقع‌بینانه‌تر و دقیق‌تر ابزارهای مدیریت کیفی، عدم قطعیت پارامترها مدنظر قرار گرفته و تحلیل شود و سپس احتمال خرابی متناظر محاسبه گردد.

۵- گام پنجم: کمی‌سازی دیدگاه‌ها و اولویت‌های ذینفعان و تصمیم‌گیرندگان

گام پنجم مربوط به کمی‌سازی نظرات و اولویت‌های ذینفعان و تصمیم‌گیرندگان منطقه بر روی نتایج اولیه به دست آمده از مدل ریاضی بهسازی تشریح شده در گام چهارم می‌باشد. مهم‌ترین اقدام در گام پنجم را می‌توان نوشتن سناریوهای مختلف متناسب با نظرات و اولویت‌های ذینفعان و تصمیم‌گیرندگان منطقه و تاثیر دادن این سناریوها با در نظر گرفتن اولویت‌ها در مدل ریاضی ساخته شده دانست. شبیه‌سازی اثرات هریک از سناریوها (چه برای شرایط حال و چه آینده) و ارائه گزارش بازخورد را می‌توان از اقدامات گام پنجم بهسازی دانست. پس از ساخت مدل ریاضی به کمک معادلات بیان شده در گام چهارم، با لحاظ نمودن اثر عدم قطعیت پارامترها، در نظر گرفتن سناریوهای خشکسالی، ترسالی، اقلیمی و ... براحتی با جایگزین نمودن پارامترهای هیدرولیکی مربوطه مانند دبی جریان امکان‌پذیر است.

۶- گام ششم: جمع‌آوری فنی و تخصصی نتایج

در این گام، پس از بررسی و شبیه‌سازی اثرات کلیه گزینه‌ها و سناریوهای محتمل با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌های متناظر و همچنین مدنظر قرار دادن کمی‌اولویت‌های سهامداران و تصمیم‌گیرندگان در گام پنجم، به جمع‌آوری فنی و تخصصی نتایج با رویکرد امتیازدهی یا ارزش‌گذاری راهکارهای محتمل و ممکن پرداخته می‌شود. به ازای هر تصمیم درجهت بهسازی، یک رتبه تعلق می‌گیرد و در نهایت با تحلیل رتبه‌ها و در نظر گرفتن نگرش ریسک، یک رتبه‌بندی احتمالاتی منحصر به فرد برای هر سهامدار یا گروه ذینفع بر اساس مقادیر ابزارهای مورد انتظار محاسبه می‌گردد. در واقع این مرحله ماحصل اقدامات انجام شده در پنج گام پیش می‌باشد و حاوی مجموعه‌ای از تصمیمات مهم مدیریتی-اجرایی می‌باشد.

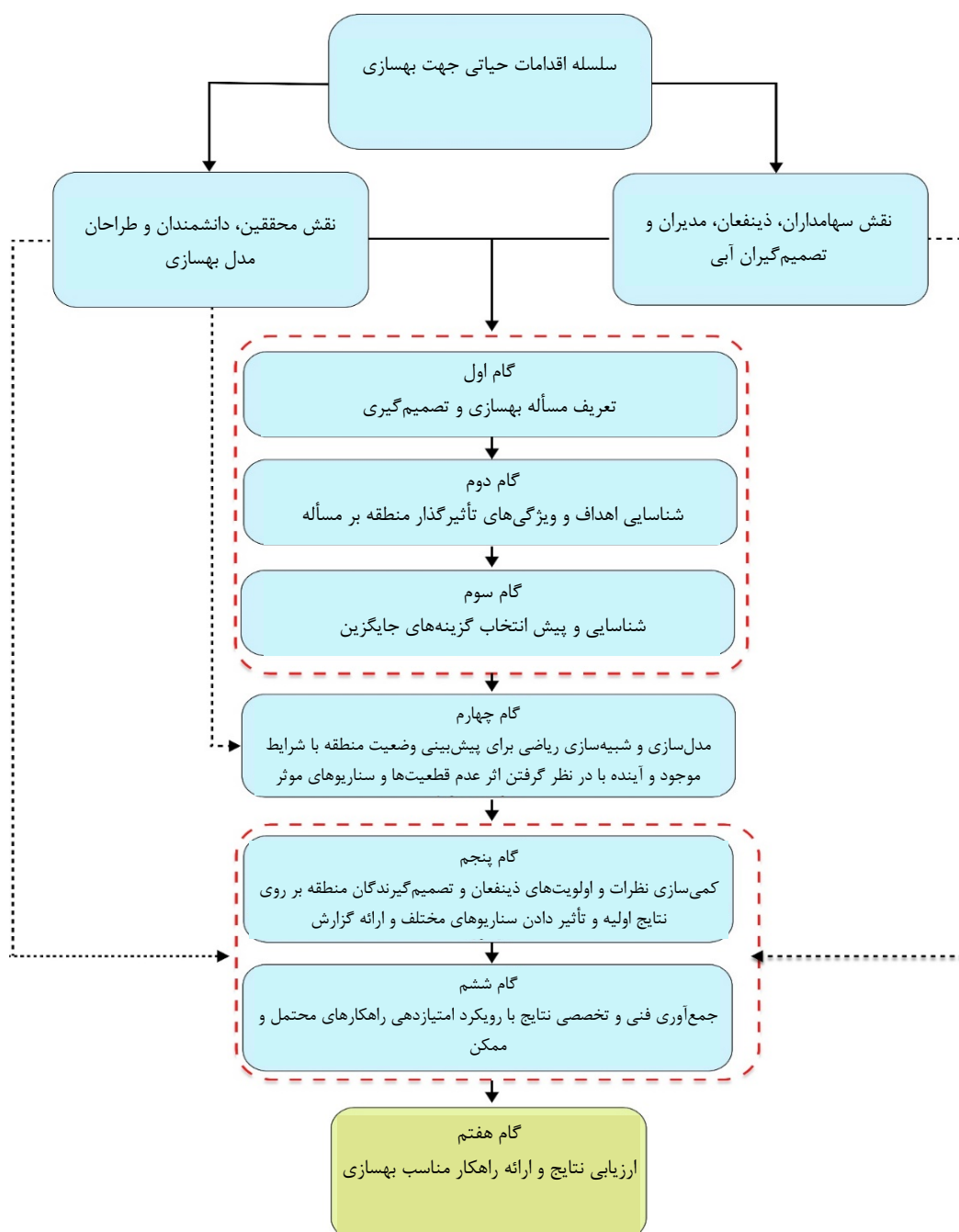
۷- گام هفتم: ارزیابی نتایج و ارائه راهکار مناسب بهسازی

هدف از این گام، ارزیابی نتایج و ارائه راه‌حل (ها) برای رسیدن به پاسخ مناسب در کوتاه‌ترین زمان ممکن می‌باشد. در این مرحله در نظر گرفتن آنالیز حساسیت نتایج مدل ایجاد شده به ازای هریک از پارامترهای مدل درجهت رسیدن به پاسخ‌های با عدم قطعیت کم و قابلیت اطمینان بالا توصیه می‌شود. در واقع این مرحله مکمل گام ششم (رتبه‌بندی) در جهت انتخاب گزینه (های) نهایی می‌باشد. فلوچارت گام‌های ضروری برای انجام یک پروژه بهسازی کیفی در شکل (۴-۳) نشان داده شده است.

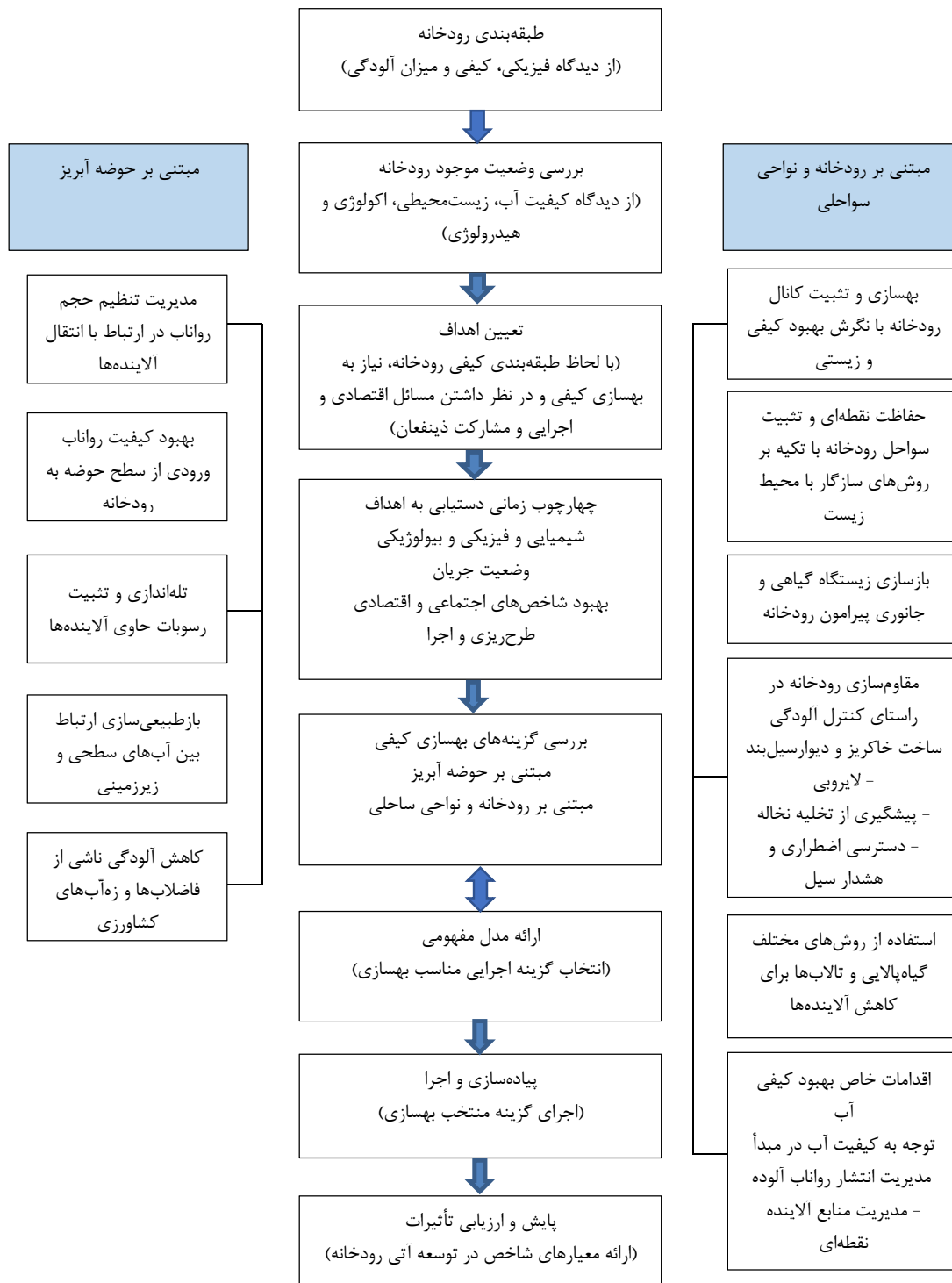
۵-۴- گام‌های طراحی برنامه بهسازی کیفی از دید بازتوانی رژیم طبیعی جریان

تغییرات در کیفیت آب رودخانه متأثر از میزان ورود آلاینده‌های مختلف از یک سو و تغییرات در وضعیت هیدرولوژیکی رودخانه به ویژه دبی جریان از سوی دیگر است بنابراین بهسازی کیفی متأثر از بهسازی دبی جریان در رودخانه بوده و این دو مفهوم ارتباط مستقیمی با هم دارند. در یک فرآیند بهسازی در رودخانه، افزون بر کنترل و یا

حذف آلاینده‌ها، تلاش در راستای بازگشت وضعیت هیدرولوژیکی، ساختار هندسی آبراهه و پوشش گیاهی نیز اهمیت دارد. انتظار می‌رود با بهسازی وضعیت جریان و خصوصیات فیزیکی، ارگانیسم‌های زیستی نیز به شرایط پیش از تغییر برگردند. با توجه به تبیین مسائل مهم در بهسازی و ارتقاء کیفی در بخش‌های گذشته و در نظر داشتن دیدگاه‌های فنی، برنامه بهسازی کیفی با تأکید بر بازنشانی رژیم طبیعی جریان در قالب فلوچارت شکل (۴-۴) ارائه می‌گردد.



شکل ۴-۳- فلوچارت مدل مفهومی بهسازی



شکل ۴-۴- فلوجارت فرآیند بهسازی کیفی با تأکید بر بازنشانی رژیم طبیعی جریان

- طبقه‌بندی رودخانه

با توجه به راهنمای طبقه‌بندی کیفیت آب‌ها که در فصل دوم اشاره شد می‌بایست ابتدا از دیدگاه کیفی و میزان آلودگی رودخانه‌ها را بر اساس نوع کاربری‌های تعریف شده برای آن طبقه‌بندی نمود. هم‌چنین با توجه به اینکه در بسیاری از اقدامات به‌سازی کیفی رودخانه، اعمال تغییرات در کانال رودخانه، سواحل و حوضه رودخانه ضروری است بنابراین رودخانه از دیدگاه فیزیکی نیز باید طبقه‌بندی گردد. ویژگی‌های فیزیکی رودخانه مانند شیب طولی، نسبت عرض به عمق، اندازه ذرات رسوبات در بستر و سواحل، ویژگی‌های شکل زمین بر اساس کلاس پایداری و موارد دیگر را بیان می‌کند. به طور مثال طبقه‌بندی رودخانه به روش روزگن^۱ در این بخش قابل طرح هست.

- بررسی وضعیت موجود

شناسایی وضعیت موجود باید با اطلاعاتی شامل داده‌های کیفیت آب رودخانه، اندازه‌گیری مقادیر آلاینده‌های ورودی به رودخانه به صورت نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای، ویژگی‌های زیستگاه‌های جانوری و گیاهی پیرامون رودخانه و هم‌چنین داده‌های هیدرولوژیکی رژیم جریان (کم‌آبی، پرآبی، پایه و سیلابی) و اطلاعات دیگر و هم‌چنین استفاده از شاخص‌های کیفی تکمیل شود.

- تعیین اهداف

تجربیات و هم‌چنین قوانین بین‌المللی خواستار مشارکت ذینفعان در برنامه‌ریزی هستند. اهداف ممکن است تحت تأثیر یک حالت ترجیحی (اولویت‌بندی) و با توجه به «بهترین ایده‌های عملی» که در جاهای دیگر جواب داده‌اند، قرار داشته باشند. تعیین اهداف کلی و اهداف تفصیلی جزئی‌تر با مشارکت مردم در یک فرآیند آزاد و ایده‌آل منجر به تقویت مشارکت بین گروه‌های ذینفع و سازمان‌های متولی مرتبط با پروژه می‌شود.

- چهارچوب زمانی^۲ دستیابی به اهداف

می‌توان اهداف خاصی را برای رودخانه‌ها یا بخش‌هایی از رودخانه که مورد بهسازی قرار می‌گیرند، تعیین کرد. وضعیت اکولوژیکی و شیمیایی، شرایط جریان، رفاه اجتماعی و اقتصادی و دستاوردهای اجرایی همگی اهدافی هستند که در کار مطالعات موردی می‌بایست موردبررسی قرار گیرند. این موارد را می‌توان به صورت کمی بیان کرد و به یک بازه زمانی مرتبط کرد. این اهداف «شاخص‌های موفقیت» هستند و برای اداره پروژه‌هایی که تکمیل آن‌ها ممکن است چند سال به طول بیانجامد ضروری هستند.

۱- Rosgen

۲- Time Frame

- اقدامات

پیش از انتخاب مرحله اقدامات، لازم است تمام مراحل پیشین انجام شود. این مراحل در دو حالت (۱) اقدامات مبتنی بر حوضه آبریز (۲) اقدامات مبتنی بر رودخانه و نواحی ساحلی مورد بررسی قرار می‌گیرد که هر دو مرحله برای یک پروژه جامع مورد نیاز هستند. به منظور مشارکت مردم در برنامه‌ریزی و اجرای اقدامات، اقناع و تشریح منافع مختلف آن همراه با تمهیدات چندمنظوره اهمیت دارد. مردم باید در فرآیند تصمیم‌گیری و همچنین در رویه‌های اجرایی مشارکت داشته باشند.

- ارائه مدل مفهومی

در این مرحله می‌بایست، اقدامات برای یک حوضه آبریز و یک بازه رودخانه به‌نوبه خود با همدیگر ترکیب شوند و زنجیره اقدامات اصلاحی تشکیل گردد. این فعالیت‌ها باید مکمل یکدیگر برای رسیدن به اهداف برنامه‌ریزی شده باشند. این امر مستلزم مفهوم سازی از طریق یک پیش طراحی و یک طرح نهایی برای پیاده سازی و اجرا است که در نهایت باید اثرات آن مورد پایش و ارزیابی نیز قرار گیرد.

- پیاده‌سازی و اجرا

جامعه هدف این فرآیند شامل عموم مردم و همچنین کاربران طرح بهسازی کیفی است. در این مرحله تنها به در اختیار گذاردن اطلاعات طرح به عموم اکتفا نمی‌شود، بلکه مشارکت فعال کاربران را در فرآیند تصمیم‌گیری، از جمله تهیه ملزومات و همچنین امکان تأمین مالی مشترک در اجرا (خدمات داوطلبانه) مدنظر قرار می‌گیرد. اجرای برنامه بهسازی با توجه به چنین امکانات، خدمات و وسایلی به‌صورت مرحله‌ای قابل انجام است. در هر مرحله ویژگی‌ها، مزایا، معایب، استفاده چندمنظوره، هزینه‌های اجرا و نگهداری و تأثیرات پیش‌بینی شده بر وضعیت و شرایط مشخص می‌شوند. در این گام ممکن است اقدامات سازه‌ای یا غیر سازه‌ای عملیاتی شوند. این امر مستلزم ارائه طرح‌های تأیید شده، مشخصات پروژه‌های سازه‌ای، فرآیند مناقصه و امکان مشاهده اقدامات می‌باشد.

- پایش و ارزیابی تأثیرات

اثربخشی یک پروژه بهسازی کیفی با بررسی شرایط پیش از توسعه و اجرا آن در ابتدا، مقایسه آن‌ها با شرایط پس از توسعه و اجرا و اعمال معیارها از طریق شاخص‌های موفقیت تعیین می‌شود. هزینه‌های مربوط به نظارت، امری اجتناب‌ناپذیر بوده و الزامی است. در این مرحله، درس‌های آموخته‌شده در طول فرآیند نظارت در بازنگری اهداف، مفهوم‌سازی، طراحی اقدامات و عملکرد سیستم‌های کنترلی استفاده می‌شود.

۴-۶- ارائه روش‌ها و راهکارهای بهسازی کیفی مبتنی بر حوضه آبریز و رودخانه و نواحی ساحلی

روش‌ها و راهکارهای متعددی برای کنترل آلاینده‌ها و بهسازی کیفی آب‌های سطحی وجود دارد که به طور کلی می‌توان آن‌ها را به دو گروه عمده راهکارهای حوضه‌ای و راهکارهای رودخانه و نواحی ساحلی تقسیم‌بندی کرد. برای هر کدام از این دو گروه نیز روش‌هایی در بهسازی کیفی وجود دارد که شامل اقدامات سازه‌ای و غیر سازه‌ای می‌باشد که هر یک از این روش‌ها برای این دو گروه عمده به اختصار در زیر بیان شده است. جزییات این روش‌ها به تفصیل در پیوست شماره ۴ آورده شده است.

الف- اقدامات سازه‌ای و غیر سازه‌ای در حوضه آبریز

- مدیریت تنظیم حجم رواناب در ارتباط با انتقال آلاینده‌ها
 - حوضچه‌های نگهداری (تأخیری) خشک
 - حوضچه‌های نگهداری (تأخیری) مرطوب
- بهبود کیفیت رواناب ورودی از سطح حوضه به رودخانه
 - حوضچه‌های مرطوب با زمان ماندگاری طولانی
 - جدا کننده‌های روغنی (مواد نفتی)
 - تالاب‌های ساخته شده
 - حفاظت زیستی
 - تله‌اندازی و تثبیت رسوبات حاوی آلاینده‌ها
 - مدیریت طرح‌های عمرانی و توسعه
 - انحراف موقت رواناب
 - نرده سیل‌تی و تجهیزات تله‌اندازی
 - حوضچه‌های رسوبی
 - گیاهان پوششی، مالچ‌های موقت
- بازطبیعی‌سازی ارتباط بین آب‌های سطحی و زیرزمینی
 - احداث برم‌ها به منظور افزایش نفوذ
 - احداث کانال و سدهای کنترلی (Check Dam)
 - حوضچه‌های نفوذی
 - بستر تراوشی
 - ترانشه‌های پر از شن

- چاه‌ها و شفت‌های گرانشی
- کاهش آلودگی ناشی از فاضلاب و زه‌آب‌های کشاورزی
- کنترل منبع سرریز فاضلاب ترکیبی
- مخازن فاضلاب ترکیبی
- تالاب‌های تله اندازی

ب- اقدامات سازه‌ای و غیر سازه‌ای در رودخانه و نواحی ساحلی

- بهسازی و تثبیت کانال رودخانه با نگرش بهبود کیفی و زیستی
- حفاظت نقطه‌ای و تثبیت سواحل رودخانه با تکیه بر روش‌های سازگار با محیط زیست
 - ترکیب شمع‌های چوبی و سنگ
 - احداث ریپرپ‌ها به همراه پوشش گیاهی
 - حفاظت به‌وسیله پوشش گیاهی
 - حفاظت با پوشش‌های مصنوعی
 - حفاظت‌های قائم دیواره
- بازسازی زیستگاه گیاهی و جانوری پیرامون رودخانه
 - نردبان‌های ماهی
 - پناهگاه‌های چوبی یا سنگی
 - مجموعه تخته‌سنگ‌ها
- مقاوم‌سازی رودخانه در راستای کنترل آلودگی‌ها
 - ساخت خاکریزها و دیوارهای سیل‌بند
 - لایروبی بستر رودخانه
 - پیشگیری از تخلیه نخاله‌های ساختمانی
 - دسترسی اضطراری و سیستم‌های هشدار سیل
- بهره‌گیری از گیاه‌پالایی در ارتقای کیفیت آب‌های سطحی
 - نوارهای فیلتر گیاهی
 - گودی‌های چمن‌پوش
 - تالاب‌ها
 - گیاه‌پالایی با تالاب‌های طبیعی
 - گیاه‌پالایی با تالاب‌های مصنوعی

○ گیاه‌پالایی با تالاب‌های اصلاح‌شده به صورت مستقل

– اقدامات خاص بهبود کیفی آب

اگرچه راهکارهای سازه‌ای ممکن است تا حدی فرسایش و رسوب‌گذاری در رودخانه‌ها را کنترل کرده و به بهسازی شرایط رودخانه کمک کند ولی در صورت عدم بهبود وضعیت کیفی آب رودخانه، گیاهان و جانداران و اکوسیستم پایدار رودخانه که وابسته به کیفیت آب است به تدریج از بین رفته و رودخانه از شرایط طبیعی خود دور می‌شود. در این قسمت با توجه به شرایط بازه مورد مطالعه از رودخانه، موقعیت آن در حوضه آبریز و هم‌چنین منابع تولید آلاینده‌ها و نوع آلاینده‌ها، راهکارهایی برای بهبود کیفیت آب رودخانه ارائه می‌شود.

- توجه به کیفیت آب در مبدأ
- مدیریت انتشار رواناب آلوده
- مدیریت منابع آلاینده نقطه‌ای

۴-۶-۱- روش‌های مختص کنترل آلاینده‌های نقطه‌ای به منظور بهبود کیفیت آب

یکی از مهم‌ترین منابع آلاینده آب‌های سطحی و رودخانه‌ها، آلاینده‌های نقطه‌ای هستند که از طریق زه‌آب‌های کشاورزی، صنعت، شهری و روستایی تولید می‌شوند. در بهسازی کیفی رودخانه‌ها ضروری است که برای هر یک از این آلاینده‌های نقطه‌ای راهکارهای مناسبی در نظر گرفته شود. از جمله روش‌های موثر در کاهش آلاینده‌های نقطه‌ای در حوزه کشاورزی می‌توان به احداث زهکش‌های کشاورزی و گیاه‌پالایی اشاره نمود. در حوزه صنعت، بازچرخانی پساب و استفاده مجدد از آب‌های تصفیه شده به منظور تامین و یا افزایش دبی پایه در رودخانه توصیه می‌شود. در خصوص کنترل آلاینده‌های نقطه‌ای شهری، به جز کنترل آلاینده‌ها در مبدأ، احداث تصفیه‌خانه و تصفیه پساب از جمله راهکارهای موثر در کاهش آلودگی به شمار می‌رود. در مورد کنترل آلاینده‌های نقطه‌ای روستایی نیز به کارگیری پکیج‌های تصفیه فاضلاب روستایی و یا استفاده از تصفیه‌خانه‌های غیرمتمرکز به عنوان روش‌های کارآمد توصیه می‌شود. جزییات مربوط به مدیریت آلاینده‌های نقطه‌ای به تفصیل در پیوست شماره ۴ آورده شده است.

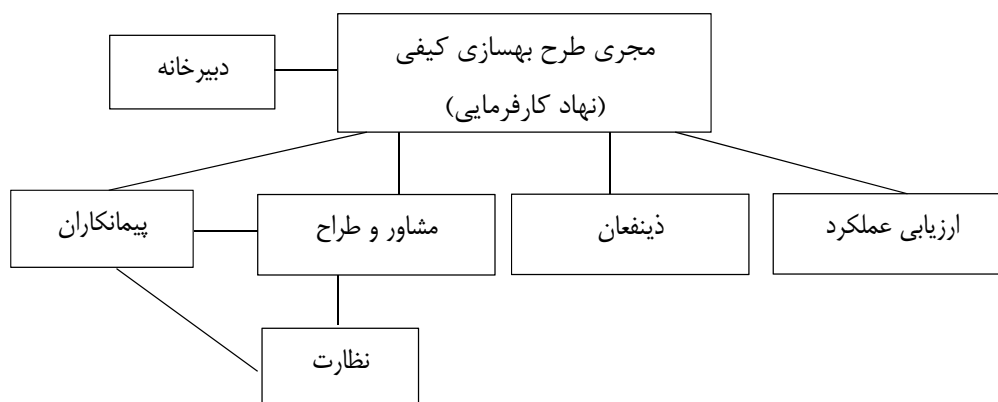
۴-۷- بررسی میزان تأثیر بهسازی بر کاربری آب به تفکیک نوع مصارف

بدیهی است ارزیابی و بررسی میزان تأثیر اقدامات بهسازی کیفی بر منابع آبی نیازمند تدوین یک برنامه پایش دوره‌ای میزان آلاینده‌هایی هست که نوع و مقدار آن‌ها به تفکیک کاربری و مصرف آب می‌بایست مدنظر قرار گیرد. اثرات برنامه بهسازی کیفی به شکل عام در میان‌مدت و بلندمدت مشهود خواهد بود. اگر شناخت منابع آلاینده و نحوه ورود از منبع به بدنه آبی و برنامه‌ریزی جهت حذف و یا کاهش آن‌ها به درستی تبیین گردد، بی‌شک اثرات برنامه بهسازی در کوتاه‌مدت نیز محسوس خواهد بود.

سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران تحت عنوان استاندارد کیفیت آب‌های ایران (سال ۱۳۹۵)، حدود قابل قبول کیفیت منابع آب برای کاربری‌های شرب، صنعت، کشاورزی، تفرج و حفظ محیط‌زیست را ارائه کرده است، به گونه‌ای که در صورت تخطی از حدود تعیین شده، آب آلوده تلقی می‌شود و می‌بایست اقدامات تعیین شده در آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب توسط سازمان‌ها و نهادهای مرتبط به اجرا گذاشته شوند. این استاندارد ملی سطح مقادیر مجاز را به تفکیک کاربری‌ها مشخص کرده و می‌تواند الگوی خوبی برای دستیابی به شرایط بهبود بدنه آبی پس از اعمال برنامه بهسازی کیفی قرار گیرد. بررسی تأثیر تدابیر مبتنی بر حوضه آبریز، رودخانه و نواحی ساحلی نیز در موضوع بهبود کیفیت آب در جای خود تعریف شده است که راستی‌آزمایی آن‌ها نیز در قالب بهبود شاخص‌های کیفی صورت می‌پذیرد.

۴-۸- جمع‌بندی روش‌ها و پیشنهاد ساختار کارگروه بهسازی کیفی

در بخش‌های گذشته به تفصیل به نحوه ورود به مساله، تبیین عوامل و شاخص‌های مهم از قبیل شاخص‌های زیست‌محیطی، شاخص‌های اجتماعی و اقتصادی و همچنین، چگونگی گام‌های اجرایی اشاره گردید. بی شک برهم‌کنش روش‌های مهندسی (سازگار با توسعه پایدار محیط‌زیست) در موضوع بهسازی کیفی با در نظر داشتن تعاملات دینفعان و اثر آن بر وضعیت اجتماعی و اقتصادی در یک منطقه می‌بایست هدایت و مدیریت گردد. در ایران، تاکنون چنین ساختارهایی کم‌تر ایجاد و برای آن سازوکار پیشنهاد شده است. هرچند که در سالیان اخیر با نگرش مدیریت حوضه‌ای در مدیریت منابع آب قدری این‌گونه مسائل مورد توجه قرار گرفت. اکثر پروژه‌های مرتبط به رودخانه به شکل سه‌ضلعی یعنی کارفرما، مشاور و پیمانکار در دست مدیریت، طرحی و اجراست. ایجاد کارگروه بهسازی کیفی می‌بایست ارگان‌ها و افراد دیگری افزون بر سه ضلع موجود در پروژه‌ها به خود اضافه نماید. جوامع هدف در این موضوع دینفعان، مردم محلی، شورای شهر، سازمان‌های مردم‌نهاد و تشکل‌های علاقه‌مند به فعالیت‌های داوطلبانه (خصوصاً در نظارت و ارزیابی) بوده که می‌توان در کارگروه بهسازی کیفی از توان فکری و توانایی‌های اجرایی آن‌ها برای پیشبرد اهداف طرح بهره برد. این کارگروه باید یک دبیرخانه فعال داشته تا تمامی مدارک و مستندات و اعلان‌ها در این ساختار ثبت و پیگیری شود. ساختار پیشنهادی برای کارگروه بهسازی کیفی به شکل (۴-۵) ارائه می‌گردد. با توجه به نقش هریک از اجزا، مهم‌ترین وظایف آن‌ها به شرح زیر تعریف می‌گردند:



شکل ۴-۵- ساختار و اجزای اصلی کارگروه بهسازی کیفی منابع آب سطحی

مجری طرح بهسازی کیفی یک نهاد کارفرمایی است و اقدامات زیر را مدیریت و راهبری می‌کند:

- سیاست‌گذاری، هدف‌گذاری و تعیین اولویت‌ها
- تأمین منابع مالی و اختصاص آن به طرح
- هماهنگی و تعامل با ذینفعان در پیش، هنگام و پس از اجرای پروژه
- ایجاد بستر تعاملی با نهادهای حاکمیتی و تصمیم‌گیر در سطح منطقه
- راهبری پروژه در سطح کلان
- ایجاد هماهنگی میان دیگر اجزای پروژه به منظور تسهیل امور
- ایجاد سازوکار به منظور دریافت نقطه نظرات متخصصان علاقه‌مند به پروژه و استفاده از آن‌ها در بهبود طرح
- مشاور و طراح، به عنوان یک ضلع مستحکم طرح بوده و وظیفه مشخص در خصوص تبیین موضوع، ارائه طرح متناسب با اهداف، ترسیم گام اجرایی بر اساس زمان‌بندی و نظارت عالیه را به عهده دارد. اقدامات زیر توسط این نهاد سامان می‌یابد:

- مطالعه، شناخت و تبیین وضع موجود از دید فنی در موضوع بهسازی کیفی
- تعیین رویکردهای بهسازی با توجه به اهداف طرح
- طرح سناریوهای بهسازی بر اساس منابع مالی و اولویت‌بندی گام‌های اجرایی
- ارائه طرح بهسازی با در نظر داشتن مسائل فنی، هیدرولیکی، هیدرولوژیکی، زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی
- تبیین ابعاد طرح برای ذینفعان در مراحل مختلف پروژه از طریق مجری طرح
- ارائه برنامه زمان‌بندی و جزییات آن
- برآورد مالی طرح‌ها
- تهیه نقشه و مدارک فنی طرح

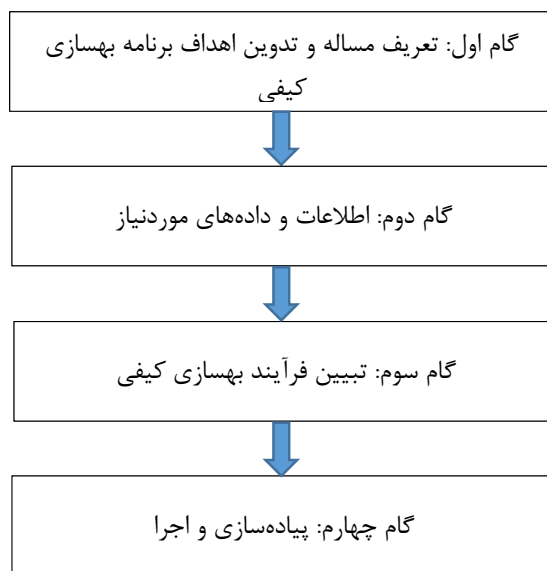
- نظارت عالیه بر طرح
 - بررسی مسائل پیمانکار و بررسی عملکرد فنی و مالی
- پیمانکاران مسئول اجرای اقدامات سازه‌ای پیشنهادی در این حوزه هستند. مهم‌ترین وظایف این بخش به شرح زیر می‌باشد:
- تبیین و تشریح گام‌های اجرایی و ارائه برنامه عملیات اجرایی
 - اجرای کار بر اساس طرح و برنامه زمان‌بندی
 - بسترسازی جهت تعامل با ذینفعان در هنگام اجرای پروژه
 - ارائه پیشنهادهای فنی به‌منظور بهبود طرح در صورت لزوم
 - تهیه مستندات فنی و مالی
- نظارت بر عملیات اجرایی و کارگاهی توسط افراد صاحب صلاحیت فنی به پیشنهاد مشاور و تأیید مجری طرح صورت می‌پذیرد. دستگاه نظارت مقیم تعریف مشخصی دارد و مهم‌ترین وظایف آن به شرح زیر ارائه می‌گردد:
- نظارت بر اجرای طرح‌ها و همخوانی آن با مشخصات طراحی
 - بررسی برنامه عملیات اجرایی و در صورت لزوم اصلاح و ارتقاء آن
 - کمک به ایجاد تعاملات محلی
 - بررسی اولیه صورت هزینه‌های مالی
 - انتقال مشکلات اجرایی و طراحی به مشاور و طراح به‌منظور رفع آن‌ها
- ذینفعان و گروه‌هایی که به طور مستقیم و غیرمستقیم در اثر اجرای پروژه‌های بهسازی در زندگی آن‌ها به لحاظ شغل، اقتصاد، مالکیت، دسترسی و هر موضوعی که به‌نوعی حاصل از اجرای پروژه می‌باشد، تغییراتی ایجاد می‌گردد در این کارگروه می‌بایست تشویق به حضور و ارائه ایده شوند. هرچه یک طرح به‌سازی بیش‌تر مورد پذیرش مردم با شد، بدیهی است در فاز اجرا و بهره‌برداری مشکلات کم‌تری به وجود می‌آید. تعامل با ذینفعان در پروژه‌های بهسازی کلید موفقیت است. در موارد زیر ذینفعان می‌توانند به تحقق اهداف پروژه کمک نمایند:
- کمک به تبیین مساله و هدف از بهسازی
 - همکاری با طراحان به‌منظور شناخت عوامل مهم آلودگی و اثرات آن‌ها در سیمای آبی
 - آگاهی بخشی به طراحان در خصوص وقایع تاریخی مرتبط با موضوع
 - ارائه پیشنهاد در خصوص اجرای عملیات به‌منظور بهینه‌سازی روش‌ها
 - تسهیل در عملیات اجرایی از طریق مشارکت
 - آمادگی در انجام فعالیت‌های داوطلبانه در موضوع تعمیر و نگهداری از سازه‌های احداث‌شده
 - ارتقاء آگاهی عمومی و انتقال به جوامع هدف توسط هدایتگران محلی

هر پروژه بهسازی نیازمند ارزیابی عملکرد در بازه‌های میان‌مدت و بلندمدت است. هرچند که امکان دارد در موضوع خاصی اثر کوتاه‌مدت نیز مانند حذف آلاینده از منبع و جلوگیری از انتشار آن در بدنه آبی محسوس باشد. بهره‌مندی از کارشناسان و افراد علاقه‌مند در این زمینه که منافع مشترکی با طراحان نداشته و بتوانند به‌درستی نقاط قوت و ضعف طرح‌ها را شناسایی نمایند در این بخش لازم و ضروری است. مهم‌ترین موارد مرتبط در این بخش به شکل زیر قابل طرح است:

- تهیه چک‌لیست ارزیابی‌ها
 - انجام فرآیند ارزیابی در بازه‌های زمانی پیش‌بینی‌شده
 - شناسایی نقاط قوت و ضعف طرح‌ها
 - تدوین تجربیات به‌منظور توسعه دانش بومی
 - بررسی نقش پروژه بهسازی در توسعه اقتصادی و اجتماعی منطقه
 - پیشنهاد ارتقاء روش‌ها و رویکردها در بهسازی
 - ارزیابی نقش و عملکرد اجزا دیگر پروژه در موفقیت و یا شکست طرح
- کارگروه بهسازی نیازمند داشتن یک دبیرخانه فعال به‌منظور ثبت مستندات و اعلام آگهی‌ها در خصوص برگزاری نشست‌های فنی و تهیه صورت‌جلسات کارگروه و ابلاغ آن‌ها به دیگر بخش‌ها است. ارتباط دوسویه با ذینفعان، اندی‌شمندان و پژوهش‌گران علاقه‌مند در دریافت نظرات و ارائه آن به افراد مسوول و همچنین دریافت و انتقال پاسخ به پرسشگران دلسوز می‌تواند به تحکیم اهداف پروژه بهسازی کمک نماید. مهم‌ترین وظایف دبیرخانه به شرح زیر هستند:
- اعلام آگهی و فراخوان برگزاری نشست‌های فنی
 - تهیه صورت‌جلسات
 - ثبت مستندات و مدارک
 - دریافت نظرات از جوامع هدف و ذینفعان
 - انتقال پاسخ به سؤالات مطروحه
 - به اشتراک‌گذاری اطلاعات و داده‌ها

۹-۴- ارائه برنامه بهسازی کیفی و چک لیست‌های مربوطه

تمامی اجزای برنامه بهسازی کیفی در فصول گذشته به تفکیک مورد بحث و بررسی قرار گرفت. در این قسمت با تنظیم و ترکیب آن اجزا، مباحث مربوطه را به هم مرتبط ساخته و ساختار یک برنامه بهسازی کیفی در قالب گام‌های عملیاتی ارائه می‌شود. بر این اساس چهار گام اصلی در تدوین این برنامه وجود دارد که در دیاگرام شکل (۴-۶) آورده شده است. همچنین با توجه به توضیحات ارائه شده رئوس فعالیت‌های مهم هر گام به تفکیک، در قالب چک‌لیست‌های جدول (۴-۲) لغایت جدول (۴-۴) آورده شده است.



شکل ۴-۶- ساختار اصلی برنامه بهسازی کیفی

جدول ۴-۲- جزئیات چک‌لیست فعالیت‌های مرتبط با گام اول - تعریف مساله و اهداف

ردیف	رئوس اقدام	ریز فعالیت‌ها	سرفصل‌های پشتیبان
۱	مفهوم بهسازی کیفی رودخانه‌ها	- تعریف آلاینده‌ها و مشکل آلودگی آب‌های سطحی - تشریح ارتباط بین فرآیندهای بازیابی، بهسازی و ترمیم در رودخانه‌ها	۱-۱
۲	اهداف و گام‌های اساسی بهسازی	- موارد مهم در رویه بهسازی کیفی بر اساس راهنماهای بهسازی کیفی ارائه شده در کشورهای مختلف جهان - طرح ۱۲ پر سش کلیدی برای آشکار سازی اهداف بهسازی و گام‌های موثر در رویه بهسازی کیفی	۲-۱
۳	طبقه‌بندی آب رودخانه‌ها، معیارها و استانداردهای موجود	- قوانین و مقررات ایران در زمینه کیفیت آب‌های سطحی - طبقه‌بندی کیفیت آب رودخانه‌ها - معیارهای کیفیت آب رودخانه‌ها - ظرفیت خودپالایی رودخانه‌ها	۲-۲ ۱-۴-۲ ۲-۴-۲ ۴-۴-۲
۴	تبیین نوع مشکل از دید شکاف‌های نهادی و ناهمسویی بین ارگان‌ها	- شکاف نهادی بین سازمان حفاظت محیط‌زیست و وزارت نیرو در مدیریت کیفیت منابع آب - شکاف نهادی بین سازمان حفاظت محیط‌زیست و وزارت جهاد کشاورزی در مدیریت کیفیت منابع آب - شکاف نهادی بین سازمان حفاظت محیط‌زیست و وزارت صمت در مدیریت کیفیت منابع آب - نقد و بررسی قوانین، اسناد و برنامه‌های موجود در مدیریت کیفیت آب‌های سطحی (طراحان برنامه بهسازی باید بتوانند ضمن طرح سیمای مشکلات اجتماعی و فرهنگی سعی بر ارائه توصیه‌های قابل تاملی برای بهبود آن نیز داشته باشند. بدیهی است موفقیت طرح در گرو همسو کردن نهادها و عزم آن‌ها برای همراهی با مردم منطقه می‌باشد).	۵-۲

جدول ۴-۳- جزییات چک لیست فعالیت‌های مرتبط با گام دوم- اطلاعات و داده‌های مورد نیاز

ردیف	رئوس اقدام	ریز فعالیت‌ها	سرفصل‌های پشتیبان
۱	تهیه لیست داده‌های مورد نیاز برای بهسازی کیفی	- داده‌های کمی شامل هیدرولیکی و هیدرولوژیکی، داده‌های کیفیت و رسوب، داده‌های فاضلاب صنعتی یا شهری، وضعیت کشاورزی منطقه، داده‌های زیست بوم مورفولوژیکی، داده‌های اجتماعی و فرهنگی و تاریخچه شیمیایی و بیولوژیکی جریان - داده‌های کیفی شامل انواع آلاینده‌های آب‌های سطحی (آلاینده‌های معدنی، آلاینده‌های آلی، تغذیه‌گرایی، تغییرات اکسیژن محلول در آب، تغییرات اسیدیته و ...)	۲-۳ ۳-۳
۲	تاثیر آلاینده‌ها بر آب‌های سطحی	- علائم مشخصه ورود آلاینده‌های مختلف به رودخانه‌ها - منشاء آلودگی‌های نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای در رودخانه‌ها	۱-۳-۳ ۲-۳-۳
۳	اندازه‌گیری پارامترها	تواتر نمونه‌برداری پارامترهای کیفی مرتبط با برنامه بهسازی کیفی	۴-۳-۳
۴	نحوه گردآوری داده و چگونگی تهیه اطلاعات	تهیه بانک اطلاعاتی از داده‌ها و تنظیم فرم‌های استاندارد و برقراری ارتباط منسجم بین داده‌ها (داده‌های محیطی، کمی و کیفی آب و اجتماعی)	۴-۳
۵	تحلیل داده‌ها	- ارزیابی اثرات فیزیکی و بیولوژیکی - استفاده از تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی - اعتباریابی داده‌ها و اطلاعات گردآوری شده	۵-۳

جدول ۴-۴- جزییات چک لیست فعالیت‌های مرتبط با گام سوم- تبیین فرآیند بهسازی کیفی

ردیف	رئوس اقدام	ریز فعالیت‌ها	سرفصل‌های پشتیبان
۱	آشکارسازی و تبیین اهداف طرح بهسازی کیفی (فاز یک)	چک لیست مهم‌ترین پرسش‌های مطرح در پروژه‌های بهسازی کیفی	۲-۴
۲	عوامل تاثیرگذار در پروژه‌های بهسازی کیفی	- شناسایی و اندازه‌گیری عوامل تاثیرگذار - پارامترها و عوامل موثر ارائه شده در جدول ۱-۴	۳-۴
۳	گام‌های اساسی و مهم در پروژه‌های بهسازی کیفی	- تعریف مساله بهسازی - شناسایی اهداف و ویژگی‌های تاثیرگذار منطقه بر طرح بهسازی - شناسایی و پیش‌انتخاب گزینه‌های جایگزین - انجام مدل‌سازی و شبیه‌سازی ریاضی برای پیش‌بینی وضعیت رودخانه - کمی‌سازی نظرات و اولویت‌های ذینفعان و تصمیم‌گیرندگان منطقه بر روی نتایج اولیه به دست آمده و نوشتن سناریوهای مختلف - جمع‌آوری فنی و تخصصی نتایج با رویکرد امتیازدهی راهکارهای اجرایی - ارزیابی نتایج و ارائه راه‌حل برای رسیدن به پاسخ مناسب در کوتاه‌ترین زمان - طراحی برنامه بهسازی کیفی از دید بازتوانی رژیم طبیعی جریان (فلوچارت بهسازی)	۴-۴ ۵-۴
۴	روش‌ها و راهکارهای بهسازی کیفی رودخانه‌ها	- اقدامات سازه‌ای و غیر سازه‌ای در حوضه آبریز - اقدامات سازه‌ای و غیر سازه‌ای در رودخانه و نواحی ساحلی - بهره‌گیری از گیاه‌پالایی در ارتقای کیفیت آب‌های سطحی - اقدامات خاص بهبود کیفی آب	۶-۴
۵	جمع‌بندی روش‌ها و ساختار کارگروه بهسازی کیفی	- معرفی نهادهای کارفرمایی - معرفی مشاوران، پیمانکاران و اجراکنندگان - شناسایی و بررسی منافع و قدرت ذینفعان، شناسایی الگوها و محتوای تعاملات بین ذینفعان - نظارت بر اجرای طرح‌ها و همخوانی آن با مشخصات طراحی	۸-۴

فصل ۵

پیاده‌سازی و اجرا

۵-۱- مقدمه

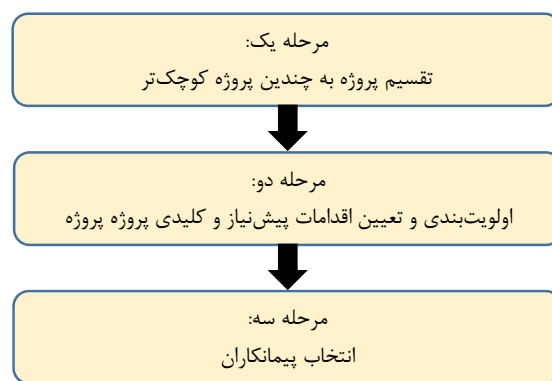
در بخش‌های پیشین، استراتژی‌ها و راهکارهای مربوط به طرح‌های بهسازی کیفی ارائه شده و میزان کارایی این راهکارها نیز تا حدی بررسی گردید. این بخش به این موضوع می‌پردازد که هر اقدام تعریف شده در روند بهسازی در چه زمانی، توسط چه ارگان‌هایی، با چه هزینه‌ای و با چه ترتیبی بهتر است انجام شود. این فرآیند شامل اجرای خود پروژه و فرآیند پایش و ارزیابی کلیه اقداماتی است که می‌بایست پیش از اجرا، حین اجرا و پس از پایان کار صورت پذیرد. بنابراین چنین برنامه‌ریزی و اقداماتی برای اجرای پروژه بسیار اهمیت دارد به دلیل اینکه مشخص می‌کند که در هر گام از پروژه چه فعالیتی باید انجام شود.

شروع هر اقدام از پیش تعریف شده به گونه‌ای زمان‌بندی می‌شود که کارهای اجرایی در هر ناحیه از محدوده پروژه به صورت منطقی و به درستی انجام شوند. برای مثال رویش مجدد پوشش گیاهی از بین رفته به هنگام اجرای پروژه، اقدامی است که می‌بایست انجام شود. برای این منظور می‌توان کاشت بذر روی کناره‌های رودخانه را هم‌زمان با اجرای نمونه‌گیری کیفی از آب رودخانه و یا نمونه‌گیری از ماهی‌ها به منظور مطالعات اکولوژیکی به گونه‌ای انجام دارد که هیچ گونه تداخلی در انجام دیگر فعالیت‌ها پیش نیاید. بنابراین با توجه به طرح‌های انتخاب شده، هدف این است که اجرا و پیاده‌سازی یک پروژه بهسازی تا جای ممکن موثر و کارایی بالاتری داشته باشد. برای اجرای موفقیت‌آمیز یک پروژه بهسازی می‌بایست اقدامات زیر انجام شود:

- محاسبه و ترسیم یک برنامه زمانی
- تعیین و تخصیص مسوولیت‌های اجرایی
- نهایی کردن بودجه انجام پروژه
- اجرای مرحله به مرحله اقدامات
- سازماندهی برنامه ارزیابی پروژه

۵-۲- مراحل پیاده‌سازی و اجرا

هر طرح پیاده‌سازی و اجرا شامل سه مرحله کلی است که در شکل (۵-۱) نمایش داده شده است:



شکل ۵-۱- مراحل کلی پیاده‌سازی و اجرای یک طرح بهسازی

۵-۲-۱- تقسیم پروژه به چندین پروژه کوچک‌تر

در ابتدا یک پروژه به صورت مجموعه‌ای از اقدامات، راه‌حل‌ها و استراتژی‌هایی استوار شده است تا به واسطه آن‌ها، اهداف مورد نظر محقق شوند. در گام نخست می‌بایست هر کدام از این اقدامات و استراتژی‌ها به مجموعه‌ای از ریزفعالیت‌ها به گونه‌ای تقسیم شوند که انجام هر کدام از آن‌ها سبب تکمیل یک قسمت کوچک از پروژه گردد. در پروژه‌های بزرگ و پیچیده که نیازمند انجام حجم قابل توجهی از اقدامات مختلف است، باید ابتدا به چندین پروژه کوچک‌تر شکسته شده و سپس اقدامات گفته شده برای هر کدام از زیرپروژه‌ها انجام شود. بنابراین در این گام هدف این است که هر فعالیت تا جای ممکن ساده تعریف شده تا تخمین مدت زمان انجام آن و همچنین تخمین هزینه موردنیاز به راحتی انجام گیرد.

۵-۲-۲- اولویت‌بندی و تعیین اقدامات پیش‌نیاز و کلیدی پروژه

در این مرحله می‌بایست هر فعالیتی را که بر اساس برنامه‌ریزی در حال انجام است شناسایی شده و بررسی شود که آیا اقدام دیگری وجود دارد که باید پیش از این فعالیت انجام شود؟ به عنوان مثال به هنگام آغاز یک فعالیت خاکبرداری می‌بایست در نظر داشت که تجهیزات خاکبرداری چگونه و در چه مدت زمانی وارد سایت شده و آماده به کار می‌شوند و یا اینکه آیا لازم است پیش از هر گونه خاکبرداری، عکس‌هایی از سایت پروژه برای ارزیابی‌های آتی گرفته شود. اقدامات کلیدی به اقداماتی گفته می‌شود که بایستی در فرآیند بهسازی کیفی انجام شود و در غیر این صورت انجام پروژه ناممکن می‌شود. این فعالیت‌ها و اقدامات برای انجام پروژه بسیار مهم و حیاتی هستند و در شرایطی که نتوان این کارها را انجام داد اجرای پروژه با شکست روبرو می‌شود. این اقدامات شامل اجرای کلیه گزینه‌های منتخب بهسازی کیفی رودخانه و زیر اقدامات مرتبط با آن‌ها و همچنین اخذ کلیه مجوزهای لازم برای اجرای چنین اقداماتی می‌باشند.

۵-۲-۳- انتخاب پیمانکاران

تعیین مسوولیت‌ها برای انجام دقیق فعالیت‌ها و همچنین ایجاد حداکثر همکاری بین کلیه پیمانکاران بسیار مهم است. زیرا با این کار، برای هر پیمانکار مشخص می‌شود که چه مدت زمانی برای انجام این قسمت از پروژه نیاز بوده و از

آن‌ها چه انتظاری دارند. همچنین برای این پیمانکاران امکان انجام کارهای هم‌زمان یک پروژه مشخص می‌شود که می‌تواند در تسریع انجام پروژه بسیار کارساز باشد.

در پروژه‌های به‌سازی کیفی رودخانه، استفاده از پیمانکاران با تجربه در زمینه پروژه‌های محیط زیست و رودخانه‌ها بسیار حائز اهمیت می‌باشد. چنین پیمانکارانی می‌دانند که چگونه کار را در کوتاه‌ترین زمان و کم‌ترین هزینه انجام دهند و همچنین بر اساس تجربه‌های به دست آمده، ایده‌های خوبی برای انجام فعالیت‌ها به کارفرما ارائه دهند. در شرایطی که پیمانکار باتجربه در زمینه انجام چنین پروژه‌هایی در دسترس نباشد و پیمانکار آگاهی چندانی راجع به جزییات رودخانه و موضوع به‌سازی کیفی نداشته و حساسیت‌های موجود را درک نکند، کارفرما می‌بایست دستورالعمل‌های ساده و شفافی به پیمانکار و کارشناسان اجرایی ارائه داده و در دوران انجام پروژه نیز آن‌ها را راهنمایی و در راستای هر چه بهتر انجام پروژه هدایت نماید.

۵-۳- اقدامات لازم برای تشکیل چارت طرح

- تعیین مدت زمان موردنیاز برای انجام هر کار

تخمین هر چه دقیق‌تر مدت زمان موردنیاز برای انجام هر کار که در پروژه تعریف شده، از آیتم‌های مهم و تاثیرگذار در زمان و هزینه انجام پروژه بوده و بنابراین می‌بایست تلاش شود تا حد امکان با واقعیت همخوانی داشته باشد. رسیدن به این هدف نیازمند داشتن مطالعات فاز اول مانند مطالعات کیفیت آب، اکولوژیکی، هیدرولوژی و دیگر مطالعات لازم در هر پروژه و همچنین در دست داشتن طرحی از آنچه در نظر است اجرا گردد و در نهایت اطلاع دقیق از نوع ماشین‌آلات، سرعت انجام کار توسط هر کدام از آن‌ها، تعداد و سرعت عمل نیروی کار ماهر، شرایط جوی در زمان انجام کار و مانند آن است که می‌بایست با برنامه‌ریزی انجام شود.

- انجام هم‌زمان دو یا چند فعالیت

به هنگام اجرای پروژه می‌بایست این مساله بررسی شود که آیا امکان دارد دو یا چند فعالیت به طور هم‌زمان و بدون ایجاد تداخل کاری انجام داد. در صورت وجود چنین امکانی، سرعت انجام پروژه افزایش می‌یابد. به عنوان مثال آیا امکان دارد در شرایطی که عملیات رویش مجدد پوشش گیاهی ساحل چپ رودخانه انجام می‌شود، عملیات فنس‌گذاری ساحل راست نیز انجام شود.

- ترسیم فلوچارت اجرایی پروژه

ابزارهای زیادی برای نمایش برنامه‌ریزی یک پروژه وجود دارند که به هنگام اجرای پروژه می‌بایست مورد استفاده قرار گیرند. برای پروژه‌های کوچک می‌توان از دیاگرام گانت و یا نمودار میله‌ای یا ستونی استفاده نمود که متشکل از جداول ساده‌ای شامل کارهای موردنیاز و زمان انجام هر کدام از آن کارها می‌باشد. برای پروژه‌های بزرگ‌تر بهتر است از

نرم افزارهای کنترل پروژه مانند Microsoft Project استفاده شود که تجربه استفاده موفق از آن‌ها در پروژه‌های زیادی به اثبات رسیده است.

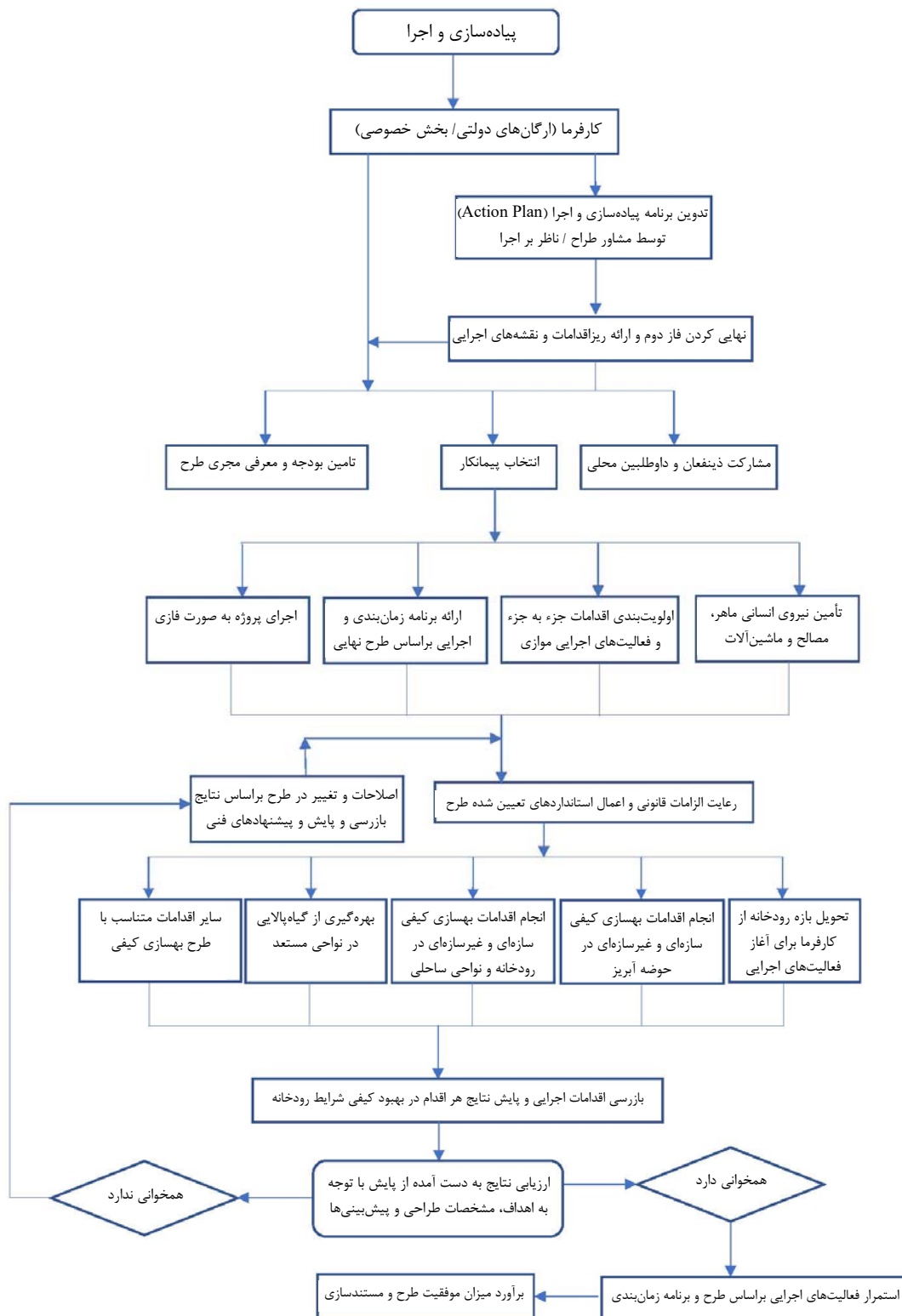
- تعیین میزان نقش مالکان و ذینفعان در انجام پروژه

بر اساس تجارب به دست آمده از پروژه‌های بهسازی کیفی انجام شده در جهان، یکی از نکات کلیدی در موفقیت پروژه‌ها، مشارکت مالکان و ذینفعان در کلیه فازهای انجام پروژه می‌باشد. به ویژه اینکه ذینفعان می‌توانند مسوولیت‌پذیری بالایی در مدت زمان طولانی حین عملیات اجرایی و پس از اتمام پروژه داشته باشند. به عنوان مثال در یک پروژه بهسازی که نیاز به بذرافشانی و آبیاری مداوم تا مدت‌ها پس از اتمام پروژه دارد، در صورت مشارکت نداشتن مالکان و ذینفعان که مسوولیت‌پذیر بوده و در راستای پیش‌برد پروژه کمک می‌کنند، این کار یا انجام نشده و یا با موفقیت انجام نمی‌شود که به معنای شکست قسمتی از پروژه می‌باشد. در استفاده از ذینفعان معمولاً نیازی به نوشتن قراردادهای مرسوم همراه با اسناد و جزییات پیچیده نمی‌باشد و تنها با یک فرم ساده بین کارفرما و اشخاص محلی این کار به خوبی انجام می‌شود. این مساله سبب گره خوردن منافع ذینفعان با پروژه شده و موجب می‌شود تا مسوولیت‌هایشان را تا اتمام موفق پروژه ادامه دهند. برای نیل به چنین هدفی بهتر است اقدامات زیر پیش از اجرای پروژه انجام شود:

- برگزاری جلسات و نشست‌های عمومی و محدود با جوامع هدف و تاثیرپذیر از برنامه بهسازی
- تبیین منافع حاصل از بهسازی کیفی برای ذینفعان
- فراهم آوردن بستر مشارکت عمومی به منظور همراهی بهتر با طرح بهسازی

۵-۴- فلوچارت گام به گام پیاده‌سازی و اجرای پروژه

هر پروژه بهسازی کیفی معمولاً از چندین فاز تشکیل می‌شود و نکته مهم این است که این فازها، طرح‌ها و نقشه‌های از پیش نوشته شده و بدون تغییری نیستند بلکه حالت پویا و دینامیک داشته و ممکن است لازم باشد در حین پیاده‌سازی و اجرای پروژه تغییراتی در آن‌ها نیز داده شود. در پروژه‌های کوچک که تقریباً به همان صورت طرح اولیه انجام شده و یا در مدت زمان کوتاهی انجام می‌شوند، پس از تکمیل و نهایی کردن هزینه اجرای پروژه و پیش‌بینی منابع، شاید نیازی به بازبینی فازهای پروژه نباشد. لیکن در پروژه‌های بزرگ و یا طولانی مدت که در بازه‌های بزرگی از یک یا چند رودخانه اجرا می‌شوند، ممکن است قسمت قابل توجهی از هزینه‌ها در همان سال نخست اجرای پروژه صرف انجام کارهای اضافی گردد. بنابراین در چنین پروژه‌هایی، می‌بایست امکان تغییر به هنگام طرح‌های یک پروژه و به روز کردن آن‌ها را همواره در نظر داشت. به منظور فازبندی و مراحل پیاده‌سازی و اجرای یک پروژه بهسازی کیفی رودخانه فلوچارت ترسیم شده در شکل (۵-۲) ارائه می‌شود:



شکل ۵-۲- فلوچارت نمونه گام به گام پیاده‌سازی و اجرای یک پروژه بهسازی کیفی رودخانه

۵-۵- تشکیل دفتر نظارت و بازرسی در راستای پایش اقدامات در دست اجرا

یکی دیگر از عوامل موثر در موفقیت و یا عدم موفقیت یک پروژه، نحوه اجرای صحیح آن مطابق با طرح ارائه شده از سوی مشاور می‌باشد. در بسیاری از پروژه‌ها، طراحی‌های اولیه متناسب با اهداف پروژه انجام شده و بسیاری از عوامل و پارامترهای اثرگذار به خوبی شناسایی شده و در طراحی‌ها دیده می‌شوند ولی در مرحله اجرا ممکن است توسط پیمانکار به خوبی اجرا نشده و با طرح ارائه شده تفاوت‌هایی داشته باشد. بنابراین در این گونه موارد لازم است از سوی کارفرما شخص یا گروهی به عنوان دستگاه نظارت بر روند انجام فعالیت‌ها نظارت کرده و همخوانی و یا عدم همخوانی مراحل اجرا را به کارفرما منعکس نماید تا به موقع جلوی هر گونه انحراف از طراحی اولیه گرفته شود.

به دلیل وجود عوامل و پارامترهای متعدد و موثر در طراحی و اجرای پروژه‌های بهسازی کیفی رودخانه‌ها، شاید همواره نتوان طراحی انجام شده در فاز دوم پروژه را دقیقاً در فاز سوم اجرا نمود و ممکن است نیاز باشد یک یا چند آیتیم طراحی یا اجرا را تغییر داد. این مساله در چنین پروژه‌هایی که پارامترهای زیاد و با چندین درجه آزادی وجود دارند بیش از دیگر پروژه‌ها موضوعیت داشته و رخ می‌دهد. بنابراین به هنگام اجرای یک پروژه بهسازی کیفی می‌بایست متخصصان و دست‌اندرکاران پروژه، روش انجام هر کدام از اقدامات و فعالیت‌های تعریف شده پروژه را به هنگام اجرا و پس از اجرای آن، مورد بازبینی قرار داده و تاثیر آن فعالیت‌ها بر دیگر فعالیت‌های از پیش تعریف شده را بررسی نمایند. این کار سبب می‌شود تا با پایش اثرات انجام هر فعالیتی از پروژه، امکان‌پذیری و لزوم انجام دیگر فعالیت‌های متوالی یا موازی نیز مشخص گردد. این روند بازرسی و پایش می‌تواند سبب تغییر گام‌های طراحی، اقدامات اجرایی و یا تغییر در برنامه زمان‌بندی پروژه گردد. به این منظور لازم است که دفتری تشکیل گردد که کار بازرسی و پایش مراحل اجرایی به طور پیوسته توسط متخصصین مجرب انجام شده و بازخورد نتایج آن بلافاصله به کارگروه طراحی و اجرایی منعکس گردد. کارشناسان این دفتر می‌بایست از متخصصین فنی و آشنا به فعالیت‌های اجرایی انتخاب شده و بهتر است افرادی غیر از کارگروه طراحی پروژه باشند. این دفتر می‌بایست پس از نهایی شدن طراحی فاز دوم پروژه و پیش از آغاز عملیات اجرایی تشکیل شود.

۵-۶- ارزیابی میزان دستیابی به اهداف پروژه

یکی از مسائلی که همواره در ارتباط با پروژه‌های بهسازی کیفی مطرح است این است که این پروژه‌ها مورد ارزیابی قرار نگرفته‌اند. پرسش‌هایی مانند آیا کیفیت آب بهبود یافته و میزان ورود آلاینده‌ها به رودخانه نسبت به پیش از انجام پروژه کاهش یافته است و یا پس از بهسازی آیا ماهی‌های بیش‌تری در رودخانه وجود دارند و شرایط بهتری برای آبریان مختلف ایجاد شده است؟ بنابراین ارزیابی میزان کارایی چنین پروژه‌هایی لازم و ضروری است.

اگر چه در حال حاضر سطوح نسبتاً بالایی از اطمینان در مورد کارایی پروژه‌های سدسازی، انتقال آب و یا پروژه‌های کنترل سیلاب وجود دارد، ولی در مورد پروژه‌های بهسازی کیفی سطح اطمینان بالایی وجود ندارد و در بسیاری از این

پروژه‌ها، هنوز دقیقاً مشخص نیست برای بهسازی کیفی یک رودخانه چه اقداماتی باید انجام داد چرا که ماهیت این پروژه‌ها با عدم قطعیت‌های زیادی همراه است. رفتار رودخانه‌ها، اکو سیستم پیرامونی و حیات اکولوژیکی جانداران بسیار پیچیده بوده و پاسخ آن‌ها به تغییرات اعمال شده در پروژه بهسازی معمولاً بسیار کند است. این مساله سبب می‌شود که ارزیابی این پروژه‌ها مشکل، کند و پرهزینه باشد. هم‌چنین سرمایه‌گذاران نمی‌توانند سال‌ها منتظر نتایج ارزیابی بوده و بنابراین به ندرت در چنین پروژه‌هایی سرمایه‌گذاری می‌کنند.

بسیاری از پروژه‌های پرهزینه در ابتدا با موفقیت آغاز شده و به صورت برنامه‌ریزی شده پیش رفته ولی در پایان به دلیل ضعف در نگهداری و هم‌چنین ضعف در ارزیابی با شکست مواجه شده‌اند. پایش پروژه (ارزیابی پیوسته) می‌تواند سبب تنظیم برنامه کاری و زمان‌بندی شده و نحوه انجام پروژه حاضر و پروژه‌های آتی را بهبود بخشد. با این اقدام می‌توان سرمایه اختصاص داده شده برای این گونه فعالیت‌ها را محافظت نمود. بنابراین ارزیابی مرحله به مرحله و پیوسته یکی از موثرترین راهکارها برای افزایش دانش بهسازی کیفی و هم‌چنین بالا بردن کارایی چنین پروژه‌هایی به شمار می‌رود.

در این بخش مسائلی مطرح می‌شود که به هنگام برنامه‌ریزی برای ارزیابی پروژه می‌بایست مدنظر قرار گیرد. به طور کلی هر پروژه بهسازی کیفی می‌بایست به روشی مورد ارزیابی قرار گیرد لذا همه پروژه‌ها به یک شیوه ارزیابی نشده و در این ارتباط می‌بایست از مفهوم سطوح مختلف ارزیابی^۱ استفاده شود. طبیعی است که در همه پروژه‌ها نیازی نیست که آزمایش‌های علمی با جزییات انجام شود چرا که بسیار وقت‌گیر و پرهزینه بوده و نتایج این آزمایش‌ها نیز ممکن است قابل تفسیر نباشد. سطحی از ارزیابی که در هر پروژه مورد نیاز است در ابتدا به این بستگی دارد که مجری چقدر از کارایی موفق پروژه اطمینان دارد و سپس به این بستگی دارد که چه شخص یا سازمانی می‌بایست از موفقیت‌آمیز بودن پروژه متقاعد گردد. بنابراین، این موضوع اهمیت دارد که در ابتدا یک سطحی از ارزیابی برای پروژه تعریف شده و این ارزیابی تا چندین سال دنبال شود.

پس از پایان اجرای پروژه بهسازی کیفی رودخانه، آگاهی از وضعیت کیفی رودخانه در بازه اجرا شده از طریق یک برنامه پایش انجام می‌شود. یادآوری می‌شود که بخشی از این پایش در حین اجرای پروژه و معمولاً در انتهای هر مرحله از پروژه انجام می‌شود. پس از گردآوری داده‌ها و اطلاعات حاصل از پایش، می‌بایست با پردازش این داده‌ها و اطلاعات و نتایج، وضعیت موفقیت یا عدم موفقیت پروژه را ارزیابی نمود. در این ارزیابی‌ها نه تنها موفقیت و یا عدم موفقیت پروژه ارزیابی می‌شود بلکه دلایل این موفقیت یا عدم موفقیت در پروژه و هم‌چنین درس‌آموخته‌های این پروژه برای ارتقای موضوع بهسازی در پروژه‌های آینده نیز می‌بایست مشخص شوند.

در این ارتباط بسیار مهم است که یک یا چند برنامه زمانی مشخص برای ارزیابی وجود داشته باشد. یکی از شاخصه‌های ارزیابی مناسب و ارزنده این است که تا چه زمانی می‌بایست داده و اطلاعات جمع‌آوری نمود و در چه زمانی می‌بایست با استفاده از این داده‌ها و اطلاعات پروژه را ارزیابی نمود. در واقع می‌بایست به این پرسش مهم پاسخ داد که

۱- Different levels of evaluation

چگونه موفقیت یک پروژه بر اساس اطلاعات پایش ارزیابی می‌شود. در این راستا شاید نتوان یک راهکار کلی ارائه داد ولی در پروژه بهسازی کیفی رودخانه، با توجه به ابعاد بازه مورد مطالعه، شرایط فیزیکی رودخانه و پارامترهای کیفی و مهم آن پروژه می‌توان در مورد دوره پایش و سپس ارزیابی پروژه تصمیم‌گیری نمود.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و اطلاعات به دست آمده از برنامه پایش و ارزیابی پروژه چندین روش و تکنیک مختلف وجود دارد. این تکنیک‌ها از تجزیه و تحلیل‌های آماری پیچیده و همراه با جزییات گرفته تا مقایسه ساده تصاویر پایش و پس از اجرای پروژه را شامل می‌شود. تجزیه و تحلیل‌ها می‌بایست با روش پایش و داده‌های به دست آمده همخوانی داشته باشند ولی کلیه تجزیه و تحلیل‌ها می‌بایست به این پرسش اساسی پاسخ دهند که آیا اهداف از پایش تعریف شده برای اجرای پروژه محقق شده است یا خیر؟

معمولاً یک ارزیابی مناسب پایش از آغاز پروژه شروع شده و در هر گام از پیشرفت پروژه نیز ادامه می‌یابد و نتایج این ارزیابی‌ها در انجام تغییرات لازم در طرح‌ها و رویکردهای انجام پروژه منعکس می‌شود. اینکه از چه روش ارزیابی استفاده شود به این بستگی دارد که سطح اطمینان به موفقیت‌آمیز بودن پروژه تا چه حدی است و اینکه چه کسی یا سازمانی می‌بایست متقاعد شود که پروژه موفقیت‌آمیز بوده است. برخی از نکات کلیدی در ارزیابی موفقیت پروژه در زیر ارائه شده است:

- تعریف یک نقطه پایانی مشخص برای پروژه، جایی که بتوان پروژه انجام شده را ارزیابی نمود.
- تعیین میزان موفقیت پروژه بر اساس برنامه‌های از پایش تعریف شده و بررسی چرایی میزان موفقیت پروژه و استخراج چگونگی بهبود و ارتقای انجام پروژه‌های مشابه در آینده
- نمونه‌برداری از آب رودخانه و استخراج شاخص‌های کیفی پس از بهسازی کیفی و مقایسه با شرایط پایش از تغییر در فصل‌های مختلف و با تواتر زمانی پیشنهاد شده در فصل سوم
- بررسی شکل و میزان تغییرات در محیط‌زیست پیرامون رودخانه پس از بهسازی کیفی (تغییر در نوع و تنوع پوشش گیاهی، درختان و بوته‌ها، تغییرات حیات جانوری) در حین اجرای پروژه و پس از آن
- بررسی تغییرات در وضعیت اکولوژیکی و میکروبیولوژیکی رودخانه در تواتر زمانی مختلف
- ارزیابی روش‌ها و نتایج پروژه بهسازی کیفی ترجیحاً توسط افرادی غیر از گروه ارائه کننده برنامه بهسازی، دریافت نقطه نظرات فنی و اعمال اصلاحات در روش‌ها

به عنوان مثال فرض می‌شود یک پروژه بهسازی رودخانه شامل خاکریزی، نهال کاری و کاشت دانه‌هایی به منظور رویش مجدد گیاهان و درختان در بازه‌ای از یک رودخانه است که پوشش گیاهی پیرامون آن به طور کلی از بین رفته است. پس از اجرای پروژه و با گذشت ۱۰ سال از آن شرایطی در وضعیت خاکریزها و پوشش گیاهی آن بازه از رودخانه دیده می‌شود. در این جا موفقیت یا شکست پروژه دقیقاً به این بستگی دارد که چه اهدافی در ابتدای تعریف پروژه بهسازی تبیین شده که در این جا با بررسی آن‌ها میزان موفقیت یا شکست پروژه مشخص گردد. در جدول (۵-۱) نمونه‌هایی از برخی اهداف ممکن و نقش آن‌ها در چگونگی ارزیابی رویش مجدد پوشش گیاهی آورده شده است.

جدول ۵-۱- نمونه‌ای از ارزیابی پروژه بر اساس مشاهدات

ارزیابی	انجام شده و قابل مشاهده
پروژه موفقیت‌آمیز بوده است	اجرای ۲ کیلومتر خاکریزی به فاصله ۲۰ متر از کناره‌های رودخانه، کاشت ۵۰۰۰ نهال در یک سال از آغاز پروژه
پروژه شکست خورده است	پس از ۱۰ سال، به ندرت بازسازی‌های طبیعی دیده می‌شود و نشان می‌دهد که پوشش گیاهی ساحلی نتوانسته است خود نگهدارنده باشد
پروژه موفقیت‌آمیز بوده است	بازه مورد مطالعه رودخانه چشم‌انداز بسیار زیبایی پس از ۵ سال پیدا کرده است
پروژه موفقیت متوسطی داشته است	بین ۳۵٪ تا ۹۰٪ از نهال‌ها در ۱۰ سال نخست از اجرای پروژه سالم مانده و رشد نموده‌اند

این مثال نقش اقدامات انجام شده و نتایج به دست آمده در ارزیابی موفقیت و شکست یک پروژه بهسازی را به خوبی نشان می‌دهد. با این وجود نشان می‌دهد که موفقیت و شکست معمولاً به صورت مطلق نیستند. مثلاً اگر هدف رشد و نمو حدود ۷۰٪ نهال‌ها مد نظر بوده و اکنون تنها ۵۰٪ رشد داشته‌اند، نواحی ساحلی رودخانه در بازه مورد مطالعه هنوز اختلاف زیادی با شرایط پیش از اجرای طرح بهسازی دارد چرا که پیش از آن، این نواحی فاقد درخت و پوشش گیاهی بوده و در حال حاضر ۵۰٪ مساحت این نواحی دارای پوشش گیاهی شده است. در این ارتباط تعریف هدف یا اهدافی که طیفی از نتایج شامل بدترین تا بهترین نتیجه ممکن از اجرای طرح را مشخص کند می‌تواند امکان ارزیابی بهتر پروژه‌های بهسازی انجام شده را در اختیار طراحان و مجریان این طرح‌ها قرار دهد.

این مثال همچنین نشان می‌دهد که موفقیت و شکست می‌بایست تنها یک قسمت کوچک از ارزیابی نهایی پروژه باشد. در این جا پرسش مهم این است که چه عامل یا عواملی سبب موفقیت یا شکست پروژه شده‌اند و چه اقداماتی برای موفقیت بیش‌تر پروژه می‌توانست انجام شود و یا اینکه چرا تنها ۵۰٪ از نهال‌ها رشد کرده و بقیه از بین رفته‌اند و چه اقداماتی لازم بود انجام شود تا درصد بیش‌تری از نهال‌ها رشد نمایند.

برای ثبت اطلاعات اولیه از میزان کارایی یک پروژه بهسازی کیفی رودخانه چه در حین اجرا و به‌خصوص پس از اجرا، استفاده از فرم‌هایی که متناسب با نوع اطلاعات موردنیاز، طراحی شده باشد مفید خواهد بود. این فرم‌ها می‌بایست به گونه‌ای باشند که علاوه بر در برداشتن مشخصات هندسی و هیدرولیکی بازه مورد مطالعه رودخانه، شرایط ظاهری و فیزیکی رودخانه، منشاء و نوع آلاینده‌های آلوده‌کننده رودخانه و همچنین تاثیرات و میزان کارایی اقدامات بهسازی کیفی در آن منعکس شود. در جدول (۵-۲) نمونه‌ای از چنین فرم‌هایی آورده شده است. توجه شود که این فرم تنها یک نمونه بوده و می‌تواند در هر پروژه بهسازی کیفی متناسب با شرایط مختلف بازه رودخانه تغییر نماید.

جدول ۵-۲- نمونه‌ای از فرم‌های ارزیابی و پایش پروژه بهسازی کیفی رودخانه

نام رودخانه:		نام بازه:		تاریخ بازدید:		بازدید کننده: کارشناس/تیم فنی							
عنوان طرح بهسازی کیفی:		تاریخ آغاز طرح:		مدت زمان طرح:		وضعیت جوی:							
حداکثر عمق آب:		دبی رودخانه:		وضعیت جوی:									
وضعیت ظاهری کیفیت آب رودخانه		☐ رنگ آب: ☐ بوی آب: ☐ مزه آب: ☐ زباله‌های شناور: ☐ گیاهان و جلبک‌ها: ☐ ماهی‌ها و دیگر آبزیان: ☐ پوشش گیاهی پیرامونی: ☐ نمونه‌برداری از آب رودخانه: ☐ اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی (EC, Do, کدورت, دما, ...) ☐ پوشش گیاهی پیرامونی: ☐ موارد دیگر:											
		وضعیت ورود آلاینده‌ها پس از بهسازی											
								☐ فاضلاب شهری: ☐ فاضلاب روستایی: ☐ پساب کارخانه‌ها و کارگاه‌ها: ☐ زه‌آب‌های بهداشتی: ☐ زه‌آب‌های کشاورزی: ☐ رسوبات و لجن‌ها: ☐ موارد دیگر:					
اقدامات انجام شده در طرح بهسازی کیفی				میزان تاثیر و کارایی اقدامات									
تنظیم حجم رواناب در ارتباط با انتقال آلاینده‌ها				تاثیر منفی ☐ بدون تاثیر ☐ کارایی کم ☐ کارایی بالا ☐									
حوضچه‌های نگهداری خشک یا تر				تاثیر منفی ☐ بدون تاثیر ☐ کارایی کم ☐ کارایی بالا ☐									
بهبود کیفیت رواناب ورودی به رودخانه				تاثیر منفی ☐ بدون تاثیر ☐ کارایی کم ☐ کارایی بالا ☐									
جداکننده‌های مواد پتروشیمی از آب				تاثیر منفی ☐ بدون تاثیر ☐ کارایی کم ☐ کارایی بالا ☐									
انواع تالاب‌ها				تاثیر منفی ☐ بدون تاثیر ☐ کارایی کم ☐ کارایی بالا ☐									
تله‌اندازی رسوبات حاوی آلاینده‌ها				تاثیر منفی ☐ بدون تاثیر ☐ کارایی کم ☐ کارایی بالا ☐									
ساخت کانال‌ها و بندهای کنترلی				تاثیر منفی ☐ بدون تاثیر ☐ کارایی کم ☐ کارایی بالا ☐									
کاهش آلودگی ناشی از فاضلاب				تاثیر منفی ☐ بدون تاثیر ☐ کارایی کم ☐ کارایی بالا ☐									
انواع اقدامات سازه‌ای و غیر سازه‌ای در رودخانه				تاثیر منفی ☐ بدون تاثیر ☐ کارایی کم ☐ کارایی بالا ☐									
بازسازی زیستگاه‌های گیاهی و جانوری				تاثیر منفی ☐ بدون تاثیر ☐ کارایی کم ☐ کارایی بالا ☐									
انواع روش‌های گیاه‌پالایی در ارتقای کیفیت آب				تاثیر منفی ☐ بدون تاثیر ☐ کارایی کم ☐ کارایی بالا ☐									
حذف مواد مغذی از منابع تولید آن‌ها				تاثیر منفی ☐ بدون تاثیر ☐ کارایی کم ☐ کارایی بالا ☐									
احداث انواع نوارهای فیلتر گیاهی				تاثیر منفی ☐ بدون تاثیر ☐ کارایی کم ☐ کارایی بالا ☐									
دفع شوری به صورت موضعی از منابع نمکی				تاثیر منفی ☐ بدون تاثیر ☐ کارایی کم ☐ کارایی بالا ☐									
پیش تصفیه پساب‌ها قبل از تخلیه به رودخانه‌ها				تاثیر منفی ☐ بدون تاثیر ☐ کارایی کم ☐ کارایی بالا ☐									
کنترل دمای جریان‌های ورودی به رودخانه‌ها				تاثیر منفی ☐ بدون تاثیر ☐ کارایی کم ☐ کارایی بالا ☐									
موارد دیگر				تاثیر منفی ☐ بدون تاثیر ☐ کارایی کم ☐ کارایی بالا ☐									
فوریت نیاز به ادامه بهسازی کیفی				ندارد ☐ عادی ☐ فوری ☐									

۵-۷- تولید دانش بهسازی و به اشتراک‌گذاری حاصل از نتایج برنامه و ارتقاء دانش عمومی

امروزه مستندسازی و تولید دانش یکی از مهم‌ترین اقدامات در انجام پروژه‌های علمی و فنی به شمار می‌رود. این اقدام به معنای در دسترس قرار دادن نظام‌مند اطلاعات و اندوخته‌های علمی است، به گونه‌ای که به هنگام نیاز، در اختیار کارفرمایان و مشاوران قرار گیرند تا آن‌ها بتوانند دیگر پروژه‌های مشابه را با بازدهی بیش‌تر و مؤثرتر انجام دهند.

در پروژه‌های بهسازی کیفی، محدوده انجام پروژه، اطلاعات و داده‌های لازم و همچنین تعداد اقدامات موردنیاز برای اجرای آن پروژه معمولاً گسترده و بسیار زیاد است و به همین نسبت درجه آزادی پارامترها و اقدامات نیز زیاد است. بنابراین در پروژه‌های بهسازی کیفی حتی بیش‌تر از دیگر پروژه‌های عمرانی، انتقال تجارب به صورت نظام‌مند و قابل استفاده در پروژه‌های آتی اهمیت زیادی دارد. در این راستا اگرچه گام‌های طراحی یک پروژه بهسازی کیفی در متن راهنما آورده شده است ولی ممکن است در اجرای یک پروژه مشخص، روال انجام طراحی و اجرا به دلایل مختلف نسبت به آنچه تدوین شده است تفاوت داشته و یا حتی ترتیب انجام فعالیت‌ها نیز تغییر نماید. بنابراین می‌توان پس از طراحی و اجرای یک پروژه، گام‌های طراحی و اجرایی به صورت دیاگرام‌ها و فلوچارت‌هایی پیش از انجام پروژه بر اساس دستورالعمل این راهنما و پس از انجام پروژه بر اساس آنچه در واقعیت رخ داده است ارائه نمود. با این کار ضمن مشخص شدن نقاط قوت و ضعف راهکارهای ارائه شده شاید بتوان در پایان هر پروژه، هر بار دستورالعمل‌ها را به گونه‌ای اصلاح نمود که با واقعیت طراحی و اجرای پروژه‌های بهسازی کیفی همخوانی بیش‌تری داشته باشد. این کار ضمن آنکه موجب اجرای هر چه بهتر چنین پروژه‌هایی از دید فنی خواهد شد، سبب صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در زمان و هزینه انجام پروژه می‌شود.

پیوست ۱

تجارب بین‌المللی و ملی در بهسازی

کیفی رودخانه‌ها

استفاده از تجارب کشورهای توسعه‌یافته در برنامه‌های بهسازی کیفی رودخانه‌ها، می‌تواند در پروژه‌های بهسازی کیفی رودخانه‌های کشور نیز مؤثر باشد. به این منظور تلاش شده است با توجه به پروژه‌های اجرا شده در سایر کشورها به یک تحلیل مفید از موضوع دست‌یافت و درس آموخته‌های کشورهای مختلف را مورد استفاده قرار داد. در همین راستا تجربیات چند کشور در زمینه بهسازی کیفی رودخانه در زیر ارائه می‌گردد.

- ژاپن

بسیاری از رودخانه‌های ژاپن به دلیل رشد سریع شهرنشینی و دبی جریان تنظیم شده، با از دست دادن زیستگاه‌های جانوری و گیاهی و رشد و نمو گیاهان هرز و غیربومی مواجه هستند [۱۰ و ۱۱]. رودخانه تاما^۱ به طول ۱۳۶ کیلومتر در ژاپن به دلیل وجود سرریز آبگیر هامورا^۲، برداشته‌های زیاد شن و ماسه و کاهش شدید رسوب رودخانه، از یک رودخانه بزرگ شریانی به یک رودخانه تک شاخه تبدیل شده است. از نتیجه مطالعات انجام شده بر روی این بازه از رودخانه مشخص شد که گسترش پهنای رودخانه و افزایش رسوب‌گذاری برای بهسازی رودخانه ضروری می‌باشد [۱۰ و ۱۲]. بنابراین در پایین‌دست سرریز هامورا، به منظور افزایش مقدار رسوب رودخانه، حجم زیادی شن به طور مصنوعی به رودخانه افزوده شده و پهنای کانال نیز در دو محدوده گسترش داده شد. اگرچه هنوز هیچ ارزیابی علمی انجام نشده است، اما علائم ویژه‌ای از بهبودی شرایط رودخانه وجود دارد [۱۳].

در ژاپن، اقدامات افزایش رسوب با هدف ایجاد مجدد جریان رسوبی و تداوم آن، در پایین‌دست تقریباً ۲۵ درصد از سدهای این کشور انجام شده است [۱۴]. رسوبات درشت‌دانه که معمولاً در هنگام لایروبی از مخزن سدهای تاخیری در رودخانه جمع‌آوری می‌گردند به صورت توده‌ای در شاخه‌های پایین‌دست رودخانه انباشته شده تا در هنگام یک سیلاب مصنوعی و یا سیلاب طبیعی کنترل شده در رودخانه حمل شده و جریان یابند. میانگین قطر دانه‌های رسوبی با توجه به محل لایروبی از حدود ۰/۲۵ تا ۲۸ میلی‌متر گزارش شده است [۱۵].

در پایین‌دست سد نانومی^۳ در رودخانه نانومی، نتایج افزایش رسوب، همراه با بازسازی زیستگاه‌های جانوری و گیاهی در سیلاب‌دشت‌ها، در بازایی انتقال رسوب بار بستر و زیستگاه مرتبط با آن موفق گزارش شده است [۱۶]. افزون بر این، ایجاد مناطق کم‌عمق در رودخانه ناشی از اقدامات پیشین در افزایش رسوب، سبب ایجاد ظرفیت نگهداری خوبی برای ذخیره پلانکتون‌های ناشی از رهاسازی جریان رسوبی بوده که پس از آن می‌توانند به تأمین غذا و غنای گونه‌های بی‌مهرگان بزرگ کمک کنند [۱۷]. در پایین‌دست سد مورو^۴ در رودخانه اودا^۵ نیز، پیشرفت‌هایی در اثر افزایش رسوب در شکل‌گیری بستر رودخانه، مواد بستر رودخانه، موجودات آبی و جلبک‌ها در یک بررسی چهارساله گزارش گردید [۱۸].

۱- Tama

۲- Hamura

۳- Nunome

۴- Murou

۵- Uda

- کره جنوبی

رودخانه هان در کره جنوبی یکی از رودخانه‌های مهم و بزرگ این کشور بوده که با رشد صنعت و توسعه شهرنشینی از دیدگاه، کیفی، بیولوژیکی، محیط زیست و همچنین هندسی و هیدرولوژیکی دچار تخریب گردید. گفتنی است که برای ارزیابی وضعیت فیزیکی و کیفی رودخانه‌ها در این کشور، معیارهایی ارائه شده است که بر اساس این معیارها، رودخانه‌ها از دید ویژگی‌های فیزیکی و همچنین کیفیت آب در چهار درجه از بهترین تا بدترین (I-IV) و از دید سلامت اکوسیستم آبیان در پنج درجه از سالم تا ناسالم (A-D) قرار می‌گیرند. بر اساس مطالعات و اندازه‌گیری‌های انجام گرفته بر روی رودخانه هان و شاخه‌های فرعی آن در دهه ۲۰۰۰، مشخص شد که وضعیت این رودخانه از دید ویژگی‌های فیزیکی در درجه II-III از دید کیفیت آب در درجه III-IV و از دید سلامت اکوسیستم آبیان در درجه D-E قرار می‌گیرد. ارزیابی‌ها نشان دادند که این رودخانه از دید کیفیت آب و سلامت اکوسیستم آبیان به عنوان محیط ناسالم در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین، نتیجه گرفته شد که بهبودهای بلندمدت و سیستماتیک برای حل مشکلات کیفی شناسایی شده و همچنین بازیابی شکل فیزیکی و بازسازی اکولوژیک رودخانه ضروری است. در مجموع دلایل و اهداف عمده برای بهسازی کیفی رودخانه هان به صوت زیر دسته‌بندی می‌شود:

- ۱- آسیب محیطی. رودخانه هان به دلیل آلودگی و فعالیت‌های صنعتی با آسیب محیطی روبرو بود. این آسیب تهدیدی برای کیفیت آب و اکوسیستم رودخانه بود و بر زندگی آبیان و محیط پیرامون تأثیر منفی داشت. بنابراین اکوسیستم رودخانه هان نیازمند بازسازی و ارتقا برای حمایت از تنوع زیستی و تعادل اکولوژیک بوده که این خود نیازمند اقدامات بازسازی رودخانه و بهسازی کیفی است.
- ۲- مدیریت کیفی منابع آب. پیش از انجام اقدامات بهسازی، نگرانی‌هایی درباره کیفیت آب رودخانه هان وجود داشت که شامل ورود آلاینده‌ها از منابع مختلف بود که نیازمند تصمیماتی بود تا کیفیت کلی آب بهبود یابد. بنابراین اطمینان از منابع آب پایدار با کیفیت قابل قبول برای استفاده صنعتی و خانگی بسیار حیاتی بود. با بازسازی و بهسازی رودخانه هان، دسترسی به آب تمیز برای همگان افزایش یافته و کیفیت آب رودخانه بهبود می‌یابد.
- ۳- حفاظت از محیط زیست. بهسازی کیفی رودخانه هان برای حفاظت از محیط زیست ضروری بود. با بازیابی اکوسیستم رودخانه، محیط زیست‌های طبیعی حفظ شده و امکان پیاده کردن طرح‌های توسعه پایدار به وجود می‌آید.
- ۴- کنترل سیلاب. منطقه دره رودخانه هان همواره در فصل رخداد سیلاب‌ها دچار آسیب کمی و کیفی شده و خسارات زیادی به این ناحیه تحمیل می‌شد بنابراین کارهای بازسازی برای بهبود کنترل سیلاب در امتداد رودخانه و کاهش خطر سیل در مناطق پیرامونی ضروری بود.

۵- توسعه اقتصادی. رودخانه هان به عنوان یک منبع حیاتی برای فعالیت‌های اقتصادی در منطقه شناخته می‌شد. با بازسازی و بهسازی رودخانه، از رشد اقتصادی متوازن حمایت شده، فرصت‌های گردشگری و تفریحی و پتانسیل اقتصادی کلان منطقه افزایش می‌یابد.

۶- بهداشت عمومی و مسائل تفریحی. بهبود کیفیت آب و بازسازی نواحی پیرامونی رودخانه هان برای بهداشت عمومی و اهداف تفریحی مهم بود، زیرا رودخانه یک منبع آب طبیعی مهم و نواحی ساحلی آن فضای تفریحی و تفرجگاهی برای مردم است.

فعالیت‌های انجام شده در رودخانه هان برای بهبود بازسازی، بهبود کیفیت آب و ارتقای اکوسیستم شامل موارد زیر بوده که این فعالیت‌ها در قالب یک پروژه جامع به منظور بهبود کیفیت آب، اکوسیستم و محیط کلی رودخانه هان به انجام رسیده است:

۱- ساخت تأسیسات بهبود کیفیت آب

۲- ایجاد یک سیستم نظارت بر کیفیت آب

۳- اجرای یک پروژه بازسازی ساحل رودخانه

۴- نصب تأسیسات تصفیه اکولوژیک

۵- توسعه پارک ساحلی

به عنوان نمونه، یکی از اقدامات بهسازی کیفی بر روی رودخانه هان، تبدیل کارخانه فیلتراسیون آب سئونبو به پارک سئونبودو، به عنوان یک پارک اکولوژیک بود. این پروژه به منظور تبدیل یک مکان صنعتی به یک فضای سبز در پیرامون رودخانه بود. اقدامات بهسازی شامل استفاده مجدد از سازه‌های موجود، استفاده از روش‌های تصفیه آب سازگار با محیط‌زیست و ایجاد فضاهای آموزشی درباره منابع آب و اکولوژی بود. پس از گذشت چند سال نتایج پروژه بهسازی در پارک سئونبودو قابل توجه بود. پارک مقصد محبوبی برای حدود یک میلیون بازدیدکننده سالانه شد. این پارک برنامه‌های تعاملی برای کودکان برای یادگیری درباره طبیعت و منابع آب ارائه می‌داد. پارک همچنین جزء تورهای فرهنگی و جشنواره‌های اطراف رودخانه هان تبدیل شد و به جذابیت‌های محیطی و فرهنگی شهر کمک کرد. این پروژه به دلیل رویکرد نوآورانه‌اش در تبدیل یک مکان صنعتی به یک فضای سبز پویا، به عنوان یک الگو در طرح‌های بهسازی کیفی رودخانه شناخته شد.

در ارتباط با کنترل سیلاب رودخانه نیز زنجیره‌هایی از بندهای کوتاه در طول رودخانه ساخته شد. ساخت این بندها موجب شد تا سیلاب کنترل شده، آسیب‌ها و خسارات ناشی از سیلاب‌های سالانه کاهش یابد. همچنین با ساخت این بندها و سازه‌های دیگر، امکان استفاده از نواحی پیرامونی رودخانه و امکان تأمین آب موردنیاز صنعت نیز افزایش یافت. بر این اساس در امتداد رودخانه هان، بازسازی حوضه‌های رودخانه و افزایش امکان تأمین آب فراهم شد. به عنوان نمونه،

سد رودخانه سویانگ با کنترل سیلابی با حجم ۶۵۰ میلیون متر مکعب و سد دائیچونگ به کنترل ۲۰۰ میلیون متر مکعب، منجر به بهبود توسعه اقتصادی، گردشگری و محیط زیست در منطقه شد.

- چین

در سه دهه گذشته، توسعه سریع شهرنشینی و صنعت در چین موجب افزایش شدید آلودگی پیکره‌های آبی شهری در این کشور شده است. تغذیه‌گرایی و تخریب اکوسیستم آبی به‌ویژه برای گیاهان آبی، قابل ملاحظه بوده و به یک مشکل فراگیر در حوضه آبریز رودخانه یانگ‌تسه^۱ تبدیل شده است. به‌منظور بهسازی بدنه‌های آبی تخریب شده شهری، کاشت مجدد پوشش گیاهی یک موضوع مهم برای بهبود کیفیت آب و بهسازی اکوسیستم است. رودخانه یانگ‌تسه سومین رودخانه بزرگ جهان است و میانگین دبی آب سالانه ۲۹۴۰۰ مترمکعب در ثانیه و آورد رسوب آن پانصد میلیون تن در سال می‌باشد [۱۹]. مساحت حوضه آبریز آن ۱/۸ میلیون کیلومترمربع بوده و ۴۰۰ میلیون نفر در این حوضه زندگی می‌کنند. به‌عنوان یک مطالعه موردی رودخانه آلوده شهری در این حوضه آبریز، رودخانه نانفیه^۲، در شهر هیفی^۳، برای بهسازی انتخاب شد. از اکتبر ۲۰۰۹ تا می ۲۰۱۰، سیزده گونه گیاهان آبی^۴ بومی رایج از جمله هفت گونه نزدیک کناره، یک‌گونه با برگ شناور، و پنج گونه غوطه‌ور، در امتداد ساحل رودخانه کاشته شدند. نتایج نشان داد که در طی یک و نیم سال کاشت مجدد گیاهان بومی، کیفیت آب و تنوع زیستی رودخانه بهبود یافته بود. در اثر این بهسازی، غلظت نیتروژن کل (TN)، فسفر کل (TP) و آمونیا نیتروژن ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$) به ترتیب ۴۶، ۳۹/۵ و ۶۰/۴ درصد در رودخانه کاهش یافت [۲۰].

- آمریکا

بهسازی رودخانه‌ها در اروپا و هم‌چنین در آمریکای شمالی هم‌اکنون به یک فعالیت حیاتی و مهم به سود جوامع انسانی و هم‌چنین زیستگاه‌های رودخانه‌ای تبدیل شده است. در ایالات‌متحده آمریکا، پژوهش‌ها نشان می‌دهد تا سال ۲۰۰۵، حدود ۳۰ میلیارد دلار هزینه برای اجرا در ۳۰ هزار طرح بهسازی رودخانه هزینه شده است [۲۱ و ۲۲]. این روند با سرعت هرچه بیش‌تر ادامه داشته است به‌نوعی که تنها در مبحث برچیدن سدها به‌منظور دستیابی به اکوسیستم پایدار از سال ۱۹۱۲ تاکنون ۱۷۹۷ بند و سد کوچک و تنها در سال ۲۰۲۰، ۶۹ عدد از این سازه‌ها برچیده شده است [۲۳]. در رودخانه‌های بزرگ و به شدت مهندسی شده مانند می‌سوری در آمریکا، الگوی فیزیکی زیستگاه در تعاملی تقریباً مستقل از مورفولوژی رودخانه و رژیم جریان تعیین می‌شود. در پژوهش انجام شده در راستای برنامه بهسازی رودخانه که در سال ۲۰۰۶ انجام شده است، چهار ترکیب از وضعیت شکل و فرم رودخانه و دبی جریان در آن با توجه به شرایط

۱- Yangtze

۲- Nanfeihe

۳- Hefei

۴- Macrophytes

تاریخی و وضعیت مدرنیزه آن مورد ارزیابی قرار گرفته است. تجزیه و تحلیل بر اساس محیط آبی کم‌عمق و دارای جریان آرام (زیستگاه آب کم‌عمق (SWH^1))، عمق آب در محدوده ۰ تا ۱/۵ متر، و سرعت‌های جریان در محدوده ۰ تا ۰/۷۵ متر در ثانیه) به عنوان شاخصی در بهسازی زیستگاه استفاده شده که در بسیاری از رودخانه‌های مهندسی شده به شدت از بین رفته است. وجود چنین مشخصه‌ای به‌ویژه در پرورش ماهیان جوان مهم است. نتایج مدل‌سازی هیدرودینامیکی دوبعدی برای دو حالت شکل رودخانه اولیه و کانالیزه شده (پیش و پس از ساماندهی) در رودخانه میسوری، نشان می‌دهد که تفاوت‌های اساسی بین دو وضعیت در خصوص در دسترس بودن زیستگاه آب کم‌عمق وجود دارد. در رودخانه کانالیزه شده، زیستگاه آب کم‌عمق در جریان‌های با دبی کم و در مواقع سرریزی دبی جریان از روی کناره‌ها شکل می‌گیرد، در حالی که پیش از کانالیزه کردن رودخانه، به طور قابل توجهی این مناطق در هر دبی جریان وجود داشته و با افزایش دبی جریان و سرعت آن‌ها نیز افزایش می‌یافت. و سرعت زیستگاه آب کم‌عمق در رودخانه طبیعی، ۳ تا ۷ برابر مساحت آن در رودخانه کانالیزه شده بدون توجه به رژیم جریان می‌باشد. اثر رژیم جریان در افزایش تنوع این مناطق در طول سال با رژیم جریان طبیعی مشهود است، از جمله در سیلاب‌های بهاری، تنوع شکل‌گیری این مناطق در رودخانه نیز افزایش می‌یابد [۲۴].

در ایالات متحده آمریکا، اقدامات افزایش رسوب در درجه اول بر روی بازسازی زیستگاه تخم‌ریزی ماهیان آزاد متمرکز شده و از دهه ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ توسط سازمان‌های دولتی مختلف اجرا شده است [۲۵]. قطر میانگین دانه‌های رسوبی (d_{50}) در مطالعات موردی مختلف در محدوده ۳۲ تا ۶۴ میلی‌متر بوده که در محدوده بالایی اندازه‌شن‌های مناسب برای تخم‌ریزی ماهی قزل‌آلا (۵/۴ تا ۷۸ میلی‌متر) قرار دارد [۲۶]. در این راستا، معروف‌ترین منطقه مطالعه موردی در رودخانه ترینیتی^۲ در کالیفرنیا است، جایی که تلاش‌ها به منظور دستیابی به فرآیند تغییر ویژگی‌های مورفولوژیکی درون کانال (آبراهه) از طریق ایجاد مکان‌های کم‌عمق برای تخم‌ریزی و تأمین رسوب در بالادست اختصاص دارد [۱۳، ۲۵ و ۲۷]. افزایش بسترهای تخم‌ریزی و بهبود آن‌ها با اهداف طراحی مختلف در موضوع بهسازی زیستگاه تخم‌ریزی توسط روش‌هایی مورد اعتبارسنجی قرار گرفته است [۲۸]. نتایج نشان داد که هر دو راهکار (افزایش مکان و بهبود بسترهای موجود تخم‌ریزی) در کنار هم در افزایش زیستگاه‌های تخم‌ریزی [۲۹] و برای مجموعه‌های بی‌مهرگان بزرگ [۳۰] نیز مفید تشخیص داده شده است. بهبود کیفیت زیستگاه تخم‌گذاری ماهی قزل‌آلا و سرفولادی^۳ در رودخانه فیدر^۴ در کالیفرنیا پس از ایجاد بسترهای تخم‌ریزی مناسب در کانال جانبی و شکل‌گیری مناطق کم‌عمق جهت تخم‌ریزی در کانال اصلی مشاهده گردید [۳۱].

۱- Shallow Water Habitant

۲- Trinity

۳- Steelhead

۴- Feather

- اروپا

در بسیاری از کشورهای اروپایی، از جمله سوئیس، کاهش خطرات سیل از طریق بهسازی اکولوژیکی اجرا شده است. اگرچه برنامه‌های بهسازی رودخانه‌های شهری با خطرات و چالش‌های عمده همراه هستند، اما می‌توانند استانداردهای زندگی اجتماعی را ارتقا دهند و مورد پسند مردم نیز می‌باشد [۱۰].

هلفیلد^۱ و همکاران (۲۰۱۲) رودخانه پیت^۲ در سوئد را برای بررسی اثرات طرح بهسازی رودخانه بر تنوع زیستی ساحلی در کانال‌های ثانویه انتخاب کردند [۳۲]. آن‌ها اظهار داشتند که جریان بازبایی شده نمی‌تواند گیاهان سازگار با سیل را احیا کند که این نتیجه احتمالاً به دلیل زمان کوتاه سپری شده از دوره بهسازی است. مطالعات پیشین پاسخ‌های سریع به برنامه‌های مشابه را در شاخه‌های تک کانال نشان داده‌اند ولی ممکن است نتایج بهسازی با توجه به عوامل اقلیمی، اکولوژیکی و هیدرولوژیکی متفاوت باشد، در آن صورت ضروری است اقدامات بهسازی خاص در رودخانه موردنظر طرح‌ریزی گردد.

رودخانه‌های شرق انگلستان با چشمانداز عموماً مسطح این منطقه شناخته می‌شوند. در این منطقه با چشمانداز مسطح، آب‌وهوا و خاک مناسب قرن‌ها است که به طور فشرده در آن کشاورزی انجام می‌شود. بسیاری از روش‌های موجود برای بازسازی رودخانه در بریتانیا برای رودخانه‌های شرق انگلستان اجرا شده است. روش‌هایی که در طرح‌های بازسازی این رودخانه‌ها از آن استفاده شده است، شامل کاهش پهنای مقطع، احیاء بستر شنی و مناطق کم‌عمق رودخانه، استفاده از موج برگشت آب، برقراری اتصال مجدد مئاندرهای باقی‌مانده، جانشانی سرریزها، اصلاح مقطع طولی آبراهه، حفاظت کناره‌ها با استفاده از پوشش گیاهی بومی، واریزه‌های چوبی و فنس‌کشی می‌باشند. هر کدام از این روش‌ها با رویکرد بهبود وضعیت موجود استفاده و مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند [۳۳]. همچنین از جمله برنامه‌های بهسازی-احیا رودخانه‌ها در اروپا می‌توان به پروژه‌های انجام شده در این زمینه بر روی رودخانه‌های دانوب و راین اشاره نمود:

رودخانه دانوب از آلمان تا دریای سیاه امتداد دارد و طول آن به ۳۰۰۰ کیلومتر می‌رسد. به دلیل اجرای چندین پروژه نیروگاه آبی بر روی این رودخانه، شرایط آن دستخوش تغییرات کیفی زیادی شده است. در برنامه بهسازی پیشنهادی برای این رودخانه، توجه به پیوستگی مفاهیم هیدرولوژیکی میان رودخانه و دشت‌های سیلابی آن به عنوان یکی از حیاتی‌ترین مراحل بهسازی در نظر گرفته شد چرا که اتصال و پیوستگی هیدرولوژیکی رودخانه و دشت‌های سیلابی بهره‌وری بالاتری را در برنامه بهسازی ایجاد می‌کند. در این برنامه بهسازی مشخص گردید بهبود کیفیت آب نیاز مبرمی به هماهنگی و تعهد بین‌المللی دارد. با این حال نتایج حاصل از این طرح‌ها نشان داد که بازبایی تنوع بالای زیستی در دشت‌های سیلابی دانوب می‌تواند به طور جامع با بهسازی دینامیک رودخانه و شیب آن به جای تأکید بر بازسازی گونه‌ها یا گروه‌ها صورت پذیرد [۴۵].

۱- Helfield

۲- Pite

رودخانه راین به طول ۱۳۰۰ کیلومتر از مهم‌ترین رودخانه‌های اروپا می‌باشد که از میان کشورهای سوئیس، اتریش، آلمان، فرانسه، لوکزامبورگ، بلژیک و هلند عبور می‌کند. منظم سازی و طرح ساماندهی اجرا شده در شاخه‌های اصلی و فرعی این رودخانه سبب کاهش زیستگاه و سایر پیامدهای مرتبط با شرایط طبیعی در این رودخانه شده است. مشخص شد که اتصال و توسعه مجدد شاخه‌های فرعی برای احیای رودخانه ضروری است. از سوی دیگر، ناپدید شدن ماهی قزل‌آلا از رودخانه راین در اواسط قرن بیستم به دلیل ترویج دریاوردی و استفاده از انرژی آبی برای حمل و نقل در این رودخانه توسط کشور هلند نشان داد که فعالیت‌های یک‌طرفه بدون هیچ رویکرد مشارکتی (میان کشورهای که حوضه آبریز رودخانه راین در آن قرار دارد) تهدیدی برای احیای رودخانه‌های فرامرزی است. از اواخر ۱۹۷۰، اجرای قوانین محیط‌زیست و توافق‌نامه‌های بین‌المللی دو موضوع حیاتی در بهبود کیفیت این رودخانه شناخته شد.

هنگامی که شکاف‌های موضعی بستر در رودخانه بوئج^۱ در فرانسه توسط یک اقدام افزایش رسوب کاهش یافت، تأثیر مثبت بر شرایط مورفولوژیکی مشاهده شد [۳۴]. مطالعات بر روی افزایش رسوب به طور متوالی در مقیاس رودخانه در یک دوره چهارساله در رودخانه راین^۲ [۳۵] و تقریباً دو دهه در رودخانه ایزار^۳ در آلمان [۳۶] انجام گردید. در بخش بهسازی رودخانه راین، اقدامات افزایش رسوب به تنوع زیستگاه محلی کمک کرد، اما شرایط کمبود رسوب پس از پنج سال دوباره پدیدار شد [۳۷]. با افزایش رسوبات شنی تأثیر محلی بر جوامع بیولوژیکی مثبت بود و به ارتقای جوامع بی مهرگان درشت منجر گردید [۳۸].

مشاهدات در مقیاس حوضه رودخانه راین نشان داد که در مورفودینامیک رودخانه‌ای بزرگ، پدیده‌های فرسایش و رسوب‌گذاری همچنان پدیده غالب هستند، حتی اگر امروزه افزایش اقدامات رسوبی با بزرگ‌ترین منبع شن و قلوه سنگ در رودخانه صورت گیرد [۳۹]. جرم کل مواد وارد شده تقریباً ۸/۴ میلیون تن رسوب افزایشی (عمدتاً شن) گزارش شده است [۴۰]. نتایج بررسی‌ها نشان داد که نرخ تخریب امروزی بدون افزایش رسوبات بالادست در نواحی پایین‌دست رودخانه راین بسیار بالاتر است [۴۰]. نمونه موفق دیگر در مقیاس حوضه آبریز پروژه بهسازی رودخانه اهن^۴ در شمال غربی انگلستان است [۴۱]. در این حوضه، افزایش رسوب با اتصال مجدد دبی جریان آب از یک زیر حوضه که قبلاً منحرف شده بود به شاخه اصلی آن انجام شد. شاخه وصل شده، کنترل قابل توجهی بر عرضه و دینامیک رسوب درشت‌دانه داشته و مقادیر قابل توجهی از مواد ریزدانه را وارد کرده است [۴۲].

۱- Buëch

۲- Rhine

۳- Isar

۴- Ehen

در رودخانه دروم^۱ در فرانسه، تحقیقات در مورد تغییرات زیست‌محیطی در مقیاس حوضه نشان داد که افزایش رسوب ناشی از جنگل‌زدایی در سیلاب‌دشت می‌تواند به طور بالقوه همچنان بر ارزش اکولوژیکی سامانه رودخانه تأثیر منفی بگذارد، حتی در صورتی که تنوع ویژگی‌های مورفولوژیکی رودخانه را افزایش دهد [۴۳].

در اروپا، جایی که بیش‌تر رودخانه‌ها به شدت در اطراف سکونتگاه‌ها و زیرساخت‌ها با دبی جریان تنظیم شده مدیریت می‌شوند، اقدامات افزایش رسوب بر تغییرات مورفولوژیکی و همچنین بر ارتقای اکولوژیکی تمرکز می‌کنند. گستره وسیع اهداف پروژه در مقیاس‌های مختلف منجر به تنوع رو به رشد استراتژی‌های طراحی و ارزیابی شده است.

- استرالیا

درس آموخته‌های کلیدی از اجرای برنامه‌های بهسازی در شرق استرالیا که یک منطقه معتدل و خشک می‌باشد در قالب گزارشی در دسامبر سال ۲۰۰۵ انتشار یافته است. این درس آموخته‌ها در سه بخش طراحی، اجرا و ارزیابی روش‌های بهسازی طبقه‌بندی و ارائه شده‌اند. ماهیت «رونق- شکست»^۲ بسیاری از آبراهه‌ها و رودخانه‌های استرالیا به خوبی شناخته شده است. در این آبراهه‌ها، گیاهان و جانوران رودخانه‌ای به جای ثبات، در مکان یا زمان به شکلی پویا تکامل یافته‌اند. توجه به فرآیند اتفاق افتاده در این مسیر تکامل می‌تواند در به‌کارگیری روش‌های مناسب بهسازی به منظور احیاء جوامع موجودات رودخانه‌ای کمک نماید. یکی از ویژگی‌های کلیدی سیستم‌های رودخانه‌ای سالم، تاب‌آوری آن‌ها در برابر اختلال است. در نهایت هدف از بهسازی، ارتقاء تاب‌آوری سامانه رودخانه در برابر مداخلات انسانی و تغییرات طبیعی است. یکی از ملاحظات کلیدی در برنامه بهسازی توجه به این نکته است که چگونه می‌توان اثرات تغییرات آب و هوایی و کاربری اراضی که در بازه زمانی بزرگ مقیاس اتفاق افتاده یا می‌افتد را لحاظ نمود و یا به عبارتی دیگر، چگونه ممکن است این عوامل در مقیاس بزرگ بر نتایج پیش‌بینی‌شده از فعالیت‌های بهسازی (توان‌بخشی) تأثیر گذارد. بیش‌تر طرح‌های بهسازی انجام‌شده در استرالیا در مقیاس کوچک (مثلاً یک آبراهه یا حتی در یک محدوده کوچک یا فعالیت‌هایی همچون بازگرداندن ویژگی‌های فیزیکی زیستگاه) متمرکز شده است. یک سؤال کلیدی باید این باشد که آیا مقیاس کارهای بهسازی پیشنهادی با محرک‌های وضعیت اکوسیستم همخوانی دارد؟ با توجه به تجربیات حاصل از بهسازی رودخانه در شرق استرالیا، اصول زیر در رابطه با اکولوژی رودخانه‌ای که می‌تواند در برنامه‌ریزی و اجرای پروژه‌های بهسازی موثر واقع شوند، ارائه شده است [۴۴]:

- اکوسیستم‌های رودخانه‌ای به صورت سلسله‌مراتبی ساختاریافته‌اند، با توجه به این موضوع که فرآیندها در طیف وسیعی از مقیاس‌های مکانی از منطقه‌ای بزرگ و در مقیاس حوضه آبریز، زیر حوضه و در نهایت رسیدن به مقیاس‌های کوچک‌تر مکانی و تا یک زیستگاه کوچک شکل می‌گیرند.

۱- Drôme

۲- Boom-Bust

- اکوسیستم‌های رودخانه‌ای نیز می‌توانند نسبت به مکان و زمان بسیار پویا و متغیر بوده و هم‌چنین در شرایط خوب نسبت به مداخلات طبیعی همچون سیل، خشک‌سالی و آتش‌سوزی مقاوم و منعطف باشند و در هدایت فرآیندهای فیزیکی و بیولوژیکی کمک نمایند.
- اتصال هیدرولوژیکی پیوستگی محکمی را میان رودخانه‌ها و سیلاب‌دشت‌ها فراهم می‌کند و نقش کلیدی در فرآیندهای اکولوژیکی مانند چرخه مواد مغذی و انرژی (زنجیره غذایی) و بازیابی جمعیت‌ها دارد.
- بهسازی جریان در رودخانه نیز یک ساختار سلسله‌مراتبی دارد و از بررسی عوامل در مقیاس بزرگ تا کوچک‌ترین مقیاس باید موردتوجه باشد.
- فرآیندها در طول بازه باید بررسی شوند به دلیل اینکه منبع تخریب می‌تواند به‌دوراز منطقه‌ای باشد که شواهد آسیب در آن هویدا بوده و برنامه بهسازی در آن محدوده پیشنهاد شده است. در نظر نگرفتن این پیوستگی طولی ممکن است بازخوردهای زیستی را به تغییرات فیزیکی در کانال آبراهه محدود کند.
- مؤثرترین نوع بهسازی در گام اول جلوگیری از تخریب رودخانه است. بالاترین اولویت باید حفاظت از کیفیت اکوسیستم رودخانه متمرکز باشد به‌ویژه بازه‌هایی از رودخانه که پناهگاه زیستی جانداران هستند.
- هدف بهسازی باید افزایش تاب‌آوری اکوسیستم‌های رودخانه‌ای باوجود مداخلات طبیعی و حتی مداخلات انسان باشد. به طوری که اکوسیستم‌ها خود پایدار شوند و قادر به پاسخگویی به پدیده‌های با مقیاس بزرگ همچون فرآیندهایی مانند تغییرات آب و هوایی و شرایط حوضه‌های آبریز باشند.
- در صورت امکان، تلاش‌های بهسازی (توان‌بخشی) باید با فرآیندهای طبیعی کار کنند. این به معنای در نظر گرفتن بهسازی در مقیاس‌های گسترده‌تر از آنچه اغلب انجام می‌شود (بیش‌تر کارهای توانبخشی در استرالیا در مقیاس‌های کوچک انجام شده است) و انتخاب اهداف بهسازی باید واقعی باشد. با توجه به تأثیر مداخلات انسانی، بعید است که بسیاری از آبراهه‌های آسیب‌دیده بتوانند به شرایط پیش از آشفتگی خود بازگردند. در چنین شرایطی، اتخاذ «بازگشت به شرایط طبیعی» به‌عنوان هدف برای بهسازی نمی‌تواند مناسب باشد، اما درک ما از طبیعت می‌تواند به‌عنوان یک نقطه اتکا برای هدایت استراتژی‌های بهسازی در جهت رسیدن به هدف باشد.
- پراکندگی جمعیت‌ها، همراه با سطوح پایین پیوستگی (خواه به دلیل مداخلات انسانی یا تضعیف پتانسیل‌های طبیعی)، به این معنی است که بسیاری از گونه‌های گیاهی و جانوری به آرامی به بازسازی زیستگاه پاسخ می‌دهند. حفاظت از مناطق (ایزوله کردن) ممکن است یک تصمیم مهم در بازیابی زیستی باشد و در برخی موارد ممکن است سال‌ها یا دهه‌ها طول بکشد تا نتایج آن آشکار شود.

برای موفقیت‌آمیز بودن بهسازی، برنامه‌ریزی مناسب و تعامل با ذینفعان باید مکمل دیدگاه اکوسیستمی گفته شده در بالا باشد. ملاحظات اقتصادی- اجتماعی نقش زیادی در تعیین زمان و مکان اقداماتی دارند که در بهسازی باید اعمال گردد.

بررسی نتایج پروژه‌های بهسازی در استرالیا نشان می‌دهد که بسیاری از پروژه‌ها فقط تا حدی در دستیابی به اهداف اعلام‌شده خود موفق هستند و نرخ موفقیت از دید واکنش اکولوژیکی می‌تواند پایین باشد، حتی زمانی که اهداف زیستگاه برآورده شده باشد. برخی از دلایل شکست پروژه‌های بهسازی در استرالیا عبارت‌اند از [۴۴]:

- نبود اهداف بهسازی (توان‌بخشی) روشن و توافق شده
 - ناهمخوانی میان مقیاس بهسازی و عوامل اصلی تخریب
 - جداسازی زیستگاه‌های تازه ایجادشده از جمعیت‌های منبع
 - ناهمخوانی در نقش سهامداران مختلف (مثلاً اجرای پروژه ممکن است به عهده ذینفعان دولتی یا محلی باشد، اما تأمین مالی پروژه ممکن است به منابع دیگر بستگی داشته باشد)
 - نبود بازرسی، ارزیابی و بازنگری
 - شکست در تکمیل چرخه‌های مدیریت تطبیق و تنظیم اهداف بهسازی و فعالیت‌های ارزیابی
- با توجه به تجربیات موجود در شرق استرالیا، بر مقیاس مطالعات و اجرای برنامه بهسازی در محدوده حوضه آبریز و در برخی موارد رودخانه تأکید شده است. دیدگاه مقیاس حوضه‌ای به ما کمک می‌کند تا محرک‌های کلیدی شرایط اکوسیستم را بهتر درک کرده و اهداف واقعی توان‌بخشی بر اساس آن توسعه و تنظیم گردد. اگر قرار باشد رودخانه‌ها با موفقیت بهسازی شوند، اغلب، ترکیبی از اقدامات در مقیاس‌های مختلف (محلی، رودخانه‌ای و حوضه آبریز) موردنیاز است. برخی از بینش‌های به‌دست‌آمده در مورد اثربخشی اقدامات بهسازی عبارت‌اند از [۴۴]:

- تأمین نیازهای آبی محیط‌زیست رودخانه‌ها
 - بازتعریف جریان موردنیاز در زیستگاه برای ماهی‌ها و بی‌مهرگان
 - بازگرداندن جنگل، احیای پوشش گیاهان ساحلی و سایر ویژگی‌های فیزیکی زیستگاه
 - ایجاد زیستگاه با مناطق کم‌عمق در آبراهه‌های شهری
 - مدیریت تأمین و جریان پویای رسوب، هم در رودخانه و هم در منطقه ساحلی یا حوضه آبریز
 - ذخیره مجدد گونه‌ها در بانک زیستی و ردیابی عملکرد بهسازی
- جدول (پ. ۱-۱) نقاط کانونی فعالیت‌های بهسازی را با اهداف، دامنه و روش‌های آن‌ها نشان می‌دهد. بیش‌تر فعالیت‌های بهسازی رودخانه عمدتاً بر روی آب و منطقه ساحلی متمرکز است. با این حال، بر اساس گستره، هدف و سایر موضوعات مرتبط، کارهای بهسازی در موضوع زیبایی، زیستگاه و تخفیف (کاهش) سیل نیز انجام می‌شود [۴۵].

جدول پ.۱-۱- عملیات بهسازی و اهداف، گسترده‌ها و روش‌ها

موضوع اصلی بهسازی	هدف	گسترده و محدوده کار	روش‌ها
کیفیت آب	دستیابی به استانداردهای کیفی آب	زیستگاه‌های درون رودخانه‌ای تفریحی و مصارف آب	۱- حذف آلودگی‌ها با منبع نقطه‌ای ۲- تغییر کاربری اراضی حوضه آبریز
زیبایی و چشم‌انداز	ایجاد امکانات و تسهیلات تفریحی	تفریحی، تجاری‌سازی	۱- بازگرداندن جریان طبیعی و شکل کانال ۲- دست‌کاری رسوبات و پوشش گیاهی
زیستگاه‌های درون رودخانه‌ای	حفظ و نجات ماهی‌گیری، جوامع گیاهی و جانوری و گونه‌های نادر	حفظ و نجات اکوسیستم، مصارف غذایی	۱- پاک‌سازی منابع آلاینده ۲- بازگشت بهره‌وری طبیعی
منطقه ساحلی	حفظ جریان طبیعی در رودخانه و تثبیت ساحل	تفریحی، اکوسیستم و محیط‌های شهری	۱- پوشش گیاهی مجدد ۲- حفاظت از مناطق ساحلی شهری
کاهش سیلاب	حفاظت از اموال و جان مردم	اسکان مردم	۱- افزایش حجم ذخیره ۲- برقراری اتصال مجدد به سیلاب‌دشت

درس آموخته‌های کلیدی از تجربه‌های صورت پذیرفته در کشورهای آمریکا، انگلستان، ژاپن، اسپانیا، دانمارک، استرالیا و مالزی در خصوص طرح‌های بهسازی کیفی در محیط‌های رودخانه و حوضه آبریز در جدول (پ.۱-۲) ارائه شده است [۴۵]. در این جدول، افزون بر اینکه نگرش فنی حاکم بر انجام طرح‌های بهسازی در این کشورها را نشان می‌دهد، در خصوص درس آموخته‌های حاصل از تجربیات اجراشده در رودخانه‌های مرزی نیز مطالب مفیدی را ارائه می‌کند.

جدول پ.۱-۲- خلاصه‌ای از درس آموخته‌ها در موضوع بهسازی کیفی منابع آب سطحی

کشورها، رودخانه‌های مرزی	درس آموخته‌های کلیدی
آمریکا	- ردیابی اجزاء مشترک برنامه‌های موفق بهسازی رودخانه - در نظر گرفتن عوامل اجتماعی و اقتصادی - پایش رودخانه‌های بهسازی شده و انتشار یافته‌های آن‌ها
انگلستان	- نیاز به بهسازی رودخانه در مقیاس حوضه آبریز - مدیریت جریان رودخانه و زمین (کاربری اراضی) با همدیگر - تهیه بانک اطلاعاتی دقیق
ژاپن	- نقش سازمان‌های مردم‌نهاد (NGOs) در راه‌اندازی پروژه‌های بهسازی در مقیاس بزرگ
اسپانیا	- مشکلات بین کارکنان اداری به دلیل عدم تجربه و نداشتن زمینه زیست‌محیطی - ترتیب برنامه‌های آموزشی
دانمارک	- تعیین اهداف قطعی برنامه‌های بهسازی و قضاوت در خصوص نتایج مورد انتظار
استرالیا	- قضاوت درست پیش از آغاز هر پروژه بهسازی
مالزی	- نیاز به سرمایه‌گذاری مشترک دولت، مردم محلی و سازمان‌های مردم‌نهاد - تمایل مردم به شرکت در برنامه‌های حفظ محیط‌زیست
رودخانه دانوب (Danube)	- هماهنگی و تعهد بین‌المللی

- فعالیتهای یک طرفه - تهدیدی برای بهسازی رودخانه - موافقت نامه بین المللی و اجرای قوانین زیست محیطی	رودخانه راین (Rhine)
- تعیین هدف مشخص برای کاهش آلودگی و بهبود اکولوژی	رودخانه میوز (Meuse)
- اقدام ملموس از طریق همه کشورهای درگیر رودخانه - ایجاد فرصت برابر برای همه کشورهای واقع در حوضه آبریز مشترک	رودخانه اردن (Jordan)

پیوست ۲

شاخص‌های کیفی آب و شکاف‌های
نهادی و نقد قوانین حفاظت از کیفیت
آب

پ.۲-۱- روش محاسبه شاخص‌های کیفی آب

در استفاده از شاخص کیفیت آب، با توجه به پارامترهای تعریف شده در این شاخص و با توجه به وزن و ضرایب پارامترها، رده کیفی رودخانه با استفاده از جداول استاندارد، تعیین می‌شود. در صورتی که شاخص عمومی کیفیت آب یک رودخانه کم‌تر از مقدار خاصی باشد، سهم‌بندی بار مواد آلاینده و تغییر فعالیت‌های مدیریتی کیفیت آب ضروری می‌شود.

این شاخص معیاری برای طبقه‌بندی کیفی آب‌های سطحی می‌باشد. در محاسبه این شاخص ۱۱ پارامتر مهم کیفی نقش دارند. در گام نخست، ۹ پارامتر تأثیرگذار شامل نیترات، فسفات کل، درصد اشباع اکسیژن محلول (DO)، اکسیژن خواهی بیوشیمیایی (BOD_5)، کلیفرم مدفوعی (FC)، مواد جامد معلق (TSS)، دما، کدورت، pH، آفت‌کش‌ها و مواد سمی اندازه‌گیری و برآورد می‌شوند. در گام دوم با توجه به نمودارهای ارائه شده در این روش رتبه منحصر به فرد هر پارامتر کیفی (Q_i) تعیین می‌گردد که در آن رتبه حاصل از نمودارها تنها برای ۹ پارامتر کیفی نظر گرفته می‌شود. پس از آن با حاصل ضرب این پارامتر در مقدار وزنی (W_i) متناظر که در مشخص شده و تجمیع آن‌ها، شاخص NSF-WQI با توجه به رابطه (۱) محاسبه می‌شود. در این روش پیشنهاد شده است که اگر محتویات کل آفت‌کش‌ها یا عناصر سمی (از همه انواع) از ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر بیش‌تر شود، شاخص کیفیت آب به طور خودکار صفر ثبت گردد.

$$NSF-WQI = \sum_{i=1}^{i=9} W_i Q_i \quad (1)$$

جدول پ.۲-۱- مقادیر وزنی W_i بر اساس اهمیت پارامترها در محاسبه شاخص کیفیت NSF-WQI

پارامتر	مقادیر وزنی
Dissolved oxygen (%) or mg/l	0.17
Faecal coliform (mpn/100ml)	0.16
pH	0.11
BOD (5-day) (mg/l)	0.11
Nitrates (mg/l)	0.10
Phosphates (mg/l)	0.10
Temperature	0.10
Turbidity (NTU)	0.08
Total Suspended Solids (TSS) (mg/l)	0.07
Total	1.00

در نهایت با داشتن مقدار شاخص و با استفاده از جدول (پ.۲-۲) کیفیت آب رودخانه به صورت وضعیت عالی، خوب، متوسط، بد و خیلی بد طبقه‌بندی می‌شود.

جدول پ.۲-۲- فهرست شاخص کیفیت آب NSF-WQI

وضعیت	دامنه
عالی	۹۰-۱۰۰
خوب	۷۰-۸۹
متوسط	۵۰-۶۹
بد	۲۵-۴۹
خیلی بد	۰-۲۴

Brown در سال ۱۹۷۳ شکل دیگری از رابطه (۱) را برای محاسبه شاخص کیفیت WQI پیشنهاد نمود که حالت ضرب پارامترها دارد و در بعضی شاخص‌ها از آن استفاده می‌شود:

$$WQI = \prod_{i=1}^n S_i^{w_i} \quad (2)$$

S_i مقدار شاخص برای پارامتر i ام از منحنی رتبه‌بندی می‌باشد.

هم اکنون از هر دو رابطه (۱) و (۲) برای طبقه‌بندی کیفیت آب‌های سطحی استفاده می‌شود و رابطه (۲) نیز مورد استقبال کارشناسان بوده است.

در کشور کانادا نیز از شاخص‌های کیفیت آب در کاربری‌های مختلف استفاده می‌شود که عبارتند از:

- شاخص کیفیت آب برای مصارف شرب، آبیاری، دامداری و تفریحی
- شاخص کیفیت منابع آبی برای حیات آبریان و کاربری حیات وحش
- شاخص کلی کیفیت آب برای حفظ سلامتی انسان، زیست‌بوم‌های آبی، حیات وحش و کاربری‌های دیگر

- شناسایی شکاف‌های نهادی حفاظت از کیفیت آب

در ماده ۴۶ قانون توزیع عادلانه آب آمده است که آلوده ساختن آب ممنوع است، مسئولیت پیشگیری و جلوگیری از آلودگی منابع آب به سازمان حفاظت محیط زیست محول می‌شود. سازمان مذکور موظف است پس از کسب نظر سایر مقامات ذیربط کلیه تعاریف، ضوابط، مقررات و آیین‌نامه‌های مربوط به جلوگیری از آلودگی آب را تهیه و به تصویب هیات وزیران برساند و پس از تصویب لازم الاجرا خواهد بود.

در ایران سازمان حفاظت محیط‌زیست و وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی به‌عنوان نهاد نظارتی بر کیفیت منابع آب، وزارت نیرو به‌عنوان نهاد اجرایی طرح‌های کیفیت منابع آب و وزارت‌های کشاورزی، نفت، صمت و سایر نهادها به‌عنوان بهره‌بردار و مصرف‌کننده منابع آب بوده که بر کیفیت منابع آب اثرگذار هستند.

مناقشات بین نهادی در حوزه آب عموماً برآمده از تفاوت وظایف بین نهادهای مدیریت و مصرف منابع آب است. چنانچه این وظایف متفاوت بین نهادی با یکدیگر ناهمسو و یا متعارض باشند، منجر به ناکارآمدی در اجرا خواهند شد. از مهم‌ترین پیامدهای اجتماعی مناقشات بین‌نهادی، بی‌اثر شدن یا ناکارآمد شدن سیاست‌ها و مصوبات بین بهره‌برداران خواهد بود. بسیاری از کارشناسان اعتقاد دارند این مصوبات در نهایت به دلیل اختلافات در ستاد، اجرایی نخواهد شد و تنها در سطح صورت جلسه باقی خواهد ماند.

- شکاف نهادی بین سازمان حفاظت محیط‌زیست و وزارت نیرو در مدیریت کیفیت منابع آب

وزارت نیرو و سازمان حفاظت محیط‌زیست دو نهاد و سازمان دولتی هستند که در کیفیت منابع آب بیش‌ترین تعامل و هم‌چنین بیش‌ترین اختلاف با هم دارند. اگر چه برای کاهش این اختلافات گام‌هایی در قالب تدوین نظام نامه و

دستورالعمل‌ها برداشته شده است، با این وجود در روند تعاملات و همسویی‌های بین این دو نهاد برای مدیریت و حفاظت از کیفیت منابع آب، شکاف‌ها کماکان وجود داشته و پابرجا هستند که می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

تغییر کاربری اراضی: یکی از مهم‌ترین شکاف‌ها در شیوه عملکرد این دو نهاد در زمینه مدیریت کیفیت منابع آب سطحی، مربوط به مالکیت شخصی اراضی در حریم رودخانه است که منجر به مشکلات زیادی از جمله کاهش کیفیت منابع آب سطحی می‌گردد. بر اساس آیین‌نامه حریم کیفی که در سال ۱۳۸۲ توسط وزارت نیرو اصلاح شد، مشکلاتی در حریم کیفی رودخانه که وجود داشت که در آن مالکیت اراضی قرار گرفته در محدوده حریم کیفی، در تملک اشخاص است و بنابراین بدیهی است که کاربری‌های مختلف تعریف شده از سوی اشخاص سبب کاهش کیفیت آب‌های سطحی از جمله رودخانه‌ها می‌شود.

با توجه به ابهامات و مشکلاتی که در نسخه اصلاح شده آیین‌نامه حریم کیفی رودخانه در سال ۱۳۸۲ وجود داشت، ضابطه دیگری با عنوان «دستورالعمل ناحیه‌بندی استقرار کاربری در حریم کیفی منابع آب سطحی» (ضابطه شماره ۷۸۲) در سال ۱۳۹۸ به منظور ارائه دستورالعمل ناحیه‌بندی حریم کیفی آب‌های سطحی و تعیین کاربری‌ها/فعالیت‌های مجاز در هر ناحیه، در راستای اجرای اصلاحیه آیین‌نامه سال ۱۳۸۲ ارائه شد که در آن ضمن تعریف معیارهای استقرار کاربری‌ها/فعالیت‌ها در حریم کیفی آب‌های سطحی، کاربری‌ها/فعالیت‌های مجاز در هر کدام از نواحی تعریف شده حمایت و پشتیبان و همچنین کاربری‌ها/فعالیت‌های غیرمجاز در حریم کیفی در قالب جداولی ارائه شده است.

مداخلات نهادی: در مصاحبه‌های به عمل آمده، کارشناسان وزارت نیرو و شرکت مدیریت منابع آب مدعی بودند که با وجود تدوین نظام‌نامه جامع مدیریت کیفیت منابع آب کشور، مبتنی بر یک تفاهم‌نامه سه‌جانبه بین وزارت نیرو، وزارت بهداشت و سازمان حفاظت محیط‌زیست، برای حفاظت کیفی منابع آب، ضروری است تفاهم‌نامه جدیدی تدوین گردد که محورهای همچون همگن سازی فرآیند پایش، به اشتراک‌گذاری اطلاعات، عدم موازی‌کاری در تعریف نقاط ایستگاهی و تقسیم وظایف بین نهادی را در بر گیرد.

قوانین بازدارنده نهادهای نظارتی: یکی دیگر از موارد تداخل عملکردی و شکاف نهادی بین این دو نهاد، بحث به‌کارگیری قوانین بازدارنده نهادهای نظارتی است. کارشناسان وزارت نیرو معتقدند که سازمان حفاظت محیط‌زیست در عمل از ضمانت اجرایی و قوانین بازدارنده خود برای حفاظت حریم کیفی رودخانه استفاده نکرده و تنها به قانون اکتفا می‌کند.

- شکاف نهادی بین سازمان حفاظت محیط‌زیست و وزارت جهاد کشاورزی در مدیریت کیفیت منابع آب

سازمان حفاظت محیط‌زیست و وزارت جهاد کشاورزی نیز به ترتیب به‌عنوان نهاد حفاظت‌کننده کیفیت منابع آب و نهاد مصرف‌کننده آب تعارضات مختلفی با هم دارند که ریشه اصلی آن در نبود فرایندی سازماندهی شده برای توسعه پایدار از طریق حفظ هم‌زمان تولیدات کشاورزی و حفاظت از محیط‌زیست است. در حقیقت مهم‌ترین چالش بین این دو نهاد مبتنی بر امر معیشت و اشتغال در اسناد بالادستی وزارت جهاد کشاورزی است. در ادامه به مهم‌ترین شکاف‌های موجود بین دو نهاد مذکور اشاره شده است.

کشاورزی در بستر و حریم: بر اساس دیدگاه بسیاری از کارشناسان سازمان حفاظت محیط زیست، از مهم ترین مشکلات کیفی آب رودخانه ها به ویژه در حوزه روستایی، مراتع و مزارعی است که در بستر رودخانه ایجاد شده است. در مقابل کارشناسان جهاد کشاورزی نیز مدعی هستند که کشاورزی و دامداری در محدوده بستر و حریم رعایت شده و در مواردی نیز که رعایت نشده به دلیل نبود نقشه حد بستر و حریم رودخانه می باشد.

زه آب کشاورزی: کنترل انواع زه آب یکی از مهم ترین مباحث مدیریت و حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی در ایران و جهان است. بر اساس نظرات کارشناسان، در حوزه صنایع، مدیریت پساب صنعتی شرایط بهتری دارد؛ اما در مورد زه آب کشاورزی مخصوصاً در مناطق پرکشت کشور انواع کودهای شیمیایی حاوی فسفات و نیتрат وارد جریان آب سطحی و زیرزمینی می شود. کارشناسان سازمان حفاظت محیط زیست بیان داشتند که در حوزه کشاورزی در حال حاضر انواع کودها به شکل افراطی مورد استفاده قرار می گیرد. کارشناسان وزارت جهاد کشاورزی در رابطه با عملکرد این وزارتخانه در مدیریت سموم بر این ادعا بودند که وزارت جهاد کشاورزی، استفاده از یک سری سموم خیلی خطرناک (۱۸ نوع سم) را از دور خارج کرده است. با این وجود، کارشناسان سازمان محیط زیست تأکید دارند که وزارت جهاد کشاورزی بر میزان مصرف انواع سموم کشاورزی که مصرف می کند نظارتی نداشته و همه این سموم دارای مجوز و استاندارد نیستند. به گفته آنان حتی چنانچه سموم مورد تأیید وزارت جهاد کشاورزی استاندارد لازم را هم داشته باشد، ولی با مشکل مصرف بیش از میزان استاندارد کشاورزان مواجه هستیم و این سموم به راحتی وارد منابع آب می شوند.

مناقشات آبی پرووری: یکی از مهم ترین مناقشات نهادی بین سازمان محیط زیست به عنوان متولی حفاظت از کیفیت منابع با وزارت جهاد کشاورزی، مناقشه با سازمان شیلات در حوزه آبی پرووری است. در این حوزه به دلیل وجود حوضچه های پرورش ماهی و استفاده از داروی مخصوص آبزیان و مجموع فضولات، غلظت آلاینده ها در رودخانه افزایش پیدا کرده است. بر این اساس و با هدف کاهش شکاف ها، نظام نامه آبی پرووری تهیه و در سال ۱۳۹۱ به امضای سه دستگاه وزارت نیرو، سازمان شیلات و سازمان حفاظت محیط زیست رسید. در حال حاضر این نظام نامه مهم ترین سند اجرایی آبی پرووری بوده و معیار صحت و درستی شیوه آبی پرووری می باشد.

- شکاف نهادی بین سازمان حفاظت محیط زیست و وزارت صمت در مدیریت کیفیت منابع آب

سازمان حفاظت محیط زیست و وزارت صمت نیز به عنوان نهاد حفاظت کننده کیفیت منابع آب و نهاد مصرف کننده آب اگرچه دارای تعارضات مختلفی هستند لیکن میزان این تعارضات نسبت به جهاد کشاورزی کم تر است. با این وجود مهم ترین چالش بین این دو نهاد مبتنی بر مشاغل کوچک، مشاغل غیرقانونی و زیرزمینی و شیوه های مخفی سازی انتقال زه آب به آب رودخانه و ضعف سیاست های آمایش سرزمینی در جابجایی صنایع بوده است. با توجه به موارد بالا که در حقیقت نوعی نقد و بررسی دلایل شکاف نهادی حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی کشور است، بر حسب اطلاعات جمع آوری شده از جامعه خبرگان، پیشنهاداتی ارائه شده است؛

- کارشناسان معتقدند نهادهای متولی به دلیل در اختیار نداشتن نظام تشویق و تنبیه مناسب نمی‌توانند کیفیت منابع آب را به نحو صحیح مدیریت کنند و از این رو در این بخش بر بازنگری در مشوق‌ها و مجازات‌های موجود در قوانین تأکید می‌شود.
- تدوین نظام ارزیابی اثربخشی جرائم از طریق شناسایی میزان بازگشت‌پذیری شرایط به پیش از آلودگی از مهم‌ترین نقاط عطف بازنگری در قوانین دانسته شده است. کارشناسان معتقدند که نوع قوانین و راهبردهای نظام‌های متولی حفاظت از کیفیت منابع آب باید به گونه‌ای باشد که فرد یا نهاد خاطی ملزم به ارتقاء شرایط بهبود کیفیت به پیش از آلودگی باشد و گرنه صرف جرائم مالی اندک برای برهم زنده کیفیت منابع آب بازدارنده نخواهد بود.
- از مهم‌ترین مسائل موجود در تعارضات نهادی، تغییر کاربری اراضی و نقش آن در کاهش کیفیت منابع آب است که دو نهاد مهم متولی این امر وزارت جهاد کشاورزی و سازمان محیط‌زیست هستند که کارشناسان معتقد به بازنگری در برخی از دستورالعمل‌ها برای دستیابی به پایداری کیفیت منابع آب بودند.
- تداخل عملکردی و اجرایی نهادهای متولی منجر به وانهاده شدن بسیاری از دستورالعمل‌های اجرایی حفاظت از کیفیت منابع آب ارزیابی شده است و بر همین اساس، بسیاری از کارشناسان بر بازنگری در وظایف نهادی تأکید دارند.

- نقد و بررسی قوانین، اسناد و برنامه‌های موجود در مدیریت کیفیت آب‌های سطحی

با توجه به قوانین موجود و سیاست‌های دولت در اسناد کلان و میانه کشور در رابطه با کیفیت منابع آب و به ویژه در رابطه با منابع آب سطحی و همچنین مصاحبه‌های انجام شده با متخصصان کیفیت آب کشور، می‌توان موارد زیر را به عنوان نقد قوانین و اسناد کشور اشاره نمود:

• ناهم‌سویی قوانین و سیاست‌ها در مدیریت کیفیت منابع آب

با مرور قوانین و سیاست‌های موجود در زمینه کیفیت منابع آب، می‌توان مشاهده نمود که مفاهیم و بندهای حفاظت از کیفیت منابع آب در سیاست‌گذاری‌های کشور رشد قابل توجهی داشته است، با این وجود انقطاع سیاست‌ها در دوره‌های مختلف و ضعف همگرایی در وظایف نهادی ابلاغ‌شده، مانع از اجرای بسیاری از برنامه‌های ارتقای کیفیت منابع آب گردیده است.

از آنجا که در مدیریت کیفی منابع آب سطحی وزارتخانه‌ها، نهادها و سازمان‌های مختلفی دخالت دارند، بخش‌های مختلف نهادی هر یک متولی وظایفی در مدیریت کیفیت آب بوده و چنانچه سیاست‌گذاری و قانون‌گذاری به شکل همگام، هم‌سو و فرابخشی نباشد در نهایت کیفیت منابع آب با مشکلات متعددی مواجه می‌شود که در زیر به برخی از این ناهم‌سویی‌ها اشاره می‌شود:

● ناهمسویی ناشی از ضعف رویکرد فرابخشی در سیاست‌های کیفیت منابع آب سطحی

مدیریت کیفیت منابع آب امری چندوجهی، بین‌رشته‌ای و با دینفعان مختلفی است که بدون لحاظ عملکرد حفاظتی برای همه بخش‌ها، رسیدن به نتایج مطلوب با مشکلاتی مواجه خواهد شد. در حقیقت محدود کردن رویه مدیریتی و حفاظتی تنها به یک بخش و سازمان و محدود بودن منابع مالی و انسانی آن سازمان می‌تواند امر نظارت و حفاظت در کیفیت منابع آب را با مشکلات متعددی مواجه سازد. در تبصره ۴ ماده ۲ قانون توزیع عادلانه آب چنین مطرح شده است که وزارت نیرو در صورتی که اعیانی‌های موجود در بستر و حریم انهار و رودخانه‌ها و کانال‌های عمومی و مسیل‌ها و مرداب و برکه‌های طبیعی را برای امور مربوط به آب یا برق مزاحم تشخیص دهد به مالک یا متصرف اعلام خواهد کرد که ظرف مدت معینی در تخلیه و قلع اعیانی اقدام کند و در صورت استتکاف وزارت نیرو با اجازه و نظارت دادستان یا نماینده او اقدام به تخلیه و قلع خواهد کرد.

این امر نشانگر این است که وظایف وزارت نیرو در بخش حفاظتی بر حسب قوانین و سیاست‌گذاری‌ها بسیار محدود بوده و سایر نهادهای مسوول نیز دارای نقش‌های کمرنگی بوده و بیش‌ترین حجم از سیاست حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی بر عهده سازمان محیط‌زیست است. این در حالی است که بسیاری از کارشناسان و خبرگان کیفیت آب سطحی معتقدند که حفاظت از کیفیت منابع محیط‌زیستی بر اساس اصل ۵۰ قانون اساسی وظیفه همگانی بوده و مدیریت آن یک امر فرابخشی است. افزون بر این به دلیل کمبود منابع مالی و نیروی انسانی، سازمان محیط‌زیست با مشکل نظارت بر همه وجوه حفاظت از کیفیت منابع آب مواجه خواهد بود. در این رابطه نه تنها کارشناسان و خبرگان در وزارت نیرو و وزارت جهاد کشاورزی، بلکه کارشناسان دفاتر آب و خاک سازمان حفاظت محیط‌زیست نیز بر فرابخشی بودن حفاظت از کیفیت منابع آب تأکید داشتند. کارشناسان معتقدند قوانین باید طوری وضع شود تا سازمان‌های مدیریت‌کننده و مصرف‌کننده منابع آب نظارت اولیه را بر عهده داشته باشند. برای مثال وظیفه نظارت بر استاندارد سموم و کودهای مصرفی کشاورزی بر عهده جهاد کشاورزی، مسئولیت مدیریت پسماندهای صنعتی، وزارت صمت و نهادهای وابسته، مدیریت تخلیه پسماند شهری در منابع آب بر عهده وزارت کشور و مدیریت فاضلاب نیز بر عهده وزارت نیرو باشد. افراد مصاحبه شونده اذعان می‌داشتند که وجود قوانین تک‌محوری جهت حفاظت از کیفیت منابع آب و محول کردن وظایف سنگین حفاظت و نظارت بر عهده سازمان محیط‌زیست، مانع از عملکرد بهینه در این زمینه خواهد شد.

گفتنی که در جهت رسیدن به سیاستی فرابخشی و واحد در بین نهادهای مسوول جهت حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی، طی سال‌های اخیر اقداماتی انجام شده است. از مهم‌ترین این اقدامات تعریف و تدوین «نظام‌نامه مدیریت جامع کیفیت منابع آب» بوده است که در سال ۱۳۹۱ در وزارت نیرو تدوین شده است. در گام اول از این نظام‌نامه هماهنگی بین آب و آبفا و سازمان حفاظت محیط‌زیست و وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی انجام شد. در گام بعدی نیز قرار بود وزارت جهاد کشاورزی و وزارت صمت و بقیه ارگان‌ها و مسوولین مشارکت داده شوند که این طرح به دلیل برهم خوردن نظام سازمانی وزارت نیرو و حذف دفتر نظام‌های بهره‌برداری و حفاظت آب و آبفا در این وزارتخانه متوقف شد.

● ناهمسویی ناشی از ضعف همگرایی در اهداف و راهبردهای سازمان‌های متولی

یکی از مهم‌ترین مشکلات موجود در زمینه شکاف‌های قانونی و سیاست‌گذاری حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی «نبود همسویی و همگرایی در راهبردها و اهداف هر یک از سازمان‌ها» بوده است. چنانچه هر بخش وابسته به قوانین بالادستی خود بوده و مصوبات کارگروه فرابخشی در برابر شرح عملکرد داخلی نهاد دارای جایگاه حقوقی و قانونی ضعیفی است. از این رو به گفته مصاحبه‌شوندگان، نه تنها هر سازمان بلکه هر استان نیز به شکلی جزیره‌ای عمل کرده و واحدها و نهادهای متولی به لحاظ عملکرد و اهداف وابستگی به همدیگر نداشته و فقط به ارگان بالادستی خود پاسخگو هستند. این باعث خواهد شد که با فردگرایی سازمانی، امکانات نهادی در جهت ارتقا کیفیت منابع آب در اختیار همدیگر قرار نگرفته و با گرفتار شدن در سطوح بروکراسی ناکارآمد، مشارکتی در مسیر هدف اصلی که همان بهسازی کیفیت آب سطحی هست، به وجود نیاید.

در چنین شرایطی حتی ممکن است برخی وظایف به دلیل قید نشدن در دستور کار کلان واحدها و نهادها، بدون متولی مانده و با وجود تأثیرگذاری زیاد بر کیفیت منابع آب، در عمل سازمان مشخصی برای آن اقدام لازم را انجام ندهد. چنانچه این نقایص قانونی را در شرح وظایف مدیریت حقایقه زیست‌محیطی می‌توان مشاهده کرد که در آن تنها مبدأ تحویل دهنده و مقصد تحویل گیرنده دارای متولی بوده و مسیر منتهی به مقصد تحت نظارت و مدیریت هیچ سازمانی نیست. در این رابطه برخی از دست‌اندرکاران بیان داشتند که بخش زیادی از حقایقه زیست‌محیطی رودخانه‌ها که از سدهای بالادست رها می‌شود، در طی مسیر در کانال‌های کشاورزی اطراف مصرف شده و غلظت آلاینده رودخانه‌ها کاملاً تحت تأثیر آن قرار می‌گیرد. چنانچه حقایقه زیست‌محیطی پایین‌دست و پایاب یک سد بر حسب شرح وظایف وزارت نیرو آزاد می‌شود، اما در طی مسیر رسیدن آب به مقصد، چنانچه بند تنظیمی کشاورزی وجود داشته باشد سازمان محیط زیست بر روی آن نظارت ندارند. سازمان محیط‌زیست تنها به این موضوع حساس است که حقایقه زیست‌محیطی از مخزن سد به پایین‌دست رها شود و نسبت به سد تنظیمی پایین‌دست حساسیتی ندارد، زیرا شرح عملکرد این سازمان آن وظیفه را پوشش نمی‌دهد.

● ناهمسویی ناشی از سیاست‌ها و قوانین کوتاه‌مدت در حفاظت از کیفیت منابع آب

«سیاست‌ها و قوانین حفاظتی کوتاه‌مدت» از دیگر شکاف‌های موجود در قانون‌گذاری و سیاست‌گذاری کیفیت منابع آب سطحی بوده که منجر به نقص عملکردی در این زمینه خواهد شد. چنانچه بسیاری از افراد مصاحبه‌شونده اعتقاد داشتند که در ایران با تغییر دولت‌ها بسیاری از برنامه‌های کیفی و زمان‌بر همچون ارتقای کیفیت منابع آب سطحی متوقف شده‌اند. نتیجه‌گرایی آماری و رزومه‌محور بودن دولت‌ها منجر به تمایل به تعریف پروژه‌های کمی و زودبازده شده و پروژه‌های کیفی که در کوتاه‌مدت نتایج آن ملموس نیست، با روی کار آمدن دولت‌های جدید به سرعت کنار گذاشته می‌شود.

- عدم اجرای صحیح قوانین و سیاست‌های حفاظت از کیفیت آب

«ضعف در اجرای صحیح قوانین حفاظت کیفی»، یکی از عواملی است که هم مسائل هیدرولوژیکی و هم تبعات اجتماعی زیادی را به وجود آورده است. در حقیقت با وجود همه ایراداتی که در کاستی‌ها و تناقضات قوانین کیفیت منابع آب مطرح شد، اما در طی پنج دهه گذشته مباحث کیفیت منابع آب وزن بیشتری در اسناد و قوانین پیدا کرده است. با این وجود برخی از این قوانین و برنامه‌های حفاظتی در عمل تحقق نمی‌یابد. افراد مصاحبه شونده بیان داشتند که اگرچه در برنامه‌ها علی‌الخصوص برنامه چهارم سیاست‌های کیفیت و محیط‌زیست در مورد آب به خوبی مورد اشاره قرار گرفته است، ولی در اجرا مشکل وجود دارد.

● ضعف قدرت بازدارندگی سیاست‌ها و قوانین در اجرا

یکی دیگر از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر رفتار حفاظت از کیفیت منابع آب از دید مصاحبه شوندگان، داشتن انگیزه اجتماعی و اقتصادی است. برای داشتن انگیزه و اشتیاق در انجام و تکرار یک رفتار صحیح، تشویق و تنبیه از مهم‌ترین عوامل انگیزشی دانسته شده است. انگیزه ناشی از تشویق یا تنبیه عامل مهم تکرار یا عدم تکرار یک رفتار است که در جامعه‌شناسی بسیار مورد توجه واقع شده است. در رابطه با انگیزه اقتصادی رفتار حفاظت از کیفیت منابع آب، کم بودن جریمه‌ها مخصوصاً برای صنعت‌گران یکی از مهم‌ترین عوامل در بی‌انگیزگی آن‌ها برای کنترل خروج پساب به رودخانه عنوان شده است. به عبارت دیگر تنبیه متناسبی برای این کار وجود ندارد تا حذف رفتار متخلف را ممکن سازد.

در ایران اگرچه در مواردی که تخلف در سازمان محیط‌زیست ثبت شود آن واحد به دادگاه معرفی شده و جریمه برای آن تعریف می‌شود، اما چنانچه میزان جریمه با میزان تخلف تناسب نداشته باشد، نه تنها در میدان عمل بازدارندگی جرم در آن حادث نخواهد شد بلکه زمینه افزایش تخلف را نیز فراهم خواهد آورد.

بحث ضعف قدرت بازدارندگی قوانین در اجرا به‌ویژه در رابطه با اجرای تصفیه‌خانه‌های صنایع بسیار مشهود بوده است. تا جایی که پرداخت جریمه برای مدیر یک کارخانه ارزان‌تر از احداث تصفیه‌خانه است. درحقیقت جرائم متناسب با جرم نیست و قانون اجازه فشار متناسب را نمی‌دهد.

در رابطه با بحث اجرایی نشدن قوانین در عمل، اجرایی نشدن دستورالعمل حریم کیفی وزارت نیرو مطرح شده است. بر اساس این دستورالعمل، از محدوده بستر ۱ تا ۱۵۰ متر باید به‌عنوان حریم کیفی در نظر گرفته شود. اجرای دستورالعمل حریم کیفی سبب خواهد شد که با مدیریت کاربری اراضی در یک بازه ۱۵۰ متری کنار رودخانه خودپالایی رودخانه افزایش یابد. با این وجود به دلیل اینکه وزارت نیرو در جایگاه قانونی برای اعمال رویه‌های حفاظتی و نظارتی قرار ندارد، بنابراین ضمانت اجرایی شدن این دستورالعمل با مشکل مواجه شده و در عمل قدرت بازدارندگی را نداشته است. از مهم‌ترین دلایل اجرایی نشدن دستورالعمل حریم کیفی رودخانه‌ها این است که در مواردی، اراضی قرار گرفته در حریم کیفی در مالکیت شخصی افراد بوده و در قوانین تغییر کاربری اراضی کشاورزی یا مسکن و شهرسازی نشانی، ممنوعیت دائمی ساخت‌وساز در حریم کیفی تعریف نشده است.

● اولویت مسائل سیاسی-معیشتی بر حفاظت از کیفیت منابع آب

یکی از مهم‌ترین مواردی که بسیاری از متخصصان به‌عنوان مانع اصلی اجرایی شدن بندهای کیفیت منابع آب در قوانین به آن اشاره داشتند، فشارهای سیاسی از سوی سیاستمداران به ویژه نمایندگان مجلس بوده است. این موضوع در بسیاری از پژوهش‌های بین‌المللی نیز مورد اشاره قرار گرفته است. بسیاری از افراد بر نقش نمایندگان در اخذ مجوزهای صنعتی و کشاورزی در حریم کیفی رودخانه اشاره داشتند. در بسیاری موارد، تخصیص انفال به عده خاص و نبود قدرت لازم دستگاه نظارتی در کنترل آن‌ها وجود دارد. ساخت و سازهای غیرمجاز در بستر و حریم رودخانه عمدتاً توسط افراد ذی‌نفوذ انجام می‌شود و این امر منجر به افت کیفیت منابع طبیعی و آب شده است.

● آسیب‌شناسی آمار و اطلاعات موردنیاز پایش و نظارت

از مهم‌ترین موانع در اجرایی شدن قوانین حفاظتی ضعف آمارها و داده‌ها دقیق کیفیت منابع آب دانسته شده است که منجر به پایش و نظارت ضعیف در این زمینه شده است. در حقیقت ضعف شفاف‌سازی داده‌های کیفیت آب، کمبود آمار دقیق دستگاه‌های اجرایی در زمینه عناصر آلوده‌کننده و برهم زنده کیفیت منابع آب سطحی یکی دیگر از مسائل مهمی است که صاحب‌شوندگان معتقد بودند که منجر به شکاف عملکردی در اجرایی شدن قوانین می‌شود. به‌زعم کارشناسان، نظارت وقتی می‌تواند به درستی اجرایی شود که ناظرین و معتمدین به درستی عمل کنند و منابع و ابزارها و امکانات درستی در اختیار داشته باشند.

یکی از مهم‌ترین دلایلی که بر امر نظارت بر کیفیت منابع آب تأثیر گذاشته است، عدم استقلال واحدهای نظارتی از دینفعان است. در این رابطه مهم‌ترین واحدهای نظارتی سازمان حفاظت محیط‌زیست آزمایشگاه‌های معتمد محیط‌زیست به‌عنوان دستگاه‌های نظارتی هستند. یکی از وظایف این آزمایشگاه‌ها اندازه‌گیری میزان آلودگی پساب‌ها بوده که با اطلاع اداره کل سازمان محیط‌زیست و با حضور نماینده سازمان گزارش و نتایج به سازمان محیط‌زیست داده خواهد شد. در حقیقت اگرچه سازمان حفاظت محیط‌زیست یک سری آزمایشگاه‌های بسیار مجهز دارد اما در خصوص استفاده بهتر از این آزمایشگاه‌ها باید برنامه‌ریزی مناسبی انجام شود.

● اولویت طرح‌های سازه‌ای و عمرانی نسبت به قوانین و سیاست‌های حفاظتی

نتایج تحقیقات نشان داده است که در ۱۵۰ سال اخیر، توسعه منابع آبی به‌وسیله دولت یک ضرورت و در برخی مواقع یک استراتژی عمدی و سیاسی به منظورهای مختلف بوده است. در بسیاری از دولت‌ها در ایران، توسعه سازه‌ای و عمرانی در مدیریت منابع آب نسبت به مدیریت کیفی و مسائل اجتماعی آب اولویت داشته و حجم زیادی از بودجه را به خود اختصاص می‌داد.

در مصاحبه‌های انجام شده با متخصصان، مهم‌ترین دلیل اولویت قرار گرفتن طرح‌های سازه‌ای، عمرانی و کمیت‌گرایانه نسبت به موضوعات کیفی، «زودبازده بودن» آن‌ها دانسته شده است. پروژه‌های کیفیت منابع آب عمدتاً زمان‌بر بوده و

نتایج ملموس در کوتاه مدت را نمایان نکرده و قدرت رونمایی و نمایش عملکرد در آن‌ها ضعیف تر از پروژه‌های عمرانی است. گریز از رویکردهای کیفی و حفاظتی در مدیریت منابع آب به دلایل دیگری چون مشکلات متعدد برای هماهنگی نهادی در این امور نیز می‌باشد. در همین رابطه افراد مصاحبه‌شونده بیان داشتند، از آنجاکه کار احیاء رودخانه به کار مشارکتی سنگین بین نهادی وابسته است و نمایش عملکردی آن هم در کوتاه مدت عینی و ملموس نیست و بنابراین در شرح عملکرد دولت‌ها در دوره کوتاه جوابگو نیست.

– شناسایی شکاف‌های فرهنگی و اجتماعی افزایش آلودگی آب

همان‌طور که پیش از این توضیح داده شد، علوم اجتماعی تنها به بررسی ابعاد کلان بخش نهادی در امر کیفیت منابع آب نمی‌پردازد، بلکه در وجهی دیگر از سطوح بررسی خود، به حوزه رفتار فردی و اجتماعی و فرهنگی افراد می‌پردازد که در این رابطه الگوها و نظریه‌های اجتماعی مختلفی وجود دارد. در علوم اجتماعی آب بسیاری از نظریه‌پردازان معتقدند که نقش عوامل فرهنگی می‌تواند در روند مدیریت منابع آب بیش از رویه‌های نهادی و ساختار کلان مهم‌تر و اثرگذارتر باشد. از مهم‌ترین عوامل شناسایی‌شده در متون علمی و مصاحبه‌های انجام‌شده که به علوم اجتماعی آب در سطح خرد پرداخته‌اند می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

● ارزش و نگرش جامعه بهره‌بردار نسبت به حفظ کیفیت منابع آب

در میان مطالعات انجام شده و مصاحبه‌های صورت گرفته با خبرگان، ارزش و نگرش به‌عنوان دو اصل مهم در رفتار مدیریت کیفیت منابع آب توسط مردم در نظر گرفته شد. مهم‌ترین اصل در امر ارزش‌مداری آب، حساسیت‌زایی در مورد مساله کیفیت منابع آب است. کارشناسان و خبرگان معتقد بودند تا زمانی که در شعارها، تبلیغات، سیاست‌گذاری و امور فرهنگی نسبت به آلوده ساختن منابع آب سطحی و تبعات آن برنامه‌ریزی انجام نشود، افراد جامعه نسبت به این امر حساس نبوده و حفاظت از کیفیت منابع آب نیز توسط آن‌ها به شکل مطلوب انجام نخواهد شد. با توجه به این دیدگاه، باید مردم را توجیه نموده تا خودشان نسبت به کیفیت آب حساس باشند و نسبت به تغییر بینش و نگرش آن‌ها نسبت به حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی برنامه‌ریزی کرد.

● دانش و آگاهی نسبت به مدیریت کیفیت منابع آب

دانش و آگاهی در مورد حفاظت از کیفیت منابع آب، جزو مهم‌ترین عوامل اثرگذار در تغییر رفتار دانسته شده است. بسیاری از پژوهش‌های زیست‌محیطی نشان داده‌اند که مدیریت مصرف آب ناشی از «ناآگاهی نسبت به وضعیت بحرانی این منابع» و نیز «ناآگاهی از چگونگی مدیریت منابع آب برای حل این بحران» است. در حقیقت آگاهی و دانش از واقعیت بحران در منابع آب تأثیر زیادی بر رفتار مسئولیت‌پذیرانه برای مصرف این منابع دارد.

از مهم‌ترین روش‌های آگاه‌سازی مردم در خصوص کیفیت منابع آب ساخت کلیپ‌ها و فیلم‌های آموزشی و پخش از صدا و سیما می‌باشد. از دیگر روش‌ها می‌توان به نصب تابلوهای ارائه وضعیت کیفی منابع آب اشاره کرد. در حقیقت پیش از اینکه افراد از نحوه عملکرد صحیح آگاهی پیدا کنند، لازم است تا نسبت به وضعیت و شرایط افت کیفیت آگاه باشند. نصب تابلوهای ارائه وضعیت کیفیت منابع آب در کنار هر منبع آبی همچون تابلوهای نمایانگر شاخص آلودگی هوا می‌تواند باعث افزایش آگاهی آن‌ها شود. با این وجود، دولت‌ها برای پرهیز از اعتراضات اجتماعی شفاف‌سازی نمی‌کنند و مسائل کیفیت منابع آب همواره غیرشفاف باقی می‌مانند. در ادامه بر حسب اطلاعات جمع‌آوری شده از جامعه کارشناسان و دست‌اندرکاران جمع‌بندی و پیشنهاداتی به شرح زیر ارائه می‌شود:

0 لزوم مطالعات میدانی عمیق و گسترده جهت شناسایی دلایل بی‌توجهی جوامع محلی بر حفظ کیفیت منابع آب سطحی

0 بررسی دیدگاه کاربران از کیفیت آب و شیوه حفاظت از آن نیز از الگوهای مطالعه میدانی دانسته شده است. نظرسنجی از طریق پرسش‌نامه‌های خودساخته فهم عمیقی از عملکرد اجتماعی و فرهنگی افراد بومی در جامعه محلی جهت حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی ایجاد نخواهد کرد.

0 نیازسنجی برای افزایش آگاهی افراد در سطوح مختلف نیز از مهم‌ترین نتایج حاصل از این بخش بوده است. در حقیقت افراد در سطوح مختلفی باید آموزش داده شوند.

پیوست ۳

معرفی آلاینده‌های معدنی و آلی

تاثیرگذار در کیفیت آب

پ.۳-۱- بررسی تأثیر آلاینده‌های معدنی (غیر آلی) بر کیفیت آب‌های سطحی

آلاینده‌های معدنی ترکیباتی هستند که معمولاً عنصر کربن در ساختار آن‌ها وجود ندارد و شامل انواع نمک‌ها، فلزات و مواد معدنی بوده که شیمی آب را تغییر می‌دهند و ممکن است در تعامل با سایر اجزای شیمیایی در آب، بر کیفیت آب تأثیرگذار باشند. این آلاینده‌ها معمولاً از طریق منابع طبیعی و یا از طریق فعالیت‌های انسانی وارد آب‌های سطحی می‌شوند و به دو دسته آلاینده‌های معدنی سمی و غیر سمی تقسیم می‌شوند. تغییر کیفیت آب به واسطه آلاینده‌های معدنی به میزان غلظت این آلاینده‌ها در آب بستگی دارد و در غلظت‌های بالا می‌تواند بر زندگی انسان‌ها، جانوران و آبزیان تأثیر منفی داشته باشد. به عنوان نمونه، شیمی بدن موجودات آبی که برای زندگی در آب‌های شیرین سازگار هستند، معمولاً نمی‌تواند در شرایط بسیار شور عملکردی داشته باشند و بر فرآیندهایی مانند تنظیم اسمزی و تعادل (بیلان) آب و نمک عمومی تأثیر می‌گذارد. در زیر به برخی از مهم‌ترین آلاینده‌های معدنی در آب‌های سطحی و به‌ویژه رودخانه‌ها اشاره می‌شود:

- فلزات سنگین

فلزات سنگین، به دلیل سمی بودن، پایداری، پراکنش گسترده و تجزیه‌ناپذیری زیستی در زنجیره غذایی، به‌عنوان یکی عوامل مهم تهدیدکننده محیط‌زیست به‌ویژه برای اکوسیستم‌های آبی مطرح هستند. این فلزات از راه‌های مختلف طبیعی (مانند هوازدگی شیمیایی مواد معدنی و فرسایش خاک) و انسانی (فاضلاب‌های شهری و صنعتی، رواناب‌ها و سیلاب‌های شهری، فعالیت‌های معدنکاری، شیرابه زباله، ته‌نشست‌های اتمسفری و غیره) در محیط‌های مختلف به‌ویژه در آب انتشار می‌یابند. آثار بهداشتی نامطلوب مواجهه با فلزات سنگین در مطالعات متعددی به اثبات رسیده است و با توجه به پیامدهای مستقیم و غیرمستقیم آلودگی آب با فلزات سنگین بر زندگی انسان، جانوران محیط‌زیست، ارزیابی و پایش آن‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد. در حالی که اهمیت منابع آب به‌ویژه رواناب‌های سطحی در تأمین نیازهای انسان و محیط‌زیست، لزوم حفاظت از آن‌ها را بیش‌ازپیش نشان می‌دهد، در سال‌های اخیر آلودگی رواناب‌های سطحی به فلزات سنگین به‌عنوان یکی از موضوع‌های مهم محیط‌زیستی مطرح شده است، چرا که آلودگی آب و تجمع فلزات سنگین در آبزیان و گیاهان درنهایت می‌تواند موجب ورود آن‌ها به زنجیره غذایی جانداران و انسان‌ها شود و سلامت آن‌ها را تهدید کند [۵۳].

عناصر فلزات سنگین در صورت ورود به رودخانه یا دیگر آب‌های سطحی، به تدریج در عمق آب رسوب می‌کنند. بیش‌ترین فلزات سنگین موجود در سیستم‌های آبی مربوط به فلزات مس، روی، کادمیوم، جیوه و سرب و نیکل است. بر اساس دستورالعمل ECE (بر اساس فلزات) برای زندگی موجودات آبی کیفیت آب سطحی رودخانه به ۵ کلاس تقسیم

می‌شود که در جدول (پ.۳-۱) به آن اشاره شده است [۴۶]. میزان فلزات سنگین موجود در آب توسط دستگاه (ICP)^۱ و جذب اتمی شعله^۲ اندازه‌گیری می‌شود.

جدول پ.۳-۱- کلاس‌بندی کیفیت آب سطحی بر اساس غلظت فلزات سنگین

parameters	Unit/Ponds	Class I	Class II	Class III	Class VI	Class V
Aluminum	µg/l	<1.6	1.6-3.2	3.2-5.5	5.5-75	>75
Arsenic	µg/l	3 to 10	10 to 100	100-190	190-360	>360
Cadmium	µg/l	0.07	0.07 to 0.53	0.53-1.1	1.1-3.9	>3.9
Chromium	µg/l	<1	1 to 6	6-11	11-16	>16
Copper	µg/l	<2	2 to 7	7-12	12-18	>18
Lead	µg/l	<0.1	0.1 to 1.6	1.6 – 3.2	3.2-82	>82
Mercury	µg/l	<0.003	0.003 to 0.007	0.007-0.012	0.012-2.4	>2.4
Nickel	µg/l	<15	15- 87	87-160	160-1400	>1400
Zinc	µg/l	<45	45-77	77-110	110-120	>120

پ.۳-۲- بررسی تاثیر آلاینده‌های آلی بر کیفیت آب‌های سطحی

آلاینده‌های آلی که عمدتاً از کربن، هیدروژن و اکسیژن تشکیل شده‌اند، ترکیبات پایداری هستند و پتانسیل بالای انتقال، ماندگاری در محیط زیست و تمایل به تجمع زیستی را دارند که در نهایت اثرات منفی بر محیط زیست و همچنین سلامت انسان ایجاد می‌کنند. این مواد آلی شامل ترکیبات ساده‌ای همچون هگزان و دی سولفید کربن تا مولکول‌های بزرگ‌تر مانند بیسفنول A و حتی بسیار بزرگ‌تر هستند. داروها، مواد منفجره، محصولات جانبی پتروشیمی، نانومواد مهندسی شده (نانو پلیمرها و نانولوله‌ها)، محصولات دامپزشکی، پلیمرها، بنزین‌ها، حلال‌های صنعتی و رنگ‌ها از جمله آلاینده‌های آلی برای آب‌های سطحی می‌باشند. مشخص شده است که ترکیبات آلی که به طور گسترده بر اساس خواص و ساختارشان طبقه‌بندی می‌شوند، از نظر اثرات سمی حتی در غلظت‌های بسیار پایین نیز خطرناک هستند. منابع اصلی این آلاینده‌ها نه تنها صنایع بزرگ بلکه کارخانه‌های کوچک و فاضلاب‌های خانگی و شهری هستند که به صورت پیوسته در حال افزایش می‌باشند. همچنین عوامل طبیعی مانند بروز آتشفشان‌ها و آتش‌سوزی‌های جنگلی و یا نشت نفت از لوله‌ها نیز موجب افزایش این نوع از آلاینده‌ها در آب‌های سطحی می‌شود.

با نگاهی به انواع آلاینده‌های آلی در آب، می‌توان آن‌ها را بر اساس منشأ به وجود آمدن به سه دسته تقسیم‌بندی کرد. دسته اول شامل محصولات جانبی گندزدایی است که طی فرآیندهای مختلف گندزدایی مانند کلرزنی، ازن‌زنی، برماسیون و غیره تولید می‌شوند. این فرآیندها منجر به واکنش بین کلر، ازن یا برم با ترکیبات آلی طبیعی یا مصنوعی می‌شود و اثرات سلامتی آن‌ها برای انسان حاد یا مزمن است. دسته دوم آلاینده‌های آلی به ترکیبات مصنوعی متعددی می‌پردازد که

۱- Inductivity coupled plasma

۲- Flame Atomic absorption spectrometer

شامل صنایع شیمیایی، داروسازی، محصولات مراقبت شخصی، پتروشیمی، کشاورزی و پلاستیک/پلیمرها می‌باشند. دسته سوم شامل مواد آلی طبیعی (زایادات گیاهان و حیوانات) هستند.

البته دسته‌بندی دیگری نیز موجود هست که بر اساس ساختار آن‌ها شکل می‌گیرد. این دسته‌بندی بر اساس ساختار شیمیایی مواد آلاینده آلی شکل گرفته است و شامل موارد زیر می‌باشد:

- مواد هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه (PAH): این مواد از دو یا چند حلقه آروماتیک تشکیل شده است که اتم‌های کربن حلقه‌ها را تشکیل و یا به هم وصل می‌کند. برخی از PAH های رایج در آب عبارتند از: آنتراسن، فلورن و ترکیبات اصلی رنگدانه‌ها، رزین‌ها و برخی از محصولات پلیمری. ساختار شیمیایی پیچیده، پایداری بالا به دلیل حلقه‌های آروماتیک و حلالیت کم‌تر در آب مانع از تجزیه آسان آن‌ها می‌شود.

- ترکیبات آلی هالوژنه (HOC): ترکیبات مبتنی بر کربن هستند که حاوی هالوژن (یک یا چند نوع) مانند کلر، فلوئور، ید و برم هستند. HOC ها منبع اصلی مواد شیمیایی مانند متیل کلرید، برومیدها و دیدها را تشکیل می‌دهند. آن‌ها ترکیبات بسیار پایداری هستند و رادیکال‌های آزاد را در فتولیز تشکیل می‌دهند که کاملاً واکنش‌پذیر و برای عملکرد سلولی مضر هستند. تتراکلرواتیلن، تری کلرومتان، دی کلرواتیلن، تری کلرومتان و بسیاری از مواد تشکیل دهنده آفت‌کش‌ها و حلال‌های صنعتی در زمره این گروه از مواد آلی هستند. وینیل کلرید که جزء اصلی پلاستیک‌های پی‌وی سی است و آلایل هالیدها از هیدروکربن‌های غیراشباع هستند که در چند سال اخیر به عنوان آلاینده‌های آلی ظهور کرده‌اند.

- ترکیبات/حلال‌های آلی فرار: حلال‌هایی مانند استون، اتانول، ایزوپروپانول، دی سولفید کربن و اترها آلاینده های اصلی حلال آلی هستند. تری کلرو یا تتراکلرو متان در خشکشویی استفاده می‌شود و تخلیه آن‌ها در آب و یا با نفوذ به آب‌های زیرزمینی به آلوده کردن آب منجر شود. نمونه‌های دیگر از این حلال‌ها یدوفرم، بروموفورم و دی کلرومتان هستند که به طور گسترده در آزمایشگاه‌ها و صنایع شیمیایی استفاده می‌شوند. تتراکلرواتیلن یا پرکلرواتیلن مورد استفاده در صنایع خشکشویی نیز منبع اصلی آلودگی آب‌های زیرزمینی است و ممکن است به وینیل کلرید تبدیل شود که حتی سمی‌تر است. این ترکیبات در صورت نفوذ در آب‌های سطحی و زیرزمینی بسیار مقاوم می‌شوند.

- آفت‌کش‌ها، کودها و علف‌کش‌ها: طیف گسترده‌ای از ترکیبات آلی کلردار برای کنترل حیوانات موذی و علف‌های هرز در زمین‌های کشاورزی استفاده می‌شود و از کودهای شیمیایی نیز برای بالا بردن راندمان تولیدات کشاورزی استفاده می‌گردد. قارچ‌کش‌های مبتنی بر دی کربوکسیمید نیز برای جلوگیری از حمله قارچی به محصولات استفاده می‌شود.

- دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها: مولکول دی‌اکسین از دو حلقه بنزنی که با دو پل اکسیژنی به هم وصل شده است، تشکیل گردیده و در مجموع ۷۵ ترکیب مختلف را تشکیل می‌دهد. این مواد محصولات جانبی ناخواسته برخی

از فرایندهای شیمیایی، صنعتی و احتراقی به شمار می‌آیند که بر اثر اتصال به ذرات مانند غبار خروجی از صنایع وارد محیط زیست می‌شوند. این غبارها به واسطه وزن پایینی که دارند توانایی طی کردن مسافت‌های بالایی داشته و با توجه به شرایط جوی منطقه، دی اکسیدها و فوران‌های متصل به غبارها پس از طی مسافتی با نشست و بارش به سطح زمین می‌رسند. این ترکیبات از طریق شستشو و فرسایش خاک وارد محیط‌های آبی می‌شود.

- داروها و محصولات مراقبت شخصی: این شامل کلاس‌های مختلفی از مواد شیمیایی است که بخشی از زندگی روزمره ما هستند به طوریکه میزان وزنی استفاده از داروهای مختلف در جهان تقریباً ۱۰۰ هزار تن در سال برآورد شده است. محصولات دارویی که بخشی جدایی‌ناپذیر از سلامتی و رفاه انسان را تشکیل می‌دهند به عنوان منابع فزاینده آلودگی آب‌ها در حال افزایش هستند. هورمون‌ها (متفورمین، لووتیروکسین، افلورنیتین)، تنظیم کننده‌های چربی (کلوفیبرات)، آنتی بیوتیک‌ها (سیپروفلوکساسین، پنی سیلین، آموکسی سیلین، سولفونامیدهای کاربامپنم)، ضد التهاب (امپرازول، پروستاگلندین، پیروکسیکام، بنوکسaprofen)، داروهای ضد افسردگی (پاروکستین، سیتالوپرام، کلومیپرامین، ونلافاکسین، فلوکستین) و عوامل شیمی درمانی دسته مهمی از داروهایی که وارد آب می‌شوند. داروها از طریق ادرار و هم‌چنین هضم دفع می‌شوند و وارد فاضلاب توال و در نهایت می‌تواند وارد آب سطحی گردند.

- مواد پتروشیمی: نشت نفت و مواد شیمیایی از پالایشگاه‌ها موجب آلودگی آب توسط ترکیبات آلی می‌شود. نفت خام حاوی انواع مختلفی از مواد شیمیایی مانند بنزن، فلن، تولوئن است و PAH های اکسیژن‌دار فرآورده های نفتی مانند بنزین، نفت سفید، روان کننده‌ها، سوخت جت و سوخت دیزل از طریق رواناب‌های سطحی و نشت نفت در حین حمل و نقل یا نشت وارد آب می‌شوند. البته سبک بودن و چگالی کم آن‌ها باعث می‌شود که همیشه روی سطح آب شناور باشند. اما حتی با حلالیت بسیار کم نیز در آب به طور جزئی حل می‌شوند و می‌توانند اثرات مخربی بر سلامت انسان و محیط زیست داشته باشند.

- مواد مغذی

پدیده تغذیه‌گرایی یک چالش جدی در بسیاری از پیکره‌های آبی، به‌ویژه در دریاچه‌ها، و مخازن سدها می‌باشد. افزایش بار ورودی مواد مغذی شامل انواع ترکیبات نیتروژن و فسفر و رسوبات، از بالادست به منابع آب سطحی موجب افزایش رشد جلبک‌ها و پدیده شکوفایی جلبکی و بنابراین کاهش اکسیژن محلول، مرگ و میر گونه‌های آبی، کاهش تنوع زیستی و افزایش احتمال انتشار بو و بنابراین کاهش کیفیت آب می‌گردد. در رابطه با تغذیه‌گرایی آب‌های سطحی، می‌بایست تلاش نمود تا جلوی ورود مواد مغذی به سیستم‌های آبی گرفته شود تا بتوان پدیده پر غذایی و سایر مشکلات ناشی از ورود مواد مغذی را کنترل نمود. می‌توان شکوفایی را بر اساس تراکم گونه فیتوپلانکتون‌ها و غلظت کلروفیل a تعیین نمود. برای تأیید شکوفایی در هر فصل یا ناحیه لازم است که حداقل ۳۰ درصد از نمونه‌ها دارای معیار شکوفایی

باشد. جدول (پ.۳-۲) روش‌های مختلف تعیین شکوفایی جلبکی بر اساس غلظت کلروفیل و فیتوپلانکتون‌ها را نشان می‌دهد. بر پایه دستورالعمل اتحادیه اروپا، ترکیب گونه‌ای زیست‌توده، تراکم فیتوپلانکتون‌ها و درصد فراوانی وقوع شکوفایی برای تعیین کیفیت آب مورد استفاده قرار می‌گیرد.

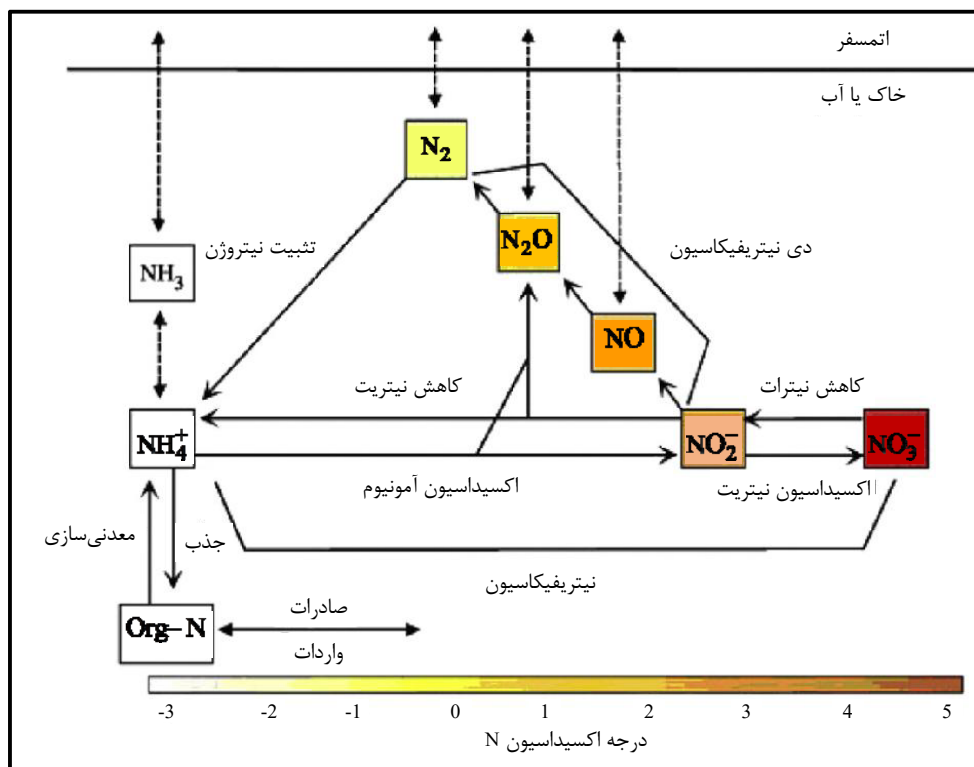
جدول پ.۳-۲- روش‌های مختلف تعیین شکوفایی جلبکی بر اساس غلظت کلروفیل a و فیتوپلانکتون

پارامتر	معیار	طبقه‌بندی
تراکم گونه	۱۰-۱۰۰۰ سلول در میلی‌لیتر	کم تراکم
	۱۰۰-۱۰۰۰ سلول در میلی‌لیتر	تراکم متوسط
	>۱۰۰۰ سلول در میلی‌لیتر	پرتراکم
تراکم گونه سیانوفیتا	۲۰۰ سلول در میلی‌لیتر	شروع شکوفایی
کلروفیل a	بیش از صدک ۹۰	شروع شکوفایی
کلروفیل a	بیش از میانه (۵٪+)	شروع شکوفایی

منابع مواد مغذی را می‌توان به دو دسته نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای (پخشیده) دسته‌بندی کرد. تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری و فاضلاب صنایع نمونه‌هایی از منابع نقطه‌ای هستند. رواناب‌های شهری و کشاورزی حاوی کود و پهن حیوانات و نشت از سپتیک‌تانک‌ها نمونه‌هایی از آلودگی غیر نقطه‌ای مواد مغذی هستند. به طور کلی، ورود مواد مغذی به آب‌ها با پدیده پر غذائی همراه است. از اثرات بالقوه پدیده پر غذائی می‌توان به افزایش زیست‌توده فیتوپلانکتون و پوش گیاهی ماکروفیت، افزایش شکوفایی زئوپلانکتون ژلاتینی در محیط زیست دریایی، افزایش سموم حاصل از شکوفایی گونه‌های جلبکی، افزایش کربن موجود در شبکه‌های مواد غذایی، از دست دادن ماهیگیری تجاری و ورزشی، کاهش تنوع زیستگاه‌ها، از دست دادن جوامع مرجانی، افزایش مشکلات طعم و بو، کاهش اکسیژن حل شده، افزایش هزینه‌های تصفیه پیش از استفاده انسان، و کاهش زیبایی چشم‌انداز پهنه‌های آبی اشاره کرد. از سوی دیگر در این شرایط ورود هم‌زمان آلاینده‌های دیگر مانند فلزات سنگین، آفت‌کش‌ها، داروها، و هورمون‌ها نیز خطرات زیست‌محیطی را در آب‌های سطحی افزایش می‌دهند. [۴۷].

- نیتروژن

یکی از مهم‌ترین مواد مغذی در آب‌های سطحی نیتروژن می‌باشد که عمدتاً شامل نیتريت، نیترات، آمونیاک و نیتروژن آلی است. در پساب‌های تازه، نیتروژن بیش‌تر به صورت نیتروژن آلی است؛ ولی با گذشت زمان، به نیترات تبدیل می‌شود. شکل (پ.۳-۲) چرخه نیتروژن [۴۸] را نشان می‌دهد که بیانگر دو پدیده نیتریفیکاسیون و دنیتروفیکاسیون نیز می‌باشد.



شکل پ.۳-۱- چرخه نیتروژن در زیست کره

- ترکیبات نیتراته

نیتريت (NO_2) مرحله میانی در تبدیل آمونیاک به نیترات هستند و به طور طبیعی در آب‌های شیرین و شور وجود دارند و نیترات (NO_3) یکی از آنیون‌های معدنی می‌باشد که در نتیجه اکسیداسیون نیتروژن حاصل می‌شود. نیترات یکی از عناصر بسیار ضروری برای سنتز پروتئین در گیاهان است و نقش مهمی را در چرخه نیتروژن دارد و با توجه به اینکه از اکسیداسیون طبیعی تولید می‌شود، بنابراین در تمام محیط‌زیست یافت می‌شود.

ترکیبات نیتريت و نیترات از آلاینده‌های مهم و تاثیرگذار در آب‌های سطحی بوده که در سال‌های اخیر به علت گسترش فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی مقدار میانگین آن‌ها در این منابع رو به افزایش است. نیترات‌های معدنی اولیه که آب‌ها را آلوده می‌کنند، بیش‌تر شامل نیترات پتاسیم و نیترات آمونیوم هستند که هر دوی این ترکیبات به طور گسترده‌ای به عنوان کود در کشاورزی استفاده می‌شوند. از آن جایی که نیترات در آب به صورت محلول وجود دارد روش‌های معمول تصفیه آب قادر به حذف آن نیستند و از این رو نیاز به آن دسته از روش‌های تصفیه پیشرفته می‌باشد که قادر به کاهش آلاینده‌های محلول هستند که بسیار پرهزینه هستند.

- آمونیاک

آمونیاک یک آلاینده رایج در فاضلاب و پساب‌های صنعتی است و به شکل آزاد و غیر یونیزه (NH_3) که سمی است و به شکل یونیزه (NH_4^+) که سمی نیست وجود دارد. غلظت شکل سمی آن با pH و دما متفاوت است. در pH پایین تا متوسط، NH_4^+ غالب است. با افزایش pH، NH_3 سمی افزایش می‌یابد. آمونیاک بر سیستم تنفسی بسیاری از حیوانات تأثیر می‌گذارد. اثرات کلی نیتروژن بر اکوسیستم‌های آبی را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

- کوچک‌تر از ۰/۵ میلی گرم در لیتر- شرایط الیگوتروفیک؛ این شرایط مربوط به سطوح پایین تنوع گونه‌ای است. سیستم‌های بهره‌وری پایین با چرخه سریع مواد مغذی؛ عدم رشد گیاهان آبی مزاحم، عدم حضور جلبک‌های مشکل ساز.
- بازه ۰/۵ تا ۲/۵ میلی گرم در لیتر- شرایط مزوتروفیک؛ این شرایط مربوط به سطوح بالای تنوع گونه‌ای است. سیستم‌های با بهره‌وری معمولی؛ رشد گیاهان آبی مزاحم و شکوفه‌های جلبک سبز آبی؛ شکوفه‌های جلبکی به ندرت سمی است.
- بازه ۲/۵ تا ۱۰ میلی گرم در لیتر- شرایط اوتروفیک؛ این شرایط مربوط به سطوح پایین تنوع گونه‌ای است. سیستم‌های با بهره‌وری بالا؛ رشد گیاهان آبی مزاحم و شکوفه‌های جلبک سبز آبی؛ شکوفه‌های جلبکی ممکن است شامل گونه‌هایی باشد که برای انسان، دام و حیات وحش سمی هستند.
- بزرگ‌تر از ۱۰ میلی گرم نیتروژن در لیتر- شرایط هیپرتروفیک؛ این شرایط مربوط به سطوح پایین تنوع گونه‌ای است. سیستم‌های با بهره‌وری بسیار بالا؛ رشد گیاهان آبی مزاحم و شکوفه‌های جلبک سبز آبی؛ شکوفه‌های جلبکی ممکن است شامل گونه‌هایی باشد که برای انسان، دام و حیات وحش سمی هستند.

- فسفر

تقریباً همه فسفر موجود در آب‌های طبیعی و فاضلاب‌ها، به صورت فسفات است. فسفر غالباً به صورت فسفات معدنی، فسفات آلی و فسفات کلونیدی (ذره‌ای)، فسفر ذره‌ای غیرآلی، فسفر غیرذره‌ای غیرآلی و فسفر غیرذره‌ای آلی وجود داشته و بنابراین فسفر در سه تیپ آلی، معدنی و کلونیدی در آب‌های سطحی یافت می‌شود. غلظت ۰/۰۵ تا ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر فسفر کافی است تا پدیده شکوفایی جلبک‌ها رخ دهد. فسفر کل موجود در فاضلاب ۸-۱۰ میلی گرم در لیتر است و تنها حدود ۲۰-۴۰ درصد این مقدار در فرآیند تصفیه متداول قابل حذف می‌باشد.

در آب‌های شیرین، غلظت فسفر اغلب محدود کننده رشد گیاهان آبی است و مهم‌ترین اثر اکولوژیکی غلظت بالای فسفر، تحریک رشد گیاهان آبی است. با این حال، همه ترکیبات فسفر برای جذب توسط گیاهان در دسترس نبوده و پارامترهایی مانند نور، دما و در دسترس بودن سایر مواد مغذی نیز نقش مهمی در تعیین رشد گیاه دارند. محدوده‌های

زیر برای توصیف اثرات دامنه وسیعی از غلظت فسفر در اکوسیستم‌های آبی استفاده می‌شود [۵۱] **Error! Bookmark** [not defined].

- کوچک‌تر از ۰/۰۰۵ میلی گرم در لیتر (شرایط الیگوتروفیک^۱)؛ این شرایط مربوط به سطوح پایین تنوع گونه‌ای است. سیستم‌های بهره‌وری پایین با چرخه سریع مواد مغذی، عدم رشد گیاهان آبی مزاحم، عدم حضور جلبک‌های مشکل ساز.
- بازه ۰/۰۰۵ تا ۰/۰۲۵ میلی گرم در لیتر (شرایط مزوتروفیک^۲)؛ این شرایط مربوط به سطوح بالای تنوع گونه‌ای است. سیستم‌های بهره‌وری معمولی؛ رشد مزاحم گیاهان آبی و شکوفه‌های جلبک سبز آبی، شکوفه‌های جلبکی به ندرت سمی است.
- بازه ۰/۰۲۵ تا ۰/۲۵۰ میلی گرم در لیتر (شرایط اوتروفیک^۳)؛ این شرایط مربوط به سطوح پایین تنوع گونه‌ای است. سیستم‌های با بهره‌وری بالا؛ رشد گیاهان آبی مزاحم و شکوفه‌های جلبک سبز آبی؛ شکوفه‌های جلبکی ممکن است شامل گونه‌هایی باشد که برای انسان، دام و حیات وحش سمی هستند.
- بزرگ‌تر از ۰/۲۵۰ میلی گرم فسفر در لیتر (شرایط هیپرتروفیک^۴)؛ این شرایط مربوط به سطوح پایین تنوع گونه‌ای است. سیستم‌های با بهره‌وری بسیار بالا؛ رشد گیاهان آبی مزاحم و شکوفه‌های جلبک سبز آبی؛ شکوفه‌های جلبکی ممکن است شامل گونه‌هایی باشد که برای انسان، دام و حیات وحش سمی هستند.

پ.۳-۳- بررسی دیگر پارامترها و آلاینده‌های تاثیرگذار بر کیفیت آب‌های سطحی

- اسیدیته آب

pH میزان فعالیت یون‌های هیدروژن در یک نمونه آب است و تغییرات pH آب‌های سطحی در محدوده ۴ تا ۱۱ می‌باشد. به دلیل تفاوت در نرخ فتوسنتز و تنفس که بر غلظت CO₂ در آب تأثیر می‌گذارد، تغییرات pH می‌تواند بر تعادل یونی و اسمزی موجودات آبی، در دسترس بودن و سمیت برخی از فلزات کمیاب، یون‌های غیرفلزی مانند آمونیوم و برخی عناصر دیگر تأثیر بگذارد. فلزاتی که به طور خاص تحت تأثیر تغییرات pH قرار می‌گیرند شامل نقره، آلومینیوم، کادمیوم، کبالت، مس، جیوه، منگنز، نیکل، سرب و روی بوده که در pH پایین به طور فزاینده‌ای در دسترس بیولوژیکی قرار می‌گیرند. تغییرات pH همچنین بر سرعتی که مولکول‌های آلی بزرگ قادر به جذب فلزات و سایر مواد هستند تأثیر می‌گذارد.

۱- Oligotrophic

۲- Mesotrophic

۳- Eutrophic

۴- Hypertrophic

pH یک پارامتر کلیدی در کنترل انتقال و تحرک فلزات سنگین در آب و رسوبات می‌باشد. با کاهش pH در رسوبات، میزان جذب فلزات سنگین کاهش یافته و میزان دسترس‌پذیری آن‌ها در محیط‌زیست افزایش می‌یابد. افزایش pH و قلیایی شدن آب می‌تواند عامل مهمی در رسوب عناصر سنگین به شکل هیدروکسیدهای نامحلول، کربنات‌ها و اکسیدها باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مقدار pH نقش بسیار مهمی در انحلال‌پذیری، قابلیت تحرک، دسترس‌پذیری و رسوب‌گذاری عناصر در محیط‌های آبی ایفا می‌کند [۴۹].

- اکسیژن محلول در آب

DO یا همان اکسیژن محلول در آب برای گونه‌های آبزی گیاهی و جانوری و بقای آن‌ها مهم است. از آنجا که سطح DO به طور مستقیم با کیفیت آب مرتبط است، این دو به یکدیگر وابسته هستند. عوامل زیادی می‌توانند سطح DO را تحت تأثیر قرار دهند و درک این سطوح به منظور تصمیم‌گیری آگاهانه در مورد عملیات تصفیه فاضلاب، نواحی کم‌اکسیژن^۱، تأسیسات آبزی‌پروری یا اکوسیستم‌های در مقیاس بزرگ ضروری است. اکسیژن محلول به سطح اکسیژن آزاد و ترکیب نشده در آب یا مایعات دیگر اشاره دارد. این یکی از مهم‌ترین پارامترها هنگام ارزیابی کیفیت آب به دلیل تأثیر آن بر ارگانیسم‌های موجود در بدن است. مقادیر بالا و یا پایین اکسیژن محلول، می‌توانند به زندگی آبزیان آسیب برسانند و کیفیت آب‌های سطحی را تحت تأثیر قرار دهد.

اکسیژن می‌تواند از هوای پیرامون آب‌های سطحی در اثر باد، تندآب‌ها، آبشارها و مانند آن به آرامی در سطح آب پخش شود و همچنین می‌توان اکسیژن را به صورت مصنوعی و با هوادهی، به داخل آب وارد نمود. با استفاده از انواع مدل‌های هوادهی ساخته شده توسط انسان می‌توان میزان هوای داخل آب را افزایش داد و کیفیت آب را به صورت موضعی بالا برد. اکسیژن محلول به عنوان یک محصول ضایعات فتوسنتز از گیاهان فیتوپلانکتون، جلبک، جلبک دریایی و سایر گیاهان آبزی تولید می‌شود. درحالی‌که بیش‌تر فتوسنتز در سطح صورت می‌گیرد، بخش بزرگی از فرآیند توسط جلبک دریایی، جلبک‌های زیر سطح و فیتوپلانکتون در زیر آب صورت می‌گیرد. بر اساس استاندارد کیفیت آب‌های ایران در سال ۱۳۹۵ و به استناد مواد ۱ و ۵ آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی، آب میزان اکسیژن محلول در آب بر اساس جدول (پ.۳-۳) گزارش می‌شود. [۵۰]

جدول پ.۳-۳- استاندارد کیفیت آب برای حفاظت محیط‌زیست (اکوسیستم‌های آبی-اکسیژن محلول)

پارامتر	گروه ۱	گروه ۲	حداقل نمونه‌برداری و تناوب اندازه‌گیری
اکسیژن محلول (میلی گرم در لیتر)	حداقل در پنجاه درصد مواقع نه (۹) میلی گرم بر لیتر یا ۹۰ درصد اشباع و بیش‌تر و در صددرصد مواقع هفت (۷) میلی گرم بر لیتر یا ۷۰ درصد اشباع و بیش‌تر	حداقل در پنجاه درصد مواقع هشت (۸) میلی گرم بر لیتر یا ۸۰ درصد اشباع و بیش‌تر و در صددرصد مواقع پنج (۵) میلی گرم بر لیتر یا ۵۰ درصد اشباع و بیش‌تر	ماهانه، حداقل یک نوبت نمونه‌برداری در شرایط اکسیژن محلول پایین (تبصره ۳). در محل‌هایی که تغییرات روزانه مشکوک است، حداقل دو نمونه در روز

- گروه ۱: اکوسیستم‌های مناسب برای ماهیان سردآبی (مانند آزاد ماهیان)
- گروه ۲: اکوسیستم‌های مناسب برای ماهیان گرم آبی (مانند کپورماهیان)

- آلاینده‌های دمایی (حرارتی)

آلودگی دمایی، تغییر کیفیت آب به‌موجب افزایش حرارت آن، اغلب توسط استفاده از حرارت تلف شده از فرآیندهای تولید نیرو و فرآیندهای صنعتی به وجود می‌آید. با این که دمای آب جزو پارامترهای موثر در محاسبه شاخص کیفیت آب نمی‌باشد، ولی به دلیل تاثیر آن بر مقادیر اکسیژن محلول، توصیه می‌شود در کلیه برنامه‌های پایش و بهسازی کیفی آب های سطحی، دمای آب در محل اندازه‌گیری شود. آلودگی حرارتی هنگامی رخ می‌دهد که عوامل طبیعی یا انسانی باعث تغییر دمای طبیعی پهنه‌های آبی شود. این تغییر دما ممکن است با کاهش یا افزایش دما از حالت طبیعی آب همراه باشد اما امروزه معمولاً به افزایش دمای آب از حالت طبیعی و نرمال خود بر اثر عوامل مختلف آلودگی حرارتی گفته می‌شود. منبع بسیار معمول و رایج این نوع آلودگی حرارتی، تخلیه آب‌های نیروگاه‌های حرارتی و یا آب‌سردکن‌ها هستند که در ماشین‌آلات و تجهیزات خنک‌کننده مورد استفاده قرار می‌گیرند. برخی از گیاهان، ماهی‌ها و موجودات زنده آبی در آب رودخانه‌ها و دریاچه‌ها، دمای خاصی را می‌توانند تحمل کنند و دمای بیش‌تر یا کم‌تر از آن حیات آن‌ها را به خطر می‌اندازد و بنابراین گرم شدن آب، ارگانسیم موجودات زنده آبی را تغییر داده و زیان‌آور است.

آلودگی حرارتی در آب‌های سطحی موجب به هم خوردن شرایط زیستی آبزیان از جمله ماهیان می‌گردد؛ چراکه افزایش دمای آب، افزایش نیاز به اکسیژن محلول در آب، کاهش قدرت بهره‌وری از اکسیژن محلول در آب، کاهش قدرت انحلالی اکسیژن و فعال شدن پدیده تخمیر را به دنبال دارد که خود میزان زیادی اکسیژن مصرف می‌کند. آب گرم باعث افزایش فعالیت‌های فتوشیمیایی و رشد بیش‌ازحد گونه‌های گیاهی مانند جلبک‌ها می‌شود و در کل کیفیت آب‌های سطحی را کاهش می‌دهد. [۵۱].

اگرچه نمی‌توان دمای مشخصی را برای آستانه آلودگی حرارتی در تمام نقاط تعریف کرد و همچنین محدودیت قوانین بر حسب مشخصات رودخانه‌ها و خشکی آب و هوا تغییر می‌کند، با این وجود استانداردهایی برای حفظ کیفیت آب از طرف سازمان حفاظت محیط زیست ارائه شده است. جدول (پ. ۳-۴) استاندارد پارامتر تغییرات دمای و نحوه اندازه‌گیری را نشان می‌دهد. [۵۰]

جدول پ. ۳-۴- استاندارد کیفیت آب برای حفاظت محیط‌زیست (اکوسیستم‌های آبی-دما)

پارامتر	گروه ۱	گروه ۲	حداقل نمونه‌برداری و تناوب اندازه‌گیری
دما بر حسب درجه سانتی‌گراد	اختلاف درجه‌حرارت در پایین‌دست نقطه تخلیه آلودگی حرارتی (در مرز ناحیه اختلاط) با بالادست آن نباید بیش از مقادیر زیر باشد	۲	هفتگی در بالادست و پایین‌دست نقطه تخلیه آلودگی حرارتی
	۱/۵		

- گروه ۱: اکوسیستم‌های مناسب برای ماهیان سردآبی (مانند آزاد ماهیان)
- گروه ۲: اکوسیستم‌های مناسب برای ماهیان گرم آبی (مانند کپورماهیان)

- آلاینده‌های شوری

شوری آب به غلظت کل مواد معدنی موجود در آب گفته می‌شود و معمولاً مقدار آن برحسب قسمت در هزار (ppt) و قسمت در میلیون (ppm)، تقریباً معادل mg/l ارائه می‌شود. با توجه به اینکه روش مستقیم تعیین مقدار شوری بر مبنای تجزیه شیمیایی کامل آب، وقت گیر، پرهزینه و کم دقت است، به مرور روش‌های غیر مستقیم مورد توجه قرار گرفته‌اند. در روش‌های غیرمستقیم اندازه‌گیری شوری، یکی از پارامترهای فیزیکی آب، همچون هدایت الکتریکی (EC)، کل جامدات معلق آب (TDS)، چگالی، سرعت صوت یا ضریب شکست، مبنای اندازه‌گیری شوری قرار می‌گیرد.

علت شور شدن آب رودخانه‌ها در حالت طبیعی به این دلیل است که بسیاری از ترکیبات درون سازندهای زمین‌شناسی و همچنین ترکیباتی که از روی سطح زمین شسته می‌شوند، در آب حل شده و جزئی از آب می‌شوند. افزون بر عوامل طبیعی، شوری آب می‌تواند به دلیل عوامل انسان ساخت نیز رخ دهد که در حال حاضر نقش عوامل انسان ساخت در شور شدن آب‌ها بیش‌تر از عوامل طبیعی می‌باشد. شور شدن منابع آب سطحی تأثیر مستقیم روی آشامیدن، بخش‌های مختلف صنعت و کشاورزی دارد و بنابراین شوری یک آلاینده برای آب بوده و کیفیت آب را کاهش می‌دهد. میزان شوری در منابع آب سطحی تحت تأثیر عوامل مختلف متغیر است. بر اساس پژوهش‌های انجام شده در ایران می‌توان علت‌های شوری در رودخانه‌های شور را نزدیکی به آب دریا برای رودخانه‌های حوضه کارون و سفیدرود و شاخه‌های شور فصلی، کاهش دبی جریان، تخلیه فاضلاب و زه‌آب‌ها، سازندهای یونی، شور و تبخیری نام برد [۵۲].

در زمینه آب کشاورزی، دستورالعمل معینی در ایران برای برر سی کیفیت این آب‌ها وجود ندارد و در اغلب موارد، از دستورالعمل‌های بین‌المللی استفاده می‌شود که از آن جمله، می‌توان به شاخص ویلکوکس که توسط سازمان خواروبار جهانی ارائه شده است، اشاره نمود. بر اساس این شاخص، با مبنا قرار دادن دو پارامتر هدایت الکتریکی و نسبت جذبی سدیم، ۱۶ کلاس برای کیفیت آب ارائه گردید. بهترین کلاس دارای آبی با هدایت الکتریکی بین ۱۰۰ تا ۲۵۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و نسبت جذبی سدیم کمتر از ۱۰ بوده و در بدترین کلاس، هدایت الکتریکی بالاتر از ۲۲۵۱ میکروزیمنس در سانتی‌متر و نسبت جذبی سدیم بالاتر از ۲۷ می‌باشد [۵۳].

- آلاینده‌های ناشی از کدورت، رسوبات ریزدانه و جامدات معلق

کدورت درواقع میزان تیرگی آب است که توسط مواد متراکم مانند رس، گل‌ولای، مواد معدنی و آلی، ترکیبات آلی رنگی، پلانکتون‌ها و میکروارگانیسم‌های دیگر ایجاد می‌شود و از آلاینده‌های مهم و فراگیر آب‌های سطحی به ویژه رودخانه‌ها می‌باشد. فرسایش خاک و سنگ‌ها به همراه رسوب‌زدایی در حوضه‌های آبریز موجب افزایش میزان کدورت آب رودخانه‌ای آن حوضه می‌شود. اندازه‌گیری به‌صورت پراکنش سنجی انجام و نتایج برحسب واحد کدورت پراکنشی

(NTU) گزارش می‌شود. این روش مبتنی بر مقایسه نور پراکنش یافته توسط نمونه در شرایط معین با شدت نور پراکنش یافته توسط محلول سوپانسیون مرجع در همان شرایط است که در آن، شدت نور پراکنش یافته نشان دهنده مقدار کدورت است.

حداکثر مجاز برای عامل کدورت در آب سطحی برای کشاورزی ۵۰ NTU (بر اساس نشریه استاندارد خروجی فاضلابها، دفتر آموزش سازمان محیط زیست ایران) و برای شرب ۲۵ NTU (بر اساس استاندارد آب شرب موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران) (شماره استاندارد ۱۰۱۱)) گزارش شده است.

غلظت زیاد رسوبات ریزدانه و جامدات معلق در آب‌های سطحی سبب کاهش نفوذ نور در عمق آب شده که منجر به کاهش فتوسنتز می‌شود به طوری که هر چه عمق آب افزایش یابد، کاهش فتوسنتز نیز تشدید می‌شود. تغییرات در سرعت فتوسنتز ممکن است بر روی دسترسی موجودات آبی بالاتر در زنجیره غذایی تأثیر بگذارد. جامدات معلق همچنین ممکن است با مکانیسم‌های تغذیه و تنفس برخی از موجودات آبی، از جمله ماهی‌ها، قورباغه‌ها و بسیاری از گونه‌های بی‌مهرگان تداخل ایجاد کند. ته‌نشین شدن مواد معلق ممکن است منجر به خفه شدن گیاهان و حیوانات کفزی شود.

در رودخانه‌های آلوده و همراه با رسوبات ریزدانه و مواد معلق بالا، با توجه به تنوع مواد آلی، انواع واکنش‌ها بین مواد آلی و فلزات سنگین پیش‌بینی می‌شود و غالباً ماده آلی همبستگی بالایی با این فلزات در حضور رسوبات دارد. ماده آلی سبب لخته کردن فلزات سنگین در آب و رسوبات گردیده و با جذب این فلزات در نهایت بر توزیع فلزات سنگین مؤثر است. [۵۴]

اندازه ذرات رسوبی عامل مهمی در توزیع فلزات سنگین در رودخانه‌ها می‌باشد و در رودخانه‌ها که از بالادست به سمت پایین‌دست، ذرات رسوبی ریزدانه‌تر می‌شوند؛ غلظت برخی از فلزات به طور چشمگیری افزایش می‌یابد. به عنوان نمونه با انجام پژوهش‌هایی بر روی رودخانه Keelumg در تایوان مشخص شد که با افزایش درصد رسوبات ریزدانه، غلظت آهن و آلومینیوم افزایش یافته است [۵۵].

– آلاینده‌های باکتریایی و سایر عوامل بیماری‌زا

پساب‌های ورودی به رودخانه‌ها، به ویژه آن‌هایی که با فاضلاب انسانی یا دامی و زباله‌های خانگی مرتبط هستند، دارای مقادیر بالایی باکتری و سایر عوامل بیماری‌زا (تخم‌ها و کرم‌های نماتد، انگل‌ها) بوده که بر سلامت انسان و اکوسیستم آبیان تأثیر می‌گذارند که از آلاینده‌های مهم آب‌های سطحی بوده و سبب کاهش کیفیت آب می‌شوند.

– پاتوژن‌ها و آلاینده‌های میکروبیولوژیکی آب

در آب‌های تصفیه نشده، اغلب آلاینده‌های آب به صورت طبیعی ناشی از میکروارگانیزم‌هایی مانند ویروس‌ها، باکتری‌ها و عوامل بیماری‌زا هستند. این گونه از آلاینده‌های طبیعی ممکن است باعث مرگ ماهی‌ها و دیگر جانداران آبی شوند. این آلاینده‌ها همچنین می‌توانند باعث بروز بیماری در انسان‌هایی شوند که از این آب‌ها استفاده می‌کنند.

- آلاینده‌های رادیواکتیو و پرتوزا

همان‌گونه که از نام این آلاینده‌ها مشخص است، این مواد خاصیت رادیواکتیو دارند و پس از متلاشی شدن در آب، انرژی تابشی زیادی تولید کرده و پرتوهای رادیواکتیو از خود منتشر می‌کنند. در واقع این نوع از آلاینده‌ها دارای هسته بسیار ناپایدارند که خود به خود به اجزاء کوچک‌تر تجزیه می‌شوند و ولی آب را به گونه‌ای آلوده می‌کنند که سلامتی موجودات زنده را کاملاً به خطر می‌اندازد. بنابراین آلاینده‌های رادیواکتیو یکی از خطرناک‌ترین مواد آلوده‌کننده آب‌های سطحی می‌باشد که به عنوان نمونه از طریق پساب‌های بیمارستانی، مراکز اتمی و نیروگاه‌های هسته‌ای وارد منابع آب می‌شود.

پیوست ۴

روش‌ها و راهکارهای بهسازی کیفی

مبتنی بر حوضه آبریز و رودخانه و

نواحی ساحلی

پ.۴-۱- اقدامات سازه‌ای و غیر سازه‌ای در حوضه آبریز

سطوح حوضه آبریز و مساله نفوذپذیری در آن تأثیر زیادی بر عملکرد طبیعی رودخانه‌ها دارند. میزان نفوذ در حوضه آبریز ارتباط مستقیمی با سیل، فرسایش، تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه، آلودگی رواناب، آسیب‌های زیست‌محیطی، کاهش تغذیه آب‌های زیرزمینی، و جریان‌های پایه در رودخانه‌ها دارد. در حوضه‌های آبریز شهری نیز سطوح سنگفرش شده، حجم و سرعت رواناب را افزایش می‌دهند و مستقیماً با فراوانی و شدت سیلاب ارتباط دارند. پیک جریان در آبراهه‌های موجود در مناطق شهری چند برابر بیش‌تر از یک حوضه طبیعی است.

در حوضه‌های آبریز، ورود فاضلاب ترکیبی رودخانه‌ها را آلوده می‌کند، سدهایی که به‌منظور مهار سیلاب احداث شده‌اند، اکولوژی رودخانه‌ها را مختل می‌کنند و تنگ شدن رودخانه‌ها از طریق عدم رعایت محدوده حریم و بستر، خسارت سیل را در جاهای دیگر افزایش می‌دهد. در پروژه‌های بهسازی می‌بایست یک رویکرد جامع برای درمان مشکلات در حوضه آبریز مانند ارتباط منابع آب سطحی و ورود آلودگی‌ها ارائه کرده و ضمن توجه به هزینه‌ها، واگذاری مسئولیت‌ها به صاحبان واقعی را مطرح سازد. اقدامات زیر از مهم‌ترین راهکارهای عملی در حوضه آبریز یک رودخانه به منظور بهسازی شرایط رودخانه و بهبود کیفیت آب می‌باشند:

پ.۴-۲- مدیریت تنظیم حجم رواناب در ارتباط با انتقال آلاینده‌ها

در زمین‌های طبیعی، ۴۰ درصد بارندگی به صورت تبخیر و تعرق و تا ۵۰ درصد نفوذ می‌کند. در مناطق شهری این مقادیر متفاوت بوده و بیش‌تر حجم آب بارندگی به صورت رواناب می‌باشد. به منظور کاهش حجم رواناب در مناطق شهری روش‌های زیر ارائه می‌شوند:

– توسعه سنگفرش‌های متخلخل، بهره‌گیری از آسفالت‌های نفوذپذیر و توسعه پوشش گیاهی در حوضه‌های آبریز شهری

– جلوگیری از چرای بی‌رویه دام در مراتع و تعیین ظرفیت مراتع و تشویق به دامداری نیمه‌صنعتی پیرامون شهرها

– عدم صدور مجوز برای تغییر کاربری اراضی طبیعی

– توسعه متوازن باغ‌ها در پیرامون شهرها به‌منظور کاهش رواناب ورودی به شهرها

– هدایت بخشی از رواناب شهری به قنات‌ها و توسعه طرح‌های تغذیه مصنوعی منابع آب زیرزمینی

شهرنشینی نه تنها حجم رواناب را افزایش می‌دهد، بلکه زمان تمرکز را نیز کاهش می‌دهد. این بدان معناست که نهرهایی که رواناب شهری را دریافت می‌کنند باید جریان‌های اوج حجم بالایی را در خود جای دهند که این شرایط نسبت به نهرها در مناطق روستایی در زمان کوتاه‌تری اتفاق می‌افتد. این موضوع منجر به سیل و خسارات ناشی از سیل می‌شود. مهار غیرمتمرکز رواناب به طور گسترده به‌عنوان وسیله‌ای برای محافظت در برابر افزایش نرخ دبی اوج و

سیلاب‌های طولانی مدت پذیرفته شده است. این تأسیسات نگهداشت موقت آب شده و شرایط تخلیه تأخیری را فراهم می کنند. برخی از نمونه های آن به شرح زیر هستند:

پ. ۴-۲-۱- حوضچه های نگهداری (تأخیری) خشک^۱

این حوضچه ها از یک فرورفتگی خشک در زمین تشکیل شده اند که به طور موقت و به آرامی رواناب ناشی از سیل را با سرعتی از پیش تعیین شده آزاد می کنند. حوضچه های کم عمق را می توان با پوششی از چمن نگهداری کرد و ممکن است امکان کاربری های متعدد را فراهم کند. (شکل پ. ۴-۱)

برای این حوضچه ها معمولاً یک سرریز به گونه ای طراحی می شود که حجم آب انباشته شده در حوضچه را در مدت ۱۲ ساعت تخلیه نماید. این حوضچه ها سبب می شوند کیفیت آب تخلیه شده اندکی بهبود یافته و میزان رسوبات جریان نیز کاهش یابد. این حوضچه ها هم چنین میزان نفوذ آب به داخل زمین را افزایش می دهد. این راهکار به ویژه در شرایطی نفوذ آب به زمین مطلوب بوده و آب جمع شده در حوضچه ها آلودگی نداشته باشد، کارایی مناسبی دارند. [Error! ۵۷]

[Bookmark not defined.]



شکل پ. ۴-۱- نمونه حوضچه های نگهداری (تأخیری) خشک

پ. ۴-۲-۲- حوضچه های نگهداری (تأخیری) مرطوب

حوضچه دائمی آب ویژگی بارز یک حوضچه نگهداری مرطوب است. این حوضچه ها مزایای چند منظوره حیات وحش و تفریحی را فراهم می کنند و کیفیت آب در آن باید حفظ شود. از این حوضچه ها در مناطق شهری استفاده می گردد.

پ. ۴-۳- بهبود کیفیت رواناب ورودی از سطح حوضه به رودخانه

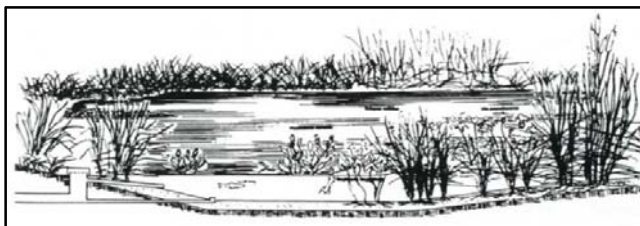
۱- Dry Pond Detention Basins

تخلیه رواناب ناشی از بارندگی به رودخانه‌ها به ویژه در مناطق شهری اغلب دارای بار آلودگی بالا هستند. این رواناب‌ها حاوی مقادیری نیتروژن و فسفر از انباشت اتمسفر نیز می‌باشند. این دو عنصر عوامل محدود کننده‌ای هستند که شکوفایی جلبک‌ها را در آب‌های سطحی کنترل می‌کنند. در این راستا می‌توان اقداماتی را برای بهبود کیفیت رواناب به آن‌ها مرتبط کرد. این اقدامات به شرح زیر است:

پ. ۴-۳-۱- حوضچه‌های مرطوب با زمان ماندگاری طولانی^۱

حوضچه‌های مرطوب با ظرفیت ذخیره و ماندگاری طولانی، روشی موثر برای بهبود کیفیت آب، کنترل جریان اوج و سایر کاربردهای از جمله تفریحات مبتنی بر آب است. با اجرای یک حوضچه مرطوب، در واقع رواناب در حجم مشخصی ذخیره و سپس از طریق یک سرریز آزاد می‌شود که میزان و زمان تخلیه را کنترل می‌کند [۵۶]. با این روش کیفیت رواناب اولیه با ذخیره سازی قدری بهبود یافته و سپس رها سازی می‌گردد. در شکل (پ. ۴-۲) نمونه‌ای از این حوضچه‌ها آورده شده است.

ساخت این حوضچه‌ها که به نوعی نقش حوضچه‌های تاخیری را دارند در مناطق مسکونی و تجاری با وسعت بیش‌تر از ۸۰ هکتار بسیار مقرون به صرفه بوده و همچنین به عنوان یک چشم‌انداز نیز عمل می‌کند. در طراحی این حوضچه‌ها می‌بایست رابطه منطقی میان مساحت قابل زهکشی و مساحت حوضچه وجود داشته باشد. همچنین نرخ نفوذ آب به خاک زیر حوضچه نیز پارامتر مهمی در طراحی بوده که می‌بایست در نظر گرفته شود.





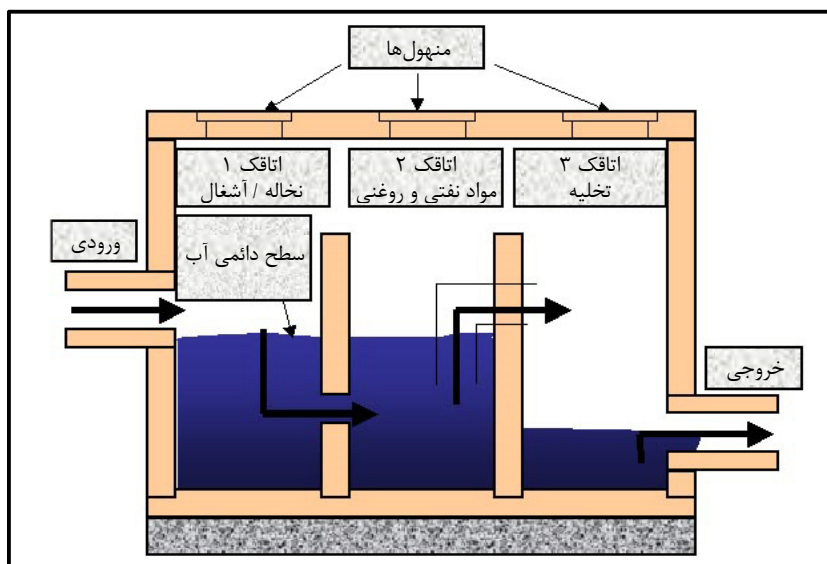
شکل پ.۴-۲- نمونه شماتیکی (بالا) و ساخته شده (پایین) از حوضچه‌های مرطوب با زمان ماندگاری طولانی

پ.۴-۳-۲- جدا کننده‌های روغنی (مواد نفتی)^۱

جداکننده‌های (تله اندازی) نفت/روغن سازه‌های چند محفظه‌ای هستند که برای حذف رسوبات و روغن‌های مسیر از رواناب پیش از ورود به شبکه فاضلاب در مناطق شهری طراحی شده‌اند. جداکننده‌ها اغلب به عنوان پیش تصفیه استفاده شده و معمولاً در کنار پمپ‌بنزین‌ها، واحدهای صنعتی، پارکینگ‌ها، خیابان‌ها یا سایر مناطقی که تردد وسایل نقلیه دارند استفاده می‌شوند. کارایی هر جداکننده برای رواناب یک منطقه به وسعت کم‌تر از ۴۰۰۰ مترمربع مناسب است. (شکل پ.۴-۳)

این جداکننده‌ها در واقع محفظه‌های بتنی پیش‌ساخته‌ای هستند که به صورت زیرسطحی جاسازی شده و دارای یک ورودی برای دریافت رواناب و هرزآب هستند. هدف اولیه آن‌ها حذف هیدروکربن‌های حل نشده و معلق از هرزآب‌ها و پساب‌ها پیش از تخلیه به مجاری فاضلاب یا حتی رودخانه می‌باشند. این سازه‌ها می‌بایست دست‌کم ۱/۲ متر عمق و ۱۰ مترمکعب حجم ذخیره دائمی به ازای هر ۴۰۰۰ مترمربع مساحت زهکشی داشته باشند.

جداکننده‌ها شامل سه اتاقک پشت سرهم هستند که در اتاقک اول رسوبات درشت‌دانه از طریق وزن ذرات و نیروی جاذبه ته‌نشین شده و همچنین زباله‌های شناور نیز در این اتاقک گرفته می‌شوند. در اتاقک دوم آب از لایه‌های پایین به وسیله یک زانویی معکوس (سیفون معکوس) به اتاقک سوم تخلیه می‌شود و به این ترتیب روغن‌ها و دیگر هیدروکربن‌های شناور روی سطح آب باقی مانده و گرفته می‌شوند. اتاقک سوم شامل یک خروجی با ارتفاع قابل تنظیم است تا همواره بتوان یک استخر دائمی برای ته‌نشینی بیش‌تر دیگر ذرات همراه جریان تشکیل داد. در صورت طراحی مناسب، این سیستم می‌تواند افزون بر جدا کردن لایه‌های روغن و مواد نفتی از رواناب جاری، در حدود ۲۰٪ از مواد جامد معلق در آب را نیز فیلتر کند. [۵۶ و ۵۷]



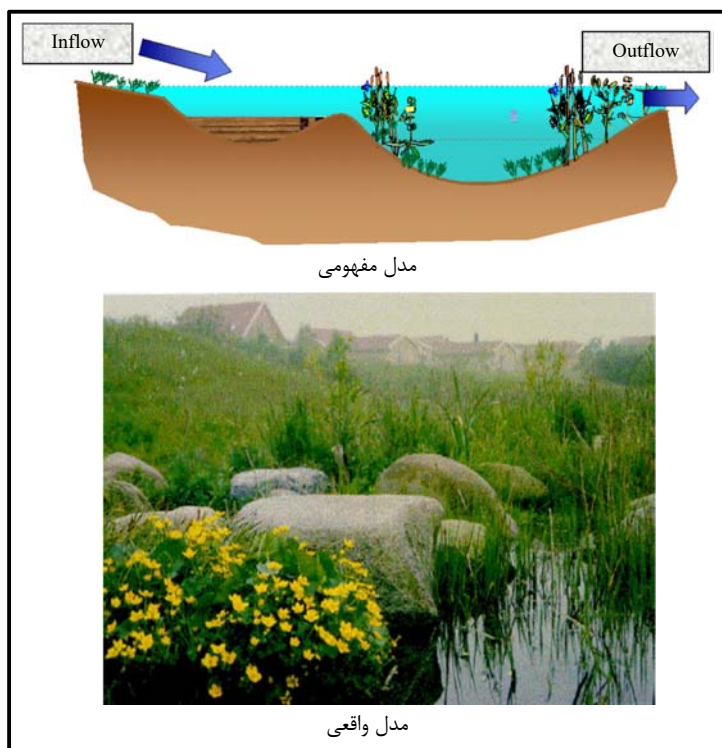
شکل پ.۴-۳- نمونه جدا کننده‌های روغنی (مواد نفتی)

پ.۴-۳-۳- تالاب‌های ساخته شده^۱

این تاسیسات رواناب را با استفاده از فرآیندهای افزایش کیفیت آب ناشی از ته نشینی، فیلتراسیون، جذب، نگهداری طولانی مدت و هم‌چنین بیولوژیکی تصفیه می‌کنند. کنترل تراز سطح آب مورد نیاز در این تالاب‌ها ضروری است. (شکل پ.۴-۴)

احداث چنین تالاب‌هایی در جاهایی مناسب است که بتوان آن را به طور دائمی حفظ نمود. بنابراین در نواحی که سطح آب زیرزمینی بالا بوده و یا جایی که در معرض رواناب‌های به اندازه کافی بزرگ قرار دارد، احداث این تالاب‌ها کارایی دارد. انواع مختلف تالاب‌های کم عمق و برکه‌ها در نواحی که در معرض رواناب بارندگی قرار دارند برای مساحت‌های حدود ۱۰ هکتاری کارایی بسیار بالایی دارند. چنین تالاب‌هایی برای نواحی شهری و پیرامون شهرها مناسب هستند.

مسیر جریان از بالادست تا محل تالاب می‌بایست تا حد امکان طولانی باشد تا با ایجاد تغییرات در عمق آب و رشد گیاهان گوناگون، کارایی حذف آلاینده‌ها افزایش یابد. مساحت حوضه این تالاب‌ها باید به اندازه‌ای در نظر گرفته شود که بار آلاینده‌های سالانه فسفات و نیتروژن به ترتیب بیش‌تر از ۵۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هر هکتار نشود. راندمان معمول چنین تالاب‌هایی در تله‌اندازی و حذف آلاینده‌ها برای رسوبات معلق در حدود ۹۰-۱۰۰٪، فسفات کل ۶۰-۸۰٪، نیتروژن کل ۴۰-۶۰٪، اکسیژن‌خواهی ۴۰-۶۰٪، و فلزات کمیاب ۴۰-۶۰٪ می‌باشد. [۵۷ و ۵۹]



شکل پ. ۴-۴- نمونه تالاب‌های ساخته شده

پ. ۴-۳-۴- حفاظت زیستی^۱

سیستم حفاظت زیستی، یک منطقه چند منظوره است که برای حفظ و نگهداشت رواناب و بهبود کیفیت آب طراحی می‌شود. در این مناطق از خاک با دانه‌بندی مناسب به عمق ۳ فوت که توسط لایه‌ای از سنگ خرد شده با یک لوله زهکشی انتخابی از زیر آن تخلیه می‌شوند، تشکیل شده است. سطح آن از پوشش گیاهی تشکیل شده و کیفیت آب از طریق نفوذ و تبخیر- تعرق بهبود می‌یابد. (شکل پ. ۴-۵)

بسترهای حفاظت زیستی باید در نواحی بالادست جریان و تا حد امکان نزدیک به منبع رواناب اجرا شود و نباید جایی مورد استفاده قرار گیرند که تراز سطح ایستابی کمتر از ۲ متر زیر سطح زمین و یا دامنه‌هایی که شیب آن‌ها بیش‌تر از ۲۰٪ باشد. بسترهای حفاظت زیستی می‌توانند برای مدیریت آب باران پشت‌بام‌ها و دیگر نواحی نفوذناپذیر و همچنین مدیریت آب‌های خاکستری مناطق مسکونی مورد استفاده قرار گیرند.



شکل پ.۴-۵- نمونه حفاظت زیستی ایجاد شده

پ.۴-۴- تله‌اندازی و تثبیت رسوبات حاوی آلاینده‌ها

فرآیند فرسایش در حوضه آبریز، بستر و سواحل رودخانه منابع تولید اصلی رسوب و به‌نوعی آلودگی آب محسوب می‌شوند. رسوبات موجودات آبی را پوشانده، به سطح بدن آن‌ها آسیب می‌رسانند (در اثر سایش) و آبشش ماهی‌ها و بی‌مهرگان آبی را مسدود می‌کنند. رسوبی که کف رودخانه را می‌پوشاند، میزان بقای بچه ماهی‌ها را کاهش داده، زمینه‌های تخم‌ریزی ماهی را مختل و از فتوسنتز پوشش گیاهی آبی و تولید اکسیژن آن جلوگیری می‌کند. علاوه بر این، آلاینده‌ها تمایل دارند به رسوبات چسبیده و با آن‌ها ته‌نشین شوند. و معلق شدن مجدد آن‌ها نیز در هنگام وقوع سیل یک مشکل جدی است. به طور کلی در جاهایی که پوشش خاک تضعیف و یا برداشته شود، می‌بایست اقدامات لازم برای کنترل فرسایش انجام گردد. در ادامه به برخی از این اقدامات اشاره می‌گردد:

پ.۴-۴-۱- مدیریت طرح‌های عمرانی و توسعه

به حداقل رساندن فرسایش در طول فعالیت‌های عمرانی منجر به کاهش یکی از منابع اصلی رسوبات می‌شود. این کار نه تنها منجر به رشد سریع‌تر پوشش گیاهی شده، بلکه باعث ارتقاء چشم‌انداز ظاهری نیز می‌شود.

پ. ۴-۲- انحراف موقت رواناب^۱

سازه‌های موقت انحراف جریان (مانند شوت‌ها، زه‌کش‌ها، دایک‌ها، برم‌ها (خاکریزها)، سنگ‌فرش‌ها و روسازی درجه‌بندی‌شده) برای جمع‌آوری و منحرف کردن جریان برای جلوگیری از آلودگی رواناب و آب دریافتی استفاده می‌شوند. جریان‌هایی که به طور بالقوه آلوده هستند را می‌توان پیش از وارد شدن به آب‌های جاری مانند رودخانه‌ها، به یک مرکز تصفیه طبیعی هدایت کرد. (شکل پ. ۴-۶)

انحراف موقت رواناب برای حفاظت موقت از نواحی مستعد فرسایشی استفاده می‌شود که در معرض جریان‌های گل‌آلود و فرساینده ناشی از بارندگی قرار دارند. چنین طرحی هم‌چنین برای دور کردن یک جریان تمیز و پاک از مناطقی است که سبب وارد کردن رسوبات و دیگر آلودگی‌ها به داخل جریان می‌شوند. [۵۷]



شکل پ. ۴-۶- نمونه سیستم انحراف موقت رواناب

پ. ۴-۳- نرده سیل‌تی و تجهیزات تله اندازی^۲

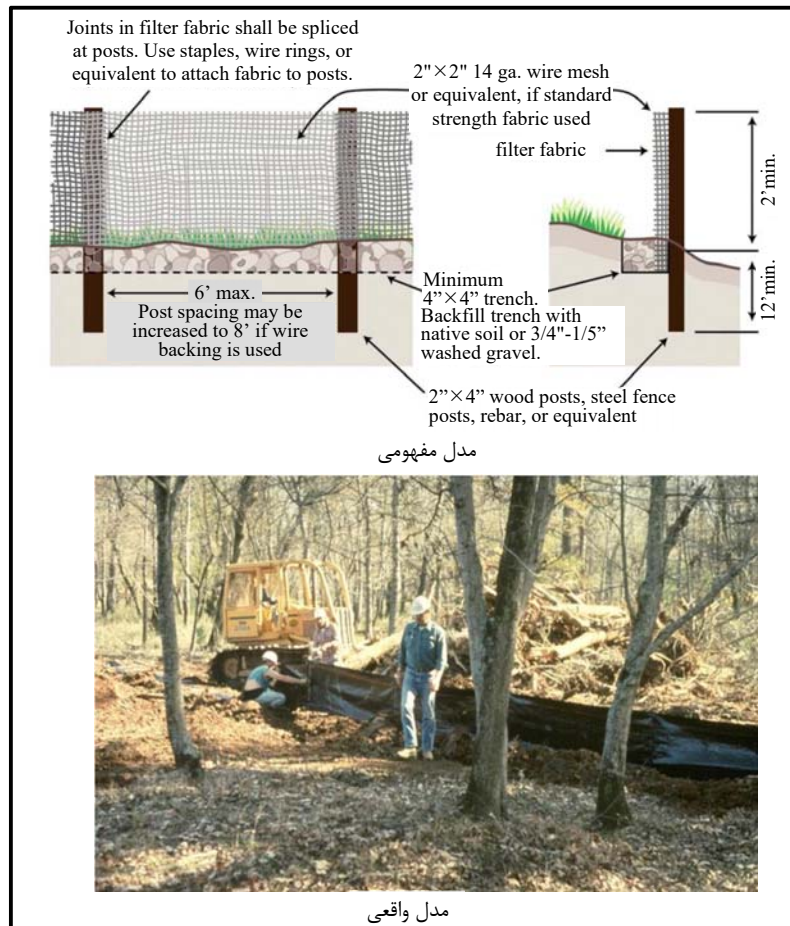
نرده‌های سیل‌تی سازه‌های موقتی هستند که برای جلوگیری یا به حداقل رساندن انتقال رسوب در رواناب‌های ناشی از سیل که از محل ساخت‌وساز (فعالیت‌های عمرانی) خارج می‌شوند، استفاده می‌گردد. این سازه‌ها از یک مانع فیلتر خطی از جنس الیاف مصنوعی (ژئو فابریک)، پایه‌ها و حصار سیمی برای استحکام تشکیل شده‌اند. (شکل پ. ۴-۷)

نرده‌های سیل‌تی در پیرامون سایت پروژه‌های عمرانی و جایی که فعالیت‌ها سبب رسوبزایی و ایجاد جریان‌های گل‌آلود می‌شوند، می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. هم‌چنین از این راهکار برای جلوگیری از انسداد مجاری زهکشی در محل ساخت و سازه‌ها استفاده می‌شود. در بسیاری نواحی از این نرده‌های سیل‌تی برای کنترل فرسایش و رسوبگذاری به ویژه در

۱- Temporary Runoff Diversions

۲- Silt Fence and Trap Devices

کنترل هرزآب‌های کوچک نیز استفاده می‌شود. با این وجود این نرده‌ها در نواحی که در معرض حجم زیاد هرزآب یا سیلاب قرار دارند مناسب نیستند و در چنین شرایطی استفاده از حوضچه‌های رسوب‌گیری راهکار بهتری هستند.



شکل پ. ۴-۷- نمونه طراحی و واقعی حصار سیلت و تله‌اندازی

پ. ۴-۴-۴- حوضچه‌های رسوبی^۱

یک حوضچه رسوبی (یا رسوب‌گیر) توسط یک مانع در طول مشخصی از یک آبراهه ساخته شده و به‌عنوان مخزن ترسیب عمل می‌کند. اندازه حوضه براساس نرخ ته‌نشینی متناسب با اندازه رسوبات مورد انتظار، طراحی و محاسبه می‌شود. هنگامی که یک سایت تثبیت شد، حوضچه ممکن است مورد استفاده دیگری نیز قرار گیرد.

حوضچه‌های رسوبی در گرفتن رسوبات معلق ناشی از هرزآب‌های فعالیت‌های عمرانی پیش از خارج شدن از سایت و به هنگام تجمع این رسوبات در گالری‌ها و مسیرهای زهکشی، موثر بوده و کارایی بالایی دارند. این راهکار معمولاً در ترکیب با نرده‌های سیل‌تی مورد استفاده قرار گرفته و بالاترین کارایی در کنترل رسوبات معلق در جریان‌های ورقه‌ای را دارند.

پ. ۴-۴-۵- گیاهان پوششی، مالچ‌های موقت

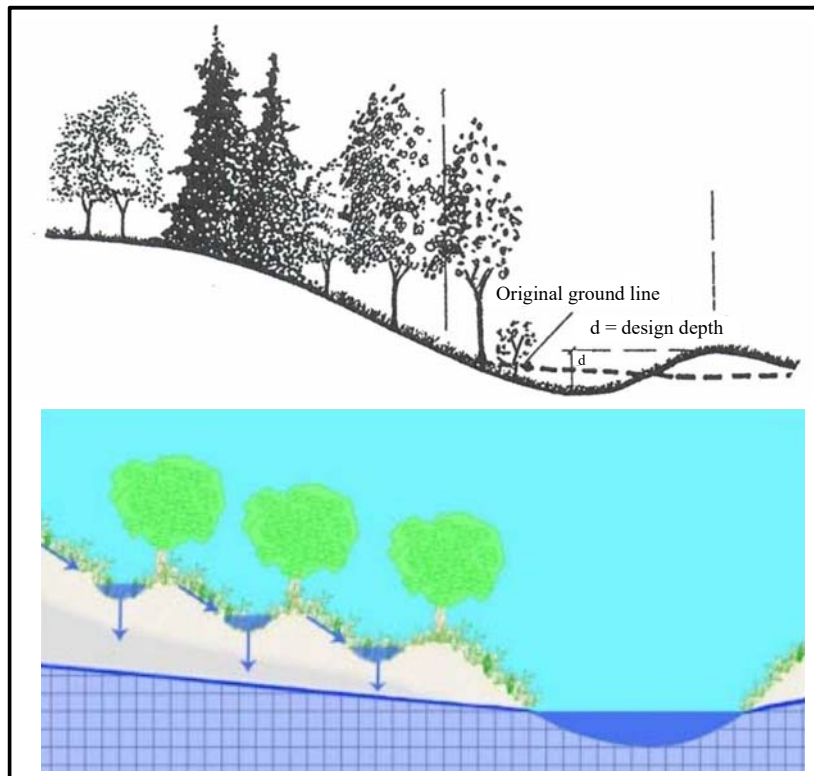
این اقدام برای محافظت از نواحی فرسایش یافته با رشد سریع گیاهان پوششی سالانه و یا مالچ استفاده می‌شود. گیاهان پوششی ممکن است برای بهبود شرایط خاک برای کشت دائمی با بقایای حاصل از گیاهان پوششی موقت در خاک استفاده شوند. مالچ‌های موقت مانند کاه خردشده را می‌توان از طریق یک دمنده برقی در سطح منطقه پخش نمود.

پ. ۴-۵- بازطبیعی‌سازی ارتباط بین آب‌های سطحی و زیرزمینی

مکانیسم طبیعی منابع آب سطحی از طریق بستر رودخانه با آب زیرزمینی در تبادلی می‌باشد. در مناطق شهری پوشش غیرقابل نفوذ باعث کاهش تغذیه آب‌های زیرزمینی می‌شود. این امر به‌ویژه بر جریان‌های شاخه‌ای کوچک تأثیر می‌گذارد و در طول دوره‌های جریان کم‌آبی در تابستان قابل مشاهده است. برخی از نهرها گاهی خشک می‌شوند و برخی دیگر دارای جریان دائمی کاهش یافته‌ای هستند که برای رقیق کردن موج‌های آلودگی ناشی از نشت یا رقیق کردن تخلیه از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب موردنیاز است. تغذیه آب زیرزمینی را می‌توان به روش ذخیره‌سازی، نفوذ سطحی رواناب و یا از طریق سامانه‌های تغذیه مصنوعی توسعه داد در ادامه به روش‌هایی از این قبیل اشاره می‌گردد:

پ. ۴-۵-۱- احداث برم‌ها به منظور افزایش نفوذ

برم‌ها فرورفتگی‌های کم‌عمقی هستند که با پیروی از خطوط شیب طبیعی ایجاد می‌گردند. فرورفتگی و بالای خط الراس برای رهگیری جریان‌های سطحی و مهار و نفوذ رواناب ساخته می‌شوند. هنگامی که ظرفیت ذخیره‌سازی یک کانال به دست آمد، برم‌ها سرریز شده و به‌عنوان یک دستگاه پخش‌کننده سطح عمل می‌کنند که جریان متمرکز را به جریان ورقه‌ای تبدیل می‌کنند. (شکل پ. ۴-۸)



شکل پ.۴-۸- نمونه احداث برم‌ها به منظور افزایش نفوذ

پ.۴-۵-۲- احداث کانال و سدهای کنترلی (Check Dam)

این روش با احداث کانال‌های باز و کم‌عمق، رواناب را کند می‌کنند، آن را فیلتر کرده و باعث نفوذ به داخل زمین می‌شوند.

در نتیجه، حجم رواناب کوچک‌تر، میزان دبی اوج کم‌تر، نفوذ بیش‌تر و باعث کاهش آلودگی می‌گردند. (شکل پ.۴-۹)



شکل پ.۴-۹- نمونه احداث کانال و سدهای کنترلی (Check Dam)

پ.۴-۵-۳- حوضچه‌های نفوذی^۱

حوضچه‌های نفوذی در واقع آبرگیری هستند که با حفاری یا ساختن یک خاک‌ریز برای جلوگیری از رواناب و حفظ یا افزایش تغذیه طبیعی آب زیرزمینی از طریق نفوذ از بستر و کناره‌های آن ایجاد می‌شود. ابعاد این حوضچه‌ها می‌بایست به اندازه‌ای باشد که رواناب حاصل از سیلاب طراحی (سیل با دوره بازگشت دو سال) را در خود نگه دارد و باعث افزایش نفوذ گردد.

یک حوضچه نفوذی سبب نفوذ رواناب ناشی از رگبار طراحی می‌شود. این حوضچه‌ها پیک دبی رگبارها را کاهش داده، موجب حذف آلاینده‌های معلق و محلول در آب شده و باعث تغذیه آب‌های زیرزمینی و آبخوان‌ها می‌شوند. راندمان تله‌اندازی و حذف این حوضچه‌ها برای رسوبات معلق در حدود ۸۰-۱۰۰٪، فسفات کل ۴۰-۶۰٪، نیترژن کل ۴۰-۶۰٪، اکسیژن‌خواهی ۶۰-۸۰٪، فلزات کمیاب ۸۰-۱۰۰٪ و باکتری‌ها ۶۰-۸۰٪ می‌باشد. [۵۷]

حوضچه‌های نفوذی در حوضه‌های با مساحت در حدود ۲ تا ۸ هکتار بسیار کارایی دارند. نرخ نفوذپذیری بافت خاک زیرین چنین حوضچه‌هایی می‌بایست دست‌کم ۱۳ میلی‌متر در ساعت باشد. همچنین سطح آب ایستایی و همچنین سنگ بستر لایه‌های زیرین این حوضچه‌ها می‌بایست دست‌کم ۰/۶ تا ۱/۲ متر پایین‌تر از بستر حوضچه باشد.

پ.۴-۵-۴- بستر تراوشی^۲

منطقه‌ای از خاک حفاری‌شده پر از سنگ خردشده که آب‌های سطحی به داخل آن هدایت می‌شوند تا به داخل زمین نفوذ کنند. در واقع هدف از احداث این بسترها، نفوذ دادن آب بارندگی جمع شده از دیگر نقاط یک ناحیه یا سایت به داخل آن می‌باشد. معمولاً سطح این بسترها با مصالح متخلخل و یا چمن‌کاری پوشانده می‌شود. [۵۸]

پ.۴-۵-۵- ترانشه‌های پر از شن^۳

ترانشه‌های پر از شن (با یک لوله توزیع اختیاری در بستر آن‌ها) سامانه‌های نفوذ آب زیرزمینی و حذف آلاینده‌ها هستند که در نزدیکی نواحی تولیدکننده رواناب نصب شده‌اند. آب در حجم خالی شن ذخیره می‌شود و به تدریج در زیر خاک فیلتر می‌شود. ترانشه‌ها ذرات محلول و هم ذرات معلق را از طریق تعامل با خاک حذف می‌کنند. (شکل پ.۴-۱۰)

این ترانشه‌ها در نواحی شهری و حومه و هر جایی که هرزآب و روانابی داشته باشد می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد و البته تابع شرایط و معیارهای خاص خود نیز می‌باشد. خاک زیر ترانشه‌ها می‌بایست دارای قابلیت مناسب برای زهکشی آب بوده، نرخ تبادل کاتیونی مطلوبی داشته و نرخ نفوذپذیری آن دست‌کم حدود ۱۳ میلی‌متر در ساعت باشد. تراز سطح ایستایی آب و همچنین تراز سنگ بستر نیز در فصول مختلف می‌بایست دست‌کم در حدود ۰/۶ تا ۱/۲ متر پایین‌تر از

۱- Infiltration Basins

۲- Seepage Beds

۳- Gravel Filled Trenches

به ستر ترانزده با شد. نرخ نفوذ آب به داخل خاک و تراز سطح ایستابی و همچنین تراز سنگ به ستر تعیین کننده عمق ترانزده‌ها هستند ولی معمولاً عمق آن‌ها در محدوده ۱ تا ۲/۵ متر برای زهکشی حجم آب در مدت ۳ روز طراحی می‌شوند. [۵۷]



شکل پ.۴-۹- نمونه ترانزده‌های پر از شن

پ.۴-۵-۶- چاه‌ها و شفت‌های گرانشی^۱

چاه‌ها و شفت‌های گرانشی را می‌توان در مواردی استفاده کرد که خاک‌ها یا طبقات با زهکشی ضعیف روی لایه‌های متخلخل قرار گرفته باشند. با عبور از لایه‌های نفوذناپذیر، میزان شارژ مجدد افزایش می‌یابد. این چاه‌ها برای مناطقی با سنگ‌بستر کم‌عمق مناسب نیستند.

پ.۴-۶- کاهش آلودگی ناشی از فاضلاب

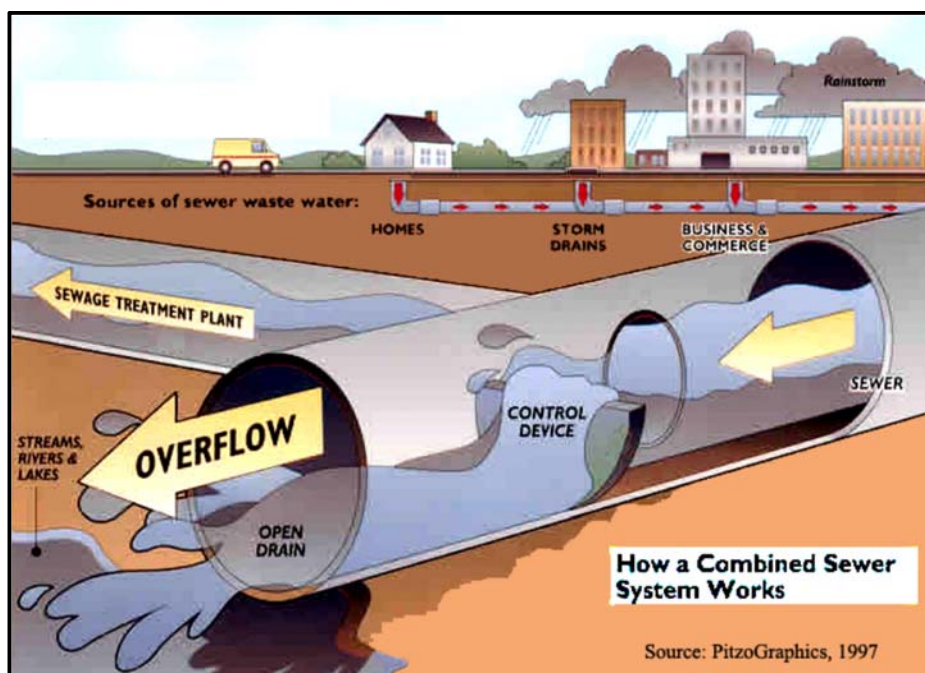
فاضلاب‌های ترکیبی که هم فاضلاب بهداشتی و هم رواناب آب سیل را در طول رویدادهای بارندگی حمل می‌کنند در اکثر حوضه‌های شهری و مناطق جمعیتی در حوضه‌های آبریز وجود دارند. اکثر تصفیه‌خانه‌های فاضلاب به گونه‌ای طراحی شده‌اند که تنها جریان‌های فاضلاب را در شرایط آب‌وهوای غیر بارندگی تصفیه کنند. در طول رخداد بارندگی، ترکیب فاضلاب تصفیه نشده و جریان‌های محلی و یا ترکیب رواناب با فاضلاب شهری، بار روی تصفیه‌خانه‌ها را کاهش می‌دهد. اکثر این فاضلاب‌های ترکیبی در مراکز شهری پرجمعیت واقع شده‌اند و از نظر فنی به عنوان یک مشکل شهری در نظر گرفته می‌شوند. مفهوم این فاضلاب ترکیبی این است که انتظار می‌رفت رواناب جریان فاضلاب بهداشتی را رقیق کند، اما پس از آن مشخص شد که بار آلودگی قابل توجهی دارد. اقدامات مؤثر در این خصوص در دو شکل کنترل آلودگی از منبع و ساخت مخزن به شکل زیر پیشنهاد می‌گردد:

پ.۴-۶-۱- کنترل منبع سرریز فاضلاب ترکیبی

کنترل منبع مقدار آلاینده‌های وارد شده به سیستم را کاهش می‌دهد. این شامل کنترل اتصالات غیرقانونی فاضلاب با سیستم زهکشی شهری، جاروب کردن خیابان‌ها (در حوضه‌های شهری)، تمیز کردن حوضه آبگیر و مدیریت رواناب است. اقداماتی که حجم رواناب ورودی به سیستم را کاهش داده یا به تأخیر می‌اندازد. اقداماتی برای صرفه‌جویی در مصرف آب مصرفی در خانوارها نیز بار روی تصفیه‌خانه‌ها را کاهش می‌دهد.

پ.۴-۶-۲- مخازن فاضلاب ترکیبی

این نوع ذخیره‌سازی شامل مهار فاضلاب ترکیبی است که معمولاً سرریز می‌شود و به رودخانه‌های دریافت‌کننده تخلیه می‌شود. تأسیسات ذخیره‌سازی معمولاً مخازن یا تونل‌های بزرگ زیرزمینی هستند. هنگامی که ظرفیت جریان یکبار دیگر در سیستم در دسترس است، فاضلاب ترکیبی ذخیره‌شده به مرکز تصفیه منتقل می‌شود. فعال‌سازی کنترل شده لوله‌های با ابعاد بزرگ برای اهداف مهار و انتقال ترکیبی یک رویکرد مدیریت رواناب است. با این استراتژی، بار کل سرریزهای زهکشی و خروجی تصفیه‌خانه را می‌توان به حداقل رساند. (شکل پ.۴-۱۱)



شکل پ.۴-۱۱- نمونه طراحی مخازن فاضلاب ترکیبی

پ.۴-۶-۳- زه‌آب کشاورزی و اهمیت آن‌ها

زه‌آب‌ها شامل آب‌هایی هستند که از سطح زمین یا اعماق آن به بیرون نشت کرده و به شکل رواناب به منابع آبی مختلف وارد می‌شوند. این رواناب‌ها اغلب مواد آلی و شیمیایی محلول را با خود حمل کرده و می‌توانند باعث آلودگی

منابع آبی مانند رودخانه‌ها و تالاب‌ها شوند. نوع سامانه زهکشی و شرایط خاک در مناطق کشاورزی از عوامل مهمی است که بر میزان و کیفیت زه‌آب‌ها تأثیرگذار است. استفاده از تالاب‌های تله‌اندازی از روش‌های موثر کاهش آلاینده‌های ناشی از زه‌آب کشاورزی به شمار می‌رود.

پ.۴-۷- تالاب‌های تله‌اندازی و کارکرد آن‌ها

تالاب‌های تله‌اندازی از سیستم‌های طبیعی هستند که به جذب و تصفیه مواد آلی و آلودگی‌های حمل شده توسط زه‌آب‌ها کمک می‌کنند. این تالاب‌ها که ممکن است به صورت طبیعی یا به شکل تالاب‌های مصنوعی ساخته شوند، این تالاب‌ها قابلیت تله‌اندازی ر سوبات، مواد مغذی، و فلزات سنگین را داشته و از این طریق باعث کاهش آلودگی منابع آبی می‌شوند.

- گونه‌های مختلف تالاب‌های تله‌اندازی

تالاب‌های تله‌اندازی بر اساس موقعیت جغرافیایی و ساختار فیزیکی به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند. برخی تالاب‌ها در مناطق پست و باتلاقی شکل می‌گیرند که اغلب در فصول بارندگی فعال هستند و به عنوان یک تصفیه‌خانه طبیعی عمل می‌کنند. نوع دیگر این تالاب‌ها در نزدیکی اراضی کشاورزی ایجاد شده‌اند تا مستقیماً رواناب‌های کشاورزی را جذب و فیلتر کنند.

- نقش تالاب‌های تله‌اندازی در مدیریت آلودگی آب

تالاب‌های تله‌اندازی به عنوان یکی از بهترین روش‌ها برای کنترل آلودگی آب شناخته شده‌اند. این تالاب‌ها با جذب مواد مغذی و رسوبات موجود در زه‌آب‌ها، مانع از ورود این آلودگی‌ها به منابع آبی اصلی مانند رودخانه‌ها می‌شوند. این تالاب‌ها به خصوص در مناطق کشاورزی که استفاده از کودها و سموم شیمیایی رایج است، اهمیت زیادی دارند و نقش مؤثری در کاهش آثار منفی فعالیت‌های کشاورزی ایفا می‌کنند.

برای اطلاع بیشتر از عملکرد این تالاب‌ها می‌توان به راهنمای بررسی اثر فعالیت‌های کشاورزی بر کمیت و کیفیت آب‌های سطحی نشریه شماره ۵۶۰ مراجعه کرد.

با توجه به رویکردها و روش‌های ارائه شده در این مبحث خلاصه اقدامات عملی در حوضه آبریز در جدول (پ.۴-۱) فهرست شده است. بدیهی است چنین رویکردهایی گامی است در راستای بهسازی کیفی و می‌تواند با دیگر روش‌های سازگار با محیط زیست که مبنای علمی داشته باشد نیز تلفیق گردد. بر اساس نظر طراحان، تصمیم‌سازان و تصمیم‌گیرندگان راه برای پژوهش و استفاده کاربردی از نتایج طرح‌های مستند در این عرصه باز هست.

جدول پ.۴-۱- خلاصه اقدامات مبتنی بر حوضه آبریز در راستای بهسازی کیفی

عنوان اقدام	رویکردها و روشها
مدیریت تنظیم حجم رواناب در ارتباط با انتقال آلایندهها	- توسعه سنگفرشهای متخلخل، بهره‌مندی از آسفالت‌های نفوذپذیر و توسعه پوشش گیاهی در حوضه‌های آبریز شهری - جلوگیری از چرای بی‌رویه دام در مراتع و تعیین ظرفیت مراتع و تشویق به دامداری نیمه‌صنعتی - ایستادگی در خصوص تغییر کاربری اراضی طبیعی - توسعه متوازن باغات در کمربند شهری به‌منظور کاهش رواناب ورودی به شهرها - هدایت بخشی از رواناب شهری به قنوت و توسعه طرح‌های تغذیه مصنوعی منابع آب زیرزمینی - حوضچه‌های نگهداری (تأخیری) خشک - حوضچه‌های نگهداری (تأخیری) مرطوب
بهبود کیفیت رواناب ورودی از سطح حوضه به رودخانه	- حوضچه‌های مرطوب با زمان ماندگاری طولانی - جداکننده‌های روغنی (مواد نفتی) - نوارهای فیلتر گیاهی - چمنزارها - تالاب‌های ساخته شده - حفاظت زیستی
تله‌اندازی و تثبیت رسوبات حاوی آلایندهها	- مدیریت طرح‌های عمرانی و توسعه - انحراف موقت رواناب - حصار سیلت و تله اندازی - حوضچه‌های رسوبی - گیاهان پوششی، مالچ‌های موقت
بازطبیعی‌سازی ارتباط بین آب‌های سطحی و زیرزمینی	- احداث برمها به‌منظور افزایش نفوذ - احداث کانال و سدهای کنترلی (Check Dam) - حوضچه‌های نفوذی - بستر تراوش پذیر - ترانشه‌های پر از شن - چاه‌ها
کاهش آلودگی ناشی از فاضلاب و زه‌آب‌های کشاورزی	- کنترل منبع سرریز فاضلاب ترکیبی - مخازن فاضلاب ترکیبی - تالاب‌های تله اندازی

پ.۴-۸- اقدامات سازه‌ای و غیر سازه‌ای در رودخانه و نواحی ساحلی

برای دستیابی به پتانسیل اکولوژیکی خوب در رودخانه‌ها به رویکرد جدیدی نیاز است. برای مدیریت و طراحی شکل و عملکرد کانال باید رویکرد سازگار با شرایط طبیعی اتخاذ شود. در گذشته، بسیاری از رودخانه‌ها با بتن و فولاد تثبیت و سخت‌سازی می‌شدند تا بتوانند کانالیزه شده و از کاربری‌های شهری، زمین‌های کشاورزی، مناطق روستایی و تأسیسات در برابر سیل و فرسایش محافظت کنند. خطوط ساحلی رودخانه معمولاً برای یک هدف واحد طراحی می‌شدند. امروزه حمایت فزاینده‌ای از اکولوژی و کاربردهای متعدد و همچنین علاقه به استفاده از مهندسی نرم خطوط ساحلی در

مکان‌های مناسب وجود دارد. چنین رویکردی شامل نگرانی‌های ناشی از هدایت سیل، زیستگاه آبی، زیستگاه ساحلی، کیفیت آب، تفریح و زیبایی‌شناسی است.

طرح‌های حفاظتی کرانه جریان که شامل پوشش گیاهی است، این اهداف چندگانه را برآورده می‌کند. امروزه حفاظت از طبیعت مستلزم اجتناب از بهبود صرفاً مهندسی رودخانه‌ها (به شکل تغییر در ابعاد و مشخصات هندسی) است و در صدد است آن اقداماتی را که در گذشته رخ داده‌اند با اقدامات بیولوژیکی جایگزین کند. قوانین مرتبط با این موضوع در کشورهای توسعه‌یافته نیز خواستار طبیعی سازی مجدد رودخانه‌های کانالیزه شده در یک چارچوب زمانی مناسب است. طراحی کانال طبیعی را می‌توان با اقدامات مهندسی زیستی - خاک که از ترکیبی از پوشش گیاهی و ابزارهای مکانیکی برای دستیابی به عملکردهای مهندسی خاص استفاده می‌کند، انجام شود. در رودخانه‌ها مهندسی زیستی - خاک برای بازسازی، تثبیت، معرفی ویژگی‌های رویشی و بهبودهای هیدرومورفولوژیکی بسیار مناسب است. در این بخش این دسته از اقدامات معرفی خواهند شد.

پ. ۴-۹- بهسازی و تثبیت کانال رودخانه با نگرش بهبود کیفی و زیستی

گوداب‌ها و خیزاب‌ها از ویژگی‌های جریان‌های پرپیچ‌وخم طبیعی هستند و به طور میانگین در فواصل ۵ تا ۷ برابر پهنای رودخانه‌ها تشکیل می‌شوند. سازه‌های عرضی که از بستر رودخانه عبور می‌کنند می‌توانند عملکرد خیزاب‌ها را که متأسفانه از طریق نگهداری نادرست در اکثر رودخانه‌های ساماندهی شده به‌ویژه رودخانه‌های شهری حذف شده‌اند، دوباره برقرار کنند. صخره‌ها و تخته‌سنگ‌های قرارگرفته در بستر رودخانه، ویژگی جریانی را دوباره ایجاد کرده و زیستگاهی برای بی‌مهرگان (یک جزء حیاتی از زنجیره غذایی) فراهم می‌کند. این صخره‌ها آشفتگی را افزایش داده و جریان‌ها را هوادهی و سطح اکسیژن محلول را که برای بقای ماهی حیاتی است، افزایش می‌دهند. افزون بر این، گوداب‌ها و خیزاب‌ها با کاهش شیب، بستر رودخانه را در برابر فرسایش تثبیت می‌کنند. اقدامات پیشنهادی به شرح زیر است:

پ. ۴-۹-۱- آستانه یا سرریز با استخر غوطه‌ور

کنده‌های چوبی و یا سنگ‌ها باعث ایجاد سرریزی با ارتفاع کم‌تر از ۳۰ سانتی‌متر می‌شوند. مانند سایر سازه‌های عرضی، شن را برای زیستگاه تخم‌ریزی جمع‌آوری و حفظ کرده، استخرهای استراحت/پرش (در هنگام مهاجرت ماهیان به بالادست برای تخم‌ریزی) موجود را عمیق‌تر می‌کند، استخرهای جدیدی را در بالادست و یا پایین‌دست سازه ایجاد و باعث رسوب زباله‌های آلی می‌شود. آستانه‌ها هم‌چنین مانع از آب شستگی بستر کانال شده و آن را تثبیت می‌کنند

پ. ۴-۹-۲- رمپ‌های زمینی بستر ناهموار/ رمپ‌های زمینی سنگی

این رمپ‌ها برای تثبیت بستر جریانی که در آن اختلاف سطح باید در فواصل کوتاه برطرف شود، استفاده می‌شود. بدنه رمپ از صخره‌هایی (سنگی) ساخته شده که برای ایجاد آبشارهای باریک قرار گرفته‌اند. ستون‌ها در بالا و پایین سازه رمپ را تثبیت کرده و به اندازه کافی انعطاف‌پذیر است تا امکان جابجایی جزئی در هنگام وقوع سیل را فراهم کند.

پ. ۴-۹-۳- لایه‌ای از بستر طبیعی (سنگفرش یا سنگریزه)

در بستر رودخانه‌های سنگفرش شده سخت، می‌توان لایه‌ای از بستر طبیعی را بر روی پوشش موجود قرارداد یا به طور کامل جایگزین با مواد مصنوعی شود. ماسه، شن و سنگریزه در محیط خیس شده نه‌رهایی که کمبود بار بستر دارند، قرار می‌گیرند. هدف حفاظت از بستر کانال در برابر تخریب بیش‌تر، افزایش زیستگاه برای گونه‌های آبی و ایجاد مناطق تخم‌ریزی برای برخی از گونه‌های ماهی است. رسوبات، مطابق با اندازه و شکل طبیعی ترکیب مواد بستر ترجیح داده می‌شود.

پ. ۴-۱۰-۱- حفاظت نقطه‌ای و تثبیت سواحل رودخانه با تکیه بر روش‌های سازگار با محیط زیست

حفاظت از کناره‌های رودخانه علی‌رغم مسائلی (خصوصاً در زمینه دسترسی‌ها) که دارد، شرایط رودخانه را بهبود می‌بخشد. حفاظت نقطه‌ای یک روش کارآمد است که می‌تواند منجر به رسوب‌گذاری و تحکیم سواحل شده و هیدرومورفولوژی جریان را بهبود بخشد. تأثیر آن‌ها اغلب به بخش‌های ساماندهی نشده در پایین دست گسترش می‌یابد. ایجاد پوشش گیاهی عملکرد بهبود زیستگاهی دارند و می‌تواند با ویژگی‌های معماری در مناطق شهری ترکیب شود. طرح‌های ساماندهی رودخانه در امتداد ساحل منجر به برپایی شمع‌ها، اسکله‌ها و دیوارهای موازی رودخانه شده که به نوبه خود امکان دسترسی آسان و همچنین هدایت جریان سیلابی را فراهم می‌کند. بهبود خطوط ساحلی با افزودن پوشش گیاهی و احیاء ارزش‌های حیات وحش را می‌توان در این گونه طرح‌ها پیشنهاد نمود، اگرچه عملکردهای پیشین باید حفظ شوند. اعمال این روش‌ها به شکل ساختارهای هدایت‌کننده موازی جریان طراحی می‌گردند. چنین سازه‌های مهندسی زیستی- خاک می‌توانند استحکام باربری مشابه مهندسی سخت و شمع بندی معمولی داشته باشند. در ادامه به معرفی برخی از این روش‌ها پرداخته می‌شود:

پ. ۴-۱۰-۱- ترکیب شمع‌های چوبی و سنگ

پوشش‌ها شامل یک ردیف یا دو ردیف شمع‌هایی است که با بست، تخته‌های شکافدار، سیم بافته شده سنگین یا حصار ژئوگرید به هم متصل شده‌اند. فضای بین روکش‌های دو ردیف با سنگ پر شده است. به موازات خط ساحلی ساخته شده و منطقه‌ای از آب آرام ایجاد می‌کند که در پشت آن در برابر امواج محافظت می‌شود. آن‌ها معمولاً در مواردی استفاده می‌شوند که عمق آب در کنار ساحل بیش از ۱ متر باشد.

پ. ۴-۱۰-۲- احداث ریپ‌رپ‌ها به همراه پوشش گیاهی

ریپ رپ پوششی از کناره‌های رودخانه با سنگ است که انرژی جریان آب را از بین برده و مشکلات آبشستگی را به حداقل می‌رساند. در مابین این سنگ‌ها با کاشت گیاهان بومی بدنه آن‌ها را مستحکم کرده و جسم یکپارچه‌ای را به وجود می‌آورد.

پ.۴-۱۰-۳- حفاظت به وسیله پوشش گیاهی

در این روش پس از شیب زنی ساحل رودخانه انواع پوشش گیاهی به شرح زیر به کار برده می‌شود: انواع چمن و مرتع، چمن و مرتع با مواد شیمیایی برای مسلح کردن، بوته‌ها و درختان، کارهای چوبی، کارهای بوته‌ای، حفاظت موقت ...

پ.۴-۱۰-۴- حفاظت با پوشش‌های مصنوعی

این روش خود دارای گزینه‌های مختلفی به شرح زیر هست:

- حفاظت عمودی سواحل شامل سپر فولادی، سازه‌های گابیونی (توریسنگی)، دیواره‌های وزنی، بتنی، آجری و بنایی، واحدهای درجا، سازه‌های خاکی مسطح، سازه‌های متنوع کم‌هزینه
- شیب‌زنی ساحل و استفاده از سنگ جهت حفاظت شیب شامل پوشش سنگی (ریپ رپ)، پوشش سنگی دستی (خشکه چینی)، بنایی با سنگ، تشک‌های گابیونی
- کاربرد بتن به صورت بلوک، دال درجا، لحاف بتنی و کیسه‌های محتوی ماسه و سیمان
- پوشش‌های ژئوتکستایل شامل مواد چمن و مرتعی، حصیر، الیاف شیمیایی ژئوتکستایل
- سایر مصالح مانند بدنه اتومبیل، لاستیک ماشین، پوشش‌های آسفالتی

انتخاب روش مناسب حفاظت مبتنی بر تجربه و قضاوت مهندس طراحی خواهد بود. شرایط هیدرولیکی و فرسایش سواحل از نقطه‌ای به نقطه دیگر متغیر بوده و این امر به دلیل اختلاف در مشخصات متفاوت رودخانه‌ها شامل شرایط جریان، مواد بستر، کرانه و هندسه آبراهه می‌باشد. حتی در شرایط یکسان هیدرولیکی و فرسایشی، روش منفردی که به طور یکسان به صورت بهینه طرح گردد وجود ندارد. به عنوان مثال، محدودیت‌های اقتصادی، اجتماعی و حقوقی نظیر مصالح موجود در منطقه و ماشین‌آلات می‌تواند در انتخاب روش حفاظت تأثیرگذار داشته باشد.

پ.۴-۱۰-۵- حفاظت‌های قائم دیواره

- دیوار سیل بند وزنی
- سپرکوبی
- واحدهای بتنی پیش‌ساخته
- خاک مسلح

پ.۴-۱۱- بازسازی زیستگاه گیاهی و جانوری پیرامون رودخانه

زیستگاه آبی پوش، غذا، مکان‌های لانه سازی و تخم‌ریزی، سرپناه و محیط فرار برای ماهی‌ها، دوزیستان و سایر حیات وحش فراهم می‌کند. حفاظت و بهبود زیستگاه به شرایط درون رودخانه و زیستگاه ساحلی اشاره دارد و هر دو به هم متصل هستند. پوشش گیاهی در لبه آب ایجاد سایه و ورود برگ به محیط می‌کند که به طور مستقیم بر کیفیت زیستگاه‌های آبی تأثیر می‌گذارد. زیستگاه ساحلی به عنوان یک منطقه گذار بین محیط خشکی و آبی به ویژه از نظر اشکال حیات غنی است. زیستگاه‌های درون جریان مانند خیزاب‌ها، گوداب‌ها، توده‌های چوب، جزایر رسوبی، و تخته‌سنگ از نقاط مورد توجه می‌باشند. اقدامات همسو با بازسازی زیستگاه رودخانه شامل موارد زیر است:

پ.۴-۱۱-۱- نردبان‌های ماهی

در این روش تغییراتی در کانال جریان ایجاد می‌شود تا موانع طبیعی یا مصنوعی را که مانع مهاجرت ماهیان به بالادست رودخانه برای تخم‌ریزی می‌شود، از بین ببرند. نردبان‌های ماهی دسترسی به مناطق بالادست، استفاده از زیستگاه و بهبود شرایط ماهیگیری را فراهم می‌کند.

پ.۴-۱۱-۲- پناهگاه‌های چوبی، یا سنگی

این اقدام ممکن است با ایجاد یک منطقه در زیر سطح آب، مانند احداث دالان ماهی و یا در امتداد یک تخته سنگ مسطح در رودخانه به منظور ایجاد پناهگاه برای ماهی‌ها طرح‌ریزی شود. بهترین مکان در خم‌های جریان کم شیب و جایی که رودخانه حالت استخرهای باز به خود می‌گیرد، می‌باشد. این پناهگاه‌ها برای تأمین پوشش بالای سر (ماهی‌ها)، به دام انداختن ریزه‌ها برای حمایت از حشرات و سایر موجودات، تأمین غذا برای ماهی‌ها، و ایجاد سایه و خنک شدن در محیط باز، مفید می‌باشد.

پ.۴-۱۱-۳- مجموعه تخته‌سنگ‌ها

مجموعه تخته‌سنگ‌ها، توده‌هایی از سنگ‌های بزرگ با قرارگیری کناره هم هستند که در امتداد یک خم کانال ایجاد شده‌اند تا جریان‌های سریع و موج‌ها را بشکنند و حوضچه‌های آبشستگی تشکیل دهند که توسط ماهی‌های جوان به عنوان محل استراحت مورد استفاده قرار می‌گیرند. این سازه‌ها در واقع، پناهگاهی برای آبزیان و نواحی مناسبی برای زاد و ولد ایجاد می‌کنند.

پ.۴-۱۲- مقاوم‌سازی رودخانه در راستای کنترل آلودگی‌ها

بروز سیلاب‌ها ضمن به خطر انداختن سلامت عمومی و ایمنی در مراکز جمعیتی مستقر در پیرامون رودخانه می‌تواند با ایجاد آسیب و خرابی به تاسیسات انتقال فاضلاب، مخازن حاوی آلاینده، کارگاه‌ها و کارخانجات صنعتی و مانند آن سبب نشست و پخش آلاینده‌ها به داخل مسیل‌ها و رودخانه‌ها گردد. به‌منظور کنترل خرابی‌ها و پیشگیری از انتشار آلاینده‌ها به داخل رودخانه‌ها می‌بایست اقدامات مؤثری در رودخانه و پیرامون آن انجام داد. هم‌چنین می‌بایست در مقاوم سازی خطوط انتقال آب و فاضلاب، مخازن نفت و مانند آن تمهیداتی اندیشید. بنابراین در چنین شرایطی می‌بایست مخازن نفت و مشتقات پتروشیمی و مانند آن‌ها در ترازهایی ساخته شوند که به هنگام سیلاب، از خطر شناور شدن و نشستی دور باشند. خطوط فاضلاب باید مجهز به درپوش‌های ضد سیل و تصفیه‌خانه‌های آب شرب و هم‌چنین تصفیه‌خانه‌های فاضلاب باید در برابر سیل مقاوم باشند. ذخیره سازی موادی که در معرض آب سمی، قابل انفجار و یا امکان شناور شدن در هنگام سیلاب را دارند باید تابع چنین شرایطی باشند. هم‌چنین در این راستا اقدامات زیر نیز پیشنهاد می‌شوند:

پ.۴-۱۲-۱- ساخت خاکریزها و دیوارهای سیل‌بند

گوره‌ها و خاکریزها نباید در مناطقی که امکان حرکت رواناب ناشی از سیل در محدوده سیلاب‌دشت وجود دارد، ساخته شود. تا جایی که ممکن است عوارض موجود باید کاهش یابد تا به رودخانه فضای بیش‌تری برای طغیان سیل داده شود. دیواره‌های موقت می‌تواند برای منحرف کردن جریان سیلاب از مکان‌های حیاتی محافظت کند. در مناطقی که در معرض سیلاب جزر و مدی هستند، خاکریزها با در نظر گرفتن رفتار جزر و مد باید طراحی شوند و مجهز به دریچه جهت تنظیم تراز آب ورودی و خروجی گردند.

پ.۴-۱۲-۲- لایروبی بستر رودخانه

لایروبی رودخانه‌ها یکی از روش‌های مرسوم در موضوع ساماندهی رودخانه به منظور مقابله با سیلاب محسوب می‌شود. رودخانه‌هایی که دارای پتانسیل رسوبگذاری و توسعه جزایر رسوبی هستند، به تدریج مقطع عبور جریان از رسوب انباشته شده و سطح موثر عبور جریان کم شده و در نتیجه ظرفیت آب‌گذری در آن‌ها کاهش می‌یابد. این امر برای رودخانه‌هایی که سیل‌خیز بوده و متاثر از مدیریت سدها (خصوصاً سدهای زنجیره‌ای) هستند در موضوع کم شدن ظرفیت آب‌گذری، احتمال وقوع سیلاب و وقوع آسیب‌های جدی اقتصادی، بسیار حائز اهمیت است. در واقع مهندسان رودخانه در صدد هستند از طریق لایروبی‌های دوره‌ای با برداشت رسوب بستر و تعریض و تعمیق بستر، حذف پشته‌های رسوبی و جزایر تشکیل شده، مقطع رودخانه را به سطح مورد اطمینانی برگردانند. فرآیند لایروبی در رودخانه‌ها در بازه‌های شهری در نزدیکی پل‌ها و تنگ‌شدگی‌ها و رفع انسداد مسیر رودخانه می‌تواند موثر واقع شود.

تجربیات متعدد نشان می‌دهد که لایروبی می‌تواند ارتفاع سطح آب را در کانال کاهش دهد ولی نمی‌تواند ریسک سیلاب را در سیلاب‌های بزرگ کاهش دهد زیرا ویژگی‌های دیگری مانند زیر ساخت‌های موجود در سیلاب‌دشت به طور فزاینده‌ای بر تراز سطح آب تاثیر می‌گذارند و تنها ظرفیت یا شکل کانال اصلی رودخانه نمی‌تواند به تنهایی در مهار

سیلاب موثر باشد. به دلیل اینکه حجم اصلی سیلاب در سیلاب دشت مجاور رودخانه حرکت می کند که این بخش متأثر از لایروبی در آبراهه اصلی رودخانه نیست. در بعضی موارد، لایروبی باعث افزایش ریسک سیلاب در پایین دست نیز شده است. در نگاه کلی لایروبی به عنوان یک روش ساماندهی رودخانه از منظر تأثیر بر ناپایداری رودخانه بیشترین اثر را به خصوص در وضعیت مورفودینامیکی رودخانه می گذارد. منابع و مراجع توصیه می نمایند این روش باید در هر رودخانه متناسب با در نظر گرفتن تغییر رفتار رودخانه و اثرات متقابل آن بکار رفته و بهتر است در همراهی با دیگر روش های ساماندهی از آن استفاده شود.

همچنین از لایروبی به منظور بهسازی رودخانه و بهبود شرایط محیط زیستی، طرح ریزی و استفاده می گردد. لایروبی در این مبحث از طریق برداشت آلودگی های آبراهه اصلی به خصوص در مجاورت شهرها و پاکسازی بستر از انواع زباله، مواد زاید و پسماند صورت می پذیرد. اگرچه عملیات لایروبی به طور طبیعی، آسیب های قابل ملاحظه ای به زیست بوم و شرایط محیط زیست محدوده عملیات وارد می کند ولی در شرایطی که وضعیت آلودگی و ورود زباله، فاضلاب و پسماندهای مختلف به رودخانه ها در حاشیه شهرها روز به روز بیشتر می شود استفاده از لایروبی تنها راه حل موقت و اضطراری برای کاهش آلودگی و ارتقاء شرایط زیست محیطی رودخانه محسوب می گردد.

لایروبی در رودخانه نیازمند انجام مطالعات پایه و تخصصی دقیق و انجام برنامه ریزی مناسب جهت اجرایی نمودن فرآیند آن می باشد. اطلاعات و داده های مورد نیاز در طرح های لایروبی گسترده بوده و می تواند شامل مطالعات پایه ای مانند هیدرولوژی و هواشناسی، کیفیت آب، زمین شناسی، زیست محیطی، هیدرولیک جریان، رسوب، ریخت شناسی و مورفودینامیکی رودخانه، باشد. در پروژه لایروبی طراحی، مراحل اجرا و بهره برداری و نگهداری از مهم ترین بخش های پروژه بوده و انجام هوشمندانه هر بخش می تواند بر موفقیت کل آن تأثیرگذار باشد.

استفاده از مدل های عددی به منظور پیش بینی رفتار هیدرودینامیک جریان، تغییرات بستر، کیفیت و انتشار آلودگی در رودخانه مورد نظر طراحان فرآیند لایروبی هست. نتایج حاصل از مدل سازی عددی برای تعیین ابعاد لایروبی، محاسبه هزینه و تعیین روش های بهینه اجرا استفاده می گردد.

هر طرح لایروبی شامل موارد زیر خواهد بود:

- تعیین حجم لایروبی
- تعیین دوره لایروبی
- طراحی روش و نوع تجهیزات عملیات لایروبی با توجه به خصوصیات فیزیکی رودخانه
- چگونگی انتقال مواد حاصل از لایروبی (مواد آلوده و رسوبات)
- مکان یابی محل تخلیه مواد حاصل از لایروبی
- نحوه تخلیه و تثبیت مواد لایروبی
- تعیین مشخصات هندسی آبراهه اصلی پس از لایروبی (شیب کناره، شیب کف و عرض)

- بررسی پیامدها و اثرات زیست محیطی ناشی از لایروبی با تاکید بر تاثیر بر زیست‌بوم و مسائل آلودگی‌های مرتبط با مواد حاصل از لایروبی)
 - بررسی پیامدها و اثرات لایروبی بر وضعیت ریخت‌شناسی رودخانه (در بازه‌های بالادست و پایین‌دست منطقه لایروبی شده در رودخانه)
 - آثار اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی
 - قوانین و مقررات
 - ارائه روش‌های نگهداری در شرایط پس از لایروبی به منظور پایداری وضعیت رودخانه
 - ارزیابی و پایش عملکرد لایروبی و ایجاد پایگاه داده‌ها و شاخص‌های وضعیت رودخانه در شرایط قبل و پس از لایروبی
 - برآورد هزینه عملیات لایروبی و درآمدهای احتمالی
- در این راستا، راهنمای لایروبی در رودخانه‌ها (ضابطه شماره ۴۹۰-الف) در قالب طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور توسط دفتر توسعه نظام‌های فنی بهره‌برداری و دیسپاچینگ برق‌آبی شرکت مدیریت منابع آب ایران در سال ۱۴۰۱ تدوین و جهت استفاده جامعه مهندسی کشور ارائه و به چاپ رسیده است. استفاده از این راهنما در موضوع لایروبی در رودخانه‌ها پیشنهاد می‌گردد.

پ.۴-۱۳- مدیریت مواد زائد در کیفیت آب رودخانه‌ها

پ.۴-۱۳-۱- تأثیرات آلاینده‌های مواد زائد بر کیفیت آب رودخانه‌ها

ورود مواد زائد جامد به منابع آب مانند رودخانه‌ها، به‌ویژه در نزدیکی محل‌های دفن زباله، می‌تواند منجر به آلودگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی شود. شیرابه‌های ناشی از تجزیه مواد آلی در پسماندها حاوی ترکیبات سمی و عناصر سنگین هستند که به منابع آب سطحی و زیرزمینی نفوذ کرده و سبب کاهش کیفیت آب می‌شوند. به این ترتیب، استفاده از آب رودخانه‌ها برای مصارف انسانی و کشاورزی به خطر افتاده و سلامت اکوسیستم‌های آبی نیز تهدید می‌شود.

پ.۴-۱۳-۲- مشکلات ناشی از شیرابه‌ها

شیرابه‌های تولید شده در محل‌های دفن پسماند از طریق نفوذ به رودخانه‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی، به‌ویژه در مکان‌هایی که فاقد سیستم‌های زهکشی مناسب هستند، باعث ایجاد تغییرات قابل توجه در کیفیت آب می‌شوند. این شیرابه‌ها با مواد آلی و ترکیبات شیمیایی مختلفی مانند آمونیاک و فلزات سنگین آلوده شده و در تماس با رودخانه‌ها، میزان اکسیژن محلول را کاهش می‌دهند. این وضعیت باعث اختلال در زیستگاه‌های آبی و مرگ موجودات زنده وابسته به این منابع می‌شود.

پ.۴-۱۳-۳- ضوابط حفاظت و راهکارهای کاهش آلودگی آب

یکی از راهکارهای مهم، استفاده از لندفیل‌های بهداشتی با پوشش‌های غیرقابل نفوذ است که از انتشار شیرابه به منابع آب جلوگیری می‌کند. همچنین، باید مراکز دفن پسماند در فواصل مناسبی از رودخانه‌ها و مناطق آبی قرار گیرند و کنترل دقیق بر جمع‌آوری، انتقال و دفع پسماندها صورت گیرد. برنامه‌ریزی منظم و پایش کیفیت آب در نزدیکی محل‌های دفن، جهت بررسی میزان آلودگی و به‌کارگیری تدابیر فوری در صورت تشدید آلودگی، از ضروریات مدیریت پسماند محسوب می‌شود.

پ.۴-۱۳-۴- نقش بازیافت و کاهش تولید پسماند در حفظ منابع آبی

اقدامات مرتبط با بازیافت و پردازش مجدد پسماند، مانند تولید کمپوست از مواد آلی، می‌تواند به کاهش حجم پسماندهای ورودی به محل‌های دفن و در نتیجه کاهش حجم شیرابه کمک کند. همچنین، آگاهی‌بخشی به جامعه و تشویق به کاهش تولید زباله می‌تواند در درازمدت از آلودگی منابع آبی جلوگیری کند. این اقدامات در کنار ارتقاء زیرساخت‌های مدیریتی، مانند تأسیس کارخانه‌های بازیافت و ایستگاه‌های جمع‌آوری پسماند، نقش مؤثری در حفظ کیفیت آب رودخانه‌ها ایفا می‌کند.

پ.۴-۱۴- پیشگیری از تخلیه نخاله‌های ساختمانی

تخلیه نخاله‌های ساختمانی در حاشیه رودخانه‌ها می‌تواند پیامدهای زیست‌محیطی جدی داشته باشد، از جمله آلودگی آب، انسداد مسیرهای آب، فرسایش خاک و تأثیر بر زیستگاه‌های طبیعی. برای جلوگیری از این مشکلات، راهکارهای زیر پیشنهاد می‌شود:

پ.۴-۱۴-۱- ایجاد مقررات و قوانین سخت‌گیرانه

تدوین و اجرای قوانین محلی و ملی که تخلیه غیرقانونی نخاله‌های ساختمانی را ممنوع کند. این قوانین باید شامل جرایم سنگین برای متخلفان باشد. تقویت سیستم نظارت و پایش، به ویژه در مناطق حساس زیست‌محیطی مانند رودخانه‌ها و دره‌ها نیز توصیه می‌شود.

پ.۴-۱۴-۲- افزایش آگاهی عمومی

برگزاری کمپین‌های آموزشی برای پیمانکاران، کارگران ساختمانی و عموم مردم جهت آگاهی از اثرات زیست‌محیطی تخلیه نخاله‌ها.

ارائه راهنمایی‌ها و اطلاعات در مورد مکان‌های مجاز و روش‌های استاندارد مدیریت و دفع نخاله‌ها.

- ارتقاء مشارکت عمومی در نظارت از طریق ارتباط با کنشگران محیط زیستی و افراد محلی
- توسعه زیرساخت‌های دفع نخاله‌های ساختمانی
- ایجاد مراکز جمع‌آوری و بازیافت نخاله‌ها: ساخت و تجهیز ایستگاه‌های ویژه‌ای برای تحویل نخاله‌های ساختمانی در نزدیکی ساخت و سازها. این مراکز می‌توانند به بازیافت و استفاده مجدد از مواد بپردازند.
- استفاده از فناوری‌های نوین: بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته برای بازیافت نخاله‌ها، مانند دستگاه‌های سنگ شکن برای تبدیل مواد غیرقابل استفاده به مواد جدید.

پ.۴-۱۴-۳- نظارت و اجرای دقیق‌تر قوانین محیط‌زیستی

- افزایش نیروهای نظارتی و گشت‌زنی‌های محیط‌زیستی در حاشیه رودخانه‌ها و مناطق حساس.
- نصب دوربین‌های نظارتی و استفاده از پهپادها برای شناسایی نقاط تخلیه غیرمجاز نخاله‌ها.

پ.۴-۱۴-۴- جریمه‌های سنگین و تشویق به رعایت قوانین

- اعمال جریمه‌های مالی سنگین و حتی پیگرد قضایی برای متخلفان.
- در مقابل، ارائه تخفیفات و مشوق‌هایی برای پیمانکارانی که از مراکز مجاز برای دفع نخاله‌ها استفاده می‌کنند یا در پروژه‌های بازیافت شرکت می‌کنند.

پ.۴-۱۴-۵- ایجاد طرح‌های تشویقی برای بازیافت

- توسعه طرح‌های تشویقی برای شرکت‌ها و پروژه‌های ساختمانی که به بازیافت نخاله‌های ساختمانی اهمیت می‌دهند.
- تخصیص کمک‌های مالی و وام‌های کم‌بهره به شرکت‌هایی که سیستم‌های مدیریت نخاله‌های ساختمانی پایدار ایجاد می‌کنند.

پ.۴-۱۴-۶- حفاظت از مناطق حاشیه‌ای رودخانه‌ها

- تعیین مناطق حفاظت‌شده: ایجاد نواحی حفاظتی در اطراف رودخانه‌ها و جاده‌های دسترسی، که در آن‌ها تخلیه نخاله‌ها کاملاً ممنوع باشد.
- ترمیم و احیای زیستگاه‌ها: به منظور جلوگیری از تخریب بیش‌تر، باید برنامه‌های ترمیم و احیای زیستگاه‌های طبیعی حاشیه رودخانه‌ها اجرا شود تا اثرات تخریب نخاله‌ها کاهش یابد.

پ.۴-۱۴-۷- بهره‌گیری از حمل‌ونقل سبز و مدیریت پایدار نخاله‌ها

- استفاده از روش‌های حمل و نقل پایدار برای جابجایی نخاله‌ها به مکان‌های مجاز دفع.

مدیریت زنجیره تامین: با توجه به نقش مهم تأمین کنندگان مواد ساختمانی، باید زنجیره تأمین برای بازیافت نخاله‌ها مدیریت شود تا از تولید ضایعات بیش‌تر جلوگیری شود.

پ.۴-۱۴-۸- استفاده از فناوری GIS و تحلیل داده‌های مکانی

استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای شناسایی مکان‌های پرخطر و نظارت دقیق‌تر بر مناطق حاشیه رودخانه‌ها.

تحلیل داده‌های مکانی به منظور شناسایی الگوهای تخلیه نخاله و اتخاذ راهبردهای پیشگیری مناسب. این راهکارها می‌توانند به کاهش تخلیه نخاله‌های ساختمانی در حاشیه رودخانه‌ها و محافظت از منابع طبیعی کمک کنند. همکاری میان دولت، سازمان‌های محیط‌زیستی و بخش خصوصی برای پیاده‌سازی این راهکارها ضروری است.

پ.۴-۱۴-۹- دسترسی اضطراری و سیستم‌های هشدار سیل

سازه‌های هیدرولیکی طراحی شده به منظور هدایت و مهار سیلاب (مانند کانال‌های انحراف، شوت‌ها، حوضچه‌های تأخیری و ...) باید از طریق رمپ‌های دسترسی مرتفع و راهروها قابل دسترسی باشند. برای سازه‌های با شدت بالای اهمیت، باید رمپ‌های دسترسی برای استفاده توسط وسایل نقلیه اضطراری مناسب باشند. سیستم‌های هشدار سیل برای جوامع باید به موقع، دقیق و خاص محله توسعه یابد.

خلاصه اقدامات فوق که مبتنی بر رودخانه و نواحی ساحلی در راستای بهسازی کیفی می‌باشند در جدول (پ.۴-۲) ارائه گردیده است.

جدول پ.۴-۲- خلاصه اقدامات عملی مبتنی بر رودخانه و نواحی ساحلی در راستای بهسازی کیفی

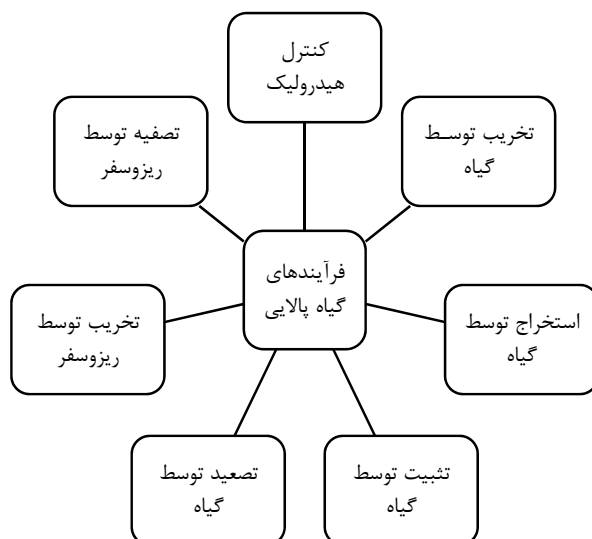
عنوان اقدام	رویکردها و روش‌ها
بهسازی و تثبیت کانال رودخانه با نگرش بهبود کیفی و زیستی	- آستانه یا سرریز با استخر غوطه‌ور - رمپ‌های زمینی بستر ناهموار/ رمپ‌های زمینی سنگی - لایه‌ای از بستر طبیعی (سنگفرش یا سنگریزه)
حفاظت نقطه‌ای و تثبیت سواحل رودخانه با تکیه بر روش‌های سازگار با محیط زیست	- ترکیب شمع‌های چوبی و سنگ - احداث ریپرپ‌ها به همراه پوشش گیاهی - حفاظت به وسیله پوشش گیاهی - حفاظت با پوشش‌های مصنوعی - حفاظت‌های قائم دیواره
بازسازی زیستگاه گیاهی و جانوری پیرامون رودخانه	- نردبان‌های ماهی - پناهگاه‌های چوبی، یا سنگی - مجموعه تخته‌سنگ‌ها
مقاوم‌سازی رودخانه در راستای کنترل آلودگی‌ها	- مقاوم‌سازی در برابر سیل و کنترل آلودگی آب - احداث خاکریزها و دیواره‌های سیل‌بند - دسترسی اضطراری و سیستم‌های هشدار سیل

پ.۴-۱۵- بهره‌گیری از گیاه‌پالایی در ارتقای کیفیت آب‌های سطحی

بهره‌گیری از گیاه‌پالایی یک فن‌آوری رو به گسترش است که از سال‌ها پیش جنبه‌های کاربردی آن در جهان آغاز شده و در سال‌های اخیر، بهره‌گیری از گیاه‌پالایی در ارتقای کیفیت منابع آبی باهدف توسعه چشم‌اندازهای اکولوژیکی نیز موردتوجه بسیاری از مهندسان و متخصصان این زمینه قرار گرفته است. گیاه‌پالایی فناوری جدیدی است که در آن از گیاهان مقاوم برای حذف یا کاهش غلظت آلاینده‌های آلی، معدنی و ترکیبات خطرناک محیط زیست از جمله فلزات سنگین استفاده می‌شود.

در گیاه‌پالایی تلاش می‌شود تا بدون استفاده از مواد شیمیایی حجم بالایی از مواد آلی و آلاینده‌های موجود در آب‌های آلوده توسط میکروارگانیسم‌ها تجزیه‌شده و میزان کیفیت منابع آب تا حد مطلوبی افزایش پیدا کند. به طور کلی مهم‌ترین مزیت استفاده از گیاه‌پالایی به‌منظور پاک‌سازی محیط‌زیست، بهره‌برداری از صفات ذاتی گیاهان مانند زیست‌توده فراوان، سیستم ریشه‌ای گسترده، توانایی تحمل تنش‌های محیطی و غیره می‌باشد. همچنین این نوع سیستم‌ها دارای قابلیت راهبری و مدیریت با نیروی محلی، دارای صرفه اقتصادی، سادگی در ساخت و راهبری و اثرات زیست‌محیطی پایین می‌باشند.

از مهم‌ترین مزایای استفاده از روش تصفیه آب با گیاهان بی‌ضرر بودن، کم هزینه بودن و استفاده از مواد گیاهی یا عناصر ثابت است. نوع گیاهانی که برای تصفیه پساب‌های صنعتی و بهداشتی و شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند بسیار متنوع بوده و هر یک قادر به حذف برخی از آلاینده‌های موجود در آب می‌باشند. انتخاب این گیاهان به فاکتورهای مختلفی بستگی دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به نوع و مقدار آلاینده‌ها اشاره نمود. انواع فرآیندهایی که در گیاه‌پالایی می‌توانند موثر باشند در شکل (پ.۴-۱۲) ارائه شده است:



شکل پ.۴-۱۲- انواع فرآیندهای موثر در گیاه‌پالایی

کنترل هیدرولیک: استفاده از گیاهان به منظور جذب سریع همراه با مصرف زیاد آب است که باعث مهاجرت یون‌های فلزی به آب می‌شود و به آن فیتوهیدرولیک نیز می‌گویند.

تخریب توسط گیاه: تجزیه مواد آلاینده توسط فرایندهای متابولیکی گیاه یا تجزیه مواد در اثر ترشح ترکیبات مواد مانند آنزیم‌ها می‌باشد که مترادف با تغییر شکل توسط گیاه است.

استخراج توسط گیاه: جذب مواد آلاینده توسط ریشه گیاه و انتقال آن به اندام‌های بالایی و سپس خارج کردن عنصر مضر توسط برداشت و خروج آن از منطقه آلوده. این روش بیش‌تر برای رفع آلودگی‌های آب و خاک از فلزات کمیاب اعمال می‌شود.

تثبیت توسط گیاه: در این روش، رسوبات و آلاینده‌ها توسط ریشه گیاه در خاک تثبیت می‌شوند و یا در ریشه رسوب می‌کنند.

تصفیه توسط گیاه: در این روش آلاینده‌ها توسط گیاه جذب شده با فرایندهای متابولیکی گیاه تغییر یافته و در نهایت به اتمسفر انتقال می‌یابند.

تخریب توسط ریزو سفر^۱: تجزیه آلاینده‌ها توسط جمعیت‌های میکروبی که در نزدیکی ریشه فعالیت دارند و مترادف آن تجزیه به کمک گیاه است.

تصفیه توسط ریزو سفر: در این روش آلاینده‌ها از محلول خاک اطراف ریشه به درون ریشه جذب می‌شوند و یا روی سطح ریشه رسوب می‌کنند.

در حالت کلی گیاه‌پالایی را می‌توان با ایجاد نوارهای فیلتر گیاهی، ایجاد چمنزارها و با روش‌های مختلف بهره‌گیری از تالاب‌ها انجام داد که در این روش‌ها، نیاز به مصرف انرژی و هزینه اقتصادی کمی بوده و مدت زمان راه‌اندازی آن‌ها نیز می‌تواند بسیار کوتاه باشد.

پ. ۴-۱۵-۱- نوارهای فیلتر گیاهی^۲

نوارهای فیلتر گیاهی به‌منظور کاهش سرعت جریان رواناب سطحی (جریان ورقه‌ای sheet flow) و بهبود کیفیت آن در نواحی با شیب ملایم و یکنواخت طراحی و اجرا می‌گردند. این نوارها به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که رواناب سطحی را از بازه‌های بالادست خود دریافت نموده و ضمن جمع‌آوری آب، سرعت جریان را کاهش داده و سپس به پایین‌دست هدایت نمایند (شکل پ. ۴-۱۳). بنابراین افزون بر بهبود کیفیت آب، نوارهای فیلتر می‌توانند به طور قابل توجهی نفوذ و در نتیجه جریان پایه در آبراهه‌ها را افزایش دهند. نوارهای فیلتر یک راهروی طبیعی با پوشش گیاهی را در امتداد نهرها و

۱- Rhizosphere

۲- Vegetated Filter Strips

سواحل دریاچه به وجود می‌آورند که زیستگاه مهمی برای حیات وحش بوده و سبب بهبود چشم‌انداز طبیعی می‌شوند. همچنین این نوارها می‌توانند به‌عنوان یک حائل بین کاربری‌های ناسازگار اراضی عمل نمایند. [۵۶ و ۵۹]

نوارهای فیلتر گیاهی معمولاً با کاشت چمن یا سایر گیاهان متراکم ایجاد می‌گردند. آن‌ها اغلب به‌عنوان یک روش پیش‌تصفیه پیش از سایر روش‌های زهکشی پایدار (به‌عنوان مثال، ترانشه‌های نفوذی) استفاده می‌شوند. این روش برای تصفیه رواناب از مناطق نسبتاً کوچک زهکشی مانند جاده‌ها و بزرگراه‌ها، ناودان‌های ساختمان‌ها، پارکینگ‌های کوچک و سطوح عبوری مناسب هستند.

نوع گیاهان مورد استفاده در کاشت نوارهای فیلتر گیاهی می‌تواند شامل چمن، گیاهان بومی، درختچه‌ها و درختان باشد. در این روش باید طوری پوشش را طراحی و اجرا نمود که توزیع رواناب موجب فرسایش در پایین‌دست نگردد. ر سوب گذاری هدف اصلی نوارهای فیلتر است که با جذب ر سوب در پوشش گیاهی متراکم هم‌زمان با کاهش سرعت جریان رخ داده و میزان رسوبات معلق جریان در پایین‌دست نوار فیلتر گیاهی کاهش می‌یابد. استفاده از این روش در کاهش آلاینده‌هایی مانند فسفر کل، نیتروژن کل، فلزات سنگین و مواد جامد معلق مؤثر بوده و بر اساس تجربیات موجود، در صد کاهش آلاینده‌های مورد اشاره در حدود ۱۰ تا ۵۰ درصد گزارش شده است. میزان کاهش آلاینده‌ها به عملکرد و انتخاب صحیح نوع پوشش گیاهی و شرایط محیطی وابسته است. دستیابی به اثربخشی بالا در حذف آلاینده‌ها با طراحی خوب، نگهداری کافی و استفاده محدود از کود امکان‌پذیر است. نگهداری نامناسب، انباشت رسوبات و استفاده از کود به مقادیر زیاد می‌تواند منجر به کاهش کارایی این روش در بهبود کیفیت رواناب سطحی گردد. جدول (پ.۴-۳) مهم‌ترین نکات مرتبط با طراحی این روش را پیشنهاد می‌نماید [۱].

جدول پ.۴-۳- پارامترهای مرتبط با طراحی نوار فیلتر گیاهی

پارامترهای طراحی	توضیحات فنی
ابعاد	از آن جا که نوارهای فیلتر برای تصفیه رواناب سطحی ورقه‌ای طراحی می‌شوند، ناحیه تخلیه رواناب سطحی به نوارهای فیلتر گیاهی باید برای کاهش خطر تغییر جریان ورقه‌ای به جریان متمرکز کنترل شود، در مواردی که تشکیل جریان‌های متمرکز محتمل است، باید از اقدامات جایگزین (مانند احداث حوضچه مرطوب) استفاده شود. نوارهای فیلتر باید حداقل ۶ متر عرض داشته و حداکثر طول زهکشی برای یک نوار فیلتر نباید از ۵۰ متر تجاوز کند. برای به دست آوردن حداکثر کیفیت تصفیه آب (به‌عنوان مثال برای حذف ذرات به‌عنوان یک پیش‌تصفیه)، عمق رواناب ورودی در سراسر نوار فیلتر باید کم‌تر از ۵۰ میلی‌متر باشد. نوارهای فیلتر پهن‌تر برای شیب‌های تندتر مورد نیاز است، زیرا سرعت رواناب در چنین وضعیتی بیش‌تر است
فضای مورد نیاز	بر اساس تجربیات گزارش شده، پهنای نوارها در محدوده ۶ تا ۱۵ متر مؤثر بوده و به ازای هر ۶ متر طول منطقه زهکشی، پهنای نوار فیلتر می‌بایست دست‌کم ۱ متر باشد.
موقعیت	نوارهای فیلتر گیاهی باید بلافاصله در مجاورت منطقه زهکشی قرار گیرند تا بتوانند جریان رواناب سطحی (ورقه‌ای) را به‌جای جریانی که قبلاً کانالیزه شده است به نوارها وارد کنند. به عنوان مثال، نوارها بلافاصله پس از محوطه پارکینگ ماشین‌ها در حوضه‌های آبریز شهری یا در کنار مزارع قرار می‌گیرند. این نوارها نباید در مناطقی قرار گیرند که انتظار می‌رود محل عبور و مرور باشد، زیرا اثربخشی آن‌ها کاهش می‌یابد.
پایداری شیب و مکان	نوارهای فیلتر گیاهی باید در مکان‌هایی کاشته شوند که دارای شیب ملایمی، بین ۲ تا ۵ درصد باشند. شیب‌های تندتر خطر فرسایش و کانالیزه شدن جریان را به همراه دارد، درحالی‌که ممکن است در شیب‌های کندتر نیز جریان آب به صورت حوضچه تشکیل شود.
خاک و آب زیرزمینی	از آنجایی که نوارهای فیلتر گیاهی باعث افزایش نفوذ به آب‌های زیرزمینی می‌گردند نباید در مکان‌های که قبلاً به دلیل توسعه

صنعتی یا کاربری دیگر آلوده بوده و یا سایر مناطقی که خطر شستشوی آلاینده‌ها و ورود آن به آب‌های زیرزمینی وجود دارد، استفاده شوند. هم‌چنین برای جلوگیری از خطر آلودگی برای آب‌های زیرزمینی، نباید از آن‌ها برای تصفیه رواناب از نقاط آلوده استفاده کرد.	
--	--

ادامه جدول پ.۴-۳- پارامترهای مرتبط با طراحی نوار فیلتر گیاهی

پارامترهای طراحی	توضیحات فنی
لزوم تعبیه پیش تصفیه	نوارهای فیلتر گیاهی به طور کلی اولین مرحله مدیریت اصلاح رواناب سطحی را فراهم می‌کنند و جریان سطحی را مستقیماً از مناطق غیرقابل نفوذ یا کم نفوذپذیر دریافت می‌کنند. به این ترتیب، نیازی به پیش تصفیه نیست، و در واقع می‌توان از نوارهای فیلتر به عنوان پیش تصفیه پیش از سایر اقدامات مانند حوضچه‌ها یا تالاب‌های مصنوعی استفاده کرد.
نگهداری	بازرسی و نگهداری پیوسته برای حفظ کارایی مؤثر نوارهای فیلتر گیاهی مهم می‌باشد. تعمیر و نگهداری منظم شامل حذف زباله و مواد زائد، چمن‌زنی، مدیریت سایر پوشش‌های گیاهی و حذف گیاهان هرز هست. سایر فعالیت‌های نگهداری شامل موارد زیر است: کاشت مجدد مناطق یا تغییر انواع گیاهان در صورت رشد ضعیف پوشش گیاهی، تعمیر نواحی فرسوده یا آسیب‌دیده، حذف رسوبات و سایر آلاینده‌ها



شکل پ.۴-۱۳- نمونه‌های اجرا شده از نوارهای فیلتر گیاهی

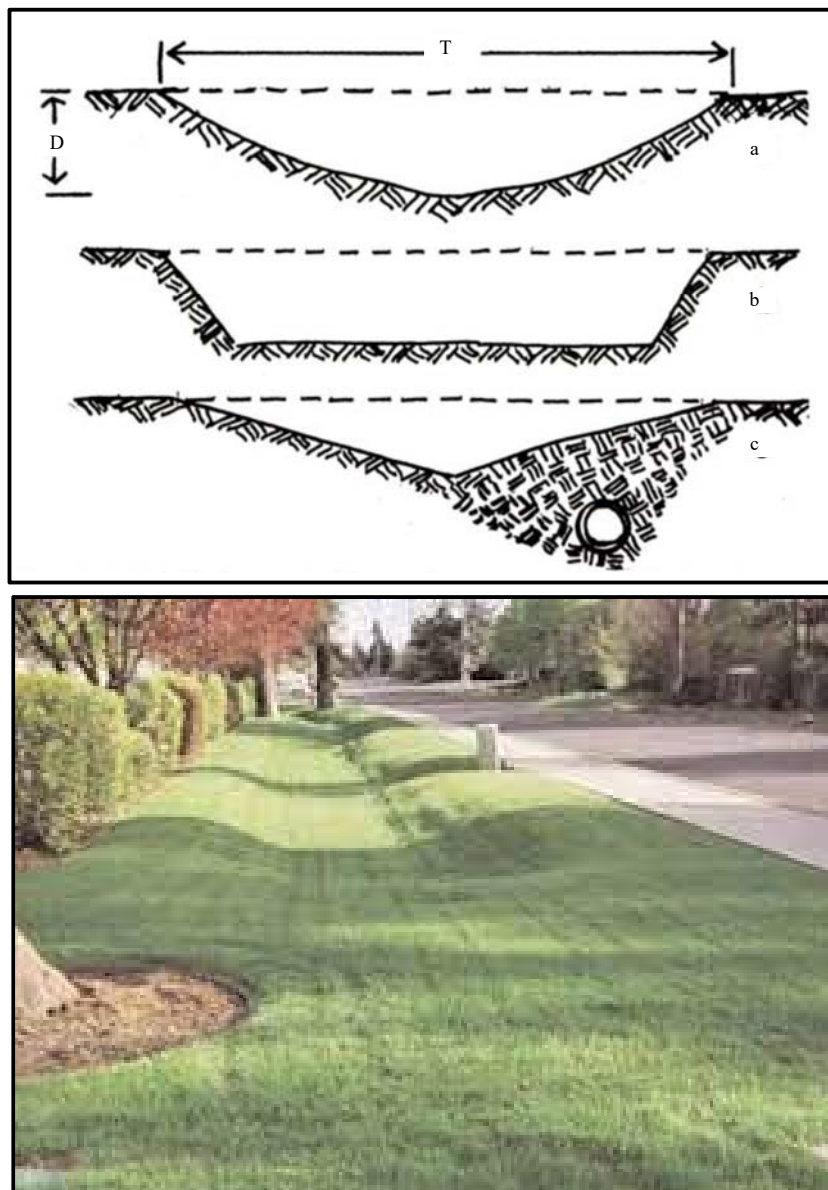
پ.۴-۱۶- گودی‌های چمن‌پوش^۱

گودی‌های چمن‌پوش نواحی گود و مرطوبی هستند که معمولاً به صورت نواری بوده و دارای پوششی از انواع چمن‌ها می‌باشند که هدف اصلی از طراحی و اجرای آن‌ها افزون بر انتقال کنترل شده رواناب از یک مکان به مکان دیگر، به تله انداختن رسوبات و آلاینده‌های معلق می‌باشد. (شکل پ.۴-۱۳)

چنین نواحی گود و مرطوبی تنها زمانی کارایی مناسبی دارند که رواناب یا پساب ورودی به آن، بیش‌ترین تماس با گیاهان کاشته شده و هم‌چنین خاک بستر کاشته باشد. به منظور جلوگیری از حرکت عمودی و نشت پساب در عمق خاک، گذر از فیلتر زیستی و پیامد آن آلوده‌سازی آب‌های زیرزمینی، بستر این نواحی می‌بایست با خاک رس یا ژئوتکستایل‌ها آب‌بندی شود. گیاهان مورد استفاده در این نواحی می‌بایست یکنواخت و پرتراکم کاشته شده و شرایط می‌بایست برای بقای درازمدت آن‌ها فراهم باشد. در صورتی که بستر این نواحی به آب‌های زیرزمینی برخورد کند می‌توان از گیاهان مورد استفاده در تالاب‌ها برای پوشش گیاهی آن استفاده نمود. [۵۹]

در طراحی هندسه این گودی‌ها می‌بایست این نکات را در نظر داشت که شیب طولی آن‌ها نباید بیش‌تر از ۴۰٪ و نباید کم‌تر از ۲٪ باشد. در شرایطی که شیب گودی‌ها بیش‌تر از ۴٪ باشد، طراحی و اجرای سازه‌های استهلاک انرژی مانند بندها و یا لایه‌ای از سنگ‌چین‌ها مورد نیاز است و در شرایطی که شیب گودی‌ها کم‌تر از ۲٪ باشد، جانمایی و طراحی زهکش‌های زیر سطحی به منظور اطمینان از نفوذ و زهکشی مناسب سیستم ضروری است. شیب کناری این نواحی نباید تندتر از ۱:۳ باشد و در شرایطی که کناره‌ها با شیب ۱:۲ طراحی شوند، تثبیت خاک و پایدار سازی دائمی مورد نیاز می‌باشد. جریان ورودی به این گودی‌ها می‌بایست به صورت ورقه‌ای و کم انرژی باشد و بنابراین ممکن است در ورودی آن‌ها از سازه‌هایی مانند سرریزهای کوتاه، حوضچه‌های آرامش و لوله‌های مشبک برای توزیع یکنواخت جریان در عرض استفاده شود. زمان ماند هیدرولیکی پساب در این گودی‌ها معمولاً باید ۹ دقیقه باشد ولی در هر صورت نباید از ۵ دقیقه کم‌تر باشد. سرعت جریان پساب کم‌تر از ۳۰ سانتی‌متر در ثانیه و عمق آب نیز کم‌تر از ۱/۳ بلندی کناره‌ها، حداقل و حداکثر پهنای اجرایی به ترتیب در حدود ۰/۶ تا ۲/۵ متر و حداقل طول آن‌ها می‌بایست حدود ۳۰ متر باشد.

از مزیت‌های این روش‌ها می‌توان به کم هزینه بودن در اجرا و نگهداری، کاهش سرعت جریان و گرفتن رسوبات و آلودگی‌ها و در نتیجه بهبود کیفیت آب توسط گیاهان کاشته شده و مرطوب کردن بستر نواحی پیرامونی و ایجاد شرایط مناسب برای رشد گیاهان اشاره نمود.



شکل پ. ۴-۱۴- نمونه‌ای از طراحی و اجرای گودی‌های چمن‌پوش به منظور بهبود کیفیت و کنترل رواناب

پ. ۴-۱۷- تالاب‌ها^۱

تالاب‌ها نواحی هستند که همیشه اشباع از آب و گیاهان آبی هم‌چون نی می‌باشند. تالاب‌ها دارای تنوعی از ریزوم زیر سطحی با پتانسیل اکسایش-کاهش بوده که انواع میکروارگانیسم‌ها (باکتری‌ها، قارچ‌ها و تک‌یاختگان) را نگهداری

می‌کنند. امروزه استفاده از سیستم‌های تالابی برای تصفیه فاضلاب، لجن و پساب‌های صنعتی به عنوان یک شیوهی مقرون به صرفه و کم انرژی در مقایسه با روش‌های سنتی تصفیه بیولوژیکی لجن فعال افزایش یافته است.

پ. ۴-۱۷-۱ - گیاه‌پالایی با تالاب‌های طبیعی

تالاب‌های طبیعی موجود در طبیعت افزون بر فراهم ساختن شرایط برای ذخیره آب و کمک به پرورش گیاهان و آبزیان، راهکاری بسیار مهم برای تصفیه منابع آبی و پساب‌های وارد شده به آن می‌باشند. در این روش کاملاً طبیعی، برخی از گیاهان موجود در تالاب‌ها مانند گیاه نی سبب می‌شود تا حجم بالایی از آلاینده‌ها جذب گیاه شده و یا تجزیه شوند (شکل پ. ۴-۱۴). گفتنی است که در این روش، با وجود هزینه کم برای راه اندازی و قدرت بالا در تصفیه منابع آبی و پساب‌ها، فرآیند تصفیه کاملاً غیر قابل کنترل بوده و می‌تواند مشکلات زیادی را به همراه داشته باشد. از دلایل تمایل روزافزون به استفاده از این روش می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- نیاز به انرژی کم و نگهداری کمتر برای رسیدن به یک سطح ثابت از تصفیه فاضلاب
 - به دام انداختن فیزیکی آلاینده‌ها از طریق جذب شدن سطحی به خاک‌های سطحی
 - امکان بهره‌برداری با راندمان بالا در درجه حرارت‌های مختلف در تمامی فصول
- این روش برای تصفیه فاضلاب‌های روستایی مفید و مقرون به صرفه است. اگر زمین کافی در دسترس باشد، از لحاظ هزینه ساخت نسبتاً ارزان بوده و همچنین جهت بهره‌برداری نیازمند افراد متخصص نمی‌باشد. همچنین با انجام مطالعات مختلف، مشخص شده است که کارایی این روش در دفع باکتری‌ها نیز بالا بوده که بسیار اهمیت دارد.





شکل پ. ۴-۱۵- تصاویری از دو نمونه اجرا شده سیستم‌های گیاه‌پالایی با تالاب‌های طبیعی

پ. ۴-۱۷-۲- گیاه‌پالایی با تالاب‌های مصنوعی

از دیگر روش‌های گیاه‌پالایی که می‌توان در تصفیه منابع آبی و یا در مسیر پساب‌های وارد شده به آن استفاده نمود، راه‌اندازی و بهره‌گیری از تالاب‌های مصنوعی می‌باشد. در واقع سیستم‌های گیاه‌پالایی از نوع تالاب‌های مصنوعی سیستم‌های اکولوژیکی و انسان ساختی هستند که با فرآیندی مشابه تالاب‌های طبیعی در یک محیط کنترل شده و مهندسی قادر به تصفیه منابع آبی می‌باشند. برای راه‌اندازی این تالاب‌ها از خاک اشباع شده، آب و گیاهان استفاده می‌شود و در حالت کلی شامل تصفیه فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی می‌شود. در تالاب‌های مصنوعی، میکرو ارگانیسم‌هایی که به سطح مواد آلی و ریشه گیاهان چسبیده‌اند عمل تصفیه هرزآب‌ها و فاضلاب را انجام می‌دهند. جریان خروجی از این تالاب‌ها که با استانداردهای موردنظر (نمونه استاندارد آب خام) همخوانی داشته باشد می‌تواند به آب‌های سطحی تخلیه گردد و یا برای تغذیه‌ی آب‌های زیرزمینی مورد استفاده قرار گیرند. یکی از موارد و نکات بسیار مهم در این شیوه تصفیه می‌توان به انجام مرحله پیش تصفیه برای حذف ذرات بزرگ از مواد آلاینده در پساب اشاره نمود. در شکل (پ. ۴-۱۶) تصویری از چنین تالابی نشان داده شده است.

در استفاده از تالاب‌های مصنوعی می‌بایست به این نکته اشاره نمود که بهتر است پیش از ورود آلاینده‌ها و فاضلاب به تالاب لازم است روی آن یک پیش تصفیه صورت پذیرد تا میزان آلودگی آن کاهش یافته و کارایی تالاب‌ها برای درازمدت حفظ شود. کارایی مؤثر تالاب‌های مصنوعی به پیش تصفیه مناسب، دبی جریان، بار آلاینده‌ها، جمع‌آوری اطلاعات برای ارزیابی عملکرد سیستم و دانش کافی در زمینه استراتژی‌های بهره‌برداری موفق بستگی دارد. از سپتیک تانک‌ها به عنوان پیش تصفیه می‌توان استفاده نمود، زیرا سپتیک تانک جامدات سنگین و درشت را حذف می‌نماید.

از تالاب‌های مصنوعی می‌توان برای تصفیه فاضلاب‌هایی که به طور ابتدایی و ثانویه تصفیه شده‌اند، فاضلاب‌های صنعتی و کشاورزی، تصفیه سیلاب‌ها و تصفیه شیرابه زباله‌ها استفاده نمود. تالاب‌های مصنوعی به عنوان یک واحد تصفیه ثانویه قادر به از بین بردن پاتوژن‌ها، باکتری‌ها و ویروس‌های زیان‌آور هستند و آن‌ها را به مواد بی‌ضرر تبدیل می‌کنند. همچنین از تالاب‌های مصنوعی می‌توان به طور جداگانه برای هر واحد مسکونی استفاده کرد. در یک واحد

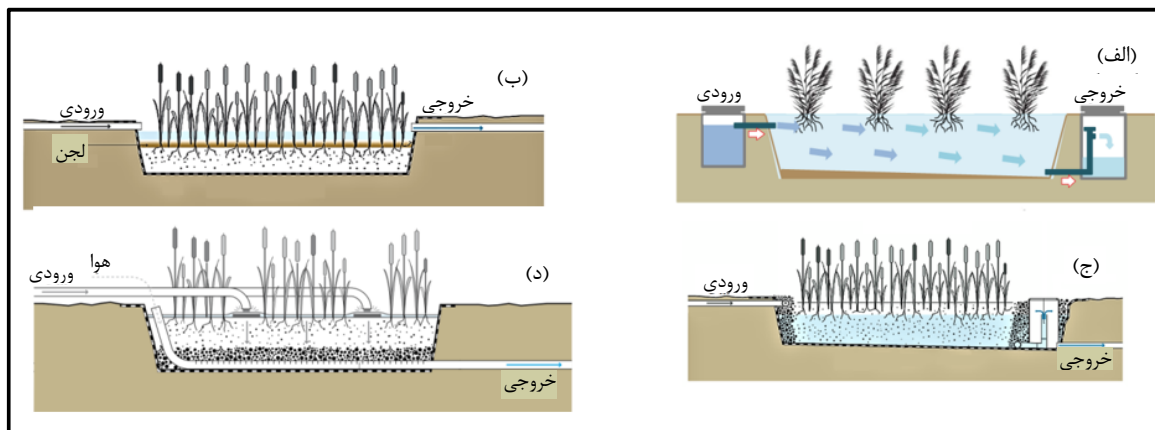
مسکونی عمدتاً از یک سپتیک تانک به عنوان تصفیه مقدماتی استفاده می‌شود. خروجی این تانک به طور یکنواخت در عرض بستر تالاب پخش می‌شود.



شکل پ.۴-۱۶- تصویری از نمونه اجرا شده یک سیستم گیاه‌پالایی با تالاب مصنوعی

بهره‌گیری از این نوع سیستم‌ها برای اولین بار در اوایل سال ۱۹۵۰ توسط کات سیدل در آلمان غربی ارائه شد [۶۰] و [۶۱]. بر اساس مقالات ارائه شده توسط سازمان حفاظت از محیط‌زیست ایالات متحده آمریکا، فقط در ۱۴ ایالت آمریکا در دهه ۱۹۸۰ وجود ۳۲۴ تالاب طبیعی ثبت شده است که برای تصفیه فاضلاب شهری و جریان‌های سطحی حاصل از باران به کار گرفته شده‌اند. بزرگ‌ترین تالاب مصنوعی در مجارستان به مساحت ۸۰۰ هکتار احداث شده که از سال ۱۹۸۵ در حال بهره‌برداری است. هم‌اکنون بیش از ۵۰۰۰۰ تالاب مصنوعی در اروپا و بیش از ۱۰۰۰۰ تالاب مصنوعی در آمریکای شمالی گزارش شده است. از مزایای تالاب‌های مصنوعی می‌توان به‌سادگی در طراحی و بهره‌برداری، انعطاف‌پذیری، به‌صرفه بودن از دید اقتصادی، راندمان بالا در حذف بسیاری از آلاینده‌ها (همچون ترکیبات آلی، جامدات معلق، پاتوژن‌ها، مواد مغذی و آلاینده‌های خاص)، تولید بیومس گیاهی، سازگاری با محیط‌زیست و کمک به تنوع زیستی و حفظ حیات‌وحش اشاره نمود [۶۰ و ۷۵]. هم‌چنین از گیاهان مورد استفاده در تالاب‌های مصنوعی محصولات جانبی می‌توان ساخت که در اشتغال و اقتصاد کشاورزان می‌تواند مؤثر باشد. از طرفی گیاهان آبی همچون نی (آستانه تحمل: ۹۰۰۰ میلی‌گرم TDS در لیتر)، لوئی و سنبل آبی (آستانه تحمل: ۲۰۰۰ میلی‌گرم TDS در لیتر) می‌توانند میزان بالای از شوری را تحمل کنند [۶۲ و ۶۳ و ۷۲]، که این مهم می‌تواند در استفاده از تالاب‌های مصنوعی در تصفیه منابع آبی با شوری نسبتاً بالا بسیار حائز اهمیت باشد. تالاب‌های مصنوعی که به طور متداول مورد استفاده قرار می‌گیرند برحسب الگوی جریان درون تالاب و نوع گونه گیاهی مورد استفاده در آن‌ها طبقه‌بندی می‌شوند. اما طبقه‌بندی بر اساس الگوی جریان از متداول‌ترین و معمول‌ترین نوع طبقه‌بندی است. تالاب‌های مصنوعی برحسب الگوی جریان درون سیستم به دو

گروه جریان سطحی و جریان زیر سطحی طبقه‌بندی می‌شوند. تالاب‌های با جریان زیر سطحی خود نیز به دو دسته با جریان زیرسطحی افقی و جریان زیرسطحی عمودی (رو به بالا و رو به پایین) تقسیم‌بندی می‌شوند (شکل پ. ۴-۱۷).



شکل پ. ۴-۱۷- انواعی از تالاب‌های مصنوعی با جریان سطحی (الف و ب) و جریان زیر سطحی (ج و د)

در گیاه‌پالایی با تالاب‌های جریان سطحی، سطح آب درون تالاب با اتمسفر در تماس بوده و به صورت افقی در سطح بستر جریان دارد. در این نوع روش از گیاه‌پالایی از انواع گیاهان آبی شامل گیاهان آبی کاملاً شناور، برگ شناور، مستغرق و ریشه در خاک می‌توان استفاده نمود. در صورت استفاده از گیاهان کاملاً شناور (همچون سنبل آبی) در این نوع گیاه‌پالایی عمق آب درون سیستم بین ۵۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر متغیر خواهد بود. اما در صورت استفاده از گیاهان ریشه در خاک، عمق خاک حداقل ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر و عمق آب معمولاً کم‌تر از ۵۰ سانتی‌متر بوده و در مناطق سردسیر تا حدود ۱۰۰ سانتی‌متر قابل‌افزایش است [۶۰ و ۶۱]. در گیاه‌پالایی با تالاب‌های جریان زیرسطحی تنها از گیاهان آبی ریشه در خاک و عمدتاً از ترکیبی از سنگ، شن و خاک به‌عنوان بستر سیستم جهت تثبیت و رشد گیاهان استفاده می‌شود. در این نوع سیستم‌ها با جریان افقی، عمق بخش فعال بیولوژیک که ریشه گیاه در آن رشد می‌کند حدود ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر بوده و در مناطق سردسیر تا عمق حدود ۱۰۰ سانتی‌متر نیز می‌تواند افزایش یابد. در انواع این سیستم‌ها با جریان عمودی عمق بخش فعال بیولوژیک حدود ۵۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود. اما تجارب در بهره‌گیری از گیاه‌پالایی به روش تالاب‌های جریان سطحی نشان داده است که این نوع سیستم‌ها می‌توانند با محدودیت‌هایی همچون نرخ پایین حذف آلاینده‌ها در واحد حجم، نیاز به زمین زیاد، سرمایه اولیه بالا و خطرات بهداشتی (تولید بوی نامطبوع و حشرات موذی) همراه باشند. در مقابل گیاه‌پالایی با تالاب‌های جریان زیرسطحی مزایای بیشتری را نسبت به تالاب‌های مصنوعی با جریان سطحی از خود نشان داده‌اند. در گیاه‌پالایی با تالاب‌های جریان زیر سطحی، ساختار خاک سطح وسیعی برای تشکیل و رشد توده بیولوژیکی چسبیده (بیوفیلم) فراهم می‌نماید و به این ترتیب ظرفیت تصفیه را افزایش می‌دهد. بنابراین این نوع گیاه‌پالایی در مقایسه با روش تالاب‌های مصنوعی جریان سطحی به زمین کم‌تری جهت ساخت نیاز خواهند داشت. از طرفی در گیاه‌پالایی با جریان زیرسطحی، بقایای گیاهی انباشته‌شده بر روی سطح بستر تالاب می‌تواند سبب ایجاد یک عایق حرارتی مناسب در آب‌وهوای سرد شود. با این حال راندمان تصفیه

در این نوع سیستم‌ها (انواع جریان زیر سطحی) به‌ویژه در درازمدت می‌تواند به دلیل از سداده و گرفتگی (درنتیجه رشد بیوفیلیم و تجمع مواد جامد)، کاهش نفوذ و کندی حرکت آب در خاک و نفوذ ضعیف ریشه گیاهان به لایه‌های خاک کاهش و درنتیجه امکان تولید بو و حشرات کاهش یابد. بنابراین هزینه سرمایه‌گذاری اولیه جهت ساخت به دلیل نیاز به زمین زیاد (زمان بالای تصفیه) و همچنین استفاده از سنگ، شن و خاک در تالاب‌های با جریان زیر سطحی بسیار بالا است [۶۰]. بر همین اساس جهت فائق آمدن بر این‌گونه محدودیت‌ها، طیف گسترده‌ای از تالاب‌های مصنوعی نوین با طراحی‌های متفاوت توسعه و مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند [۶۱]. این طراحی‌ها شامل اصلاح واحدهای گیاه پالایی به صورت تالاب مستقل و یا به صورت هیبریدی می‌باشند. راندمان برخی از سیستم‌های گیاه پالایی به صورت متعارف، اصلاح‌شده و هیبریدی در حذف مواد آلی، نیتروژن و فسفر در جدول (پ.۴-۴) ارائه شده است.

جدول پ.۴-۴ - راندمان برخی از سیستم‌های تالابی متعارف، اصلاح‌شده و هیبریدی در گیاه پالایی

مرجع	راندمان تصفیه (%)					نوع سیستم
	TP	NH ₄ -N	TSS	BOD ₅	COD	
متعارف						
۶۴		-	-	۳۸-۵۱	۳۷-۴۸	جریان سطحی ^{الف}
۶۵		۶۹	۶۷	۸۷	۷۶	جریان سطحی
۶۶ و ۶۷ و ۶۸	۱۲-۹۶	۲۰-۸۸	۶۹-۹۳	۷۷-۹۷	۶۹-۸۱	جریان زیرسطحی
اصلاح شده به صورت مستقل						
۶۴	-	-	-	۷۷-۸۵	۷۷-۸۳	جریان سطحی با هوادهی ^{الف، ب}
۶۹	-	۷۴	۷۰	۹۱	۸۱	سنبل آبی کم عمق
۷۰	-	۷۲	۷۳	۸۶	۷۹	Bio-hedge
۷۱ و ۷۲	-	۷۳.۷۰	۷۳.۶۹	۸۷.۸۸	۷۵.۷۸	Bio-rack
۷۳	۶۰	۳۹	-	۸۳	۸۴	تغذیه مرحله‌ای ^ج
۷۳	۷۸	۶۹	-	۸۹	۸۷	تغذیه مرحله‌ای ^د
۷۴	-	۹۹	-	-	۹۷	جریان زیرسطحی عمودی رو به پایین با هوادهی ^{الف، ب}
۷۴ و ۷۵	۶۵-۹۹	۹۶-۹۹	-	-	۹۱-۹۷	جریان زیرسطحی عمودی رو به پایین با هوادهی ^{الف، ه}
۷۶	۸۴	۴۳	۶۷	۷۱	۴۹	جریان جزر و مدی
۷۶	۸۵	۷۰	۸۱	۸۳	۶۵	جریان جزر و مدی
۷۶	۸۸-۹۵	۹۴-۹۶	۸۵-۹۳	۷۹-۹۴	۶۲-۸۳	جریان جزر و مدی
۷۷	-	۳۳-۸۲	-	۸۲-۹۱	-	جریان جزر و مدی
هیبریدی						
۷۸	-	۸۵.۹۱	۹۵.۹۵	۸۷.۸۵	۸۳.۷۴	جریان زیرسطحی عمودی رو به پایین و افقی به صورت سری
۷۹	۵۱.۵۰	-	-	-	۶۱.۶۴	جریان عمودی رو به پایین و رو به بالا به صورت سری
۸۰	۹۴	-	۸۵	۹۵	۹۴	جریان زیرسطحی افقی و عمودی رو به پایین به صورت سری
۸۱ و ۸۲ و ۸۳	۲۲	۷۲-۹۷	۸۴-۹۶	۹۰-۹۷	۷۴-۹۱	جریان زیرسطحی عمودی رو به پایین، افقی و جریان سطحی به ترتیب به صورت سری

* در جدول بالا راندمان تصفیه علاوه بر نوع سیستم موردنظر، تحت تأثیر نوع گیاه مورد استفاده و غلظت مواد آلی و مغذی فاضلاب ورودی نیز می‌باشد.

الف- جریان به صورت ناپیوسته،

ب- هوادهی به صورت پیوسته،

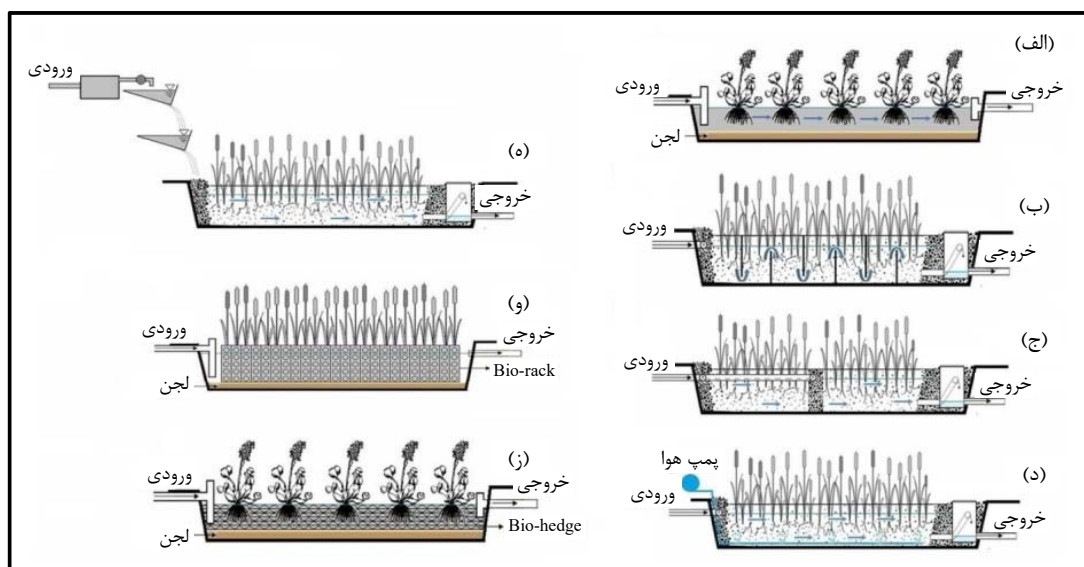
ج- تخلیه ورودی در سه نقطه (۳۳ درصد در هر نقطه)،

د- تخلیه ورودی در سه نقطه (۶۰ درصد نقطه اول، ۲۵ درصد نقطه دوم، ۱۵ درصد نقطه سوم)

ه- هوادهی به صورت ناپیوسته.

پ. ۴-۱۷-۳- گیاه‌پالایی با تالاب‌های اصلاح‌شده به صورت مستقل

این نوع تالاب‌ها شامل سیستم‌های سنبل آبی کم‌عمق، بافل‌دار، تغذیه مرحله‌ای، هواده‌ی مصنوعی، هواده‌ی بشقابی دو مرحله‌ای، جریان جزر و مدی و بیوفیلمی می‌باشند (شکل پ. ۴-۱۸). [۶۱]



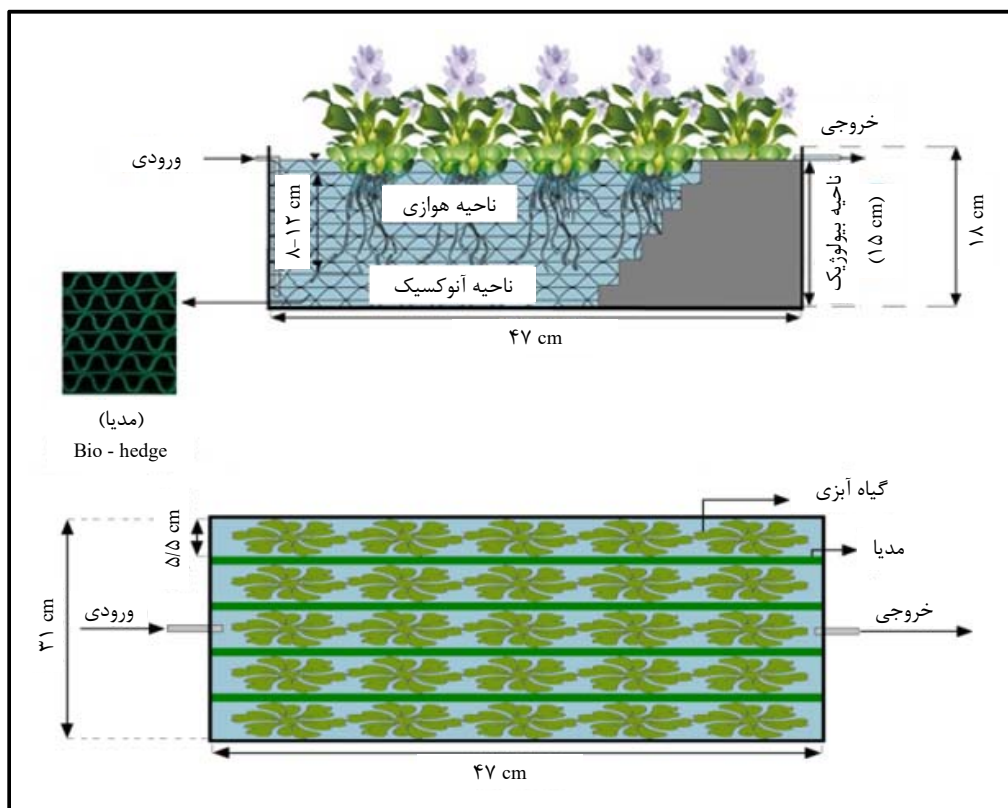
شکل پ. ۴-۱۸- برخی از سیستم‌های اصلاح شده الف) سنبل آبی کم‌عمق، ب) بافل‌دار، ج) تغذیه مرحله‌ای، د) هواده‌ی مصنوعی، ه) هواده‌ی بشقابی دو مرحله‌ای، و) جریان جزر و مدی و ز) بیوفیلیم

در سیستم سنبل آبی کم‌عمق، گیاهان به صورت متراکم بوده و عمق آن به منظور جلوگیری از ایجاد ناحیه بی‌هوازی برابر با طول ریشه گیاه در نظر گرفته می‌شود. در سیستم بافل‌دار از یک سری بافل‌های عمودی استفاده می‌شود که قرار گرفتن این بافل‌ها در مسیر جریان سبب حرکت جریان به سمت پایین و بالا، جلوگیری از جریان کوتاه و ایجاد پی‌درپی شرایط هوازی، آنوکسیک و بی‌هوازی درون تالاب می‌شود. در بهره‌گیری از سیستم تغذیه مرحله‌ای، هدف اصلی، استفاده مؤثر از سطح تالاب از طریق توزیع یکنواخت بار آلی و ذرات جامد معلق با ورود آب مورد تصفیه در نقاط مختلف در طول تالاب است. در این روش پارامترهای طراحی و بهره‌برداری می‌توانند نقش عمده‌ای در جلوگیری از گرفتگی زود هنگام بستر تالاب داشته باشند. استفاده از هواده‌ی مصنوعی (به‌ویژه به صورت متناوب) می‌تواند فرآیندهای تجزیه هوازی مواد آلی و نیتریفیکاسیون و به دنبال آن دنیتریفیکاسیون را تسهیل نماید. اما باید توجه داشت که هواده‌ی پیوسته می‌تواند سبب کاهش سریع منبع کربن فاضلاب ورودی شده و در نتیجه نواحی آنوکسیک درون تالاب کاهش یابد. در سیستم هواده‌ی بشقابی دو مرحله‌ای آب مورد تصفیه ابتدا وارد سطوح بشقابی که در بالای تالاب تعبیه شده، می‌شود و سپس به صورت ثقیلی به درون تالاب تخلیه می‌گردد. در این روش میزان انتقال اکسیژن به آب مورد تصفیه به میزان دبی ورودی

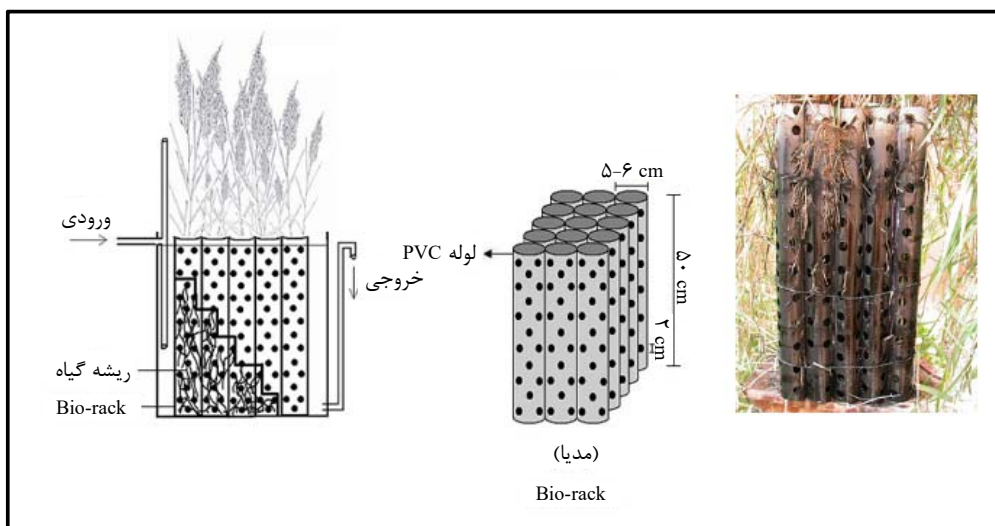
و فاصله صفحات بشقابی از یکدیگر بستگی دارد. در سیستم جزر و مدی جریان به صورت ناپیوسته بوده و عمل تصفیه طی دوره‌های سیلابی متعدد در روز انجام می‌پذیرد. البته راندمان تصفیه در این نوع سیستم‌ها به چندین پارامتر شامل نسبت زمان سیلاب به تخلیه، راندمان انتقال اکسیژن، و ویژگی‌های مواد مورد استفاده در بستر بستگی دارد. اما باید توجه داشت هرچند این گونه سیستم‌ها (سیستم‌های سنبل آبی کم‌عمق، بافلدار، تغذیه مرحله‌ای، هوادهی مصنوعی، هوادهی بشقابی دومرحله‌ای، جریان جزر و مدی) در مقایسه با سیستم‌های متداول تالابی (شکل پ. ۴-۱۹) دارای راندمان بالاتری در حذف آلاینده‌های آلی و مواد مغذی می‌باشند و نسبتاً سبب کاهش محدودیت‌هایی همچون نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه و زمین جهت ساخت، تولید بو و حشرات می‌شوند، اما این محدودیت‌ها همچنان به قوت خود باقی است و می‌تواند در تصفیه منابع آبی بسیار حائز اهمیت باشد.

مطالعات انجام شده بر روی سیستم‌های گیاه‌پالایی بیوفیلمی نشان داده‌اند که این گونه سیستم‌ها با مزایایی همچون زمان‌ماند پایین در تصفیه، توان انتشار مقادیر بالای اکسیژن درون سیستم، رشد بالقوه گیاهان و باکتری‌های بیوفیلمی، نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه و زمین کم جهت ساخت، راندمان بالا در حذف آلاینده‌های آلی و مغذی و کاهش حداکثری بو و حشرات موذی می‌توانند به عنوان گزینه‌ای برتر نسبت به دیگر سیستم‌ها در گیاه‌پالایی محسوب شوند. طراحی سیستم‌های بیوفیلمی بر اساس مزایای دو روش گیاه‌پالایی و سیستم‌های مهندسی رشد چسبیده می‌باشد. در بستر این نوع سیستم‌ها (برخلاف دیگر سیستم‌های گیاه‌پالایی) از خاک و سنگ استفاده نمی‌شود و در عوض مدیاهایی از جنس پلی‌وینیل کلراید و یا پلاستیک جهت رشد و تشکیل بیوفیلم درون سیستم تعبیه می‌گردد. استفاده از مدیا به جای خاک و سنگ این امکان را فراهم می‌سازد تا میزان زیست‌توده میکروارگانیسم‌ها درون سیستم افزایش یافته و سبب تسهیل عبور فاضلاب، رشد ریشه گیاهان و انتشار اکسیژن درون سیستم شود. انواع این سیستم‌ها که تاکنون مورد استفاده قرار گرفته شامل سیستم‌های بیوفیلمی Bio-hedge و Bio-rack است. سیستم بیوفیلمی Bio-hedge فرم پیشرفته‌ای از سیستم سنبل آبی کم‌عمق می‌باشد که در آن از مدیاهایی به صورت صفحات پلاستیکی با ساختار مش مانند (Bio-hedge) باهدف افزایش زیست‌توده میکروارگانیسم‌ها درون سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل پ. ۴-۱۹). عمق بخش فعال بیولوژیک در سیستم Bio-hedge حدود ۱۵ سانتی‌متر (با توجه به عمق ریشه) می‌باشد.

سیستم بیوفیلمی Bio-rack از تعداد زیادی لوله‌های پلی‌وینیل کلراید با قطری حدود ۵ تا ۶ سانتی‌متر (بسته به نوع گیاه) و طولی برابر با ۵۰ سانتی‌متر (برابر با عمق بخش فعال بیولوژیک) تشکیل شده که به طور عمودی در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند (شکل پ. ۴-۲۰). هدف از وجود این لوله‌ها، نگهداشتن گیاهان و افزایش زیست‌توده میکروارگانیسم‌ها درون سیستم است. در سطح این لوله‌ها چندین سوراخ با قطر ۲ سانتی‌متر جهت عبور فاضلاب در نظر گرفته شده است. بنابراین بهره‌گیری از سیستم‌های بیوفیلمی می‌تواند روشی کارآمد و مطمئن در تصفیه آب‌های سطحی محسوب شوند.



شکل پ. ۴-۱۹- سیستم گیاه پالایی Bio-hedge



شکل پ. ۴-۲۰- سیستم گیاه پالایی Bio-rack

پ.۴-۱۷-۴- گیاه‌پالایی با سیستم‌های هیبریدی

بهره‌گیری از گیاه‌پالایی با تالاب‌های هیبریدی می‌تواند به‌عنوان روش مناسب برای افزایش راندمان تصفیه و حذف نیتروژن پیشنهاد شود. این نوع سیستم‌ها عموماً از دو مرحله تصفیه به صورت سری تشکیل شده که هر مرحله می‌تواند شامل چندین تالاب به صورت موازی باشد. از انواع سیستم‌های هیبریدی دو مرحله‌ای می‌توان به سیستم‌های متداول با جریان زیر سطحی عمودی رو به پایین و افقی، جریان زیر سطحی افقی و عمودی رو به پایین، جریان عمودی رو به پایین و رو به بالا، جریان زیر سطحی افقی و سطحی و جریان سطحی و زیر سطحی افقی به صورت سری اشاره نمود. اما باید توجه داشت که در میان سیستم‌های اشاره شده، استفاده از سیستم با جریان زیر سطحی رو به پایین و افقی به صورت سری متداول‌تر است. هرچند از سیستم‌های هیبریدی چند مرحله‌ای (بیش از دو مرحله) به صورت سری نیز استفاده می‌شود. اما باید توجه داشت در این نوع طراحی‌ها با وجود امکان دستیابی به درصد بالایی از راندمان تصفیه، هنوز محدودیت‌هایی همچون نیاز به زمین زیاد جهت ساخت و سرمایه‌گذاری اولیه و همچنین تولید بو و حشرات وجود دارند که این امر می‌تواند سبب محدودیت در به کارگیری سیستم‌های هیبریدی گردد. حتی در صورت استفاده از انواع سیستم‌های تالابی اصلاح شده (مستقل) در طراحی‌های هیبریدی، این گونه محدودیت‌ها می‌توانند وجود داشته باشند. زیرا همان‌طور که پیشتر اشاره شد، اکثر سیستم‌های تالابی اصلاح شده به صورت مستقل خود نیز دارای محدودیت‌هایی مشابه به تالاب‌های مصنوعی متداول مورداستفاده هستند. گفتنی است در صورت به کارگیری سیستم‌های بیوفیلمی (به‌ویژه سیستم Bio-rack) در طراحی‌های هیبریدی، محدودیت‌های اشاره شده می‌توانند به طور بالقوه‌ای کاهش یابند. بنابراین طراحی‌های هیبریدی با استفاده از سیستم‌های بیوفیلمی می‌توانند گزینه‌ای مناسب در تصفیه منابع آبی آلوده محسوب شوند.

پ.۴-۱۷-۵- مزایا و معایب گیاه‌پالایی

از آنجا که گیاه‌پالایی به عنوان یکی از راهکارهای اساسی و مهم در بهسازی کیفی آب‌های سطحی آورده شده است بنابراین آگاهی از مزایا و معایب چنین روش‌هایی نیز بسیار اهمیت دارد. در پالایش پساب‌ها و یا جریان آبراهه‌هایی که وارد رودخانه‌ها می‌شوند، ممکن است همواره بهره‌گیری از چنین روش‌هایی میسر نباشد و یا با توجه به اثرات جانبی این روش‌ها، ممکن است در برخی شرایط نتایج عکس داشته باشند. مهم‌ترین مزایای استفاده از روش‌های گیاه‌پالایی عبارتند از:

- عدم استفاده از مواد شیمیایی در تصفیه با گیاهان و جلوگیری از آسیب وارد شدن به کیفیت آب و محیط زیست
- راه‌اندازی سریع تالاب‌ها برای انجام فرآیند تصفیه
- هزینه‌های بسیار کمتر گیاه‌پالایی در ساخت، بهره‌برداری و نگهداری نسبت به سایر روش‌ها
- عدم نیاز به بهره‌برداران متخصص و مهارت بالا در گیاه‌پالایی

- عدم نیاز به تکنولوژی و تجهیزات حرفه‌ای برای تصفیه پساب‌ها به کمک گیاه‌پالایی
 - راندمان بالای تالاب‌های طبیعی و مصنوعی در روش‌های گیاه‌پالایی
 - کمک به ذخیره آب برای رشد گیاهان و زندگی آبزیان در کنار تصفیه مواد آلی
 - استفاده از انرژی‌های موجود طبیعی و تجدیدپذیر و پتانسیل بالا برای استفاده در مناطق دوردست
 - حفاظت در برابر سیلاب‌ها، کنترل فرسایش و تامین آب
 - ایجاد زیستگاه حیات وحش و مکان‌های تفریحی
- هر یک از روش‌های تصفیه فاضلاب دارای معایبی نیز می‌باشند که لازم است پیش از انتخاب هر روشی برای تصفیه به آن‌ها توجه شود. از جمله معایب گیاه‌پالایی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:
- زمان‌بر بودن فرآیند تصفیه حجم مشخصی از جریان
 - نیاز به زمین با مساحت‌های قابل توجه
 - از بین رفتن پوشش گیاهان تالاب‌ها به دلیل آسیب‌هایی که به ریشه آن‌ها وارد می‌شود
 - اثر نامطلوب برخی از آلاینده‌های سمی روی کارایی تالاب‌ها
 - ایجاد بوی بد و فراهم شدن شرایط برای رشد و پرورش پشه‌ها در تالاب
 - در تالاب‌ها و حوضچه‌های مرطوب، در صورت عدم ساز و کار مناسب، شرایط نامناسبی از دید انباشت زباله‌ها و لجن‌ها در این تالاب‌ها ایجاد می‌شود و این مورد از معایب این تالاب‌ها بوده که برای رفع یا کاهش این مشکل می‌بایست تمهیداتی در ارتباط با جلوگیری از ورود زباله در آن‌ها دیده شود.

پ. ۴-۱۸- اقدامات خاص بهبود کیفی آب

اگرچه راهکارهای سازه‌ای ممکن است تا حدی فرسایش و رسوب‌گذاری در رودخانه‌ها را کنترل کرده و به بهسازی شرایط رودخانه کمک کند ولی در صورت عدم بهبود وضعیت کیفی آب رودخانه، گیاهان و جانداران و اکوسیستم پایدار رودخانه که وابسته به کیفیت آب است به تدریج از بین رفته و رودخانه از شرایط طبیعی خود دور می‌شود. در این قسمت با توجه به شرایط بازه مورد مطالعه از رودخانه، موقعیت آن در حوضه آبریز و همچنین منابع تولید آلاینده‌ها و نوع آلاینده‌ها، راهکارهایی برای بهبود کیفیت آب رودخانه ارائه می‌شود.

این نکته بسیار مهم است که از میان راهکارهای بهسازی کیفی در دسترس، انتخاب در ست یک یا چند راهکار که اجرایی بوده و کارایی بالایی داشته باشند می‌بایست در دستور کار قرار گیرد. انتخاب روش‌های یکسان حتی در رودخانه‌هایی با شرایط مشابه نیز ممکن است همواره امکان‌پذیر نبوده و حتی نتایج معکوسی از دید بهسازی کیفی در پی داشته باشد.

پ.۴-۱۹- توجه به کیفیت آب در مبدا

علاج‌بخشی کیفی آب در بالادست حوضه و سرچشمه‌ها عموماً به عنوان موثرترین کار به منظور رسیدگی کردن به مسایل آلودگی و کیفیت آب به شمار می‌رود و در این راستا ممکن است نیاز باشد یک روش در مقیاس حوضه آبریز به کار گرفته شود.

در بسیاری موارد اقدامات لازم در راستای کاهش آلاینده‌ها و بهبود کیفیت آب در حوضه آبریز، اغلب از طریق فشار سیاسی یا قانونی بر مقامات تصمیم‌گیر، از طریق ذینفعان و علاقمندان به محیط زیست و ایجاد انگیزه در موارد زیر، به بهترین وجه پاسخ می‌دهد:

- نظارت بر پتانسیل‌های فرسایشی حوضه ناشی از کاربری نادرست از حوضه (مثلاً رواناب جاری شده از دامنه های شخم زده برای کشاورزی، رواناب ناشی از پروژه‌های توسعه‌ای در حال اجرا به ویژه آن‌هایی که در دامنه ها و شیب‌ها قرار دارند)
- حصول اطمینان از اجرای بهترین اقدامات کاربردی انجام شده بر روی منابع تولید رواناب‌های آلوده حوضه آبریز (مانند پساب‌های فاضلاب‌ها، رواناب خروجی از دامپروری‌ها، زباله‌ها و سموم کشاورزی)
- اجرای اقدامات کنترلی برای جلوگیری از نشت آب‌های زیرزمینی آلوده به رودخانه‌ها (مانند تلفیقی از اقداماتی چون انسداد و آب بندی نواحی آلوده، قطع کردن مسیر زهکش‌های انحرافی)
- انجام اقدامات پیش‌گیرانه بر فعالیت‌های کشاورزی با مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی و حشره‌کش‌ها و تشویق فعالیت‌هایی که تأثیرات منفی خیلی کم‌تری روی محیط زیست به ویژه اکوسیستم‌های آبی دارند.
- تشویق به استفاده مجدد از پساب فاضلاب‌های تصفیه شده به جای تخلیه آن در رودخانه‌ها
- اعمال فشار بر مقامات محلی برای بهبود سطوح جمع‌آوری فاضلاب و زباله‌های جامد و سرویس‌دهی در مناطق مسکونی که این اقدامات منجر به کاهش رواناب‌های آلوده در منطق مسکونی با تراکم بالا می‌شود.

پ.۴-۲۰- مدیریت انتشار رواناب‌های آلوده

همچنان که پیشتر گفته شد کاشت نوارهایی بافری در سواحل رودخانه از روش‌های موثر و کارا برای جلوگیری و یا کاهش آلودگی‌های حاصل از نشت از کناره‌ها به داخل رودخانه‌ها می‌باشد. البته بایستی در نظر داشت که این گونه نواحی ایجاد شده در کنار رودخانه‌ها، در جریان‌های آلوده نشستی زیر سطحی و همچنین در مورد منابع آلوده کننده نقطه‌ای کارایی چندانی ندارد.

اگر چه چنین بافرهایی برای اهداف مختلفی مانند ایجاد زیستگاه‌ها و کریدورهای زیست محیطی مناطق تفریحی و رفاهی توصیه می‌شود و بسیار موثر است، با این وجود تعیین پهنای بافرها نیازمند اطلاع از نوع آلودگی‌ها و غلظت

آلودگی‌ها نشت یافته از نواحی ساحلی به داخل رودخانه و همچنین کیفیت و ویژگی‌های خود ناحیه بافر شامل نوع خاک و پوشش گیاهی و میزان سطح پوشش آن دارد.

پ.۴-۲۱- مدیریت منابع آلاینده نقطه‌ای

در منابع آلاینده نقطه‌ای مانند پساب تصفیه‌خانه‌ها، خروجی فاضلاب‌ها، زه‌آب کارخانه‌ها و مانند آن می‌توان اقدامات زیر را برای بهبود کیفیت آب به کار بست.

- انحراف رواناب‌های ناشی از بارندگی به داخل فاضلاب‌ها و یا به سمت تصفیه‌خانه‌های فاضلاب
- تثبیت نواحی در حال فرسایش که در ایجاد رسوب نقش دارند.
- مدیریت رواناب‌های ناشی از فعالیت‌های ساخت و ساز عمرانی در کل حوضه
- ذخیره‌سازی و تصفیه رواناب‌های بارندگی همراه با فاضلاب‌ها
- به کارگیری جداکننده‌های روغن و ریزدانه‌ها در سیستم‌های مدیریت آب باران
- عبور دادن آب‌های آلوده از میان تالاب‌های ساخته شده
- تله‌اندازی زباله‌ها و رسوبات در نواحی بالادست رودخانه‌ها
- راهکارهای درون جریانی برای نظارت به آلودگی آب
- دیگر راهکارهای بهبود کیفیت آب درون جریانی شامل موارد زیر است:
- باز رویانی پوشش گیاهی بستر در کناره‌های رودخانه برای کاهش پتانسیل ورود رسوبات به داخل جریان
- کاشت درختان در طول رودخانه با هدف بهبود کنترل فرسایشی و یا افزایش رسوب‌گذاری و/یا جذب مواد مغذی
- کنترل آلودگی‌ها در بالادست رودخانه و یا خارج از رودخانه و همچنین رقیق کردن جریان رودخانه (به وسیله افزودن رواناب بارندگی‌ها و یا پساب‌های تصفیه شده به داخل رودخانه‌ها)
- تالاب‌های شناور: احداث تالاب‌های داخل جریان رودخانه و یا متصل به آن نیز راهکار دیگری برای بهبود کیفیت آب می‌باشد. چنین تالاب‌هایی ممکن است به منظور تسهیل در برداشت گیاهان و ریشه‌های آن‌ها و در نتیجه حذف مواد مغذی و همچنین جذب و یا تله‌اندازی دیگر آلاینده‌ها در داخل جریان مفید باشند.
- افزون بر این مفیدترین نقش این تالاب‌ها می‌تواند در ایجاد زیستگاه‌های پیچیده‌تری باشد که به طریق دیگر به صورت اکولوژیکی سبب پاکسازی آب رودخانه شده و پتانسیل تشکیل اکوسیستم‌های پیچیده‌تری را ایجاد می‌کند که در آن‌ها توانایی و رشد و نمو آفت‌ها مانند پشه‌ها کم‌تر است. در جدول (پ.۴-۵) تعدادی از روش‌های اجرایی ممکن برای بهبود کیفیت آب رودخانه درخصوص موارد ارائه شده در جدول، آورده شده است. امکان‌پذیری طراحی و اجرای این روش‌ها بستگی به موقعیت و وضعیت محدوده مورد مطالعه، موقعیت آن در حوضه آبریز و منبع و نوع آلودگی دارد.

جدول پ. ۴-۵- راهکارهای بهسازی کیفیت آب رودخانه متناسب با وجود آلاینده‌های مختلف

عوامل موثر در آلاینده‌گی آب	راهکارهای بهسازی کیفیت آب رودخانه
مواد مغذی، فسفر و نیتروژن	- حذف مواد مغذی از منابع تولید آن‌ها - تله‌اندازی رسوبات ورودی به رودخانه. فسفر اغلب به مواد رسوبی غیرآلی مانند رس‌ها و ماسه‌های نرم چسبیده و متصل می‌شود و بنابراین می‌توان آن‌ها را با تله‌اندازی رسوبات حذف نمود - حذف رسوبات غنی‌شده از داخل مسیل‌ها در شرایط حاد - ایجاد نوارهای فیلتر گیاهی در امتداد نواحی تراوش یا رواناب آلوده به داخل مسیل یا رودخانه - چیدن و برداشتن گیاهانی که مواد مغذی در آن‌ها جمع شده است. بیش‌تر مواد مغذی معمولاً در ریشه، خاک و نواحی میکروبی وجود دارند تا ساقه‌ها و برگ‌ها (به جز در مورد گیاهان شناور و بدون ریشه)
شوری	- دفع شوری به صورت موضعی از منابع آلاینده. در این مورد ارائه راهکار برای یک ناحیه وسیع و حتی سایت یک پروژه بهسازی دشوار است - مداخله در سطح حوضه آبریز به منظور تغییر در کاربری زمین‌ها و همچنین کنترل منابع نمکی و یا حاوی ترکیبات نمکی - هدایت و وارد کردن آب‌های شیرین شاخه‌های فرعی به داخل رودخانه و جلوگیری از ورود آب‌های شور. شاخه‌های فرعی ممکن است به طور طبیعی حاوی نمک و شوری باشند. نهرها و جریان‌های کوچک‌تر نیز ممکن است بسیار شورتر باشند و در این مورد به علت تعدد آن‌ها، بهتر است کنترل شوری از طریق مقامات محلی و ذینفعان صورت گیرد.
مواد سمی	- فلزات سنگین ممکن است در میان رسوبات قرار گیرند و بنابراین بستر رودخانه‌ها، نزارها و نواحی پر شده با رسوبات رودخانه‌ای در آب‌های آلوده، پتانسیل انباشت فلزات سنگین را دارند و می‌بایست توجه نمود که در کاربری‌های مختلف، هرگونه آشفته‌گی در بسترها، کناره‌ها، تالاب‌ها و رسوبات انباشته شده می‌تواند سبب جابجایی آلاینده‌هایی شوند که تاکنون پایدار شده‌اند. - هیدروکربن‌ها باید از منابع آبی جدا شوند. می‌توان بسته به شرایط و امکان‌پذیری از جداکننده‌های روغن و چربی استفاده نمود. - در بازه‌هایی که غلظت آمونیاک بالا باشد، هوادهی جریان ممکن است موثر باشد. این تاثیر جایی بیش‌تر اهمیت دارد که pH بیش‌تر از ۸ باشد چرا که با افزایش pH به مقادیر بیش‌تر از ۸، نسبت NH_3 سمی به NH_4 غیرسمی به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد
کدورت و رسوبات ریزدانه	- شناسایی، حذف و یا کنترل منابع ایجاد کدورت در رودخانه. معمولاً برای کنترل و یا کاهش منابع تولید کدورت در آب نیاز به مداخلاتی در سطح حوضه می‌باشد و همواره قابل اجرا نیست ولی در حوضه‌های کوچک و یا در ارتفاعات حوضه، چنین اقداماتی امکان‌پذیر است. بررسی و برآورد رودخانه در شرایط پراپی و کم‌آبی ممکن است برای شناسایی منابع رسوبی با استفاده از معیار کدورت آب مفید باشد. توجه شود که در برخی موارد علت اصلی ایجاد کدورت در رودخانه، ممکن است ورود هرزآب خروجی از نواحی کشاورزی و یا صنعتی بدون حاشیه و یا موارد مشابه آن باشد. در چنین مواردی اقدامات اصلاحی شامل ایجاد یک لایه از نوارهای گیاهی می‌باشد. - تله‌اندازی رسوبات رودخانه و شاخه‌های فرعی با استفاده از ایجاد لایه‌هایی از نوارهای گیاهی و تله‌های رسوب‌گیر. توجه شود که تله‌های رسوب‌گیر برای رسوبات ریزدانه مانند رس‌ها راندمان پایینی دارند ولی روش‌های دیگر مانند حوضچه‌های تاخیری و نوارهای گیاهی تاثیر و راندمان بالاتری دارند. - تله‌اندازی رسوبات در داخل نهرها و مسیل‌ها. چنین روش‌هایی ممکن است شامل ایجاد پوشش گیاهی روی کناره‌های فرسایش یافته، پهن کردن بازه‌های باریک رودخانه برای ایجاد یک جریان کم‌عمق و کم سرعت به منظور افزایش نرخ ته‌نشینی رسوبات و افزایش رشد نزارها و دیگر گیاهان در این بازه از رودخانه برای افزایش راندمان تله‌اندازی رسوبات
کمبود اکسیژن محلول	- انتقال هرزآب‌ها و زه‌آب‌های آلوده با کانال‌های روباز به جای لوله به منظور ایجاد شرایطی برای هواگیری بیش‌تر جریان و افزایش اکسیژن محلول در آب - ایجاد نواحی سایه‌دار و خنک‌تر با کاشت درختان و گیاهان ساحلی - احداث سازه‌های کوچک درون جریانی مانند سرریزها به منظور هوادهی جریان و افزایش اکسیژن محلول در آب

ادامه جدول پ.۴-۵- راهکارهای بهسازی کیفیت آب رودخانه متناسب با وجود آلاینده‌های مختلف

عوامل موثر در آلودگی آب	راهکارهای بهسازی کیفیت آب رودخانه
دما	- مدیریت زه‌آب‌های گرم ورودی به رودخانه‌ها در منابع تولید آن‌ها و یا افزایش زمان تخلیه این زه‌آب‌ها - ایجاد نواحی سایه‌دار و خنک‌تر در نواحی ساحلی با استفاده از گونه‌های بومی برای کاهش دمای جریان‌های ورودی به رودخانه
زهکشی معادن اسیدی	- احداث یک مرکز تصفیه متمرکز پیش از نقاط تخلیه زه‌آب‌ها به رودخانه - علاج‌بخشی در نقاط تخلیه نیز پس از مورد اول موثر است ولی در این مورد به دلیل وجود مکان‌های متعدد و بالقوه غیرقابل پیش‌بینی از نقاط تخلیه، پرهزینه‌تر و مشکل‌تر می‌باشد.

پیوست ۵

پرسش نامه ها

- پرسش‌نامه شهروندی

پرسشنامه‌ای که در پیش رو دارید مربوط به شناسایی مهم‌ترین مسائل افت کیفیت منابع آب سطحی از منظر اجتماعی و نهادی است. برخی سوالات در قالب سوالات باز و برخی سوال بسته هستند. هیچ اسم و آدرسی از شما ثبت نمی‌شود، بنابراین خواهشمند است با دقت و با صداقت کامل به سوالات پرسش‌نامه پاسخ دهید. نظرات دقیق و صادقانه شما می‌تواند در انجام و نتیجه‌گیری از این پژوهش بسیار موثر باشد. از دقت نظر و زمانی که صرف پاسخگویی می‌کنید سپاسگزارم.

۱- جنسیت: زن ☐ مرد ☐۲- شغل: کارمند دولت ☐ (نام محل کار و سمت) ☐کشاورز ☐ دامدار ☐ آبی‌پرور ☐ صنعتگر ☐ سایر ☐ نام ببرید..... ☐ بیکار ☐

گویه (نگرش)	کاملاً موافق	موافق	نظری ندارم	مخالف	کاملاً مخالف
به نظر من طبیعت تا جایی دارای اهمیت است که برای بشر قابل استفاده باشد.					
طبیعت خود را بازیابی می‌کند لذا افت کیفیت منابع آب خودش بهبود خواهد یافت.					
حفاظت از کیفیت منابع آب به عهده دولت است نه مردم.					
کیفیت منابع آب ما آنقدرها هم که می‌گویند بد نیست.					
ما مردم بی‌مسئولیتی در برابر حفاظت از کیفیت منابع آب داریم.					
ما دولت بی‌مسئولیتی در برابر حفاظت از کیفیت منابع آب داریم.					
به نظر من فعالان زیست محیطی در مورد افت کیفیت منابع آب اغراق میکنند.					
نباید به اسم حفاظت از کیفیت منابع آب به مشاغل و صنایع سخت گرفته شود.					
اولویت باید توسعه اقتصادی باشد نه حفاظت از کیفیت منابع آب.					
وقتی می‌بینم بقیه مردم زباله خود را در رودخانه رها می‌کنند من هم رها می‌کنم.					
به نظر من کیفیت منابع آب سطحی منطقه نسبت به قبل افت کرده است					

- از ۱ تا ۱۰ به عملکرد دولت در برابر حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی چه امتیازی می‌دهید (۱ کم‌ترین امتیاز ۱۰ بیش‌ترین امتیاز)؟

- از ۱ تا ۱۰ به عملکرد مردم عادی در برابر حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی چه امتیازی می‌دهید (۱ کم‌ترین امتیاز ۱۰ بیش‌ترین امتیاز)؟

- از ۱ تا ۱۰ به عملکرد صنایع و کسب و کارها در برابر حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی چه امتیازی می‌دهید (۱ کم‌ترین امتیاز ۱۰ بیش‌ترین امتیاز)

چقدر با گزاره‌های زیر موافقت می‌کنید؟

گویه (دانش)	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم
متولیان حفاظت از کیفیت منابع آب را می‌شناسم					
از شرح وظایف نهادهای متولی حفاظت از کیفیت منابع آب اطلاع داریم					
از قوانین حفاظت از کیفیت منابع آب اطلاع داریم					
از استانداردهای حفاظت از منابع آب اطلاع داریم					
به اندازه کافی در رابطه با چگونگی حفاظت از کیفیت منابع آب اطلاع دارم.					
کشاورزان از میزان استاندارد استفاده از سموم و آفات کشاورزی برای حفظ کیفیت منابع آب اطلاع دارند.					
به نظر من با اطلاع رسانی و آموزش لازم در مورد استاندارد استفاده از سموم و آفات کشاورزی به کشاورزان آن‌ها عملکرد بهتری در حفاظت از منابع آب خواهند داشت.					
به نظر من کشاورزان اطلاع کافی در رابطه با استاندارد استفاده از سموم و آفات کشاورزی برای حفظ کیفیت منابع آب را دارند اما منافع آن‌ها باعث تخطی از استاندارد می‌شود.					
به نظر من کشاورزان قصد آلوده کردن آب را ندارند اما دولت راهکار جایگزینی به آن‌ها ارائه نداده است.					

خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	گویه (دانش)
					صنعتگران از میزان استاندارد دفع فاضلاب صنعتی برای حفظ کیفیت آب رودخانه اطلاع کافی دارند.
					به نظر من صنایع اطلاع کافی در رابطه استاندارد تخلیه پساب در آب را ندارند.
					من فکر میکنم با اطلاع رسانی و آموزش لازم در مورد استاندارد تخلیه پساب به صنایع آنها عملکرد بهتری در حفاظت از منابع آب خواهند داشت.
					به نظر من صنایع دانش و اطلاع کافی در رابطه استاندارد تخلیه پساب در آب را دارند اما منافع آنها باعث می شود از آن استاندارد تخطی کنند.
					به نظر من صنعتگران قصد آلوده کردن آب را ندارند اما دولت راهکار جایگزینی به آنها ارائه نداده است.
					خودم را در برابر حفاظت از منابع آب مسئول می دانم
					وسعت آلودگی رودخانه توسط صنایع آنقدر زیاد است که حفاظت من از کیفیت منابع آب تأثیر چندانی نخواهد داشت.
					تا زمانی که دولت برای کیفیت منابع آب کاری نکند من هر کاری هم برای حفاظت از آب انجام دهم تأثیری ندارد.
					هر انسانی به اندازه خودش می تواند در حفظ کیفیت منابع آب سطحی اثرگذار باشد.
					دیگر امیدی به بهبود وضعیت کیفیت آب رودخانه ندارم

پرسشنامه ای که در پیش رو دارید مربوط به شناسایی مهم ترین مسائل افت کیفیت منابع آب سطحی از منظر نهادهای است. برخی سوالات در قالب سوالات باز و برخی سوال بسته هستند. هیچ اسم و آدرسی از شما ثبت نمی شود، بنابراین خواهشمند است با دقت و با صداقت کامل به سوالات پرسشنامه پاسخ دهید. نظرات دقیق و صادقانه شما می تواند در انجام و نتیجه گیری از این پژوهش بسیار موثر باشد. از دقت نظر و زمانی که صرف پاسخگویی می کنید سپاسگزارم.

- از نظر شما کیفیت منابع آب سطحی منطقه شما چقدر قابل قبول است؟ از ۱ تا ۱۰ امتیازی دهید (۱ کمترین امتیاز ۱۰ بیشترین امتیاز)؟
 - به نظر شما در افت کیفیت منابع آب سطحی منطقه چه کسانی بیشترین تقصیر را دارند؟ به ترتیب از ۱ تا ۵ نمره دهید (اثرگذارترین عدد ۱ و الی آخر):

- دولت
- مردم عادی
- صنایع و کارخانجات
- کشاورزان، دامداران و آبی پرووران
- کاسبان
- ساخت و سازهای غیرمجاز

کاملاً مخالف	مخالف	نظری ندارم	موافق	کاملاً موافق	گویه (دانش)
					از استاندارد کیفیت آب اطلاع کامل دارم
					به نظر من منابع آب منطقه ما دارای کیفیت استنداردی است
					من با خیال راحت ماهی های دریاچه و رودخانه محلی را استفاده میکنم
					نسبت به آلاینده های آب سطحی اطلاع دارم
					به نظر من قوانین حفاظت از کیفیت آب به اندازه کافی قدرت حفاظت کنندگی را ندارند.
					نیاز به قوانین سختگیرانه تری برای حفاظت از کیفیت منابع آب است.
					افزایش جریمه های آلودگی منابع آب باید افزایش یابد
					افزایش جریمه های آلودگی منابع آب تأثیری در حفاظت از کیفیت منابع آب ندارد.
					به نظر شما اطلاع از قوانین حفاظت از آب در آلودگی می تواند به بهبود کیفیت منابع آب کمک کند؟

زمانی که متوجه افت کیفیت منابع آب شوید به کدام نهاد اطلاع می دهید؟

- پرسش‌نامه نهادی

- ۱- جنسیت: زن ☐ مرد ☐
- ۲- شغل: کارمند دولت ☐ (نام محل کار و سمت)
- در این بخش سوالاتی درمورد برنامه‌های آموزشی مرکز شما جهت حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی پرسیده شده است. خواهشمند است توضیح کامل دهید:
- آیا در مرکز شما برنامه‌ای برای آموزش شهروندان جهت حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی تعریف شده است؟
- موضوعات آموزش شهروندی در رابطه با حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی چیست؟ نام ببرید
- چنانچه آموزشی داده نشده است علت آن چیست؟
- به نظر شما شهروندان برای حفاظت از کیفیت آب سطحی به چه آموزش‌هایی نیاز دارند؟

گویه (آموزش)	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم
چقدر از محتوا و کیفیت آموزش‌هایی که مرکز شما برای حفاظت از کیفیت منابع آب می‌دهد راضی هستید؟					
به نظر شما این آموزش‌ها چقدر در بهبود کیفیت منابع آب سطحی اثرگذار است؟					
آیا به نظر شما آموزش به شهروندان می‌تواند به حفاظت از کیفیت منابع آب کمک کند؟					

- در این بخش سوالاتی درمورد مدیریت مشارکتی حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی پرسیده شده است. خواهشمند است توضیح کامل دهید:
- آیا شما با واگذاری مدیریت کیفیت منابع آب سطحی به شهروندان موافقت می‌کنید؟
 - دلیل اصلی که باور دارید واگذاری مدیریت کیفیت منابع آب سطحی به شهروندان می‌تواند/ یا نمی‌تواند بهبود کیفیت منابع آب سطحی کمک کند را بیان کنید.
 - موانع واگذاری اختیارات مدیریتی در حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی چیست؟ ۵ مورد را ذکر کنید
 - آیا تشکلهای مردمی برای حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی در منطقه شما وجود دارد؟ اگر وجود دارد مهم‌ترین آن‌ها را نام ببرید
 - عملکرد آن‌ها را چگونه ارزیابی می‌کنید؟
 - مهم‌ترین موانع موفقیت آن‌ها در حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی چیست؟
 - اگر تشکلی وجود ندارد چقدر وجود آن‌ها را لازم میدانید؟
 - مهم‌ترین موانع تحقق مدیریت مشارکتی در حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی چیست؟ نام ببرید
- در این بخش سوالاتی درمورد صنایع پرسیده شده است. خواهشمند است توضیح کامل دهید:
- مهم‌ترین قوانین، آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مدیریت فاضلاب صنعتی چیست؟ نام ببرید
 - صنایع چگونه با این دستورالعمل‌ها و قوانین آشنا می‌شوند؟
 - مهم‌ترین ضعف‌های قانونی و سیاستی در مدیریت فاضلاب صنایع را چه میدانید؟ نام ببرید
 - چه پیشنهادی برای ارتقا و بهبود قوانین مدیریت فاضلاب صنعتی دارید؟ نام ببرید
 - آیا برنامه آموزشی جهت ارتقای دانش مدیریت فاضلاب صنایع در مرکز شما تعریف شده است؟
 - اگر تعریف شده است نام ببرید و اگر تعریف نشده است علت آن چیست؟
 - از نظر شما مهم‌ترین ضعف دانش صنعتگران در مدیریت پساب چیست؟
 - حدوداً چند درصد از فاضلاب صنایع در منطقه شما به رودخانه‌ها ریخته می‌شود؟
 - مهم‌ترین مشکل نظارتی بر مدیریت فاضلاب صنایع را چه میدانید؟
 - برای بهبود عملکرد نظارت بر مدیریت فاضلاب صنایع چه پیشنهاداتی دارید؟ نام ببرید
 - چه مشوق‌هایی برای مدیریت فاضلاب صنایع و جلوگیری از ریختن فاضلاب صنعتی به رودخانه وجود دارد؟ نام ببرید
 - چه جرایم و بازدارنده‌هایی برای مدیریت فاضلاب صنایع و جلوگیری از ریختن فاضلاب صنعتی به رودخانه وجود دارد؟

خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	گویه (صنایع)
					از نظر شما چقدر آموزش مدیریت فاضلاب صنعتی به صاحبان صنایع می‌تواند به افزایش کیفیت منابع آب سطحی کمک کند؟
					صنایع چقدر نیاز به آموزش قوانین و مقررات مدیریت فاضلاب صنعتی دارند؟
					صنایع چقدر نیاز به آموزش شیوه‌های نوین مدیریت فاضلاب صنایع دارند؟
					میزان نظارت دوره‌ای مرکز شما از مدیریت فاضلاب صنایع چقدر است؟
					کیفیت نظارت دوره‌ای مرکز شما از مدیریت فاضلاب صنایع چقدر است؟
					چقدر از سلامت و صداقت عملکردی نیروهای نظارت بر فاضلاب صنایع رضایت دارید؟
					به اندازه کافی نیروهای نظارتی در صنایع داریم.
					آیا افزایش بودجه نظارتی بر صنایع می‌تواند به افزایش کیفیت منابع آب سطحی کمک کند؟
					چقدر از نظر شما این مشوق‌ها برای حفظ کیفیت منابع آب اثرگذار است؟
					چقدر از نظر شما این مشوق‌ها برای حفظ کیفیت منابع آب کافی است؟
					چقدر از نظر شما این جرایم و بازدارنده‌ها برای حفظ کیفیت منابع آب اثرگذار است؟
					چقدر از نظر شما این جرایم و بازدارنده‌ها برای حفظ کیفیت منابع آب کافی است؟

- در این بخش سولاتی درمورد کشاورزی، دامداری و آبی‌پروری پرسیده شده است. خواهشمند است توضیح کامل دهید:
- مهم‌ترین قوانین، آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مدیریت دفع سموم و آفات و زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی چیست؟ نام ببرید
 - کشاورزان، دامداران و آبی‌پروران چگونه با این دستورالعمل‌ها و قوانین آشنا می‌شوند؟
 - مهم‌ترین ضعف‌های قانونی و سیاستی در مدیریت زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی را چه می‌دانید؟ نام ببرید
 - چه پیشنهادی برای ارتقا و بهبود قوانین مدیریت زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی دارید؟ نام ببرید
 - حدوداً چند درصد از سموم و آفات و زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی در منطقه شما بدون مدیریت صحیح به رودخانه‌ها ریخته می‌شود؟
 - مهم‌ترین مشکل نظارتی بر مدیریت سموم و آفات و زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی را چه می‌دانید؟
 - برای بهبود عملکرد نظارت بر مدیریت سموم و آفات و زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی چه پیشنهاداتی دارید؟ نام ببرید
 - آیا برنامه آموزشی جهت ارتقای دانش مدیریت سموم و آفات و زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی در مرکز شما تعریف شده است؟ اگر تعریف شده است نام ببرید
 - اگر تعریف نشده است علت آن چیست؟
 - از نظر شما مهم‌ترین ضعف دانش کشاورزان، دامداران و پرورش دهندگان ماهی در مدیریت کیفیت آب سطحی چیست؟
 - چه مشوق‌هایی برای مدیریت سموم و آفات و زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی وجود دارد؟ نام ببرید
 - چقدر از نظر شما این مشوق‌ها برای حفظ کیفیت منابع آب اثرگذار است؟
 - چقدر از نظر شما این مشوق‌ها برای حفظ کیفیت منابع آب کافی است؟
 - چه مشوق‌های دیگری را برای مدیریت سموم و آفات و زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی پیشنهاد می‌دهید؟ نام ببرید
 - چه جرایم و بازدارنده‌هایی برای مدیریت سموم و آفات و زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی وجود دارد؟ نام ببرید
 - چقدر از نظر شما این جرایم و بازدارنده‌ها برای حفظ کیفیت منابع آب اثرگذار است؟
 - چقدر از نظر شما این جرایم و بازدارنده‌ها برای حفظ کیفیت منابع آب کافی است؟
 - چه جرایم و بازدارنده‌های دیگری برای مدیریت سموم و آفات و زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی پیشنهاد می‌دهید؟ نام ببرید

خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	گویه (کشاورزی)
					کشاورزان، دامداران و آبی‌پروران چقدر با این دستورالعمل‌ها و قوانین آشنایی دارند؟
					میزان نظارت دوره‌ای مرکز شما از مدیریت سموم و آفات و زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی چقدر است؟
					کیفیت نظارت دوره‌ای مرکز شما از مدیریت سموم و آفات و زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی چقدر است؟
					آیا نیروهای نظارتی کافی هستند؟
					چقدر از سلامت کاری و صداقت عملکردی نیروهای نظارت بر مدیریت سموم و آفات و زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی رضایت دارید؟
					از نظر شما افزایش بودجه نظارتی بر مدیریت سموم و آفات و زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی می‌تواند به افزایش کیفیت منابع آب سطحی کمک کند؟
					از نظر شما چقدر آموزش مدیریت سموم و آفات و زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی به صاحبان این مشاغل می‌تواند به افزایش کیفیت منابع آب سطحی کمک کند؟
					کشاورزان، دامداران و پرورش‌دهندگان ماهی چقدر نیاز به آموزش شیوه‌های نوین مدیریت زه‌آب دارند؟
					کشاورزان، دامداران و پرورش‌دهندگان ماهی چقدر نیاز به آموزش شیوه‌های نوین مدیریت زه‌آب دارند؟
					چقدر از نظر شما این مشوق‌ها برای حفظ کیفیت منابع آب اثرگذار است؟
					چقدر از نظر شما این مشوق‌ها برای حفظ کیفیت منابع آب کافی است؟
					چقدر از نظر شما این جرایم و بازدارنده‌ها برای حفظ کیفیت منابع آب اثرگذار است؟
					چقدر از نظر شما این جرایم و بازدارنده‌ها برای حفظ کیفیت منابع آب کافی است؟

در این بخش سوالاتی در رابطه با ارتباط نهادی پرسیده شده است:

- مهم‌ترین نهادهای ذیربط و مرتبط با حفاظت از کیفیت از منابع آب سطحی را به ترتیب اهمیت نام ببرید؟
- هر چند وقت یکبار با نهادهای مرتبط با حفاظت از کیفیت منابع آب جلسه دارید؟
- به عملکرد هر یک از نهادهای نام برده شده از ۱ تا ۱۰ چه امتیازی می‌دهید؟ (۱ کم‌ترین امتیاز و ۱۰ بیش‌ترین امتیاز)
- مهم‌ترین مشکلات مرکز شما با هر یک از نهادهای متولی چیست؟
- مهم‌ترین پیشنهادات شما برای همگرایی نهادهای متولی حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی چیست

- عملیاتی سازی مفاهیم در پرسش نامه

تکمیل پرسشنامه ارزیابی نوع نگرش و دلایل بی توجهی افراد به حفاظت از کیفیت منابع آب

نگرش	حفاظت از آب	به نظر من طبیعت تا جایی دارای اهمیت است که برای بشر قابل استفاده باشد. طبیعت خود را بازیابی می کند لذا افت کیفیت منابع آب خودش بهبود خواهد یافت. حفاظت از کیفیت منابع آب به عهده دولت است نه مردم. کیفیت منابع آب ما آنقدرها هم که می گویند بد نیست. از ۱ تا ۱۰ به عملکرد دولت در برابر حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی چه امتیازی می دهید (۱ کمترین امتیاز ۱۰ بیشترین امتیاز) از ۱ تا ۱۰ به عملکرد مردم عادی در برابر حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی چه امتیازی می دهید (۱ کمترین امتیاز ۱۰ بیشترین امتیاز) از ۱ تا ۱۰ به عملکرد صنایع و کسب و کارها در برابر حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی چه امتیازی می دهید (۱ کمترین امتیاز ۱۰ بیشترین امتیاز) ما مردم بی مسئولیتی در برابر حفاظت از کیفیت منابع آب داریم. ما دولت بی مسئولیتی در برابر حفاظت از کیفیت منابع آب داریم. به نظر من فعالان زیست محیطی در مورد افت کیفیت منابع آب اغراق می کنند. نباید به اسم حفاظت از کیفیت منابع آب به مشاغل و صنایع سخت گرفته شود. اولویت باید توسعه اقتصادی باشد نه حفاظت از کیفیت منابع آب. وقتی بقیه مردم زباله خود را در رودخانه رها می کنند من چرا رها نکنم. از نظر شما کیفیت منابع آب سطحی منطقه شما چقدر قابل قبول است؟ از ۱ تا ۱۰ امتیازی دهید (۱ کمترین امتیاز ۱۰ بیشترین امتیاز) از نظر شما کیفیت منابع آب سطحی منطقه شما چقدر نسبت به قبل افت کرده است؟ به نظر شما در افت کیفیت منابع آب سطحی منطقه چه کسانی بیشترین تأثیر را دارند؟ به ترتیب از ۱ تا ۵ نمره دهید (اثرگذارترین عدد ۱ و الی آخر): دولت مردم عادی صنایع و کارخانجات کشاورزان کاسبان ساخت و سازها
------	-------------	---

به نظر من طبیعت تا جایی دارای اهمیت است که برای بشر قابل استفاده باشد. طبیعت خود را بازیابی می‌کند لذا افت کیفیت منابع آب خودش بهبود خواهد یافت. حفاظت از کیفیت منابع آب به عهده دولت است نه مردم. کیفیت منابع آب ما آنقدرها هم که می‌گویند بد نیست. از ۱ تا ۱۰ به عملکرد دولت در برابر حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی چه امتیازی می‌دهید (۱ کم‌ترین امتیاز ۱۰ بیشترین امتیاز) از ۱ تا ۱۰ به عملکرد مردم عادی در برابر حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی چه امتیازی می‌دهید (۱ کم‌ترین امتیاز ۱۰ بیشترین امتیاز) از ۱ تا ۱۰ به عملکرد صنایع و کسب و کارها در برابر حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی چه امتیازی می‌دهید (۱ کم‌ترین امتیاز ۱۰ بیشترین امتیاز) ما مردم بی‌مسئولیتی در برابر حفاظت از کیفیت منابع آب داریم. ما دولت بی‌مسئولیتی در برابر حفاظت از کیفیت منابع آب داریم. به نظر من فعالان زیست محیطی در مورد افت کیفیت منابع آب اغراق می‌کنند. نباید به اسم حفاظت از کیفیت منابع آب به مشاغل و صنایع سخت گرفته شود. اولویت باید توسعه اقتصادی باشد نه حفاظت از کیفیت منابع آب. وقتی بقیه مردم زباله خود را در رودخانه رها می‌کنند من چرا رها نکنم. از نظر شما کیفیت منابع آب سطحی منطقه شما چقدر قابل قبول است؟ از ۱ تا ۱۰ امتیاز دهید (۱ کم‌ترین امتیاز ۱۰ بیشترین امتیاز) از نظر شما کیفیت منابع آب سطحی منطقه شما چقدر نسبت به قبل افت کرده است؟ به نظر شما در افت کیفیت منابع آب سطحی منطقه چه کسانی بیشترین تأثیر را دارند؟ به ترتیب از ۱ تا ۵ نمره دهید (اثرگذارترین عدد ۱ و الی آخر): دولت مردم عادی صنایع و کارخانجات کشاورزان کاسبان ساخت و سازها		
--	--	--

تکمیل پرسشنامه ارزیابی میزان دانش افراد از میزان آلودگی و عوامل آلوده‌کننده آب‌های سطحی منطقه

	دانش شناختی	کیفیت و میزان آلودگی آب	از استاندارد کیفیت آب اطلاع کامل دارم به نظر من منابع آب منطقه ما دارای کیفیت استاندارد است من با خیال راحت ماهی‌های دریاچه و رودخانه محلی را استفاده می‌کنم نسبت به آلاینده‌های آب سطحی اطلاع دارم چقدر از استانداردهای حفاظت از منابع آب اطلاع دارید؟ از ۱ تا ۱۰ نمره دهید (۱ کم‌ترین امتیاز و ۱۰ بیش‌ترین امتیاز)
	دانش سیاستی	دانش در مورد قوانین بازدارنده	به نظر من قوانین حفاظت از کیفیت آب به اندازه کافی قدرت حفاظت‌کنندگی را ندارند. نیاز به قوانین سختگیرانه‌تری برای حفاظت از کیفیت منابع آب است. افزایش جریمه‌های آلودگی منابع آب باید افزایش یابد افزایش جریمه‌های آلودگی منابع آب تأثیری در حفاظت از کیفیت منابع آب ندارد. چقدر از قوانین حفاظت از کیفیت منابع آب اطلاع دارید؟ (از ۱ تا ۱۰ نمره دهید ۱ کم‌ترین امتیاز و ۱۰ بیش‌ترین امتیاز) به نظر شما اطلاع از قوانین حفاظت از آب در آلودگی می‌تواند به بهبود کیفیت منابع آب کمک کند؟
	دانش در مورد نهاد متولی حفاظت		زمانی که با مشکل کیفیت منابع آب مواجه می‌شوید به کدام نهاد اطلاع می‌دهید؟ آیا متولیان حفاظت از کیفیت منابع آب را می‌شناسید؟ چقدر از شرح وظایف نهادهای متولی حفاظت از کیفیت منابع آب اطلاع دارید؟
دانش	دانش عملکردی	دانش عملکرد صحیح حفاظت از آب	به اندازه کافی در رابطه با چگونگی حفاظت از کیفیت منابع آب اطلاع دارم. به‌عنوان یک کشاورز از میزان استاندارد استفاده از سموم و آفات کشاورزی برای حفظ کیفیت منابع آب اطلاع دارم. (اگر پاسخگو کشاورز بود این سوال پرسیده شود) من فکر می‌کنم با اطلاع رسانی و آموزش لازم در مورد استاندارد استفاده از سموم و آفات کشاورزی به کشاورزان آن‌ها عملکرد بهتری در حفاظت از منابع آب خواهند داشت. به نظر من کشاورزان اطلاع کافی در رابطه استاندارد استفاده از سموم و آفات کشاورزی برای حفظ کیفیت منابع آب را دارند اما منافع آن‌ها باعث می‌شود از آن استاندارد تخطی کنند. به نظر من کشاورزان قصد آلوده کردن آب را ندارند اما دولت راهکار جایگزینی به آن‌ها ارائه نداده است. به‌عنوان کسی که در حوزه صنعت فعال هستم از میزان استاندارد دفع فاضلاب صنعتی برای حفظ کیفیت آب رودخانه اطلاع دارم. (اگر پاسخگو صنعتگر بود این سوال پرسیده شود) به نظر من صنایع اطلاع کافی در رابطه استاندارد تخلیه پساب در آب را ندارند. من فکر می‌کنم با اطلاع‌رسانی و آموزش لازم در مورد استاندارد تخلیه پساب به صنایع آن‌ها عملکرد بهتری در حفاظت از منابع آب خواهند داشت. به نظر من صنایع دانش و اطلاع کافی در رابطه استاندارد تخلیه پساب در آب را دارند اما منافع آن‌ها باعث می‌شود از آن استاندارد تخطی کنند. به نظر من صنعتگران قصد آلوده کردن آب را ندارند اما دولت راهکار جایگزینی به آن‌ها ارائه نداده است. به‌عنوان کسی که در حوزه خدمات فعال هستم از میزان استاندارد دفع پساب و آلاینده‌ها برای حفظ کیفیت آب رودخانه اطلاع دارم. (اگر پاسخگو در بخش خدمات فعال بود این سوال پرسیده شود)
	دانش اثربخش رفتار حفاظتی		خودم را در برابر حفاظت از منابع آب مسئول می‌دانم وسعت آلودگی رودخانه توسط صنایع آنقدر زیاد است که حفاظت من از کیفیت منابع آب تأثیر چندانی نخواهد داشت. تا زمانی که دولت برای کیفیت منابع آب کاری نکند من هر کاری هم برای حفاظت از آب انجام دهم تأثیری ندارد.

هر انسانی به اندازه خودش می‌تواند در حفظ کیفیت منابع آب سطحی اثرگذار باشد.			
دیگر امیدی به بهبود وضعیت کیفیت آب رودخانه ندارم			

تکمیل پرسشنامه ارزیابی دانش کارشناسان نهادهای دولتی مرتبط، از چگونگی تعامل با جامعه در موضوع حفاظت از منابع آب

تعامل با مردم	آموزش شهروندی	آیا در مرکز شما برنامه‌ای برای آموزش شهروندان جهت حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی دارد؟ موضوعات آموزش شهروندی در رابطه با حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی چیست؟ چقدر از محتوا و کیفیت این آموزش‌ها راضی هستید؟ به نظر شما این آموزش‌ها چقدر در بهبود کیفیت منابع آب سطحی اثر گذار است؟ چنانچه آموزشی داده نشده است علت آن چیست؟ به نظر شما شهروندان برای حفاظت از کیفیت آب سطحی به چه آموزش‌هایی نیاز دارند؟ آیا به نظر شما آموزش به شهروندان می‌تواند به حفاظت از کیفیت منابع آب کمک کند؟
	تصدی گری	از نظر شما واگذاری مدیریت کیفیت منابع آب سطحی به شهروندان می‌تواند بهبود کیفیت منابع آب سطحی کمک کند؟ ۵ دلیل اصلی را بیان کنید موانع واگذاری اختیارات مدیریتی در حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی چیست؟ ۵ مورد را ذکر کنید
	مدیریت مشارکتی	آیا تشکلهای مردمی برای حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی در منطقه شما وجود دارد؟ اگر وجود دارد مهم‌ترین آن‌ها را نام ببرید عملکرد آن‌ها را چگونه ارزیابی می‌کنید؟ مهم‌ترین موانع موفقیت آن‌ها در حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی چیست؟ اگر تشکلی وجود ندارد چقدر وجود آن‌ها را لازم می‌دانید؟ مهم‌ترین موانع تحقق مدیریت مشارکتی در حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی چیست؟ نام ببرید
تعامل با صنایع	آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌ها	مهم‌ترین قوانین، آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مدیریت فاضلاب صنعتی چیست؟ نام ببرید صنایع چگونه با این دستورالعمل‌ها و قوانین آشنا می‌شوند؟ مهم‌ترین ضعف‌های قانونی و سیاستی در مدیریت فاضلاب صنایع را چه می‌دانید؟ نام ببرید چه پیشنهادی برای ارتقا و بهبود قوانین مدیریت فاضلاب صنعتی دارید؟ نام ببرید
	نظارت و بازرسی	حدودا چند درصد از فاضلاب صنایع در منطقه شما به رودخانه‌ها ریخته می‌شود؟ نظارت دوره‌ای مرکز شما از مدیریت فاضلاب صنایع هر چند وقت یکبار است؟ مهم‌ترین مشکل نظارتی بر مدیریت فاضلاب صنایع را چه می‌دانید؟ آیا نیروهای نظارتی کافی هستند؟ چقدر از سلامت کاری و صداقت عملکردی نیروهای نظارت بر فاضلاب صنایع رضایت دارید؟ برای بهبود عملکرد نظارت بر مدیریت فاضلاب صنایع چه پیشنهاداتی دارید؟ نام ببرید آیا افزایش بودجه نظارتی بر صنایع می‌تواند به افزایش کیفیت منابع آب سطحی کمک کند؟
	آموزش	آیا برنامه آموزشی جهت ارتقای دانش مدیریت فاضلاب صنایع در مرکز شما تعریف شده است؟ اگر تعریف شده است نام ببرید اگر تعریف نشده است علت آن چیست؟ از نظر شما چقدر آموزش مدیریت فاضلاب صنعتی به صاحبان صنایع می‌تواند به افزایش کیفیت منابع آب سطحی کمک کند؟ از نظر شما مهم‌ترین ضعف دانش صنعتگران در مدیریت پساب چیست؟ صنایع چقدر نیاز به آموزش قوانین و مقررات مدیریت فاضلاب صنعتی دارند؟ صنایع چقدر نیاز به آموزش شیوه‌های نوین مدیریت فاضلاب صنایع دارند؟
	مشوق‌ها و بازدارنده‌ها	چه مشوق‌هایی برای مدیریت فاضلاب صنایع و جلوگیری از ریختن فاضلاب صنعتی به رودخانه وجود دارد؟ نام ببرید چقدر از نظر شما این مشوق‌ها برای حفظ کیفیت منابع آب اثرگذار است؟ چقدر از نظر شما این مشوق‌ها برای حفظ کیفیت منابع آب کافی است؟ چه مشوق‌های دیگری را برای مدیریت فاضلاب صنایع و جلوگیری از ریختن فاضلاب صنعتی به رودخانه پیشنهاد می‌دهید؟ نام ببرید چه جرایم و بازدارنده‌هایی برای مدیریت فاضلاب صنایع و جلوگیری از ریختن فاضلاب صنعتی به رودخانه وجود دارد؟ نام ببرید

		چقدر از نظر شما این جرایم و بازدارنده‌ها برای حفظ کیفیت منابع آب اثرگذار است؟ چقدر از نظر شما این جرایم و بازدارنده‌ها برای حفظ کیفیت منابع آب کافی است؟ چه جرایم و بازدارنده‌های دیگری برای مدیریت فا ضلاب صنایع و جلوگیری از ریختن فا ضلاب صنعتی به رودخانه پیشنهاد می‌دهید؟ نام ببرید
	آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌ها	مهم‌ترین قوانین، آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مدیریت دفع سموم و آفات و پساب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی چیست؟ نام ببرید کشاورزان، دامداران و آبی‌پروران چقدر با این دستورالعمل‌ها و قوانین آشنایی دارند؟ کشاورزان، دامداران و آبی‌پروران چگونه با این دستورالعمل‌ها و قوانین آشنا می‌شوند؟ مهم‌ترین ضعف‌های قانونی و سیاستی در مدیریت زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی را چه می‌دانید؟ نام ببرید چه پیشنهادی برای ارتقا و بهبود قوانین مدیریت زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی دارید؟ نام ببرید
	نظارت و بازرسی	حدوداً چند درصد از سموم و آفات و زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی در منطقه شما بدون مدیریت صحیح به رودخانه‌ها ریخته می‌شود؟ نظارت دوره‌ای مرکز شما از مدیریت سموم و آفات و زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی هر چند وقت یکبار است؟ مهم‌ترین مشکل نظارتی بر مدیریت سموم و آفات و زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی را چه می‌دانید؟ آیا نیروهای نظارتی کافی هستند؟ چقدر از سلامت کاری و صداقت عملکردی نیروهای نظارت بر مدیریت سموم و آفات و زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی رضایت دارید؟ برای بهبود عملکرد نظارت بر مدیریت سموم و آفات و زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی چه پیشنهاداتی دارید؟ نام ببرید آیا افزایش بودجه نظارتی بر مدیریت سموم و آفات و زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی می‌تواند به افزایش کیفیت منابع آب سطحی کمک کند؟
تعامل با کشاورزان	آموزش	آیا برنامه آموزشی جهت ارتقای دانش مدیریت سموم و آفات و زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی در مرکز شما تعریف شده است؟ اگر تعریف شده است نام ببرید اگر تعریف نشده است علت آن چیست؟ از نظر شما چقدر آموزش مدیریت سموم و آفات و زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی به صاحبان این مشاغل می‌تواند به افزایش کیفیت منابع آب سطحی کمک کند؟ از نظر شما مهم‌ترین ضعف دانش کشاورزان، دامداران و پرورش دهندگان ماهی در مدیریت کیفیت آب سطحی چیست؟ کشاورزان، دامداران و پرورش دهندگان ماهی چقدر نیاز به آموزش قوانین و مقررات مدیریت زه‌آب دارند؟ کشاورزان، دامداران و پرورش دهندگان ماهی چقدر نیاز به آموزش شیوه‌های نوین مدیریت زه‌آب دارند؟
	مشوق‌ها و بازدارنده‌ها	چه مشوق‌هایی برای مدیریت سموم و آفات و زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی وجود دارد؟ نام ببرید چقدر از نظر شما این مشوق‌ها برای حفظ کیفیت منابع آب کافی است؟ چه مشوق‌های دیگری را برای مدیریت سموم و آفات و زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی پیشنهاد می‌دهید؟ نام ببرید چه جرایم و بازدارنده‌هایی برای مدیریت سموم و آفات و زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی وجود دارد؟ نام ببرید چقدر از نظر شما این جرایم و بازدارنده‌ها برای حفظ کیفیت منابع آب اثرگذار است؟ چقدر از نظر شما این جرایم و بازدارنده‌ها برای حفظ کیفیت منابع آب کافی است؟ چه جرایم و بازدارنده‌های دیگری برای مدیریت سموم و آفات و زه‌آب کشاورزی، دامداری و پرورش ماهی پیشنهاد می‌دهید؟ نام ببرید
تعامل با سایر نهادهای		مهم‌ترین نهادهای ذربط و مرتبط با حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی را به ترتیب اهمیت نام ببرید؟ مرکز شما چقدر با هر یک از نهادهای نام برده شده در سوال بالا تعامل دارد؟ هر چند وقت یکبار با نهادهای مرتبط با حفاظت از کیفیت منابع آب جلسه دارید؟

متولی	به عملکرد هر یک از نهادهای نام برده شده از ۱ تا ۱۰ چه امتیازی می‌دهید؟ (۱ کم‌ترین امتیاز و ۱۰ بیش‌ترین امتیاز) مهم‌ترین مشکلات مرکز شما با هر یک از نهادهای متولی چیست؟ مهم‌ترین پیشنهادات شما برای همگرایی نهادهای متولی حفاظت از کیفیت منابع آب سطحی چیست؟
-------	--

پیوست ۶

شرح خدمات انجام مطالعات بهسازی

کیفی منابع آب سطحی

- ۱- اقدامات اولیه
 - برنامه‌ریزی انجام مطالعات
 - تقسیم‌بندی و تشریح نوع فعالیت‌ها
 - تعیین نیازهای مطالعات
 - تعیین تقدم و تاخر فعالیت‌ها
 - برنامه‌ریزی تشکیل جلسه با کارفرما به منظور تعیین اولویت‌ها، امکانات و ...
 - تهیه برنامه زمان‌بندی انجام مطالعات
- ۲- انجام بازدیدهای میدانی
 - بازدید از مناطقی که از نظر کیفی با آسیب مواجه شده است
 - بازدید از منابع آلاینده نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای
 - بازدید از مناطق بحرانی
 - تعیین بازه مطالعاتی با توجه به مسائل فنی و اعتبار طرح
 - تهیه و تکمیل چک لیست‌های مورد نیاز
- ۳- گردآوری و بررسی گزارش‌ها و مدارک
 - گردآوری گزارش‌ها و مدارک مرتبط موجود در خصوص محدوده مطالعاتی
 - گردآوری داده‌های کیفی موجود
 - گردآوری نوع و منشأ آلاینده‌ها
 - تهیه نقشه با مقیاس مناسب به منظور پیاده‌سازی محدوده مطالعاتی
 - تهیه تصاویر ماهواره‌ای به منظور مقایسه محدوده مطالعاتی در بازه‌های زمانی مختلف
 - گردآوری گزارش‌های مرتبط با کیفیت آب در محدوده مطالعاتی
 - گردآوری اطلاعات و داده‌های مرتبط با مسائل اجتماعی و تهیه پرسش‌نامه‌ها
 - بررسی قوانین، مقررات و استانداردهای ایران در زمینه کیفیت آب‌های سطحی
- ۴- نمونه‌برداری و اندازه‌گیری‌ها
 - نقشه‌برداری شامل نقشه‌های توپوگرافی و نیمرخ‌های طولی و مقاطع عرضی رودخانه به منظور پیاده‌سازی طرح‌های بهسازی
 - تدوین استراتژی برداشت‌های میدانی به لحاظ تعداد، دوره برداشت و موقعیت مکانی
 - نمونه‌برداری از منابع آب سطحی به منظور بررسی شرایط فیزیکو شیمیایی آب
 - نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌های میکروبی

- نمونه برداری و انجام آزمایش‌های فلزات سنگین، مواد سمی و آفت‌کش‌ها
- اندازه‌گیری و نمونه‌برداری از پارامترهای فیزیکی رودخانه و حوضه
- ۵- انجام مطالعات تخصصی
 - تعیین اهداف طرح بهسازی
 - انجام مطالعات اجتماعی
 - شناسایی عوامل تاثیرگذار در بهسازی کیفی
 - بررسی شرایط جریان در رودخانه از دید کمی و کیفی به صورت تاریخی
 - شناسایی و طبقه‌بندی انواع آلاینده‌های منابع آب سطحی در محدوده مورد مطالعه
 - ارائه روش‌ها و راه‌کارهای بهسازی کیفی مبتنی بر حوضه آبریز
 - ارائه روش‌ها و راه‌کارهای بهسازی کیفی مبتنی بر رودخانه و نواحی ساحلی
 - طراحی روش‌های سازه‌ای بهسازی کیفی در حوضه آبریز و رودخانه مورد مطالعه
 - ارائه روش‌های غیرسازه‌ای بهسازی کیفی در حوضه آبریز و رودخانه مورد مطالعه
 - امکان‌سنجی استفاده از گیاه پالایی در ارتقاء کیفیت آب سطحی در محدوده مورد مطالعه
 - بررسی روش‌ها و اقدامات خاص در بهسازی کیفی حوضه آبریز و رودخانه
 - تهیه مدل مفهومی در بهسازی کیفی
 - بررسی و تعیین اولویت‌ها در بهسازی کیفی
 - انتخاب گزینه برتر بهسازی کیفی حوضه آبریز و رودخانه
 - برآورد هزینه اجرای طرح
 - ارائه برنامه تفصیلی و زمان‌بندی اجرای پروژه
 - تهیه گزارش‌های مطالعات تخصصی
- ۶- پیاده‌سازی و اجرای طرح بهسازی کیفی
 - تهیه اسناد مناقصه و نقشه‌ها و مدارک فنی
 - برگزاری فرآیند مناقصه و انتخاب پیمانکار
 - نظارت بر اجرای طرح بهسازی کیفی
 - استفاده از ظرفیت سازمان‌های مردم نهاد
- ۷- ارزیابی طرح بهسازی کیفی اجرا شده
 - تشکیل دفتر نظارت و بازرسی به منظور پایش مستمر طرح اجرا شده
 - انجام فرآیند ارزیابی ادواری طرح اجرا شده به منظور بررسی میزان دستیابی به اهداف پروژه

- تهیه و تکمیل چک لیست‌های ارزیابی
- بررسی نقاط قوت و ضعف طرح اجرا شده
- پیشنهاد ارتقاء روش‌ها و رویکردها در بهسازی
- ۸- انتقال تجربیات حاصل از بهسازی کیفی
 - برنامه‌ریزی برگزاری نشستهای فنی
 - دریافت نقطه نظرات جوامع هدف و ذینفعان
 - به اشتراک گذاری اطلاعات و داده‌ها

منابع و مراجع

- 1- Minagawa T, Shimatani Y. (1999) Study of indices for river restoration on braided river. *Environmental Systems Research*, 27:237-246.
- ۲- راهنمای مطالعات ظرفیت خودپالایی رودخانه‌ها، نشریه شماره ۴۸۱، دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا وزارت نیرو، ۱۳۸۸.
- ۳- حیدرپور، فریده، (۱۳۹۲) ارزیابی غلظت فلزات سنگین در آب و رسوبات سطحی رودخانه حبله رود از سر شاخه نمرود تا دلیچایدر استان سمنان، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی زیست‌محیطی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود
- 4- Dawes, R. (1980). Social dilemmas. *Annual Review of Psychology*, 31: 169- 193.
- 5- Sutton, P (2007), *The Environment: A Sociological Introduction*, Cambridge, Polity Press.
- 6- Peter, A., Kienast, F., & Woolsey, S. (2003). River rehabilitation in Switzerland: scope, challenges and research. *Large Rivers*, 643-656.
- 7- Reichert, P., Borsuk, M., Hostmann, M., Schweizer, S., Spörri, C., Tockner, K., & Truffer, B. (2007). Concepts of decision support for river rehabilitation. *Environmental Modelling & Software*, 22(2), 188-201.
- 8- Darmian, M. D., Monfared, S. A. H., Azizyan, G., Snyder, S. A., & Giesy, J. P. (2018). Assessment of tools for protection of quality of water: uncontrollable discharges of pollutants. *Ecotoxicology and environmental safety*, 161, 190-197.
- 9- Farhadian, M., Haddad, O. B., Seifollahi-Aghmiuni, S., & Loáiciga, H. A. (2015). Assimilative capacity and flow dilution for water quality protection in rivers. *Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste*, 19(2), 04014027.
- 10- Malakoff D. (2004) The river doctor. *Science*, 305: 937.
- 11- Palmer M, Bernhardt E, Allan J, Lake P, Alexander G, Brooks S, Carr J, Clayton S, Dahm C, Follstad Shah J. (2005) Standards for ecologically successful river restoration. *Journal of Applied Ecology*, 42(2):208-217.
- 12- American Rivers, <https://www.americanrivers.org/threats-solutions/restoring-damaged-rivers>
- 13- Nakamura K. (2008) River restoration efforts in Japan: overview and perspective. Public Works Research Institute, Japan. <http://www.pwri.go.jp/eng/activity/pdf/reports/k.nakamura.80601>.
- 14- runke, M. Colmation and depth filtration within streambeds: Retention of particles in hyporheic interstices. *Int. Rev. Hydrobiol.* 1999, 84, 99–117
- 15- Graf, W.; Leitner, P.; Hanetseder, I.; Ittner, L.D.; Dossi, F.; Hauer, C. Ecological degradation of a meandering river by local channelization effects: A case study in an Austrian Lowland river. *Hydrobiologia* 2016, 772, 145–160.
- 16- Kondolf, G.M.; Gao, Y.; Annandale, G.W.; Morris, G.L.; Jiang, E.; Zhang, J.; Cao, Y.; Carling, P.; Fu, K.; Guo, Q.; et al. Sustainable sediment management in reservoirs and regulated rivers: Experiences from five continents. *Earth's Futur.* 2014, 2, 256–280.
- 17- Sumi, T.; Kantoush, S.; Esmaceli, T.; Ock, G. Reservoir sediment flushing and replenishment below dams. In *Gravel-Bed Rivers*; Tsutsumi, D., Laronne, J.B., Eds.; John Wiley & Sons, Ltd.: Chichester, UK, 2017; pp. 385–414.

- 18- Sumi, T.; Kantoush, S. Sediment management strategies for sustainable reservoir. In Dams and Reservoirs under Changing Challenges; Schleiss, A.J., Boes, R.M., Eds.; Taylor & Francis Group: London, UK, 2011; pp. 353–362. ISBN 9780415682671
- 19- Gaeuman, D. High-flow gravel injection for constructing designed in-channel features. *River Res. Appl.* 2014, 30, 685–706.
- 20- Helfield JM, Engström J, Michel JT, Nilsson C, Jansson R. (2012) Effects of river restoration on riparian biodiversity in secondary channels of the Pite River, Sweden. *Environmental management*, 49(1):130-141.
- 21- Paul Buijs & Carmen Toader, Support for Convergence with EU Water Quality Standards in Moldova, Technical report
- 22- Domenica Mirauda a , Marco Ostoich, Surface water vulnerability assessment applying the integrity model as a decision support system for quality improvement, *Environmental Impact Assessment Review*, 2011 (31), 161-171
- 23- <https://www.env.go.jp/en/standards>
- 24- Wu J., et al. (2012). Case study on rehabilitation of a polluted urban water body in Yangtze River Basin, *Environmental Science and Pollution Research*.
- 25- Kantoush, S.A.; Sumi, T.; Kubota, A. Geomorphic response of rivers below dams by sediment replenishment technique. In *Proceedings of the River Flow 2010 Conference*, Braunschweig, Germany, 8–10 September 2010; Dittrich, A., Koll, K., Aberle, J., Geisenhainer, P., Eds.; pp. 1155–1163.
- 26- Ock, G.; Kondolf, G.M.; Takemon, Y.; Sumi, T. Missing link of coarse sediment augmentation to ecological functions in regulated rivers below dams: Comparative approach in Nunome River, Japan and Trinity River, California, US. In *Advances in River Sediment Research*; Fukuoka, S., Nakagawa, H., Sumi, T., Zhang, H., Eds.; Taylor & Francis Group: London, UK, 2013; ISBN 9780429227783.
- 27- Kantoush, S.A.; Sumi, T. Sediment replenishing measures for revitalization of Japanese rivers below dams. In *Proceedings of the 34th IAHR World Congress*, Brisbane, Australia, 26 June–1 July 2011; pp. 2838–2846
- 28- Bunte, K. Gravel Mitigation and Augmentation below Hydroelectric Dams: A Geomorphological Perspective; Colorado State University: Fort Collins, CO, USA, 2004.
- 29- Kondolf, G.M.; Wolman, M.G. The sizes of salmonid spawning gravels. *Water Resour. Res.* 1993, 29, 2275–2285.
- 30- Gaeuman, D.; Stewart, R.; Schmandt, B.; Pryor, C. Geomorphic response to gravel augmentation and high-flow dam release in the Trinity river, California. *Earth Surf. Process. Landf.* 2017, 42, 2523–2540.
- 31- Wheaton, J.M.; Pasternack, G.B.; Merz, J.E. Spawning habitat rehabilitation-II. Using hypothesis development and testing in design, Mokelumne river, California, USA. *Int. J. River Basin Manag.* 2004, 2, 21–37.
- 32- Shimatani Y. (2003) Restoration of river channel morphology at the Nagata Area in the Tama River. *Ecology and Civil Engineering*, 5(2):233-240.
- 33- Nuruzzaman MD, Al-Mamun A, Noor Salleh MD. (2017) A Brief account of river rehabilitation experiences. *IIUM Engineering Journal*, Vol. 18, No. 1.
- 34- Wheaton, J.M.; Pasternack, G.B.; Merz, J.E. Spawning habitat rehabilitation-I. Conceptual approach and methods. *Int. J. River Basin Manag.* 2004, 2, 3–20.

- 35- Merz, J.E.; Ochikubo Chan, L.K. Effects of gravel augmentation on macroinvertebrate assemblages in a regulated California river. *River Res. Appl.* 2005, 21, 61–74.
- 36- Cepello, S.; Kennedy, S.; Manwaring, M.; Pasternack, G.B. Spawning riffle gravel supplementation for Anadromous Spring-Run Chinook Salmon and Steelhead. In *Proceedings of the Waterpower XVI*, Spokane, WA, USA, 27–30 July 2009; pp. 1–18.
- 37- Brousse, G.; Arnaud-Fassetta, G.; Liébault, F.; Bertrand, M.; Melun, G.; Loire, R.; Malavoi, J.; Fantino, G.; Borgniet, L. Channel response to sediment replenishment in a large gravel-bed river: The case of the Saint-Sauveur dam in the Buëch river (Southern Alps, France). *River Res. Appl.* 2020, 36, 880–893.
- 38- Arnaud, F.; Piégay, H.; Béal, D.; Collery, P.; Vaudor, L.; Rollet, A.-J. Monitoring gravel augmentation in a Large regulated river and implications for process-based restoration. *Earth Surf. Process. Landf.* 2017, 42, 2147–2166.
- 39- Heckmann, T.; Haas, F.; Abel, J.; Rimböck, A.; Becht, M. Feeding the hungry river: Fluvial morphodynamics and the entrainment of artificially inserted sediment at the dammed river Isar, Eastern Alps, Germany. *Geomorphology* 2017, 291, 128–142.
- 40- Chardon, V.; Schmitt, L.; Arnaud, F.; Piégay, H.; Clutier, A. Efficiency and sustainability of gravel augmentation to restore large regulated rivers: Insights from three experiments on the Rhine river (France/Germany). *Geomorphology* 2021, 380, 107639.
- 41- Staentzel, C.; Arnaud, F.; Combroux, I.; Schmitt, L.; Trémolières, M.; Grac, C.; Piégay, H.; Barillier, A.; Chardon, V.; Beisel, J.-N. How do instream flow increase and gravel augmentation impact biological communities in large rivers: A case study on the Upper Rhine river. *River Res. Appl.* 2018, 34, 153–164.
- 42- Frings, R.M.; Hillebrand, G.; Gehres, N.; Banhold, K.; Schriever, S.; Hoffmann, T. From source to mouth: Basin-scale morphodynamics of the Rhine river. *Earth Sci. Rev.* 2019, 196, 102830.
- 43- Frings, R.M.; Döring, R.; Beckhausen, C.; Schüttrumpf, H.; Vollmer, S. Fluvial sediment budget of a modern, restrained river: The lower reach of the Rhine in Germany. *Catena* 2014, 122, 91–102.
- 44- Zhang J (1995) Geochemistry of trace metals from Chinese river/estuary systems: an overview. *Estuar Coast Shelf Sci* 41:631–658.
- 45- Minagawa T, Shimatani Y. (1999) Study of indices for river restoration on braided river. *Environmental Systems Research*, 27:237-246.
- 46- Water Quality Monitoring Manual, Volume I – Manual on Ambient Water Quality Monitoring, The Environmental Management Bureau Regional Offices, The JICA Project Technical Assistance Team, Woodfields Consultants (2008).
- 47- Bayard, B., Jolly, M.C., and Shannon, A.D. (2006). The Adoption and Management of Soil Conservation Practices in Haiti: The Case of Rock Walls. *Agricultural Economics Review*, 2: 28-39.
- ۴۸- طاهری، مهسا، عبادی، تقی، ۱۳۹۲، حضور مواد مغذی در آب‌های سطحی و ارائه راهکارهایی جهت مدیریت این مواد، دومین همایش ملی حفاظت و برنامه ریزی محیط زیست
- 49- E Badruzzaman, M., Pinzon, J., Oppenheimer, J., Jacangelo, J.G., (2012). Sources of nutrients impacting surface waters in Florida: a review. *Journal of Environmental Management*, Vol. 109, pp. 80-92.
- ۵۰- استاندارد کیفیت آب‌های ایران، دفتر آب و خاک سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۳۹۵.

- ۵۱- رضایی، کامران، طاهری آزاد، لیلا، ۱۳۸۶، بررسی اثرات آلودگی حرارتی بر موجودات اکوسیستم های آبی، اولین کنفرانس مهندس برنامه ریزی و مدیریت سیستمهای محیط زیست، تهران-دانشگاه تهران - دانشکده محیط زیست
- ۵۲- قارداشی، ابولقاسم، اسعدی، مهدیه، صفری، نیلوفر، ۱۳۹۵، بررسی میزان و علل شوری منابع آب سطحی کشور (مطالعه مروری)، اولین کنفرانس بین المللی آب، محیط زیست و توسعه پایدار، دانشگاه محقق اردبیلی
- ۵۳- کاراندیش، فاطمه، ۱۳۹۴، پایش زمانی شوری منابع آب سطحی در اقلیم مرطوب، دهمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز، دانشگاه شهید چمران

- 54- Włodzimierz Kanownik, W., Agnieszka Policht-Latawiec, A., and Wioletta Fudała, W., (2019) Nutrient Pollutants in Surface Water—Assessing Trends in Drinking Water Resource Quality for a Regional City in Central Europe, , sustainability, 11.1988
- 55- Das, A., Mishra, S.P., Pattanayak, G.D., Sethi, K.Ch., (2019) Geo-Bio Chemistry Of Wetlands In Laterite Mines, The Chilika Catchment, Odisha: Gis Study And Xrfspectroscopy Appraisal., International journal of advanced research , 7(3), 967-985
- 56- Schueler, T.R., 1987. Controlling Urban Runoff. Washington Metropolitan Water Resources Planning Board. Washington DC.
- 57- Tourbier & Walmsley, Inc.: London Grove Township Stormwater Management Guidance Manual. London Grove Township Board of Supervisors, Philadelphia 1996.
- 58- Tourbier, J. Toby; Westmacott, Richard: Water Resources Protection Technology. A Handbook of Measures to Protect Water Resources in Land Development. ULI- The Urban Land Institute, Washington, D.C. 1981.
- 59- Reeder, Rachel (Ed.): A Watershed Approach to Urban Runoff. Handbook for Decisionmakers. Terrene Institute; Washington, D.C. 1996.
- 60- Valipour, A., and Y.H. Ahn, 2016: Constructed wetlands as sustainable ecotechnologies in decentralization practices: a review. Environmental Science and Pollution Research , 23, 80-197.
- 61- Valipour, A., and Y.H. Ahn, 2017: A review and perspective of constructed wetlands as a green technology in decentralization practices. In: Singh, R., and S. Kumar (Eds.), Green Technologies and Environmental Sustainability, Springer, Switzerland, pp. 1-45.
- 62- Valipour A., Raman V.K., Motallebi P., 2010. Application of shallow pond water hyacinth system for domestic wastewater treatment in the presence of high total dissolved solids (TDS) and heavy metal salts. Environmental Engineering and Management, 9, 853-860.
- 63- Valipour A., Raman V.K., Ghole V.S., 2011a. Application of patent Bio-rack wetland system using Phragmites sp. for domestic wastewater treatment in the presence of high total dissolved solids (TDS) and Heavy Metal Salts. Journal of Environmental Science and Engineering, 53, 281-288.
- 64- Kumari M., B.D. Tripathi, 2014. Effect of aeration and mixed culture of Eichhornia crassipes and Salvinia natans on removal of wastewater pollutants. Ecological Engineering, 62, 48-53.
- 65- Valipour A., Azizi S., Raman V.K., Jamshidi S., Hamnabard N., 2014b. The comparative evaluation on the performance of two phytoremediation systems for domestic wastewater treatment. Environmental Science and Engineering, 56, 319-326.
- 66- Baskar, G., Deeptha V.T., Abdul Rahaman A., 2009. Root zone technology for campus waste water treatment. Journal of Environmental Research and Development, 3, 695-705.

- 67- Ciria M.P., Solano M.L., Soriano P., 2005. Role of macrophyte *Typha latifolia* in a constructed wetland for wastewater treatment and assessment of its potential as a biomass fuel. *Biosystems Engineering* , 92, 535-544.
- 68- Sirianuntapiboon S., S. Jitvimolnimit, 2007. Effect of plantation pattern on the efficiency of subsurface flow constructed wetland (SFCW) for sewage treatment. *African Journal of Agricultural Research*, 2, 447-454.
- 69- Valipour A., Raman V.K., Ghole V.S., 2011b. Phytoremediation of domestic wastewater using *Eichhornia crassipes*. *Journal of Environmental Science and Engineering*, 53, 183-190.
- 70- Valipour A., Raman V.K., Ahn Y.H., 2015. Effectiveness of domestic wastewater treatment using a bio-hedge water hyacinth wetland system. *Water*, 7, 329-347.
- 71- Valipour A., Raman V.K., Ghole V.S., 2009. A new approach in wetland systems for domestic wastewater treatment using *Phragmites* sp. *Ecological Engineering*, 35, 1797-1803.
- 72- Valipour A., N. Hamnabard, Woo K.S., Ahn Y.H., 2014a. Performance of high-rate constructed phytoremediation process with attached growth for domestic wastewater treatment: effect of high TDS and Cu. *Environmental Management*, 145, 1-8.
- 73- Stefanakis A.I., Akrotos C.S., Tsihrintzis V.A., 2011. Effect of wastewater step-feeding on removal efficiency of pilot-scale horizontal subsurface flow constructed wetlands. *Ecol. Eng.* 37, 431-443.
- 74- Fan J., Liang S., Zhang B., Zhang J., 2013a. Enhanced organics and nitrogen removal in batch-operated vertical flow constructed wetlands by combination of intermittent aeration and step feeding strategy. *Environmental Science and Pollution Research*, 20, 2448-2455.
- 75- Fan J., Wang W., Zhang B., Guo Y., Ngo H.H., Guo W., Zhang J., Wu H., 2013b. Nitrogen removal in intermittently aerated vertical flow constructed wetlands: impact of influent COD/N ratios. *Bioresource Technology*, 143, 461-466.
- 76- Hu Y., Zhao Y., Rymaszewicz A., 2014. Robust biological nitrogen removal by creating multiple tides in a single bed tidal flow constructed wetland. *Science of the Total Environment*, 470-471, 1197-1204.
- 77- Wu S., Zhang D., Austin D., Dong R., Pang C., 2011. Evaluation of a lab-scale tidal flow constructed wetland performance: oxygen transfer capacity, organic matter and ammonium removal. *Ecological Engineering*, 37, 1789-1795.
- 78- Melian J.A.H., Rodriguez A.J.M., Arana J., Díaz O.G., Henríquez J.J.G., 2010. Hybrid constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in the Canary Islands. *Ecological Engineering*, 36, 891-899.
- 79- Chang J.J., Wu S.Q., Dai Y.R., Liang W., Wu Z.B., 2012. Treatment performance of integrated vertical-flow constructed wetland plots for domestic wastewater. *Ecological Engineering*, 44, 152-159.
- 80- Masi F., N. Martinuzzi, 2007. Constructed wetlands for the Mediterranean countries: hybrid systems for water reuse and sustainable sanitation. *Desalination*, 215, 44-55.
- 81- Ávila C., Salas J.J., Martín I., Aragón C. , García J., 2013a. Integrated treatment of combined sewer wastewater and stormwater in a hybrid constructed wetland system in southern Spain and its further reuse. *Ecological Engineering*, 50, 13-20.
- 82- Ávila C., Garfí M., García J., 2013b. Three-stage hybrid constructed wetland system for wastewater treatment and reuse in warm climate regions. *Ecological Engineering*, 61, 43-49.
- 83- Ávila C., Matamoros V., Reyes-Contreras C., Piña B. , Casado M., Mita L. , Rivetti C. , Barata C., García J., Bayona J.M., 2014. Attenuation of emerging organic contaminants in a hybrid constructed

wetland system under different hydraulic loading rates and their associated toxicological effects in wastewater. Science of the Total Environment, 470-471, 1272-1280.