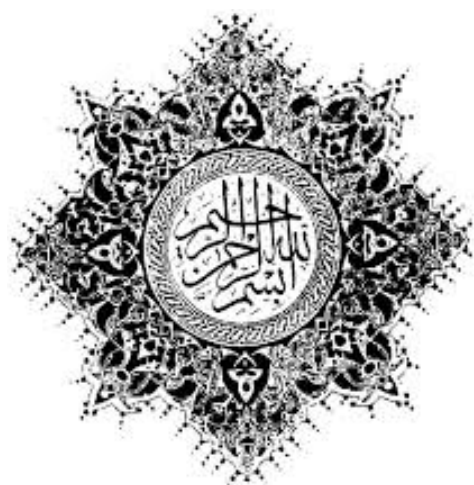




مدیریت منابع آب (راه حل های نوآورانه و سبز)

تالیف:

رابت سی بررز

ترجمه:

مریم محمدرضایی

(دانشجو دکتری علوم و مهندسی آبخیز- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان)

سید پدرام نیووا

(دانشجو دکتری علوم و مهندسی آبخیز- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان)

انتشارات جهاد دانشگاهی واحد استان زنجان

تابستان ۱۴۰۲

سرشناسه : بررز، رابت سی، Brears, Robert C., author. ۱۹۸۱.
عنوان و نام پدیدآور: مدیریت منابع آب (راه حل های نوآورانه و سبز)/تالیف رابت سی بررز؛ ترجمه مریم محمدرضایی، سیدپدرام نی نیوا؛ تهیه کننده انتشارات جهاد دانشگاهی واحد استان زنجان.
مشخصات نشر: تهران: جهاد دانشگاهی، سازمان انتشارات، واحد زنجان، ۱۴۰۲.
مشخصات ظاهری: ۲۳۰ ص.
شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۴۶۰-۶۲۴-۰
وضعیت فهرست نویسی: فیپا
یادداشت : عنوان اصلی: Water resources management : innovative and green solutions.
یادداشت : کتابنامه.
موضوع : آب، منابع -- مدیریت
Water-supply -- Management
شناسه افزوده : محمدرضایی، مریم، ۱۳۷۰-، مترجم
شناسه افزوده : نی نیوا، سید پدرام، ۱۳۷۱
شناسه افزوده : جهاد دانشگاهی، سازمان انتشارات، واحد زنجان
رده بندی کنگره : TD۲۴۵
رده بندی دیویی : ۳۳۲/۹۱
شماره کتابشناسی ملی : ۹۲۸۷۲۹۴
اطلاعات رکورد کتابشناسی: فیپا

مدیریت منابع آب (راه حل های نوآورانه و سبز)

تألیف: رابت سی بررز

ترجمه: مهندس مریم محمدرضایی / مهندس سید پدرام نی نیوا

ناشر: سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی

تهیه کننده: انتشارات جهاد دانشگاهی واحد استان زنجان

چاپ: خوارزمی

نوبت چاپ: اول - ۱۴۰۲

شمارگان: ۱۰۰ نسخه

قیمت: ۲۲۰/۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۴۶۰-۶۲۴-۰

این اثر، مشمول قانون حمایت مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۸۴ است.
هرکسی تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه مؤلف (ناشر) نشر یا پخش یا عرضه نماید مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.



سازمان انتشارات
واحد استان زنجان

نشانی مرکز پخش انتشارات جهاد دانشگاهی: زنجان، دانشگاه زنجان، باشگاه علمی فرهنگی جهاد دانشگاهی

پست الکترونیکی: znacecr@yahoo.com

تلفن: ۰۲۴ - ۳۲۲۸۳۰۱۱

تقدیم به

آنان که ناتوان شدند تا ما به توانایی برسیم...

موهایشان سپید شد تا ما روسفید شویم...

و عاشقانه سوختند تا گرمابخش وجود ما و روشنگر
راهمان باشند...

پدرانمان

مادرانمان

استادانمان

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	۱۳
فصل اول: مقدمه.....	۱۵
چکیده.....	۱۵
مقدمه.....	۱۶
منابع.....	۱۹
فصل دوم: مدیریت نوآورانه آب.....	۲۱
چکیده.....	۲۱
۱-۲- مقدمه.....	۱۲
۲-۲- چالش‌های متعدد در بخش آب.....	۲۲
۳-۲- مدیریت نوین آب.....	۳۰
منابع.....	۳۹
فصل سوم: صرفه‌جویی و بازیافت و استفاده مجدد از آب.....	۴۵
چکیده.....	۴۵
۱-۳- مقدمه.....	۴۵
۲-۳- مدیریت تقاضا.....	۴۶
۳-۳- قیمت‌گذاری آب.....	۴۷
۴-۳- کنتور آب.....	۵۰
۵-۳- نشت‌یابی و بازسازی شبکه توزیع آب.....	۵۲

۵۴	۳-۶- محدودیت‌های آب
۵۶	۳-۷- برچسب‌گذاری بهره‌وری آب.....
۵۸	۳-۸- آموزش و آگاهی.....
۶۱	۳-۹- پروژه‌های نمایشی
۶۲	۳-۱۰- بازیافت و استفاده مجدد از آب.....
۶۹	منابع
۷۳	فصل چهارم: تولید انرژی‌های تجدیدپذیر و بازیابی منابع از پساب
۷۳	چکیده
۷۳	۴-۱- مقدمه
۷۴	۴-۲- فن‌آوری‌های تولید انرژی‌های تجدیدپذیر در تاسیسات تصفیه فاضلاب
۸۱	۴-۳- فعالیت‌های انرژی‌های تجدیدپذیر در ساختمان‌ها و زمین‌های اطراف
۸۴	۴-۴- بهره‌وری انرژی
۸۶	۴-۵- مزایای انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی
۸۷	۴-۶- بازیابی منابع
۹۳	منابع
۹۷	فصل پنجم: سبز کردن زیرساخت‌های آب خاکستری
۹۷	چکیده
۹۷	۵-۱- مقدمه
۹۸	۵-۲- استحصال آب باران
۱۰۱	۵-۳- باغ‌های بارانی
۱۰۳	۵-۳- آبراهه‌های پایدار
۱۰۶	۵-۵- حوضچه‌های مهار و نگهداری سیلاب
۱۰۷	۵-۶- بام‌های سبز
۱۱۰	۵-۷- بام‌های آبی
۱۱۳	۵-۸- روسازی نفوذپذیر
۱۱۵	۵-۹- خیابان‌های سبز
۱۱۸	۵-۱۰- فضاهای چند منظوره
۱۲۰	منابع
۱۲۵	فصل ششم: حفاظت و احیای کیفیت آب در حوضه‌های رودخانه‌ای
۱۲۵	چکیده
۱۲۶	۶-۱- مقدمه
۱۲۶	۶-۲- برنامه‌ریزی حوضه رودخانه برای حفاظت و احیا کیفیت آب.....

۱۳۰	۶-۳- مجوزها
۱۳۷	۶-۴- بهترین شیوه‌های مدیریت
۱۴۷	۶-۵- حفاظت از منبع آب
۱۴۹	منابع
۱۵۳	فصل هفتم: مدیریت هوشمند دیجیتال آب و مدیریت مشتریان آینده
۱۵۳	چکیده
۱۵۴	۷-۱- مقدمه
۱۵۴	۷-۲- مدیریت هوشمند دیجیتال آب
۱۶۷	۷-۳- مدیریت مشتریان آینده
۱۸۱	منابع
۱۸۵	فصل هشتم: ابزارها و رویکردهای مالی نوآورانه برای پروژه‌های آب
۱۸۵	چکیده
۱۸۶	۸-۱- مقدمه
۱۸۶	۸-۲- غلبه بر موانع تامین مالی آب
۱۸۸	۸-۳- قیمت آب
۱۹۰	۸-۴- تخفیف هزینه آب سیل
۱۹۲	۸-۵- معاملات اعتباری حجم سیلاب
۱۹۴	۸-۶- مالیات‌های زیست محیطی
۱۹۵	۸-۷- یارانه‌ها
۱۹۷	۸-۸- مجوزهای قابل تجارت
۲۰۰	۸-۹- پرداخت خدمات اکوسیستم حوزه آبخیز
۲۰۳	۸-۱۰- اوراق قرضه سبز
۲۰۶	۸-۱۱- مشارکت‌های دولتی و خصوصی
۲۱۲	منابع
۲۱۷	فصل نهم : بهترین شیوه‌ها و نتیجه گیری
۲۱۷	چکیده
۲۱۷	۹-۱- مقدمه
۲۱۸	۹-۲- صرفه جویی و بازیافت و استفاده مجدد از آب
۲۲۰	۹-۳- تولید انرژی تجدیدپذیر و بازیابی منابع از پساب
۲۲۲	۹-۴- سبز کردن زیرساخت‌های آب خاکستری
۲۲۳	۹-۵- حفاظت و بازیابی کیفیت آب در حوضه‌های رودخانه
۲۲۴	۹-۶- مدیریت هوشمند آب دیجیتال و مدیریت مشتریان آینده

- ۲۲۸ ۷-۹- ابزارها و رویکردهای مالی نوآورانه برای پروژههای آب
- ۲۳۰ نتیجه‌گیری

فهرست جدول‌ها

جدول ۳-۱- تعرفه‌های آب آبیاری	۴۹
جدول ۳-۲- هزینه‌های تجاری اندازه‌گیری شده جدید آب ایرلند	۵۰
جدول ۳-۳- محدودیت‌های آبی سیدنی	۵۶
جدول ۴-۱- خدمات جامدات زیستی و لز به کشاورزی	۸۹
جدول ۵-۱- نگهداری از آبراهه‌های پایدار	۱۰۵
جدول ۵-۲- اجزای سطوح روسازی نفوذپذیر	۱۱۴
جدول ۵-۳- مزایای خیابان‌های سبز	۱۱۵
جدول ۶-۱- سناریوهای معامله منبع نقطه-منبع نقطه	۱۳۵
جدول ۶-۲- سناریوهای معامله منبع نقطه ای-منبع غیر نقطه ای	۱۳۶
جدول ۶-۳- دسته‌ها و نرخ‌های اعتبار آب سیل	۱۴۵
جدول ۶-۴- بهترین شیوه‌های سازه‌ای و غیر سازه‌ای مدیریت آب سیل	۱۴۶
جدول ۷-۱- مزایای مدیریت هوشمند دیجیتال آب	۱۵۵
جدول ۷-۲- زمینه‌ها استفاده از هوش مصنوعی در مدیریت منابع آب	۱۶۶
جدول ۷-۳- چارچوب استراتژیک برای افزایش مشارکت مشتری	۱۶۹
جدول ۷-۴- نمونه‌هایی از استراتژی‌های رسانه‌های اجتماعی در توییت‌ر برای جذب مشتریان	۱۷۵
جدول ۷-۵- استراتژی‌هایی برای ارتقای تجربیات مشتری	۱۷۶
جدول ۸-۱- افزایش نرخ آب و پساب در آب تورنتو	۱۹۰
جدول ۸-۲- مقوله‌های اعتباری شهر گوتلف	۱۹۱
جدول ۸-۳- ضوابط زیرساخت آب	۲۰۵

پیشگفتار

آب سر منشاء تولید تلاش و تمدن است. خداوند در قرآن کریم به عنوان والاترین و تنهاترین خالق هستی، حیات هر چیزی را به آب وابسته دانسته است و تداوم حیات را در گرو وجود آب دانسته است. بین توان تامین آب و شدت تقاضا در جهان خلاءهایی وجود دارد که بحران آفرین است. هنگامی که این عدم تعادل با مجموعه راهکارهای مدیریتی قابل مهار نباشد، زبان مفاهمه در بخش آب به زبان مخاصمه تغییر مکان خواهد داد چه در بعد محلی و چه در بعد ملی و جهانی محدودیت در منابع آب شیرین سالم، لزوم بازبینی و نگرش دقیق تر در مصرف این منابع ارزشمند را صد چندان نموده و حفاظت از آن را در اولویت برنامه های ملی و بین المللی قرار می دهد. از این رو منبعی لازم بود تا ضمن ارزش نهادی به منابع آبی به معرفی روش های مختلف مدیریتی منابع آبی در سطح نوآورانه و به روز بپردازد و در عین حال پاسخگوی نیازهای فزاینده محققین هیدرولوژی و منابع و مسائل منابع آب باشد. کتاب حاضر به منظور پر کردن چنین خلایی ترجمه شده است.

نویسنده کتاب، رابرت سی بریزر کارشناس بخش بین المللی آب برای صندوق آب و هوای سبز سازمان ملل و بانک جهانی است. او سردبیر کتاب Palgrave Handbook of Climate Resilient Societies و Palgrave Encyclopedia of Urban and Regional Futures است. او در این کتاب شیوه های صحیح و بدیع فناوری های مدیریت منابع آب را نه صرفا برای زمان حال بلکه به صورت یک منبع پایدار به شیوه ای ساده و رسا بیان کرده است. نقطه قوت دیگر کتاب حاضر به روز بودن محتوای آن

است که ذهن خواننده را با مطالب عصر حاضر همسو می‌کند. به عبارت دیگر این کتاب دانشی را در اختیار خوانندگان قرار می‌دهد که چگونه رهبران بخش آب در حال پیاده‌سازی فن‌آوری‌های نوآورانه برای حفظ، بازیافت و استفاده مجدد از آب، تولید انرژی تجدیدپذیر و بازیابی مواد مغذی ارزشمند از فاضلاب، حفاظت و احیای کیفیت آب در مقیاس‌های مختلف، و بهبود مدیریت کلی منابع آب هستند. همچنین دانشی در مورد ابزارها و رویکردهای نوین مالی موجود برای مقابله با چالش‌های مدیریت منابع آب در سطح جهانی فراهم می‌کند.

مجلدی که در اختیار است، ترجمه نه فصل کتاب ذکر شده به ترتیب فصل اول، مقدمه، فصل دوم، چالش‌های مختلف اقلیمی و غیراقلیمی بخش آب، فصل سوم، چگونگی استفاده مدیریت تقاضا از منابع آب موجود قبل از برنامه‌ریزی برای افزایش بیشتر عرضه، فصل چهارم، چگونگی تصفیه خانه‌های فاضلاب، فصل پنجم، تاسیسات بازیابی منابع آب برای مدیریت رواناب سطحی، فصل ششم، درک چگونگی برنامه‌ریزی حوضه رودخانه به منظور حفظ و احیا کیفیت آب، فصل هفتم، مفهوم مدیریت هوشمند آب دیجیتال، فصل هشتم، ابزارها و رویکردهای مالی نوآورانه مختلف برای اطمینان از ارائه خدمات مرتبط با آب و آب پایدار و فصل آخرین خلاصه‌ای از بهترین اقدامات و به دنبال آن نتیجه‌گیری را شرح می‌دهد.

در ترجمه این کتاب حتی المقدور سعی شده است تا از معادل‌های معمول و تخصصی مدیریت منابع آب در زبان فارسی استفاده شود. با این‌جود، اصطلاحاتی نیز بود که معال‌های جا افتاده‌ای در زبان فارسی نداشت. اما سعی کردیم در حد توان و دانش خود رساترین و روان‌ترین معادل‌ها را برگزینیم.

مریم محمدرضایی

سید پدram نی‌نوا

بهار ۱۴۰۲

فصل اول

مقدمه

چکیده

با گذشت قرن، بخش آب با طیف گسترده‌ای از فشار فزاینده روندهای اقلیمی و غیراقلیمی مواجه است که توانایی آن را برای ارائه آب پایدار، قابل اعتماد، انعطاف‌پذیر و مقرون به صرفه و خدمات مرتبط با آب که انتظارات مشتریان را در آینده برآورده می‌کند، به چالش می‌کشد. به‌طور سنتی، بخش آب به دلیل تعدادی از موانع، معمولاً در تکامل و ترکیب راه‌حل‌های نوآورانه جدید در سیستم‌های موجود در پاسخ به چالش‌های مختلف کند بوده است. با این وجود، عدم اجرای نوآوری‌ها در مدیریت آب، بخش آب را در معرض خطرات مختلفی قرار می‌دهد. این کتاب تحقیقات جدیدی را در مورد فن‌آوری‌های نوآورانه مدیریت آب ارائه می‌کند که توسط رهبران بخش آب برای اطمینان از ارائه خدمات مرتبط با آب و آب پایدار، قابل اعتماد، انعطاف‌پذیر و مقرون به صرفه که انتظارات مشتریان را در آینده برآورده می‌کند، به کار گرفته شده‌اند.

کلمات کلیدی: بخش آب، تغییر اقلیم، زیرساخت‌های آب، نوآوری

۱-۱- مقدمه

با گذشت قرن، بخش آب با طیف گسترده‌ای از فشار فزاینده روندهای اقلیمی و غیراقلیمی مواجه است که توانایی آن را برای ارائه آب پایدار، قابل اعتماد، انعطاف پذیر و مقرون به صرفه و خدمات مرتبط با آب که انتظارات مشتریان را در آینده برآورده می‌کند، به چالش می‌کشد. تغییرات اقلیمی به طرق مختلف بر منابع آب تأثیر می‌گذارد، از جمله افزایش تقاضا برای آب در حالی که منابع آب محدود یا متغیر می‌شوند، بزرگی و فراوانی طوفان‌ها و سیلاب‌ها را افزایش می‌دهد و بیماری‌های ناشی از کیفیت پایین آب را افزایش می‌دهد. رشد سریع جمعیت باعث افزایش تعداد افراد ساکن در مناطق کم آب جهان می‌شود و در عین حال تعداد بیشتری از مردم را در معرض سیل قرار می‌دهد. شهرنشینی تقاضا برای منابع آب کمیاب را افزایش می‌دهد و در عین حال بر کیفیت منبع آب در حوزه‌های آبخیز تأثیر می‌گذارد. رشد سریع اقتصادی تقاضای قابل توجهی را برای آب برای فرآیندهای تولیدی و صنعتی ایجاد می‌کند. علاوه بر این، کمبود آب ناشی از افزایش فشارهای آب - انرژی و آب - غذا است. زیرساخت‌های قدیمی نه تنها منجر به تلفات قابل توجه آب در اثر نشت می‌شود، بلکه کیفیت آب را نیز بدتر می‌کند. در عین حال، ارائه خدمات مرتبط با آب و فاضلاب به افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک می‌کند. در همین حال، تغییر کاربری زمین بر آبراهه‌ها تأثیر می‌گذارد و منجر به از دست دادن تنوع زیستی می‌شود. در نهایت، انتظارات مشتریان با توجه به انواع خدماتی که از شرکت‌های آب انتظار دارند، از جمله تأکید بیشتر بر پایداری محیط زیست، در حال افزایش است.

اصطلاح «بخش آب»^۱ توسط برنامه ارزیابی آب جهانی سازمان ملل متحد (WWAP)^۲ به سه دسته عملکردی اصلی تقسیم می‌شود:

الف: مدیریت منابع آب که شامل مدیریت یکپارچه منابع آب و احیا و اصلاح اکوسیستم است و با هدف تضمین حفاظت، استفاده پایدار و بازسازی منابع آب از طریق حفاظت از

1. Water Sector

2. World Water Assessment Programme

اکوسیستم‌ها، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و تالاب‌ها و ایجاد زیرساخت‌های لازم مانند سدها و قنات‌ها برای ذخیره آب و تنظیم جریان آن است.

ب: زیرساخت‌های آبی که شامل ساخت، بهره‌برداری و نگهداری زیرساخت‌های مرتبط با آب، اعم از انسانی و طبیعی، برای مدیریت منابع و همچنین برای ارائه خدمات مرتبط با آب، از جمله مدیریت سیل و خشکسالی است.

ج: خدمات آب، که شامل ارائه خدماتی مانند تامین آب، فاضلاب و بهداشت، و مدیریت فاضلاب برای مصارف خانگی و همچنین خدمات مرتبط با آب برای مصارف اقتصادی، به عنوان مثال در بخش‌های انرژی، کشاورزی و صنعتی است.

به طور سنتی، بخش آب به دلیل تعدادی از موانع، معمولاً در تکامل و ترکیب راه‌حل‌های نوآورانه جدید در سیستم‌های موجود در پاسخ به چالش‌های مختلف کند بوده است. با این وجود، عدم اجرای نوآوری‌ها در مدیریت آب، بخش آب را در معرض خطرات مختلفی از جمله تخریب محیط زیست، خطرات بهداشت عمومی ناشی از آب بی‌کیفیت، آسیب به مردم و زیرساخت‌های ناشی از حوادث آب و هوایی شدید و کاهش سطح خدمات به مشتریان قرار می‌دهد.

این کتاب تحقیقات جدیدی را در مورد فن‌آوری‌های نوآورانه مدیریت آب ارائه می‌کند که توسط رهبران بخش آب برای اطمینان از ارائه خدمات مرتبط با آب و آب پایدار، قابل اعتماد، انعطاف‌پذیر و مقرون به صرفه که انتظارات مشتریان را در آینده برآورده می‌کند، به کار گرفته شده‌اند. به طور خاص، این کتاب دانشی را در اختیار خوانندگان قرار می‌دهد که چگونه رهبران بخش آب در حال پیاده‌سازی فن‌آوری‌های نوآورانه برای حفظ و بازیافت و استفاده مجدد از آب، تولید انرژی تجدیدپذیر و بازیابی مواد مغذی ارزشمند از فاضلاب، حفاظت و احیای کیفیت آب در مقیاس‌های مختلف، و بهبود مدیریت کلی منابع آب هستند. همچنین دانشی در مورد ابزارها و رویکردهای نوین مالی موجود برای مقابله با چالش‌های مدیریت منابع آب در سطح جهانی فراهم می‌کند.

خلاصه این کتاب به شرح زیر است:

فصل دو قبل از تعریف نوآوری، چالش‌های مختلف اقلیمی و غیراقلیمی بخش آب را مورد

بحث قرار می‌دهد و سپس موانع مختلف نوآوری را قبل از ارائه یک مرور کلی از استراتژی‌های غلبه بر موانع نوآوری مورد بحث قرار می‌دهد.

فصل سه در مورد چگونگی استفاده مدیریت تقاضا از منابع آب موجود قبل از برنامه‌ریزی برای افزایش بیشتر عرضه قبل از بحث در مورد بازیافت آب و نوآوری‌های استفاده مجدد بحث می‌کند.

فصل چهار در مورد این بحث می‌کند که چگونه تصفیه خانه‌های فاضلاب، تاسیسات بازیابی منابع آب هستند که آب پاک تولید می‌کنند، وابستگی به سوخت‌های فسیلی را از طریق استفاده و تولید انرژی‌های تجدیدپذیر کاهش می‌دهند و مواد مغذی را بازیابی می‌کنند.

فصل پنج در مورد راه حل‌های زیرساخت سبز مختلف موجود برای مدیریت رواناب سطحی و در عین حال استفاده از فرآیندهای طبیعی برای بهبود کیفیت آب بحث می‌کند.

فصل شش قبل از بحث در مورد اینکه چگونه سیستم‌های مجاز، بهترین شیوه‌های مدیریتی و حفاظت از منابع آب می‌توانند کیفیت آب را بهبود بخشند، درکی از این که چگونه برنامه‌ریزی حوضه رودخانه می‌تواند کیفیت آب را حفظ و احیا کند، ارائه می‌دهد.

فصل هفت قبل از بحث در مورد مدیریت مشتریان آینده، ابتدا در مورد مفهوم مدیریت دیجیتال هوشمند آب و سپس اجزای آن بحث خواهد کرد.

فصل هشت مروری بر ابزارها و رویکردهای مالی نوآورانه مختلف برای اطمینان از ارائه خدمات مرتبط با آب و آب پایدار، قابل اعتماد، قابل اعتماد و مقرون به صرفه است که انتظارات مشتریان را در آینده برآورده می‌کند.

فصل نه خلاصه‌ای از بهترین اقدامات و به دنبال آن نتیجه‌گیری ارائه می‌دهد.

منابع

- Brears, R.C. Climate Resilient Water Resources Management. Cham, Switzerland: Palgrave Macmillan, 2018.
- ———. Urban Water Security. Chichester, UK; Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2016.
- Speight, Vanessa L. "Innovation in the Water Industry: Barriers and Opportunities for US and UK Utilities." Wiley Interdisciplinary Reviews: Water 2, no. 4 (2015/07/01 2015): 301–13.
- UKWIR. "Research and Innovation Mapping Study for the UK Water Research and Innovation framework." (2011). <https://www.theukwaterpartnership.org/research-and-innovationmapping-study-for-the-uk-water-research-and-innovation-framework/>.
- United Nations World Water Assessment Programme. "Water and Jobs." (2016).

فصل دوم

مدیریت نوآورانۀ آب

چکیده

بخش آب با چالش‌های متعددی در حصول اطمینان از آب پایدار، قابل اعتماد، انعطاف‌پذیر و مقرون به صرفه و خدمات مرتبط با آب مواجه است که انتظارات مشتریان را در آینده برآورده می‌کند. این فصل قبل از تعریف نوآوری و مزایای متعدد تغییر در بخش آب، ابتدا چالش‌های مختلف بخش آب را مورد بحث قرار می‌دهد. سپس این فصل موانع متعدد نوآوری را قبل از ارائه یک مرور کلی از استراتژی‌هایی که بخش آب می‌تواند برای غلبه بر موانع تغییر به کار گیرد، بررسی خواهد کرد.

کلمات کلیدی: بخش آب، تغییر اقلیم، آب - انرژی، آب - غذا، تخریب محیط زیست، نوآوری

۲-۱- مقدمه

بخش آب با چالش‌های متعددی در حصول اطمینان از آب پایدار، قابل اعتماد، مقرون به صرفه و خدمات مرتبط با آب مواجه است که انتظارات مشتریان را در آینده برآورده می‌کند.

این فصل قبل از تعریف نوآوری و مزایای متعدد تغییر در بخش آب، ابتدا چالش‌های مختلف بخش آب را مورد بحث قرار می‌دهد. سپس این فصل موانع متعدد نوآوری را قبل از ارائه یک مرور کلی از استراتژی‌هایی که بخش آب می‌تواند برای غلبه بر موانع تغییر به کار گیرد، بررسی خواهد کرد.

۲-۲- چالش‌های متعدد در بخش آب

بخش آب با چالش‌های متعددی در حصول اطمینان از آب پایدار، قابل اعتماد، مقرون به صرفه و خدمات مرتبط با آب مواجه است که انتظارات مشتریان را در آینده برآورده می‌کند. از جمله موارد زیر:

۲-۲-۱- تغییر اقلیم

پیش‌بینی می‌شود تغییرات اقلیمی باعث کاهش قابل توجه آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی تجدیدپذیر شود. انتظار می‌رود به ازای هر درجه از گرمایش جهانی، حدود هفت درصد از جمعیت جهان در معرض کاهش حداقل ۲۰ درصد منابع آب تجدیدپذیر قرار گیرند. تغییرات اقلیم به احتمال زیاد فراوانی خشکسالی‌های هواشناسی (بارندگی کمتر) و خشکسالی‌های کشاورزی (رطوبت کمتر خاک) را در مناطق خشک فعلی افزایش می‌دهد که نتیجه افزایش فراوانی خشکسالی‌های کوتاه هیدرولوژیکی (آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی) است. در همین حال، تا اواخر قرن، حدود سه برابر بیشتر مردم، سالانه در معرض سیل ۱۰۰ ساله رودخانه تحت سناریوی انتشار بالا (مسیر غلظت نماینده ۸٫۵ (RCP۸٫۵)) قرار می‌گیرند تا برای سناریوی انتشار کم (RCP۲٫۶).

تغییر اقلیم به طرق مختلف بر منابع آب تأثیر می‌گذارد، از جمله:

- **افزایش تقاضا برای آب کمیاب:** در بسیاری از مناطق، تغییرات آب و هوایی احتمالاً تقاضا برای آب را افزایش می‌دهد، در حالی که منابع آب محدود یا متغیر می‌شود. نتیجه این است که مدیران آب باید به طور همزمان نیازهای جوامع در حال رشد، اکوسیستم‌های حساس، کشاورزان، تولیدکنندگان انرژی و تولیدکنندگان را برآورده

کنند. در برخی مناطق، افزایش رویدادهای بارندگی و سیل بیشتر خواهد شد، که بر کیفیت آب تأثیر می‌گذارد و به‌طور بالقوه منجر به آسیب به زیرساخت‌های مورد استفاده برای انتقال و تحویل آب می‌شود.

- **افزایش طوفان‌ها و سیل:** طوفان‌های مکرر و شدید سیستم‌های مدیریت آب‌های سطحی را از بین می‌برند و باعث سیل محلی و افزایش رواناب آلاینده‌ها، مانند زباله، مواد مغذی، رسوب، یا باکتری، به آبراهه‌های محلی می‌شوند. در مراکز شهری با حالت ترکیب آب‌های سطحی و سیستم‌های زهکشی فاضلاب، باران‌های مکرر و شدید می‌توانند منجر به سرریز فاضلاب ترکیبی به آبراهه‌ها شوند و کیفیت آب را کاهش دهند و رعایت استانداردهای کیفیت آب را برای شهرها دشوار کنند.
- **افزایش بیماری‌های ناشی از کیفیت پایین آب:** افزایش رواناب سطحی به بدنه آب‌های سطحی، که با افزایش کدورت از ذرات جامد معلق فرسایش یافته از چشم‌اندازها نشان داده می‌شود، با افزایش سطح باکتری‌ها و سایر میکروارگانیسم‌ها مرتبط است. افزایش اندک کدورت آب آشامیدنی با افزایش بروز بیماری‌های حاد گوارشی در میان کودکان و افراد مسن مرتبط است.
- **اوتروفیکاسیون و شکوفایی جلبکی:** در دریاچه‌ها و مخازن، اوتروفیکاسیون شدیدتر و شکوفایی جلبکی در دماهای بالاتر یا زمان‌های نگهداری هیدرولیکی کوتاه‌تر وجود خواهد داشت. در طول شکوفایی مضر جلبک، افراد می‌توانند از ماهی‌هایی که صید می‌کنند و می‌خورند، شنا در آب یا نوشیدن آب و هوایی که تنفس می‌کنند در معرض سموم قرار گیرند. بسته به نوع جلبک، شکوفایی مضر جلبکی می‌تواند باعث اثرات جدی سلامتی و حتی مرگ شوند، به عنوان مثال خوردن غذاهای دریایی آلوده به سموم جلبک‌هایی به نام الکساندریوم^۱ می‌تواند منجر به مسمومیت صدف‌های فلج شود.
- **نفوذ آب شور:** افزایش سطح دریا همراه با افزایش پمپاژ آب‌های زیرزمینی، می‌تواند نفوذ آب شور را در سفره‌های آب زیرزمینی افزایش دهد. این امر می‌تواند هزینه‌های تصفیه برای تاسیسات آب آشامیدنی را افزایش دهد یا چاه‌های آب زیرزمینی را غیرقابل

استفاده کند. در مورد آب‌های سطحی، افزایش سطح دریا ممکن است منجر به پیشرفت بیشتر «جبهه نمک»^۱ (محل خط آب شور آب شیرین) در بالادست شود. نفوذ آب شور از این نوع می‌تواند منجر به افزایش تصفیه آب، جابجایی آب مصرفی یا توسعه منابع جایگزین آب شیرین شود. همچنین، زیرساخت‌های آبی در شهرهای ساحلی، از جمله سیستم‌های فاضلاب و تاسیسات تصفیه فاضلاب، در معرض خطر افزایش سطح آب دریا و اثرات مخرب موج‌های طوفانی هستند.

۲-۲-۲- رشد سریع جمعیت

انتظار می‌رود جمعیت جهان از ۷٫۷ میلیارد نفر در حال حاضر به ۹٫۷ میلیارد نفر در سال ۲۰۵۰ میلادی افزایش یابد و تا سال ۲۱۰۰ میلادی به طور بالقوه نزدیک به ۱۱ میلیارد نفر افزایش یابد. جمعیت جهان با نرخ‌های متفاوت در سطح جهان افزایش خواهد یافت. ۹ کشور بیش از نیمی از رشد پیش‌بینی شده جمعیت جهان را در فاصله زمانی کنونی تا ۲۰۵۰ تشکیل خواهند داد: هند، نیجریه، پاکستان، جمهوری دموکراتیک کنگو، اتیوپی، جمهوری متحد تانزانیا، اندونزی، مصر و ایالات متحده آمریکا (در ترتیب نزولی افزایش مورد انتظار به ترتیب نزولی). از نظر منطقه‌ای، جمعیت آفریقای جنوبی تا سال ۲۰۵۰ بیش از دو برابر خواهد شد (۹۹ درصد افزایش)، در حالی که مناطق دیگر رشد جمعیت کندتری را تجربه خواهند کرد: اقیانوسیه، به استثنای استرالیا / نیوزیلند (۵۶ درصد)، شمال آفریقا و غرب آسیا (۴۶ درصد)، استرالیا / نیوزیلند (۲۸ درصد)، آسیای مرکزی و جنوبی (۲۵ درصد)، آمریکای لاتین و کارائیب (۱۸ درصد)، آسیای شرقی و جنوب شرقی (۳ درصد)، و اروپا و آمریکای شمالی (۲ درصد).

در حال حاضر حدود ۳٫۶ میلیارد نفر در مناطقی زندگی می‌کنند که حداقل یک ماه در سال کمبود آب را تجربه می‌کنند و تا سال ۲۰۵۰ این رقم می‌تواند به نزدیک به شش میلیارد نفر برسد. تقاضای جهانی برای آب از سال ۱۹۸۰ سالانه حدود یک درصد افزایش یافته است. انتظار می‌رود تقاضای جهانی برای آب با نرخ مشابهی تا اواسط قرن بیستم ادامه یابد، که ۲۰ تا ۳۰ درصد بالاتر از سطح فعلی مصرف آب است، که عمدتاً به دلیل افزایش تقاضا برای آب

از بخش‌های صنعتی و خانگی است. در عین حال، انتظار می‌رود تعداد افرادی که در معرض سیل قرار دارند از ۱٫۲ میلیارد نفر امروز به ۱٫۶ میلیارد نفر در سال ۲۰۵۰ افزایش یابد.

۳-۲-۲- شهرنشینی

در حال حاضر ۵۵ درصد از جمعیت جهان در مناطق شهری ساکن هستند. تا سال ۲۰۵۰، تخمین زده می‌شود که این میزان به ۶۸ درصد افزایش یابد. شهرنشینی در تمام مناطق جهان با تنوع در حال افزایش است. آمریکای لاتین و کارائیب و آمریکای شمالی به شدت شهرنشین هستند و تخمین زده می‌شود بیش از ۸۰ درصد جمعیت آن‌ها در مناطق شهری زندگی می‌کنند که این رقم در سال ۲۰۵۰ به نزدیک به ۹۰ درصد می‌رسد. تقریباً ۷۵ درصد از جمعیت اروپا شهرنشین هستند و انتظار می‌رود این میزان تا اواسط قرن به ۸۵ درصد برسد. آفریقا و آسیا با سرعت بیشتری در حال شهرنشینی هستند و درصد جمعیت شهری آفریقا و آسیا احتمالاً از حدود ۴۰ و ۵۰ درصد در سال ۲۰۱۸ به ۵۹ و ۶۶ درصد در سال ۲۰۵۰ افزایش خواهد یافت.

در حالی که تا سال ۲۰۳۰ نزدیک به یک میلیارد نفر دیگر به جمعیت شهری جهان افزوده خواهد شد، بیش از نیمی از جمعیت شهری جهان هنوز در شهرک‌های شهری با جمعیت کم‌تر از یک میلیون نفر زندگی می‌کنند که از ۲۰۴ به ۲۰۸ میلیارد نفر افزایش یافته است. انتظار می‌رود تعداد افرادی که در شهرهای متوسط (۱ تا ۵ میلیون نفر جمعیت) زندگی می‌کنند، از هم اکنون تا سال ۲۰۳۰ به میزان ۲۸ درصد افزایش یابد و از ۹۲۶ میلیون به ۱٫۲ میلیارد نفر افزایش یابد. در همین حال، تعداد کلان‌شهرها (شهرهای با بیش از ۱۰ میلیون نفر جمعیت) در حال حاضر ۱۸ شهر است. پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰، جهان ۴۳ کلان‌شهر داشته باشد. شهرنشینی در حال افزایش تقاضا برای منابع آب است و تخمین زده می‌شود که شهرهای بزرگ حدود ۷۸ درصد آب خود را از منابع سطحی به دست می‌آورند که برخی از آن‌ها بسیار دور هستند. در مجموع، شهرهای بزرگ ۵۰۴ میلیارد لیتر در روز در فاصله 3800 ± 27000 کیلومتر جابجا می‌شوند و منطقه بالادست منابع آب شهری ۴۱ درصد از سطح زمین را تشکیل می‌دهد. با وجود این زیرساخت، از هر چهار شهر، یک شهر، دارای فعالیت اقتصادی $4.8 \pm$ ۷٫۷ تریلیون دلار است، به دلیل محدودیت‌های جغرافیایی و مالی، تحت تنش آبی قرار دارد.

در همین حال، شهرنشینی بر کیفیت آب در حوزه‌های آبخیز منابع شهری تاثیر دارد، به طوری که ۹۰ درصد از این حوزه‌ها دارای سطح تخریب هستند، و میانگین عملکرد آلاینده حوزه‌های آبخیز شهری ۴۰ درصد برای رسوبات، ۴۷ درصد برای فسفر و ۱۱۹ درصد برای نیتروژن افزایش می‌یابد. تخمین زده می‌شود که تخریب حوزه‌های آبخیز بر هزینه‌های تصفیه شهرهای جهان، ۲۹ درصد تاثیر گذاشته است، و هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری برای شهرهای آسیب دیده به طور متوسط حدود ۵۳ درصد و هزینه‌های سرمایه‌گذاری حدود ۴۴ درصد افزایش یافته است.

۴-۲-۲- رشد اقتصادی و استفاده از منابع

رشد جمعیت، همراه با افزایش سطح درآمد، باعث افزایش قابل توجه تقاضای جهانی برای کالاها و خدمات خواهد شد. پیش‌بینی می‌شود تولید ناخالص داخلی (GDP) بین سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۶۰ چهار برابر شود. تخمین زده می‌شود تا سال ۲۰۶۰، متوسط درآمد سرانه جهانی به سطح فعلی OECD در حدود ۴۰۰۰۰ دلار برسد. پیش‌بینی می‌شود مصرف جهانی مواد از ۷۹ گیگاتن در سال ۲۰۱۱ به ۱۶۷ گیگاتن در سال ۲۰۶۰ بیش از دو برابر شود. انتظار می‌رود تا سال ۲۰۵۰، تقاضای جهانی برای آب برای همه بخش‌های عمده مصرف آب افزایش یابد: تولید (۴۰۰ درصد)، تولید برق حرارتی (۱۴۰ درصد)، و مصرف داخلی (۱۳۰ درصد). انتظار می‌رود بخش قابل توجهی از این رشد تقاضای آب در کشورهایی با اقتصادهای در حال توسعه یا نوظهور رخ دهد، به عنوان مثال در آفریقا تقاضای آب برای صنعت ۸۰۰ درصد افزایش خواهد یافت. در مقایسه، این رقم در آسیا ۲۵۰ درصد افزایش خواهد یافت. عدم تامین منابع کافی و مطمئن آب منجر به از دست رفتن یا از بین رفتن مشاغل خواهد شد. تخمین زده می‌شود که بیش از ۱.۴ میلیارد شغل، یا ۴۲ درصد از کل نیروی کار فعال جهان، به شدت به آب وابسته هستند. علاوه بر این، تخمین زده می‌شود که ۱.۲ میلیارد شغل، یا ۳۶ درصد از کل نیروی کار فعال جهان، به طور متوسط وابسته به آب هستند. به طور کلی ۷۸ درصد از کل مشاغل در سطح جهان به آب وابسته هستند.

۵-۲-۲- افزایش تقضا برای انرژی

انرژی برای طیف وسیعی از فرایندهای آب از جمله توزیع آب، تصفیه فاضلاب و نمک زدایی حیاتی است. در همین حال، آب برای تمام مراحل تولید انرژی از جمله سوخت‌های فسیلی، سوخت‌های زیستی و تولید برق ضروری است. در سال ۲۰۱۴، حدود چهار درصد از مصرف جهانی برق برای استخراج، توزیع، و تصفیه آب و فاضلاب، به همراه ۵۰ میلیون تن نفت معادل انرژی حرارتی، اغلب دیزلی، مورد استفاده برای پمپ‌های آبیاری و گاز در کارخانه‌های نمک زدایی مورد استفاده قرار گرفت. پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۴۰ میزان انرژی مورد استفاده در بخش آب بیش از دو برابر شود. بیشترین افزایش ناشی از نمک زدایی و به دنبال آن انتقال آب در مقیاس بزرگ و افزایش تقاضا برای تصفیه فاضلاب و سطوح بالاتر تصفیه خواهد بود. به عنوان مثال، به دنبال رویکرد کسب و کار محور به مدیریت متمرکز فاضلاب، مصرف برق برای تصفیه فاضلاب شهری می‌تواند تا بیش از ۶۰۰ تراوات ساعت در طول دوره ۲۰۳۰ افزایش یابد. در سطح جهانی، بخش انرژی حدود ۱۰ درصد از کل برداشت آب (مقدار آب برداشت شده از یک منبع) و سه درصد از کل مصرف آب (حجم آب برداشت شده اما به منبع بازمی‌گردد) را تشکیل می‌دهد. پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۴۰ برداشت آب از بخش انرژی دو درصد افزایش یابد و به بیش از ۴۰۰ میلیارد متر مکعب برسد. در عین حال پیش‌بینی می‌شود که میزان آب مصرفی حدود ۶۰ درصد افزایش یابد و به بیش از ۷۵ میلیارد متر مکعب برسد که عمدتاً به دلیل روی آوردن به تکنولوژی‌های پیشرفته خنک‌کننده در بخش برق است که آب کمتری مصرف می‌کند اما بیشتر مصرف می‌کند.

۶-۲-۲- افزایش تقضا برای مواد غذایی

کشاورزی ۷۰ درصد از برداشت جهانی آب شیرین (آب‌های سطحی و زیرزمینی) را تشکیل می‌دهد. چهل درصد آبیاری از منابع آب زیرزمینی استفاده می‌کند که برخی از آن‌ها در مقیاس زمانی انسان غیرقابل تجدید هستند. تخمین زده می‌شود که تولید مواد غذایی تا سال ۲۰۵۰ باید ۶۰ درصد افزایش یابد تا جمعیتی بیش از ۹ میلیارد نفر را تغذیه کند. افزایش تقاضا برای غذا منجر به رشد بیش از ۵۰ درصدی تولید غذای آبی تا سال ۲۰۵۰ خواهد شد. با این حال، مقدار آب برداشت شده توسط کشاورزی تنها می‌تواند تا ۱۰ درصد افزایش یابد، به شرطی

که شیوه‌های آبیاری بهبود یافته و بازده افزایش یابد. علاوه بر این، افزایش درآمد و توسعه اقتصادی، تقاضا برای گوشت، ماهی و محصولات لبنی را افزایش می‌دهد، علاوه بر دانه‌های درشت و غذاهای پروتئینی، منابع آب را تحت تاثیر قرار می‌دهد و گوشت گاو و محصولات لبنی نسبت به غلات، آب‌دارتر هستند.

استفاده از نیتروژن و فسفر، همراه با حشره‌کش‌ها، علف‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و باکتری‌کش‌ها، در تولید محصولات کشاورزی علت اصلی اتروفیکاسیون داخلی و ساحلی است. نتیجه شکوفایی جلبکی، از دست دادن زیستگاه و تنوع زیستی، و کاهش یا از دست دادن طولانی مدت صید ماهی است. رواناب مواد شیمیایی کشاورزی و فرآوری کشاورزی به آبراهه‌ها و نشت آنها به سفره‌های زیرزمینی خطرانی را برای سلامت انسان و محیط زیست ایجاد می‌کند. آلودگی دسترسی به آب را برای استفاده مفید کاهش می‌دهد و هزینه تصفیه آب را افزایش می‌دهد. آب آلوده همچنین هزینه بالایی برای سلامت انسان دارد و یک دهم بیماری‌های جهانی به آب نسبت داده می‌شود. سایر هزینه‌های آلودگی شامل پاک‌سازی و آسیب به شیلات، اکوسیستم و تفریح است. علاوه بر این، سیستم فعلی تولید غذا به ورودی‌های ثابت فسفر برای پاسخگویی به تقاضای رو به رشد غذا متکی است. سنگ فسفات، که منبع غالب فسفر برای کودهای فسفاته است، یک منبع محدود با ذخایر جهانی فعلی است که تخمین زده می‌شود بین ۳۰ تا ۳۰۰ سال طول بکشد.

۷-۲-۲- زیرساخت‌های فرسوده و افت کیفیت آب

در بسیاری از شهرهای جهان، بخش بزرگی از زیرساخت‌های آبی در حال نزدیک شدن به پایان عمر مفید خود هستند یا در حال حاضر به پایان عمر مفید خود رسیده‌اند، و زیرساخت‌های قدیمی اغلب منجر به تلفات بالای آب در اثر نشت فیزیکی می‌شوند. در مطالعه قبلی بانک جهانی، تخمین زده شد که سالانه حدود ۳۲ میلیارد مترمکعب آب تصفیه شده از سیستم‌های تامین آب شهری در سراسر جهان نشت می‌کند. همچنین فاضلاب و همچنین آب‌های زیرزمینی آلوده اطراف لوله‌ها، می‌توانند وارد لوله‌های نشتی شوند و در سراسر شبکه توزیع آب حرکت کنند و باعث نگرانی‌های بهداشت عمومی شوند، برای مثال، شیوع بیماری‌های گوارشی. سرمایه‌گذاری مورد نیاز برای بازسازی این شبکه‌ها باید در کنار سایر نیازهای

سرمایه‌گذاری آب، از جمله سرمایه‌گذاری‌های مورد نیاز برای مطابقت با استانداردهای کیفیت آب آشامیدنی قرار گیرد. در ایالات متحده، تخمین زده می‌شود که تعمیر و گسترش زیرساخت‌های آب آشامیدنی کشور طی ۲۵ سال به بیش از ۱ تریلیون دلار برسد و با افزایش نیازهای سرمایه‌ای و کمبود بودجه احتمالی، بسیاری از شرکت‌های آب در حال افزایش نرخ‌های دریافتی خود برای خدمات آب در آینده نزدیک هستند. با این حال، شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد تمایل مشتریان به پرداخت هزینه برای هر ارتقا زیرساخت تحت تاثیر منفی هزینه بهبود پیشنهادی است.

۸-۲-۲- انتشار گاز گلخانه‌ای

تاسیسات آب با تغییرات اقلیمی مواجه هستند که منجر به افزایش کمبود آب، کیفیت پایین آب و چالش‌های ناشی از سیل می‌شود. در عین حال، تاسیسات آب به انتشار جهانی از مصرف انرژی و همچنین انتشار اکسید نیتروژن و انتشار متان از مدیریت فاضلاب کمک می‌کند. تاسیسات آب در مجموع تا ۱۲ درصد از کل مصرف انرژی اولیه منطقه را تحت تاثیر قرار می‌دهند و انرژی عمده‌ای برای گرمایش آب استفاده می‌شود. خود تاسیسات آب شهری معمولاً یک تا دو درصد از کل مصرف انرژی اولیه جهانی و گاهی تا شش درصد از مصرف برق منطقه‌ای را به خود اختصاص می‌دهند. نتیجه این است که میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای منطقه‌ای ناشی از مدیریت آب شهری تا ۱۷ درصد است. تخمین زده می‌شود که ۵۸ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای از تاسیسات آب شهری ناشی از مصرف انرژی است در حالی که ۴۰ درصد به فرآیندهای تصفیه و دو درصد ناشی از استفاده شیمیایی است.

۹-۲-۲- تخریب محیط زیست و از بین رفتن تنوع زیستی

در سراسر جهان، طبیعت به طور قابل توجهی توسط محرک‌های متعدد انسانی تغییر کرده است و بیشتر شاخص‌های اکوسیستم و تنوع زیستی کاهش سریعی را نشان می‌دهد. هفتاد و پنج درصد از سطح زمین به طور قابل توجهی تغییر کرده است، ۶۶ درصد از اقیانوس اثرات تجمعی را تجربه می‌کند، و بیش از ۸۵ درصد از مناطق تالابی از بین رفته‌اند. میانگین فراوانی گونه‌های بومی در اکثر زیستگاه‌های اصلی زمینی حداقل ۲۰ درصد کاهش یافته

است. اقدامات انسانی اکنون بیش از هر زمان دیگری گونه‌های بیشتری را در معرض انقراض جهانی قرار می‌دهد و حدود ۲۵ درصد از گونه‌های گروه‌های جانوری و گیاهی مورد ارزیابی در معرض خطر قرار دارند. در مجموع، تقریباً یک میلیون گونه در عرض چند دهه با انقراض روبرو هستند، مگر اینکه اقدامی برای کاهش شدت محرک‌های از دست دادن تنوع زیستی انجام شود. محرک‌های اصلی تخریب اکوسیستم خشکی و آب شیرین تغییر کاربری زمین و به دنبال آن بهره‌برداری بیش از حد از حیوانات، گیاهان و دیگر موجودات زنده عمدتاً از طریق برداشت، قطع درختان، شکار و ماهیگیری بوده است. اثرات تغییر کاربری زمین بر کمیت و کیفیت آب شامل افزایش استفاده از آب‌های زیرزمینی ناشی از گسترش سکونتگاه‌های انسانی است. جریان کمتر از فعالیت‌های بازسازی زمین؛ افزایش رواناب که منجر به افزایش تولید رسوب و بارگیری بیشتر مواد مغذی آبراهه‌ها از فعالیت‌های کشاورزی می‌شود. افزایش رواناب کل و جریان اوج و کاهش در جریان پایه. و تبخیر و تعرق در نتیجه فعالیت‌های جنگل زدایی است.

۳-۲- مدیریت نوین آب

با افزایش چالش‌های بخش آب در طول قرن، این انتظار وجود دارد که تقاضا برای راه حل‌های نوآورانه مدیریت آب افزایش یابد، به ویژه، راه حل‌هایی که استفاده کارآمدتر از منابع آب موجود را ممکن می‌سازد، کیفیت آب را برای انسان‌ها و طبیعت افزایش می‌دهد، برنامه‌ریزی منابع آب را بهبود می‌بخشد تا تقاضای فزاینده را با منابع محدود و اغلب متغیر آب متعادل کند، و تاب‌آوری را در برابر رویدادهای شدید آب و هوایی افزایش دهد.

۱-۳-۲- نوآوری در بخش آب

در زمینه بخش آب، نوآوری را می‌توان به عنوان ایجاد، توسعه و اجرای یک محصول، فناوری، خدمات، طراحی تعرفه یا فرآیند تولید جدید با هدف بهبود کارایی، اثربخشی یا مزیت رقابتی تعریف کرد. این روش شامل روش‌های جدید کسب یا به کارگیری ورودی‌ها، مانند منابع مالی است. این تغییر ممکن است تدریجی یا اساسی باشد. لازم به ذکر است که این تعریف شامل موارد زیر است:

- هم با محصولات و هم با فرآورده‌ها سروکار دارد
- به ایجاد، توسعه، اجرای یک محصول/فرآیند جدید اطلاق می‌شود که در داخل یا توسط سایر شرکت‌ها و بخش‌ها توسعه یافته است.
- همه محصولات و فرآورده‌ها جدید یا جدید باشند
- هدف باید بهبود کارایی، اثربخشی یا افزایش مزیت رقابتی باشد

۱-۱-۳-۲- درجه تازگی

جنبه حیاتی تعریف نوآوری این است که باید حاوی درجه‌ای از تازگی باشد، به ویژه یک یا چند مورد از موارد زیر:

- **نوآوری برای شرکت:** نوآوری باید برای شرکت جدید باشد. شرکت‌های دیگر ممکن است قبلاً یک محصول، فرآیند، روش بازاریابی یا روش سازمانی را پیاده‌سازی کرده باشند، اما اگر برای شرکت جدید باشد (در زمینه محصولات و فرایندها به طور قابل توجهی بهبود یافته است)، آنگاه یک نوآوری برای آن شرکت است.
- **نوآوری در بازار:** نوآوری زمانی برای بازار جدید است که شرکت اولین شرکتی باشد که نوآوری را به بازار معرفی می‌کند، جایی که یک بازار به عنوان شرکت و رقبا برای آن تعریف می‌شود و می‌تواند شامل یک منطقه جغرافیایی یا خط تولید باشد.
- **نوآوری برای کشور:** نوآوری برای کشور تازگی دارد و این شرکت اولین شرکتی است که نوآوری را برای تمام بازارها و صنایع داخلی معرفی می‌کند.
- **جدید برای جهان:** نوآوری برای جهان جدید است وقتی که شرکت اولین شرکتی است که نوآوری را برای همه بازارها و صنایع در سطح بین‌المللی معرفی می‌کند.

۲-۳-۲- فناوری‌های نوین مدیریت آب

اصطلاح «تکنولوژی» از سخت افزار، نرم افزار و ارگ افزار تشکیل شده است. سخت‌افزار شامل زیرساخت فیزیکی و تجهیزات فنی است در حالی که نرم‌افزار شامل رویکردها، فرایندها و روش‌ها،

برای مثال، سیستم‌های برنامه‌ریزی و پشتیبانی از تصمیم‌گیری، مدل‌ها، مکانیزم‌های انتقال دانش، و ظرفیت‌سازی است. Orgware شامل ترتیبات سازمانی و همچنین مدل‌های مالکیت است. چهار دسته اصلی از فناوری‌های نوین مدیریت آب در پاسخ به چالش‌های بخش آب در اختیار مدیران آب قرار دارد:

- **افزایش عرضه:** به طور سنتی، مدیران آب با افزایش عرضه، تقاضای فزاینده برای آب را برآورده کرده‌اند. با این حال، با هزینه‌های اقتصادی و زیست محیطی قابل توجه مرتبط با مدیریت منابع، مدیران آب به طور فزاینده‌ای بر نوآوری‌هایی تمرکز می‌کنند که منابع آب سازگار با خشکی بیشتری، مانند آب بازیافتی، ایجاد می‌کنند. مدیران آب همچنین بر روی سیستم‌های غیرمتمرکز مانند برداشت آب باران و رواناب‌های سطحی و سیستم‌های استفاده مجدد از آب آشامیدنی در محل متمرکز هستند. علاوه بر این، آن‌ها در حال تمرکز بر تکنولوژی‌هایی هستند که مصرف انرژی را کاهش می‌دهند، مانند استخراج انرژی از فاضلاب، که به نوبه خود فشارهای مرتبط با انرژی آب را کاهش می‌دهد.

- **مدیریت تقاضا:** با انتقال مدیران آب به سمت مدیریت تقاضا، تمرکز به طور فزاینده‌ای بر نوآوری‌هایی خواهد بود که حفاظت یا بهره‌وری آب را تشویق یا ممکن می‌کنند. چنین نوآوری‌هایی می‌توانند تقاضا برای منابع جدید آب را کاهش دهند، قابلیت اطمینان آب را افزایش دهند و هزینه‌ها و آلودگی‌های مرتبط با دفع فاضلاب را کاهش دهند. نوآوری‌ها از کنترل‌کننده‌های آبیاری هوشمند تا کنتورهای هوشمند هستند که تغییر رفتار را تشویق می‌کنند.

- **زیرساخت سبز:** مدیران آب می‌توانند از فرایندهای طبیعی برای بهبود کیفیت آب و مدیریت کمیت آب با احیای عملکرد هیدرولوژیکی چشم‌انداز استفاده کنند. به‌طور ویژه، مدیران آب می‌توانند راه‌حل‌های زیرساخت سبز را در مقیاس‌های مختلف برای مدیریت کیفیت و کمیت آب پیاده‌سازی کنند. زیرساخت سبز به عنوان یک شبکه برنامه‌ریزی شده استراتژیک از مناطق طبیعی و نیمه‌طبیعی با کیفیت بالا با دیگرویزگی‌های زیست محیطی تعریف می‌شود که علاوه بر مدیریت آب، برای ارائه طیف گسترده‌ای از خدمات

اکوسیستم و حفاظت از تنوع زیستی طراحی و مدیریت می‌شود.

- **بهبود حاکمیت:** نوآوری‌ها می‌توانند حاکمیت کلی آب را بهبود بخشند، که برای تضمین دسترسی به تامین قابل اعتماد آب و کاهش تقاضا ضروری است. طیف گسترده‌ای از نوآوری‌ها در مقیاس‌های مختلف برای کاهش ناکارآمدی‌ها در سیستم‌های حاکمیتی در دسترس هستند، برای مثال، شبکه‌های هوشمند می‌توانند تاسیسات آب را قادر به شناسایی سریع نشت‌ها در سیستم توزیع کنند در حالی که نظارت بر تقاضای مشتری از طریق کنتورهای هوشمند می‌تواند برنامه‌ریزی و مدیریت منابع را بهبود بخشد.

۳-۲- مشارکت ذینفعان در فناوری‌های نوین مدیریت آب

علاوه بر نهادهای دولتی در سطح محلی، ایالتی و ملی، بسیاری از ذی‌نفعان در بخش آب به یک اکوسیستم نوآرانه شامل شرکت‌های بخش خصوصی و کارآفرینان، بنیادها، مراکز تحقیقاتی و انجمن‌های تجاری کمک می‌کنند. از طریق مدل‌های مختلف، این بازیگران می‌توانند به سمت توسعه و تجاری‌سازی فناوری‌های نوآرانه مدیریت آب حرکت کنند. مدل‌ها عبارتند از:

- **مشارکت عمومی خصوصی:** مشارکت با بخش خصوصی یک ابزار کم استفاده در بخش آب برای رفع نیازهای نظارتی، بهبود سیستم، و آوردن کارایی‌ها و تکنولوژی‌های جدید به عملیات سیستم است. مشارکت عمومی - خصوصی (PPP) می‌تواند اشکال مختلفی داشته باشد، از جمله:
- **کارهای مدنی و قراردادهای خدماتی:** تاسیسات معمولاً کالاها و خدمات را از طرف اشخاص ثالث بخش خصوصی، چه برای خرید قطعات یدکی و چه برای تهیه کارهای عمومی مانند لوله کشی، تامین می‌کنند. همچنین شرکت‌های خدمات‌دهنده می‌توانند با یک سرویس‌مانند سرویس مشتری قرارداد ببندند. این شرکت اغلب کالاها را براساس شرایط و ضوابط استاندارد ارائه دهنده خریداری می‌کند.
- **قراردادهای مدیریت و بهره‌برداری و نگهداری:** این قراردادهای برنوع قرارداد PPP حاکم است که می‌تواند از قراردادهای کمک فنی تا توافق‌نامه‌های عملیاتی و نگهداری در مقیاس کامل باشد. به طور معمول، مرجع اعطاکننده، پیمان‌کار را درگیر می‌کند تا طیف

وسيعی از فعاليت‌ها را برای یک دوره نسبتاً کوتاه مدیریت کند.

- **پروژه‌های ساخت - اجرا - انتقال (BOT) و طراحی - ساخت - اجرا (DBO):** پروژه BOT معمولاً برای توسعه یک دارایی گسسته به جای کل شبکه استفاده می‌شود و به طور کلی کاملاً جدید یا سبز در طبیعت است، و شرکت پروژه یا اپراتور درآمد خود را از طریق هزینه‌ای که به شرکت پرداخت می‌شود به دست می‌آورد. در یک پروژه DBO، بخش دولتی مالک و تامین‌کننده مالی ساخت دارایی‌های جدید است در حالی که بخش خصوصی دارایی‌ها را طراحی، ساخت و اداره می‌کند تا خروجی‌های مورد توافق مشخصی را برآورده کند.
- **برنامه‌های عمومی:** در سطوح مختلف دولت، سیاست‌گذاران به طور منظم موسسات را برای تامین منافع، مانند افزایش رفاه جامعه تغییر شکل می‌دهند. فعالان دولتی ممکن است سیاست‌های عمومی را برای ترویج نوآوری برای پیشبرد این منافع توسعه‌دهنده، مانند یارانه دادن به تحقیق و توسعه، طراحی جوایز و چالش‌های نوآوری، ایجاد آزمایشگاه‌های تحقیقاتی با بودجه عمومی، یا فراهم کردن بازار برای تقویت همکاری‌های قوی و شبکه‌های فعال.
- **همکاری منطقه‌ای:** ایجاد همکاری‌های سیستم آب منطقه‌ای می‌تواند به ایجاد صرفه‌جویی در مقیاس و ظرفیت فنی، مدیریتی و مالی لازم برای توسعه و پذیرش نوآوری‌های آب کمک کند. برای کاهش پراکندگی در بخش آب و تسريع پذیرش فناوری‌های نوآورانه، می‌توان با همسو کردن کارشناسان فنی، مؤسسات تحقیقاتی و نوآوران در سطح منطقه‌ای از طریق سازمان‌های غیرانتفاعی در بخش آب که نوآوری را از طریق تحقیق، کارگاه‌ها و همکاری ترویج می‌کنند، همکاری منطقه‌ای را تقویت کرد. و همچنین توسعه خوشه‌های آب منطقه‌ای که شرکت‌های آب را با شرکای خصوصی و کارآفرینان مرتبط می‌کند.

۴-۳-۲- موانع فناوری‌های نوین مدیریت آب

در حالی که نوآوری آب مزایای ملموس بسیاری را فراهم می‌کند، از جمله ایجاد کارایی، کمک به سیستم‌های آب برای برآورده کردن الزامات قانونی، و امکان انطباق بهتر با فشارهای در

حال ظهور، موانع زیادی برای توسعه فن آوری های نوآورانه مدیریت آب وجود دارد، از جمله:

- **اقتصادی:** قیمت گذاری آب اغلب منعکس کننده هزینه های تهیه و انتقال آب نیست. در بسیاری از مکان ها، مصرف کنندگان آب یا نرخ ثابتی را برای مصرف آب بدون توجه به حجم مورد استفاده و یا نرخ حجمی که در آن مقدار پرداختی کاربران دقیقاً براساس حجم آب مصرفی است، تعیین می کنند، بدون اینکه ساختار قیمت گذاری منعکس کننده هزینه های فزاینده تحویل مقادیر بالاتر آب باشد. نتیجه این است که درآمد اغلب برای پوشش هزینه های نگهداری زیرساخت ها و همچنین سرمایه گذاری در تکنولوژی های جدید مدیریت آب ناکافی است. علاوه بر این، قیمت آب به ندرت هزینه های آسیب های زیست محیطی را منعکس می کند.
- **مالی:** ماهیت عمدتاً عمومی بخش آب یک مانع اولیه برای سرمایه در دسترس است. نهادهای دولتی معمولاً برای تأمین مالی پروژه های جدید به اوراق قرضه که با نرخ بهره پایین منتشر می شوند متکی هستند. آنها معمولاً با استفاده از درآمدهای جدید حاصل از پروژه یا استفاده از منابع مالی موجود بازپرداخت می شوند. با این حال، افزایش هزینه های عملیاتی و نگهداری، و همچنین کاهش درآمد ناشی از کاهش تقاضا از تلاش های حفاظتی و همچنین نشت و ناکارآمدی در سیستم تحویل آب، این منابع مالی را تهدید می کند. آنها حتی می توانند بر رتبه بندی اوراق قرضه تأثیر بگذارند و هزینه های پروژه های جدید را بیشتر افزایش دهند. این امر به ویژه برای مکان هایی که تکنولوژی های جدید را در نظر می گیرند که ممکن است نرخ بازگشت، ریسک بیشتری نسبت به تکنولوژی های تثبیت شده داشته باشند، چالش برانگیز است.
- **فرهنگ و ادراک:** تغییر در مقررات لزوماً برابر با نوآوری نیست اگر سایر رویه ها، هنجارها یا ادراکات فرهنگی با هم همسو نباشند. موانع اجتماعی و فرهنگی قابل توجهی می توانند مانع از پذیرش فناوری های فعلی و اثبات شده مانند آب بازیافتی برای استفاده مجدد مستقیم از آب آشامیدنی شوند. علاوه بر این، بخش آب نسبت به سایر بخش ها نوآوری کمتری دارد و منجر به سرمایه گذاری های تحقیق و توسعه کمتری در مقایسه با سایر بخش ها می شود.

- **نهادی:** نهادها به طور کلی به عنوان قواعد، هنجارها و رویه‌هایی تعریف می‌شوند که بر تصمیم‌گیری حاکم هستند. این تعریف می‌تواند شامل نهادهای رسمی مانند قوانین و مقررات و همچنین عواملی که سیستم‌های آب را شکل می‌دهند مانند رفتار و عوامل فرهنگی باشد. موسسات ممکن است مانعی برای جذب و استفاده از تکنولوژی‌های جدید باشند، به عنوان مثال، اغلب عدم تمایل به حمایت از تکنولوژی‌های نرم / منحصر به فرد و تکنولوژی‌های پایدار نسبت به رویکردهای خاکستری سخت مهندسی سنتی وجود دارد.
- **زیرساخت:** فقدان زیرساخت مناسب می‌تواند مانع توسعه نوآوری‌ها شود، زیرا زیرساخت‌های فعلی قادر به پشتیبانی از شیوه‌های جایگزین نیستند. اغلب این به دلیل تکیه بر راه حل‌های زیرساختی محافظه کارانه و بسیار مشهود به جای تلاش برای انجام کارهای جدید است. علاوه بر این، فناوری جدید ممکن است به خوبی با سیستم موجود سازگار نباشد. به طور خاص، تکنولوژی‌های جدید ممکن است به تکنولوژی‌های مکملی نیاز داشته باشند که ممکن است در دسترس نباشند یا گران یا استفاده از آن‌ها دشوار باشد.
- **فقدان دانش:** برای سیاست‌گذاران دشوار است که با علم و فناوری مرتبط با مدیریت آب همراه شوند زیرا وسعت و عمق علم و فناوری بخش آب قابل توجه است. علاوه بر این، تقاضاهای تحقیقاتی فزاینده‌ای در مورد بودجه‌های محدود وجود دارد. بنابراین، زمان و بودجه لازم برای آشنایی سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران با آخرین یافته‌های پژوهشی و پیشرفت‌های فناوری وجود ندارد.
- **خطرات منفی:** تاسیسات آب به طور طبیعی ریسک‌پذیر هستند. به عنوان یک تامین‌کننده آب، مهم‌ترین خطر استفاده از روش‌ها یا تکنولوژی‌های جدید، ایجاد اختلال ناخواسته در تصفیه یا توزیع آب است. به عنوان مثال، با توجه به اینکه سازمان‌های دولتی کیفیت آب را با تعیین استانداردهای پایه تنظیم می‌کنند، تخلف از این استانداردها جریمه‌هایی از سوی سازمان‌های زیست‌محیطی در پی خواهد داشت. بنابراین، شرکت‌های سازنده تمایلی به امتحان کردن روش‌های جدید برای درمان ندارند، مگر اینکه مطمئن باشند که فن‌آوری جدید به اهداف مورد نظر خواهد رسید.
- **مقررات:** معمولاً از موانع نظارتی به عنوان یکی از موانع اصلی نوآوری در آب نام برده

می‌شود که سازمان‌ها را در فناوری‌های موجود قفل می‌کند. اصول نظارتی اغلب حول فناوری‌های موجود توسعه می‌یابند و ممکن است با ویژگی‌های نوآوری‌ها تضاد داشته باشند. گاهی اوقات، تولیدکنندگان فن‌آوری‌های موجود یا سایر علاقه‌مندان ممکن است از مقررات به عنوان مانع بازار استفاده کنند. فناوری‌های جدید اغلب با هزینه‌های اجرایی ناشی از نیاز به مجوز یا دیگر اشکال تأیید قانونی مواجه هستند که فناوری‌های موجود با آن مواجه نیستند.

• **ناپیوستگی:** در بسیاری از کشورها، مدیریت آب، بودجه زیرساختی و سیاست‌های نظارتی می‌تواند در داخل ایالت‌ها و حتی در همان منطقه یا شهرستان متفاوت باشد. نتیجه یک شبکه از هم گسیخته است که اغلب شرکت‌ها را از ایجاد یا گسترش یک فن‌آوری نوآرانه جدید باز می‌دارد. همچنین، با توجه به اینکه شرکت‌های آب اغلب به طور مستقل و بدون یک نهاد فراگیر و متحد کار می‌کنند، هر نوآوری باید به طور مستقل برای هر شرکت طراحی شود. به عنوان مثال، در ایالات متحده ۳،۲۰۰ تاسیسات الکتریکی در مقایسه با ۷،۴۵۰ سیستم هدایت آب سطحی، بیش از ۱۶،۰۰۰ سیستم تصفیه فاضلاب، و بیش از ۵۰،۳۰۰ سیستم آب محلی وجود دارد؛ بنابراین، دستیابی به پذیرش گسترده هرگونه نوآوری در بخش آب یک کار چالش برانگیز است.

• **سیاسی:** موسسات معمولاً به دلیل فقدان رهبری یا اراده سیاسی برای شروع و حفظ انتقال به سمت فناوری جدید، موانعی برای پذیرش نوآوری ایجاد می‌کنند. به عنوان مثال، مدیران تاسیسات آب ممکن است فاقد حمایت قابل توجهی از سوی مافوق‌ها برای آغاز برنامه‌های فن‌آوری حفاظت از آب با مشتریان باشند. فقدان رهبری سیاسی یا اراده سیاسی اغلب به دلیل فقدان مسئولیت تعریف شده برای تصمیم‌گیری یا رهبری فاقد کیفیت (مهارت تنظیم)، یکپارچگی، شفافیت و پاسخگویی، هماهنگی / تعامل بین نهادهای دولتی، یا ظرفیت (مالی و فنی) است.

۵-۳-۲- غلبه بر موانع

برای غلبه بر این موانع بر سر راه نوآوری، بازیگران مختلف بخش آب می‌توانند:

- **تغییرات فرهنگی:** نوآوری در مورد ایجاد یک فرهنگ و محیط است که اجازه می‌دهد تغییرات در عمل انجام شوند و کار کنند. همچنین می‌تواند در کاربرد روش‌ها یا تکنولوژی‌های موجود، به روش‌های جدید یا در زمینه‌های جدید به کار رود.
- **همکاری:** همکاری برای الهام بخشیدن به ایده‌ها و برنامه‌های جدید ضروری است و امکان توسعه بینش‌ها را فراهم می‌کند که به نوبه خود، نوآوری را تحریک می‌کند. علاوه بر همکاری با ذینفعان خارجی، فعالان بخش آب می‌توانند در داخل سازمان خود، با سازمان‌های دیگر و با شرکای خارج از این بخش هم‌کاری کنند.
- **فناوری:** وقتی فناوری با فرهنگ، فرآیندها و افراد مناسب همراه شود، یک توانمندسازی قدرتمند برای نوآوری است. علاوه بر فن‌آوری، مانند کنتورهای هوشمند و وسایل کم‌مصرف که کنترل بیشتری بر میزان مصرف آب به کاربران می‌دهند، فن‌آوری می‌تواند برای کمک به مدیران آب در درک سیستم‌ها و شبکه‌های خود، کمک به آن‌ها برای جلوگیری از وقفه در خدمات و پاسخ و بازیابی از چالش‌های ارائه خدمات به کار رود. چارچوب‌های نظارتی نوآورانه: چارچوب‌های نظارتی می‌توانند برای به چالش کشیدن بازیگران مختلف در بخش آب برای بهبود نوآوری به نفع مشتریان، محیط زیست و جامعه گسترده‌تر طراحی شوند. چارچوب‌های نظارتی می‌توانند نوآوری را تشویق کنند:
 - تطبیق مقرراتی که بین سازمان‌های دولتی و سطوح دولتی ناسازگار است.
 - هماهنگی مقررات در سراسر بخش‌ها، به عنوان مثال، آب و فاضلاب و آب و انرژی، برای اطمینان از برخورد مداوم با فناوری‌های جدید و کاهش موانع توسعه و پذیرش فناوری‌های جدید.
- شکل دادن به مقررات برای تشویق تاسیسات و فعالان مختلف بخش آب تنظیم شده برای رعایت استانداردهای عملکرد، به جای اینکه آنها را مجبور به اتخاذ الزامات فناوری ثابت کنند.
- ایجاد بازارها و رقابت در بخش آب که نوآوری را از طریق تجارت آب، مشارکت بیشتر شخص ثالث در پروژه‌های بزرگ و بازارهای خدمات اکوسیستم تشویق می‌کند.
- توسعه ابزارهای مبتنی بر بازار برای بازیابی هزینه کامل تامین آب و خدمات مرتبط و تشویق تحقیق و توسعه در پروژه‌های نوآورانه در حوزه‌هایی از جمله بهره‌وری آب، بازیابی منابع و حفاظت از اکوسیستم‌ها.

منابع

- Allen, Thomas R., Thomas Crawford, Burrell Montz, Jessica Whitehead, Susan Lovelace, Armon D. Hanks, Ariel R. Christensen, and Gregory D. Kearney. "Linking Water Infrastructure, Public Health, and Sea Level Rise: Integrated Assessment of Flood Resilience in Coastal Cities." *Public Works Management & Policy* 24, no. 1 (2019/01/01 2018): 110–39.
- Anadon, Laura Diaz, Gabriel Chan, Alicia G. Harley, Kira Matus, Suerie Moon, Sharmila L. Murthy, and William C. Clark. "Making Technological Innovation Work for Sustainable Development." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113, no. 35 (2016): 9682.
- AWWA. "Awwa's 2019 Water and Wastewater Rate Survey Reveals Increasing Utility Costs Boosting Rates." <https://www.awwa.org/AWWA-Articles/awwas-2019-water-and-wastewater-ratesurvey-reveals-increasing-utility-costsboosting-rates>.
- Bipartisan Policy Center. "Increasing Innovation in America's Water Systems." (2017). <https://bipartisanpolicy.org/report/increasing-innovation-in-americas-water-systems/>.
- Boretti, Alberto, and Lorenzo Rosa. "Reassessing the Projections of the World Water Development Report." *npj Clean Water* 2, no. 1 (2019/07/31 2019): 15.
- Brears, R.C. *Blue and Green Cities: The Role of Blue-Green Infrastructure in Managing Urban Water Resources*. Palgrave Macmillan UK, 2018.
- ———. *Climate Resilient Water Resources Management*. Cham, Switzerland: Palgrave Macmillan, 2018.
- ———. *Urban Water Security*. Chichester, UK; Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2016.
- Chotpantarat, Srilert, and Satika Boonkaewwan. "Impacts of Land-Use Changes on Watershed Discharge and Water Quality in a Large Intensive Agricultural Area in Thailand." *Hydrological Sciences Journal* 63, no. 9 (2018/07/04 2018): 1386–407.
- Colosimo, Mark F., and Hyunook Kim. "Incorporating Innovative Water Management Science and Technology into Water Management Policy." *Energy, Ecology and Environment* 1, no. 1 (2016/02/01 2016): 45–53.
- Crosson, Courtney. "Innovating the Urban Water System: Achieving a Net Zero Water Future Beyond Current Regulation." *Technology|Architecture + Design* 2, no. 1 (2018/01/02 2018): 68–81.
- Duong, Kimberly, and Jean-Daniel M. Saphores. "Obstacles to Wastewater Reuse: An Overview." *WIREs Water* 2, no. 3 (2015/05/01 2015): 199–214.

- FAO. "Water for Sustainable Food and Agriculture: A Report Produced for the G20 Presidency of Germany." (2017). <http://www.fao.org/3/a-i7959e.pdf>.
- Fox, Sam, Will Shepherd, Richard Collins, and Joby Boxall. "Experimental Quantification of Contaminant Ingress into a Buried Leaking Pipe During Transient Events." *Journal of Hydraulic Engineering* 142, no. 1 (2016): 04015036.
- Gaffield, Stephen J., Robert L. Goo, Lynn A. Richards, and Richard J. Jackson. "Public Health Effects of Inadequately Managed Stormwater Runoff." [In eng]. *American journal of public health* 93, no. 9 (2003): 1527–33.
- Greenland, Steven. "Sustainable Innovation Adoption Barriers: Water Sustainability, Food Production and Drip Irrigation in Australia." *Social Responsibility Journal* 15, no. 6 (2019): 727–41.
- Hegger, D. L. T., G. Spaargaren, B. J. M. van Vliet, and J. Frijns. "Consumer-Inclusive Innovation Strategies for the Dutch Water Supply Sector: Opportunities for More Sustainable Products and Services." *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences* 58, no. 1 (2011/06/01/2011): 49–56.
- HLPE. "Water for Food Security and Nutrition. A Report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security." (2015). <http://www.fao.org/3/a-av045e.pdf>.
- IEA. "Water-Energy Nexus: World Energy Outlook Special Report." (2017). <https://www.iea.org/reports/water-energy-nexus>.
- IPBES. "Summary for Policymakers of the Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services." (2019). https://ipbes.net/sites/default/files/inline/files/ipbes_global_assessment_report_summary_for_policymakers.pdf. Jiménez Cisneros, B.E., T. Oki, N.W. Arnell, G. Benito, J.G. Cogley, P. Döll, T. Jiang, and S.S. Mwakalila, . *Freshwater Resources*. Cambridge University Press, 2014. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-Chap3_FINAL.pdf.
- Kiparsky, Michael, David L. Sedlak, Barton H. Thompson, and Bernhard Truffer. "The Innovation Deficit in Urban Water: The Need for an Integrated Perspective on Institutions, Organizations, and Technology." *Environmental Engineering Science* 30, no. 8 (10/24/received, 1/27/accepted 2013): 395–408.
- Kiparsky, Michael, Barton H. Thompson, Christian Binz, David L. Sedlak, Lars Tummers, and Bernhard Truffer. "Barriers to Innovation in Urban Wastewater Utilities: Attitudes of Managers in California." *Environmental Management* 57, no. 6 (June 01 2016): 1204–16.

- Kumar, Pankaj, Rajarshi Dasgupta, A. Brian Johnson, Chitresh Saraswat, Mrittika Basu, Mohamed Kefi, and K. Binaya Mishra. "Effect of Land Use Changes on Water Quality in an Ephemeral Coastal Plain: Khambhat City, Gujarat, India." *Water* 11, no. 4 (2019).
- Lam, Ka Leung, Steven J. Kenway, and Paul A. Lant. "Energy Use for Water Provision in Cities." *Journal of Cleaner Production* 143 (2017/02/01/2017): 699–709.
- McDonald, Robert I., Katherine F. Weber, Julie Padowski, Tim Boucher, and Daniel Shemie. "Estimating Watershed Degradation over the Last Century and Its Impact on Water-Treatment Costs for the World's Large Cities." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113, no. 32 (2016): 9117–22.
- McDonald, Robert I., Katherine Weber, Julie Padowski, Martina Flörke, Christof Schneider, Pamela A. Green, Thomas Gleeson, et al. "Water on an Urban Planet: Urbanization and the Reach of Urban Water Infrastructure." *Global Environmental Change* 27 (2014): 96–105.
- NACWA. "Envisioning the Digital Utility of the Future." (2017). <http://www.nacwa.org/docs/defaultsource/conferences-events/2017summer/17ulc-digital-utility-r6.pdf?sfvrsn=2>.
- National Institute of Environmental Health Sciences. "Harmful Algal Blooms." <https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/algal-blooms/index.cfm>.
- Newsha Ajami, Barton Thompson, and David Victor. *The Path to Water Innovation*. 2014. https://www.hamiltonproject.org/papers/the_path_to_water_innovation.
- O'Donnell, E. C., J. E. Lamond, and C. R. Thorne. "Recognising Barriers to Implementation of Blue-Green Infrastructure: A Newcastle Case Study." *Urban Water Journal* 14, no. 9 (2017): 964–71.
- OECD. "Global Material Resources Outlook to 2060: Economic Drivers and Environmental Consequences." (2019). <https://www.oecd.org/environment/waste/highlights-global-material-resources-outlook-to-2060.pdf>.
- ———. "OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction Highlights." (2012). <https://www.oecd.org/g20/topics/energy-environment-green-growth/oecdenvironmentaloutlookto2050theconsequencesofinaction.htm>.
- Ofwat. "Driving Innovation in Water." (2017). <https://www.ofwat.gov.uk/publication/drivinginnovation-water/>.
- Oliveira, Vinícius Augusto de, Carlos Rogério de Mello, Marcelo Ribeiro Viola, and Raghavan Srinivasan. "Land-Use Change Impacts on the Hydrology of the Upper Grande River Basin, Brazil." *CERNE* 24 (2018): 334–43.
- Safi, A., G. Rachid, M. El-Fadel, J. Doummar, M. Abou Najm, and I. Alameddine. "Synergy

- of Climate Change and Local Pressures on Saltwater Intrusion in Coastal Urban Areas: Effective Adaptation for Policy Planning." *Water International* 43, no. 2 (2018/02/17 2018): 145–64.
- S  ve-S  derbergh, Melle, John Bylund, Annika Malm, Magnus Simonsson, and Jonas Tol-jander. "Gastrointestinal Illness Linked to Incidents in Drinking Water Distribution Networks in Sweden." *Water Research* 122 (2017/10/01 / 2017): 503–11.
 - Shepherd, Jessica G., Saran P. Sohi, and Kate V. Heal. "Optimising the Recovery and Re-Use of Phosphorus from Wastewater Effluent for Sustainable Fertiliser Development." *Water Research* 94 (2016/05/01 / 2016): 155–65.
 - Speight, Vanessa L. "Innovation in the Water Industry: Barriers and Opportunities for Us and Uk Utilities." *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water* 2, no. 4 (2015/07/01 2015): 301–13.
 - Tanellari, Eftila, Darrell Bosch, Kevin Boyle, and Elton Mykerezi. "On Consumers' Attitudes and Willingness to Pay for Improved Drinking Water Quality and Infrastructure." *Water Resources Research* 51, no. 1 (2015): 47–57.
 - Townhill, Bryony L., Jonathan Tinker, Miranda Jones, Sophie Pitois, Veronique Creach, Stephen D. Simpson, Stephen Dye, Elizabeth Bear, and John K. Pinnegar. "Harmful Algal Blooms and Climate Change: Exploring Future Distribution Changes." *ICES Journal of Marine Science* 75, no. 6 (2018): 1882–93.
 - UN-Water. "The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water." (2018). <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261424>.
 - "WaterandJobs." (2016). <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000244040/PDF/244040eng.pdf.multi>.
 - UN Water. "World Water Development Report 2019: Leaving No One Behind." (2019). <https://knowledge.uncced.int/publications/world-water-development-report-2019-leaving-no-one-behind>.
 - UNEP-DHI Partnership, UNEP-DTU, CTCN,. "Climate Change Adaptation Technologies for Water: A Practitioner's Guide to Adaptation Technologies for Increased Water Sector Resilience." (2017). <https://www.ctc-n.org/resources/climate-change-adaptation-technologies-waterpractitioner-s-guide-adaptation-technologies>.
 - United Nations Department of Economic and Social Affairs. "World Population Prospects 2019: Highlights." (2019). https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf.
 - ———. "World Urbanization Prospects: The 2018 Revision." (2019). <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>.

- US EPA. "Climate Adaptation and Saltwater Intrusion." <https://www.epa.gov/arc-x/climateadaptation-and-saltwater-intrusion>.
- ———. "Climate Impacts on Water Resources." <https://19january2017snapshot.epa.gov/climateimpacts/>
- climate-impacts-water-resources_.htmlWaCCLim. "The Roadmap to a Low-Carbon Urban Water Utility." (2018). http://wacclim.org/wpcontent/uploads/2018/12/2018_WaCCLim_Roadmap_EN_SCREEN.pdf.
- Wehn, Uta, and Carlos Montalvo. "Exploring the Dynamics of Water Innovation: Foundations for Water Innovation Studies." *Journal of Cleaner Production* 171 (2018/01/10/ 2018): S1–S19.
- World Bank. "The Challenge of Reducing Non-Revenue Water (Nrw) in Developing Countries: How the Private Sector Can Help: A Look at Performance-Based Service Contracting." (2006). <https://siteresources.worldbank.org/INTWSS/Resources/WSS8fin4.pdf>.
- ———. "Ppp Arrangements / Types of Public-Private Partnership Agreements." <https://ppp.worldbank.org/public-private-partnership/agreements>.
- Zhang, Qian, Jun Nakatani, Tao Wang, Chunyan Chai, and Yuichi Moriguchi. "Hidden Greenhouse Gas Emissions for Water Utilities in China's Cities." *Journal of Cleaner Production* 162 (2017/09/20/ 2017): 665–77.

فصل سوم

صرفه جویی و بازیافت و استفاده مجدد از آب

چکیده

به طور سنتی، مدیران آب که با افزایش تقاضا و سطوح عرضه متغیر مواجه هستند، برای پاسخگویی به افزایش تقاضا برای آب، به پروژه‌های زیرساختی در مقیاس بزرگ متکی هستند. با این حال، این پروژه‌ها از نظر زیست محیطی و اقتصادی پرهزینه هستند. همچنین، از آنجا که بیشتر منابع آب فرامرزی هستند، پروژه‌های جانبی می‌توانند تنش‌های سیاسی ایجاد کنند. در مقابل، مدیریت تقاضا شامل استفاده بهتر از منابع آب موجود قبل از برنامه‌ریزی برای افزایش بیشتر عرضه است. در همین حال، بازیافت آب و استفاده مجدد از آب می‌تواند منابع را افزایش دهد، که هزینه‌های اقتصادی و زیست محیطی مربوط به ایجاد منابع جدید آب را کاهش می‌دهد.

کلمات کلیدی: مدیریت تقاضا، قیمت‌گذاری آب، اندازه‌گیری آب، محدودیت‌های آب، بازیافت آب

به طور سنتی، مدیران آب که با افزایش تقاضا و سطوح متغیر عرضه مواجه هستند، به پروژه‌های زیرساختی عرضه، مانند سدها و مخازن، برای پاسخگویی به افزایش تقاضا برای آب (مدیریت عرضه) متکی بوده‌اند. با این حال، این پروژه‌ها از نظر زیست محیطی و اقتصادی پرهزینه هستند. هزینه‌های زیست محیطی شامل اختلال در مسیرهای آبی است که از اکوسیستم‌های آبی پشتیبانی می‌کنند. هزینه‌های اقتصادی ناشی از وابستگی به منابع آب دورتر، اغلب با کیفیت پایین‌تر، است که نه تنها هزینه‌های حمل و نقل، بلکه هزینه درمان را نیز افزایش می‌دهد. همچنین، از آنجا که اکثر منابع آب فرامرزی هستند، پروژه‌های جانبی می‌توانند تنش‌های سیاسی ایجاد کنند، زیرا آن‌ها به عبور آب از مرزهای اداری و سیاسی درون و بین‌ایالتی متکی هستند. در مقابل، مدیریت تقاضا شامل استفاده بهتر از منابع آب موجود قبل از برنامه‌ریزی برای افزایش بیشتر عرضه است. در همین حال، بازیافت و استفاده مجدد از آب می‌تواند منابع را افزایش دهد، که هزینه‌های اقتصادی و زیست محیطی مربوط به ایجاد منابع جدید آب را کاهش می‌دهد. این فصل پیش از بحث در مورد بازیافت و استفاده مجدد آب، مروری کلی بر فن‌آوری‌های مدیریت تقاضا ارائه می‌دهد.

۲-۳- مدیریت تقاضا

مدیریت تقاضا، حفاظت از آب را، هم در زمان شرایط عادی و هم در زمان عدم قطعیت، از طریق تغییر در شیوه‌ها، فرهنگ‌ها و نگرش مردم نسبت به منابع آب ارتقا می‌دهد. علاوه بر مزایای زیست محیطی حفظ اکوسیستم‌ها و زیستگاه‌های آن‌ها، مدیریت تقاضا در مقایسه با مدیریت عرضه مقرون به صرفه است زیرا امکان تخصیص بهتر منابع مالی کمیاب را فراهم می‌کند، که در غیر این صورت برای ساخت سدهای گران‌قیمت، طرح‌های انتقال آب از یک حوضه رودخانه به حوضه دیگر و کارخانه‌های نمک‌زدایی مورد نیاز خواهد بود. به طور کلی، هدف مدیریت تقاضا عبارت است از:

- کاهش تلفات و سوءاستفاده در بخش‌های مختلف آب.
- بهینه‌سازی مصرف آب با اطمینان از تخصیص منطقی بین کاربران مختلف (بهره‌وری مقطعی) در حالی که نیازهای تامین اکوسیستم‌های پایین دست و دیگر کاربران و

مصارف آب را در نظر می‌گیرد.

- صرفه‌جویی قابل توجه مالی و زیرساختی را با به حداقل رساندن نیاز به پاسخگویی به تقاضای رو به افزایش با منابع جدید آب تسهیل کنید.
- کاهش تنش بر منابع آبی با کاهش یا توقف بهره‌برداری ناپایدار از منابع آبی

مدیریت تقاضا همچنین شامل توسعه منابع آب جایگزین است که علاوه بر حفظ آب‌های زیرزمینی و منابع سطحی، انحراف آب شیرین از اکوسیستم‌های حساس را کاهش می‌دهد، تخلیه به پهنه‌های آبی حساس را کاهش می‌دهد و در انرژی صرفه‌جویی می‌کند.

۱-۲-۳- استراتژی‌های مدیریت تقاضا

مدیریت تقاضا شامل انتقال ایده‌ها، هنجارها و نوآوری‌ها برای حفاظت از آب در میان افراد و جامعه است، هدف تغییر فرهنگ، نگرش‌ها و اقدامات مردم نسبت به منابع آب و کاهش الگوهای مصرف است. مدیران آب می‌توانند از دو نوع استراتژی مدیریت تقاضا برای اصلاح نگرش و رفتار نسبت به آب استفاده کنند:

- استراتژی‌های پیشین تلاش می‌کنند تا عوامل تعیین‌کننده رفتار هدف را قبل از اجرای رفتار تحت تاثیر قرار دهند.
- استراتژی‌های نتیجه‌ای تلاش می‌کنند تا عوامل تعیین‌کننده رفتار هدف را پس از عملکرد رفتار تحت تاثیر قرار دهند. این امر فرض می‌کند که بازخورد، هم مثبت و هم منفی، از پیامدهای آن رفتار، بر احتمال وقوع یا عدم وقوع رفتار در آینده تاثیر خواهد گذاشت.

۳-۳- قیمت‌گذاری آب

تعرفه آب، قیمتی است که به آب عرضه شده توسط یک شرکت دولتی یا خصوصی از طریق یک شبکه لوله‌کشی به مشتریان آن اختصاص می‌یابد. قیمت‌گذاری آب یک ابزار اقتصادی قدیمی برای ترویج حفاظت از آب با ایجاد انگیزه برای استفاده بیش از حد است. نظریه اقتصادی پیشنهاد می‌کند که تقاضای آب باید مانند هر کالای دیگری رفتار کند: با افزایش قیمت،

مصرف آب کاهش می‌یابد. با خدمت به عنوان یک عملکرد تشویقی، قیمت‌گذاری آب مشکلات کمبود آب را از طریق ترویج حفاظت و همچنین تشویق سرمایه‌گذاری در فن‌آوری‌های نوآورانه و کم‌آب حل می‌کند. همچنین، قیمت‌گذاری آب می‌تواند برای بازیابی هزینه استفاده شود، با طرح قیمت‌گذاری آب هزینه‌های مستقیم (تامین آب و هزینه‌های زیرساخت) و هزینه‌های غیر مستقیم (هزینه‌های محیطی، اجتماعی، و فرصت) را بازیابی می‌کند. دو رویکرد برای بازیابی هزینه وجود دارد: بازیابی هزینه تامین، بازیابی هزینه‌های مالی (اینترنال) تامین آب، شامل سرمایه‌گذاری در زیرساخت، عملیات و نگهداری، و هزینه‌های اجرایی است. بازیابی کامل هزینه عبارت است از بازیابی هزینه‌های مالی و همچنین هزینه‌های زیست محیطی، اجتماعی و فرصت‌های مرتبط با مصرف آب. به طور کلی، معنی و سطح بازیابی هزینه به چیزی بستگی دارد که بخشی از قیمت تهیه و استفاده از آب در نظر گرفته می‌شود.

۱-۳-۳- ساختارهای تعرفه مشترکین

معمولاً نرخ ثابتی برای مصرف آب بدون در نظر گرفتن حجم مورد استفاده در نظر گرفته می‌شود که معمولاً اندازه بار مربوط به ارزش دارایی مشتری است. در مقابل، نرخ حجمی، شارژی است که براساس حجم آب مصرف شده با نرخ ثابت است. افزایش نرخ تعرفه بلوکی شامل قیمت‌های متفاوت برای دو یا چند مقدار از پیش تعیین شده آب است که قیمت با هر بلوک متوالی افزایش می‌یابد. نظام تعرفه‌گذاری دو بخشی شامل یک جز ثابت و متغیر است. در بخش ثابت، مصرف‌کنندگان آب یک مقدار مستقل از مصرف پرداخت می‌کنند که معمولاً هزینه‌های اجرایی و زیرساختی تامین آب را پوشش می‌دهد. در همین حال، مقدار متغیر براساس مقدار آب مصرفی است و هزینه‌های تامین آب و همچنین تشویق به حفاظت را پوشش می‌دهد.

۱-۳-۳- ساختارهای تعرفه آبیاری

هزینه خدمات آبیاری را می‌توان از طرق مختلف دریافت کرد (جدول ۱-۳). هر نوع تعرفه سطوح مختلفی از انگیزه را برای مشترکان به منظور کاهش مصرف و ساختارهای مختلف درآمدی را برای ارائه دهنده خدمات فراهم می‌کند.

مورد ۱-۳: هزینه های تجاری جدید شرکت ایرلندی واترز

کمیسیون تنظیم مقررات ارتباطات در مورد تصمیم پیشنهادی خود در مورد تعرفه های آینده آب برای مشترکان تجاری رازینی هایی انجام داد. تصمیم نهایی در سوم ژوئیه ۲۰۱۹ منتشر شد و مجموعه ای ملی از هزینه ها را تعیین کرد که شفاف، مقرون به صرفه و عادلانه برای همه کسب و کارها در سراسر کشور خواهد بود. پیش از این، بیش از ۴۴ رژیم تجاری مختلف با بیش از ۵۰۰ سطح قیمت مختلف در سراسر کشور وجود داشت. در نتیجه، مشتریان با خدمات آب مشابه بسته به موقعیت خود مبالغ بسیار متفاوتی پرداخت می کردند. هزینه های تجاری جدید Irish Water's هم برای مشتریان تجاری و هم برای مشتریانی که از خدمات آب برای مصارف تجاری و غیر خانگی استفاده می کنند، اعمال خواهد شد و هزینه های جدید منعکس کننده هزینه های واقعی ارائه خدمات آب به بخش تجاری است. تعرفه های جدید و نرخ تعرفه های جدید کنتور در جدول ۲-۳ آمده است.

جدول ۱-۳- تعرفه های آب آبیاری

نوع	شرح
مبتنی بر منطقه	نرخ ثابتی در هر هکتار از یک مزرعه، که در آن نرخ مربوط به آبیاری منطقه، کشت محصول، یا حجم آب دریافتی نیست. معمولاً بخشی از یک تعرفه دو بخشی است که برای پوشش هزینه های ثابت خدمات طراحی شده است. ممکن است از تعرفه های مختلف برای گرانی و عرضه بنزین استفاده شود. نرخ ثابتی در هر هکتار آبیاری شده. این هزینه مربوط به اندازه مزرعه، نوع محصول کشت شده، یا حجم واقعی آب دریافتی نیست (فرض کنید که یک منطقه آبیاری بزرگ تر به معنای حجم بیشتری از آب آبیاری است).
بر پایه محصول	نرخ متغیر به ازای هر هکتار آبیاری شده محصول، یعنی هزینه های متفاوت برای محصولات مختلف، که در آن هزینه مربوط به حجم واقعی آب دریافتی نیست، اگرچه نوع محصول و منطقه آبیاری شده به عنوان شاخصی برای حجم آب دریافتی عمل می کند.
حجمی	نرخ ثابت به ازای واحد آب دریافتی، که در آن شارژ مستقیماً با حجم آب دریافتی مرتبط و متناسب است یک نرخ متغیر به ازای هر واحد آب دریافتی، که در آن هزینه خدمات مستقیماً با مقدار آب دریافتی مرتبط است، اما متناسب نیست (به عنوان مثال مقدار معینی آب در هر هکتار ممکن است با هزینه واحد پایین، مقدار تعریف شده بیشتر در هزینه واحد بالاتر، و آب اضافی بالاتر از این مقدار بیشتر در هزینه واحد بسیار بالا). از این روش به عنوان تعرفه بلوک افزایشی یاد می شود
حق آب قابل تجارت	حقوق کاربران در یک پروژه آبیاری، مطابق با منبع آب موجود مشخص می شود. دارندگان حق آب می توانند حق آب را مطابق با قوانین مشخصی که در درجه اول برای حفاظت از حقوق اشخاص ثالث طراحی شده اند، خریداری یا بفروشند. فروش نیاز به مجوز توسط یک مرجع صدور مجوز دارد یا ممکن است نیاز به تایید دادگاه بدون ارجاع به هیچ مرجع مشخصی داشته باشد.

جدول ۲-۳- هزینه‌های تجاری اندازه‌گیری شده جدید آب ایرلند

تعارف‌های پلکانی	هزینه خدمات آب	
	شارژ ثابت	شارژ حجمی
کمتر از ۱۰۰۰ مترمکعب	۴۳/۷۶	۱/۸۷
۱۰۰۰ تا ۱۹۹۹۹ مترمکعب	۱۱۳/۳۱	۱/۳۰
۲۰۰۰۰ تا ۲۴۹۹۹۹ مترمکعب	۱۸۷۲/۹۸	۱/۲۱
بیشتر از ۲۵۰۰۰۰ مترمکعب	۲۱۷۷۱/۴۶	۱/۰۵

مورد ۳-۲: نرخ ویژه آب کشاورزی اداره آب شهرستان سن دیگو

هیات مدیره سازمان آب شهرستان سن دیگو (SDCWA) یک ساختار جدید و دائمی برنامه نرخ آب ویژه کشاورزی را تصویب کرده است که نرخ آب پایین‌تری را به کشاورزان در ازای قابلیت اطمینان کم‌تر تامین آب ارائه می‌دهد. این برنامه جدید که از اول ژانویه سال ۲۰۲۱ اجرایی خواهد شد، کشاورزان و ... را در دریافت سطح پایین‌تر خدمات آب در طی کمبود آب یا شرایط اضطراری دخیل خواهد کرد و به SDCWA اجازه خواهد داد تا این منابع را به مشتریان تجاری و صنعتی اختصاص دهد که هزینه مزایای قابلیت اطمینان کامل را می‌پردازند. در عوض، کشاورزان مشارکت کننده از هزینه‌های ثابت کمبود آب و قابلیت اطمینان تامین معاف هستند. در حال حاضر، یک برنامه موقت با پرداخت ۱,۲۳۱ دلار به ازای هر فوت در هر جریب برای آب تصفیه شده اجرا می‌شود، در حالی که کاربران شهری و صنعتی ۱,۶۸۶ دلار به ازای هر فوت در هر جریب پرداخت می‌کنند.

۳-۴- کنتور آب

خواندن خودکار کنتور (AMR) شامل انتقال خودکار داده‌های مصرف آب ثبت شده از طریق رادیوی عمومی یا خصوصی به سرورها برای ذخیره‌سازی و پردازش بعدی داده‌ها توسط

شرکت و شخص ثالث است. این معمولاً شامل دستکاری کنتورهای دستی موجود است که منجر به کنتورهای هوشمند می‌شود. با این حال، در حالی که AMR به موقع بودن و دقت داده‌ها را بهبود می‌بخشد، تراکم داده‌ها را به طور قابل توجهی افزایش نمی‌دهد، برای مثال، یک خواندن در ماه، اگرچه فرکانس‌های بالاتر ممکن است. زیرساخت اندازه‌گیری پیشرفته (AMI) امکان برقراری ارتباط دو طرفه بین کنتور هوشمند و ابزار یا شخص ثالث دیگر را از طریق دیتالاگر و همچنین تراکم داده بالاتر را فراهم می‌کند. AMI یک جریان داده ایجاد می‌کند که نظارت و تحلیل بلادرنگ را با داده‌های مصرف با تفکیک بالا که به مشتری ارسال می‌شود، ممکن می‌سازد. از این داده‌ها می‌توان برای افزایش آگاهی از مصرف آب استفاده کرد و به مشتریان اجازه داد تا استراتژی‌های خود را برای کاهش مصرف آب توسعه دهند. از دیدگاه مصرف آب، کنتورهای AMI مزایای متعددی از جمله تشخیص نشت، کاهش انرژی، پیش‌بینی تقاضا، کمپین‌های افزایش آگاهی، ترویج وسایل کارآمد در آب، و شاخص‌های عملکرد را فراهم می‌کنند. از دیدگاه مشتریان، کنتورهای هوشمند اطلاعاتی در مورد زمان و مکان مصرف آب، مقایسه مصرف آب آن‌ها با سایر مشتریان و تشخیص سریع نشت را ارائه می‌دهند. تاسیسات آب می‌توانند برنامه‌های هوشمندی را برای مشتریان توسعه دهند:

- مقایسه مصرف آب آن‌ها با همسایگان همان خیابان یا حومه
- مقایسه مصرف آن‌ها با پروفایل‌های استاندارد، مانند مصرف‌کنندگان با فاکتورهای اجتماعی - جمعیتی مشابه
- مقایسه مصرف آب خود با کارآمدترین کاربران شهر
- پیش‌بینی قبض آب بعدی

مورد ۳-۳: آزمایش نشت آب کنتور هوشمند یورکشایر واتر

شرکت یورکشایر واتر در حال انجام آزمایش نشت آب کنتور هوشمند در شفیلد است که می‌تواند به طور بالقوه تا ۲۵۰ هزار لیتر آب در هر بار انفجار صرفه جویی کند. کنتورهای هوشمند از راه دور اطلاعات جریان آب را هر ۱۲ ساعت یک بار به آب یورکشایر ارسال خواهند کرد. سپس این برنامه قادر به استفاده از این داده‌ها برای شناسایی زمان افزایش تقاضا به دلیل نشتی و پاسخ سریع خواهد بود. پروژه آزمایشی دو ساله به دلایل جغرافیایی در شفیلد واقع شده است: تپه‌های این شهر قابلیت راه حل بی سیم را برای انتقال داده‌های جریان آزمایش خواهند کرد و ارتفاع و نزدیکی به منطقه اوج به این معنی است که منطقه با زمستان‌های سخت و چالش‌های مرتبط با نشت در طول رویدادهای ذوب یخ مواجه است. به طور کلی، این آزمایش بخشی از یک پروژه گسترده‌تر برای ایجاد شبکه‌های آب هوشمند در شفیلد و هیدن بریج است که هدف آن کاهش نشت و وقفه‌های تامین و در عین حال بهبود کیفیت آب خواهد بود.

۵-۳- نشت یابی و بازسازی شبکه توزیع آب

در بسیاری از سیستم‌های توزیع، در اثر نشت تا نیمی از آب تامین شده توسط تصفیه‌خانه از دست می‌رود. بخش قابل توجهی از نشتی‌های رخ داده در یک شبکه توزیع آب به سطح زمین نمی‌رسد. این نشتی‌ها را می‌توان با اعمال طیف وسیعی از استراتژی‌های کنترل نشت فعال شناسایی کرد از جمله:

- تجزیه و تحلیل تغییرات حجم ورودی شبانه در طول زمان
- تنظیم سطح هشدار خط صاف در مکان‌های مهم نظارت در یک شبکه توزیع آب، امکان شناسایی نزدیک به زمان واقعی، معمولاً، انفجارهای بزرگ را فراهم می‌کند.
- استفاده از فن‌آوری سنسور هیدرولیک با امکاناتی که بسیاری از دستگاه‌های فشار و جریان را با داده‌هایی که از چنین دستگاه‌هایی به دست می‌آید، گسترش می‌دهد.

هنگامی که در ترکیب با پیش‌بینی رفتار شبکه توزیع آب توسط مدل‌سازی هیدرولیکی استفاده می‌شود، این پتانسیل را دارد که تشخیص سریع و مکان‌ترکیدی لوله را ممکن سازد.

یک شرکت آب می‌تواند مدیریت و بازسازی شبکه توزیع آب خود را با یک برنامه نگهداری خوب برنامه‌ریزی شده براساس دانش صحیح از شبکه توزیع بهبود بخشد. این دانش معمولاً در یک پایگاه داده سیستم توزیع گنجانده می‌شود که شامل داده‌های زیر است:

- فهرستی از ویژگی‌های اجزای سیستم، از جمله اطلاعات مربوط به مکان، اندازه، سن، و مصالح ساختمانی مورد استفاده در شبکه.
- سابقه بازرسی‌های منظم شبکه از جمله وضعیت شبکه و درجه خوردگی
- فهرستی از شرایط و انواع خاک، از جمله ویژگی‌های شیمیایی خاک
- ثبت کیفیت آب تولیدی در سامانه
- ثبت هرگونه مشکل فشار بالا یا پایین در شبکه ملی اطلاعات
- سوابق عملیاتی مانند عملیات پمپ و شیر، خرابی، نشتی و هزینه‌های نگهداری و بازسازی
- پرونده‌ای از شکایات مشتریان
- جمع‌آوری داده‌ها

با نظارت بر این سوابق می‌توان به هشدار پیشرفته در مورد مشکلات احتمالی دست یافت. به عنوان مثال، شکایات متعدد می‌تواند یک علامت هشدار دهنده از یک خرابی قریب‌الوقوع در سیستم باشد. این سیستم همچنین باید شامل یک برنامه منظم نگهداری پیشگیرانه باشد تا احتمال خرابی سیستم به حداقل برسد. به طور کلی، نشت یابی و برنامه‌های بازسازی شبکه توزیع آب، علاوه بر کاهش اتلاف آب، مزایای متعددی را ارائه می‌دهد که عبارتند از:

- افزایش درآمد
- کاهش تنش بر منابع آبی منطقه

- کاهش مصرف انرژی برای انتزاع، تصفیه و توزیع
- بهبود کیفیت آب به دلیل توزیع بهینه آب به عنوان محتوای کلر در آب توزیع شده بهتر کنترل می شود و خطر آلودگی ناشی از انفجار و دوره های کم فشار یا خلاء کاهش می یابد.

مورد ۳-۴: Anglian Water کابل های فیبر نوری را برای تشخیص نشتی آزمایش می کند.

آنگلیان واتر یک سیاست فعال تشخیص نشت دارد، و این شرکت نیمی از نشت در هر کیلومتر خط لوله را مانند هر شرکت آب دیگری در انگلستان گزارش می کند. طی پنج سال گذشته، این شرکت ۱۲۰ میلیون پوند برای کاهش نشتی سرمایه گذاری کرده است و هدف آن کاهش بیش از ۱۵ درصدی تا سال ۲۰۲۵ است. برای دستیابی به این هدف، شرکت Anglian Water انگلستان استفاده از کابل های فیبر نوری برای تشخیص نشتی در شبکه لوله های آب خود را آغاز کرده است. این آزمایش استقامت و قابلیت فیبر نوری را آزمایش می کند و به مهندسان اجازه می دهد مهارت های خود را در نصب و حذف فیبر نوری از خط لوله افزایش دهند. هنگامی که کابل سنسور فیبر نوری به لوله های آب تغذیه می شود، این فن آوری می تواند مهندسان را قادر سازد تا با ایجاد هزاران سنسور مجازی در طول بخش هایی از خط لوله که تحت نظارت هستند، به طور مداوم خط لوله را برای نشت ها و دیگر اتفاقات در شبکه تحت نظر بگیرند. این اطلاعات این شرکت را قادر می سازد تا در زمان واقعی ببیند که نشتی های جدید در کجا هستند یا شروع رویدادهای مورد نظر است. در صورت موفقیت آمیز بودن این آزمایش، آنگلیان واتر ممکن است به پیشرفت در آزمایش های عملیاتی در مقیاس کامل در شبکه آب زنده فکر کند.

۳-۶- محدودیت های آب

دو نوع محدودیت آب به شرح زیر وجود دارد:

- قوانین و مقررات موقت صرفه جویی در مصرف آب: این ها انواع خاصی از مصرف آب

را در طول زمان های مشخص محدود می کنند و سطح مصرف آب را به مقدار مشخصی محدود می کنند. نمونه هایی از مقررات مصرف آب عبارتند از:

- محدودیت در استفاده های غیر ضروری از آب، به عنوان مثال، آبیاری چمن ها، شستن ماشین ها، پر کردن استخرها و شستن معابر.
- محدودیت در استفاده تجاری، به عنوان مثال، کارواش، هتل ها و دیگر مصرف کنندگان بزرگ آب.
- ممنوعیت استفاده از آب با کیفیت آشامیدنی برای مصارف سرمایشی.
- **قوانین و مقررات دائمی حفظ آب:** این موارد شامل اصلاحاتی در آیین نامه ها یا احکام ساختمانی است که نیاز به نصب کنتورهای آب و دستگاه های صرفه جویی در آب دارند، برای مثال: تدوین آیین نامه های تضمین رعایت حداکثر استانداردهای مصرف آب برای وسایل لوله کشی مانند سرویس های بهداشتی، شیرآلات و دوش.
- الزام نصب سرویس های بهداشتی، دوش و شیرآلات کم جریان در تمام منازل و ادارات نصب و نوسازی شود.

مورد ۵-۳: محدودیت های آبی سیدنی

در دهم دسامبر ۲۰۱۹، ایالت نیو ساوت ولز محدودیت های آب سطح ۲ را برای سیدنی و منطقه وسیع تر اعمال کرد. با توجه به اینکه این منطقه یکی از شدیدترین خشکسالی های تاریخ را تجربه می کند، اجرای محدودیت های سطح ۲ باعث صرفه جویی ۷۸٫۵ گیگا لیتری آب در سال می شود. که این به دنبال اجرای محدودیت های سطح ۱ در ۱ ژوئن ۲۰۱۹ است. جریمه عدم پایبندی به رعایت محدودیت های اجباری آب، ۲۲۰ دلار برای افراد و ۵۵۰ دلار برای مشاغل است. محدودیت های سطح ۲ در جدول ۳-۳ خلاصه شده است.

جدول ۳-۳- محدودیت‌های آبی سیدنی

سطح یک	سطح دو
باغ	* شلنگ باید نازل ماشه داشته باشد. * عدم وجود آب پاش یا سیستم آبیاری. * عدم آبیاری بین ساعت ۱۰ صبح تا ۴ بعد از ظهر
ماشین‌ها	* فقط قوطی و سطل آب * شست و شوی تجاری خودرو
راه‌ها و معابر	* شلنگ از مسیرها یا راهروها * بدون شلنگ از مسیرها یا راهروها
استخرها	* مجوز برای پر کردن استخرهای جدید یا نوسازی شده * حداکثر ۱۵ دقیقه در روز برای رویه زدن * باید از نازل ماشه استفاده شود

۳-۷- برچسب‌گذاری بهره‌وری آب

مدیران آب می‌توانند طرح‌های برچسب‌گذاری محصولات بهره‌وری آب را که دستگاه‌های استفاده‌کننده از آب مانند شیر، دوش و توالت را پوشش می‌دهند، ارتقا دهند. برچسب‌گذاری لوازم خانگی با توجه به درجه بهره‌وری آب آنها در کاهش مصرف آب خانگی با حذف محصولات ناپایدار از بازار ضروری است، مشروط بر اینکه طرح برچسب‌گذاری واضح و قابل درک باشد و منافع خصوصی و عمومی صرفه‌جویی در مصرف آب را مشخص کند. دو نوع اصلی از طرح‌های برچسب‌گذاری وجود دارد:

- **برچسب‌های استاندارد^۱:** این برچسب نشان می‌دهد که یک محصول حداقل استاندارد مشخصی را رعایت کرده است.
- **برچسب‌های رتبه‌بندی^۲:** این برچسب با رتبه‌بندی محصول در مقیاس عملکرد و با بیان آمار واقعی مصرف آب یا نرخ جریان محصول، سطح بهره‌وری را نشان می‌دهد.

1. Endorsement labels

2. Rating labels

برچسب‌های استاندارد یک ابزار آسان برای مصرف‌کنندگان فراهم می‌کنند تا محصولات سازگار با محیط زیست یا آب کارآمد را شناسایی کنند، در حالی که برچسب‌های رتبه‌بندی انگیزه بیشتری برای تولیدکنندگان برای توسعه محصولات کارآمدتر فراهم می‌کنند و مصرف‌کنندگان را قادر می‌سازند تا تصمیمات خرید آگاهانه‌تری بگیرند. هر دو نوع می‌توانند داوطلبانه یا اجباری باشند و اغلب براساس الزامات عملکرد و استانداردهای فنی هستند.

مورد ۶-۳: طرح برچسب‌گذاری و استانداردهای بهره‌وری آب استرالیا

طرح برچسب‌گذاری و استانداردهای بهره‌وری آب استرالیا (WELS) یک طرح صرفه‌جویی در مصرف آب شهری است. طرح WELS که توسط وزارت کشاورزی و منابع آب مدیریت و تنظیم می‌شود، با هدف کاهش تقاضا برای آب آشامیدنی با کیفیت بالا از طریق اطلاع‌رسانی به مصرف‌کنندگان در مورد بهره‌وری آب در محل فروش است.

تا سال ۲۰۳۰، طرح WELS این پتانسیل را دارد که با ۶۵ درصد صرفه‌جویی ناشی از کاهش هزینه‌های برق و گاز ناشی از گرمایش آب و ۳۵ درصد از کاهش قبوض آب، بیش از ۲ میلیارد دلار صرفه‌جویی کند. هدف طرح WELS حفظ منابع آب از طریق کاهش مصرف آب، ترویج استفاده از تکنولوژی‌های کارآمد و موثر در مصرف آب و صرفه‌جویی در مصرف آب، و ارائه اطلاعات برای خریداران محصولات مصرف‌کننده آب و صرفه‌جویی در مصرف آب است. محصولاتی که تحت طرح WELS تنظیم می‌شوند عبارتند از محصولات لوله‌کشی (لوله‌کشی)، دوش، کنترل‌کننده جریان، سرویس‌های بهداشتی و لوازم بهداشتی) و کالاهای سفید (ماشین لباسشویی و ماشین ظرفشویی). تمام محصولاتی که تحت طرح WELS تنظیم می‌شوند باید در سامانه ثبت شده و با اطلاعات صحیح رتبه‌بندی آب برچسب‌گذاری شوند. این کار شامل نمایش برچسب درجه‌بندی آب یا مشاوره متنی با محصولات در فروشگاه و به صورت آنلاین است. این برچسب از موارد زیر تشکیل شده است:

- **رتبه‌بندی ستاره:** این امر به مصرف‌کنندگان اجازه می‌دهد تا به سرعت بازده آب محصولات مختلف را مقایسه کنند (هرچه محصول ستاره دارتر باشد، بازدهی آب بیشتری دارد).
- **میزان مصرف آب:** این می‌تواند شامل میزان جریان، لیتر در هر بار شستشو یا لیتر در هر بار

شستشو باشد، که مصرف‌کنندگان را قادر می‌سازد تا میزان آب مصرفی محصول را تخمین بزنند.

• **ثبت نام و جزئیات محصول:** این شامل شماره مجوز و شماره ثبت و برای ماشین‌های لباسشویی و ظرفشویی نام مدل و چرخه مورد استفاده برای آزمایش است.

WELS هر پنج سال یک بار توسط یک بازبینی‌کننده مستقل طبق قانون برجسب‌گذاری و استانداردهای بهره‌وری آب ۲۰۰۵ مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد.

۸-۳- آموزش و آگاهی

هدف ابزارهای آموزش و آگاهی تغییر رفتار از طریق کمپین‌های آگاهی عمومی در مورد نیاز به حفظ منابع کمیاب آب است. تاسیسات آب می‌توانند حفاظت از آب را در مدارس ترویج دهند تا دانش جوانان را از چرخه آب افزایش دهند و استفاده عاقلانه از منابع کمیاب آب را تشویق کنند. شرکت‌های آب می‌توانند از استراتژی‌های مختلفی استفاده کنند، از جمله ارائه مدرسه و توزیع اطلاعات صرفه‌جویی در مصرف آب و موادی که می‌تواند در برنامه درسی مدرسه استفاده شود. در همین حال، شرکت‌های آب می‌توانند از آموزش عمومی برای ترغیب افراد و جوامع به حفظ منابع آب استفاده کنند. شرکت‌های آب می‌توانند با افزایش دانش و آگاهی از مشکلات زیست‌محیطی مرتبط با کمبود آب، بر نگرش و رفتار افراد نسبت به منابع آب تأثیر بگذارند. ابزارها و قالب‌های متعددی وجود دارد که شرکت‌های آب می‌توانند برای افزایش آگاهی زیست‌محیطی و حفظ آب از آنها استفاده کنند، از جمله:

- اطلاعات عمومی مانند تبلیغات تلویزیونی، مقالات، روزنامه‌ها و تبلیغات
- کمپین‌های اینترنتی و رسانه‌های اجتماعی
- رویدادهای عمومی مانند: کارگاه‌های حفاظتی، نمایشگاه‌های عمومی و...
- اطلاعات موجود در قبوض، مانند بروشورهایی در مورد نکات صرفه‌جویی در مصرف آب

برنامه‌های آموزشی و آگاه‌سازی نیز می‌تواند شامل توزیع کیت‌های حفاظت از آب و ارائه تخفیف برای تشویق صرفه‌جویی فیزیکی در آب باشد. به طور کلی برای اطمینان از موفقیت آمیز بودن کمپین‌های آموزشی و آگاه‌سازی می‌توان از روش‌های زیر استفاده کرد:

- کمپین‌ها زمانی موثرتر هستند که از طیف گسترده‌ای از رسانه‌ها استفاده کنند.
- استفاده از شبکه‌های موجود می‌تواند هزینه کمپین‌ها را کاهش و تاثیر آن‌ها را افزایش دهد.
- ارائه اطلاعات نیازمند مدیریت دقیق برای اطمینان از مرتبط و معتبر بودن آن است.
- تاثیر یک کمپین آب را می‌توان بزرگنمایی کرد اگر با یک اقدام ملموس دنبال شود.

مورد ۷-۳: برنامه آموزش و اطلاع‌رسانی اداره آب شهرستان سن دیگو (SDCWA)

SDCWA مجموعه وسیعی از برنامه‌ها را برای کمک به جامعه در یادگیری و درک منابع آب، زیرساخت‌ها و مسائل مربوط به این شهرستان ارائه می‌کند. برنامه‌های موجود عبارتند از:

- **دفتر سخنان:** این یک سرویس رایگان برای جامعه است و موضوعاتی از جمله قابلیت اطمینان آب، انتقال آب، قانون‌گذاری، و پروژه‌های ساختمانی را پوشش می‌دهد. نمونه‌هایی از سازمان‌هایی که SDCWA ارائه کرده است شامل باشگاه‌های روتاری، اتاق‌های بازرگانی، کلاس‌های کالج اجتماعی، و انجمن‌های حرفه‌ای می‌شود.
- **نمایشگاه‌ها و انجمن‌های اجتماعی:** آگاه‌سازی جامعه در مورد مسائلی که تامین آب آن‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد و همچنین پروژه‌ها و برنامه‌های مهم، به انجام ماموریت تامین آب مطمئن و ایمن در منطقه کمک می‌کند. SDCWA تقویمی از رویدادها را فراهم می‌کند که در آن به جامعه ارائه خواهد شد. برگزارکنندگان رویداد می‌توانند از طریق تماس با نماینده شرکت تعیین شده، درخواست شرکت SDCWA در رویداد آینده را داشته باشند. اگر SDCWA نتواند در آن شرکت کند، می‌توان مواد و سایر منابع را در اختیار سازمان میزبان رویداد قرار داد.

• **آموزش:** SDCWA به کودکان در مورد منابع آب محلی آموزش می‌دهد، دانش و درک از منبع را القا می‌کند، در حالی که درک نیاز به حفاظت از محیط زیست و استفاده عاقلانه از آب را پرورش می‌دهد. برنامه‌های آموزشی ارائه شده توسط SDCWA عبارتند از: مجامع نمایشی برای مدارس ابتدایی: برنامه مجمع شامل:

- **آب کجای رفتی؟** این نمایش موزیکال بر سفر آب و چرایی حفاظت از منابع طبیعی تمرکز دارد. این برنامه ضمن تاکید بر صرفه‌جویی در مصرف آب، موسیقی و کمدی را درهم آمیخته تا به دانش آموزان در مورد چرخه آب، حالات ماده و دیگر حقایق آب آموزش دهد.
- **آب شناسی:** آب شناسی یک نمایش موزیکال پرانرژی در مورد علوم آب، روان آب و حفاظت از آب برای کلاس‌های K-۶ است. این برنامه همچنین به دانش آموزان در مورد آبخوان‌ها، آلودگی آب ناشی از رواناب به فاضلاب‌ها و ارزش آب آموزش می‌دهد.
- **نمایش بازی هیدرو:** این یک برنامه تعاملی در مورد منابع آب، علوم آب و حفاظت برای کلاس‌های K-۶ است. قالب تیمی «تجاری» همراه با «تجاری» خنده و میزبان پرانرژی باعث می‌شود که این افراد تجربه‌ای به یاد ماندنی را برای دانش آموزان به نمایش بگذارند. این برنامه همچنین به دانش آموزان در مورد نمک‌زدایی، مخازن و ارزش آب آموزش می‌دهد.
- **آزمایشگاه سیار علم Splash از طریق اداره آموزش و پرورش شهرستان:** این سفر میدانی به مدارس می‌آید و دانش آموزان کلاس‌های ۴ تا ۸ را بررسی می‌کنند که چگونه آلودگی آب بر محیط زیست و حیات وحش تأثیر می‌گذارد و یاد می‌گیرند که چرا حفظ آب ضروری است. Splash Lab یک آزمایشگاه سیار کاملاً مستقل است که به دانش آموزان تجربیات علمی را در مدرسه ارائه می‌دهد و شامل:

- مدل‌های جدید زهکشی حوضه
- پیشرفته‌ترین ایستگاه‌های کامپیوتری GIS
- ایستگاه حفاظت از آب
- ایستگاه مصب سن دیگو
- میکروسکوپ با ویدئو پروجکشن
- آزمایشات شیمی
- مهارت‌های یادگیری مشارکتی

۹-۳- پروژه‌های نمایشی

پروژه‌های نمایشی امکان سنجی و قابلیت تجاری ابتکارات صرفه جویی در مصرف آب و بهره‌وری آب را نشان می‌دهد. آنها همچنین می‌توانند مزایای مختلف اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی را برای جامعه، از جمله مشتریان آب، مالکان ساختمان‌های خصوصی و توسعه‌دهندگان به نمایش بگذارند. علاوه بر این، پروژه‌های نمایشی می‌توانند سیاست‌های جدیدی را برای دولت‌های شهری یا منطقه‌ای اجرا کنند و ظرفیت و اعتماد محلی و نهادی را ایجاد کنند.

مورد ۸-۳: منظره نمایشی Helix Water District

منظره نمایشی جدید Helix Water District واقع در دفتر اداری آن در La Mesa، محله را زیبا می‌کند و جامعه را برای نصب محوطه‌سازی WaterSmart الهام می‌بخشد. چشم‌انداز نمایشی شامل سه باغ منحصر به فرد آبی در خیابان‌های اطراف ساختمان، از جمله یک باغ مدیترانه‌ای، یک چشم‌انداز بیابانی، و یک چشم‌انداز بومی کالیفرنیا است. هر باغ پر از گل، رنگ و بافت است. گیاهان هر سه باغ با آب و هوای سن دیگو سازگار هستند و به نیم تا یک پنجم آبی که چمن‌های سنتی نیاز دارند، نیاز دارند. علاوه بر نیاز به آب کم‌تر، چشم‌اندازهای WaterSmart نیز نیاز به نگهداری کمتری دارند و زیستگاه حیات وحش محلی از جمله زنبورها، پرندگان و پروانه‌ها را فراهم می‌کنند. باغ‌های نمایشی به مشتریان نشان می‌دهند که محوطه‌سازی کم‌آب فقط یک سبک نیست، و صاحبان خانه می‌توانند گیاهانی را انتخاب کنند که مکمل خانه و سلیقه شخصی باشد. نشانگرهای گیاهی نام هر گیاه و یک QRcode را ارائه می‌دهند که وقتی با گوشی هوشمند اسکن می‌شود، نام هر گیاه، نیاز خورشید و آب، اندازه بالغ و عکس هر گیاه را نشان می‌دهد. District همچنین یک صفحه وب تعاملی ایجاد کرده است که در آن مشتریان می‌توانند لیستی از گیاهان مورد علاقه خود تهیه کنند و طرح طراحی هر باغ را دانلود کنند. اطلاعات مربوط به برنامه‌های کارآمد آبیاری و تخفیف نیز در دسترس است. به طور کلی، باغ‌های نمایشی جدید منطقه، مردم را تشویق می‌کند تا با نشان دادن اینکه گیاهان از نظر آب نه تنها پایدار، بلکه زیبا نیز هستند، به مناظر WaterSmart ارتقاء دهند.

۱۰-۳- باز یافت و استفاده مجدد از آب

باز یافت آب استفاده از آب برداشت شده برای عملکرد یکسان یا متفاوت، پس از تصفیه است، که در آن تصفیه می‌تواند مطابق با الزامات کیفیت آب در استفاده برنامه‌ریزی شده باشد. در مقابل استفاده مجدد از آب، استفاده مستقیم از آب برداشت شده برای عملکرد یک سان یا متفاوت، بدون تصفیه است. سیستم‌های باز یافت آب و استفاده مجدد از آب می‌توانند یک منبع آب قابل اطمینان، سازگار با آب و هوا، و از نظر اقتصادی یک منبع آب سالم برای استفاده‌های غیر قابل کنترل و قابل شرب فراهم کنند.

۱-۱۰-۳- استفاده غیرمجاز

سیستم‌های باز یافت آب و استفاده مجدد از آب را می‌توان برای انواع پروژه‌های غیر قابل شرب توسعه داد. این آب معمولاً کیفیت پایین‌تری نسبت به سیستم‌های قابل شرب دارد و سطح تصفیه آن بسته به مصرف نهایی متفاوت است.

۱-۱۰-۳-۱- صنعتی

آب صنعتی را می‌توان در خود یک کسب و کار یا بین چندین کسب و کار استفاده مجدد یا باز یافت کرد. یک کسب و کار می‌تواند مستقیماً از فاضلابی که به اندازه کافی تمیز است برای هدفی که برای آن استفاده مجدد می‌شود، دوباره استفاده کند. آب فرآیندی توسط فرایندهای صنعتی مانند سرمایش و گرمایش تولید می‌شود و معمولاً حاوی آلودگی‌های کمی است که اغلب آن را برای استفاده مجدد مناسب می‌کند. برج‌های خنک کننده یکی از رایج‌ترین فناوری‌های آب مورد استفاده در صنعت هستند و آب اغلب برای فرایندهای شستشو مورد استفاده مجدد قرار می‌گیرد. آب فرآیند صنعتی و آب برج خنک کننده را می‌توان تصفیه کرد تا مشخصات مناسب برای یک استفاده خاص بعدی را برآورده کند. در همین حال، سیستم‌های باز یافت یا استفاده مجدد آب را می‌توان برای استفاده بین کسب و کارها با مبادله ضایعات به نفع متقابل دو یا چند کسب و کار به نام «همزیستی صنعتی» اجرا کرد.

۲-۱-۱۰-۳- کشاورزی

افزایش دسترسی به پساب تصفیه شده (پساب تصفیه شده ثانویه) و آب بازیافتی (پساب تصفیه شده سوم)، همراه با افزایش رقابت برای تامین آب، فرصتی برای توسعه این منبع برای تولید کشاورزی به ویژه در زمان‌های خشکسالی که منابع آب معمولی محدود یا وجود ندارند، فراهم می‌کند. استفاده از آب تصفیه شده و بازیافتی برای تولید محصولات آبیاری توسط مقرراتی کنترل می‌شود که بر کیفیت آب تصفیه شده نظارت می‌کند، با استانداردهای کمتری برای محصولات علوفه‌ای در مقایسه با محصولات غذایی مورد نیاز است.

۳-۱-۱۰-۳- شهری

در مناطق شهری، انواع سیستم‌های بازیافت و استفاده مجدد غیرشرب در محل برای رفع نیازهای غیرشرب مورد استفاده قرار می‌گیرند:

- **آب خاکستری^۱:** آب خاکستری فاضلاب قابل استفاده مجدد از فاضلاب‌های سینک‌ها خانگی، تجاری و صنعتی، فاضلاب حمام و تجهیزات شستشوی لباس است. آب خاکستری در محل مورد استفاده مجدد قرار می‌گیرد، معمولاً برای شستشوی توالت و آبیاری. سیستم‌های آب خاکستری از نظر پیچیدگی و اندازه بسیار متفاوت هستند، از سیستم‌های کوچک با فرایندهای تصفیه ساده تا سیستم‌های بزرگ با فرایندهای تصفیه پیچیده. با این وجود، اغلب آن‌ها دارای ویژگی‌های استانداردی از جمله یک مخزن برای ذخیره آب تصفیه شده، یک پمپ، یک سیستم توزیع برای انتقال آب تصفیه شده به جایی که مورد نیاز است، و نوعی تصفیه (اساسی)، مانند فیلتر کردن، حل جامدات، ضدعفونی شیمیایی یا UV و غیره هستند.
- **آب سیاه^۲:** آب سیاه یا فاضلاب، فاضلاب توالت‌ها است. در سیستم‌های بازیافت آب سیاه، تمام آب سیاه از طریق گرانش به مخزن اولیه هدایت می‌شود و از آنجا ته نشین می‌شود و یک کلنی اولیه از باکتری‌ها زباله‌ها را می‌خورد. سپس آب سیاه قبل از اینکه

1. Greywater

2. Blackwater

کلرزی شود، از مرحله هوادهی و ته نشینی لجن عبور می‌کند و به عنوان آب آبیاری (آبیاری چمن‌ها یا باغ‌های غیرغذایی) استفاده می‌شود.

- **برداشت آب باران:** سیستم‌های برداشت آب باران، بارندگی را برای استفاده‌های بعدی جمع‌آوری و ذخیره می‌کنند. هنگامی که به طور مناسب طراحی شوند، سرعت رواناب را کاهش داده و کاهش می‌دهند و منبع آب را فراهم می‌کنند. دو نوع اصلی از سیستم‌های جمع‌آوری آب باران وجود دارد:
- **سیستم‌های برداشت غیرفعال:** معمولاً سیستم‌هایی با حجم کوچک (۵۰ تا ۱۰۰ گالن) هستند که برای جذب رواناب پشت بام طراحی شده‌اند. شبکه‌های باران معمولاً در کاربردهای مسکونی مورد استفاده قرار می‌گیرند که در آن جریان ناشی از ریزش جوی باران به راحتی برای استفاده در فضای باز، برای مثال آبیاری باغچه و منظره یا شستشوی خودرو جمع می‌شود.
- **سیستم‌های برداشت فعال:** آن‌ها سیستم‌هایی با حجم بزرگ‌تر (به طور مثال ۱۰۰۰ تا ۱۰۰،۰۰۰ گالن) هستند که رواناب را از بام‌ها یا دیگر سطوح مناسب جذب می‌کنند. آب باران جمع‌آوری شده در سیستم‌های فعال معمولاً برای آبیاری یا تعویض آب غیرشرب داخلی، برای مثال، سیفون توالت، شستشوی لباس‌ها، سرمایش و غیره استفاده می‌شود.

مورد ۹-۳: چرخه آب هامبورگ در Jenfelder Au

محلۀ Jenfelder Au یک منطقه مسکونی جدید در منطقه Wandsbek در هامبورگ است که بر روی پادگان نظامی Lettow-Vorbeck سابق ساخته شده است. چرخه آب هامبورگ (HWC) در بیش از ۸۰۰ واحد مسکونی جدید ساخته خواهد شد و مستلزم جداسازی جریان مواد فاضلاب است. در سیستم‌های معمولی، تمام جریان‌های فاضلاب خانگی با هم ترکیب شده و به سیستم فاضلاب تخلیه می‌شوند. در مقابل، HWC جریان فاضلاب را جدا می‌کند. آب سیاه، خاکستری و آب سطحی به طور جداگانه جمع‌آوری و سپس به طور جداگانه تصفیه می‌شوند:

- **آب سیاه:** آب سیاه رقیق تر است و در نتیجه بازیافت مواد و انرژی را تسهیل می‌کند و همچنین انرژی مورد نیاز برای تصفیه آن را کاهش می‌دهد. برای تمرکز بیشتر آب سیاه، از توالت‌های ذخیره آب استفاده می‌شود. توالت خلا تنها حدود یک لیتر آب به ازای هر سیفون مصرف می‌کند و در مقایسه با توالت‌های معمولی حدود ۵ تا ۹ لیتر آب به ازای هر سیفون صرفه جویی می‌کند. سپس آب سیاه غلیظ با سایر منابع زیست توده مانند زباله‌های غیر آلی در هاضم‌های بی هوازی ترکیب می‌شود. سپس بیوگاز تشکیل می‌شود که از فرآیند ترکیبی حرارت و توان به الکتریسیته و گرما تبدیل می‌شود.
- **آب خاکستری:** در HWC، آب خاکستری از آب سیاه جدا می‌شود و قبل از ورود به آب‌های محلی، به تأسیسات طراحی شده ویژه منتقل می‌شود. آن‌ها همچنین می‌توانند به عنوان آب فرآیندی برای فعالیت‌های خانگی مانند آبیاری باغ یا سیفون توالت استفاده شوند.
- **آب‌های سیلابی:** هدف HWC مدیریت آب‌های سیلابی در محل و تا حد ممکن طبیعی است. از آب‌های سیلابی می‌توان برای آبیاری چمن‌ها استفاده کرد یا با استفاده از روش‌های غیرمتمرکز، مانند استخرهای نگهداری، که در آن آب قادر به تبخیر یا پیوستن به آب‌های مجاور، بهبود آب و هوای محلی یا شارژ مجدد آب‌های زیرزمینی است، مدیریت کرد.

مورد ۱۰-۳: سرویس آب بازیافتی هانترواٹر

- هانترواٹر در استرالیا از آب بازیافتی به عنوان یک رویکرد برای اطمینان از تحویل مطمئن آب به منطقه لوور هانترواٹر استفاده می‌کند و در عین حال اطمینان از سلامت عمومی و حفاظت از محیط زیست را تضمین می‌کند. در طول سال ۲۰۱۷-۲۰۱۸، شرکت آب ۶۴۵۴ میلیون لیتر فاضلاب را بازیافت کرد. طرح آب بازیافتی هانترواٹر را می‌توان به چهار دسته تقسیم کرد:
- **فضای باز:** آب بازیافت شده برای آبیاری فضای باز در سراسر هانترواٹر، شامل چندین زمین گلف و یک کالج آموزشی استفاده می‌شود. در این طرح‌ها سالانه حدود ۵۰۰ میلیون لیتر آب بازیافتی برای آبیاری فضای سبز استفاده می‌شود.
 - **مسکونی:** هانترواٹر دو طرح تهویه دوگانه را اجرا می‌کند که آب بازیافتی را برای آبیاری

باغچه و شستشوی توالی در چندین شهرک مسکونی فراهم می‌کند. شرکت آب همچنین در حال بررسی طرح‌های شبکه دوگانه برای سایر توسعه‌های مسکونی جدید است.

- **استفاده صنعتی:** مشتریان استفاده مجدد صنعتی مانند ایستگاه برق Earing و Oceanic Coal Washery حدود ۱۶۰۰ میلیون لیتر آب بازیافتی در سال مصرف می‌کنند.
- **استفاده کشاورزی:** این شامل کشاورزان محلی در طرح آبیاری شهر کلارنس می‌شود که بخشی جدایی ناپذیر از کارهای تصفیه فاضلاب شهر کلارنس است که برای بازیافت تمام پساب در سال‌های خشک طراحی شده است. محصول نهایی آب بازیافتی سپس در یک سد ۳۴ میلیون لیتری قبل از پمپاژ به منطقه استفاده مجدد ذخیره می‌شود. منطقه استفاده مجدد شامل ۱۸ هکتار مرتع است که توسط سیستم آبیاری تحت فشار آبیاری می‌شود و محصولات علوفه‌ای تجاری در منطقه آبی کشت می‌شود.

۳-۱۰-۲- استفاده مجدد بالقوه

استفاده مجدد از آب آشامیدنی شامل استفاده از فاضلاب یک جامعه به عنوان منبع آب آشامیدنی است. دو شکل برنامه استفاده مجدد از آب آشامیدنی وجود دارد، که استفاده مجدد غیرمستقیم قابل شرب (IPR) و استفاده مجدد مستقیم قابل شرب (DPR) هستند.

۳-۱۰-۲-۱- استفاده مجدد غیرمستقیم قابل شرب

IPR را می‌توان به عنوان احیا و تصفیه آب از فاضلاب (پساب فاضلاب) و بازگشت نهایی آن به چرخه آب طبیعی جاری در بالادست تصفیه‌خانه آب شرب تعریف کرد. برنامه IPR به این معنی است که قصد استفاده مجدد از آب برای استفاده قابل شرب وجود دارد. نقطه بازگشت می‌تواند به یک مخزن اصلی تامین آب، یک جریان تغذیه‌کننده یک مخزن، یا به یک منبع تامین آب (تغذیه‌کننده آبخوان) باشد. فرایندهای طبیعی تصفیه و رقیق‌سازی آب با جریان‌های طبیعی با هدف کاهش خطرات واقعی یا درک شده مرتبط با استفاده مجدد از آب آشامیدنی است. IPR (بدون برنامه) به عنوان فاضلاب تصفیه شده وارد آب طبیعی (نهارها، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، سفره‌های زیرزمینی) تعریف می‌شود که در نهایت از سیستم طبیعی

برای آب آشامیدنی استخراج می‌شود: معمولاً بدون آگاهی از اینکه سیستم طبیعی حاوی فاضلاب تصفیه شده است

مورد ۱۱-۳: سیستم پر کردن آب زیرزمینی اورنج کانتی

سیستم تامین آب زیرزمینی اورنج کانتی (GWRS)، یک پروژه مشترک بین منطقه آب اورنج کانتی و منطقه بهداشت اورنج کانتی (OCSD)، آب جدید کافی برای نزدیک به ۸۵۰,۰۰۰ نفر از ساکنان را فراهم می‌کند و به یک منبع آب محلی ضروری تبدیل شده است. GWRS گسترده‌ترین سیستم تصفیه آب پیشرفته جهان برای IPR است. OCSD فاضلاب را تصفیه می‌کند و آب آنقدر تمیز تولید می‌کند که در GWRS تصفیه شود. آب در GWRS با استفاده از یک فرآیند پیشرفته سه مرحله‌ای میکروفیلتراسیون، اسمز معکوس و اشعه ماوراء بنفش با پراکسید هیدروژن تصفیه می‌شود سپس آب تصفیه شده به یک سد تزریق می‌شود و برای شارژ حوضه آب زیرزمینی اورنج کانتی پمپ می‌شود و منابع آب آشامیدنی اورنج کانتی را تکمیل می‌کند. GWRS که از سال ۲۰۰۸ عملیاتی شده است، و روزانه ۷۰ میلیون گالن آب تصفیه شده تولید می‌کند. در سال ۲۰۱۵، این پروژه برای تولید ۱۰۰ گالن در روز گسترش یافت. پیش‌بینی می‌شود که ظرفیت کل GWRS پس از ایجاد زیرساخت برای افزایش جریان فاضلاب از OCSD به GWRS به ۱۳۰ گالن در روز برسد و انتظار می‌رود که توسعه نهایی در سال ۲۰۲۳ تکمیل شود.

۱-۲-۱۰-۳- استفاده مجدد مستقیم قابل شرب

DPR را می‌توان به صورت تزریق مستقیم آب بازیافتی به سیستم توزیع آب آشامیدنی در پایین دست تصفیه‌خانه یا به منبع آب خام در بالا دست تصفیه‌خانه تعریف کرد (تزریق می‌تواند مستقیماً به خط لوله آب یا مخزن سرویس باشد). این بدان معناست که آب مورد استفاده مصرف‌کنندگان می‌تواند حاوی آب بازیافتی رقیق نشده یا کمی رقیق شده باشد. تمایز کلیدی آن با IPR در این است که هیچ تفکیک زمانی یا مکانی بین معرفی آب بازیافتی و توزیع آن به مصرف‌کنندگان وجود ندارد.

مورد ۱۲-۳: سیستم استفاده مجدد مستقیم از شرب ویندهوک

ویندهوک، نامیبیا، اولین شهر در جهان است که آب آشامیدنی را مستقیماً از فاضلاب شهری تولید می‌کند. بیش از ۵۰ سال است که این شهر DPR را تولید می‌کند که اولین کارخانه در سال ۱۹۶۸ و دومین کارخانه در سال ۲۰۰۱ راه اندازی شد. هر روز ۲۱،۰۰۰ متر مکعب آب آشامیدنی برای استفاده مجدد مستقیم تولید می‌شود. پنج جنبه اصلی در این پروژه وجود دارد:

۱. **رویگرد چند مانعی:** یک رویکرد چند مانعی برای تصفیه آب با فرآیندهای اساسی پودر زنی کربن فعال، پیش اکسیداسیون و پیش از اوزوناسیون، اختلاط فلاش، افزایش انعقاد و لخته سازی، فلوتاسیون هوای حل شده، فیلتراسیون سریع شن و ماسه دو رسانه ای، اوزوناسیون، فیلتراسیون کربن فعال بیولوژیکی، فیلتراسیون کربن فعال دانه ای، فیلتراسیون کربن فعال و ضد عفونی اتخاذ شده است.
۲. **مقادیر تضمین شده کیفیت آب:** آب تولید شده باید به مقادیر تضمین شده براساس دستورالعمل‌های سازمان بهداشت جهانی، معیارهای کیفیت آب آشامیدنی Rand و دستورالعمل‌های Namibia برای آب گروه A پایبند باشد. نمونه‌های آب هر چهار ساعت در نقاط مختلف کارخانه گرفته می‌شود و برای اهداف کنترل کیفی اولیه آنالیز می‌شوند.
۳. **ترکیب آب‌های بازیافتی و شیرین:** ترکیب آب بازیافتی با آب‌های سطحی تصفیه‌شده و آب‌های زیرزمینی سطح ایمنی بیشتری را فراهم می‌کند. بیش‌ترین سهم آب بازیافتی وارد شده به سیستم توزیع در زمان کمبود آب و تقاضای کم آب ۵۰ درصد است.
۴. **قرارداد بهره برداری و نگهداری:** این نیروگاه تحت قرارداد بهره برداری و نگهداری بیست ساله بین شهر ویندهوک و کنسرسیومی متشکل از سه پیمان کار بین‌المللی تصفیه آب اداره و نگهداری می‌شود.
۵. **کمپین آگاهی عمومی:** بازاریابی مداوم، خوب طراحی شده و هدفمند به این معنی است که مردم ویندهوک عموماً افتخار می‌کنند که تنها شهر در جهان هستند که در آن DPR انجام می‌شود.

منابع

- 2030 Water Resources Group. "Wastewater Reclamation to Meet Potable Water Demand: Windhoek, Namibia". (2015). <https://www.waterscarcitysolutions.org/wp-content/uploads/2015/08/Wastewater-reclamation-to-meet-potable-waterdemand-Windhoek-Namibia.pdf>.
- Adams, Damian C., Derek Allen, Tatiana Borisova, Diane E. Boellstorff, Michael D. Smolen, and Robert L. Mahler. "The Influence of Water Attitudes, Perceptions, and Learning Preferences on Water-Conserving Actions". [In English]. *Natural Sciences Education* 42, no. 1 (2013): 114–22.
- Addo, Isaac B., Martin C. Thoms, and Melissa Parsons. "The Influence of Water-Conservation Messages on Reducing Household Water Use". *Applied Water Science* 9, no. 5 (2019/06/212019): 126.
- Anglian Water. "Anglian Water to Trial Fibre-Optic Cables to Find Hidden Leaks in Water Mains". <https://www.anglianwater.co.uk/news/anglian-water-to-trial-fibre-optic-cables-to-find-hidden-leaks-in-water-mains/>
- Australian Government. "WaterRatingLabel". <https://www.waterrating.gov.au/choose/water-rating-label>
- Australian Water Association. "Water Recycling". http://www.awa.asn.au/AWA_MBRR/Publications/Fact_Sheets/Water_Recycling_Fact_Sheet/AWA_MBRR/Publications/Fact_Sheets/Water_Recycling_Fact_Sheet.aspx?hkey=54c6e74b-0985-4d34-8422-fc3f7523aa1d.
- Beal, C. D., and J. Flynn. "Toward the Digital Water Age: Survey and Case Studies of Australian Water Utility Smart-Metering Programs". *Utilities Policy* 32 (2015/03/01/2015): 29–37.
- Berardi, Luigi, Daniele B. Laucelli, Antonietta Simone, Gianfredi Mazzolani, and Orazio Giustolisi. "Active Leakage Control with Wdnetxl". *Procedia Engineering* 154 (2016/01/01/2016): 62–70.
- Boyle, Thomas, Damien Giurco, Pierre Mukheibir, Ariane Liu, Candice Moy, Stuart White, and Rodney Stewart. "Intelligent Metering for Urban Water: A Review". *Water* 5, no. 3 (2013).
- Brears, R.C. *Developing the Circular Water Economy*. Cham, Switzerland: Palgrave Macmillan, 2020.
- ———. *The Green Economy and the Water-Energy-Food Nexus*. London: Palgrave Macmillan UK, 2017.

- ———. Urban Water Security. Chichester, UK; Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2016.
- ———. “Urban Water Security in Asia-Pacific: Promoting Demand Management Strategies”. (2014). <https://refubium.fu-berlin.de/bitstream/handle/fub188/18349/pp414-urban-water-securityasiapacific.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- El-Nwsany, Rabab I., Ibrahim Maarouf, and Waled Abd el-Aal. “Water Management as a Vital Factor for a Sustainable School”. Alexandria Engineering Journal 58, no. 1 (2019/03/01/2019): 303–13.
- European Commission. “The Role of Water Pricing and Water Allocation in Agriculture in Delivering Sustainable Water Use in Europe –Final Report” (2012). https://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/agriculture_report.pdf.
- FAO. “Water Charging in Irrigated Agriculture”. <http://www.fao.org/3/y5690e/y5690e04.htm>
- Georgia Environmental Protection Division Watershed Protection Branch. (2007). https://www1.gadnr.org/cws/Documents/Conservation_Education.pdf
- Ghosh, S.N. Environmental Hydrology and Hydraulics: Eco-Technological Practices for Sustainable Development. CRC Press, 2016.
- Güngör, Mahmud, Ufuk Yazar, and Mahmut Firat. “Reduction of Water Losses by Rehabilitation of Water Distribution Network”. Environmental Monitoring and Assessment 189, no. 10 (2017/09/11/2017): 498.
- GWP. “Raising Public Awareness”. https://www.gwp.org/en/learn/iwrm-toolbox/Management_Instruments/Promoting_Social_Change/Raising_public_awareness/.
- Hamburg Wasser. “Hamburg Water Cycle”. <https://www.hamburgwatercycle.de/en/hamburgwater-cycler/>.
- Helix Water District. “Our Demonstration Landscape Is Complete”. <https://hwd.com/our-demonstration-landscape-is-complete/>.
- Hunter Water. “Recycling & Reuse”. <https://www.hunterwater.com.au/Water-and-Sewer/Recycling--Reuse/>.
- Irish Water. “Your Business Charges”. <https://www.water.ie/for-business/billing-explained/charges/>.
- Kelly, D. A. “Labelling and Water Conservation: A European Perspective on a Global Challenge”. [In English]. Building Services Engineering Research & Technology 36, no. 6 (Nov 2015–11–19/2015): 643–57.
- Lahnsteiner, J., P. van Rensburg, and J. Esterhuizen. “Direct Potable Reuse – a Feasible Water

- Management Option". Journal of Water Reuse and Desalination 8, no. 1 (2017): 14–28.
- National Academy of Sciences. "Understanding Water Reuse". (2012). [http://dels.nas.edu/resources/static-assets/materials-based-onreports/booklets/110805697 Understanding-Water-Reuse.pdf](http://dels.nas.edu/resources/static-assets/materials-based-onreports/booklets/110805697_Understanding-Water-Reuse.pdf)
 - New South Wales Government. "Level 2 Water Restrictions to Start across Sydney". <https://www.nsw.gov.au/news/level-2-water-restrictions-to-start-across-sydney>.
 - Orange County Water District. "Gwrs – New Water You Can Count On". <https://www.ocwd.com/gwrs/>.
 - Rodriguez, Clemencia, Paul Van Buynder, Richard Lugg, Palenque Blair, Brian Devine, Angus Cook, and Philip Weinstein. "Indirect Potable Reuse: A Sustainable Water Supply Alternative". [In eng]. International journal of environmental research and public health 6, no. 3 (2009): 1174–209.
 - San Diego County Water Authority. "New Agricultural Water Program Benefits San Diego County Growers". <https://www.sdcwa.org/new-agricultural-water-program-benefits-san-diegocounty-growers>.
 - ———. "Outreach and Education". <https://www.sdcwa.org/outreach-and-education>.
 - Scruggs, Caroline E., and Bruce M. Thomson. "Opportunities and Challenges for Direct Potable Water Reuse in Arid Inland Communities". Journal of Water Resources Planning and Management 143, no. 10 (2017): 04017064.
 - State of Green. "Reducing Urban Water Loss". (2016). <https://stateofgreen.com/en/publications/reducing-urban-water-loss/>.
 - UNEP. "Source Book of Alternative Technologies for Freshwater Augmentation in Latin America and the Caribbean". <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea59e/ch20.htm#2.1%20desalination%20by%20reverse%20osmosis>.
 - Victorian Government Department of Health. "Guidelines for Water Reuse and Recycling in Victorian Health Care Facilities: Non-Drinking Applications". (2009). <https://www2.health.vic.gov.au/Api/downloadmedia/7B949656D2-00DA-486E-B450-84C75D71A0BF77D>.
 - WaterReuse, American Water Works Association, Water Environment Federation, and National Water Research Institute. "Framework for Direct Potable Reuse" (2015). <https://waterreuse.org/wpcontent/uploads/2015/09/14-20.pdf>
 - Wingoc. "Windhoek Celebrates the 50th Anniversary of Direct Potable Reuse (Dpr) in Namibia". <https://www.wingoc.com.na/media/news/windhoek-celebrates-50th-anniversary-direct-potable-reuse-dpr-namibia>.

- Yorkshire Water. "Yorkshire Water Looking to Save Millions of Litres of Water with New Smart Meters". <https://www.yorkshirewater.com/news-media/2020/yorkshire-water-looking-to-save-millions-of-litres-of-water-with-new-smart-meters/>.

فصل چهارم

تولید انرژی‌های تجدیدپذیر و بازیابی منابع از پساب

چکیده

انتظار می‌رود با گذر قرن، تولید آب فاضلاب به طور قابل توجهی افزایش یابد. در این فصل به این موضوع می‌پردازیم که چگونه تصفیه‌خانه‌های فاضلاب نباید به عنوان تاسیسات دفع زباله در نظر گرفته شوند، بلکه باید به عنوان تاسیسات بازیافت منابع آب که آب پاک تولید می‌کنند، وابستگی به سوخت‌های فسیلی را از طریق استفاده و تولید انرژی‌های تجدیدپذیر کاهش دهند و مواد مغذی را بازیابی کنند، در نظر گرفته شوند.

کلمات کلیدی: فاضلاب، بازیابی منابع آب، انرژی‌های تجدیدپذیر، بازیابی مواد مغذی

۴-۱- مقدمه

در حال حاضر تخمین زده می‌شود که جهان سالانه ۳۸۰ میلیارد متر مکعب فاضلاب تولید می‌کند. انتظار می‌رود تولید فاضلاب در سطح جهان تا سال ۲۰۳۰ به میزان ۲۴ درصد و تا سال ۲۰۵۰ به میزان ۵۱ درصد افزایش یابد. تخمین زده می‌شود که انرژی موجود در فاضلاب

برای تامین برق ۱۵۸ میلیون خانوار کافی باشد. در میان مواد مغذی اصلی، ۱۶٫۶ میلیون تن نیتروژن (Tg) در فاضلاب تولید شده در سال تخمین زده می‌شود در حالی که فسفر ۳ و پتاسیم ۶٫۳ میلیون تن است. بازیابی کامل مواد مغذی از فاضلاب ۱۳٫۴ درصد از تقاضای جهانی برای این مواد مغذی در کشاورزی را جبران می‌کند. این فصل بحث خواهد کرد که چگونه تصفیه‌خانه‌های فاضلاب نباید به عنوان تاسیسات دفع زباله در نظر گرفته شوند، بلکه باید به عنوان تاسیسات بازیابی منابع آب که آب تمیز تولید می‌کنند، وابستگی به سوخت‌های فسیلی را از طریق استفاده و تولید انرژی‌های تجدید پذیر کاهش می‌دهند و مواد مغذی را بازیافت می‌کنند، در نظر گرفته شوند.

۲-۴- فن آوری‌های تولید انرژی‌های تجدید پذیر در تاسیسات تصفیه فاضلاب

برق منبع اصلی انرژی مورد نیاز در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب است که حدود ۲۵ تا ۵۰ درصد از هزینه‌های عملیاتی کارخانه‌های لجن فعال سنتی را تشکیل می‌دهد. انرژی حاصل از تصفیه فاضلاب یک منبع انرژی تجدیدپذیر است. می‌تواند شامل:

- انرژی الکتریکی، گرما یا سوخت‌های زیستی ناشی از استفاده از گاز هاضم (بیوگاز که عمدتاً متان و دی اکسید کربن است)
- انرژی الکتریکی و گرمای حاصل از تبدیل حرارتی زیست توده (بیومس)
- انرژی گرمایشی یا سرمایشی با استفاده از نیروگاه یا پساب به عنوان منبع حرارتی یا سینک برای پمپ حرارتی

۱-۲-۴- بیوگاز حاصل از هضم بی هوازی

هضم بی هوازی یک فناوری اثبات شده برای تصفیه لجن فاضلاب است و امکان تولید انرژی تجدیدپذیر از همان فرآیند را فراهم می‌کند. در طی هضم بی هوازی، میکروارگانیسم‌ها مواد آلی موجود در لجن را تجزیه کرده و به بیوگاز تبدیل می‌کنند که می‌تواند برای تولید برق، گرما و سوخت زیستی استفاده شود. به طور خاص، لجن به راکتورهای مخزن بی‌هوازی که به‌طور مداوم هم زده می‌شود، پمپ می‌شود، جایی که هضم انجام می‌شود (معمولاً در دمای

میان‌ه دوست^۱ ۳۵ تا ۳۹ درجه سانتی‌گراد). در طول زمان نگهداری که معمولاً حدود ۲۰ روز است، میکروارگانیسم‌ها بخشی از ماده آلی موجود در لجن را تجزیه و بیوگاز تولید می‌کنند که از متان، دی اکسید کربن و گازهای کمیاب تشکیل شده است. بیوگاز خام خشک می‌شود و سولفید هیدروژن و سایر مواد کمیاب حذف می‌شوند تا گاز قابل احتراق خوبی به دست آید و از خوردگی یا رسوب ناخواسته در تجهیزات احتراق جلوگیری شود. پس از تمیز کردن، بیوگاز را می‌توان به بیومتان ارتقا داد، یا می‌توان آن را در یک نیروگاه ترکیبی (CHP) برای تولید همزمان برق و گرما ترکیب کرد.

۲-۲-۴- بیومتان

بیوگاز عمدتاً از متان (۴۰ تا ۷۰ درصد حجمی) و دی اکسید کربن و آثار کوچکتري از گازهای اسیدی و ناخالصی‌هایی مانند سولفید هیدروژن، نیتروژن، بخار آب و آثاری از سایر گازهای آلی فرار تشکیل شده است. بیومتان از طریق ارتقاء بیوگاز تولید می‌شود، یعنی حذف دی اکسید کربن قبل از اینکه بیوگاز به عنوان سوخت خودرو استفاده شود یا به شبکه گاز طبیعی تزریق شود، زیرا حجم زیاد دی اکسید کربن ارزش گرمایشی آن را کاهش می‌دهد. بیوگاز را می‌توان با استفاده از فناوری‌های زیر ارتقا داد:

- **جداسازی برودتی^۲:** این شامل خنک کردن گازهای اسیدی تا دمای بسیار پایین است تا دی اکسید کربن مایع شده و جدا شود.
- **جداسازی غشایی:** در این روش از غشاهای پلیمری برای جداسازی دی اکسید کربن از متان موجود در بیوگاز در حالی که تحت فشار بالا هستند استفاده می‌شود.
- **شستشوی فیزیکی آلی:** دی اکسید کربن بیشتر از متان محلول است. گاز خام از طریق جریان مخالف یک مایع در یک ستون جریان می‌یابد. مایع دی اکسید کربن را جذب می‌کند و بیوگاز را با محتوای بالایی از متان باقی می‌گذارد.
- **جذب نوسان فشار:** در این فرآیند، بیوگاز تا فشاری بین ۴ تا ۱۰ بار فشرده می‌شود و

1. Mesophilic

2. Cryogenic separation

به یک ظرف (ستون) وارد می شود که در آنجا با ماده (جاذب) که به طور انتخابی دی اکسید کربن را حفظ می کند، در تماس قرار می گیرد.

- **شستشوی آمین و شستشو با آب (شیرین سازی گاز):** سیستم های آمینی و شستشوی آب از این نظر مشابه هستند که هر دو سیستم های ارتقاء دهنده «مرطوب» هستند و شامل جداسازی دی اکسید کربن از متان با حل شدن دی اکسید کربن در محلول مایع و در عین حال اجازه دادن به متان است.

مورد ۱-۴: تصفیه خانه فاضلاب استکهلم تولید بیوگاز برای اتوبوس ها

در استکهلم، دو تصفیه خانه فاضلاب، Bromma و Henriksdal، به بیش از یک میلیون نفر و صنایع در شهر و شهرداری های اطراف خدمات ارائه می دهند. در طی فرآیند تصفیه فاضلاب، موادی که به صورت لجن از آب جدا می شود، در مجموع، این دو کارخانه حدود یک میلیون تن لجن در سال تولید می کنند. هنگامی که لجن هضم می شود بیوگاز تشکیل می شود و جریان ثابتی از سوخت خودرو فراهم می کند: در حال حاضر حدود ۱۷ میلیون متر مکعب گاز خام تولید می شود که به بیوگاز اسکاندیناوی فروخته می شود و سپس گاز خام را به گاز خودرو تبدیل می کند. گازی که به گاز خودرو تبدیل نمی شود برای گرمایش و تولید برق استفاده می شود. بیشتر گاز تولید شده در Henriksdal توسط اتوبوس های درون شهری SL استفاده می شود. در همین حال، گاز خودرو از Bromma، بخشی از یک مخزن در خارج از کارخانه و بخشی در سایر ایستگاه های سوخت در شهر، برای استفاده در تاکسی ها، خودروهای شخصی، اتوبوس ها و کامیون های زباله فروخته می شود. به طور کلی، بیوگاز سالانه بیش از ۲۲۰۰۰ تن از انتشار دی اکسید کربن را کاهش می دهد.

۳-۲-۴- ترکیب گرما و برق

CHP رایج ترین وسیله برای استفاده از بیوگاز است. از آنجایی که فرآیند هضم بی هوازی به مقداری گرما نیاز دارد، برای CHP مناسب است. نسبت گرما به توان بسته به مقیاس و فناوری

متفاوت است، اما معمولاً ۳۵ تا ۴۰ درصد به الکتریسیته، ۴۰ تا ۴۵ درصد به گرما تبدیل می‌شود و تعادل به عنوان نا کارآمدی در مراحل مختلف فرآیند از بین می‌رود. این معادل بیش از ۲ کیلووات ساعت برق و ۲٫۵ کیلووات ساعت گرما در هر متر مکعب، در ۶۰ درصد متان است. CHP مزایای مختلفی دارد، از جمله:

- **قابلیت اطمینان:** CHP می‌تواند برق و انرژی حرارتی با کیفیت بالا را بدون توجه به آنچه در شبکه برق اتفاق می‌افتد برای یک سایت فراهم کند، اثرات قطعی برق را کاهش دهد و کیفیت برق را برای تجهیزات حساس بهبود بخشد.
- **زیست محیطی:** از آنجایی که برای تولید هر واحد انرژی خروجی سوخت کمتری مصرف می‌شود، CHP گازهای گلخانه‌ای و سایر آلاینده‌های هوا را کاهش می‌دهد.
- **اقتصادی:** CHP به دلیل کارایی بالای آن، صورت حساب انرژی یک تأسیسات را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد و می‌تواند در برابر هزینه‌های انرژی ناپایدار محافظت کند.

مورد ۲-۴: سیستم CHP بیوگاز شارلوت واتر

شارلوت واتر هفت تصفیه خانه فاضلاب را اداره می‌کند که بزرگترین آنها تأسیسات مدیریت فاضلاب مک آلباین کریک واقع در پینویل، نزدیک شارلوت، کارولینای شمالی است. در سال ۲۰۱۷، مک آلباین اولین تصفیه خانه فاضلاب در کارولینای شمالی بود که از گاز هاضم بی‌هوازی برای تامین برق یک سیستم یک مگاواتی CHP استفاده کرد. سیستم CHP برق تولید می‌کند در حالی که گرمای فرآیند را برای هضم بی‌هوازی نیز فراهم می‌کند. این پروژه با وام ۲۰ ساله با بهره صفر از صندوق گردان آب پاک کارولینای شمالی پشتیبانی شد. همچنین، مشارکت کمک فنی ترکیبی حرارت و برق جنوب شرقی با انجام غربالگری صلاحیت CHP و تجزیه و تحلیل امکان‌سنجی، پشتیبانی فنی را به شرکت برق در طول مراحل برنامه‌ریزی پروژه ارائه کرد. با نصب سیستم CHP، متان شعله‌ور شده قبلی، سوخت سیستمی را تامین می‌کند که گرما را برای هاضم‌ها تامین می‌کند و برق تولید می‌کند که بر اساس توافق‌نامه خرید برق به دوک انرژی فروخته می‌شود و درآمد حاصل از آن بخش قابل توجهی از هزینه راه‌اندازی نیروگاه را جبران می‌کند.

۴-۲-۴- تجزیه همزمان بی‌هوازی

علاوه بر لجن فاضلاب، برخی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شامل مواد اولیه آلی دیگر در واکنش بی‌هوازی می‌شود. این روش که به عنوان تجزیه بی‌هوازی شناخته می‌شود، می‌تواند منجر به افزایش قابل توجهی در تولید گاز شود، زیرا اکثر بسترهای مشترک تولید متان بیشتری در هر تن ماده تازه نسبت به لجن فاضلاب دارند. این به دلیل محتوای کم آب و محتوای بالای مواد غنی از انرژی است، از جمله:

- ضایعات لیپیدی شامل چربی‌ها، روغن‌ها و گریس‌ها (معروف به FOG)
- ضایعات کربوهیدرات پیچیده، از جمله میوه‌ها و سبزیجات و همچنین مواد آلی مخلوط، از جمله بخش آلی یک جریان زباله جامد شهری
- ضایعات پروتئینی از جمله گوشت، مرغ و محصولات لبنی
- سایر مواد اولیه ضایعات آلی، از جمله گلیسیرین حاصل از تولید سوخت جامد زیستی

مورد ۳-۴: طرح آزمایشی تجزیه مشترک هنگ کنگ

تاسیسات پیش تصفیه زباله‌های غذایی برای تجزیه بی‌هوازی در محل تصفیه فاضلاب تایپو ساخته شد. این سایت حداکثر ۵۰ تن در روز زباله‌های غذایی از پیش تصفیه شده را برای تجزیه بی‌هوازی به تصفیه‌خانه فاضلاب تحویل خواهد داد. این طرح به طور مشترک توسط اداره حفاظت از محیط زیست (EPD) و اداره خدمات زهکشی (DSD) اجرا می‌شود. براساس این طرح، EPD مسئول تأمین منابع ضایعات مواد غذایی، ضایعات غذایی قبل از تصفیه و تحویل ضایعات مواد غذایی از پیش تصفیه شده به یک دستگاه بی‌هوازی تعیین شده در کار تصفیه فاضلاب خواهد بود. در عین حال، DSD مسئول عملیات هضم مشترک و استفاده از بیوگاز تولید شده برای تولید برق برای تکمیل مصرف برق داخلی تاسیسات تصفیه فاضلاب خواهد بود.

۵-۲-۴- تبدیل حرارتی لایه‌های زیستی (جامدات زیستی)

اکسیداسیون حرارتی (سوزاندن)، که اکسیداسیون کامل مواد آلی (زیست توده) به دی اکسید کربن و آب در حضور هوای اضافی است، یک فناوری به خوبی شناخته شده است. از مزایای تبدیل حرارتی می‌توان به کاهش توده زیستی، تولید گرما برای استفاده در گرمایش یا تولید برق، کاهش ردپای کربن کلی ساختمان، کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی، تولید خاکستر برای استفاده در مصالح ساختمانی و تولید درآمد اضافی برای تاسیسات اشاره کرد.

مورد ۴-۴: هانترواثر در حال مطالعه امکان پذیری جامدات زیستی برای انرژی‌های تجدیدپذیر

هانترواثر در استرالیا در حال انجام یک مطالعه جامع برای کمک به تعیین امکان سنجی تولید انرژی تجدیدپذیر از جامدات زیستی این شرکت است. ۱۹ تصفیه‌خانه فاضلاب هانترواثر هر سال تقریباً ۸۰۰۰ تن جامد زیستی خشک را به عنوان محصول فرعی فرآیند تصفیه فاضلاب تولید می‌کند. جامدات زیستی در حال حاضر برای اصلاح مراتع، احیای زمین و سایر اهداف در بخش کشاورزی و معدن استفاده می‌شود. برآورد اولیه این است که استفاده از لایه‌های زیستی برای تولید انرژی می‌تواند انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف انرژی را حدود ۱۰ درصد کاهش دهد. این مطالعه همچنین فرصت‌های تجاری جدید در مورد انرژی تجدید پذیر از دیگر جریان‌های زباله آلی را بررسی خواهد کرد.

۶-۲-۴- بازیابی انرژی گرمایی از فاضلاب

انرژی گرمایی می‌تواند از فاضلاب خام یا پساب با بهره‌برداری از اختلاف دمای قابل توجه بین فاضلاب و شرایط محیط بازیابی شود. این اختلاف دما را می‌توان برای استفاده در سیستم‌های گرمایش و سرمایش بازیابی کرد، که اغلب برای ساختمان‌های موجود در تاسیسات و در ساختمان‌های مناطق اطراف تاسیسات استفاده می‌شود.

۱-۶-۲-۴- گرمایش و سرمایش ناحیه‌ای

گرمایش و سرمایش منطقه (DHC) کارآمدتر از سیستم‌های توزیع شده و مجزا برای گرمایش و سرمایش در نظر گرفته می‌شود زیرا راه‌حل‌های DHC می‌توانند از منابع انرژی در دسترس محلی و کم‌هزینه استفاده کنند. کاربردهای بازیابی گرمای فاضلاب براساس پمپ‌های حرارتی در کاربردهای صرفه‌جویی در انرژی هم برای گرمایش و هم برای سرمایش در حال گسترش است. بازیابی حرارت را می‌توان در داخل ساختمان‌ها (مقیاس خانگی)، از خطوط فاضلاب (مقیاس شهری) و از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب (مقیاس شهری) انجام داد. در مناطق پرجمعیت، بازیابی گرما از فاضلاب پتانسیل زیادی دارد، به ویژه زمانی که تجزیه و تحلیل مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی برای مطابقت با در دسترس بودن فاضلاب و تقاضای گرما استفاده می‌شود.

مورد ۴-۵: پروژه، اسکاتلندی واتر هورایزنز در گرمای کم کربن

اسکاتلندی واتر هورایزنز در حال بازیابی گرما از فاضلاب در شبکه فاضلاب برای چندین گرمای بزرگ مقیاس از طرح‌های زباله در سراسر اسکاتلند، از جمله پروژه گرمای کم کربن استرلینگ است. این پروژه که با مشارکت اسکاتلندی واتر هورایزنز و شورای استرلینگ انجام می‌شود، از گرمای حاصل از فناوری فاضلاب در کنار یک CHP برای ارائه گرمای کم کربن به جامعه شهری از طریق شبکه حرارتی منطقه استفاده می‌کند. در این پروژه، اسکاتلندی واتر هورایزنز مالک و راه‌اندازی یک مرکز انرژی در کارخانه تصفیه فاضلاب موجود استرلینگ در فورساید خواهد بود. یک واحد CHP برای ارائه برق تجدیدپذیر برای تامین انرژی سایت تصفیه زباله استفاده می‌شود و با فناوری طراحی شده برای بازیابی گرما از سیستم فاضلاب اسکاتلند واتر ترکیب می‌شود تا گرمای کم کربن را به شبکه گرمایش منطقه‌ای به شکل آب گرم ارائه دهد. اسکاتلندی واتر هورایزنز این گرما را با نرخ و حجم مورد توافق به شورای استرلینگ خواهد فروخت و سپس این شورا آن را از طریق شبکه گرمای منطقه خود به کاربران خواهد فروخت. شبکه گرمای منطقه گرما و آب گرم را به تعدادی از ساختمان‌ها، از جمله یک مرکز تفریحی، دبیرستان و مجتمع اداری می‌رساند.

۳-۴- فعالیت‌های انرژی‌های تجدیدپذیر در ساختمان‌ها و زمین‌های اطراف

شرکت‌های آب می‌توانند فعالیت‌های انرژی تجدیدپذیر را در ساختمان‌های دارای تاسیسات و زمین‌های اطراف از جمله موارد زیر اجرا کنند.

۱-۳-۴- انرژی خورشیدی

تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در هنگام تصفیه فاضلاب به مخازن هوادهی زیادی نیاز دارند. این موارد به فضای زیادی در محوطه کارخانه نیاز دارند و فرصت‌هایی را برای استفاده از این فضا با سیستم‌های فتوولتائیک خورشیدی (PV) برای هدایت تجهیزات یا تامین گرما فراهم می‌کنند. این سیستم‌ها که حتی در غیاب نور شدید خورشید نیز می‌توانند برق تولید کنند، بسته به عوامل مختلفی از جمله کیفیت نور خورشید و گام‌های نصب شده سیستم می‌توانند مقادیر قابل توجهی برق تولید کنند. علاوه بر کاهش هزینه‌های انرژی، سیستم‌های PV خورشیدی می‌توانند کیفیت هوا را با کاهش آلودگی ناشی از استفاده از سوخت‌های فسیلی در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب بهبود بخشند.

۱-۱-۳-۴- تاسیسات فتوولتائیک شناور

تاسیسات PV شناور شبیه به سیستم‌های PV زمینی هستند، به غیر از این که آرایه‌های PV و اغلب مبدل‌های آنها بر روی یک سکوی شناور نصب شده‌اند. آنها را می‌توان بر روی مخازن و همچنین برکه‌ها و دریاچه‌ها نصب کرد. در تاسیسات PV شناور، برق جریان مستقیم تولید شده توسط ماژول‌های PV توسط جعبه‌های ترکیب‌کننده جمع‌آوری شده و توسط مبدل‌ها به جریان متناوب تبدیل می‌شود. برای نیروگاه‌های شناور در مقیاس کوچک نزدیک به ساحل، مبدل‌ها را می‌توان در فاصله کمی از آرایه روی زمین قرار داد. برای نیروگاه‌های شناور در مقیاس بزرگ‌تر، مبدل‌ها مرکزی یا رشته‌ای بر روی شناورهای ویژه طراحی شده قرار می‌گیرند. مزایای بالقوه خورشیدی شناور عبارتند از:

- کاهش تبخیر از مخازن آب، زیرا پنل‌های خورشیدی سایه ایجاد می‌کنند و اثرات تبخیری

- باد را محدود می‌کنند.
- بهبود کیفیت آب از طریق کاهش رشد جلبک
- کاهش یا حذف سایه پل‌ها توسط محیط اطراف آن‌ها
- رفع نیاز به آماده‌سازی محل، مانند تسطیح یا پی‌ریزی که برای تاسیسات مستقر در زمین مورد نیاز است.
- نصب و استقرار آسان در مکان‌هایی با الزامات لنگراندازی و پهلوگیری کم، با قابلیت تنظیم بالا، که منجر به نصب سریع‌تر می‌شود.

مورد ۴-۶: آرایه خورشیدی شناور Watercare

Watercare در اوکلند نیوزلند بزرگترین و تنها آرایه خورشیدی شناور کشور را در کارخانه تصفیه فاضلاب Rosedale خود در آلبانی راه اندازی کرده است. آرایه یک مگاواتی یک هکتار را پوشش می‌دهد و از بیش از ۲۷۰۰ پنل خورشیدی و ۴۰۰۰ پانتون شناور (شناورک) تشکیل شده است. این نیروگاه بر روی یک استخر فاضلاب تصفیه شده در کنار بزرگراه شمالی شناور است و سالانه بیش از ۱۴۰۰ مگاوات ساعت برق تولید خواهد کرد؛ برای تامین ۲۵ درصد از کل انرژی مورد نیاز در تصفیه‌خانه کافی است. این آرایه همچنین انتشار کربن را به میزان ۱۴۵ تن در سال کاهش خواهد داد.

۲-۳-۴- قدرت باد

انرژی بادی که در محل با استفاده از توربین‌های بادی گرفته می‌شود، می‌تواند در مناطقی با منابع بادی کافی مقرون به صرفه باشد. برخلاف توربین‌های مزرعه بادی در مقیاس بزرگ، که می‌توانند ظرفیتی تا ۳ مگاوات داشته باشند، توربین‌های بادی کوچک اغلب برای تأسیسات محلی مناسب‌تر هستند. این توربین‌های بادی کوچک اغلب در مناطق غیر شهری نصب می‌شوند، زیرا نصب معمولاً به حداقل یک هکتار زمین و سرعت باد به طور متوسط حدود ۲۴ کیلومتر در ساعت در ارتفاع ۵۰ متری از سطح زمین نیاز دارد.

مورد ۷-۴: نیروگاه هیبریدی فاضلاب آلمان

در آلمان، تصفیه‌خانه فاضلاب Bottrop به جمعیت ۱,۳۴ میلیون نفری خدمات می‌دهد و در حال حاضر ۷۰ تا ۸۰ درصد انرژی مورد نیاز خود را خود تولید می‌کند. از طریق پروژه "Vom Klärwerk zum Kraftwerk" (از تصفیه فاضلاب تا تولید برق)، بهره‌برداران نیروگاه از طریق این پروژه قصد دارند ۱۰۰ درصد از کل نیاز نیروگاه به انرژی الکتریکی (۳۲ میلیون کیلووات ساعت انرژی الکتریکی در سال) را تامین کنند و انتشار کربن آن را تا ۷۰,۰۰۰ تن در سال کاهش دهند. این امر از طریق سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر انفرادی و غیرمتمرکز محقق خواهد شد. تا به امروز، انرژی تجدیدپذیر نیروگاه توسط یک واحد CHP گاز فاضلاب و یک سیستم سوزاندن لجن تولید می‌شود. برای رسیدن به هدف ۱۰۰ درصدی خودسازی، این کارخانه نصب خواهد شد:

- یک توربین بادی (۳,۱ مگاوات)
- چهار مازول CHP جدید (هر کدام با ظرفیت حدود ۱,۲ مگاوات)
- یک سیستم PV خورشیدی بر روی سطح سقف
- یک پیچ هیدرودینامیک به عنوان بخشی از تصفیه‌خانه فاضلاب (حدود ۸۰ کیلووات برق)
- یک توربین بخار جدید به عنوان بخشی از سوزاندن لجن موجود
- تاسیسات خشک کردن لجن حرارتی که از انرژی خورشید برای استخراج آب از لجن فاضلاب استفاده می‌کند تا راحت‌تر سوزانده شود و استفاده از زغال سنگ برای تصفیه لجن را غیرضروری می‌کند.

۳-۴-۳- بازیابی انرژی برق آبی

بازیابی انرژی برق آبی با عنوان hydropower تعریف می‌شود که با استفاده از یک انتقال آب موجود، تحت فشار، ساخته شده است که در حال حاضر آب را از یک مسیر آبی طبیعی برای توزیع آب برای مصرف کشاورزی، شهری یا صنعتی منحرف می‌کند و در درجه اول برای تولید برق نیست. بازیابی انرژی از جریان فاضلاب ورودی یا خروجی از یک تصفیه‌خانه با استفاده

از توربین‌های ریزآبی^۱ نیز روشی مناسب برای صرفه‌جویی در انرژی در نیروگاه‌هایی با نرخ جریان زیاد است. بازیابی انرژی برق آبی مقرون به صرفه است زیرا با استفاده از زیرساخت‌های موجود ساخته شده است. محرک اصلی برای این نوع برق آبی، فرصت برای تاسیسات آب برای کاهش هزینه‌های عملیاتی از طریق جبران هزینه‌های مصرف انرژی با تولید برق آبی در محل است.

مورد ۸-۴: تولید برق آبی سیدنی و اترا فاضلاب

سیدنی و اترا ۲۱ درصد از کل انرژی مورد نیاز خود را از طریق پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر خود با هدف حفظ میزان مصرف برق کمتر از سطح قبل از سال ۱۹۹۸، حتی با افزایش جمعیت و استانداردهای پردازش بالاتر، تولید می‌کند. یکی از منابع انرژی تجدیدپذیر مورد استفاده تولید برق آبی است. این شرکت تولید برق آبی را در کارخانه تصفیه فاضلاب North Head، در کارخانه تصفیه آب Prospect، روی خط لوله Warragamba و روی خط لوله‌ای از سد Woronora نصب کرده است. در تصفیه‌خانه فاضلاب، فاضلاب تصفیه شده در مسیر خود به اعماق اقیانوس، از یک شفت دراز قطره‌ای عبور می‌کند. این انرژی از یک ژنراتور برق آبی گرفته می‌شود. انرژی تولید شده برای تامین برق ۱۰۰۰ خانه کافی است و برای تامین برق حدود ۴۰ درصد از نیروگاه استفاده خواهد شد.

۴-۴- بهره‌وری انرژی

فرصت‌های مختلفی برای بهبود بهره‌وری انرژی در تاسیسات فاضلاب از طریق ارتقا تجهیزات (اصلاح موارد با موارد کارآمدتر)، اصلاحات عملیاتی (تخمین میزان انرژی مورد نیاز برای انجام عملکردهای خاص)، و اصلاحات در ساختمان‌های تاسیساتی (تخمین میزان انرژی مصرفی توسط خود ساختمان‌های تاسیسات) وجود دارد. در فرآیند جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب، فرصت‌هایی برای افزایش بهره‌وری انرژی وجود دارد، از جمله:

1. microhydropower

- بهبود کارایی تجهیزات هوادهی و تجزیه بی‌هوازی
- پیاده‌سازی تولید همزمان و دیگر گزینه‌های انرژی تجدیدپذیر در محل
- اجرای نورپردازی و بهبود HVAC
- رفع نشتی
- نصب نرم افزار
- استفاده از سیستم‌های پمپاژ کارآمد (پمپ‌ها، موتورها، درایوهای فرکانس متغیر)
- بازیافت آب

در فرآیند تخلیه فاضلاب تصفیه شده، فرصت‌هایی وجود دارد که:

- از سیستم‌های پمپاژ کارآمد (پمپ‌ها، موتورها، درایوهای فرکانس متغیر) استفاده کنید.
- از آب در حال حرکت در سراسیابی انرژی بگیرید.

مورد ۹-۴: شناسایی صرفه‌جویی انرژی در تصفیه‌خانه فاضلاب تیمزواتر

تیمزواتر تصفیه‌خانه فاضلاب خود را در بکتون ارزیابی کرد تا صرفه‌جویی بالقوه انرژی را بیابد. در حال حاضر، این نیروگاه بیش از ۵۰ درصد انرژی خود را از منابع تجدیدپذیر از جمله باد و بیوگاز تولید می‌کند. این در حالی است که این نیروگاه همچنان سالانه بیش از ۹ میلیون دلار برق از شبکه ملی برق مصرف می‌کند. خطوط هوادهی جدیدتر در کارخانه فعال شماره چهار (ASP۴) بیشترین پتانسیل را برای صرفه‌جویی در انرژی دارند. صرفه‌جویی در چند زمینه از جمله دو برابر شدن تعداد نمایشگرهای اکسیژن محلول (DO) و بهبود کارایی دمنده که هوا را به داخل مخازن پمپ می‌کند، به دست آمد. صرفه‌جویی در هزینه‌ها با اندازه‌گیری مداوم DO برای اطمینان از شرایط مناسب برای حداکثر کارایی و همچنین کنترل دمنده کارآمد به دست آمد. این تجهیزات کنترلی به طور مداوم فرآیند را پایش و تنظیم می‌کنند تا اطمینان حاصل شود که تحت شرایط بهینه و تنها با استفاده از حداقل مقدار انرژی اجرا می‌شود.

۴-۵- مزایای انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی

برخی از مزایای اجرای طرح‌های انرژی‌های تجدیدپذیر و بهبود بهره‌وری انرژی عبارتند از:

- **کاهش آلودگی هوا و انتشار گازهای گلخانه‌ای:** افزایش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و بهبود بهره‌وری انرژی می‌تواند با کاهش مصرف انرژی مبتنی بر سوخت فسیلی به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌های هوا کمک کند. احتراق سوخت فسیلی همچنین باعث انتشار دی‌اکسید گوگرد و اکسید نیتروژن می‌شود. این آلاینده‌ها می‌توانند منجر به مه دود، باران اسیدی و ذرات معلق در هوا شوند که می‌تواند برای بسیاری از افراد مشکلات تنفسی ایجاد کند.
- **کاهش هزینه‌های انرژی:** دولت‌های محلی می‌توانند با تولید برق و گرمای خود از سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر و افزایش کارایی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، صرفه‌جویی قابل توجهی در هزینه‌ها داشته باشند.
- **حمایت از رشد اقتصادی از طریق ایجاد شغل و توسعه بازار:** سرمایه‌گذاری در سیستم‌های انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی می‌تواند اقتصاد محلی را تحریک کند و توسعه خدمات سیستم انرژی تجدیدپذیر و بازارهای بهره‌وری انرژی را تحریک کند. بسیاری از این مشاغل به صورت محلی توسط کارگران شرکت‌های نسبتاً کوچک محلی انجام می‌شوند زیرا معمولاً شامل نصب یا نگهداری تجهیزات می‌شوند.
- **نشان دادن رهبری:** سرمایه‌گذاری در سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی نه تنها نظارت مسئولانه دولت بر درآمد مالیاتی را نشان می‌دهد، بلکه مزایای مشترک زیست محیطی که از کاهش مصرف انرژی به دست می‌آیند را نیز نشان می‌دهد. اجرای سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر و اقدامات بهره‌وری انرژی ممکن است پذیرش گسترده‌تر این فناوری‌ها و استراتژی‌ها توسط بخش خصوصی را تسهیل کند.
- **بهبود امنیت انرژی و آب:** بهبود بهره‌وری انرژی در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، تقاضای برق را کاهش می‌دهد، از خطر خاموشی در دوره‌های تقاضای انرژی بالا جلوگیری می‌کند و به جلوگیری از نیاز به ساخت نیروگاه‌های جدید کمک می‌کند که به نوبه خود نیاز به آب برای تولید برق را کاهش می‌دهد.

- **افزایش عمر زیرساخت / تجهیزات:** تجهیزات کارآمد انرژی اغلب عمر مفید بیشتری دارند و نسبت به فناوری‌های قدیمی‌تر و کم کارآمدتر به تعمیر و نگهداری کمتری نیاز دارند.
- **حفاظت از سلامت عمومی:** استقرار سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر و بهبود بهره‌وری انرژی در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب می‌تواند آلودگی هوا و آب ناشی از نیروگاه‌هایی را که برق آن تأسیسات را تامین می‌کنند، کاهش دهد. به روز رسانی تجهیزات همچنین ممکن است به تسهیلات اجازه دهد ظرفیت خود را برای تصفیه فاضلاب یا بهبود عملکرد فرآیندهای تصفیه افزایش دهند و خطر ابتلا به بیماری‌های ناشی از آب را کاهش دهند.

۴-۶- بازیابی منابع

منابع متعددی را می‌توان از پساب بازیافت کرد، از جمله موارد زیر:

۴-۶-۱- نیتروژن و فسفر

اکثر فاضلاب‌ها نسبتاً رقیق هستند، اما حجم بالای آنها فرصتی برای بازیابی مقدار قابل توجهی از مواد مغذی فراهم می‌کند.

۴-۶-۱-۱- نیتروژن

مواد نیتروژن دار موجود در فاضلاب را می‌توان از پساب فاضلاب خارج کرد و از طریق فرایندهای تصفیه ثانویه فعال به زیست توده تبدیل کرد. سولفات آمونیوم به عنوان کود را می‌توان از جریان‌های جانبی با غلظت بالای نیتروژن آمونیاک از فرایندهای هضم لجن با جداسازی و جذب تولید کرد. جداسازی آمونیاک را می‌توان با بخار (بخار از طریق آب دمیده می‌شود و پس از متراکم شدن، محلول آمونیاک غلیظ تولید می‌شود) یا هوا (هوا از فاضلاب حباب زده و آمونیاک گازی را می‌گیرد) انجام شود. ژئولیت‌ها و سایر مواد معدنی مانند خاک رس را می‌توان برای جذب آمونیوم استفاده کرد.

۲-۱-۶-۴- فسفر

فن آوری های بازیابی منابع به کار رفته در فاضلاب عموماً بر بازیافت فسفر به شکل جامدات زیستی^۱ پس از فرآیند تصفیه جریان اصلی یا در جریان های جانبی که به دلیل تجمع بیولوژیکی فسفر غنی شده دارند، متمرکز هستند. ساده ترین شکل استفاده مجدد سودمند از فسفر بازیافت شده از تصفیه فاضلاب از طریق کاربرد جامدات زیستی در زمین است که می تواند به شکل جامدهای زیستی کمپوست شده، جامدات زیستی قلیایی تثبیت شده، گلوله های خشک شده حرارتی، زغال سنگ یا خاکستر باشد.

۳-۱-۶-۴- بازیابی استروویت (منیزیم آمونیوم فسفات)

استروویت عمدتاً به عنوان رسوبی شناخته می شود که به طور طبیعی تحت شرایط خاص pH و اختلاط انرژی در مناطق خاصی از تصفیه خانه های فاضلاب، به عنوان مثال، لوله ها و تبادلات حرارتی، زمانی که غلظت فسفات منیزیم و آمونیاک به نسبت هم مولی ۱:۱:۱ نزدیک می شود، ایجاد می شود. با این حال، به جای این که استروویت یک نگرانی برای تصفیه خانه های فاضلاب باشد (انسداد لوله های فاضلاب و بار مواد مغذی بالاتر در سطح کارخانه)، می تواند بازیابی شود تا سطح فسفر را در پساب ها کاهش دهد در حالی که به طور همزمان یک محصول جانبی ارزشمند مانند کود شیمیایی یا مواد خام برای صنعت شیمیایی تولید کند.

مورد ۱۰-۴: به حداکثر رساندن جامدات زیستی در مزارع

ولزواتر مواد جامد زیستی مقرون به صرفه و پایدار را از تأسیسات تجزیه بی هوازی پیشرفته این شرکت: پورت تالبوت، کاردیف، هرفورد، و راکسام برای کشاورزان فراهم می کند. این شرکت خدمات متنوعی را به کشاورزان ارائه می دهد تا به مشتریان کشاورزی کمک کند تا از پتانسیل بیوسولیدها (جامدات زیستی) به طور کامل استفاده کنند (جدول ۱-۴). بازیافت جامدات زیستی علاوه بر افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، انرژی کمتری نسبت به تولید کود معدنی فشرده مصرف می کند و جایگزینی برای کاهش رد پای کربن ارائه می کند.

جدول ۴-۱- خدمات جامدات زیستی و لز به کشاورزی

سرویس	توضیحات
آزمایش خاک	قبل از گسترش هر زمینه باید آزمایش شود. هر پنج سال یک بار زمین از نظر pH، فسفات، پتاسیم و منیزیم آزمایش می‌شود. هر ۱۰ سال یک بار خاک برای کادمیوم، کروم، مس، جیوه، نیکل، سرب، روی، فلوراید، آرسنیک، سلنیوم و مولیبدن آزمایش می‌شود و از مناسب بودن مزارع برای استفاده از بیوسولیدها اطمینان حاصل می‌شود.
راهنمای استفاده از جامدات زیستی در سیستم مزرعه	این شرکت در مورد مناسب بودن و زمان بندی در مورد ادغام در سیستم‌های کشت و چرا توصیه می‌کند تا از انطباق با مقررات مشخص شده توسط قانون گذاران اطمینان حاصل کند.
خدمات مشاوره زراعی	ولز واتر دارای مشاوران واجد شرایط در طرح آموزشی و گواهینامه مشاور کود (FACTS) است و مشاوره رایگان بدون تعهد در مورد گنجاندن جامدات زیستی در برنامه مدیریت مواد مغذی مزرعه ارائه می‌دهد.
در دسترس بودن در تمام طول سال	جامدات زیستی ولز واتر در تمام طول سال در دسترس هستند و به مزرعه تحویل می‌شوند
انبار کردن	در مواردی که پخش مستقیم مناسب نیست، ممکن است برای کشاورزان امکان تحویل جامدات زیستی و ذخیره آن در مزرعه فراهم شود تا آماده پخش شوند
حمایت مداوم	ولز واتر به طور مستمر با کشاورزان کار خواهد کرد تا مطمئن شود که همه چیز طبق برنامه پیش می‌رود و در صورت نیاز توصیه‌هایی را ارائه می‌دهد تا بهترین بهره را از جامدات زیستی ببرید

۲-۶-۴- سلولز

دستمال توالی اغلب به صورت ذرات فیبری در تصفیه خانه فاضلاب ختم می‌شود. با استفاده از الک‌های مشبک ریز می‌توان الیاف سلولزی را با موفقیت حذف کرد. از مواد سلولزی که بازیافت می‌شوند می‌توان استفاده کرد:

- آب‌زدایی لجن فاضلاب تصفیه خانه
- در تولید آسفالت
- به عنوان یک ماده خام برای مواد عایق

مورد ۱۱-۴: ابتکار بازیافت سلولز در هلند

مقیاس پذیری تکنیک‌های بازیابی مواد با ردپای کربن پایین در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب موجود (SMART Plant) در اروپا با هدف اثبات امکان پذیری مدیریت مدور فاضلاب شهری و پایداری زیست محیطی سیستم‌ها و مزایای مشترک مقیاس پذیری راه حل‌های آب از طریق رویکردهای ارزیابی چرخه زندگی و هزینه یابی چرخه حیات است. ابتکار بازیافت سلولز این پروژه شامل ادغام نوآورانه غربال ریز پویا و پردازش درجا است که توسعه یافته و در حال حاضر در تصفیه‌خانه فاضلاب شهری Geestmerambacht در هلند تأیید شده است. سیستم‌های فیلتر نصب شده‌اند که الیاف سلولزی را از کاغذ توالی در فاضلاب جدا می‌کنند. نتیجه آن سلولز قابل فروش است که تمیز، خشک و ضد عفونی شده است در حالی که لجن برای پس پردازش در داخل تصفیه‌خانه فرستاده می‌شود.

۳-۶-۴ - بیوپلاستیک

یکی از غیر سنتی‌ترین فناوری‌های در دست توسعه، تولید پلاستیک زیست تخریب پذیر با استفاده از پلیمرهای جدا شده از زیست لایه‌ها است. پلیمرها حاوی کربن، هیدروژن، اکسیژن و نیتروژن هستند و بنابراین می‌توان از فاضلاب بیولوژیکی برای ساخت پلیمرها استفاده کرد. پلیمرهایی به نام پلی هیدروکسی آلکانوات‌ها (PHA) می‌توانند توسط باکتری‌های بی‌هوازی با متابولیسم منابع کربن آلی تجدیدپذیر، تولید شوند. پلیمرهای PHA ترموپلاستیک‌های زیست تخریب پذیر هستند و می‌توانند به عنوان جایگزینی برای پلاستیک‌های معمولی مبتنی بر نفت استفاده شوند.

مورد ۱۲-۴: اولین PHA جهان از فاضلاب در هلند

در سال ۲۰۱۵، سه اداره آب هلند، Brabantse Delta، De Dommel، و Wetterskip Fryslân، با همکاری STOWA (بنیاد تحقیقات کاربردی آب هلند)، تصفیه‌خانه لجن SNB، و دو شرکت تجاری Veolia و KNN، اولین PHA جهان در حد کیلوگرم را تولید کردند. این امر توسط باکتری از تاسیسات تصفیه فاضلاب در استان زلاند هلند تولید شد. در حالی که ظرفیت این پروژه کم است (چند کیلوگرم در هفته) هدف این است که این میزان افزایش یابد تا کل حجم فاضلاب تصفیه شده را در برگیرد و در نهایت منجر به ظرفیت تولید ۲۰۰۰ تن در سال شود.

۴-۶-۴- آجر و کاشی

خاکستر لجن فاضلاب محصول جانبی حاصل از احتراق لجن فاضلاب آب‌زدایی شده در زباله سوز است. خاکستر در درجه اول یک ماده سیلتی با مقداری ذرات به اندازه ماسه است. محدوده اندازه و خواص خاکستر به نوع سیستم سوزاندن و مواد افزودنی شیمیایی مورد استفاده در فرآیند تصفیه فاضلاب بستگی دارد. در نهایت خاکستر را می‌توان در صنعت آجر و کاشی استفاده کرد.

مورد ۱۳-۴: تیمزواتر به ایجاد آجرهای کارآمد انرژی از خاکستر فاضلاب

تیمزواتر قراردادی را با یک پیمانکار بخش خصوصی برای ایجاد آجرهای کارآمد در انرژی از خاکستر فاضلاب امضا کرده است. هر روز فاضلاب وارد بزرگ‌ترین تصفیه‌خانه فاضلاب اروپا در بکتون می‌شود و باقی مانده مواد جامد در این تصفیه‌خانه به زباله سوز وارد می‌شود. تا پیش از این خاکستر باقی مانده در یک محل دفن زباله دفع می‌شد. در حال حاضر تیمزواتر خاکستر باقی مانده خشک مورد نیاز برای ساخت آجرها را در اختیار پیمان کار قرار می‌دهد تا با کربن دی اکسید، آب، ماسه و مقدار کمی سیمان مخلوط شده و سنگدانه‌ها، بلوک‌های ۱۷ کیلوگرمی را تشکیل دهند. به طور کلی، تیمزواتر خاکستر مورد نیاز برای ساخت ۱۸۰۰۰ تن سنگدانه را تامین خواهد کرد که برای ایجاد ۲۰۳ میلیون آجر سنگین کافی است.

۴-۶-۵- پساب معدنی برای فلزات

فلزات می‌توانند به طور بالقوه از فاضلاب استخراج شوند، به عنوان مثال، نقره و کادمیم به طور فزاینده‌ای در فاضلاب یافت می‌شوند و به اندازه کافی گران هستند که احیا بالقوه را تضمین کنند.

مورد ۱۴-۴: پروژه ZERO BRINE در هلند

هدف پروژه ZERO BRINE در هلند این است که ثابت کند مواد معدنی را می‌توان از فرایندهای صنعتی برای استفاده مجدد در صنایع دیگر بازیابی کرد. تصفیه خانه آب معدنی ساز، در منطقه بوتلک متعلق به EVIDES، نمایشی بزرگ از پروژه ZERO BRINE است که از ترکیبی از تبادل یونی و فن آوری غشا استفاده می‌کند که شامل: فلوتاسیون هوای محلول، اسمز معکوس و تبادل یون بستر مخلوط. هدر رفت گرما و جریان‌های فاضلاب در یک محیط سایت چند شرکتی ترکیب می‌شوند:

- حذف پساب آب نمک (هدف: تخلیه مایع صفر) تامین کننده آب صنعتی
- بازیابی محصولات منیزیم با خلوص بالا (هدف: خلوص منیزیم $> 90\%$ درصد)، محلول کلرید سدیم و نمک‌های سولفات
- جریان‌های بازیافت در محل (هدف: بیش از ۷۰ درصد بازیافت داخلی مواد بازیافت شده)

منابع

- Adnan, Amir I., Mei Y. Ong, Saifuddin Nomanbhay, Kit W. Chew, and Pau L. Show. "Technologies for Biogas Upgrading to Biomethane: A Review". *Bioengineering* 6, no. 4 (2019).
- Aprile, M.; Scoccia, R.; Dénarié, A.; Kiss, P.; Dombrowsky, M.; Gwerder, D.; Schuetz, P.; Elguezabal, P.; Arregi, B., "District Power-to-Heat/Cool Complemented by Sewage Heat Recovery". *Energies* 12, no. 3 (2019).
- Aquatech. "Europe's Largest Wastewater Plant Saves £500k/Year". <https://www.aquatech-trade.com/news/wastewater/thames-water-wastewater-treatment/>.
- Bioplastics Magazine. "World First – Pha from Sewage Sludge". <https://www.bioplastics-magazine.com/en/news/meldungen/20151023-Sewage-based-PHA-produced.php>.
- Brears, R.C. *Developing the Circular Water Economy*. Cham, Switzerland: Palgrave Macmillan, 2020.
- ———. "A Hybrid Sewage Power Plant". *Mark and Focus*, <https://medium.com/mark-and-focus/ahybrid-sewage-power-plant-3e86805df310>
- ———. "Stockholm Turning Wastewater into Resourcewater". *Mark and Focus*, <https://medium.com/mark-and-focus/stockholm-turning-wastewater-into-resourcewater-6bf27e8028e5>
- Buonocore, Jonathan J., Ethan J. Hughes, Drew R. Michanowicz, Jinhyok Heo, Joseph G. Allen, and Augusta Williams. "Climate and Health Benefits of Increasing Renewable Energy Deployment in the United States". *Environmental Research Letters* 14, no. 11 (2019/10/29 2019): 114010.
- Burn, Stewart, Tim Muster, and Anna Kaksonen. *Resource Recovery from Wastewater: A Research*
- Agenda. *Werf Research Report Series*. London, UNITED KINGDOM: IWA Publishing, 2014.
- CHP Technical Assistance Partnerships. "McAlpine Creek Wastewater Management Facility 1mw Biogas Chp System". (2019). http://www.chptap.org/Data/projects/McAlpineW-WTP-Project_Profile.pdf.
- Eijlander, Sabine; Mulder, Karel F. "Sanitary Systems: Challenges for Innovation". *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems* 7, no. 2 (2019): 193–212.
- Environmental Protection Department. "Food Waste/Sewage Sludge Anaerobic Co-Digestion

- Trial Scheme". https://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/waste/prob_solutions/codigestion_trial_scheme.html.
- Gandiglio, Marta, Andrea Lanzini, Alicia Soto, Pierluigi Leone, and Massimo Santarelli. "Enhancing the Energy Efficiency of Wastewater Treatment Plants through Co-Digestion and Fuel Cell Systems". [In English]. *Frontiers in Environmental Science* 5, no. 70 (2017–October–30 2017).
 - Guo, Ziyang, Yongjun Sun, Shu-Yuan Pan, and Pen-Chi Chiang. "Integration of Green Energy and Advanced Energy-Efficient Technologies for Municipal Wastewater Treatment Plants". [In eng]. *International journal of environmental research and public health* 16, no. 7 (2019): 1282.
 - Huang, Jianyin, Nadeeka Rathnayake Kankanamge, Christopher Chow, David T. Welsh, Tianling Li, and Peter R. Teasdale. "Removing Ammonium from Water and Wastewater Using Cost-Effective Adsorbents: A Review". *Journal of Environmental Sciences* 63 (2018/01/01/2018): 174–97.
 - Hunter Water. "Options on Energy-from-Waste Studied at Hunter Water". https://yourvoice.hunterwater.com.au/sustainable-wastewater/news_feed/options-on-energy-from-waste-studied-at-hunter-water.
 - IEA Bioenergy. "Sustainable Biogas Production in Municipal Wastewater Treatment Plants". (2015). <https://www.ieabioenergy.com/publications/sustainable-biogas-production-in-municipalwastewater-treatment-plants/>.
 - IWA. "State of the Art Compendium Report on Resource Recovery from Water". (2016). <http://www.iwa-network.org/publications/state-of-the-art-compendium-report-on-resource-recovery-from-water/>.
 - Lam, Ka Leung, Ljiljana Zlatanović, and Jan Peter van der Hoek. "Life Cycle Assessment of Nutrient Recycling from Wastewater: A Critical Review". *Water Research* 173 (2020/04/15/2020): 115519.
 - Le Corre, K. S., E. Valsami-Jones, P. Hobbs, and S. A. Parsons. "Phosphorus Recovery from Wastewater by Struvite Crystallization: A Review". *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 39, no. 6 (2009/06/01 2009): 433–77.
 - Li, Bing, Irina Boiarkina, Wei Yu, Hai Ming Huang, Tajammal Munir, Guang Qian Wang, and Brent R. Young. "Phosphorous Recovery through Struvite Crystallization: Challenges for Future Design". *Science of The Total Environment* 648 (2019/01/15/2019): 1244–56.
 - Mokhatab, Saeid, William A. Poe, and John Y. Mak. "Chapter 7 – Natural Gas Treating". In *Handbook of Natural Gas Transmission and Processing (Fourth Edition)*, edited by Saeid Mokhatab, William A. Poe and John Y. Mak, 231–69: Gulf Professional Publishing, 2019.

- Nassar, Ibrahim A., Kholoud Hossam, and Mahmoud Mohamed Abdella. "Economic and Environmental Benefits of Increasing the Renewable Energy Sources in the Power System". *Energy Reports* 5 (2019/11/01/2019): 1082–88.
- National Biosolids Partnership. "The Potential Power of Renewable Energy Generation from Wastewater and Biosolids FactSheet". (2014). <https://www.resourcerecoverydata.org/PotentialPowerofRenewableEnergyGenerationFromWastewaterandBiosolidsFactSheet.pdf>.
- National Renewable Energy Laboratory. "Energy Recovery Hydropower: Prospects for Off-Setting Electricity Costs for Agricultural, Municipal, and Industrial Water Providers and Users. July 2017 – September 2017". (2018). <https://www.nrel.gov/docs/fy18osti/70483.pdf>.
- New Civil Engineer. "Millions of Bricks to Be Made of Recycled Sewage Waste". <https://www.newcivilengineer.com/latest/millions-of-bricks-to-be-made-of-recycled-sewage-waste/10041573.article>.
- NNFCC Biocentre. "Biogas". <http://www.biogas-info.co.uk/about/biogas/>.
- Polymer Solutions. "Wastewater Put to Use Making Bioplastics". <https://www.polymersolutions.com/blog/wastewater-put-to-use-making-bioplastics/>.
- Power, Christine, Paul Coughlan, and Aonghus McNabola. "Microhydropower Energy Recovery at Wastewater-Treatment Plants: Turbine Selection and Optimization". *Journal of Energy Engineering* 143, no. 1 (2017): 04016036.
- Qadir, Manzoor, Pay Drechsel, Blanca Jiménez Cisneros, Younggy Kim, Amit Pramanik, Praem Mehta, and Oluwabusola Olaniyan. "Global and Regional Potential of Wastewater as a Water, Nutrient and Energy Source". *Natural Resources Forum* n/a, no. n/a (2020/01/27 2020).
- Scottish Water Horizons. "Low Carbon Heat. Naturally". (2019). <https://www.scottishwaterhorizons.co.uk/wp-content/uploads/2019/08/Low-carbon-heat-brochure.pdf>
- SMART-Plant. "Scale-up of Low-Carbon Footprint Material Recovery Techniques in Existing Wastewater Treatment Plants". <https://www.smart-plant.eu/index.php/cellulose-recovery>.
- Stirling Council. "Stirling Council and Scottish Water Horizons Join Forces for Pioneering Renewables Project". <https://www.stirling.gov.uk/news/2018/december-2018/stirlingcouncil-and-scottish-water-horizons-join-forces-for-pioneering-renewables-project/>
- Sydney Water. "Innovation & Renewable Energy". <https://www.sydneywater.com.au/sw/education/water-management/innovationrenewableenergy/index.htm>.
- The Sydney Morning Herald. "First Sewage-Powered Hydro-Electric Plant in Australia". <https://www.smh.com.au/environment/first-sewage-powered-hydro-electric-plant-in-australia-20180914-hzwgqz.html>

- www.smh.com.au/environment/sustainability/first-sewagepowered-hydroelectric-plant-inaustralia/20100429-tvd3.html.
- Theregowda, Ranjani B., Alejandra M. González-Mejía, Xin Cissy Ma, and Jay Garland. "Nutrient Recovery from Municipal Wastewater for Sustainable Food Production Systems: An Alternative to Traditional Fertilizers". [In eng]. *Environmental engineering science* 36, no. 7 (2019):833–42.
- US EPA. "Energy Efficiency in Water and Wastewater Facilities: A Guide to Developing and Implementing Greenhouse Gas Reduction Programs". (2013). <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/wastewater-guide.pdf>.
- ———. "Food Waste to Energy: How Six Water Resource Recovery Facilities Are Boosting Biogas Production and the Bottom Line" (2014). https://www.epa.gov/sites/production/files/2016/07/documents/food_waste_to_energy_-_final.pdf.
- ———. "On-Site Renewable Energy Generation: A Guide to Developing and Implementing Greenhouse Gas Reduction Programs". (2014). <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2018/11/f57/onsiterenewables508.pdf>.
- ———. "Opportunities for Combined Heat and Power at Wastewater Treatment Facilities: Market Analysis and Lessons from the Field". (2011). https://www.epa.gov/sites/production/files/2015/07/documents/opportunities_for_combined_heat_and_power_at_wastewater_treatment_facilities_market_analysis_and_lessons_from_the_field.pdf.
- Watercare. "New Zealand's First Floating Solar Array Unveiled". <https://www.watercare.co.nz/About-us/Newsmedia/NewZealand%E2%80%99s-first-floating-solar-array-unveiled>.
- Welsh Water. "Biosolids — Services to Agriculture". <https://www.dwrcymru.com/en/MyWastewater/Biosolids.aspx>.
- World Bank. "Where Sun Meets Water: Floating Solar Market Report". (2019). <http://documents.worldbank.org/curated/en/579941540407455831/Floating-Solar-Market-Report-Executive-Summary>.
- Yousef, Ahmed M. I., Yehia A. Eldrainy, Wael M. El-Maghlany, and Abdelhamid Attia. "Upgrading Biogas by a Low-Temperature CO₂ Removal Technique". *Alexandria Engineering Journal* 55, no. 2 (2016/06/01/2016): 1143–50.
- ZERO BRINE. "Water Plant I Netherlands". <https://zerobrine.eu/pilot-projects/netherlands/>.

فصل پنجم

سبز کردن زیرساخت‌های آب خاکستری

چکیده

به طور سنتی، سیستم‌های آب سطحی (سیلابی) برای حذف هر چه سریع‌تر آب سطحی در جهت کاهش وقوع سیل در محل طراحی می‌شوند. بسیاری از شهرها این سیستم‌ها را به عنوان بخشی از یک سیستم فاضلاب بزرگ‌تر پیاده‌سازی کرده‌اند که فاضلاب خانگی و صنعتی را نیز تنظیم می‌کند. نقطه ضعف این سیستم سنتی افزایش جریان اوج و رواناب ناشی از حوادث طوفان، افزایش تحویل مواد مغذی و سرریزهای فاضلاب ترکیبی در شرایط مرطوب است. در مقابل، راه حل‌های زیرساخت سبز مختلفی برای مدیریت آب‌های سطحی و در عین حال استفاده از فرایندهای طبیعی برای بهبود کیفیت آب در دسترس هستند.

کلمات کلیدی: آب‌های سطحی، زیرساخت سبز، بام سبز، بام آبی، خیابان‌های سبز

۱-۵- مقدمه

به طور سنتی، سیستم‌های آب سطحی، که از لوله‌های زهکشی، ورودی‌های، منهول‌ها،

مجاری و غیره تشکیل شده‌اند و به گونه‌ای طراحی شده‌اند که آب سطحی را در سریع‌ترین زمان ممکن به کانال اصلی رودخانه یا نزدیک‌ترین پهنه آبی رسانده تا سیل در محل کاهش یابد. بسیاری از شهرها این سیستم‌ها را به عنوان بخشی از یک سیستم فاضلاب بزرگتر اجرا کرده‌اند که فاضلاب خانگی و صنعتی را نیز تنظیم می‌کند. سیستم‌های فاضلاب ترکیبی رایج‌ترین سیستم‌هایی هستند که در آن‌ها آب سطحی و فاضلاب در یک شبکه لوله‌ای جمع‌آوری می‌شوند و آب حاصل برای تصفیه، قبل از تخلیه شدن به رودخانه یا پهنه آبی به تصفیه‌خانه فاضلاب منتقل می‌شود. نقطه ضعف این سیستم سنتی افزایش جریان اوج و رواناب ناشی از حوادث طوفان، افزایش تحویل مواد مغذی و سرریزهای فاضلاب ترکیبی در شرایط مرطوب است. همچنین سطوح نفوذناپذیر در مناطق شهری باعث افزایش جریان‌های پیک، افزایش خطرات سیل در پایین دست و کاهش نرخ تغذیه آب زیرزمینی می‌شود. این فصل در مورد راه‌حل‌های زیرساخت سبز مختلف موجود برای مدیریت آب‌های سطحی و در عین حال استفاده از فرایندهای طبیعی برای بهبود کیفیت آب بحث خواهد کرد.

۲-۵- استحصال آب باران

سیستم‌های برداشت آب باران شامل سه بخش است: یک منطقه جمع‌آوری، یک سیستم انتقال و تجهیزات ذخیره‌سازی. منطقه جمع‌آوری به طور معمول سقف یک خانه یا ساختمان است. یک سیستم انتقال معمولاً از سیستم‌های ناودانی یا لوله‌هایی تشکیل می‌شود که بارندگی را که روی پشت بام می‌بارد به مخزن‌ها یا سایر مخازن ذخیره‌سازی می‌رساند. توصیه می‌شود که لوله‌های تخلیه و سطوح سقف از مواد شیمیایی بی‌اثر مانند چوب، پلاستیک، آلومینیوم یا فایبرگلاس ساخته شوند تا از اثرات نامطلوب جلوگیری شود. آب در یک مخزن یا آب انبار^۱ ذخیره می‌شود که باید از مواد بی‌اثر مانند بتن مسلح، فایبرگلاس یا فولاد ضد زنگ ساخته شود. مخزن ذخیره می‌تواند به عنوان بخشی از ساختمان ساخته شود یا به عنوان یک واحد مجزا از ساختمان ساخته شود.

آب باران به طور طبیعی تمیز در نظر گرفته می‌شود؛ با این حال، سطح جمع‌آوری شده همیشه آلاینده‌هایی مانند رسوبات، عوامل بیماری‌زای، فلزات، مواد آلی و ترکیبات آلی فرار

1. Cistern

را نشان می‌دهد. کیفیت آب باران استحصال شده نیز به محیط اطراف و همچنین سطح نگهداری سیستم و زمان نگهداری بستگی دارد. به این ترتیب، آب باران معمولاً برای انواع نیازهای غیر قابل شرب مانند آبیاری، لباسشویی و شستشوی توالست استحصال می‌شود. دستورالعمل‌های زیر باید در هنگام نگهداری سیستم‌های برداشت آب باران در نظر گرفته شوند:

- روش حذف foul flush پس از یک دوره طولانی آب و هوای خشک باید برای حذف مواد نامطلوبی که در سقف و دیگر سطوح جمع‌آوری بارندگی وجود دارد در نظر گرفته شود.
- مخزن ذخیره‌سازی باید به صورت دوره‌ای با محلول کلر توصیه شده برای تمیز کردن بررسی و تمیز شود و پس از آن شستشو کامل انجام شود.
- برای کاهش احتمال استفاده پشه‌ها از مخزن به عنوان محل پرورش، باید مراقب بود که محل جمع‌آوری بارندگی پوشیده شود.
- ناودان‌ها و لوله‌ها باید به طور دوره‌ای بازرسی و تمیز شوند.
- سیستم‌های اجتماعی نیازمند ایجاد یک سازمان اجتماعی برای حفظ موثر آن‌ها هستند.

سیستم‌های جمع‌آوری آب باران در همه مناطق به عنوان وسیله‌ای برای افزایش میزان آب موجود مناسب است. مزایای اصلی آنها عبارتند از:

- استحصال آب باران، منبع آب را در نقطه مورد نیاز فراهم می‌کند و توسط مالک آن، اداره و مدیریت می‌شود.
- علاوه بر تامین یک منبع جایگزین آب، سیستم‌های استحصال آب باران می‌توانند به عنوان یک سیستم کنترل آب‌های سطحی برای کاهش سیل محلی استفاده شوند.
- یک ذخیره ضروری را در مواقع اضطراری و / یا خرابی سیستم‌های تامین آب عمومی، به ویژه در هنگام بلایای طبیعی فراهم می‌کند.
- ساخت یک سیستم جمع‌آوری آب باران در پشت بام ساده است و جامعه می‌تواند به راحتی برای ساخت آن آموزش ببیند و هزینه آن را به حداقل برساند.

- این فن آوری انعطاف پذیر است. این سیستم‌ها می‌توانند تقریباً برای پاسخگویی به هر نیازی ساخته شوند.
- هنگامی که مخازن به عنوان بخشی از زیربنای ساختمان‌ها ساخته می‌شوند، مانند مخازن اجباری، می‌توانند مهندسی پایه‌های ساختمان را بهبود بخشد.
- خواص فیزیکی و شیمیایی آب باران ممکن است نسبت به آب‌های زیرزمینی یا سطحی که ممکن است در معرض آلودگی بوده باشند، گاهی اوقات از منابع ناشناخته، برتر باشد.
- هزینه‌های جاری آن کم است و ساخت و ساز، بهره‌برداری و نگهداری آن کار سختی ندارد.

مورد ۱-۵: برداشت آب باران در شهر توسان

شرکت توسان واتر در آریزونا به منظور تشویق به استحصال و ذخیره‌سازی آب باران برای آبیاری گیاهان، تخفیف‌هایی را تا سقف ۲۰۰۰ دلار به ازای هر ملک برای واجد شرایط کردن سیستم‌های استحصال آب باران در نظر گرفته است. متقاضیان برای واجد شرایط بودن باید مشتری Tucson Water باشند و در کارگاه آموزشی تشویقی استحصال آب باران که موضوعات زیر را پوشش می‌دهد، شرکت کنند:

- استحصال آب باران چیست
- بهترین روش‌ها برای صرفه‌جویی در آب آشامیدنی با استفاده از سیستم‌های جمع‌آوری آب باران
- نحوه تدوین طرح پروژه استحصال آب باران
- دو مشوق برای متقاضیان وجود دارد که می‌توانند برای هر یک از آن‌ها درخواست دهند، به شرطی که مجموع این مشوق‌ها برای هر ملک از ۲ هزار تومان تجاوز نکند:
- ۱- **باغچه ساده / منفعل:** متقاضیان می‌توانند ۵۰ درصد از هزینه‌های مصالح و نیروی کار واجد شرایط را تا ۵۰۰ دلار دریافت کنند. کارهای شامل:
 - هدایت و حفظ آب در مناظر
 - استفاده از شیوه‌های مناسب سایت از جمله آبیگرها، تراس‌ها، صخره چینی، گمانه‌های نفوذی و برش‌های سنگفرش
- ۲- **مخازن باران پیچیده / فعال:** متقاضیان می‌توانند تخفیفی دریافت کنند که هزینه سیستم را بر اساس گالن هر ظرفیت مخزن تا سقف ۲۰۰۰ دلار پوشش می‌دهد.

۳-۵- باغ‌های بارانی

باغ‌های باران حوضچه‌هایی هستند که دارای چندین عملکرد از جمله افزایش نفوذ رواناب به زمین، بهبود کیفیت آب از طریق حذف آلاینده‌ها از رواناب و کاهش حجم آب‌های سطحی ورودی به سیستم مدیریت آب‌های سطحی هستند. باغ‌های بارانی با باغ‌های معمولی متفاوت هستند زیرا معمولاً به شکل کاسه یا نعلبکی هستند و برای جمع‌آوری رواناب و نگهداری آن برای یک یا دو روز با نفوذ آب به خاک اطراف طراحی شده‌اند. باغ‌های باران اغلب برای ترویج جذب و نفوذ رواناب سطحی استفاده می‌شوند. به طور کلی، باغچه در مقیاس کوچک موثرتر هستند، و رواناب را از منطقه‌ای که بیش از یک یا دوایکریست دریافت می‌کنند: این امر برای جلوگیری از جریان‌های حجم بالا و فرسایش است. به طور کلی، باغچه باید بین ۱۰ تا ۲۰ درصد مساحت سطح غیرقابل نفوذی که رواناب از آن دریافت می‌کند، باشد. باغچه می‌توانند گیاهان مختلفی از جمله گیاهان چند ساله، درختچه‌ها، گل‌های وحشی و یا چمن‌ها (گراس‌ها) را در خود جای دهند.

باغ‌های باران اغلب در مناطقی قرار می‌گیرند که رواناب را از یک سقف یا منطقه آسفالت شده دریافت می‌کنند مانند پارکینگ اتومبیل‌ها، توسعه‌های مسکونی، توسعه‌های تجاری، و فضاهای باز. یک باغ باران معمولی شامل یک منطقه آبیگر و سازه‌های ورودی و خروجی است. منطقه گمانه (آبیگر) می‌تواند یک فرورفتگی زمین طبیعی یا مصنوعی باشد که توسط خاکبرداری ساخته می‌شود، که در زمین شیب دار، می‌تواند با ساخت یک فرورفتگی زمین در سمت پایین شیب با استفاده از خاکبرداری ایجاد شود. یک لایه مالچ معمولاً قبل از اضافه شدن خاک سطحی، کف منطقه حوضچه را می‌پوشاند. اگر میزان نفوذ آب کم باشد، می‌توان یک لایه سنگریزه ایجاد کرد، یا یک لوله زهکشی سوراخ دار نصب کرد. سازه‌های ورودی برای انتقال آب باران از مناطق نفوذناپذیر مجاور، مانند خیابان‌ها و پیاده‌روها، به منطقه آبیگر استفاده می‌شوند. همچنین ساخت سازه‌های سرریز این امکان را فراهم می‌کند که آب هنگام پر شدن حوضچه باران از آن خارج شود و آب معمولاً به شبکه فاضلاب هدایت می‌شود. نگهداری باغ باران شبیه به نگهداری یک باغ معمولی است، از جمله وجین کردن و در صورت لزوم بازسازی گیاهان است. برای اطمینان از عملکرد مناسب این سیستم‌ها، ممکن است به حذف دوره‌های رسوب (لایه رومی) نیاز باشد. رواناب را می‌توان قبل از ورود به باغ باران از طریق

نوارهای فیلتر تصفیه کرد تا از تجمع رسوب جلوگیری شود. گیاهان باید به گونه‌ای انتخاب شوند که نیازهای نگهداری را کاهش دهند و شرایط آب و هوایی مختلف را تحمل کنند. باغچه علاوه بر مدیریت رواناب اضافی و بهبود کیفیت آب، طیف گسترده‌ای از مزایای مشترک را ارائه می‌دهند، به عنوان مثال، می‌توانند:

- زیبایی یک ملک را بهبود بخشید و یک زیستگاه طبیعی برای پرندگان، پروانه‌ها و حشرات مفید فراهم کند.
- مشارکت در سازگاری با تغییرات اقلیمی از طریق بهبود سازگاری با رویدادهای بارش شدیدتر که انتظار می‌رود با تغییرات آب و هوایی افزایش یابد.
- تنظیم دمای شهرها و کاهش تقاضای انرژی برای سرمایش ساختمان‌ها
- مشارکت در تغذیه آب‌های زیرزمینی
- ارائه فرصت‌های آموزشی برای مدارس در کلاس‌های آموزشی در مورد پایداری و چرخه آب

مورد ۲-۵: باغ‌های باران سانفرانسیسکو

در طول ۲۰ سال آینده، کمیسیون خدمات عمومی سان فرانسیسکو (SFPUC) زیرساخت سبز را به همراه زیرساخت خاکستری برای مدیریت آب‌های سطحی در سراسر هشت حوزه شهری اجرا خواهد کرد و یک سیستم فاضلاب پایدار را برای نسل‌های آینده تضمین خواهد کرد. این بخشی از ارزیابی آبراهه‌های شهری است که زیرساخت‌های سبز (باغ‌های باران، پیاده‌روهای نفوذپذیر و آبراهه‌های پایدار) و زیرساخت‌های خاکستری (لوله‌کشی‌ها، تونل‌ها و ایستگاه‌های پمپاژ) را برای چالش‌های سیستم فاضلاب شهر شناسایی خواهد کرد. علاوه بر ورودی‌های عمومی، SFPUC با استفاده از ابزار تجزیه و تحلیل سه‌گانه که هر پروژه را از نظر اجتماعی، زیست محیطی و مزایای اقتصادی ارزیابی می‌کند، اطمینان حاصل خواهد کرد که پروژه‌ها حداکثر ارزش را دارند. برخی از مزایای فوری شناسایی شده از اجرای زیرساخت‌های سبز عبارتند از بهبود خیابان‌ها برای دوچرخه سواران و عابران پیاده، ایجاد فضاهای عمومی

باز، و زیباسازی محله‌ها. همچنین SFPUC برنامه نگهداری باران را برای به حداکثر رساندن مزایای زیرساخت سبز خود، تقویت مشارکت جامعه و اطمینان از مدیریت موثر آنها راه‌اندازی کرده است. برنامه نگهداری باران، مانند برنامه Drain شرکت Adopt، به ساکنان یا مشاغل سانفرانسیسکو این امکان را می‌دهد تا نگهداری باغ‌های بارانی جدید SFPUC شوند. باغ‌های بارانی یک راه‌حل زیرساخت سبز است که از فرآیندهای طبیعی خاک و گیاهان برای کاهش سرعت و تصفیه آب سطحی و همچنین جلوگیری از نفوذ آن به سیستم فاضلاب شهر استفاده می‌کند. باغ‌های بارانی معمولاً پایین‌تر از سطح خیابان قرار می‌گیرند تا آب‌های سطحی بتوانند به راحتی وارد آن شوند و توسط گیاهان و خاک‌ها تصفیه شوند. با توجه به اینکه باغچه اغلب به انبار زباله تبدیل می‌شوند، نگهداری به طور مرتب زباله‌ها را جمع‌آوری کرده و هر مشکل دیگری را گزارش می‌دهند.

۳-۵- آبراهه‌های پایدار^۱

آبراهه‌های پایدار (چمنی) رشته‌هایی از مناطق گیاهی هستند که آب‌های سطحی را هدایت و فیلتر می‌کنند. یک آبراهه پایدار (چمنی) معمولی، یک نوار خطی بلند در یک محیط شهری است که برای جمع‌آوری رواناب از سطوح بزرگ نفوذناپذیر مانند جاده‌ها و پارک ماشین‌ها استفاده می‌شود. آبراهه‌های پایدار (چمنی) یک ورودی و خروجی دارند. وقتی باران می‌بارد، ورودی اجازه می‌دهد که آب از خیابان به سمت آبراهه‌های پایدار (چمنی) جریان پیدا کند. خروجی نزدیک‌ترین قسمت به آبگیر است. در طول رویدادهای بارانی شدید، ممکن است تا ظرفیت خود پر شود و خروجی آن اجازه می‌دهد آب اضافی از آن خارج و به سمت آبگیر جریان یابد. در زیر آبراهه‌های پایدار لایه‌هایی وجود دارد که شامل خاک‌های شنی و سنگ‌هایی است که آب‌های سطحی را ذخیره می‌کنند و اجازه می‌دهند به تدریج به زمین نفوذ کنند. درختان و گیاهان نیز آب‌های سطحی را جذب کرده و آن را از طریق تبخیر و تعرق آزاد می‌کنند. آبراهه‌های پایدار را عمدتاً در بالادست آبگیرها ساخته می‌شوند به طوری که با طراحی آنان می‌توانند آب‌های سطحی جاری در خیابان و پیاده‌رو را قبل از ورود به حوضچه و سپس به

سیستم فاضلاب جمع‌آوری کنند. ابتدا با جذب جزئی آب سطحی در bioswale، آب می‌تواند به عنوان منبعی برای کمک به رشد درختان و گیاهان استفاده شود، نه اینکه سیستم فاضلاب را تحت الشعاع قرار دهد. دو نوع Bioswale معمولاً استفاده می‌شود:

- **Bioswales خشک:** اینها کنترل کمیت (حجم) و کیفیت را با تسهیل نفوذ آب سطحی فراهم می‌کنند.
- **Bioswales مرطوب:** از رشد طبیعی گیاهان برای کاهش دبی اوج و ارائه تصفیه با کیفیت آب استفاده می‌کنند. یک bioswale مرطوب معمولاً دارای پوشش گیاهی مقاوم به آب است که به طور دائم در بدنه آب رشد می‌کند.

علاوه بر مدیریت رواناب‌های سطحی اضافی، bioswale‌ها طیف وسیعی از منافع را فراهم می‌کنند از جمله:

- محدود کردن جریان آب به سیستم‌های فاضلاب متمرکز، کاهش مصرف انرژی و انتشار کربن در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب
- افزایش تنوع زیستی در مناطق شهری با پوشش گیاهی که تنوع گیاهان را فراهم می‌کند و به عنوان زیستگاه جانوران عمل می‌کند.
- ترویج استفاده از مصالح ساختمانی موجود در محل
- کاهش اثر جزیره گرمایی شهری
- بهبود تغذیه آب‌های زیرزمینی
- حذف آلاینده‌ها از آب سطحی
- کمک به جلوگیری از ورود آب‌های آلوده به آب‌های زیرزمینی

۱-۳-۵- نگهداری از آبراهه‌های پایدار

پنج دسته اصلی مراقبت و نگهداری برای اطمینان از عملکرد Bioswales پنج دسته اصلی مراقبت و نگهداری در نظر گرفته شده است در جدول ۵-۱ ارائه شده است.

جدول ۱-۵- نگهداری از آبراهه‌های پایدار

سرویس	توضیحات
برقراری ارتباط	تفاوت بین Bioswales و چاله‌ها و آبراهه‌های معمولی باید به ساکنان اطلاع داده شود. باید توضیحی در مورد اینکه آنها چیست و چگونه کار می‌کنند وجود داشته باشد. هر چه مردم بیشتر در مورد bioswales مطلع شوند، مراقبت بهتری از آنها خواهند داشت و پذیرش سیستم‌های زیرساخت سبز آینده بیشتر خواهد شد.
حذف زباله‌ها	Bioswales می‌تواند به سرعت زباله‌هایی را که به راحتی از خیابان شسته می‌شود یا از طریق باد به داخل و توسط مردم وارد می‌شوند را جمع‌آوری کنند. این زباله‌ها می‌توانند ورودی‌ها و خروجی‌ها را مسدود کنند و از جمع‌آوری مناسب آب توسط bioswale جلوگیری کنند.
توجه به خاک و گیاهان	خاک و گیاهان به طور خاص برای کمک به bioswale در مدیریت آب‌های سطحی انتخاب می‌شوند. آن‌ها باید بازرسی شوند تا مطمئن شد که درای عملکرد مورد انتظار هستند. علائم فرسایش خاک باید برای طوفان‌های بعدی بررسی شود و سلامت رویشی از طریق وجود گیاهان سالم و متراکم ارزیابی شود.
وجین علف‌های هرز	وجین مکرر برای حفظ سلامت گیاهان ضروری است. علف‌های هرز نه تنها ظاهری ناخوشایند دارند، بلکه جذب آب و رشد را برای گیاهان اصلی سخت می‌کند. وجین علف‌های هرز باید حداقل یک بار در ماه در طول فصل رشد انجام شود.
آب کافی برای زمانی که گرم یا خشک است	حتی اگر بیوسوال‌ها برای جمع‌آوری آب باران طراحی شده اند، ممکن است در دوره‌های گرم و خشک به آب اضافی نیاز داشته باشند. لذا آبیاری برای استقرار و رشد سیستم ریشه گیاه ضروری است.

مورد ۳-۵: شبکه Bioswales در رودخانه کالنگ بیشان

آنگ مو کیو پارک، سنگاپور

رودخانه کالانگ در پارک بیشان-آنگ مو کیو، همکاری بین هیئت خدمات عمومی (PUB) و هیئت پارک‌های ملی برای تبدیل یک کانال سیمانی به رودخانه‌ای زیبا و مملو از زندگی است. تحت برنامه آب‌های پاک، زیبا، ترکیبی از گیاهان، مواد طبیعی و تکنیک‌های مهندسی عمران برای ملایم نمودن شیب آبراهه، دادن ظاهری طبیعی به آن و جلوگیری از فرسایش خاک معرفی شد. با طبیعی شدن رودخانه، حیات وحش به این منطقه جذب شده است. کانال رودخانه خود بر اساس مفهوم دشت سیلابی طراحی شده است و به شبکه‌ای از زهکش‌ها

در شهر متصل است. در هوای گرم، جریان آب به یک نهر باریک در وسط رودخانه محدود می‌شود. در طول یک رویداد طوفانی، منطقه پارک مجاور به عنوان یک کانال انتقال دو برابر می‌شود و آب باران را به تدریج به پایین دست می‌برد. در محوطه چمن باز پارک، شبکه‌ای از Bioswales وجود دارد که برای کاهش رواناب سطحی و همچنین فیلتر آلودگی‌های استفاده می‌شود.

۵-۵- حوضچه‌های مهار و نگهداری سیلاب

یک حوضچه، منطقه‌ای است که برای نگهداری موقت یا دائمی سیلاب در طول یک رویداد باران یا طوفان طراحی و تعیین شده است. دو نوع حوضچه وجود دارد، تفاوت اصلی وجود یا عدم وجود یک حوضچه دائمی آب یا مصنوعی است:

- **حوضچه‌های خشک:** این حوضه‌ها فقط در هنگام وقوع طوفان آب را حفظ می‌کنند و بعداً آب را با سرعت کنترل شده رها می‌کنند تا زمانی که حوضچه خالی شود. حوضچه بین حوادث باران خشک باقی می‌ماند.
- **حوضچه‌های مرطوب:** این حوضچه‌ها یک حوضچه دائمی آب هستند و بدون توجه به رویدادهای طوفانی وجود دارند و بنابراین در طول سال مرطوب هستند. آن‌ها ظرفیت ذخیره‌سازی اضافی را برای ذخیره موقت رواناب فراهم می‌کنند. عمق یک حوضچه مرطوب اغلب براساس ملاحظات کیفیت آب است و بنابراین حوضچه‌های مرطوب نیز به عنوان سیستم‌های تصفیه آب عمل می‌کنند.

در بیشتر موارد، حوضچه‌های خشک و مرطوب دارای دهانه‌های خروجی هستند که ثابت باقی می‌مانند؛ که به آن کنترل استاتیک گفته می‌شود و میزان تخلیه با توجه به ارتفاع آب تغییر می‌کند اما در غیراین صورت کنترل نمی‌شود. این عملیات استاتیک را می‌توان با کنترل در زمان واقعی باز شدن دروازه خروجی به یک عملیات پویا تغییر داد. نرخ تخلیه و همچنین نرخ پرو خالی شدن و حجم می‌تواند در زمان واقعی با توجه به قوانین از پیش تعیین شده و

شرایط آب و هوایی و هیدرولیکی کنترل شود. کنترل زمان واقعی می‌تواند اوج جریان را به تاخیر بیندازد و آب را در زمان‌هایی که محیط دریافت‌کننده رواناب ظرفیت بهتری برای انجام این کار دارد، تخلیه کند. کنترل زمان واقعی نیز می‌تواند پیش‌بینی کننده باشد زمانی که به دنبال راه حل‌های بهینه برای نرخ تخلیه هستیم. به عنوان مثال، استفاده از پیش‌بینی‌های بارندگی تولید شده توسط رادارهای هواشناسی و مدل‌های هیدرولوژیکی / هیدرولیک به سیستم اجازه می‌دهد تا حجم آب تولید شده توسط رویداد بارندگی بعدی را پیش‌بینی کند و حوضچه را در زمان مناسب تخلیه کند.

علاوه بر مدیریت آب‌های سطحی، حوضچه‌های خشک و مرطوب می‌توانند کیفیت آب را با فرایندهای فیلتراسیون موجود از جمله: تصفیه، ته نشینی، تابش (UV/sun نوردهی)، تصفیه بیولوژیکی، و جذب گیاه بسته به اجزای طراحی موجود در این حوضچه‌ها بهبود بخشند.

مورد ۴-۵: برکه مدیریت آب سطحی ارل بیلز شهر تورنتو

حوضچه مدیریت طوفان ارل بیلز یکی از بزرگترین حوضچه‌های مدیریت آب سطحی در کانادا است که ۳٫۲ هکتار وسعت دارد و عمقی در حدود سه متر دارد. این حوضچه ظرفیت مدیریت و تصفیه ۹۰ درصد از کل روان آب‌های سطحی سالانه از یک حوزه آبخیز (شهری) ۵۵۰ هکتاری را دارد که شامل توسعه مسکونی و صنعتی است. این حوضچه به جلوگیری از فرسایش در امتداد ۲۰۵ کیلومتر از سیستم رودخانه، حفاظت از جنگل شهری و زیرساخت‌های فاضلاب کمک می‌کند. آب این حوضچه همچنین مزایای تفریحی را با استفاده از آن برای آبیاری زمین گلف در تابستان و برف‌سازی در تپه اسکی ارل بیلز در زمستان فراهم می‌کند و تقاضا برای آب رودخانه دان غربی را کاهش می‌دهد.

۵-۶- بام‌های سبز

بام‌های سبز از لایه‌ای از پوشش گیاهی تشکیل شده‌اند که یک سقف مسطح معمولی یا با

شیب متوسط را می‌پوشاند. بام‌های سبز از چندین لایه تشکیل شده‌اند که می‌توانند شامل لایه حفاظتی بام ضد آب، لایه حائل رطوبت، لایه زهکشی، لایه تشخیص نشت، محیط کشت مهندسی شده و گیاهان تخصصی باشند. با انتخاب مناسب مصالح، بام‌های سبز می‌توانند به طور موثری هم پیک جریان و هم حجم را در شبکه‌های زهکشی شهری کاهش دهند. بام سبز را می‌توان در انواع سقف‌ها از جمله در تراس‌ها و سقف‌های ساختمان‌های بلند استفاده کرد. به طور کلی، هر سقفی که دارای شیب تا ۱۶٫۷ درصد باشد، می‌تواند بدون مقررات خاصی برای تثبیت شیب، بام‌های سبز را در خود جای دهد. دو نوع بام سبز وجود دارد:

- **بام‌های سبز گسترده:** اینها سیستم‌های نازک (معمولاً کمتر از شش اینچ) و سبک وزن هستند که عمدتاً با گیاهان گوشتی، گیاهان پوشش‌دهنده مقاوم به خشکی و چمن کاشته می‌شوند.
- **سقف‌های سبز فشرده:** این سقف‌ها عمیق‌تر (معمولاً بزرگ‌تر از ۶ اینچ)، سیستم‌های سنگین‌تر هستند که برای حفظ مناظر پیچیده طراحی شده‌اند.

اجزای معمول بام‌های سبز عبارتند از:

- **مولفه کنترل ورودی:** بام‌های سبز که بارش مستقیم را دریافت می‌کنند، کنترل ورودی ندارند. برای بام‌های سبز که رواناب را از ناحیه نفوذ ناپذیر مستقیماً متصل به سقف دریافت می‌کنند، سیستم‌های کنترل ورودی ممکن است جریان آب‌های سطحی را از ناحیه آبرگیر مشارکت‌کننده به بام سبز منتقل و کنترل کنند.
- **اجزای ناحیه ذخیره‌سازی:** نواحی ذخیره‌سازی بام سبز به طور موقت آب‌های سطحی را قبل از اینکه بتواند توسط گیاهان از طریق تبخیر و تعرق مورد استفاده قرار گیرد یا در پایین دست رها شود، نگه می‌دارند. محل‌های ذخیره‌سازی بام سبز معمولاً از موارد زیر تشکیل شده است:
- **محیط رشد:** این از رشد گیاه پشتیبانی می‌کند و ذخیره آب‌های سطحی در حفره‌ها را فراهم می‌کند. ظرفیت ذخیره‌سازی تابعی از عمق متوسط، مساحت سطح و فضای خالی کل است.

- **فیلتر یا جداسازی پارچه یا ژئوتکستایل:** این کار از نفوذ خاک به لایه زیرین زهکشی بام سبز جلوگیری می‌کند.
 - **لایه زهکشی:** این لایه می‌تواند شامل اقداماتی برای رهگیری و حفظ بارندگی نفوذی در حین حرکت در منطقه ذخیره بام سبز باشد.
 - **لایه‌های حائل رطوبت / موانع سقف:** اینها آسترهای غیرقابل نفوذی هستند که عرشه سقف زیرین را از نفوذ رطوبت و ریشه گیاه محافظت می‌کنند.
 - **سیستم سقف زیر شیروانی:** این سیستم معمولاً شامل یک عرشه سازه ای، سازه‌های پشتیبان آن، و یک سیستم ضد آب زیر شیروانی سنتی است.
 - **اجزای پوشش گیاهی:** مواد گیاهی بام سبز مقدار زیادی از آبی را که در طول یک رویداد طوفانی روی پشت بام می‌ریزد را می‌گیرد. این روش فرسایش بادی و آبی را کاهش می‌دهد، رطوبت را به اتمسفر باز می‌گرداند و خنک‌سازی تبخیری را فراهم می‌کند. مواد گیاهی نیز ذرات معلق را جمع‌آوری کرده و اکسیژن تولید می‌کنند. برخی از بام‌های سبز ممکن است دارای سیستم آبیاری برای حمایت از رشد گیاهان در دوره‌های خشک باشند.
 - **مولفه کنترل خروجی:** کنترل‌های خروجی می‌توانند شامل رایزرها، تخلیه لبه‌ها، اسکاچرها، ناودان‌ها یا آسترهای غیرقابل نفوذ باشند.
 - **مولفه دسترسی به بازرسی و نگهداری:** بازرسی ایمن و راحت از تمام اجزای اصلی در یک بام سبز برای اطمینان از عملکرد طولانی مدت آن بسیار مهم است. بسته به ارتفاع سقف و شیب، اجزای دسترسی ممکن است شامل سیستم‌های نظارت ایمنی دائمی یا موقت، گاردریل‌ها و سیستم‌های شبکه ایمنی، سیستم‌های خط هشدار، و سیستم‌های جلوگیری از سقوط باشد. همچنین ممکن است یک سیستم تشخیص نشت طولانی مدت برای مکان یابی و مدیریت نشت‌ها وجود داشته باشد.
- بام‌های سبز علاوه بر مدیریت رواناب‌های سطحی، طیف گسترده‌ای از مزایای مشترک را فراهم می‌کنند، از جمله:
- افزایش زیبایی ساختمان و ارزش بازار

- تنظیم دمای ساختمان در تابستان و زمستان و در نتیجه کاهش هزینه‌های سرمایش و گرمایش.
- کاهش اثر جزیره گرمایی شهری با تامین سرمایش تبخیری
- بهبود کیفیت هوا با فیلتر کردن ذرات معلق
- افزایش عمر مفید بام‌ها با محافظت از غشای زیرین بام در برابر آسیب‌های مکانیکی، محافظت از آن در برابر اشعه UV و افزایش دمای بافر.
- افزایش فضای تفریحی
- فرصت‌هایی برای تولید مواد غذایی
- زیستگاه حیات وحش
- منابع آموزشی

۷-۵- بام‌های آبی

بام‌های آبی سیستم‌های نگهداری موقت و رهاسازی آهسته آب باران بر روی پشت بام هستند. سقف‌های آبی می‌توانند به طور موثر رواناب ساختمان‌هایی با سطوح مسطح یا با شیب ملایم را کنترل کنند. به طور معمول، آب به طور موقت در سطح بام با استفاده از سدهای کنترل پشت بام یا محدودکننده‌های زهکش باران ذخیره می‌شود. جریان خروجی کنترل شده است و معمولاً به سمت زهکش‌ها یا سرریزهای ساختمان هدایت می‌شود. اجزای معمول سقف آبی عبارتند از:

- **جزء کنترل ورودی:** سقف‌های آبی که فقط بارندگی مستقیم دریافت می‌کنند، کنترل ورودی ندارند. برای بام‌های آبی که رواناب را از بام مجاور که مستقیماً به منطقه غیرقابل نفوذ متصل است، از جمله سطوح اضافی بام، سیستم‌های کنترل ورودی جریان آب‌های سطحی را از ناحیه آبگیر مشارکت کننده به بام آبی منتقل و کنترل می‌کنند.
- **اجزای ناحیه ذخیره‌سازی:** بام‌های آبی موقتاً آب‌های سطحی را نگه می‌دارند تا زمانی که بتوانند تبخیر شوند یا در پایین دست با سرعت کنترل شده آزاد شوند.

منطقه اختصاص داده شده به ذخیره‌سازی به نوع سیستم سقف آبی انتخابی بستگی دارد:

- **ذخیره‌سازی در سیستم‌های محدودکننده تخلیه سقف:** ذخیره‌سازی توسط شیب سقف و هندسه نسبت به ارتفاع محدودکننده‌ها و دیواره‌ها تعیین می‌شود. حجم عمده اشغال شده توسط تمام سیستم‌های مکانیکی ساختمان و غیره باید در محاسبات حجم ذخیره‌سازی لحاظ شود.
- **ذخیره‌سازی در سیستم‌های سد کنترل سقف:** ذخیره‌سازی توسط شیب سقف و منطقه مرتبط با آن که به استخر در پشت سدها اختصاص دارد، تعیین می‌شود. حجم عمده اشغال شده توسط تمام سیستم‌های مکانیکی ساختمان و غیره باید در محاسبات حجم ذخیره‌سازی لحاظ شود.
- در تمام انواع سقف‌های آبی، یک غشای ضد آب در زیر قسمت‌های سقف آبی قرار می‌گیرد که انواع سیستم‌های متعدد آن از جمله: سقف‌های قیر اصلاح شده، غشاهای لاستیکی مصنوعی، غشاهای ترموپلاستیک و غیره وجود دارد.
- **مولفه کنترل خروجی:** کنترل‌های خروجی در یک سیستم سقف آبی می‌تواند طیف وسیعی از عملکردها از جمله برآوردن الزامات زمان تخلیه، کنترل نرخ تخلیه و محدود کردن ارتفاع سطح آب در طول رویدادهای طوفانی مختلف و کنترل جریان‌های رویدادهای طوفانی بزرگ را فراهم کند.
- **مولفه‌های دسترسی بازرسی و نگهداری:** بسته به ارتفاع سقف و شیب، مولفه‌های دسترسی بازرسی و نگهداری سقف آبی ممکن است شامل سیستم‌های نظارت ایمنی دائمی یا موقت، سیستم‌های گاردریل و شبکه ایمنی، سیستم‌های خط هشدار، و سیستم‌های جلوگیری از سقوط باشد. همچنین ممکن است یک سیستم تشخیص نشت طولانی مدت برای مکان یابی و مدیریت نشت وجود داشته باشد.

مورد ۵-۵: سقف‌های سبز-آبی آمستردام

با بودجه اقدام نوآورانه شهری اتحادیه اروپا، پروژه آمستردام RESILIO با هدف تحقق بخشیدن به ۱۰۰۰۰ متر مربع بام سبز-آبی در چهار منطقه شهر است که حداقل ۸۰۰۰ متر مربع از آن بروی پشت بام‌های خانه‌های اجتماعی قرار دارد. هدف کنسرسیوم شرکای دولتی و خصوصی ایجاد یک شبکه بهم پیوسته از سقف‌های هوشمند است که در آن حسگرها و تجهیزات پیشرفته مدیریت آب را در پشت بام‌ها را امکان پذیر می‌کند. به طور خاص، در فاز اول پروژه، بام‌های سبزآبی منحصر به فرد با کنترل‌های جریان هوشمند ساخته خواهند شد که باران یا خشکسالی شدید را پیش‌بینی می‌کنند، آب را بر این اساس آزاد یا ذخیره می‌کنند. در فاز دوم، این پروژه یک شبکه هوشمند از بام‌های سبز-آبی ایجاد می‌کند که امکان تبادل اطلاعات در زمان واقعی را برای سطوح آب پویا فراهم می‌کند و امکان تنظیم از راه دور سطح آب پشت بام را بر اساس پیش‌بینی‌های آب و هوا و تنظیمات مدیریت آب فراهم می‌کند. بام‌های سبز-آبی علاوه بر کاهش اثرات باران شدید، اثر جزیره گرمایی شهری را کاهش می‌دهند، خشکسالی‌ها را کاهش می‌دهند، عایق بندی ساختمان‌ها را بهبود می‌بخشد و تنوع زیستی و کیفیت زندگی را افزایش می‌دهند.

۸-۵- روسازی نفوذپذیر

روسازی‌های نفوذپذیر روشی هستند که برای مدیریت رواناب‌های سطحی طراحی شده‌اند. روسازی‌های نفوذپذیر سطوح سنگفرش جایگزین هستند که به رواناب فاضلاب‌های سطحی اجازه می‌دهند تا از طریق حفره‌های موجود در سطح سنگفرش به یک مخزن سنگ زیرین، جایی که رواناب به طور موقت ذخیره یا نفوذ می‌شود، فیلتر شود. این سیستم‌ها نیاز به ساخت زهکشی جانبی برای جمع‌آوری آب‌های سطحی را از بین می‌برند. سنگفرش‌های نفوذپذیر همچنین کیفیت رواناب را بهبود می‌بخشد و همچنین تخلیه آلاینده‌های مضر به پهنه‌های آب‌های سطحی را به حداقل می‌رسانند. سنگفرش‌های نفوذپذیر معمولاً محدود به پارکینگ‌ها، خیابان‌های دسترسی اصلی و مناطق تفریحی هستند که وسایل نقلیه سبک یا

ترافیک کند را دارا است. چهار نوع اصلی از طبقه بندی‌های سنگفرش نفوذپذیر وجود دارد که در زیر لیست شده‌اند، در حالی که جدول ۲-۵ اجزای زیر سطح سنگفرش نفوذپذیر را لیست می‌کند:

- **روسازی متخلخل:** شامل یک یا چند لایه آسفالت متخلخل است که توسط یک لایه سنگ چوک یا لایه پایه تصفیه شده و پایه سنگدانه / مخزن زیر پایه زیر آن قرار گرفته است. عمق لایه بر اساس بار ساختاری، نیازهای آب سطحی و نیازهای عمق یخبندان است. فضای خالی سطح آسفالت متخلخل معمولاً بین ۱۸ تا ۲۵ درصد و نفوذپذیری سطح بین ۱۷۰ تا ۵۰۰ اینچ در ساعت است.
- **بتن نفوذپذیر:** این شامل یک سیستم اتصال سیمانی هیدرولیکی همراه با یک سنگ دانه بندی شده باز برای تولید یک سنگفرش صلب و بادوام است. روسازی بتنی قابل نفوذ معمولاً دارای ۱۵ تا ۲۵ درصد فضای خالی به هم پیوسته و نفوذپذیری سطحی ۳۰۰ تا ۲۰۰۰ اینچ در ساعت است.
- **روسازی بتنی به هم پیوسته نفوذپذیر (PICP):** این شامل واحدهای بتنی ساخته شده است که حفره‌ها و اتصالات نفوذپذیر را در هنگام مونتاژ در یک الگوی بتن‌ریزی تشکیل می‌دهند. این اتصالات اجازه می‌دهند که آب‌های سطحی به یک لایه بس‌تر سنگ خرد شده و مخزن پایه/زیرپایه که سنگ فرش‌ها را پشتیبانی می‌کند، جریان یابند. اتصالات معمولاً ۵ تا ۱۵ درصد از سطح سنگفرش را تشکیل می‌دهند و نفوذپذیری سطح را بین ۴۰۰ تا ۶۰۰ اینچ در ساعت حفظ می‌کنند.
- **برخی دیگر (مانند سیستم‌های روسازی شبکه‌ای):** روسازی‌های شبکه‌ای از واحدهای روسازی سلول باز بتنی یا پلاستیکی تشکیل شده‌اند. سلول‌ها یا روزنه‌ها به ضخامت کامل نفوذ می‌کنند تا بتوانند سنگدانه، خاک سطحی یا چمن را در خود جای دهند. فضای خالی سطحی از ۲۰ تا ۷۵ درصد متغیر است. نفوذپذیری سطح به مواد پرکننده بستگی دارد و از ۳۰ تا ۴۰ اینچ در ساعت برای شن، ۲۰۰ تا ۴۰۰ اینچ در ساعت برای سنگدانه، و یک تا دو اینچ در ساعت برای پر کردن چمن متغیر است.

1. Pervious concrete

2. Permeable interlocking concrete pavement (PICP)

جدول ۲-۵- اجزای سطوح روسازی نفوذپذیر

مؤلفه	توضیحات
لایه بستر	برای سنگفرش استفاده می‌شود تا بتوان آنها را صاف گذاشت.
لایه چوکر	لایه‌ای از سنگ کوچک برای جلوگیری از نفوذ مواد ریز به لایه مخزن
لایه مخزن	سنگ برای نگه داشتن آب اضافی تا زمانی که نفوذ کند
زیرزهکشی	هنگامی که مخزن پر می‌شود، آب اضافی را به سیستم زهکشی منتقل می‌کند.
لایه فیلتر / ژئوتکستایل	لایه‌ای از سنگ یا ژئوتکستایل نفوذپذیر برای جداسازی لایه مخزن از خاک زیر و جلوگیری از نفوذ ریزدانه‌ها به لایه مخزن
آستر غیر قابل نفوذ	از نفوذ به زیرزمین یا بخش ساختاری جاده مجاور جلوگیری می‌کند
زیرسازی متراکم نشده	خاک موجود که آب سطحی در آن نفوذ می‌کند

روسازی نفوذپذیر طیف وسیعی از مزایای زیست محیطی را فراهم می‌کنند، از جمله:

- کاهش جریان به سیستم‌های فاضلاب و نهرها
- افزایش تغذیه آب‌های زیرزمینی
- کاهش و تأخیر پیک جریان
- کاهش آلاینده‌ها و بهبود کیفیت آب
- کاهش اثر جزیره گرمایی شهری

مورد ۵-۶: بزرگترین مقاوم‌سازی روسازی نفوذپذیر در آمریکای شمالی

در سال ۲۰۱۵-۲۰۱۶، اداره مدیریت آبخیزداری شهر آتلانتا، جورجیا با یک شریک بخش خصوصی برای نصب بیش از چهار مایل PICP، بزرگترین پروژه روسازی نفوذپذیر در آمریکای شمالی، همکاری کرد. با بودجه ۱۶ میلیون دلاری، وزارت آبخیزداری خیابان‌های بالادست مناطق مستعد سیل را برای استفاده از سنگفرش‌های نفوذپذیر و ظرفیت ذخیره‌سازی آب مخازن عمقی حفاری کرد تا ظرفیت تخلیه لوله‌ها را کاهش دهد. چهار مایل سنگفرش‌های قابل نفوذ، چهار میلیون گالن از ظرفیت تخلیه را کاهش می‌دهد. سنگفرش‌های نفوذپذیر انتخاب شده برای مقاومت در برابر حرکت وسایل نقلیه در مناطق پرتراфик و ارائه دوام طولانی مدت در آب و هوای سخت، به ویژه جاهایی که چرخه‌های انجماد/ذوب شدید دارند، طراحی شده‌اند.

۵-۹- خیابان‌های سبز

خیابان‌های سبز از شیوه‌های زیرساخت سبز کاشته شده در مسیر درست عمومی برای مدیریت آب‌های سطحی استفاده می‌کنند در حالی که عملکرد اصلی یک خیابان به عنوان مجرای برای وسایل نقلیه، عابرین پیاده، دوچرخه سواران، و رانندگان حمل و نقل را حفظ می‌کنند. خیابان‌های سبز همچنین آلودگی‌های ناشی از ورود به آبراهه‌های محلی را کاهش می‌دهند و کیفیت آب را بهبود می‌بخشند. انواع مختلف زیرساخت‌های سبز که معمولاً در بزرگراه‌ها، بلوارها، خیابان‌های اصلی محله، خیابان‌های مشترک تجاری و مسکونی، کوچه‌ها، خیابان‌های صنعتی و غیره استفاده می‌شوند، در زیر فهرست شده‌اند. در عین حال، جدول ۵-۳ خلاصه‌ای از مزایای متعدد خیابان‌های سبز را ارائه می‌دهد.

۵-۹-۱- باغچه‌های آب سطحی^۱

باغچه‌های آب سطحی یک عملکرد تخصصی و محوطه‌سازی شده است که در پیاده‌روها نصب شده و برای مدیریت رواناب طراحی شده است. با قرار گرفتن محیط کشت پایین‌تر از ارتفاع جوی خیابان و اتصال کشتزار به یک یا چند ورودی، رواناب به کشتزار هدایت می‌شود و اجازه می‌دهد که رواناب سطحی از خیابان به داخل کشتزار جریان یابد. رواناب از مسیر پیاده رو مجاور می‌تواند مستقیماً از سطح به باغچه‌های آب سطحی جریان یابد. گیاهان در این سیستم برای تامین جذب آب و آلاینده‌ها به کار گرفته می‌شوند.

جدول ۵-۳- مزایای خیابان‌های سبز

مزایای خیابان سبز	کاربری خیابان
- با کاهش دما، کاهش صدا و بهبود کیفیت هوا، محیط پیاده روی را جذاب‌تر و دلپذیرتر کنید. - ترفیک آرام و بهبود شرایط ایمنی - فضاهای عمومی با کیفیت بالا با ویژگی‌های طبیعی، سلامت روان را بهبود می‌بخشند و فرصت‌هایی را برای توسعه جامعه و انسجام اجتماعی ایجاد می‌کنند.	مردم در حال راه رفتن

افرادى كه از حمل و نقل استفاده مى‌كنند	- زیرساخت‌های سبز را می‌توان در تسهیلات حمل و نقل، از جمله جزایر ترافیکی برای بهبود زهکشی طبیعی در نزدیکی ایستگاه‌های حمل و نقل ادغام کرد. - جایگاه‌های ترانزیت و سقف تسهیلات می‌توانند زیرساخت‌های سبز را در برگیرند. - زیرساخت‌های سبز را می‌توان در کنار شاهراه‌ها برای بهبود زه‌کشی و افزایش آسایش و دسترسی دوچرخه سواری در طول و بعد از طوفان‌ها گنجاند. - روسازی نفوذپذیر را می‌توان بر روی خطوط دوچرخه سواری و مسیرهای مرتفع چرخه اجرا کرد تا زمان لازم برای خشک شدن روسازی کاهش یابد. - کاشت‌ها یا پوشش گیاهی ممکن است در عناصر حائل محافظت‌شده مسیر دوچرخه سواری برای افزایش راحتی سواری و کاهش استرس گنجانده شوند.
مردم با وسایل نقلیه موتوری رانندگی می‌کنند	- زیرساخت‌های سبز می‌توانند رواناب‌ها را جذب کنند و سیل و آب‌گرفتگی را کاهش دهند و شرایط رانندگی ایمن‌تری را ایجاد کنند. - زیرساخت سبز را می‌توان با تغییرات هندسی پیاده‌سازی کرد که باعث کاهش سرعت خودرو و بهبود دید شود.
افرادى كه كسب و كار انجام مى‌دهند	- موفقیت و دوام مناطق تجاری و فروشگاه‌های محله به توانایی مردم برای دسترسی و استفاده راحت از خیابان‌ها بستگی دارد. - عملکرد اقتصادی به راحتی و جذابیت خیابان‌ها وابسته است و محیط‌هایی با زیرساخت سبز عملکرد بهتری دارند. - زیرساخت سبز می‌تواند ارزش املاک را افزایش دهد.

۲-۹-۵- خروجی‌های برآمدگی آب سطحی^۱

خروجی برآمدگی آب سطحی یک توسعه حاشیه منظره است که خط مرزی موجود را به داخل مسیرها گسترش می‌دهد. این سیستم برای مدیریت رواناب سطحی با تنظیم بالای محیط کشت در برآمدگی پایین‌تر از ارتفاع جوی خیابان‌ها و اتصال برآمدگی به یک یا چند ورودی طراحی شده است، که اجازه می‌دهد رواناب سطحی از خیابان به درون برآمدگی‌ها جریان یابد. رواناب از مسیر پیاده‌روی مجاور می‌تواند مستقیماً به درون برآمدگی آب طوفان از سطح جریان یابد. خروجی برآمدگی‌های آب سطحی، آب سطحی را در یک منطقه کاشته شده یا بستر سنگی زیرسطحی جذب و تصفیه می‌کنند. گیاهان مقداری از آب‌های سطحی را از طریق سیستم‌های ریشه‌ای خود می‌گیرند، و آب‌های سطحی باقی مانده به طور موقت در امتداد حاشیه پیاده رو ذخیره می‌شوند تا زمانی که یا به فاضلاب نفوذ کنند یا آن را تخلیه کنند.

1. Stormwater bump-out

۳-۹-۵- درخت‌های آب سطحی^۱

درخت‌های آب سطحی یک درخت خیابانی است که در یک گودال‌های تخصصی در منطقه پیاده رو کاشته می‌شود. این برای مدیریت رواناب با قرار دادن قسمت بالایی محیط کاشت در گودال درخت در پایین‌تر از ارتفاع ناودان خیابان و اتصال گودال درخت به یک ورودی طراحی شده است و اجازه می‌دهد رواناب از خیابان به داخل گودال درخت جریان یابد. رواناب از مسیر پیاده روی مجاور می‌تواند مستقیماً از سطح مسیر به داخل گودال درخت جریان یابد. اگر چاله درخت آب سطحی به ظرفیت برسد، رواناب می‌تواند ورودی را دور بزند و وارد سایر زیرساخت‌های سبز پایین دست یا زهکش‌های آب سطحی شود.

۴-۹-۵- ترانشه‌های درختی آب سطحی^۲

یک ترانشه درختی آب سطحی، یک ترانشه زیرسطحی نصب شده در ناحیه پیاده رو است که شامل یک سری درخت در امتداد یک بخش یا کل طول ترانشه زیرسطحی است. این سیستم رواناب را با اتصال ترانشه زیرسطحی به یک یا چند ورودی مدیریت می‌کند و اجازه می‌دهد رواناب از خیابان و مسیر پیاده روی به داخل ترانشه زیرسطحی جریان یابد. رواناب در فضاهای خالی بین سنگ‌ها یا سایر رسانه‌های ذخیره‌سازی در ترانشه ذخیره می‌شود و درختان را آبیاری می‌کند و به آرامی از کف ترانشه نفوذ می‌کند.

۵-۹-۵- پارکینگ‌های سبز^۳

پارکینگ‌های خودرو سبز شامل انواع عناصر طراحی زیرساخت سبز، از جمله درختان، مناطق پراکنش، بیوفیلتراسیون، و روسازی نفوذپذیر است. این استراتژی‌ها از فرآیندهای طبیعی برای کاهش حجم رواناب، اوج جریان و آلاینده‌ها استفاده می‌کنند. به خصوص:

- درختان: درختان برگ‌آب را به آرامی به مالچ و خاک می‌رسانند، آن را از طریق

1. Stormwater tree

2. Stormwater tree trench

3. Green car parking

سیستم‌های ریشه جذب می‌کنند و نهایتاً آن را به صورت بخار آب مستقیماً به جو برمی‌گردانند.

- **مناطق انتشار:** مناطق غیرقابل نفوذ را حالت مسیر مستقیم به سیستم زهکشی جدا می‌کنند. مناطق انتشار از عملکرد طبیعی گیاهان، مالچ و خاک برای کند کردن روان آب طوفان و حذف آلاینده‌ها استفاده می‌کنند. این استراتژی از ذخیره‌سازی، جذب رسوب و فرایندهای بیولوژیکی برای تمیز کردن آب استفاده می‌کند.
- **بیوفیلتراسیون:** تاسیسات گیاهی سیستم‌های آب سطحی هستند که آب را از طریق پوشش گیاهی و خاک یا محیط‌های خاک، قبل از تخلیه به سیستم زهکشی فیلتر می‌کنند. آنها همچنین از فرورفتگی‌های کم عمق برای ذخیره‌سازی و تبخیر و تعرق استفاده می‌کنند.

مورد ۷-۵: دستورالعمل‌های فنی خیابان‌های سبز تورنتو

دستورالعمل‌های فنی خیابان‌های سبز تورنتو، که پس از یک فرآیند مشاوره شامل بخش‌های مختلف شهر، ارائه‌دهندگان خدمات، و تیم خیابان‌های کامل شهر تورنتو ایجاد شده‌اند، استانداردهای جدیدی را برای توسعه خیابان‌های سبز فراهم می‌کنند که آب‌های سطحی را مدیریت می‌کنند در حالی که مزایای قابل توجهی را فراهم می‌کنند، از جمله:

- کاهش فشارهای شهری بر سیستم‌های اکولوژیکی
- بهبود کیفیت هوا
- دستیابی به بهره‌وری انرژی
- افزایش کیفیت آب در عین حصول اطمینان از اینکه خیابان‌های شهر به عنوان مجرای کارآمد برای زیرساخت‌های حیاتی و زیبا باقی می‌مانند.
- راهروهای کاربردی برای عابران پیاده، حمل و نقل و ترانزیت

۱۰-۵- فضاهای چند منظوره

فضاهای چند منظوره از جمله خیابان‌ها، پارکینگ‌ها، فضاهای سبز، زمین‌های ورزشی و زمین‌های بازی می‌توانند برای نگهداری کوتاه مدت و انتقال سریع پیک‌های رواناب در طول

رویدادهای بارش شدید مورد استفاده قرار گیرند. این فضاها را چند منظوره مزایای متعددی را فراهم می‌کنند، از جمله:

- کاهش مناطق نفوذناپذیر
- نفوذ رواناب از مناطق سنگفرش شده و پشت بام‌ها.
- فرصت‌های آموزش عمومی
- تامین سایه هنگام استفاده از درختان.
- بهبود زیستگاه حیات وحش
- ایجاد محیطی با استقبال بیشتر
- ایجاد مناطق پارک مانند

مورد ۸-۵: حفظ آب سطحی برای شهر وینترتور، سوئیس

شهر Winterthur در معرض خطر سیلاب رودخانه Eulach است. برای کاهش خطر سیل در مرکز شهر، یک منطقه حفاظت شده جدید از سیل‌های ۳۰ ساله محافظت خواهد کرد. با رسیدن Eulach به سطح بحرانی، بخشی از آب از طریق یک سازه انحرافی زیرزمینی به زمین فرودگاه و تاسیسات فوتبال Hegmatten هدایت خواهد شد که در آنجا با خاکریزی به طول ۱۰.۵ کیلومتر که در برخی نقاط تا ۱۰ متر ارتفاع دارد، نگه داشته خواهد شد. سازه انحرافی زیرزمینی با کانال تامین آن به منطقه حفاظت شده در وسط یک منطقه مسکونی ساخته خواهد شد. سازه انحرافی زیرزمینی به عرض یک بزرگراه چهار خطه و طول ۱۰۰ متر خواهد بود، در حالی که کانال تغذیه پنج متر عرض و نزدیک به ۴۰۰ متر طول خواهد داشت.

منابع

- Alim, Mohammad A., Ataur Rahman, Zhong Tao, Bijan Samali, Muhammad M. Khan, and Shafiq Shirin. "Suitability of Roof Harvested Rainwater for Potential Potable Water Production: A Scoping Review". *Journal of Cleaner Production* 248 (2020 /03 /01 / 2020): 119226.
- Anderson, Brian S., Bryn M. Phillips, Jennifer P. Voorhees, Katie Siegler, and Ronald Tjeerdema. "Bioswales Reduce Contaminants Associated with Toxicity in Urban Storm Water". *Environmental Toxicology and Chemistry* 35, no. 12 (2016 /12 /01 2016): 3124–34.
- Autixier, Laurène, Alain Mailhot, Samuel Bolduc, Anne-Sophie Madoux-Humery, Martine Galarneau, Michèle Prévost, and Sarah Dörner. "Evaluating Rain Gardens as a Method to Reduce the Impact of Sewer Overflows in Sources of Drinking Water". *Science of The Total Environment* 499 (2014 /11 /15 / 2014): 238–47.
- Basdeki, Aikaterini, Lysandros Katsifarakis, and Konstantinos L. Katsifarakis. "Rain Gardens as Integral Parts of Urban Sewage Systems—a Case Study in Thessaloniki, Greece". *Procedia Engineering* 162 (2016 /01 /01 / 2016): 426–32.
- Basler & Hofmann. "Flood Water Retention for the City of Winterthur". https://www.baslerhofmann.ch/en/projects/en-projekte_detailansicht/projekt/hochwasserrueckhalt-fuer-die-stadtwinterthur.html.
- Belgrade. "Belgard Partners with the City of Atlanta for the Largest Permeable Pavement Project". https://www.belgardcommercial.com/resources/news_and_articles/belgard_partners_with_the_city_of_atlanta.
- Berland, Adam, Sheri A. Shiflett, William D. Shuster, Ahjond S. Garmestani, Haynes C. Goddard, Dustin L. Herrmann, and Matthew E. Hopton. "The Role of Trees in Urban Stormwater Management". [In eng]. *Landscape and urban planning* 162 (2017): 16777.
- Besir, Ahmet B., and Erdem Cuce. "Green Roofs and Facades: A Comprehensive Review". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 82 (2018 /02 /01 / 2018): 915–39.
- Bilodeau, Karine, Geneviève Pelletier, and Sophie Duchesne. "Real-Time Control of Stormwater Detention Basins as an Adaptation Measure in Mid-Size Cities". *Urban Water Journal* 15, no. 9 (2018 /10 /21 2018): 858–67.
- Board, Transportation Research, Engineering National Academies of Sciences, and Medicine. *Guidance for Usage of Permeable Pavement at Airports*. [in English] Edited by James Bruinsma, Kelly Smith, David Peshkin, Lauren Ballou, Bethany Eisenberg, Carol Lurie, Mark Costa, et al.

Washington, DC: The National Academies Press, 2017. doi:10.17226/24852.

- Brears, R.C. *Blue and Green Cities: The Role of Blue-Green Infrastructure in Managing Urban Water Resources*. Palgrave Macmillan UK, 2018.
- ———. *Nature-Based Solutions to 21st Century Challenges*. Oxfordshire, UK: Routledge, 2020.
- Church, Sarah P. “Exploring Green Streets and Rain Gardens as Instances of Small Scale Nature and Environmental Learning Tools”. *Landscape and Urban Planning* 134 (2 // 2015): 229–40.
- City of Chicago. “City of Chicago Bioinfiltration Rain Gardens”. https://www.chicago.gov/city/en/depts/water/supp_info/conservation/green_design/bioinfiltration_raingardens.html.
- City of Toronto. “Earl Bales Stormwater Management Pond”. <https://www.toronto.ca/servicespayments/water-environment/managing-rain-melted-snow/what-the-city-is-doing-stormwatermanagement-projects/other-stormwater-management-projects/stormwater-ponds/earl-balesstormwater-management-pond/>.
- “GreenStreetTechnicalGuidelines” (2017). <https://www.toronto.ca/services-payments/streets-parking-transportation/enhancing-our-streets-and-public-realm/green-streets/>.
- CityofTucson. “RainwaterHarvestingRebate”. <https://www.tucsonaz.gov/water/rainwater-harvesting-rebate>.
- CTCN. “Bioswales”. (2017). <https://www.ctc-n.org/resources/bioswales>.
- Elkin, David. “Portland’s Green Streets: Lessons Learned Retrofitting Our Urban Watersheds”. In *Low Impact Development for Urban Ecosystem and Habitat Protection*, 1–9, 2008.
- Ercolani, Giulia, Enrico Antonio Chiaradia, Claudio Gandolfi, Fabio Castelli, and Daniele Masseroni. “Evaluating Performances of Green Roofs for Stormwater Runoff Mitigation in a High FloodRisk Urban Catchment”. *Journal of Hydrology* 566 (2018/11/01 / 2018): 830–45.
- Everett, G., J. E. Lamond, A. T. Morzillo, A. M. Matsler, and F. K. S. Chan. “Delivering Green Streets: An Exploration of Changing Perceptions and Behaviours over Time around Bioswales in Portland, Oregon”. *Journal of Flood Risk Management* 11, no. S2 (2018/02/01 2018): S973–S85.
- Ewelina, Siwec, Erlandsen Anne Maren, and Vennemo Haakon. “City Greening by Rain Gardens –Costs and Benefits”. [In English]. *Environmental Protection and Natural Resources; The Journal of Institute of Environmental Protection–National Research Institute*. 29, no. 1 (2018): 1–5.
- Francis, Lotte Fjendbo Møller, and Marina Bergen Jensen. “Benefits of Green Roofs: A SystematicReview of the Evidence for Three Ecosystem Services”. *Urban Forestry & Urban Greening*

28(2017/12/01/2017):167–76.

- Helmreich, B., and H. Horn. “Opportunities in Rainwater Harvesting”. *Desalination* 248, no. 1(2009/11/15/2009): 118–24.
- Im, Joowon. “Green Streets to Serve Urban Sustainability: Benefits and Typology”. *Sustainability* 11, no. 22 (2019).
- Kayhanian, Masoud, Hui Li, John T. Harvey, and Xiao Liang. “Application of Permeable Pavements in Highways for Stormwater Runoff Management and Pollution Prevention: California Research Experiences”. *International Journal of Transportation Science and Technology* (2019/02/02/2019).
- Kisakye, Violet, and Bart Van der Bruggen. “Effects of Climate Change on Water Savings and Water Security from Rainwater Harvesting Systems”. *Resources, Conservation and Recycling* 138(2018/11/01/2018): 49–63.
- National Association of City Transportation Officials. “Urban Street Stormwater Guide”. (2017). <https://nacto.org/publication/urban-street-stormwater-guide/>.
- Natural Water Retention Measures. “Rain Gardens”. (2015). <http://nwrn.eu/measure/rain-gardens>.
- Naturally Resilient Communities. “Floodwater Detention and Retention Basins”. (2017). http://nrcsolutions.org/wpcontent/uploads/2017/03/NRC_Solutions_Retention_Basins.pdf.
- ———. “Rain Gardens”. <http://nrcsolutions.org/rain-gardens/>.
- Pezzaniti, David B. E., Simon Gche M. E. PhD Beecham, and Jaya M. E. PhD Kandasamy. “Stormwater Detention Basin for Improving Road-Runoff Quality”. [In English]. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers* 165, no. 9 (Oct 2012 2012–09–27 2012): 461–71.
- Philadelphia Water Department. “City of Philadelphia Green Streets Design Manual”. (2014). http://www.phillywatersheds.org/img/GSDM/GSDM_FINAL_20140211.pdf.
- ———. “Stormwater Management Practice Guidance”. (2018). <https://www.pwdplanreview.org/manual-info/guidance-manual>.
- PUB. “Kallang River @ Bishan–Ang Mo Kio Park”. <https://www.pub.gov.sg/abcwaters/explore/bishanangmokiopark>.
- Purvis, A. Rebecca, J. Ryan Winston, F. William Hunt, Brian Lipscomb, Karthik Narayanaswamy, Andrew McDaniel, S. Matthew Lauffer, and Susan Libes. “Evaluating the Water Quality Benefits of a Bioswale in Brunswick County, North Carolina (Nc), USA”. *Water* 10, no. 2 (2018).

- Saadeh, Shadi, Avinash Ralla, Yazan Al-Zubi, Rongzong Wu, and John Harvey. "Application of Fully Permeable Pavements as a Sustainable Approach for Mitigation of Stormwater Runoff". *International Journal of Transportation Science and Technology* (2019/02/13/2019).
- Şahin, N. İpek, and Gülten Manioğlu. "Water Conservation through Rainwater Harvesting Using Different Building Forms in Different Climatic Regions". *Sustainable Cities and Society* 44 (2019/01/01/2019): 367–77.
- San Diego County. "Green Parking Lots Guidelines: A Guide to Green Parking Lots Implementation in the County of San Diego" (2019). https://www.sandiegocounty.gov/content/dam/sdc/dpw/WATERSHED_PROTECTION_PROGRAM/watershedpdf/Dev_Sup/GPL_Guidelines_2019.pdf.
- SFPUC. "San Francisco Rain Guardians". <https://sfwater.org/index.aspx?page=1190>. Shafique, Muhammad, Reeho Kim, and Muhammad Rafiq. "Green Roof Benefits, Opportunities and Challenges — a Review". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 90 (2018/07/01/2018): 757–73.
- State of New Jersey. "Complete and Green Streets for All. Model Complete Streets Policy & Guide Making New Jersey's Communities Healthy, Equitable, Green & Prosperous". (2019). https://www.state.nj.us/transportation/eng/completestreets/pdf/CS_Model_Policy_2019.pdf.
- Steffen, Jennifer, Mark Jensen, Christine A. Pomeroy, and Steven J. Burian. "Water Supply and Stormwater Management Benefits of Residential Rainwater Harvesting in U.S. Cities". *JAWRA Journal of the American Water Resources Association* 49, no. 4 (2013): 810–24.
- Stovin, Virginia. "The Potential of Green Roofs to Manage Urban Stormwater". *Water and Environment Journal* 24, no. 3 (2010): 192–99.
- Stovin, Virginia. "The Potential of Green Roofs to Manage Urban Stormwater". *Water and Environment Journal* 24, no. 3 (2010): 192–99.
- UNEP. "Source Book of Alternative Technologies for Freshwater Augmentation in Latin America and the Caribbean". <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea59e/ch20.htm#2.1%20desalination%20by%20reverse%20osmosis>.
- University of Florida. "Bioswales/Vegetated Swales". (2008). http://buildgreen.ufl.edu/Fact_sheet_bioswales_Vegetated_Swales.pdf.
- Urban Innovation Actions. "Resilio — Resilience Network of Smart Innovative Climate-Adaptive Rooftops". <https://www.uia-initiative.eu/en/uia-cities/amsterdam>.

- Vich, Guillem, Oriol Marquet, and Carme Miralles-Guasch. "Green Streetscape and Walking: Exploring Active Mobility Patterns in Dense and Compact Cities". *Journal of Transport & Health* 12 (2019 /03 /01 / 2019): 50–59.

فصل ششم

حفاظت و احیای کیفیت آب در حوضه‌های رودخانه‌ای

چکیده

حوضه‌های رودخانه‌ای سیماهای جغرافیایی هستند که شامل تمام آب‌های سطحی و زیرزمینی، خاک، پوشش گیاهی، حیوانات و فعالیت‌های انسانی می‌شوند و مرزهای سیاسی محلی را منعکس نمی‌کنند. در اغلب موارد، حوضه‌های رودخانه‌ای از مرزهای سیاسی و اداری عبور می‌کنند و بنابراین با همکاری، جوامع درون حوضه رودخانه‌ها می‌توانند برای آینده حوضه رودخانه برنامه‌ریزی کنند. مدیریت حوضه رودخانه بر رابطه بین کاربری و پوشش زمین، حرکت و ذخیره آب و کیفیت آب تمرکز دارد. این فصل در مورد اینکه چگونه برنامه‌ریزی حوضه رودخانه می‌تواند کیفیت آب را محافظت و احیا کند، قبل از بحث در مورد چگونگی سیستم‌های مجوز، بهترین شیوه‌های مدیریت و حفاظت از آب منبع که می‌توانند کیفیت آب را محافظت و احیا کنند، بحث خواهد کرد.

کلمات کلیدی: مدیریت حوضه رودخانه، مجوزهای قابل تجارت، کیفیت آب، بهترین شیوه‌های مدیریت

۱-۶- مقدمه

حوضه‌های رودخانه‌ای سیماهای جغرافیایی هستند که شامل تمام آب‌های سطحی و زیرزمینی، خاک، پوشش گیاهی، حیوانات و فعالیت‌های انسانی می‌شوند و مرزهای سیاسی محلی را منعکس نمی‌کنند. در اغلب موارد، حوضه‌های رودخانه‌ای از مرزهای سیاسی و اداری عبور می‌کنند و بنابراین با همکاری، جوامع درون حوضه رودخانه‌ها می‌توانند برای آینده حوضه رودخانه برنامه‌ریزی کنند. مدیریت حوضه رودخانه بر رابطه بین کاربری و پوشش زمین، حرکت و ذخیره آب و کیفیت آب تمرکز دارد. این فصل در مورد اینکه چگونه برنامه‌ریزی حوضه رودخانه می‌تواند کیفیت آب را محافظت و احیا کند، قبل از بحث در مورد چگونگی سیستم‌های مجوز، بهترین شیوه‌های مدیریت و حفاظت از آب منبع که می‌توانند کیفیت آب را محافظت و احیا کنند، بحث خواهد کرد.

۲-۶- برنامه‌ریزی حوضه رودخانه برای حفاظت و احیا کیفیت آب

یک طرح موفق حوضه رودخانه برای حفاظت و احیا کیفیت آب باید به وضوح مشخص کند که چرا طرح حوضه رودخانه مورد نیاز است، مشکلات، تهدیدها و فرصت‌های موجود در کجا قرار دارند، چه اقدامات و پروژه‌هایی برای رفع مشکلات و تهدیدات و استفاده از مزیت‌ها توصیه می‌شود. از فرصت‌ها، زمانی که توصیه‌ها ارائه می‌شوند، چه کسی در تحقق آن پیش قدم خواهد شد و هزینه اجرای طرح چقدر است. طرح حوضه رودخانه دارای اهداف و استراتژی‌های متنوعی خواهد بود که به دنبال حفظ یا دستیابی به آنهاست. یک طرح حوضه رودخانه موفق با داده‌های موجود و بر اساس اجماع هدایت می‌شود. این طرح جنبه‌های فیزیکی حوضه رودخانه را مشخص می‌کند و کنترل‌های شهری را برای اطمینان از کیفیت آب در آینده ارزیابی می‌کند. این طرح همچنین اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه را برای حفاظت و بازیابی کیفیت آب و همچنین سایر خدمات اکوسیستم توصیه می‌کند.

۱-۲-۶- تدوین و اجرای طرح مدیریت موفق حوضه رودخانه

فعالیت‌های پیشنهادی مختلفی وجود دارد که باید برای اطمینان از موفقیت طرح مدیریت حوضه رودخانه به شرح زیر انجام شود.

۱-۲-۶- برنامه‌ریزی برای مشارکت اجتماعی

برنامه‌ریزی حوضه رودخانه تنها زمانی موفق است که افرادی که در حوضه رودخانه زندگی و کار می‌کنند متوجه شوند که آنها بخش مهمی از حوضه رودخانه خود هستند. آنها تشخیص می‌دهند که اقدامات آنها بر سلامت حوضه رودخانه تأثیر می‌گذارد و در حفاظت و احیای حوضه رودخانه خود به نفع کل جامعه و نسل‌های آینده مشارکت می‌کنند. مشارکت جامعه در هر مرحله از حفاظت و احیای حوضه رودخانه مورد نیاز است. مشارکت اجتماعی می‌تواند اشکال مختلفی داشته باشد، اما به طور کلی به این صورت طراحی شده است:

- تقویت درک ارزش حوضه رودخانه
- رهبران محلی و ساکنان جامعه را با فرآیند برنامه‌ریزی حوضه رودخانه آشنا کنید.
- ایجاد اجماع جامعه در مورد چشم انداز آینده حوضه رودخانه
- یک استراتژی برای رسیدگی به بحرانی‌ترین مسائل حوضه رودخانه ایجاد کنید.

۲-۲-۶- شناسایی ذینفعان کلیدی

ذینفع شخص یا گروهی است که بر اساس نتایج طرح حوضه رودخانه چیزی برای به دست آوردن یا از دست دادن دارد. مشارکت افراد و گروه‌هایی که شامل مقامات منتخب، رهبران تجاری و مدنی، گروه‌های محلی و محیط‌زیست، و مؤسسات آموزشی می‌شوند که سهم مستقیمی در آینده حوضه رودخانه دارند، ضروری است. تعیین و اولویت‌بندی اهداف جایی است که ذینفعان در شناسایی استراتژی‌ها و طراحی برنامه مدیریت واقعی حوضه رودخانه به بازیگران مهم تبدیل می‌شوند. باید یک استراتژی شکل گیرد که به طور موثر این ذینفعان را درگیر کند. استراتژی باید مشخص کند که چگونه به هر یک از ذینفعان نزدیک شود و چه چیزی را می‌تواند کمک کند، به عنوان مثال:

- آیا نیاز به اطلاع‌رسانی دارند؟
- آیا ذینفعان برای تامین بودجه نیازمند هستند؟
- آیا آنها در یک کمیته مشارکت دارند؟

در طول اجرای طرح حوضه رودخانه، ذینفعان و سایر اعضای جامعه ممکن است به طرق مختلف درگیر شوند؛ به عنوان مثال، ایجاد یک کمیته مشورتی حوضه رودخانه، ایجاد کمیته‌های فرعی موضوع محور خاص، ایجاد مشارکت، تشویق مشارکت، تشویق شرکت در کارگاه‌های چشم‌انداز و برنامه ریزی، یا شرکت در دوره‌های کاری داوطلبانه. در عین حال، کل جامعه باید از آنچه در گزارش‌های پیشرفت منظم ارائه شده و نحوه مشارکت آنها در جریان است مطلع شوند.

۳-۱-۲-۶- سازماندهی کمیته مشورتی حوضه رودخانه

در مراحل اولیه فرآیند برنامه‌ریزی، اکثر جوامع یک کمیته مشورتی ایجاد می‌کنند که به تمرکز تلاش‌ها، ساده‌سازی فرآیند برنامه‌ریزی و مشاهده برنامه تا اجرای آن کمک می‌کند. وظایف کمیته‌های مشورتی معمولاً عبارتند از:

- مدیریت فرآیند برنامه‌ریزی حوضه رودخانه یا مشاوره کارکنان در مدیریت فرآیند
- ارائه ورودی در مورد مسائل و شرایط حوضه رودخانه
- برگزاری منظم جلسات مرتبط با برنامه‌ریزی و اجرای پروژه
- آگاه‌سازی جامعه در مورد فرآیند برنامه‌ریزی و راه‌های مشارکت آنها
- سازماندهی و شرکت در گروه‌های متمرکز، کارگاه‌ها و جلسات عمومی
- آگاه نمودن مقامات منتخب و مقامات شهرداری در مورد روند برنامه ریزی

اعضای کمیته مشورتی باید شامل نمایندگان از گروه‌هایی از جمله دولت‌های محلی مانند مقامات منتخب، کارکنان و اعضای هیئت‌های برنامه‌ریزی، منطقه‌بندی و سایر هیئت‌های همه شهرداری‌های حوضه رودخانه، سازمان‌های محله‌ای و اجتماعی، سازمان‌های غیرانتفاعی محلی و منطقه‌ای، صاحبان املاک، نمایندگان از جامعه تجاری، تامین‌کنندگان آب و جامعه دانشگاهی باشند.

۴-۱-۲-۶- ایجاد مشارکت

علاوه بر کمیته‌های مشورتی که همه ذینفعان را در یک حوضه رودخانه گرد هم می‌آورند، باید

مشارکت‌هایی با این ذینفعان ایجاد شود. در صورت پیگیری اهدافی که افراد و سازمان‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند، به مشارکت نیاز است، منابع بیشتری اعم از مالی، سیاسی یا انسانی برای دستیابی به اهداف مورد نیاز است و یک ائتلاف قوی لازم است تا نشان دهد که منافع ذینفعان مختلف با یکدیگر موافق هستند. موفقیت در برنامه‌ریزی حوضه رودخانه مستلزم مشارکت‌هایی است که حاوی ترکیب مناسبی از ذینفعان باشد. آنها از بخش خصوصی، همه سطوح دولتی و از جامعه خواهند آمد تا مشارکتی را با هدف مشترک دستیابی به یک چشم‌انداز مشترک تشکیل دهند. شرکای بالقوه حیاتی مختلفی وجود دارد، از جمله دولت محلی، شهرداری‌های مجاور، سازمان‌های برنامه‌ریزی منطقه‌ای یا حفاظت از منابع، شرکای دولت ایالتی، مؤسسات دانشگاهی، نمایندگان مشاغل و صنایع در منطقه اطراف، صاحبان املاک در منطقه اطراف، ساکنان منطقه اطراف، گروه‌های اجتماعی و محلی و سازمان‌های غیرانتفاعی در جامعه و حوضه رودخانه.

۵-۱-۲-۶- ترسیم دوره

ترسیم مسیر حفاظت و احیای حوضه رودخانه با تدوین یک استراتژی گام به گام برای هدایت تکمیل و اجرای طرح حوضه رودخانه ضروری است. برای ترسیم دوره باید موارد زیر مشخص شود:

- وظایفی که باید انجام شود
- تکنیک مورد استفاده
- نقش افراد درگیر و میزان مسئولیت آنها
- چارچوب زمانی برای اقدام

۴-۱-۲-۶- اجرای اهداف و راهبردها و نظارت

ذینفعان و تصمیم‌گیرندگان ممکن است برای مطابقت با نیازهای حوضه رودخانه خود، ابزارهایی را که برای اجرای برنامه‌های مدیریت حوضه رودخانه وجود دارد، سفارشی کنند.

تعدادی از این ابزارها مجوزها، بهترین شیوه‌های مدیریت^۱ (BMPs) و حفاظت از آب منبع هستند. هر طرح مدیریت حوضه رودخانه دارای نیازهای مکانی خاص خواهد بود که به ترکیب‌های متفاوتی از این ابزارها نیاز دارد. اندازه‌گیری پیشرفت در جهت دستیابی به برنامه‌های مدیریت حوضه رودخانه و اهداف کیفیت آب می‌تواند از طریق نظارت افزایش یافته و کارآمدتر و جمع‌آوری داده‌های دیگر انجام شود.

مورد ۱-۶: شبکه نظارت فراملی حوضه رودخانه دانوب

کمیسیون بین‌المللی حفاظت از رودخانه دانوب ((CPDR)) بر شبکه نظارت فراملی ((TNMN)) نظارت می‌کند که نظارت فیزیکی، شیمیایی، و شرایط بیولوژیکی در دانوب و شاخه‌های آن، و در سالنامه‌های TNMN یک نمای کلی سالانه از سطوح آلودگی و همچنین روندهای بلند مدت کیفیت آب در حوضه ارائه می‌دهد. TNMN برای حمایت از اجرای کنوانسیون حفاظت از رودخانه دانوب در زمینه نظارت و ارزیابی با استفاده از داده‌های نظارت ارزیابی شده در سطح ملی ایجاد شد. TNMN از چهار عنصر تشکیل شده است: نظارت مبصری I (نظارت بر وضعیت آب‌های سطحی)، نظارت مبصری II (نظارت بر فشارهای خاص)؛ نظارت عملیاتی؛ و نظارت تحقیقی. شبکه پایش TNMN از شبکه‌های ملی پایش آب‌های سطحی مشتق شده است و شامل ۱۰۱ ایستگاه نظارتی با حداکثر سه نقطه نمونه برداری در سراسر دانوب و شاخه‌های اصلی آن است. حداقل دفعات نمونه برداری برای تعیین‌کننده‌های شیمیایی ۱۲ بار در سال و برای پارامترهای بیولوژیکی دو بار در سال است.

۳-۶- مجوزها

هدف از مجوزهای زیست محیطی، حفاظت از سلامت انسان و محیط زیست با تعریف، به شیوه‌ای شفاف و پاسخگو، الزام آور قانونی برای منابع فردی با اثرات زیست محیطی قابل توجه است. مجوز تک رسانه ای، که رویکرد نظارتی سنتی است، مبتنی بر رسیدگی به

مشکلات زیست محیطی خاص مانند حفاظت از آب است. به طور خاص، تحت این نوع رژیم، محدودیت برای اثرات زیست محیطی تاسیسات برای محافظت از محیط زیست محیطی (به عنوان مثال، آب) تعیین می‌شود. در همین حال، مجوز یکپارچه به این معنی است که انتشار گازهای گلخانه‌ای در هوا، آب و زمین و همچنین سایر اثرات زیست محیطی باید همه با هم در نظر گرفته شوند. این بدان معناست که تنظیم‌کننده‌ها شرایط مجوز را برای دستیابی به سطح بالایی از حفاظت از محیط زیست به طور کلی تعیین می‌کنند. در زمینه مدیریت کیفیت آب، مجوزهای نظارتی عمدتاً برای کنترل منابع نقطه‌ای از جمله تخلیه‌های تصفیه‌ساز، تخلیه زباله‌های صنعتی و سیستم‌های جمع‌آوری آب سطحی استفاده می‌شود. این مجوزها معمولاً توسط دولت صادر می‌شود و میزان تخلیه آلاینده‌ها را مشخص می‌کند. منابع نقطه‌ای ممکن است از این سطوح مجاز تجاوز نکنند. یک سری اصول اساسی در ایجاد یک سیستم مجوز وجود دارد:

- **مجوز کلیه منابع ثابت آلودگی قابل توجه:** کلیه منابع ثابت آلودگی با اثرات زیست محیطی قابل توجه باید دارای مجوز زیست محیطی به عنوان پیش شرط فعالیت خود باشند. ارائه مجوزهای زیست محیطی به تاسیسات صنعتی یک عنصر اساسی در فرآیند نظارتی رسیدگی به آلودگی است. همچنین یک سیستم مجوز منسجم برای اطمینان از عادلانه ماندن رقابت اقتصادی تحت مقررات زیست محیطی و اینکه توسعه اقتصادی به روشی پایدار پیش می‌رود ضروری است.
- **تمایز رژیم‌های نظارتی برای منابع آلودگی عمده و جزئی:** منابع اصلی آلودگی باید به صورت موردی مشمول مجوزهای زیست محیطی یکپارچه شوند، جایی که تمام جنبه‌های زیست محیطی به طور همزمان در نظر گرفته شود و محیط زیست آخرین راه در اختیار باشد. شرکت‌های کوچک و متوسط باید مشمول رژیم‌های نظارتی ساده‌سازی شوند، زیرا این کسب‌وکارها خطر زیست محیطی کمتری دارند و مجوزهای موردی به طور نامتناسبی بار سنگینی را بر آنها و همچنین بر رگولاتورها وارد می‌کند.
- **مرجع صدور مجوز مناسب:** باید یک سیستم «یک مرحله‌ای» وجود داشته باشد که در آن متقاضیان با یک مرجع تعیین شده برخورد کنند که هماهنگی با سایر ذینفعان

را تضمین کند. این امر سازگاری و قابل پیش‌بینی بودن فرآیند صدور مجوز را افزایش می‌دهد و بار اداری را بردوش دولت و صنعت کاهش می‌دهد.

- **مشارکت عمومی و دسترسی به اطلاعات:** مردم باید قبل از تصمیم‌گیری مرجع در مورد درخواست‌های مجوز اظهار نظر کنند و پس از اعطای مجوز به اطلاعات مربوط به مجوز دسترسی داشته باشند. در مورد مشاوره با مردم، مناسب است یک ثبت مجوز در دسترس عموم، جایی که درخواست‌ها و مجوزها درج می‌شود، با رعایت محرمانه بودن تجاری نگهداری شود.

- **مشارکت گسترده ذینفعان:** صدور مجوز نیازمند یک فرآیند شفاف برای مشارکت همه ذینفعان نهادی است. مشاوره با سهامداران باید هم بخشی از توسعه چارچوب نظارتی برای صدور مجوز (رویه‌ها، قوانین و راهنمایی) و هم در فرآیند تعیین مجوز باشد. مرجع صدور مجوز همچنین باید با سایر مقامات با مسئولیت‌ها یا منافع مرتبط مشورت کند. ثبت مجوزها و شبکه‌های الکترونیکی بین سازمانی باید برای تسهیل چنین هماهنگی ایجاد شود

- **ارتباط با جامعه تحت نظارت:** مقامات محیط زیست باید از طریق انجمن‌های تجاری، نشریات زیست محیطی و صنعتی، سمینارهای صنعتی و غیره تلاش اساسی کنند تا اطمینان حاصل شود که اپراتورها از تعهدات آن تحت قانون محیط زیست آگاه هستند. مرجع مجوزهای زیست محیطی ممکن است قبل از ارائه درخواست رسمی برای شفاف‌سازی الزامات مربوطه، با اپراتور بحث‌های پیش از درخواست انجام دهد.

- **تعامل نزدیک با ارزیابی زیست محیطی^۱ (EA):** هم مجوزهای EA و هم مجوزهای زیست محیطی از رویه‌های الزام آور قانونی برای شناسایی و تجزیه و تحلیل اثرات زیست محیطی مهم و تصمیم‌گیری‌های مربوط به فعالیت‌های اقتصادی پیروی می‌کنند. با این حال، EA در مرحله اولیه برنامه‌ریزی پروژه اعمال می‌شود و طیف گسترده‌ای از جایگزین‌ها و اقدامات کاهشی (تعدیل) را در نظر می‌گیرد. به این ترتیب، EA و مجوز باید برای به حداکثر رساندن اثربخشی آنها و جلوگیری از همپوشانی اعمال شوند. این باید از طریق استفاده از یافته‌های EA در تهیه و ارزیابی درخواست‌های مجوز و شامل

توصیه‌های EA در مورد اقدامات کاهش‌ی در شرایط مجوز به دست آید.

- **الزامات مجوز واضح و قابل اجرا:** یک مجوز باید دارای شرایطی باشد که بدون ابهام و قابل اجرا باشد. کلید صدور مجوز ساده، مؤثر و ثابت این است که شرایط مجوز براساس الزامات قانونی و راهنمایی‌های فنی استوار شود که با همکاری همه ذینفعان ایجاد شده و در دسترس همه، از جمله عموم است.

۱-۳-۶- مجوزهای قابل تجارت

مجوزهای قابل مبادله ابزارهای مبتنی بر بازار هستند که اجازه یا مجوز برای شرکت در یک فعالیت را ارائه می‌دهند. این مجوزها عمدتاً برای تخصیص حقوق آلاینده‌گی استفاده می‌شود و می‌توان آنها را تحت یک سیستم تجاری صادر کرد. دو نوع اصلی از سیستم‌های معاملاتی وجود دارد: سیستم‌های cap-and-trade و سیستم‌های پایه و اعتبار. در سیستم cap-and-trade، حد بالایی مجوزها تعیین می‌شود و مجوزها بر اساس معیارهای خاص یا به حراج گذاشته می‌شوند یا به صورت رایگان توزیع می‌شوند. تحت یک سیستم مبنا و اعتبار، هیچ محدودیت ثابتی برای آلودگی وجود ندارد، اما آلاینده‌هایی که انتشار گازهای گلخانه‌ای خود را بیش از آن‌که باید کاهش دهند، اعتباری کسب می‌کنند که آن‌ها را به دیگری می‌فروشند که به آن‌ها نیاز دارند تا از مقرراتی پیروی کنند. به طور کلی، استفاده از مجوزهای قابل تجارت به دلایل زیر انجام شده است:

- مشوق‌ها برای یکسان‌سازی هزینه‌های کاهش
- نوآوری‌های فن‌آوری مثبت و تأثیرات انتشار
- درجه بالایی از اطمینان محیطی
- هزینه‌های اداری نسبتاً پایین
- انعطاف‌پذیری برای رسیدگی به نگرانی‌های توزیعی

در مورد منابع آب، حقوق آلودگی آب قابل تجارت جایی است که مرجع مدیریت آب حداکثر میزان انتشار را با توجه به ظرفیت حمل اکوسیستم مورد نظر تعیین می‌کند. مجموع میزان

انتشار گازهای گلخانه‌ای به تعداد ثابتی از مجوزها یا حقوق آلاینده‌ها تقسیم می‌شود، که می‌توان در ابتدا با توجه به سطوح گذشته آلودگی (بزرگ‌سازی) یا با مزایده تخصیص داد. دارندگان می‌توانند حقوق را در یک بازار ثانویه مجوز معامله کنند. برای اینکه حقوق آلودگی آب قابل تجارت موفق باشد، باید حقوق مالکیت ایمن وجود داشته باشد، حقوق آب باید قابل اجرا باشد، و یک سیستم اداری کارآمد باید وجود داشته باشد تا عملکرد بازار را تضمین کند. به طور کلی، سیستم‌های حقوق آلودگی آب قابل تجارت می‌توانند انعطاف‌پذیری بیشتری را در مورد زمان‌بندی و سطح فناوری که یک تأسیسات ممکن است نصب کند، کاهش هزینه‌های کلی انطباق، و تشویق مشارکت داوطلبانه منابع غیرنقطه‌ای در حوضه رودخانه ایجاد کنند. علاوه بر این، تجارت می‌تواند مزایای زیست محیطی اضافی، از جمله ذخایر کربن، حفظ سیل، بهبود ساحل، و زیستگاه را فراهم کند.^{۱۵،۱۶} سناریوهای تجاری مختلفی برای سیستم‌های حقوق آلودگی آب قابل تجارت وجود دارد، از جمله:

۱-۳-۶- تجارت منبع نقطه‌ای - منبع نقطه‌ای

تجارت بین منابع نقطه‌ای اساسی‌ترین شکل تجارت کیفیت آب است. نسبتاً مستقیم است، به راحتی قابل اندازه‌گیری و مستقیماً قابل اجرا است. معمولاً در دسترس‌ترین نوع تجارت برای اجرا، اندازه‌گیری کاهشی و اطمینان از انطباق و اجرای آن است، زیرا همه منابع مجوز دارند، اثربخشی فناوری‌های حذفی نسبتاً شناخته شده است و پروتکل‌های نظارتی وجود دارد. چندین سناریو معاملاتی برای تجارت منبع نقطه-منبع نقطه وجود دارد که در جدول ۱-۶ خلاصه شده است.

۲-۳-۶- تجارت منبع نقطه-منبع غیر نقطه‌ای

تجارت بین خریداران منبع نقطه‌ای و فروشندگان غیرنقطه‌ای فرصت دیگری برای رعایت استانداردهای کیفیت آب فراهم می‌کند. در طرح‌های معاملاتی موفق منبع نقطه‌ای-غیرنقطه‌ای، منابع نقطه‌ای با خرید اعتبار برای کاهش‌های مورد نیاز با هزینه کمتر نسبت به ارتقای فناوری، سود می‌برند. منابع غیرنقطه‌ای با کسب درآمد از مدیریت بهتر منابع سود می‌برند و کیفیت آب بهبود می‌یابد. انواع مختلفی از سناریوهای معاملاتی برای تجارت منبع نقطه-غیرنقطه‌ای وجود دارد که در جدول ۲-۶ خلاصه شده است.

جدول ۱-۶: سناریوهای معامله منبع نقطه-منبع نقطه.

سناریو	توضیحات
تجارت بین دو منبع نقطه‌ای	- به طور کلی، شامل یک توافق تجاری بین دو منبع نقطه‌ای است. - یک منبع نقطه‌ای مولد اعتبار و دیگری خریدار اعتبار است. - یک مجوز واحد می‌تواند صادر شود که توافقنامه تجاری را در بر می‌گیرد یا به آن ارجاع می‌دهد و هر دو منبع نقطه‌ای را به عنوان مجوزهای مشترک شامل می‌شود. متناوباً، برای هر تخلیه‌کننده می‌توان یک مجوز جداگانه با مفاد معاملاتی در هر مجوز صادر کرد.
تجارت با منبع نقطه چندگانه/بدون مبادله	- شامل گروهی از منابع نقطه‌ای است که تحت یک توافق تجاری واحد فعالیت می‌کنند. - این توافقنامه می‌تواند قوانین پایه‌ای را برای تجارت ایجاد کند تا به منابع نقطه‌ای اجازه دهد تا بین خود تجارت کنند. - این توافقنامه می‌تواند دقیقاً منابع نقطه‌ای را که ممکن است در تجارت کیفیت آب شرکت کنند، شناسایی کند، یا می‌تواند یک مرز جغرافیایی (معمولاً یک حوضه رودخانه) یا یک نوع تخلیه‌کننده یا هر دو را شناسایی کند و به منابع نقطه‌ای واجد شرایط اجازه دهد تا به دلخواه یا با مقدار مناسب در تجارت شرکت کنند. - یک محدودیت کلی یا سقف تعیین شده توسط مجوز، همه معاملات را تنظیم می‌کند.
مبادلات اعتباری منبع نقطه‌ای	- منابع نقطه‌ای اعتبارات را از یک تبادل مرکزی خریداری می‌کنند تا با محدودیت‌های پساب فردی مطابقت داشته باشند. - تبادل اعتبار احتمالاً توسط یک آژانس نظارتی دولتی اداره می‌شود یا توسط یک آژانس نظارتی دولتی تأیید و نظارت می‌شود. - اعتبارات در بورس توسط منابع نقطه‌ای ایجاد می‌شود که تخلیه آنها را کنترل می‌کنند. - توافقنامه تجاری می‌تواند نحوه ایجاد و خرید اعتبارات، نحوه محاسبه نسبت‌های تجاری و مسئولیت‌های فردی و گروهی برای رفع محدودیت‌های پساب و سقف بارگیری کلی آلاینده را مشخص کند.

جدول ۲-۶: سناریوهای معامله منبع نقطه ای-منبع غیر نقطه ای.

سناریو	توضیحات
مبادلات منبع نقطه ای-منبع غیر نقطه ای	- این یک قرارداد تجاری بین یک منبع نقطه ای واحد و یک یا چند منبع غیر نقطه ای است - تحت این تجارت، منبع (های) غیر نقطه ای، بارهای آلاینده را کمتر از خط پایه تعیین شده کاهش می دهد تا اعتبار ایجاد کند، و منبع نقطه ای این اعتبارات را خریداری می کند.
مبادله اعتباری غیر نقطه ای	- یک برنامه تبادل اعتبار برای خرید اعتبار از چندین منبع غیر نقطه ای برای فروش به منابع نقطه ای ایجاد شده است. - تبادل می تواند توسط ایالت، یک منطقه حفاظت شده، یک نهاد خصوصی یا شخص ثالث دیگری مدیریت شود. - برای شناسایی شرکای تجاری و تسهیل معاملات می توان از کارگزار استفاده کرد. - دو نوع اصلی مبادلات وجود دارد: ۱. بورس تسهیل شده توسط کارگزار که در آن کارگزار طرفین را گرد هم می آورد تا مستقیماً با هم یک معامله کنند ۲. یک صرافی مرکزی که در آن منابع نقطه ای ملزم به برخورد مستقیم با منابع غیر نقطه ای نیستند - برای مبادله نوع دوم، فروشندگان اعتباری (منابع غیر نقطه ای) با استفاده از انواع BMP های تایید شده، کاهش بار آلاینده را ایجاد می کنند و اعتبار را به تبادل اعتبار می فروشند. منابع نقطه ای ممکن است اعتبار را از تبادل اعتبار خریداری کنند نه مستقیماً از منابع غیر نقطه ای.

مورد ۲-۶: پروژه تجارت کیفیت آب حوضه رودخانه اوهایو

پروژه تجارت کیفیت آب حوضه رودخانه اوهایو گسترده ترین برنامه اعتباری کیفیت آب در جهان است. سازمان غیرانتفاعی موسسه تحقیقاتی برق الکتریک توسعه این برنامه را همراه با همکاری شرکت ها، کشاورزان، آژانس های ایالتی و فدرال و گروه های زیست محیطی رهبری کرد. این برنامه با همکاری کشاورزان محلی و زمین داران خصوصی در اوهایو، ایندیانا و کنتاکی، اقدامات حفاظتی کشاورزی را که بارگذاری مواد مغذی آبراه ها و اکوسیستم ها را کاهش می دهد، تأمین مالی می کند. هر اعتبار معادل یک پوند ماده مغذی (نیتروژن یا فسفر) است که با اقدام داوطلبانه از تخلیه آن به آب جلوگیری می شود. هر اعتبار با یک سال خاص مرتبط است. برای خریدارانی که علاقه مند به اعتبار عمومی تر کیفیت آب هستند که مختص نیتروژن یا فسفر نیست، اعتبارات را می توان به عنوان «بسته ای» از مزایا شامل کاهش نیتروژن و فسفر و همچنین هرگونه مزایای جانبی مرتبط (کیفی) مانند زیستگاه گرده افشان، افزایش زیستگاه

و مزایای اجتماعی برای کشاورزان خریداری کرد. اعتبارات را می‌توان از طریق نصب شیوه‌های حفاظتی با مالکان خصوصی در حوضه رودخانه ایجاد کرد. پروژه‌ها به منظور بهبود کیفیت آب و در عین حال حفظ عملکرد محصول در نظر گرفته شده است. شیوه‌های معمول شامل محصولات پوششی، کاهش مصرف کود، نوارهای حائل ساحلی، حصارکشی برای حذف گاو و سیستم‌های تصفیه تالاب کود است. قراردادهای کشاورزان از پنج سال برای اعمال فصلی، مانند محصولات پوششی، تا ۴۰ سال برای کاشت درخت متغیر است. Environment Registry رجیستری اعتبار را از IHS Markit اجرا می‌کند. رجیستری تضمین می‌کند که هر اعتبار طبق برنامه معاملاتی ایجاد و استفاده می‌شود. در یک مکان، اطلاعات مربوط به هر پروژه مزرعه جمع‌آوری می‌شود، آژانس‌های کشاورزی تأیید می‌کنند که BMPها روی زمین اجرا شده‌اند، مقامات اجازه می‌دهند اعتباری برای انطباق با مقررات قابل قبول است، خریداران اعتبار می‌توانند اعتبارات موجود برای خرید را جستجو کنند، و ذینفعان می‌توانند اطلاعات عمومی در مورد پروژه‌ها را مشاهده کنند. رجیستری از مدل حوضه آبخیز WARMF استفاده می‌کند تا خریداران بتوانند کاهش بار اعتبارات خود را در سایت‌های خاصی که به طور قابل توجهی پایین دست از محلی که اعتبار اصلی ایجاد شده است، درک کنند. رجیستری همچنین یک شماره سریال منحصر به فرد برای هر پوند کاهش مواد مغذی اختصاص می‌دهد و امکان ردیابی اعتبار را در طول چرخه عمر آن فراهم می‌کند.

۴-۶- بهترین شیوه‌های مدیریت

استراتژی‌های مدیریت حوضه رودخانه به طور کلی شامل کنترل آلودگی غیر نقطه‌ای با اجرای BMPهای مختلف است.

۱-۴-۶- بهترین شیوه‌های مدیریت کشاورزی برای حفاظت از کیفیت آب

BMPهای کشاورزی مختلفی وجود دارند که می‌توانند از کیفیت آب محافظت کنند، از جمله موارد زیر:

۱-۴-۶- خاک ورزی حفاظتی

کشاورزی کم شخم که به عنوان حفاظت یا کاهش کشت نیز شناخته می شود شامل ترکیبی از برداشت محصول است که حداقل ۳۰ درصد از سطح خاک را پس از کاشت پوشش می دهد. این امر حرکت آب را کند می کند که میزان فرسایش خاک را کاهش می دهد و به طور بالقوه منجر به نفوذ بیشتر می شود. در همین حال، کشت بدون خاکورزی نوعی خاکورزی حفاظتی است که به دنبال به حداقل رساندن اختلال در خاک است و مستلزم باقی ماندن بقایای محصول در مزارع پس از برداشت است. باقی مانده به عنوان مالچ برای تثبیت و محافظت از خاک در برابر فرسایش باد و آب عمل می کند. باقی ماندن بقایای گیاهی روی سطح خاک همچنین می تواند با کمک به کند کردن و جذب رواناب، نفوذ آب را افزایش دهد که به نوبه خود به حفظ آب و افزایش استفاده از کودها و آفت کش ها کمک می کند. با کاهش میزان رواناب سطحی، خاک ورزی حفاظتی می تواند با کاهش انتقال رسوب، کودها و آفت کش ها به کاهش آلودگی آب های مجاور کمک کند.

۲-۴-۶- مدیریت مواد مغذی محصول

برای رشد و تولید موفق محصولات، گیاهان باید مواد مغذی کافی و مناسب را در زمان های صحیح و در مقادیر مناسب دریافت کنند. عمل مدیریت مواد مغذی شامل مدیریت موثر مقدار، منبع، مکان، شکل و زمان استفاده از مواد مغذی گیاه و اصلاحات خاک است. مدیریت مواد مغذی نه تنها به حفظ سطح تولید بهینه کمک می کند، بلکه می تواند از کیفیت آب محافظت کرده و هزینه های ورودی را کاهش دهد. با مدیریت دقیق مواد مغذی و جلوگیری از کاربرد بیش از حد کودها و کود دامی، می توان مقدار مواد مغذی اضافی از دست رفته در رواناب را کاهش داد، که به نوبه خود میزان آلودگی غیر نقطه ای از زمین های زراعی را کاهش می دهد.

۳-۴-۶- بافرهای ساحلی

حائل های ساحلی مناطقی از درختان یا سایر پوشش های گیاهی هستند که در مجاورت

بدنه آبی قرار دارند و برای کاهش تأثیر منفی استفاده از زمین‌های مجاور مدیریت می‌شوند. آنها نقش‌های مختلفی از جمله جداسازی مزرعه زراعی از رودخانه، فیلتر کردن رواناب برای حذف رسوبات، مواد مغذی، آفت‌کش‌ها و میکروارگانیسم‌ها، افزایش نفوذ آب، جذب نیترات از آب‌های زیرزمینی کم عمق، و تثبیت سواحل رودخانه‌ها دارند. بافرهای ساحلی با فیلتر کردن و ته‌نشینی نیتروژن آلی و دیگر نیتروژن متصل به ذرات، بارگذاری نیتروژن به جریان را کاهش می‌دهند. به طور خاص، بافرهای ساحلی نفوذ را افزایش می‌دهند، جذب نیتروژن را افزایش می‌دهند، به ویژه اگر جریان زیرسطحی از طریق ناحیه ریشه وجود داشته باشد، و نیترات زدایی را با نیترات زدایی نسبتاً زیاد با جنگل‌های ساحلی بالغ، متوسط با بافر چمن، و حداقل در زمین‌های زراعی افزایش می‌دهند.

۴-۱-۴-۶- مدیریت آب آبیاری

برنامه‌ریزی آبیاری شامل استفاده از آب آبیاری براساس پایش سیستماتیک نیازهای خاک و رطوبت محصول است. این باید براساس مصرف روزانه آب محصول، ظرفیت نگهداری آب در خاک، حد پایین رطوبت خاک برای محصول و حجم آب مصرفی به مزرعه باشد. آب آبیاری باید به گونه‌ای اعمال شود که استفاده و توزیع کارآمد را تضمین کند و رواناب، نفوذ عمیق و فرسایش خاک را به حداقل برساند. هنگامی که شیمی‌گیری یا استفاده از کودها، آفت‌کش‌ها یا سایر مواد شیمیایی از طریق آب آبیاری انجام می‌شود، باید اقدامات احتیاطی برای جلوگیری از آلودگی آب‌های شیمیایی سطحی یا زیرزمینی انجام شود. روش‌های آبیاری که می‌تواند آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی را به حداقل برساند عبارتند از:

- آگاهی از ظرفیت نگهداری آب در تمامی خاک‌های مزرعه
- پایش محتوای آب خاک برای تعیین میزان آب حذف شده و ارزیابی اثربخشی شیوه‌های فعلی مدیریت آبیاری
- ثبت میزان آب در حال تحویل به مزرعه
- ثبت بارش و تخمین میزان ورود به منطقه ریشه زراعی
- برآورد مصرف آب محصول برای هر محصول

- محاسبه بیلان آب خاک بر اساس آب ذخیره شده خاک، مصرف آب محصول و آب مصرفی از طریق بارش یا آبیاری

مورد ۳-۶: برنامه نظارت بر مزرعه ساسکاچوان

برنامه نظارت مزرعه به تولیدکنندگان ساسکاچوان کمک مالی برای اجرای BMP ها در سه حوضه اولویت دارد: آب، تغییرات آب و هوا، و تنوع زیستی. این برنامه بر چهار نتیجه بهبودهای نشان داده شده در کیفیت آب، کاهش نشان داده شده در انتشار گازهای گلخانه ای، افزایش انعطاف پذیری بخش کشاورزی و حفظ تنوع زیستی تمرکز دارد. برای دستیابی به این نتایج، برنامه تخفیف‌هایی را برای انواع BMP های کشاورزی از جمله موارد زیر ارائه می‌کند:

- **بهترین شیوه مدیریت زهکشی:** کارهای زهکشی موجود کشاورزی بر کیفیت و کمیت آب پایین دست تأثیر می‌گذارد. این BMP به تولیدکنندگان کمک می‌کند تا به اثرات شبکه‌های زهکشی خصوصی موجود رسیدگی کنند. بودجه واجد شرایط برای اجرای شیوه‌های نظارت زهکشی تأیید شده، از جمله نصب سازه‌های کنترل آب و کنترل فرسایش در دسترس است. بودجه برای اجرای BMP با تولیدکنندگان واجد شرایط در دسترس است که می‌توانند تخفیف ۵۰ درصدی از هزینه‌های واجد شرایط را تا حداکثر ۲۰۰۰۰ دلار برای کنترل آب و فرسایش دریافت کنند، همراه با تأیید اولیه لازم برای واجد شرایط بودن برای این BMP.
- **BMP نقشه برداری با نرخ متغیر:** BMP نقشه برداری با نرخ متغیر به تولیدکنندگان کمک می‌کند تا نقشه‌های منطقه‌ای را برای کود با نرخ متغیر و کاربرد آبیاری با نرخ متغیر بدست آورند. از طریق این BMP، تولیدکنندگان می‌توانند اثرات زیست محیطی خود را بر منابع آب و خاک کاهش دهند و انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهند. بودجه برای اجرای BMP با تولیدکنندگان واجد شرایط که قادر به دریافت تخفیف ۳۰ درصد تا حداکثر ۲۰۰۰ دلار با حداکثر هزینه واجد شرایط برای نقشه برداری نرخ متغیر ۸ دلار در هر هکتار است، بدون نیاز به تأیید قبلی در دسترس است.

۶-۴-۲- بهترین شیوه‌های مدیریت صنعتی برای حفاظت از کیفیت آب

انواع BMPها را می‌توان برای جلوگیری یا کاهش اثرات آلاینده‌ها بر روی آبراه‌ها و سلامت زیستگاه ناشی از تخلیه آب‌های سیل طراحی کرد:

۶-۴-۲-۱- بهترین شیوه‌های مدیریتی برای تصفیه کل مواد جامد معلق

کل جامدات معلق^۱ (TSS) ذرات معدنی (به عنوان مثال، ماسه، فلزات) و آلی (به عنوان مثال، فضولات گیاهی و حیوانی) و زباله‌ها هستند که از سطوح به آب‌های سطحی شسته می‌شوند. TSS تخم‌ها و لاروهای ماهی را خفه می‌کند، باعث کدورت می‌شود که تغذیه ماهی‌ها را مختل می‌کند، هزینه‌های تصفیه آب آشامیدنی را افزایش می‌دهد و به عنوان وسیله‌ای برای انتقال سایر آلاینده‌ها مانند مواد مغذی و فلزات به آب‌های سطحی عمل می‌کند. کنترل TSS را می‌توان با اجتناب یا به حداقل رساندن مزاحمت‌های زمین مانند پاکسازی و درجه‌بندی و همچنین کاهش رواناب آب سطحی از محل‌های ساخت و ساز، معدن و قطع درختان به دست آورد. BMPهایی که TSS را کاهش می‌دهند عبارتند از:

- اجرای یک برنامه مرتب رفت و برگشت در فضای باز
- استفاده از مناطق چمن‌داری یا پوشش گیاهی برای گرفتن ذرات رسوب در آب‌های جاری
- سیل، به عنوان مثال، افزودن فیلترهای سنگی در بالادست مناطق چمن‌کاری موجود برای کاهش سرعت آب و افزودن الیاف یا تشک‌های مصنوعی در مناطق فرسایش یافته یا مناطق بدون پوشش گیاهی
- توسعه حوضچه‌های بازداشت

۶-۴-۲-۲- بهترین شیوه‌های مدیریت برای مدیریت در دسترس بودن اکسیژن

در دسترس بودن اکسیژن برای آبزیان تحت تأثیر مواد موجود در آب است که از اکسیژن برای تجزیه مواد شسته شده در آب استفاده می‌کنند. نیاز بیولوژیکی اکسیژن^۲ (BOD) مقدار

1. Total suspended solids

2. Biological oxygen demand

اکسیژن مورد نیاز موجودات بیولوژیکی هوازی در یک بدنه آب برای تجزیه مواد آلی موجود است. اکسیژن مورد نیاز شیمیایی^۱ (COD) اکسیژن مورد نیاز برای تجزیه مواد آلی و معدنی، فلزات و مواد مغذی موجود در آب را با واکنش شیمیایی اندازه گیری می کند. هر چه BOD یا COD بالاتر باشد، اکسیژن کمتری در آب برای ماهی ها و سایر آبزیان موجود است. انواع BMP ها را می توان برای مدیریت BOD و COD استفاده کرد، از جمله:

- کنترل فرسایش
- پیشگیری/مدیریت زباله
- حوضچه های نگهداری آب سیل
- تالاب های احداث شده
- دستگاه های تصفیه
- دستگاه های نفوذ

۳-۲-۴-۶- بهترین شیوه های مدیریت برای مدیریت مواد مغذی

مقادیر بیش از حد برخی از مواد مغذی می تواند منجر به شکوفه های جلبکی یا سایر شرایط سمی برای آبزیان شود و برای سلامت انسان مضر باشد: مقادیر زیاد فسفر می تواند شکوفه های جلبکی و رشد بیش از حد گیاهان را ایجاد کند که منجر به کاهش اکسیژن و پر شدن سریع دریاچه ها در هنگام مرگ جلبک ها می شود. منابع فسفر شامل مواد شیمیایی و کودها، ضایعات حیوانی و فرآورده های جانبی، ضایعات فرآوری مواد غذایی/انرژی، ضایعات فرآوری چوب و مواد پاک کننده است. BMP های مورد استفاده برای درمان فسفر عبارتند از:

- نگهداری صحیح مواد
- تمیز کردن مواد از سطوح غیرقابل نفوذ
- پوشش مواد خام، انباشت زباله و فرایندهای انتقال
- نگهداری مواد در داخل خانه یا پوشش با سقف یا برزنت

1. Chemical oxygen demand

- جمع‌آوری و تصفیه جریان‌های زباله با مقاومت بالا به طور جداگانه
- کاهش سرعت آب برای تضعیف مواد مغذی توسط علف‌ها / پوشش گیاهی قبل از وقوع رواناب
- نیترات‌ها و مواد حاوی نیتروژن می‌توانند بر روی آب‌های سطحی و زیرزمینی تأثیر بگذارند و غلظت‌های زیادی از نیترات‌ها در آب‌های زیرزمینی و آب آشامیدنی به خطر بیفتند. منابع نیترات / نیتروژن شامل تولید کود، معدن، تولید مواد غذایی، و فعالیت‌های تولید فلزات ساخته شده است.

BMP‌هایی که برای تصفیه نیترات / نیتروژن استفاده می‌شوند عبارتند از:

- کنترل منبع با اعمال محدودیت‌های مصرف کود
- به حداقل رساندن، یا حذف قرار گرفتن در معرض قبل از تخلیه
- نظافت مانند تمیز کردن مواد جامد ریخته شده و حوضچه‌های نگهداری

۴-۲-۴-۶- بهترین شیوه‌های مدیریت به منظور مدیریت فلزات

فلزات از گالوانیزه کردن، آبکاری کروم و سایر عملیات صنعتی سرچشمه می‌گیرند. همانطور که فلزات خورده می‌شوند، حل می‌شوند یا در هوا می‌نشینند، مقادیر کمی توسط باد یا آب منتقل می‌شود و می‌تواند در روان آب‌های سیل متمرکز شود. بسیاری از این فلزات به ذرات رسوب چسبیده و با آن به آب‌های دریافت کننده منتقل می‌شود. هنگامی که این رسوبات ته نشین می‌شوند، فلزات متصل به مرور زمان به غلظت‌هایی انباشته می‌شوند که برای ساکنان رسوب و سایر آبزیان مضر است. BMP‌های مورد استفاده برای تصفیه فلزات عبارتند از:

- کنترل منبع با محدود کردن قرار گرفتن فلز در معرض آب سیل
- اصلاح فرآیندها، ذخیره‌سازی یا مدیریت
- به حداقل رساندن یا حذف استفاده از فرآورده‌های محصولات حاوی فلز
- تعویض یا رنگ‌آمیزی سطوح گالوانیزه

- اجرای نوارهای بافررویشی برای جذب ذرات رسوب
- افزودن بازیافت برای بازیابی و بازیافت فلزات خاص از فرآورده‌های تولید

مورد ۴-۶: اعتبارات خدمات سیلی شهر گوئلف برای املاک بزرگ

شهر گوئلف، کانادا، اعتبارات خدمات آب سطحی را برای املاک صنعتی، تجاری، سازمانی و چند مسکونی شش واحدی یا بیشتر برای کاهش رواناب آب سطحی از املاک ارائه می‌کند. هدف از این برنامه شناسایی و پاداش دادن به صاحبان املاکی است که BMP‌های جلوگیری از سیل و/یا آلودگی و زیرساخت‌های سبز را برای کاهش اثرات بر زیرساخت‌های آب باران شهر با کنترل کمیت و کیفیت رواناب تخلیه شده از دارایی خود اجرا کرده‌اند. اهداف خاص این برنامه عبارتند از:

- کاهش مقدار آب ورودی به زیرساخت‌های سرویس دهی سیل برای کاهش هزینه‌های عملیاتی و سرمایه‌ای آبی و کاهش سیل احتمالی در مناطق با ظرفیت ناکافی
- بهبود کیفیت آب با کاهش بارهای آلاینده به سیستم سیل
- بهبود شرایط کلی محیطی از طریق کاهش بارهای آلاینده و معرفی محوطه‌سازی که آلاینده‌ها را فیلتر می‌کند (به عنوان مثال باغچه، فیلترهای زیستی و غیره)
- تشویق اقدامات نفوذ برای کاهش حجم کلی رواناب، در عین حال حفظ کیفیت آب‌های زیرزمینی، به ویژه با در نظر گرفتن سیاست‌های حفاظت از منابع موجود
- تشویق افراد برای کاهش رواناب و حفاظت از کیفیت آب در منبع

اعتبارات آب سطحی در هر یک از چهار دسته موجود است که با اهداف کلی برنامه آب سطحی شهر مطابقت دارد (جدول ۳-۶). این اعتبار مبتنی بر عملکرد است، به این معنی که اعتبارات براساس میزان موفقیت یک BMP به معیارهای عملکرد تعریف شده که توسط شهر تعیین شده است، اعطا می‌شود. این امر خلاقیت را تشویق می‌کند، انعطاف‌پذیری را فراهم می‌کند و صاحبان املاک را قادر می‌سازد تا فناوری‌هایی را که به بهترین وجه برای دارایی‌ها و نیازهایشان مناسب است، همانطور که توسط آئین‌نامه‌ها، کدها و مقررات موجود مجاز است، دنبال کنند.

جدول ۳-۶: دسته‌ها و نرخ‌های اعتبار آب سیل

دسته اعتباری	توضیحات/مبنای کاهش شارژ	حداکثر اعتبار
کاهش پیک جریان	تأسیساتی که بر اساس میزان خروجی در مقایسه با شرایط هیدرولوژیکی طبیعی، جریان اوج سیل تخلیه شده از ملک را کنترل می‌کنند.	۱۵ درصد
کاهش حجم رواناب	تأسیساتی که میزان آب سطحی باقی مانده در ملک را بر اساس حجم نگهداری ناشی از افزایش نفوذ، تبخیر و تعرق یا استفاده مجدد کنترل می‌کنند.	۴۰ درصد
تصفیه آب با کیفیت	تأسیساتی که بر اساس نوع تصفیه، کاهش بار آلاینده، یا سطح حفاظت از وزارت محیط زیست و تغییرات آب و هوایی انتاریو، کیفیت آب سطحی تخلیه شده از ملک را کنترل می‌کنند.	۱۵ درصد
عملیات و فعالیت‌ها	اقدامات غیر ساختاری از جمله برنامه‌های آموزشی و روش‌های پیشگیری از آلودگی/مدیریت خطر	۱۵ درصد
حداکثر اعتبار در دسترس: سقف ۵۰ درصد است		

۳-۴-۶- بهترین شیوه‌های مدیریت شهری برای حفاظت از کیفیت آب

در محیط‌های شهری، سطوح در معرض رسوب آلاینده‌ها قرار می‌گیرند که پس از آن با بارش باران یا ذوب برف شسته می‌شوند. عوامل معمولی آلاینده‌ها در رواناب عبارتند از: ترافیک وسایل نقلیه، حیوانات خانگی، رسوبات فرسایش یافته و بسترهای گیاهی. آلاینده‌های اصلی غیرنقطه‌ای شهری شامل رسوب، مواد مغذی، مواد اکسیژن‌خواه، مواد شیمیایی سمی، کلرید، باکتری‌ها و ویروس‌ها و تغییرات دما هستند. هدف BMPهای سیلی جلوگیری یا کاهش حرکت رسوبات، مواد مغذی، آلاینده‌ها یا زباله‌ها از زمین به آب‌های سطحی یا زیرزمینی است. انواع مختلفی از BMPهای ساختاری و غیرسازه‌ای موجود است که در جدول ۴-۶ خلاصه شده است.

جدول ۴-۶: بهترین شیوه‌های سازه‌ای و غیر سازه‌ای مدیریت آب سیل

نوع (تیپ)	بهترین شیوه مدیریت	شرح
سازه ای	حوضچه‌های با نگهداشت بلندمدت رطوبت	اینها ترکیبی از ذخیره‌سازی دائمی استخر و ذخیره‌سازی طولانی مدت در بالای استخر دائمی برای ارائه کنترل کیفیت یا نرخ آب اضافی هستند.
	حوضچه‌های خشک	اینها هیچ استخر دائمی ندارند. در عوض، آنها به انبارهای بلندمدت نگهداشت متکی هستند. آنها بهتر است با سایر BMPها مانند فیلتراسیون یا نفوذ ترکیب شوند
	تالاب‌های سیلی (تالاب‌های احداث شده)	تالاب‌های آب سطحی شیوه‌های مدیریتی ساخته شده هستند. آنها از نظر طراحی شبیه به حوضچه‌های آب سطحی هستند. با این حال، آنها با اعماق آب متفاوت و پوشش گیاهی مرتبط متفاوت هستند. آنها معمولاً در انتهای پایین دست نصب می‌شوند
	حوضه‌های نفوذی	این حوضه‌ها رواناب آب سطحی را گرفته و به طور موقت ذخیره می‌کنند و در عین حال اجازه نفوذ به خاک‌های زیرسطحی را می‌دهند.
	دستگاه‌های نفوذ زیرزمینی	اینها آب سطحی را در زیر زمین در لوله‌ها یا مخازن جذب می‌کنند و به آب سطحی اجازه می‌دهند تا از طریق کف باز یا سوراخ‌ها به خاک‌های زیرسطحی نفوذ کند. آنها معمولاً در جایی نصب می‌شوند که مکان محدود است
	سیستم‌های تصفیه	این سیستم‌ها گروه متنوعی از تکنیک‌ها برای تصفیه روان آب‌های سیلی هستند. گزینه‌ها می‌توانند از یک فیلتر شنی ساده یا سیستم فیلتر گیاهی تا سیستم‌های مهندسی پیچیده متغیر باشند. وجه مشترک این است که هر نوع از یک یا چند شکل از رسانه‌ها مانند ماسه، شن، ذغال سنگ نارس، چمن، خاک یا کمپوست با محیط‌های مصنوعی برای فیلتر کردن آلاینده‌های آب سیلی استفاده می‌کند.
غیر سازه ای	اطلاع رسانی و آموزش	اطلاعات کنترل فرسایش، راهنمای کاربرد کود و سموم دفع آفات، اطلاعات تخلیه و زباله‌های غیرقانونی، اطلاعات محوطه‌سازی برای کاهش رواناب، اطلاعات در مورد دفع صحیح پسماندهای خطرناک و روغن موتورهای مستعمل
	آیین نامه‌ها و مقررات	مقررات کنترل فرسایش، برنامه‌های مدیریت جامع برای توسعه، حذف اتصالات غیرقانونی، صدور مجوز کود و آفت کش، کنترل کاربری زمین، الزامات محوطه‌سازی برای کاهش رواناب، الزامات تجاری یا صنعتی خاص
	کنترل‌های منبع توسط شهر	محدود کردن نفوذ به پسماند سیل، استفاده موثر از مواد شیمیایی یخ زدا، مدیریت پسماندهای خطرناک و روغن موتورهای مستعمل، برنامه‌های نظارت، مقابله و پیشگیری از نشست، نظافت خیابان‌ها، نگهداری پساب سیل

مورد ۵-۶: مدل شهر هوشمند آب ملبورن واتر

ملبورن واتر مدل شهر هوشمند آب را با استفاده از لگو برای افزایش آگاهی از مزایای BMPها در مدیریت کیفیت آب سطحی و رواناب سطحی توسعه داده است. این مدل یک فعالیت آموزشی مناسب برای تمام سنین است که می‌تواند در رویدادها و جشنواره‌های اجتماعی استفاده شود. این فعالیت شامل ساختن یک شهر نمونه با جاده‌ها و ساختمان‌هایی است که از بلوک‌های ساختمانی لگو ساخته شده‌اند. رنگ خوراکی، نشان‌دهنده آلاینده‌ها، در شهر قرار می‌گیرد و بارش بر روی مدل شبیه‌سازی می‌شود و آلودگی را بر روی سطوح غیرقابل نفوذ و به خلیج منتقل می‌کند. سپس انواع ویژگی‌ها از جمله باغ‌های باران، مخازن آب باران، بام‌های سبز و بام‌های سبز اضافه می‌شوند. دوباره آلودگی به مدل اضافه شده و باران شبیه‌سازی شده است. میزان رواناب سطحی به دلیل قابلیت حفظ ویژگی‌های جدید به طور قابل توجهی کاهش یافته و خطر سیل را کاهش می‌دهد. آلودگی نیز در ویژگی‌ها وجود دارد، بنابراین آبی که به خلیج می‌ریزد تمیزتر است.

۵-۶- حفاظت از منبع آب

آب منبع به منابع آب مانند رودخانه‌ها، نهرها، دریاچه‌ها، مخازن، چشمه‌ها و آب‌های زیرزمینی اطلاق می‌شود که آب مورد نیاز منابع آب آشامیدنی عمومی و چاه‌های خصوصی را تامین می‌کنند. حفاظت از منبع می‌تواند خطرات را با جلوگیری از قرار گرفتن در معرض آب آلوده کاهش دهد. محافظت از آب منبع در برابر آلودگی همچنین به کاهش هزینه‌های تصفیه کمک می‌کند و ممکن است از نیاز به تصفیه پیچیده جلوگیری کند یا به تعویق بیندازد. حفاظت از آب منبع شامل انواع اقدامات و فعالیت‌هایی است که هدف آنها حفاظت، نگهداری، یا بهبود کیفیت و/یا کمیت منابع آب آشامیدنی و مناطق کمک کننده آنهاست. نمونه‌هایی از حفاظت از آب منبع عبارتند از:

- احیای زون ساحلی
- تثبیت کناره آبراهه

- حق ارتفاع حفاظت از زمین
- BMP برای فعالیتهای کشاورزی و جنگلداری یا کنترل آب سیل
- احکام محلی برای محدود کردن برخی فعالیتهای در مناطق حفاظت از آب منبع یا چاه
- تدوین برنامههای واکنش اضطراری
- آموزش صنعت، مشاغل و جوامع محلی در مورد پیشگیری از آلودگی و حفاظت از منابع آب ۳۹-۴۲

مورد ۶-۶: برنامه حفاظت از حوضه آبخیز شهر نیویورک

در سال ۲۰۱۷، اداره حفاظت از محیط زیست شهر نیویورک (NYC DEP) یک معافیت ۱۰ ساله برای ادامه تحویل آب آشامیدنی بدون فیلتر از سیستمهای تامین آب Catskill و Delaware خود صادر کرد. این سیستم بزرگترین منبع آب بدون فیلتر در ایالات متحده است و حدود ۹۰ درصد از آب شهر نیویورک را در یک روز معمولی تحویل می دهد. این معافیت که به عنوان تعیین اجتناب از فیلتراسیون (FAD) شناخته می شود، توسط وزارت بهداشت ایالت نیویورک صادر شده است. در طول این دوره، DEP نیویورک حدود ۱ میلیارد دلار برای پیروی از FAD با اجرای برنامه هایی که از مخازن بالای ایالت و حوضه های آبخیز اطراف آنها محافظت می کنند، متعهد خواهد شد. با احتساب FAD جدید، شهر از سال ۱۹۹۳ بیش از ۲٫۷ میلیارد دلار را برای برنامه های حفاظت از حوضه آبخیز خود متعهد کرده است. ابتکارات حفاظت از منابع آب NYC DEPs شامل موارد زیر است:

- اجرای برنامه تملک زمین که بیش از ۱۴۰۰۰ هکتار زمین را از طریق خریدهای ساده یا حق ارتفاع حفاظتی حفظ کرده است. این زمین ها به قیمت منصفانه بازار و فقط از فروشندگان مایل خریداری می شوند.
- شورای کشاورزی غیرانتفاعی حوضه آبخیز، که یکی از شرکای حوزه آبخیز شهر است، بیش از ۴۵۰ طرح "کل مزرعه" را تکمیل کرده است که پیشگیری از آلودگی را در عملیات تجاری مزارع محلی گنجانده است. این طرح ها شامل نصب بیش از ۷۴۰۰ BMP برای کنترل رواناب از مزارع است.
- NYC DEP یک برنامه نظارتی را برای بررسی و تأیید پیشنهادهای توسعه جدید در حوزه آبخیز مدیریت می کند. همه پیشنهادات باید با استانداردهای طراحی شده برای حفاظت از نهرها و مخازن حوضه، به ویژه در ارتباط با پساب و آب سطحی مطابقت داشته باشد.

منابع

- American Rivers, The Forest Guild and Mountain Conservation Trust of Georgia. "Forests to Faucets: Protecting Upstream Forests for Clean Water Downstream". (2013). https://americanrivers.org/wp-content/uploads/2016/05/AmericanRivers_forests-to-faucets-report.pdf.
- Anbumozhi, Venkatachalam, Jay Radhakrishnan, and Eiji Yamaji. "Impact of Riparian Buffer Zones on Water Quality and Associated Management Considerations". *Ecological Engineering* 24, no. 5 (2005/05/30/2005): 517–23.
- Borghesi, Simone. "Water Tradable Permits: A Review of Theoretical and Case Studies". *Journal of Environmental Planning and Management* 57, no. 9 (2014/09/02/2014): 1305–32.
- Brears, R.C. *Blue and Green Cities: The Role of Blue-Green Infrastructure in Managing Urban Water Resources*. Palgrave Macmillan UK, 2018.
- ———. "The Role of Blue-Green Infrastructure in Managing Urban Water Resources". *Mark and Focus* <https://medium.com/mark-and-focus/the-role-of-blue-green-infrastructure-in-managingurban-water-resources-dd058007ba1a> City of Guelph. "Stormwater Service Credits for Business". <https://guelph.ca/living/environment/water/stormwater/stormwater-service-fee-credit-program/>
- Emelko, Monica B., Uldis Silins, Kevin D. Bladon, and Micheal Stone. "Implications of Land Disturbance on Drinking Water Treatability in a Changing Climate: Demonstrating the Need for "Source Water Supply and Protection" Strategies". *Water Research* 45, no. 2 (2011/01/01/2011): 461–72.
- First Climate. "Water Quality Credits". <https://www.firstclimate.com/en/water-quality-credits/> Gautam, Mahesh R., Kumud Acharya, and Mark Stone. "Best Management Practices for Stormwater Management in the Desert Southwest". *Journal of Contemporary Water Research & Education* 146, no. 1 (2010/12/01/2010): 39–49.
- Government of Saskatchewan. "Farm Stewardship Program (Fsp)". <https://www.saskatchewan.ca/business/agriculture-natural-resources-and-industry/agribusiness-farmers-and-ranchers/ca-nadian-agricultural-partnership-cap/environmental-sustainability-and-climate-change/farmstewardship-program-fsp>
- ICPDR. "Tnmn – Transnational Monitoring Network". <https://www.icpdr.org/main/activities/projects/tnmn-transnational-monitoring-network>.
- ———. "Watching the Danube' Beyond the Jds" (2013). <http://www.danubesurvey.org/>

jds3/jds3-files/nodes/documents/factsheet7-jds3_1.pdf.

- Mallarino, Matt Helmers and Antonio. "Agricultural Phosphorus Management and Water Quality Protection in the Midwest". (2005). <https://store.extension.iastate.edu/product/Agricultural-Phosphorus-Management-and-Water-Quality-Protection-in-the-Midwest-EPA-Region-7>.
- Mehan III, G. Tracy, and Adam T. Carpenter. "Bringing Agriculture and Drinking Water Utilities Together for Source Water Protection". Journal – AWWA 111, no. 8 (2019): 34–39.
- Minnesota Pollution Control Agency. "Industrial Stormwater: Best Management Practices Guidebook". (2015). <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/wq-strm3-26.pdf>
- Natural Water Retention Measures. "Low Till Agriculture". (2015). <http://nwrn.eu/measure/low-tillagriculture>.
- New York State Department of State. "New York State Guidebook Watershed Plans Protecting and Restoring Water Quality". (2009). <https://www.dos.ny.gov/opd/sser/pdf/WatershedPlansGuidebook.pdf>.
- NYC DEP. "High Quality Nyc Tap Water Receives New Filtration Waiver". <https://www1.nyc.gov/of-fice-of-the-mayor/news/779-17/high-quality-nyc-tap-water-receives-new-filtration-waiver>
- OECD. "Efficient and Effective Use of Tradeable Permits in Combination with Other Policy Instruments" (2003). www.oecd.org/env/cc/2957650.pdf
- ———. "Guiding Principles of Effective Environmental Permitting Systems" (2007). <https://www.oecd.org/env/outreach/37311624.pdf>
- ———. "Oecd Policy Instruments for the Environment". (2016). http://www.oecd.org/en-environment/tools-evaluation/PINE_Metadata_Definitions_2016.pdf
- ———. "Tradeable Permits: Policy Evaluation, Design and Reform". (2004). https://www.oecdilibrary.org/environment/tradeable-permits_9789264015036-en.
- Said, A., G. Schlke, D. K. Stevens, T. Glover, D. Sorensen, W. Walker, and T. Hardy. "Exploring an Innovative Watershed Management Approach: From Feasibility to Sustainability". Energy 31, no. 13 (2006/10/01 / 2006): 2373–86.
- Seitz, Steffen, Philipp Goebes, Viviana Loaiza Puerta, Engil Isadora Pujol Pereira, Raphaël Wittwer, Johan Six, Marcel G. A. van der Heijden, and Thomas Scholten. "Conservation Tillage and Organic Farming Reduce Soil Erosion". Agronomy for Sustainable Development 39, no. 1 (2018/12/18 2018): 4.
- Skouloukari, Charalampos, and Antigoni Zafirakou. "River Basin Management Plans as a Tool for Sustainable Transboundary River Basins' Management". Environmental Science and Pollu-

tion Research 26, no. 15 (2019/05/01 2019): 14835–48.

- SSWM. “Tradable Water Rights”. <http://archive.sswm.info/category/implementation-tools/waterdistribution/software/economic-tools/tradable-water-rights>.
- Terrado, Marta, Andrea Momblanch, Mònica Bardina, Laurie Boithias, Antoni Munné, Sergi Sabater, Abel Solera, and Vicenç Acuña. “Integrating Ecosystem Services in River Basin Management Plans”. *Journal of Applied Ecology* 53, no. 3 (2016): 865–75.
- Texas A&M University. “Watershed Approach to Water Quality Management”. <https://water.tamu.edu/surface-water/watershed-water-quality-management.html>.
- US EPA. “Source Water Protection”. <https://www.epa.gov/sourcewaterprotection>.
- ———. “Water Quality Trading”. <https://www.epa.gov/npdes/water-quality-trading>.
- ———. “Water Quality Trading Toolkit for Permit Writers”. (2009). <https://www3.epa.gov/npdes/pubs/wqtradingtoolkit.pdf>
- World Bank. “Watershed Management Approaches, Policies, and Operations: Lessons for Scaling Up”. (2008). <http://siteresources.worldbank.org/TURKEYEXTN/Resources/361711-1216301653427/52180361267432900822/WatershedExperience-en.pdf>
- Wu, Jing, Shaw L. Yu, and Rui Zou. “A Water Quality-Based Approach for Watershed Wide Bmp Strategies¹”. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association* 42, no. 5 (2006/10/01 2006): 1193–204.
- Wyoming Department of Environmental Quality Water Quality Division Nonpoint Source Program. “Cropland Best Management Practice Manual: Conservation Practices to Protect Surface and Ground Water”. (2013). http://deq.wyoming.gov/media/attachments/Water/20Quality/Nonpoint/20Source/Best/20Management/20Practices/2013_wqd-wpp-Nonpoint-Source_Cropland-Best-Management-Practice-Manual.pdf

فصل هفتم

مدیریت هوشمند دیجیتال آب و مدیریت مشتریان آینده

چکیده

مدیریت هوشمند دیجیتال آب، استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات برای ارائه داده‌های خودکار و بلادرنگ برای استفاده در حل چالش‌های آب در طیف وسیعی از مقیاس‌ها و زمینه‌های مختلف است. مدیریت هوشمند دیجیتال آب، شرکت‌های آب و مشتریان را قادر می‌سازد تا اصول هوشمند را در استراتژی‌های خود ادغام کنند. در همین حال، شرکت‌های آب باید از تلقی مشتریان به عنوان دریافت‌کننده خدمات دور شوند و در عوض آن‌ها را به عنوان شرکت‌کنندگان فعال در ارائه آن خدمات ببینند. در عین حال، انتظارات مشتریان از سطح خدمات ارائه شده توسط شرکت‌های آب وجود دارد.

کلمات کلیدی: مدیریت هوشمند دیجیتال آب، شبکه‌های هوشمند آب، کنتورهای هوشمند آب، رسانه‌های اجتماعی

۷-۱- مقدمه

مدیریت هوشمند دیجیتال آب، استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات^۱ (ICT) برای ارائه داده‌های خودکار و بلادرنگ برای استفاده در حل چالش‌های آب در طیف وسیعی از مقیاس‌ها و زمینه‌های مختلف است. مدیریت هوشمند دیجیتال آب، شرکت‌های آب را قادر می‌سازد تا اصول هوشمند را در استراتژی‌های شهری، منطقه‌ای و ملی ادغام کنند. در این میان، مشتریان صرفاً مصرف‌کنندگان منفعل خدمات آب نیستند، بلکه در وسط زنجیره آب قرار می‌گیرند و رفتار مشتری نیازمند آب پاک است که بر حجم آب برداشت شده از محیط، تصفیه و حمل و نقل برای استفاده تأثیر می‌گذارد. در عین حال، این رفتار مشتری است که تقاضا را برای مقدار پسایی که باید حذف، تصفیه و به محیط بازگردانده شود را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، مشتریان در حال تبدیل شدن به شرکت‌کنندگان فعال در تحویل منابع آب هستند در حالی که انتظار سطوح بالاتر خدمات را دارند.^۱ این فصل ابتدا مفهوم مدیریت هوشمند آب دیجیتال را مورد بحث قرار می‌دهد و سپس اجزای آن را قبل از بحث در مورد مدیریت مشتریان آینده مورد بحث قرار می‌دهد.

۷-۲- مدیریت هوشمند دیجیتال آب

کاربردهای زیادی برای مدیریت هوشمند آب دیجیتال از جمله نظارت بر کیفیت آب، بهبود بهره‌وری آب، آبیاری کارآمد، تشخیص نشت، مدیریت فشار و جریان، و نظارت بر سیل و خشکسالی وجود دارد. مدیریت هوشمند آب دیجیتال به سیستم‌های معمولی آب و پساب اجازه می‌دهد تا به موارد زیر تبدیل شوند:

- **ابزاری:** توانایی تشخیص، حس کردن، اندازه‌گیری و ثبت داده‌ها
- **به هم پیوسته:** توانایی برقراری ارتباط و تعامل با اپراتورها و افرادی که سیستم‌ها را مدیریت می‌کنند
- **هوشمند:** توانایی تجزیه و تحلیل وضعیت، فعال کردن پاسخ‌های سریع و بهینه‌سازی راه‌حل‌های عیب‌یابی

سیستم‌های هوشمند امکان تصمیم‌گیری آگاهانه و سیستماتیک را برای شرکت‌های آب بر اساس اطلاعات دقیق و به موقع فراهم می‌کنند. چند مزیت وجود دارد که می‌توان با پیاده‌سازی مدیریت هوشمند آب دیجیتال به آن پی برد که نمونه‌هایی از آنها در جدول ۷-۱ خلاصه شده است.

جدول ۷-۱: مزایای مدیریت هوشمند دیجیتال آب.

شرح	مزایا
اجتماعی	- بهبود دسترسی به آب سالم و بهداشت از طریق تصفیه و نظارت بر آب - بهبود سلامت از طریق دسترسی به آب تمیز و سالم - بهبود معیشت از طریق ایجاد شغل، بهره‌وری بالاتر و فرصت‌های آموزشی - همکاری بیشتر با جامعه از طریق افزایش مشارکت و اشتراک دانش - افزایش برابری جنسیتی از طریق افزایش فرصت‌ها برای ظرفیت‌سازی و آموزش بیشتر
اقتصادی	- افزایش راندمان در سیستم‌های تصفیه آب و پساب - کاهش ضایعات از طریق سطوح نشت کمتر - ایجاد شغل از طریق تحقیق، طراحی، توسعه و اجرای پروژه - کاهش هزینه‌های زیرساختی آبی با بهبود ظرفیت و کارایی و در نتیجه نیاز کمتر به زیرساخت‌های اضافی
محیط زیستی	- بهبود کیفیت آب از طریق کاهش آلودگی و آلودگی آبراه‌ها - بهبود سلامت اکوسیستم و حفاظت از طریق بهبود کیفیت آب و کمیت آب - افزایش حفاظت از آب‌های زیرزمینی - کاهش انتشار کربن ناشی از کاهش مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری انرژی - کاهش مصرف آب از طریق تشخیص نشت و کاهش تقاضا

۷-۲-۱- دسته‌بندی‌های فناوری‌های مدیریت هوشمند دیجیتال آب

فناوری‌های مدیریت هوشمند آب دیجیتال را می‌توان بسته به اینکه چه کسی از فناوری استفاده می‌کند، به سه دسته تقسیم کرد:

- **کاربر نهادی نوع ۱:** فناوری‌ها برای کاربران اصلی سازمانی مانند تامین کنندگان آب، مدیران آب و تصفیه‌خانه‌ها مورد هدف قرار می‌گیرند. کاربران به دلیل انگیزه‌هایی، به عنوان مثال، بهبود کارایی، مزایای زیست محیطی یا به دلیل مقررات یا اهدافی که

- توسط سازمان‌های دولتی معرفی شده‌اند، فناوری‌ها را به روشی ساده اتخاذ می‌کنند.
- **کاربر انفرادی نوع ۲:** فناوری‌ها برای بسیاری از کاربران فردی هدف قرار می‌گیرند. پیاده‌سازی فناوری‌ها پیچیده‌تر است، زیرا افراد باید کاری را که انجام می‌دهند تغییر دهند. افراد کمتر به انگیزه‌های اقتصادی واکنش نشان می‌دهند، زیرا در استفاده از فناوری جدید احساس ناراحتی می‌کنند. با این حال، تأثیر کل زیاد است و بنابراین منفعت اجتماعی زیاد است
 - **ترکیب نهاده‌ها و افراد نوع ۳:** اینجا جایی است که یک موسسه یک فناوری را توسعه و پیاده‌سازی می‌کند، اما موفقیت به تک تک کاربر بستگی دارد و بنابراین این رویکرد نیاز به مشارکت دارد.^۶

۲-۷-۱-۲ اجزای سیستم هوشمند مدیریت آب دیجیتال

اجزای سیستم مدیریت دیجیتال هوشمند آب را می‌توان به ابزارهای خروجی دیجیتال (مترها و حسگرها)، سیستم‌های کنترل نظارت و جمع‌آوری داده‌ها (SCADA)، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی^۲ (GIS) و نرم افزار برای طیف وسیعی از اهداف تقسیم کرد.

۱-۲-۷-۲-۱ ابزارهای دیجیتال خروجی

ابزارهای خروجی دیجیتال برای جمع‌آوری و انتقال اطلاعات در زمان واقعی برای کاربردهای مختلف از جمله نظارت بر کیفیت آب، تشخیص نشت در زمان واقعی و مدیریت فشار استفاده می‌شوند:

- **پایش کیفیت آب:** کیفیت آب تحت تأثیر منابع غیرنقطه‌ای و نقطه‌ای قرار می‌گیرد و شامل تخلیه پساب، تخلیه از صنایع، رواناب از مزارع کشاورزی و رواناب شهری از سطوح غیرقابل نفوذ است. از دیگر منابع آلودگی می‌توان به سیل و خشکسالی اشاره کرد. پایش کیفیت آب مجموعه‌ای از اطلاعات در مکان‌های تعیین شده در فواصل

1. Supervisory Control and Data Acquisition

2. Geographic Information Systems

زمانی منظم است که داده‌هایی را ارائه می‌دهد که می‌تواند برای تعیین شرایط فعلی و ایجاد روندها استفاده شود. اهداف اصلی پایش آنلاین کیفیت آب شامل اندازه‌گیری پارامترهای کلیدی کیفیت آب از جمله خواص میکروبی، فیزیکی و شیمیایی برای شناسایی انحرافات در پارامترها و ارائه هشدار اولیه در مورد خطرات است. همچنین، پایش بلادرنگ می‌تواند ذینفعان را از فعالیت‌های تأثیرگذار بر کیفیت آب آگاه کند.

• **تشخیص نشت در زمان واقعی:** کنتورها معمولاً با قرائت دستی کنتور خوانده می‌شوند که کار گران قیمت و بسیار پرهزمتی است. نشت آب می‌تواند برای مدت طولانی با استفاده از کنتورهای دستی شناسایی نشود و منجر به آسیب به نصب و هدر رفتن آب شود. کنتورهای آب هوشمند می‌توانند نشت‌ها را بر اساس الگوهای جریان غیرعادی، به ویژه جریان مداوم آب، نظارت و تشخیص دهند. شرکت‌های آب می‌توانند کنتورهای هوشمند را برای تشخیص و تعیین کمیت تلفات آب در مناطق اندازه‌گیری شده منطقه^۱ (DMA) نصب کنند. آب عرضه شده به یک DMA را می‌توان با حجم مصرف در طول یک دوره تعریف شده و تعادل آب ایجاد شده مقایسه کرد.

• **مدیریت فشار:** مدیریت فشار عبارت است از مدیریت فشار شبکه توزیع آب تا سطوح بهینه خدمات و تضمین تامین کافی و کارآمد آب برای مشتریان. این یکی از مقرون به صرفه‌ترین راه‌های کاهش نشتی در شبکه‌های توزیع آب است. اهداف مدیریت فشار برای کاهش نشتی، کاهش نشت پس زمینه است، که از نظر صوتی نشتی در اتصالات لوله و ترک‌های کوچک غیرقابل تشخیص است و تعمیر آن به صورت فردی غیراقتصادی است، کاهش نرخ نشتی‌ها و شکستگی‌های جدید که در شبکه و سرویس اتصالات و کاهش سرعت جریان از هرگونه نشتی و شکست رخ می‌دهد.

مورد ۱-۷: سیستم‌های نظارت بر کیفیت آب شهر نیویورک

اداره حفاظت از محیط زیست شهر نیویورک (NYC DEP) از سیستم‌های نظارت بر کیفیت آب چند پارامتری برای اطمینان از تشخیص زودهنگام مشکلات موجود در مخازن خود استفاده می‌کند. شناورهای مانیتورینگ مجهز به سوندهایی هستند که اکسیژن محلول، رسانایی، دما، pH و عمق را اندازه‌گیری می‌کنند و در اعماق مختلف زیر شناور نصب می‌شوند و به NYC DEP کمک می‌کنند تا دینامیک مخازن را از بالا به پایین درک کند. هر شناور مجهز به یک سیستم جمع‌آوری داده و یک فرستنده رادیویی با طیف گسترده است و دارای باتری‌های قابل شارژ و پنل‌های خورشیدی است. دیتالاگرها خروجی‌های دیجیتالی سوندها را به خروجی‌هایی تبدیل می‌کنند که می‌توانند از لاگ‌ر از طریق رادیو طیف گسترده به سیستم SCADA ارسال شوند، جایی که اپراتور می‌تواند اطلاعات را مشاهده و بایگانی کند. سوندها هر ۱۵ دقیقه یک بار مطالعه می‌کنند و اطلاعات بی‌درنگ دatalog و تجزیه و تحلیل می‌شود و داده‌های لیمنولوژیکی مورد نیاز برای ارزیابی شرایط و اتخاذ بهترین تصمیم‌های عملیاتی را به مدیران کیفیت آب ارائه می‌کند.

مورد ۲-۷: رویکرد اینترنت اشیا یورکشایر برای تشخیص نشت در زمان واقعی

یورکشایر واتر در حال انجام یک رویکرد اینترنت اشیا (IoT) مبتنی بر داده است که شرکت آب را قادر می‌سازد اطلاعات بلادرنگ را به دست آورد و روندهای مربوط به عملیات آب و پساب خود را درک کند. اطلاعات در مورد وضعیت لوله‌های آب، شرکت را قادر می‌سازد تا رویکرد «پیش‌بینی و پیشگیری» را برای نگهداری از ۳۱۰۰۰ کیلومتر شبکه اصلی آب خود اتخاذ کند. برای کمک به پیش‌بینی مکان و زمان وقوع اتفاقات در شبکه، ۱۵۰۰۰ دستگاه «گوش صوتی» در لوله‌ها نصب می‌شود تا به صدای جریان آب گوش دهند. داده‌های تولید شده از این فناوری توسط تیم جدیدی از دانشمندان داده مستقر در اتاق کنترل شرکت تجزیه و تحلیل خواهد شد. داده‌ها را می‌توان برای کمک به کنترل جریان آب و جلوگیری از ترکیدگی لوله و نشت تجزیه و تحلیل کرد. همچنین شرکت آب را قادر می‌سازد تا هر گونه مشکلی را در عرض سه ساعت، به جای میانگین فعلی سه روز، تعمیر کند. برای تشویق نوآوری در بخش آب، یورکشایر واتر با موسسه Open Data و Datamill North به عنوان یک مخزن داده برای میزبانی این داده‌ها، که شامل داده‌های آلودگی، داده‌های مصرف، داده‌های منابع آب، داده‌های نشت و داده‌های منابع زیستی است، شریک شده است.^{۱۴}

مورد ۳-۷: سیستم مدیریت فشار United Utilities

در طول دهه ۱۹۹۰، معرفی شیرهای مدیریت فشار به United Utilities کمک کرد تا سطح نشتی را تا ۵۰ درصد کاهش دهد. به این ترتیب، کاهش فشار شبکه را تثبیت می‌کند و یک راه اثبات شده برای کنترل نشتی است. برای بهینه‌سازی مدیریت فشار، United Utilities قراردادهایی را برای تامین کنترل‌کننده‌های شیر مدیریت فشار و سیستم‌های داده مرتبط منعقد کرده است. در حال حاضر، شرکت آب دارای یک عملکرد فرماندهی و کنترل متمرکز برای شبکه آب است که از طریق یک مرکز کنترل یکپارچه مدیریت می‌شود. اتوماسیون و کنترل شیرهای مدیریت فشار برای بهینه‌سازی فشار آب در سراسر شبکه مورد نیاز است. در حال حاضر، حدود ۴۰۰۰ شیر مدیریت فشار در سراسر شبکه وجود دارد و با استفاده از کنترل‌کننده‌ها، اتوماسیون و کنترل از طریق نصب کنترل از راه دور شیرهای مدیریت فشار و ایستگاه‌های پمپاژ انجام خواهد شد.

۷-۲-۲-۲- SCADA سیستم‌های

شبکه توزیع آب از اجزای عملیاتی مختلفی از جمله سنسورها، کنورها، پمپ‌ها و شیرهای کنترلی تشکیل شده است. قطعات را می‌توان در محل یا از یک مکان مرکزی نظارت یا کنترل کرد. در گذشته، این عملیات معمولاً با استفاده از ابزار یا تابلوهای کنترل در محل انجام می‌شد. در زمان‌های اخیر، شرکت‌های آب به سیستم‌های SCADA که اندازه‌گیری، کسب اطلاعات و کنترل از راه دور را انجام می‌دهند، روی آورده‌اند. سیستم‌های SCADA می‌توانند اطلاعات را پردازش کرده و از راه دور سیستم‌ها و فرایندها را برای مصارف مختلف بهینه‌سازی کنند. سیستم‌های SCADA برای انجام نظارت و کنترل از راه دور تاسیسات توزیع آب استفاده می‌شود. عملکرد جمع‌آوری داده‌های سیستم اسکادا می‌تواند برای کاربردهای مختلفی از جمله نظارت بر سطوح مخزن ذخیره، سطوح کلر باقیمانده، سطوح pH، فشارها، جریان‌ها، نقاط وضعیت پمپ (به عنوان مثال روشن / خاموش)، عملکرد ایستگاه تغذیه شیمیایی و مصرف انرژی مورد استفاده قرار گیرد. تابع کنترل سیستم SCADA می‌تواند برای بهینه‌سازی عملیات سیستم توزیع استفاده شود. برای مثال، سطوح عملیاتی مخزن ذخیره را می‌توان بر اساس تقاضای بلادرنگ تنظیم کرد.

مورد ۴-۷: سیستم اسکادا ارتقا یافته آب دره یارا

آب دره یارا دارای شبکه آبی قابل توجهی است که بیش از ۴۰۰۰ کیلومتر مربع شامل بیش از ۹۰۰۰ کیلومتر آب و ۱۸۰۰۰ کیلومتر شبکه پساب را پوشش می‌دهد. توسعه در کریدور رشد ملبورن فشار را بر شرکت برای ارائه راه‌حل‌های آب پایدار افزایش می‌دهد. سیستم اسکادا ۳۰۰۰ نقطه‌ای آب دره یارا حدود ۵۵۰ سایت از جمله ۱۱ تصفیه خانه، ۶۷ ایستگاه پمپ آب، بیش از ۱۰۰ تاسیسات امداد پساب، نزدیک به ۱۰۰ ایستگاه پمپ پساب و ۱۰۲ تاسیسات کنترل جریان پساب را نظارت می‌کند. این سیستم از زمانی که در سال ۲۰۰۱ بدون رابط گرافیکی برای تقلید نصب شد، حداقل به‌روزرسانی‌ها را در عملکرد دریافت کرده بود و برای نشان دادن آلارم‌ها و وضعیت به نمایشگرهای متنی و جدولی متکی بود، با قابلیت گرایش گرافیکی اولیه برای تحلیل تاریخی. این سیستم عمدتاً به عنوان یک سیستم هشدار استفاده می‌شد که اتاق کنترل از آن درخواست‌های کاری برای خدمه صحرایی ایجاد می‌کرد. پس از ارتقای سیستم در سال ۲۰۱۴، کارکنان اکنون دارای یک سیستم SCADA مدرن هستند که به آنها اجازه می‌دهد تا دارایی‌های توزیع شده را نظارت کنند و تعمیر و نگهداری پیش‌بینی و واکنشی را انجام دهند و بتوانند به سرعت به حوادثی مانند نشت محیطی پاسخ دهند. خطاهای گزارش شده تا ۶۶ درصد کاهش یافته است و ۸۰ درصد در هزینه‌های پشتیبانی خارجی کاهش یافته است. رابط کاربری جدید و ابزارهای پایگاه داده باز اجازه می‌دهد تا اطلاعات بی‌درنگ و تاریخی در اختیار کارکنان عملیات و برنامه‌ریزی استراتژیک برای تصمیم‌گیری آگاهانه قرار گیرد.

۳-۲-۷- GIS

یک GIS به عنوان مخزن اطلاعات مکان و جزئیات دارایی، براساس یک نقشه وب با لایه‌های مربوط به سیستم‌های مختلف است که می‌تواند به روز شده و در زمان واقعی با خدمه میدانی به اشتراک گذاشته شود. در مدیریت منابع آب، از GIS برای نظارت بر اشیاء آبی در حین بررسی فراوانی و نقشه برداری کیفیت منابع آب استفاده می‌شود. GIS را می‌توان به روش‌های مختلفی به کار برد، از جمله:

- **مدیریت دارایی:** GIS شرکت‌های آب را قادر می‌سازد تا با جزئیات دارایی‌های خود، شرایط آنها، تعمیر و نگهداری مورد نیاز یا بودجه لازم را بدانند، به عنوان مثال، به شرکت‌های آب این امکان را می‌دهد تا تعیین کنند که آیا لوله‌هایی که اغلب شکسته می‌شوند قطریا مواد خاصی دارند.
- **پیش‌بینی بلایا:** برنامه‌های کاهش سیل و پایش خشکسالی از فناوری GIS برای پیش‌بینی استفاده می‌کنند. GIS محدوده رویدادهای بلایا از جمله بزرگی، فرکانس، عمق و سرعت را تعیین می‌کند.
- **GIS در مدیریت آب‌های سطحی و زیرزمینی:** مدیریت ریسک آب‌های سطحی توسط GIS تعیین می‌شود، با داده‌های جمع‌آوری شده قادر به پیش‌بینی بارندگی، تعیین خطر برای زیستگاه‌های آبی از مناطق اطراف و ارزیابی سطوح آلودگی است. از GIS می‌توان برای کمک به اندازه‌گیری عمق آب زیرزمینی و همچنین کیفیت آن استفاده کرد. منبع آب زیرزمینی را می‌توان قبل از حفاری یا توسعه یک منبع آب برای کاهش خطر آلودگی مطالعه کرد.

مورد ۵-۷: GIS فرآیندهای تجاری آب Thames را در سطح سازمانی متحول می‌کند.

Thames Water تمام سیستم‌های قبلی و متفاوت خود را با پلت فرم ArcGIS جایگزین کرد. یکی از پیشرفت‌های جدید GIS شرکت آب، ادغام ArcGIS در سیستم مدیریت ارتباط با مشتری (SAP CRM) سازمان است. اکنون، هنگامی که مشتریان با تیمز آب تماس می‌گیرند، نمایندگان مرکز تماس می‌توانند مکان تماس گیرنده را پیدا کنند، دارایی‌های مربوط به آن آدرس مشتری را شناسایی کنند و هرگونه فعالیت تعمیر و نگهداری برجسته را در آنجا مشاهده کنند. این اطلاعات تشخیص مشکلات مشتری را آسان‌تر می‌کند. پلت فرم ArcGIS همچنین شرکت آب را قادر می‌سازد تا اطلاعات دقیق دارایی و مکان را با مهندسان سیار، نقشه برداران و کارگران میدانی خود مبادله کند. هنگامی که آنها لپ‌تاپ‌های خود را راه‌اندازی می‌کنند، ArcGIS Mobile به طور خودکار در آن مکان باز می‌شود و آنها را قادر می‌سازد تا اطلاعات مربوط به کار را وارد کنند. هر به روز رسانی دارایی ثبت شده در این زمینه به طور خودکار حسابرسی شده و به پایگاه داده مرکزی دارایی منتقل می‌شود، جایی که برای همه افراد شرکت قابل مشاهده است. به طور کلی، ArcGIS سوابق دقیق و به‌روزی از تمام دارایی‌هایش را در

اختیار Thames Water قرار می‌دهد و این اطلاعات کسب‌وکار را در اختیار کارکنان در سراسر کسب‌وکار قرار می‌دهد، به کارکنان کمک می‌کند تصمیم‌های بهتری بگیرند، کارآمدتر کار کنند و سطح بالایی از خدمات مشتری را ارائه دهند. در مرکز تماس با مشتری، کارمندان از ArcGIS استفاده می‌کنند تا به آنها کمک کند سریع‌تر و مناسب‌تر به سوالات و مسائل مشتری پاسخ دهند. در این زمینه، کارمندان مولدتر هستند زیرا می‌توانند فوراً به مکان مناسب هدایت شوند و فوراً مکان‌های دارای Thames Water و اموال سایر تاسیسات مانند کابل‌های مدفون را ببینند. این کار کارگران را قادر می‌سازد تا تعمیرات را سرعت بخشند و ناراحتی عمومی را به حداقل برسانند. در همین حال، تیم‌های مدیریت دارای می‌توانند از ArcGIS برای به دست آوردن درک عمیق‌تری از وضعیت دارای‌های شرکت استفاده کنند، سپس عملکرد دارای را تجزیه و تحلیل کرده و تصمیم‌گیری آگاهانه در مورد اینکه کدام دارای‌ها ابتدا نیاز به جایگزینی دارند و سرمایه‌گذاری‌ها به کجا باید هدایت شوند، اتخاذ کنند. به طور کلی، این تضمین بازگشت سرمایه بهتر است.

۴-۲-۷- نرم افزار

نرم افزار برای ذخیره، استفاده و گزارش داده‌ها استفاده می‌شود. می‌توان از آن برای مدل‌سازی زیرساخت‌ها و سیستم‌های محیطی، تصمیم‌گیری و مدیریت ریسک استفاده کرد. نرم افزار معمولاً با SCADA و/یا GIS برای مدیریت شبکه‌های آب، کنترل فشار و نظارت بر نشت یکپارچه می‌شود. نرم افزار همچنین برای اندازه‌گیری هوشمند، صورت حساب و جمع‌آوری، مدل‌سازی هیدرولوژیکی برای امنیت آب و مدیریت مبتنی بر ابر و گزینه‌های میزبانی استفاده می‌شود. به عنوان مثال، پورتال‌های آنلاینی را می‌توان توسعه داد که داده‌های مصرف خانوار را در سطح سالانه، ماهانه، روزانه و حتی ساعتی و همچنین الگوهای مصرف تاریخی، اطلاعات نشت و مقایسه مصرف آب با خانواده‌های مشابه، به مشتریان ارائه می‌دهند همه در یک تعامل تعاملی، با فرمت مبتنی بر وب. مشتریانی که وارد این پورتال‌ها می‌شوند اغلب به هشدارها و اعلان‌های شناسایی نشت قابل تنظیم دسترسی دارند. مشتریانی که هشدارهای نشت خودکار را تنظیم می‌کنند، معمولاً هنگامی که سیستم نشت در دارای‌ی آنها را در مقیاس مشخصی تشخیص می‌دهد، آنها را به تلفن هوشمند خود تحویل می‌دهند.

مورد ۶-۷: هشدار مصرف بالای DC Water

مشتریان اداره آب و پساب ناحیه کلمبیا (DC Water) می‌توانند برای هشدارهای مصرف آب بالا (HUNA) ثبت نام کنند تا در صورتی که مصرف آب آنها بالاتر از حد متوسط است، از آنها مطلع شوند. اگر لوله شکسته یا سرویس بهداشتی نشستی وجود دارد، HUNA ممکن است اولین نشانه مشتری باشد. این ممکن است به آنها کمک کند تا منبع مشکل را تعیین کنند و از پرداخت قبوض آب پرهیز کنند. مشتریانی که قبلاً برای My DC Water ثبت نام کرده‌اند به طور خودکار برای هشدارها از طریق ایمیل ثبت نام می‌کنند. این سرویس به ابزاری مرتبط است که میزان آب مصرفی مشتری را به صورت روزانه، ماهانه و سالانه ردیابی می‌کند. هنگامی که شرکت برق مصرف آب مشتری را برای یک سال کامل ردیابی کرد، می‌تواند به مشتری اطلاع دهد زمانی که مصرف آب آن‌ها برای چهار روز متوالی به طور قابل توجهی بیشتر است با افزایش مصرف آب که احتمالاً به دلیل نشستی سرویس بهداشتی، شلنگ بدون مراقبت یا مشکل لوله‌کشی داخلی یا شیر آب نشستی است.

۳-۲-۷- شبکه‌های هوشمند آب و کنتورهای هوشمند آب

شبکه هوشمند آب، فناوری اطلاعات و ارتباطات را در مدیریت سیستم توزیع آب ادغام می‌کند. سنسورها، مترها، کنترل‌های دیجیتال و ابزارهای تحلیلی برای خودکارسازی، نظارت و کنترل انتقال و توزیع آب استفاده می‌شوند. هدف شبکه‌های هوشمند آب این است که اطمینان حاصل شود که آب تنها در زمان و مکان مورد نیاز و کیفیت خوب آب به طور موثر تحویل داده می‌شود. شبکه‌های هوشمند آب طیف گسترده‌ای از مزایای را ارائه می‌دهند، از جمله:

- پایش بلادرنگ وضعیت دارایی و نگهداری پیشگیرانه:

با حسگرهای پیشرفته، می‌توان داده‌ها را در مورد شرایط خط لوله جمع‌آوری کرد و برای توسعه یک مدل مبتنی بر ریسک برای پروژه‌های تعویض لوله استفاده کرد. این امر به شرکت‌ها امکان می‌دهد تا برنامه‌های جایگزینی شبکه و برنامه‌های توانبخشی را بهتر برنامه‌ریزی و زمان‌بندی کنند.

– نظارت بر فشار و کیفیت آب در زمان واقعی:

داده‌های سنسور و کنتور در زمان واقعی به شرکت‌های آب اجازه می‌دهد تا به سرعت نشت‌ها را شناسایی کنند تا تلفات آب را به حداقل برسانند و همچنین استرس در لوله‌ها را زود تشخیص دهند تا خطر ترکیدگی لوله را کاهش دهند. شرکت‌های آب نیز می‌توانند از این فناوری برای نظارت مداوم بر کیفیت آب در خطوط لوله توزیع استفاده کنند و هشدار اولیه در مورد آلودگی احتمالی را ارائه دهند.

– اطلاعات مصرف بی‌درنگ آب برای کمک به مصرف‌کنندگان در صرفه‌جویی در مصرف

آب: شبکه‌های هوشمند آب و فن‌آوری کنتور آب هوشمند، شرکت‌های آب را قادر می‌سازد تا در زمان واقعی بازخورد آب و همچنین مصرف انرژی را به مشتریان ارائه دهند. این به مشتریان کمک می‌کند تا انتخاب‌های آگاهانه‌ای در مورد مصرف آب داشته باشند. همچنین، داده‌های استفاده از کنتورهای هوشمند، پیش‌بینی دقیق‌تری تقاضا برای بهینه‌سازی برنامه‌های پمپاژ آب و حجم آب مورد نیاز برای تصفیه و پمپاژ را امکان‌پذیر می‌سازد. ^{۲۷،۲۸}

مورد ۷-۷: شبکه آب هوشمند SA Water

در سال ۲۰۱۷، SA Water یک شبکه هوشمند آب را در منطقه تجاری مرکزی آدلاید اجرا کرد. این شبکه متشکل از ۱۰۰ متر هوشمند در ۷۰ سایت مشتری تجاری و بیش از ۳۰۰ سنسور - اندازه‌گیری جریان، فشار و کیفیت آب و همچنین تشخیص نشت صوتی - برای ارائه اطلاعات تقریباً لحظه‌ای در مورد آنچه در شبکه آب ۲۴/۷ رخ می‌دهد. این به ابزار کمک می‌کند تا نشت‌ها را قبل از اینکه بر مشتریان و مسافران تأثیر بگذارد، شناسایی کرده و به طور فعال برطرف کند. فواید فوری آن اتلاف آب کمتر و قطعی خدمات آب کمتر و تأخیر در رفت و آمد است. از آن زمان، شبکه آب هوشمند در سراسر مترو و استرالیا ی جنوبی منطقه‌ای گسترش یافته است. SA Water همچنین ۸۸ سنسور جریان و سطح و یک ایستگاه هواشناسی را در بخش‌های مختلف حومه کوهپایه‌های آدلاید نصب کرده است تا اطلاعات لحظه‌ای در مورد حرکت پساب از طریق لوله‌ها ارائه دهد و هدف آن یافتن انسداد قبل از اینکه منجر به سرریز شود. شرکت آب همچنین ۸۸ حسگر بو و سه ایستگاه هواشناسی را در Gawler در شمال آدلاید نصب کرده است، جایی که سطوح بوی پساب قابل تشخیص در برخی از مناطق شهر به طور مداوم بالاتر از میانگین بوده است.

۷-۲-۴- هوش مصنوعی و یادگیری ماشین

هوش مصنوعی^۱ (AI) هوشی است که توسط ماشین‌ها یا رایانه‌ها نمایش داده می‌شود و به آن‌ها اجازه می‌دهد کارهایی مانند درک، یادگیری، استدلال، برنامه‌ریزی و غیره را انجام دهند. در کاربرد فعلی، سیستم‌های هوش مصنوعی می‌توانند به طور منطقی مشکلات پیچیده را حل کنند، نتایج را پیش‌بینی کنند و در موقعیت‌های دنیای واقعی برای دستیابی به اهداف عمل کنند. طیف هوش مصنوعی در حال گسترش است و شامل موارد زیر است:

- سیستم‌های اطلاعاتی خودکار که وظایف مکرر و پرحتمی را انجام می‌دهند که نیاز به هوش دارند و به طور خودکار آن‌ها را تکمیل می‌کنند.
- سیستم‌های اطلاعاتی کمکی الگوهای موجود در داده‌های تاریخی را بررسی و آشکار می‌کنند و به افراد کمک می‌کنند تا وظایف را سریع‌تر و بهتر از اطلاعات جمع‌آوری شده انجام دهند.
- سیستم‌های هوش افزوده که از هوش مصنوعی برای کمک به افراد در درک و پیش‌بینی آینده نامشخص استفاده می‌کنند.
- سیستم‌های هوش مستقل که تصمیم‌گیری را بدون دخالت انسان خودکار می‌کند.

در زمینه مدیریت منابع آب، طیف گسترده‌ای از حسگرهای اینترنت اشیا و سایر فناوری‌های مبتنی بر داده می‌توانند به طور مداوم داده‌ها را در فازهای مختلف عرضه و تقاضای آب جمع‌آوری کنند. به این ترتیب، هوش مصنوعی را می‌توان در زمینه‌های مختلفی که در جدول ۷-۲ خلاصه شده است، استفاده کرد.^{۳۱-۳۳}

جدول ۲-۷: زمینه‌ها استفاده از هوش مصنوعی در مدیریت منابع آب

زمینه	مثال
تامین آب	- نظارت و مدیریت تامین آب - شبیه‌سازی کیفیت آب و هشدار داده‌ها - مدیریت دارایی در مخارج حیاتی آب و پساب
کنترل حوضه آبریز	- تشخیص و نظارت بر شکوفه‌های جلبکی مضر - پیش‌بینی جریان - زیرساخت‌های خودکار متمرکز بر سیل
بهره‌وری (راندمان) آب	- پایش و مدیریت مصرف آب خانگی - بهینه‌سازی مصرف آب صنعتی - نگهداری پیش‌بینی از گیاهان آبی - سیستم هشدار اولیه برای زیرساخت‌های آبی - شناسایی نشت‌های زیرزمینی در سیستم‌های تامین آب آشامیدنی - کنتورهای هوشمند در منازل
بهداشت کافی	- پهنپاها و هوش مصنوعی برای نظارت بر کیفیت رودخانه در زمان واقعی - حصول اطمینان از بهداشت کافی ذخایر آب - نظارت و مدیریت به موقع تامین آب خانگی
برنامه‌ریزی برای خشکسالی	- پیش‌بینی خشکسالی - شبیه‌سازی برای برنامه‌ریزی خشکسالی - ارزیابی اثرات خشکسالی

۱-۴-۲-۷- یادگیری ماشین

یادگیری ماشین^۱ (ML) زیرمجموعه‌ای از هوش مصنوعی است که به استخراج معنا از داده‌های تولید شده توسط افراد، دستگاه‌ها، و سیستم‌های هوشمند و غیره کمک می‌کند. به طور فزاینده‌ای، حجم داده‌های جمع‌آوری شده از توانایی انسان برای درک آن و استفاده کارآمد از آن فراتر می‌رود. ML از این داده‌ها برای ایجاد پیش‌بینی یا پاسخ به سؤالات استفاده می‌کند. به طور خاص، یک مدل پیش‌بینی با استفاده از داده‌ها برای ایجاد پیش‌بینی یا پاسخ به سؤالات آموزش داده می‌شود، با جمع‌آوری داده‌های بیشتر، مدل را می‌توان بیشتر اصلاح کرد و مدل‌های پیش‌بینی جدید ایجاد کرد.

مورد ۸-۷: برنامه هوش مصنوعی آب ملبورن برای صرفه‌جویی در انرژی

تصفیه‌خانه آب Winneke ملبورن یکی از سایت‌های اصلی تصفیه آب برای آب آشامیدنی ملبورن است. روزانه حدود ۳۵۰ میلیون لیتر آب قبل از توزیع در میلیون‌ها منزل و کسب و کار در سراسر شهر از طریق کارخانه عبور می‌کند. این کارخانه دارای نرخ جریان هدفمند روزانه برای تولید آب است تا اطمینان حاصل شود که شهر همیشه مقدار مناسب آب را دارد. این نرخ هر روز متفاوت است، و بنابراین پمپ‌های مختلف با سرعت‌های مختلف کار می‌کنند. آب ملبورن در حال آزمایش یک برنامه AI سفارشی‌سازی شده در منزل است که داده‌های عملیاتی پمپ را استخراج می‌کند تا کارآمدترین پیکربندی پمپ را برای هر زمانی از روز یا هفته یاد بگیرد و اطمینان حاصل کند که پمپ‌های شرکت با حداکثر بازده کار می‌کنند و در عین حال جریان مورد نیاز را تضمین می‌کند. نرخ تخمین زده می‌شود که این پروژه هزینه انرژی ایستگاه پمپ آب ملبورن را در این سایت تا حدود ۲۰ درصد در سال کاهش دهد.

۷-۳- مدیریت مشتریان آینده

شرکت‌های آب باید از تلقی مشتریان به‌عنوان دریافت‌کننده خدمات دور شوند و در عوض آن‌ها را به‌عنوان شرکت‌کنندگان فعال در ارائه آن خدمات ببینند. مشتریان و جوامع همچنین دانش، مهارت و خلاقیتی دارند که می‌تواند مشکلات را حل کند و به یافتن راه‌هایی برای نوآوری کمک کند. در عین حال، انتظارات مشتریان از سطح خدمات ارائه شده توسط شرکت‌های آب وجود دارد.^{۳۶،۳۷}

۷-۳-۱- مشارکت مشتریان

Ofwat مشارکت مشتری را اینگونه تعریف می‌کند: «مشارکت فعال مشتریان در طراحی، تولید، تحویل، مصرف، دفع و لذت بردن از آب، خدمات آب و محیط زیست آب در خانه، محل کار و جامعه». سطوح مختلفی از مشارکت و مشارکت مشتری وجود دارد که شرکت‌های آب می‌توانند در استراتژی‌های خود برای افزایش مشارکت مشتری بگنجانند، از جمله:

- **سطح ۱:** گوش دادن و درک: درک آنچه در مورد آب در زندگی گروه‌های مختلف مشتریان اهمیت دارد.
- **سطح ۲:** گوش دادن و عمل کردن: گوش دادن به گروه‌های مختلف مشتریان و عمل به آنچه شنیده می‌شود برای دستیابی به اهداف تجاری.
- **سطح ۳:** درگیر کردن و مشارکت دادن: مشارکت دادن مشتریان یا نمایندگان آنها از طریق سهولت در ارائه ایده‌ها یا راه حل‌های خاص برای دستیابی به تغییر.
- **سطح ۴:** مشارکت مشتری: افزایش مشارکت فعال مشتری برای تحقق بخشیدن به این ایده‌ها.

طیف وسیعی از مزایایی وجود دارد که مشتریان می‌توانند از طریق مشارکت دریافت کنند، از جمله تأثیرگذاری بر آینده، محافظت از سبک زندگی، بهبود محیط‌های محلی، بهبود خدمات به مشتریان، صرفه جویی در هزینه، صرفه جویی در مصرف آب، اجتناب از خطر سیل، اجتناب از خطر جریان پساب، و احساس در کنترل.^{۳۸}

۱-۳-۷- چارچوب استراتژیک برای افزایش مشارکت مشتری

Ofwat یک چارچوب استراتژیک (جدول ۷-۳) پیشنهاد کرده است که شرکت‌های آب می‌توانند در هنگام افزایش مشارکت مشتری از آن پیروی کنند. این چارچوب به یک شرکت آب اجازه می‌دهد تا به اهداف مختلفی دست یابد، از جمله:

- تصویرسازی مشترک از آینده با مشتریان خود
- خلق آینده با مشتریان خود
- درگیر کردن مشتریان برای اتخاذ اقدامات یا رفتارهای در مقیاس برای دستیابی به تغییر واقعی
- مشارکت دادن شهروندان برای بهبود تاب‌آوری آب در جوامع خود
- کنترل بیشتر مشتریان بر روی آب در منازل خود
- دادن کنترل بیشتر به مشتریان بر تجربه خدمات آنها^{۳۹}

جدول ۳-۷: چارچوب استراتژیک برای افزایش مشارکت مشتری

منطقه	هدف	مزایا
آینده: مشارکت مشتری در آینده بخش	افزایش مشتری مشارکت برای بهبود وضعیت فعلی و آینده پایداری آب در زندگی مشتریان	- افزایش پشتیبانی مشتری برای طرح‌ها - بهبود رضایت و اعتماد مشتری - ایده‌های نوآورانه مشتریان برای کمک به دستیابی به اهداف بخش - مشارکت فعال برای ایجاد آینده‌ای تاب آور برای آب
اقدام: افزایش اقدامات مشتری برای بهبود تاب آوری	افزایش مشتری اقدامات تغییر رفتار، از جمله صرفه جویی در آب	- فرصت بهره‌مندی از مزایای مالی را افزایش می‌دهد. - باعث کاهش هزینه‌ها می‌شود. - تاب‌آوری بخش را بهبود می‌بخشد.
جامعه: افزایش مالکیت و مشارکت جامعه	افرادی که با هم در مناطق محلی عمل می‌کنند می‌توانند محیط آبی محلی خود را بهبود بخشند.	- احساس مالکیت مشترک در جوامع محلی - درک بیشتر از اهمیت آب - ترغیب گروه همسالان
تجربه: افزایش مشارکت در تجربه مشتری	افزایش کنترل مشتری بر آب در منزل یا تجربه خدمات مشتری	- افزایش رضایت مشتری پس از تماس - کاهش تماس‌های مکرر در مورد مسائل مربوط به خدمات مشتری - ایده‌های بهبود محصول و خدمات از سوی مشتریان

۲-۱-۳-۷- استراتژی‌ها و ابزار افزایش مشارکت مشتری

راهبردها و ابزارهای مختلفی می‌تواند توسط شرکت‌های آب برای افزایش مشارکت مشتریان اجرا شود، از جمله موارد زیر:

- **شخصی‌سازی:** استراتژی‌های مشارکت مشتری باید به مشتری احساس خاص بودن بدهد که وفاداری را ارتقا می‌دهد، که در نتیجه مشتری را به سفیر برند تبدیل می‌کند.
- **انحصار:** مشارکت مشتری می‌تواند به مشتریان وفادار با دسترسی، اطلاعات و پیشنهادات انحصاری پاداش دهد. ایجاد احساس در مشتری مانند یک VIP، ارتباط بین مشتری و برند را افزایش می‌دهد، که احتمال تبلیغ برند را در محیط اجتماعی خود به صورت آنلاین و آفلاین افزایش می‌دهد.

- **برنامه‌های گوشی‌های هوشمند:** اپلیکیشن‌های گوشی‌های هوشمند راه‌های جدیدی را برای مدیریت، محاسبه، برقراری ارتباط و ارزیابی اطلاعات محیطی در اختیار مشتریان قرار می‌دهند که به طور بالقوه مشتریان را برای ایفای نقش مهمی در ترویج مصرف پایدار توانمند می‌کند.
- **Gamification: Gamification** استفاده از طرح‌های بازی در زمینه‌های غیر بازی است. Gamification مشتریان را تشویق می‌کند تا رفتار مرتبط با بازی را اتخاذ کنند. به طور خاص، Gamification می‌تواند مشتریان را برای تغییر رفتار و دستیابی به اهداف بلندمدت معنادار راهنمایی و انگیزه دهد. مشتریان همچنین می‌توانند نتایج بازی خود را با دوستان به اشتراک بگذارند و نفوذ شبکه اجتماعی برند را افزایش دهند. ۴۰-۴۲

مورد ۷-۹: شخصی‌سازی: رهبران کسب و کار Austin's Green در حال صرفه‌جویی در مصرف آب هستند

شهر Austin برنامه رهبران کسب و کار سبز Austin's Green را اجرا می‌کند که به رسمیت شناختن مشاغلی را ارائه می‌دهد که اقداماتی را برای محافظت از محیط زیست محلی انجام می‌دهند و در عین حال در هزینه‌ها صرفه‌جویی می‌کنند و مشتریان جدید را جذب می‌کنند. در مورد آب، رهبران کسب و کار Austin's Green می‌توانند در چالش تجاری 3C شرکت کنند. برای دریافت گواهینامه چالش تجاری 3C، مشاغل باید:

- فرم و چک لیست تکمیل شده را امضا و ارسال کنید
- شناسایی و رفع هرگونه نشتی و تنظیم تجهیزات مصرف‌کننده آب موجود به گونه‌ای که به طور موثر و بدون ضایعات کار کنند.
- مطمئن شوید که وسایل لوله کشی و آب مورد استفاده از تجهیزات با قوانین و مقررات موجود مطابقت دارند.
- ارزیابی جایگزینی یا بهسازی تجهیزات به مدل‌های کارآمدتر با استفاده از فرصت‌های تخفیف آب Austin یا شرکت با موفقیت در برنامه تخفیف حسابرسی شرکت

به طور کلی، کسب و کارهایی که در برنامه رهبران کسب و کار Austin's Green برتری دارند، به طور رسمی به عنوان رهبران کسب و کار سبز نقره‌ای، طلایی یا پلاتینیوم شناخته می‌شوند، کسب و کارشان در وبسایت شهر نمایش داده می‌شود و می‌توانند نشان برنامه را در ویتترین فروشگاه و وبسایت شرکت قرار دهند و به آن بپیوندند. شبکه‌ای از شرکت‌های برتر پایدار Austin، که آنها را قادر می‌سازد ارتباطات جدید ایجاد کنند، بهترین شیوه‌ها را به اشتراک بگذارند، و از هم‌تایان خود در رویدادهای فقط اعضا یاد بگیرند.

مورد ۱۰-۷: انحصاری: مسابقه حفاظت از آب ونچورا

در طول دوره تابستان سال ۲۰۱۶، Ventura Water در کالیفرنیا مسابقه Capture Conservation را برگزار کرد که هدف آن برجسته کردن پاسخ جامعه به فراخوان حفاظت از آب بود. به عنوان بخشی از کمپین سالانه آگاهی تابستانی Ventura Water، از ساکنان دعوت شد تا عکس‌هایی از چگونگی الهام بخشیدن به خشکسالی برای صرفه‌جویی در مصرف آب به اشتراک بگذارند. شرکت‌کنندگان عکسی گرفتند که داستان صرفه‌جویی در مصرف آب آنها را به تصویر کشید و عکس را با هشتگ #keepsavingventura در اینستاگرام، فیس بوک یا توییتر منتشر کردند. برندگان برای به حداقل رساندن رد پای آب خود فراتر و فراتر از وظیفه عمل کردند. به برندگان مسابقه جوایز زیر اهدا شد:

- کارواش‌های پنج لوکس با جزئیات نهایی
- چهار بلیط Golf N' Stuff
- کوپن تخفیف ۴۰ درصدی به پاتاگونیا
- دو بلیط به جزیره سانتا کروز
- کارت هدیه ۱۰۰ دلاری

مورد ۱۱-۷: برنامه های تلفن هوشمند: برنامه تلفن هوشمند Waste No Water شهر سن دیگو

اپلیکیشن Waste No Water شهر سن دیگو از استفاده بی رویه از آب جلوگیری می کند. این برنامه که برای آیفون و اندروید در دسترس است، کاربران را قادر می سازد تا موارد نقض محدودیت های آب شهر را گزارش کنند. اساس این برنامه این است که رسیدگی و تصحیح زباله به عنوان یک ابزار ارزشمند حفاظتی عمل می کند و به آموزش عموم در مورد محدودیت هایی که در حال حاضر وجود دارد کمک می کند. این برنامه به کاربران اجازه می دهد تا با عکاسی از موضوع و دریافت آدرس متخلف از طریق GPS برنامه، بلافاصله هدر رفت آب را گزارش کنند و سپس اطلاعات را به اداره حفاظت شهر ارسال کنند. یک شماره پرونده شکایت برای کارمندان ایجاد می شود تا رسیدگی کنند. برای استفاده از این برنامه، کاربران می توانند در نمایه خود یا به عنوان مهمان وارد شوند. با این حال، فقط کاربران دارای نمایه می توانند شکایت ارسال شده را پیگیری کنند. کاربران برنامه که در نمایه خود وارد شده اند، می توانند علاوه بر ارسال شکایات قابل پیگیری، اعلان های مهمی مانند تغییر در محدودیت های آبیاری و تغییر در آبیاری روزانه را دریافت کنند. آنها همچنین می توانند برای کمک به استفاده بهینه از آب، ارتباط با حساب های رسانه اجتماعی Waste No Water و دسترسی به برنامه های تخفیف آب شهر درخواست بررسی آب از محل سکونت یا کسب و کار خود کنند.

مورد ۱۲-۷: Gamification: پروژه SmartH2O

پروژه SmartH2O توسط هفتمین برنامه چارچوب اتحادیه اروپا برای تحقیق و نوآوری تامین مالی شد. این برنامه با هدف ایجاد یک کانال ارتباطی و یک حلقه بازخورد مستمر بین کاربران آب و شرکت های خدمات شهری، ارائه اطلاعاتی در مورد مصرف خود به مشتریان در زمان واقعی و در عین حال امکان برنامه ریزی و اجرای استراتژی هایی برای کاهش یا تخصیص مجدد مصرف آب به شرکت های آب امکان پذیر بود. به طور خاص، این پروژه شامل:

- ایجاد یک پلتفرم ICT برای ضبط و ذخیره داده‌های مصرف آب مسکونی با وضوح بالا و تقریباً در زمان واقعی و اندازه‌گیری شده با کنتورهای هوشمند
- استنباط عوامل تعیین کننده اصلی مصرف آب مسکونی و ساخت مدل‌های رفتار مشتری
- پیش‌بینی اینکه چگونه رفتار مشتری می‌تواند تحت تأثیر استراتژی‌های مختلف مدیریت تقاضای آب قرار گیرد، از طرح‌های قیمت‌گذاری پویا تا کمپین‌های آگاهی اجتماعی

برای تشویق صرفه‌جویی در مصرف آب، یک بازی اجتماعی گیمی شده ایجاد شد که در آن مصرف‌کنندگان تشویق می‌شدند در ازای امتیاز، نشان‌ها و جوایز بر اساس اقدامات خود، در مصرف آب صرفه‌جویی کنند. تابلوهای امتیازات و مسابقات هفتگی/ماهانه یک بعد اجتماعی به بازی ارائه کردند و با ایجاد حس اجتماعی، تعامل و انگیزه برای شرکت را افزایش دادند. کاربران بازی تشویق شدند تا اطلاعات نمایه دقیقی در مورد مشخصات دموگرافیک و پیکربندی خانواده خود ارائه دهند.

۳-۱-۷- راهبردهای رسانه‌های اجتماعی برای افزایش مشارکت مشتری

شرکت‌های آب از طیف وسیعی از کانال‌های رسانه‌های اجتماعی، از جمله توییتر، فیس‌بوک، اینستاگرام و یوتیوب برای تعامل با مشتریان، ایجاد دیده شدن و محبوبیت برند، اطلاع‌رسانی به مشتریان از محصولات و ارائه خدمات به مشتریان استفاده می‌کنند. استراتژی‌های رسانه‌های اجتماعی که هدف آنها افزایش مشارکت مشتری است می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

۱. **ایجاد ارتباط با مصرف‌کننده:** اغلب رویه رسانه‌های اجتماعی شرکت آب حول اعلان‌ها و ارتباطات می‌چرخد، به طوری که شرکت‌های آب از کانال‌های رسانه‌های اجتماعی برای اطلاع‌رسانی فعالانه به مشتریان در مورد قطعی برنامه‌ریزی شده استفاده می‌کنند و به سرعت به پایگاه بزرگی از مشتریان در مورد قطعی، خرابی یا اختلال در اثر بلایای طبیعی پاسخ می‌دهند. شرکت‌های آب می‌توانند ارتباطات رسانه‌های اجتماعی خود را با

عملکرد CRM خود با ارتباطات رسانه‌های اجتماعی که در چند ثانیه پس از قطع شدن خاموش می‌شوند، و به دنبال آن تماس‌ها، ایمیل‌ها و بازدیدهای فیزیکی از خدمات مشتری ظرف چند ساعت پس از قطع شدن یکپارچه کنند.

۲. ایجاد آگاهی مشتری: شرکت‌های آب می‌توانند از رسانه‌های اجتماعی برای آموزش مشتریان خود در مورد موضوعاتی مانند صرفه‌جویی در مصرف آب، مزایای کنتورهای هوشمند و روندهای صنعتی استفاده کنند. رسانه‌های اجتماعی همچنین می‌توانند برای ایجاد آگاهی ویژه کاربر در مورد تغییرات قیمت‌گذاری یا صورت حساب مورد استفاده قرار گیرند. آگاهی مشتری کنتور هوشمند حول محور افزایش آگاهی در مورد موضوعاتی مانند «مزایای مشتریان چیست»، «مصرف‌کننده چگونه می‌تواند مصرف را مدیریت کند»، «چگونه می‌توان مصرف‌کننده را در حین نصب تحت تاثیر قرار داد» می‌چرخد.

۳. ایجاد آگاهی از برند: مشتریان به طور فزاینده‌ای از رسانه‌های اجتماعی برای ایجاد یا تخریب شهرت ارائه‌دهندگان خدمات خود استفاده می‌کنند. رسانه‌های اجتماعی به شرکت‌های آب این فرصت را می‌دهند تا درک برند را مدیریت کنند و احساسات مشتری نسبت به برند را ترسیم کنند. برندها همچنین می‌توانند از حضور خود در رسانه‌های اجتماعی برای مدیریت موثر رضایت مشتری استفاده کنند.

۴. ارائه مشاوره و راهنمایی در مورد آب: از رسانه‌های اجتماعی می‌توان برای آموزش مشتریان در مورد صرفه‌جویی در مصرف آب و فناوری‌های بهره‌وری آب استفاده کرد. شرکت‌های آب می‌توانند از رسانه‌های اجتماعی برای ارتباط با مشتریان به جای اتخاذ روش‌های سنتی گران قیمت ایجاد و مدیریت کمپین‌های سمعی و بصری استفاده کنند. این حالت را می‌توان برای ترویج ابزارهای مبتنی بر وب استفاده کرد تا به مصرف‌کنندگان کمک کند استفاده ماهانه خود را تجزیه و تحلیل کنند و در جهت کاهش صورتحساب کار کنند. بسیاری از شرکت‌های آب در حال پیگیری بحث‌های دو طرفه با مشتریان در مورد راه‌های صرفه‌جویی در مصرف آب و همچنین انرژی و اهمیت صرفه‌جویی در آب هستند. ارتباط بلادرنگ با مشتریان در چندین پلتفرم تمایل به افزایش تعامل و امکان مکالمه "مجازی" با مشتری دارد.

مورد ۷-۱۳: خلاصه‌ای از استراتژی‌های رسانه‌های اجتماعی برای جذب مشتریان

چند شرکت آب مجموعه‌ای از استراتژی‌های رسانه‌های اجتماعی را در توییتر برای جلب مشارکت مشتریان آغاز کرده‌اند که نمونه‌هایی از آنها در جدول ۴-۷ ارائه شده است

جدول ۴-۷: نمونه‌هایی از استراتژی‌های رسانه‌های اجتماعی در توییتر برای جذب مشتریان

آبرسانی	استراتژی رسانه‌های اجتماعی
سیستم آبی سن آنتونیو	فید توییتر سیستم آب سن آنتونیو شامل اطلاعات آموزشی است، به عنوان مثال، چه چیزی را شست و شو دهید/ چه چیزهایی را نباید شستشو دهید/ چیزهایی را که نباید شستشو دهید کجا ببریم، تشویق‌های اجتماعی، به عنوان مثال، «برو، برو دانش آموزان دبیرستانی»، و صحبت در مورد غذا، به ویژه در مورد tacos خوب
آب نورثومبرین	فید توییتر Northumbrian Water شامل تصاویری از آبراه‌های منطقه و تلاش‌های حفاظتی، عجیب‌ترین چیزهایی که در لوله‌ها می‌توان یافت، همراه با ترکیبی از توییتهای جدی و طنزآمیز است، توییتهای San Jose Water تقریباً منحصر در مورد خواسته‌های مشتری، از زمان قطع برق تا ملاقات و احوالپرسی، ارسال می‌کند. آنها گاهی اوقات دستور العملی را ارائه می‌دهند که می‌تواند با آب سن خوزه درست شود
آب دره یارا	آب دره یارا روزانه به مشتریان خود در مورد مسائل به همراه توییتهایی برای تشویق به استفاده از بطری‌های قابل استفاده مجدد و "هوشمند باش و شیر آب را باز کن" اطلاع می‌دهد.
آب جنوبی	آب جنوبی نظرسنجی‌های آموزشی، فیلم‌های صمیمانه و عکس‌های فوری دقیق از زندگی روزمره در داخل ابزار ارائه می‌دهد.

با توجه به اندازه‌گیری مشارکت مشتری در رسانه‌های اجتماعی، سه معیار اصلی وجود دارد که می‌توان آنها را دنبال کرد:

- **معیارهای تعهد:** معیارهای تعهد بر اساس درصد مشتریان متعهد است که با اصول اولیه مانند ترافیک سایت، طرفداران، فالوورها، لایک‌ها و اشتراک‌گذاری‌ها و غیره تعیین می‌شود.
- **معیارهای مشتری:** معیارهای مشتری را می‌توان برای تمرکز بر افزایش وفاداری مشتریان استفاده کرد، به عنوان مثال، امتیاز خالص تبلیغ کننده درصدی از مشتریان است که احتمال توصیه یک شرکت، محصول یا خدمات را به یک دوست یا همکار ارزیابی می‌کنند.

- **تأثیر مالی:** تأثیر مالی شامل شناسایی پروفایل های مشتری و سپس اجرای کمپین های هدفمند مانند مسابقات و تبلیغات برای تعیین بازگشت سرمایه است.

۲-۳-۷- افزایش تجربیات مشتریان در سراسر شبکه توزیع آب

استراتژی های مختلفی وجود دارد که شرکت های آب می توانند برای افزایش تجربیات مشتریان در سراسر شبکه توزیع آب پیاده سازی کنند، از جمله موارد زیر که در جدول ۵-۷ خلاصه شده است.

جدول ۵-۷: استراتژی هایی برای ارتقای تجربیات مشتری.

راهبرد	توصیف	مثال ها
تجزیه و تحلیل	تحلیل و مدل سازی پیش بینی کننده می تواند جلوی مشکلات را بگیرد و اقدامات پیشگیرانه مشتریان را تشویق کند.	- پیام های هشدار زود هنگام مبتنی بر کدپستی می تواند مشتریان را از کارهای برنامه ریزی شده که فشار آب را کاهش می دهد، آگاه کند. - یکپارچه سازی داده های آب و هوا و دما می تواند به مشتریان کمک کند تا اقدامات پیشگیرانه برای جلوگیری از یخ زدگی لوله ها یا پیش بینی خطر سیل انجام دهند.
اتوماسیون	اتوماسیون می تواند خدمات را با فناوری های جدید مانند ربات ها و حسگرهایی که می توانند مشکلات شبکه آب را قبل از تأثیرگذاری بر مشتریان تشخیص دهند، بهبود بخشد.	- ربات ها می توانند نشت ها را در سیستم توزیع تشخیص دهند. - سنسورها می توانند مسائل مربوط به کیفیت آب را در مخازن و خطوط لوله تشخیص دهند.
تأثیرگذاری بر تغییر رفتار	برنامه های گوشی های هوشمند و دستگاه های دیجیتال می توانند پیام های به موقع و هدفمندی را ارائه دهند تا به مردم کمک کنند تا آب مصرفی خود را بپذیرند.	- صورت حساب بالاتر از حد معمول می تواند توصیه های صرفه جویی در مصرف آب را همراه با نمونه هایی از میزان مصرف آب در صورت حساب بعدی از طریق پورتال های اینترنتی یا کانال های برنامه ای را ایجاد کند.
مشارکت جوامع	تعامل با مشتری می تواند فراتر از تماس عملکردی خدمات مشتری و حل مشکل باشد. Utilities می توانند طرح هایی را اجرا کنند که به جوامع محلی کمک می کند	- پلتفرم های انجمن آنلاین، تعامل مشتریان با ابزارهای کمکی را در مورد مسائل آسان تر می کند. - هوش مصنوعی می تواند اطلاعات سیل سفرهای را به مشتریان ارائه دهد، و مطمئن شود که آنها می دانند در هنگام بروز مشکلات چگونه واکنش نشان دهند. - از نقشه های تعاملی می توان برای فعال کردن مشتریان در گزارش نشت استفاده کرد.

سلف سرویس	سلف سرویس به مشتریان این امکان را می‌دهد که از مراکز تماس صرف نظر کنند. این به این معنی است که خدمات آب در ۷/۲۴ در دسترس و پاسخگو تر به مشتریان هستند. پیشرفت در فناوری مکالمه از جمله ربات‌های گفتگو، رابط‌های صوتی و جستجوی مکالمه به مشتریان کمک می‌کند تا اطلاعات مورد نیاز خود را راحت‌تر بیابند.
- برنامه‌هایی که به مشتریان امکان پرداخت، ارسال قرائت‌های کنتور و مشاهده تاریخچه پرداخت را می‌دهند	- گزارش نشت‌ها

مورد ۱۴-۷: تجزیه و تحلیل: نقشه باران شدید آنلاین و در زمان واقعی هامبورگ

Hamburg Wasser یک نقشه آنلاین باران شدید ایجاد کرده است که به ساکنان اطلاعات بارندگی را به طور مستقیم و شفاف ارائه می‌دهد. این ابزار به کاربران امکان می‌دهد میزان بارندگی را مشاهده کنند و طبقه‌بندی و مقایسه بارندگی را برای مردم آسان‌تر می‌کند. باران شدید به ۱۲ سطح تقسیم می‌شود. - از متوسط تا شدید. نمایش رنگ در شاخص از سبز تا زرد، نارنجی تا قرمز و تا بنفش متغیر است. به ندرت آستانه بارش شدید باران با ۹۰ درصد از کل باران در آلمان به عنوان سنگین در نظر گرفته نمی‌شود. ابزار آنلاین در زمان واقعی نشان می‌دهد که آیا، کجا و تا چه اندازه در هامبورگ و منطقه شهری باران می‌بارد. برای این منظور، داده‌های راداری از سرویس هواشناسی آلمان و داده‌های باران از نقاط اندازه‌گیری خود هامبورگ و اسر ترکیب شده‌اند. اطلاعات به زمین‌هایی با اندازه ۵۰۰ متر در ۵۰۰ متر بر روی نقشه منطقه شهری اختصاص داده می‌شود که در مجموع حدود ۲۴۰۰۰ میدان را شامل می‌شود. این یک تصویر بسیار دقیق از بارندگی فعلی در یک سایت می‌دهد. نقشه آنلاین هر پنج دقیقه یکبار به روز می‌شود و کاربران می‌توانند بازه زمانی را حداکثر تا سه روز قبل تنظیم کنند. مزارع با توجه به میزان بارندگی رنگی می‌شوند: باران ملایم در سایه‌های آبی و باران شدید از سبز تا بنفش. هنگام بزرگنمایی، سطوح باران و شاخص‌های باران شدید نیز به عنوان یک مقدار نمایش داده می‌شوند. این اطلاعات ساکنان هامبورگ را قادر می‌سازد تا نسبت به اثرات تغییرات آب و هوایی حساس شوند. صاحبان املاک را تشویق می‌کند تا از راه‌حل‌های

زیرساخت سبز برای رویدادهای بارندگی شدید، مانند پارکینگ‌های قابل نفوذ، آگاه شوند. خود شهر نیز در حال آماده شدن برای تبدیل شدن به یک شهر اسفنجی با هدف تخلیه سیستم پساب با ذخیره موقت آب باران و سپس آزادسازی آرام آن با آب‌بندی مناطق، ایجاد بام‌های سبز بیشتر یا تبدیل پارک‌ها، میادین یا خیابان‌ها به ذخیره موقت آب مناطق است.

مورد ۱۵-۷: اتوماسیون: قوهای روباتیک سنگاپور کیفیت آب را آزمایش می‌کنند

هیئت خدمات عمومی سنگاپور (PUB) ربات هوشمند شبکه ارزیابی آب (SWAN) را برای نظارت بر کیفیت آب در پنج مخزن مارینا، پونگگل، سرانگون، پاندان و کرانجی ایجاد کرده است. در گذشته، نمونه‌برداری آب به صورت دستی و از طریق ایستگاه‌های ثابت پروفایل‌گر کیفیت آب انجام می‌شد که به طور مداوم بر کیفیت آب پایه نظارت می‌کردند. SWAN این فرآیند را با خودکارسازی فرآیند نظارت بر کیفیت آب خام در زمان واقعی و در مکان‌هایی با دسترسی سخت تکمیل می‌کند و هر SWAN pH، رسانایی، سطوح کلروفیل و کدورت را جمع‌آوری می‌کند. برای اطمینان از اینکه ربات هنگام جمع‌آوری داده‌ها محیط طبیعی را مختل نمی‌کند، طراحان PUB و موسسه تحقیقات محیطی دانشگاه ملی سنگاپور و موسسه علوم دریایی گرمسیری طرح‌ها را ارائه کردند. هر SWAN دارای یک نمونه‌بر کیفیت آب و نمایه‌گر کیفیت آب برای نظارت بر آب در زمان واقعی با داده‌هایی است که به صورت زنده به PUB ارسال می‌شود. SWAN‌ها همچنین دارای یک دوربین داخلی برای گرفتن عکس از سطح آب هستند. با این طیف از فناوری، ربات‌ها می‌توانند به طور مستقل کار کنند و تنها به نظارت اولیه و نگهداری عملیاتی نیاز دارند و منابع را برای انجام سایر وظایف آزاد می‌کنند.

مورد ۱۶-۷: تأثیرگذاری بر تغییر رفتار: آزمایش سنجش آب هوشمند سنگاپور

PUB فاز اول برنامه کنتور آب هوشمند خود را اجرا می‌کند. این امر مستلزم نصب ۳۰۰۰۰۰ کنتور آب هوشمند در اماکن مسکونی، تجاری و صنعتی جدید و موجود تا سال ۲۰۲۳ خواهد بود.

هدف PUB با استفاده از فناوری‌های دیجیتال، تشویق تغییرات رفتاری به سمت حفظ آب، بهینه‌سازی مدیریت تقاضای آب و دستیابی به کارایی عملیاتی بیشتر است. دو کارآزمایی تا به امروز در سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۸ انجام شده است که در مجموع ۸۰۰ خانوار به دلیل تشخیص زودهنگام نشت و اتخاذ عادات صرفه‌جویی در مصرف آب، میانگین صرفه‌جویی در مصرف آب را پنج درصد گزارش کردند. به عنوان بخشی از آزمایش، به خانوارها یک متر هوشمند داده شد که خوانش مصرف آب را به صورت بی‌سیم به PUB ثبت و ارسال می‌کند. یک اپلیکیشن تلفن هوشمند برای دانلود شرکت‌کنندگان آزمایشی به آنها امکان دسترسی به داده‌های مصرف آب روزانه خود را می‌داد. با مشاهده روند مصرف روزانه در برنامه، شرکت‌کنندگان قادر به نظارت بر مصرف آب خود و انجام تنظیمات صرفه‌جویی در مصرف آب در صورت نیاز بودند.

مورد ۱۷-۷: مشارکت جامعه: نشت آب Essex و Suffolk در نقشه منطقه

Essex و Suffolk Water یک نقشه آنلاین نشت آب ایجاد کرده‌اند که در آن مشتریان می‌توانند شرکت آب را در مورد نشت در منطقه خود مطلع کنند و پیشرفت شرکت آب را در حل این مشکل پیگیری کنند. نشت‌هایی که شرکت از آنها اطلاع دارد با نمادی مشخص شده‌اند که مشتریان می‌توانند روی آن کلیک کنند تا اطلاعات بیشتری کسب کنند. اگر نمادی برای نشت روی نقشه وجود نداشته باشد، شرکت آب از آن اطلاعی ندارد و بنابراین مشتریان می‌توانند یک فرم آنلاین را برای به روز رسانی نقشه پر کنند. هنگامی که مشتریان یک نشت را گزارش می‌کنند، مراحل زیر انجام می‌شود:

- **مرحله ۱:** اطلاعات مربوط به نشتی ثبت می‌شود و شرکت آب بسته به شدت و محل نشتی ظرف ۱ تا ۵ روز تکنسین نشتی را به محل نشتی می‌فرستد. اگر نشتی روی لوله‌های شرکت آب باشد، شرکت برای تعمیر برنامه‌ریزی می‌کند.
- **مرحله ۲:** اگر نشتی در لوله‌کشی خصوصی باشد، شرکت به مالک توصیه می‌کند و با تاریخی موافقت می‌کند که نشتی باید تا تاریخ تعمیر شود.
- **مرحله ۳:** از آنجایی که لوله‌های آب از زیر جاده‌ها و مسیرها عبور می‌کنند، شرکت آب اغلب قبل از شروع حفاری، از شورا‌های محلی مجوز می‌خواهد. برای اطمینان از ایمنی کاربران

- جاده، عابران پیاده و خدمه شرکت آب، ممکن است نیاز به چراغ‌های راهنمایی موقت یا انحراف ترافیک باشد. در این صورت، شورا ارزیابی انجام خواهد داد و اگر احساس کنند کار زیادی در این منطقه در حال انجام است، تاریخی را ارائه می‌دهند که شرکت آب می‌تواند برای رفع نشتی که ممکن است تا ۲۱ روز بعد تمام شده باشد، بازگردد.
- **مرحله ۴:** یک خدمه تعمیر شرکت آب از محل بازدید می‌کند، جاده یا مسیر پیاده‌روی را برای ترمیم نشتی حفر می‌کند و سپس منطقه را بازیابی می‌کند.
- **مرحله ۵:** یک تعمیر دائمی گودال در جاده یا مسیر پیاده روی انجام می‌شود.

مورد ۱۸-۷: سلف سرویس: Southern Water یک سرویس نشت را گزارش کرد

مشتریان آب جنوبی می‌توانند با استفاده از فرم آنلاین، نشت را گزارش کنند. ابتدا، مشتریان می‌توانند از بررسی کدپستی استفاده کنند تا ببینند آیا نشت در منطقه شرکت آب قرار دارد یا خیر. اگر اینطور باشد، مشتریان می‌توانند با پاسخ دادن به سؤالات زیر در مورد نشت به شرکت اطلاع دهند:

۱. نشتی چقدر بد است؟ آب روان یا چکه؟
۲. آیا آب شفاف است؟ بله یا خیر
۳. نشتی کجاست؟ تصاویر موجود در گزارش می‌تواند به شرکت آب کمک کند تا ارزیابی‌های بهتری انجام دهد و نشت‌ها را سریع‌تر برطرف کند. در صورت امکان، مشتریان می‌توانند عکسی از نشت و اطراف آن را ضمیمه کنند. سؤالات خاصی که مشتریان باید به آنها پاسخ دهند عبارتند از:

الف. مکان (نزدیک‌ترین نقطه عطف، به عنوان مثال، مغازه، شماره در، ساختمان)

ب. خیابان، شهر و کدپستی چیست؟

ج. نشتی از کجاست؟

i از میان زمین

ii از یک پوشش

iii سایر

۴. جزئیات تماس (نام، شماره تماس، ایمیل، و اینکه آیا مشتری مایل است از طریق تماس یا پیامک در جریان اطلاعات درز قرار گیرد یا خیر).

منابع

- ADB. "Public-Private Partnerships and Smart Technologies for Water Sector Development". (2013). <http://events.development.asia/system/files/materials/2018/07/201807-public-privatepartnerships-and-smart-technologies-water-sector-development-summary.pdf>.
- Adedeji, Kazeem B., Yskandar Hamam, Bolanle T. Abe, and Adnan M. Abu-Mahfouz. "Pressure Management Strategies for Water Loss Reduction in Large-Scale Water Piping Networks: A Review". Paper presented at the Advances in Hydroinformatics, Singapore, 2018 / 2018.
- Beal, C. D., and J. Flynn. "Toward the Digital Water Age: Survey and Case Studies of Australian Water Utility Smart Metering Programs". *Utilities Policy* 32 (2015 / 03 / 01 / 2015): 29–37.
- Brears, R.C. "Hamburg'S Online, Real-Time Heavy Rain Map". *Mark and Focus*, <https://medium.com/mark-and-focus/hamburg-s-online-real-time-heavy-rain-map-407e64777cc9>.
- ———. "The Rise of the Machines (in Managing Water)". *Mark and Focus*, <https://medium.com/mark-and-focus/the-rise-of-the-machines-in-managing-water-96e8c0426178>.
- ———. "Singapore's Robotic Swans Testing Water Quality". *Mark and Focus*, <https://medium.com/mark-and-focus/singapores-robotic-swans-testing-water-quality-30a97b666679>.
- ———. "The 'Waste No Water' Smart App". *Mark and Focus*, <https://medium.com/mark-and-focus/the-waste-no-water-smart-app-a54d0bef738f>. City of Austin. "Austin Green Business Leaders". <https://austintexas.gov/departments/austin-greenbusiness-leaders>.
- Cominola, A., K. Nguyen, M. Giuliani, R. A. Stewart, H. R. Maier, and A. Castelletti. "Data Mining to Uncover Heterogeneous Water Use Behaviors from Smart Meter Data". *Water Resources Research* 55, no. 11 (2019 / 11 / 01 2019): 9315–33.
- Cominola, Andrea, Rohan Nanda, Matteo Giuliani, Dario Piga, Andrea Castelletti, Andrea Emilio Rizzoli, Alexandros Maziotis, Paola Garrone, and Julien Harou. "The Smarth2o Project: A Platform Supporting Residential Water Management through Smart Meters and Data Intensive Modeling". In *American Geophysical Union 2014 Fall Meeting*, 2014.
- DC Water. "High Usage Alerts". <https://www.dewater.com/high-usage-alerts>.
- Ecoconsultancy. "How Can Water Companies Use Digital to Improve Customer Experience?" <https://econsultancy.com/digital-customer-experience-water-ofwat/>.
- Eisingerich, Andreas B., André Marchand, Martin P. Fritze, and Lin Dong. "Hook Vs. Hope: How to Enhance Customer Engagement through Gamification". *International Journal of Re-*

search in Marketing 36, no. 2 (2019/06/01 / 2019): 200–15.

- Esri. “Transforming Business Processes Enterprise-Wide”. <https://resource.esri.com/esri-resources/thames-water/>.
- Essex and Suffolk Water. “Leaks in Your Area”. <https://eswcommunityportal.co.uk/Leaks>
- Fuentes, Christian, and Niklas Sörum. “Agencing Ethical Consumers: Smartphone Apps and the Socio-Material Reconfiguration of Everyday Life”. *Consumption Markets & Culture* 22, no. 2 (2019/03/04 2019): 131–56.
- Geetha, S., and S. Gouthami. “Internet of Things Enabled Real Time Water Quality Monitoring System”. *Smart Water* 2, no. 1 (2017/07/27 2017): 1.
- IWA. “Ai Basics for Advanced Water Wise Utilities – Part 1”. <https://iwa-network.org/ai-basics-foradvanced-water-wise-utilities-part-1/>.
- IWRA and K-Water. “Smart Water Management Case Study Report”. (2018). <https://www.iwra.org/swmreport/>.
- Kentucky Water Resources Research Institute. “Water Distribution System Toolkit”. <http://www.uky.edu/WDST/SCADA.html>.
- Kirmeyer, G.J., and AWWA Research Foundation. *Guidance Manual for Maintaining Distribution System Water Quality*. AWWA Research Foundation and American Water Works Association, 2000.
- Mamun, A. K., R. F. Islam, R. Haque, G. M. M. Khan, N. A. Prasad, H. Haqva, R. R. Mudliar, and S. F. Mani. “Smart Water Quality Monitoring System Design and Kpis Analysis: Case Sites of Fiji Surface Water”. *Sustainability* 11, no. 24 (2019).
- Monroe, West. “3 Enablers to Water Utility Customer Centricity”. <https://blog.westmonroepartners.com/does-your-water-utility-have-a-customer-centric-workforce/>.
- Moreno-Munoz, A., F. J. Bellido-Outeirino, P. Siano, and M. A. Gomez-Nieto. “Mobile Social Media for Smart Grids Customer Engagement: Emerging Trends and Challenges”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 53 (2016/01/01 / 2016): 1611–16.
- Ofwat. “Tapped in – from Passive Customer to Active Participant Report”. (2017). <https://www.ofwat.gov.uk/publication/tapped-in-from-passive-customer-to-active-participant/>.
- Oracle. “New Additions! The Best Water Utility Social Media Accounts You Should Be Following Right Now”. <https://blogs.oracle.com/utilities/the-best-water-utility-social-media-accountsyou-should-be-following-right-now>.
- Process Technology. “Scada Upgrade Benefits Yarra Valley Water”. <https://www.processonline.com.au/content/process-control-systems/article/scada-upgrade-benefits-yarra->

valley-water-340743931.

- PUB. "About the Smart Water Meter Programme". <https://www.pub.gov.sg/smartwatermeterprogramme/about>.
- Public Utilities Board, Singapore. "Managing the Water Distribution Network with a Smart Water Grid". Smart Water 1, no. 1 (2016/07/21 2016):4.
- PwC. "Fourth Industrial Revolution for the Earth Harnessing Artificial Intelligence for the Earth". (2018). <https://www.pwc.com/gx/en/sustainability/assets/ai-for-the-earth-jan-2018.pdf>.
- SA Water. "Smart Tech Success in Sa's Sewers". <https://www.sawater.com.au/news/smart-techsuccess-in-sas-sewers>.
- ———. "Smart Water Network". <https://www.sawater.com.au/current-projects/smart-water-network>
- Samir, Nourhan, Rawya Kansoh, Walid Elbarki, and Amr Fleifle. "Pressure Control for Minimizing Leakage in Water Distribution Systems". Alexandria Engineering Journal 56, no. 4 (2017/12/01/2017): 601–12.
- Schultz, Wesley, Shahram Javey, and Alla Sorokina. "Smart Water Meters and Data Analytics Decrease Wasted Water Due to Leaks". Journal – AWWA 110, no. 11 (2018/11/01 2018): E24–E30.
- Silo.AI. "How Artificial Intelligence Is Transforming the Water Sector: Case Ramboll". <https://silo.ai/how-artificial-intelligence-is-transforming-the-water-sector-case-ramboll/>.
- Software Advice. "How to Optimize Utility Asset Management with Gis". <https://www.softwareadvice.com/resources/optimize-utility-asset-management-with-gis/>.
- Southern Water. "Report a Leak". <https://www.southernwater.co.uk/help-advice/leaks/report-a-leak> Tsakalides, P., A. Panousopoulou, G. Tsagkatakis, and L. Montestrucque. Smart Water Grids: A Cyber-Physical Systems Approach. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2018.
- Tyrväinen, Olli, Heikki Karjaluo, and Hannu Saarijärvi. "Personalization and Hedonic Motivation in Creating Customer Experiences and Loyalty in Omnichannel Retail". Journal of Retailing and Consumer Services 57 (2020/11/01/2020): 102233.
- Umwelt und Informationstechnologie Zentrum. "Gis in Water Resource Monitoring". <http://uizen.trum.de/en/gis-in-water-resource-monitoring-2/>
- United Utilities. "Final Water Resources Management Plan" (2015). https://www.unitedutilities.com/globalassets/z/corporate-site/about-us-pdfs/water-resources/wrmpmainreport_acc17.pdf.

- Ventura Water. (2016). https://www.cityofventura.ca.gov/DocumentCenter/View/8309/Pipeline_nov16_print?bidId=>=
- WaterBriefing. "United Utilities Awards Amp7 Contracts for Supply of Pressure Management Valve Controllers". <https://www.waterbriefing.org/home/contracts/item/17094-united-utilitiesawards-amp7-contracts-for-supply-of-pressure-management-valve-controllers>.
- WHO. "Leakage Management and Control – a Best Practice Training Manual". https://www.who.int/docstore/water_sanitation_health/leakage/begin.html#Contents.
- WNS. "The Social Media Manual for the Utility Industry: Guidelines, Best-Practices and Outsourcing-Strategies". <https://www.wns.com/insights/articles/articledetail/71/the-socialmedia-manual-for-the-utility-industry-guidelines-best-practices-and-outsourcing-strategies>.
- Yorkshire Water. "Open Data". <https://www.yorkshirewater.com/open-data/YSI>. "Ysi Technology Used to Monitor Source Water before Reaching Treatment Plants in Nyc". (2016). <https://www.ysi.com/File%20Library/Documents/Application%20Notes/A507-Monitoring-Source-Water-Before-It-Reaches-Treatment-Plants-in-New-York-City.pdf>.

فصل هشتم

ابزارها و رویکردهای مالی نوآورانه برای پروژههای آب

چکیده

تقاضای جهانی برای آب به دلیل رشد جمعیت، شهرنشینی، توسعه اقتصادی و تغییر الگوهای مصرف در حال افزایش است. تغییرات اقلیمی تعداد افرادی را که در معرض سیل و خشکسالی قرار می‌گیرند افزایش می‌دهد. در این میان، روندهای مختلف اقلیمی و غیراقلیمی باعث کاهش کیفیت آب در آبراهه‌ها می‌شود که هم انسان و هم طبیعت را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با این حال، سرمایه‌گذاری کم قابل توجهی در مدیریت منابع آب، از جمله راه‌حل‌های مبتنی بر طبیعت، برای رویارویی با این چالش‌ها در سطح جهانی وجود دارد. با این وجود، ابزارها و رویکردهای مالی نوآورانه مختلفی برای اطمینان از ارائه خدمات مرتبط با آب و آب پایدار، قابل اعتماد، انعطاف‌پذیر و مقرون به صرفه وجود دارد که انتظارات مشتریان را در آینده برآورده می‌کند.

کلمات کلیدی: تامین مالی آب، ابزارهای اقتصادی و مالی، مجوزهای قابل تجارت، پرداخت خدمات اکوسیستمی، اوراق قرضه (سهام) سبز، مشارکت‌های دولتی و خصوصی.

۱-۸- مقدمه

تقاضای جهانی برای آب به دلیل رشد جمعیت، شهرنشینی، توسعه اقتصادی و تغییر الگوهای مصرف در حال افزایش است. تغییرات اقلیمی تعداد افرادی را که در معرض سیل و خشکسالی قرار می‌گیرند افزایش می‌دهد. در این میان، روندهای مختلف اقلیمی و غیراقلیمی باعث کاهش کیفیت آب در آبراهه‌ها می‌شود که هم انسان و هم طبیعت را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با این حال، سرمایه‌گذاری کم قابل توجهی در مدیریت منابع آب، از جمله راه حل‌های مبتنی بر طبیعت، برای رویارویی با این چالش‌ها در سطح جهانی وجود دارد. ۱-۳ این فصل ابتدا کمبود اولیه منابع مالی موجود برای پروژه‌های آب را مورد بحث قرار می‌دهد، قبل از بحث در مورد ابزارها و رویکردهای مالی نوآورانه مختلف در دسترس برای اطمینان از ارائه خدمات مرتبط با آب و آب پایدار، قابل اعتماد، انعطاف پذیر و مقرون به صرفه که انتظارات مشتریان را در آینده برآورده می‌کند.

۲-۸- غلبه بر موانع تامین مالی آب

در سطح جهانی، برای اطمینان از دسترسی همگانی و عادلانه به آب آشامیدنی سالم و مقرون به صرفه برای همه، که حدوداً سه برابر سطح سرمایه‌گذاری فعلی است، سرمایه‌گذاری اضافی ۱٫۷ تریلیون دلاری باید انجام شود. در همین حال، مقیاس سرمایه‌گذاری در امنیت آب باید به طور قابل توجهی افزایش یابد و برآوردها از ۶٫۷ تریلیون دلار تا سال ۲۰۳۰ تا ۲۲٫۶ تریلیون دلار تا سال ۲۰۵۰ متغیر است. با این وجود، چند مانع وجود دارد که بین تامین مالی فعلی و نیازهای آتی شکاف ایجاد می‌کند، از جمله موارد زیر:

- آب به طور کلی یک منبع دارای ارزش است که به درستی توسط سرمایه‌گذارانی که به در دسترس بودن آن در سایر بخش‌ها مانند توسعه شهری، کشاورزی و انرژی و غیره وابسته هستند یا بر آن تأثیر می‌گذارد، در نظر گرفته نمی‌شود.
- خدمات آب اغلب کمتر از قیمت است که منجر به بازیابی هزینه کم برای سرمایه‌گذاری در آب می‌شود.

- زیرساخت‌های آب به طور کلی سرمایه بر، با هزینه‌های غرق شده بالا و دوره بازگشت طولانی است.
- مدیریت آب منافع عمومی و خصوصی را فراهم می‌کند که بسیاری از آنها به راحتی قابل کسب درآمد نیستند. این باعث کاهش جریان‌های بالقوه درآمد می‌شود.
- پروژه‌های آب اغلب بسیار کوچک یا بسیار مختص به زمینه هستند، هزینه‌های مبادله را افزایش می‌دهند و توسعه مدل‌های تامین مالی نوآورانه را دشوار می‌کنند.
- مدل‌های کسب و کار اغلب در پشتیبانی از بهره‌وری عملیات و تعمیر و نگهداری شکست می‌خورند، و توانایی حفظ حداقل هزینه خدمات در طول زمان را مختل می‌کنند.^{۴-۷}

برای غلبه بر این موانع، پانل سطح عالی آب مجموعه‌ای از اصول را تعریف کرده است که باید برای کمک به تامین مالی سرمایه‌گذاری‌ها، افزایش خدمات آب، کاهش خطرات مرتبط با آب و کمک به رشد پایدار دنبال شوند:

- به حداکثر رساندن ارزش دارایی‌های موجود برای سرمایه‌گذاری‌های مرتبط با آب: ارائه دهندگان خدمات می‌توانند نیازهای سرمایه‌گذاری کلی را کاهش دهند و کارایی سرمایه را از طریق بهبود کارایی عملیاتی و اثربخشی زیرساخت‌های موجود بهبود بخشند. بهبودها می‌تواند از بهره‌برداری و نگهداری خوب زیرساخت‌ها و مدیریت تقاضا ناشی شود.

- **طراحی مسیرهای سرمایه‌گذاری که مزایای مرتبط با آب را در درازمدت به حداکثر می‌رساند:** مزایای متعددی که سرمایه‌گذاری‌های مرتبط با آب ایجاد می‌کند به نحوه طراحی و ترتیب سرمایه‌گذاری‌ها برای دستیابی به اهداف استراتژیک از جمله سازگاری با تغییرات آب و هوایی بستگی دارد. این بدان معناست که پروژه‌ها باید به گونه‌ای طراحی شوند که مقیاس پذیر و قابل تنظیم با شرایط متغیر باشند
- **اطمینان از هم افزایی و مکمل بودن با سرمایه‌گذاری در سایر بخش‌ها:** سیاست‌های خارج از بخش آب باید تشویق شوند تا خطرات آب را در نظر بگیرند، که به نوبه خود سرمایه‌گذاری‌های آب را تحریک می‌کند.

- **جذب منابع مالی بیشتر با بهبود مشخصات ریسک-بازده سرمایه‌گذاری‌های آب:** دولت‌ها می‌توانند طیف وسیعی از ابزارهای سیاست مالی را برای بازایی هزینه‌های سرمایه‌گذاری از دینفعان، بهبود قابلیت مالی شرکت‌های آب و برق، و ایجاد جریان درآمدی برای بهبود مشخصات ریسک-بازده سرمایه‌گذاری‌های مرتبط با آب به کار گیرند.^۸

ابزارهای اقتصادی این امکان را فراهم می‌آورند که هزینه‌های زیست‌محیطی یا اجتماعی در قیمت کالاها، خدمات یا فعالیت‌هایی که باعث ایجاد آنها می‌شوند، گنجانده شود. این سیگنال قیمت را به کاربران یا مصرف‌کنندگان ارسال می‌کند تا استفاده ناکارآمد و بیهوده از منابع را کاهش دهند و تخصیص بهینه آنها را تقویت کنند. ابزارهای اقتصادی را می‌توان برای ارتقای فعالیت‌های اقتصادی کارآمد و در نتیجه ارتقای نوآوری و رقابت استفاده کرد. در مورد آلودگی، ابزارهای اقتصادی امکان اجرای اصل آلاینده-پرداخت را میسر می‌سازد و باعث می‌شود که آلاینده به جای اینکه جامعه به عنوان یک کل خسارتی که ایجاد می‌کند بپردازد. در عین حال، اطمینان از ارائه خدمات پایدار، قابل اعتماد، انعطاف‌پذیر و مقرون به صرفه مربوط به آب و آب مستلزم سرمایه‌گذاری قابل توجه و در نتیجه تامین مالی است.

۳-۸- قیمت آب

قیمت آب هدف اصلی تامین مالی زیرساخت‌های تامین آب است. قیمت آب باید در سطحی تعیین شود که بازایی هزینه‌های هر بخش (کشاورزی، خانوارها و صنعت) و تخصیص هزینه‌ها به هر بخش (جلوگیری از یارانه‌های متقابل) را تضمین کند. قیمت آب باید با سه نوع هزینه مرتبط باشد:

- **هزینه‌های اقتصادی مستقیم:** بازایی کامل هزینه‌های اقتصادی خدمات آب مستلزم این است که قیمت آب شامل موارد زیر باشد:

- هزینه‌های عملیاتی و نگهداری زیرساخت‌های آب

- هزینه‌های سرمایه‌ای برای احداث این زیرساخت آبی
- ذخایر برای سرمایه‌گذاری‌های آتی در زیرساخت‌های آب

- **هزینه‌های اجتماعی:** هزینه‌های اجتماعی، مستقیم و غیرمستقیم، ارائه خدمات آب عمدتاً با توجه به تنظیمات زمینه‌ای خاص متفاوت است. به این ترتیب، محاسبه و مقایسه این هزینه‌ها در تنظیمات مختلف به طور کلی امکان‌پذیر نیست.
- **هزینه‌های زیست محیطی:** هزینه‌های زیست محیطی فعالیت‌های اقتصادی عموماً در قیمت‌های تعیین شده در بازار منعکس نمی‌شود، بلکه به عنوان عوامل خارجی ظاهر می‌شود. اصل بازیابی کامل هزینه ایجاد می‌کند که این هزینه‌ها در نظر گرفته شود.

به طور کلی، قیمت‌های آب که نشان‌دهنده هزینه‌های کامل (هزینه‌های اقتصادی و زیست محیطی) هستند، سیگنال‌های قیمتی را به مصرف‌کنندگان آب ارائه می‌کنند تا در عین تولید ابزارهایی برای تضمین زیرساخت‌های آب پایدار، کارآمدتر باشند.

مورد ۱-۸: افزایش میزان مصرف آب و پساب شهر تورنتو

برنامه آب و پساب شهر تورنتو در حال حاضر به طور کامل بر اساس «پرداخت در صورت تمایل» از طریق نرخ ترکیبی آب و پساب تامین می‌شود. ارائه خدمات آب و پساب متکی به مالیات بردارایی یا تامین مالی وام/قرض نیست. براساس پیش‌بینی به روز مصرف آب و طرح پایتخت، شورای شهر افزایش سه درصدی نرخ مصرف آب و پساب را از اول ژانویه ۲۰۲۰ توصیه کرده است. افزایش نرخ برای مشترکین مسکونی (بلوک ۱) و صنعتی (نرخ آب بلوک ۲) اعمال می‌شود (جدول ۱-۸). افزایش سه درصدی، ۳۷٫۱۷ میلیون دلار درآمد اضافی برای برنامه ایجاد خواهد کرد. افزایش نرخ توصیه شده منجر به مصرف متوسط خانوارها، مصرف ۲۳۰ متر مکعب در سال، پرداخت ۲۷ دلار اضافی در طول سال تقویمی می‌شود، در حالی که تاثیر این افزایش بر روی یک مشتری تجاری با نرخ بلوک ۱ و یک مصرف‌کننده صنعتی با نرخ بلوک ۲، با مصرف سالانه ۱۰۰۰۰۰ مترمکعب به ترتیب ۱۱۸۶۰ دلار و ۸۴۷۸ دلار خواهد بود (که دومی نشان

دهنده تخفیف ۳۰ درصدی نسبت به نرخ بلوک ۱ برای مصرف‌کنندگان صنعتی واجد شرایط با برنامه نرخ آب صنعتی شهر است). در همین حال، تأثیر بر مصرف‌کننده صنعتی بزرگ ۱۰۰۰۰۰۰ مترمکعبی واجد شرایط نرخ بلوک ۲ ۸۳۱۷۸ دلار خواهد بود.

برنامه نرخ آب صنعتی برای کمک به رشد اقتصادی و تشویق صرفه‌جویی در مصرف آب (معروف به نرخ آب بلوک ۲) نرخ آب با تخفیف را به تولیدکنندگان در تورنتو ارائه می‌دهد. این برنامه برای تولیدکنندگانی که:

- سالانه بیش از ۵۰۰۰ متر مکعب آب مصرف کنید
- در طبقه مالیات دارایی صنعتی قرار می‌گیرند
- کاملاً با قانون پساب تورنتو مطابقت دارند
- ارائه یک طرح جامع صرفه‌جویی در مصرف آب که رضایت مدیر کل شرکت آب تورنتو را جلب کند.

جدول ۸-۱: افزایش نرخ آب و پساب در آب تورنتو

مصرف سالانه	پرداخت شده در تاریخ سررسید یا قبل از آن (\$/m ³)	پرداخت پس از سررسید (\$/m ³)
نرخ آب بلوک ۱: کلیه مصرف‌کنندگان آب با احتساب ۵۰۰۰ مترمکعب اول مصرف سالانه مصرف‌کنندگان صنعتی.	۴,۰۷۳۵	۴,۲۸۷۸
نرخ آب بلوک ۲: مصرف آب صنعتی بیش از ۵۰۰۰ متر مکعب در سال است که نشان دهنده کاهش ۳۰ درصدی نرخ آب بلوک ۱ است.	۲,۸۵۱۴	۳,۰۰۱۴

۴-۸- تخفیف هزینه آب سیل

شهرها می‌توانند توسعه‌دهندگان و صاحبان املاک را برای مدیریت آب سطحی و همچنین حفظ فضای باز و محافظت یا کاشت درختان با ارائه تخفیف در هزینه آب سطحی تشویق کنند. هدف تخفیف هزینه آب سطحی کاهش ظرفیت و هزینه مورد نیاز روش‌های تصفیه آب سطحی

است. آنها به صاحبان املاک اجازه می‌دهند تا با کاهش سطوح غیرقابل نفوذ یا با استفاده از تکنیک‌های زیرساخت سبز که میزان رواناب سطحی را کاهش می‌دهد، میزان هزینه‌های آب سطحی را کاهش دهند. قبل از تنظیم تخفیف، آژانس مسئول باید اهداف مدیریتی مناسبی را تعیین کند و نحوه اعتبار دادن به مالکان املاک خصوصی را برای اقدامی که در حال تشویق است تعیین کند. معمولاً برای شهرها تخفیف درصدی برای سطح عملکرد ارائه می‌شود. این تخفیف معمولاً برای کاهش مقدار آب سطحی داده می‌شود. همچنین می‌توان برای کاهش سطح غیرقابل نفوذ یا برای اجرای اقدامات زیرساخت سبز خاص، تخفیف ارائه کرد.

مورد ۲-۸: اعتبارات خدمات آب سطحی شهر گونلف برای مشاغل

شهر گونلف، کانادا، یک برنامه اعتباری خدمات آب سطحی را ارائه می‌دهد که در آن املاک صنعتی، تجاری، نهادی و چند مسکونی شش واحدی یا بیشتر ممکن است واجد شرایط دریافت اعتبار در صورت حساب آب سطحی خود تا ۵۰ درصد باشند. کاهش رواناب در شهر از سیل جلوگیری می‌کند، از منابع آب و زیستگاه حیات وحش Guelph محافظت می‌کند و هزینه‌های صاحبان املاک و شهر Guelph را کاهش می‌دهد. اعتبارات آب سطحی در چهار دسته موجود است که با اهداف کلی شهر از برنامه مدیریت آب سطحی آن همسو است (جدول ۲-۸).

جدول ۲-۸: مقوله‌های اعتباری شهر گونلف.

دسته اعتباری	شرح	حداکثر اعتبار (با سقف ۵۰ درصد)
کاهش پیک جریان	تأسیساتی که اوج جریان آب خروجی از ملک را بر اساس میزان خروجی در مقایسه با شرایط هیدرولوژیکی طبیعی کنترل می‌کنند.	۱۵ درصد
کاهش حجم رواناب	تأسیساتی که میزان آب سطحی باقی مانده در ملک را بر اساس حجم نگهداری ناشی از افزایش نفوذ، تبخیر و تعرق یا استفاده مجدد کنترل می‌کنند.	۴۰ درصد
تصفیه آب با کیفیت	تأسیساتی که بر اساس نوع تصفیه، کاهش بار آلاینده یا سطح حفاظت وزارت محیط زیست و منابع تغییر اقلیم، کیفیت آب سطحی خروجی از ملک را کنترل می‌کنند.	۱۵ درصد
عملیات و فعالیت‌ها	اقدامات غیر ساختاری از جمله برنامه‌های آموزشی و روش‌های پیشگیری از آلودگی / مدیریت خطر	۱۵ درصد

۵-۸- معاملات اعتباری حجم سیلاب

معاملات اعتباری حجم سیلاب یک گزینه انطباق در محل برای توسعه‌دهندگان املاک یا مالکانی که مشمول مقررات مدیریت آب سطحی هستند، فراهم می‌کند. در بسیاری از موارد، مقررات شامل الزامات نگهداری یا بازداشت در محل برای توسعه‌های جدید یا پروژه‌های توسعه مجدد بیش از اندازه معین است. برنامه معاملات اعتباری توسعه‌دهندگان یا صاحبان املاک مشمول این مقررات را قادر می‌سازد تا تمام یا بخشی از نیازهای خود را در خارج از سایت با خرید اعتبارات حجمی آب باران برآورده کنند. این اعتبارات از نصب و نگهداری پروژه‌های زیرساخت سبز واقع در خارج از محل ایجاد می‌شود. به طور خاص، اعتبار می‌تواند توسط:

- توسعه‌دهندگان یا صاحبان املاک که به طور داوطلبانه پروژه‌های مقاوم‌سازی زیرساخت سبز را در املاکی که مشمول الزامات زیرساخت سبز پس از ساخت نیستند، اجرا می‌کنند.
- توسعه‌دهندگان یا صاحبان املاک که مشمول الزامات زیرساخت سبز هستند، اما پروژه‌های زیربنایی سبز را می‌سازند که از حداقل نیازهای آب سطحی فراتر می‌رود.

یک برنامه معاملاتی به یک نهاد محلی نیاز دارد که بر بازار معاملات نظارت و مدیریت کند و اطمینان حاصل کند که پروژه‌های زیرساخت سبز که اعتبارات را ایجاد می‌کنند در طول زمان به درستی نگهداری می‌شوند. این عملکرد معمولاً توسط یک آژانس آب باران ارائه می‌شود، اما یک نهاد مستقل می‌تواند برای مدیریت برنامه ایجاد شود. برخی از مزایای اصلی برنامه اعتباری حجم آب سطحی شامل موارد زیر است:

- این امکان را برای توسعه‌دهندگان و صاحبان املاک فراهم می‌کند زیرا آنها می‌توانند گزینه ارزان‌تر را انتخاب کنند. در برخی موارد، خرید اعتبار از یک ارائه‌دهنده خارج از سایت نسبت به مدیریت آب سطحی در محل ارزان‌تر خواهد بود.
- خرید اعتبار می‌تواند به توسعه‌دهندگان یا مالکان املاک اجازه دهد تا از مناطق قابل ساخت اضافی در محل، از جمله مناطق پشت بام یا زیرزمینی استفاده کنند.

- کیفیت کلی آب در یک شهر یا حوضه آبخیز می‌تواند بهبود یابد زیرا یک برنامه تجاری تعداد بیشتری از تأسیسات زیرساخت سبز کوچک را در سراسر یک منطقه در مقایسه با تعداد کمتری از زیرساخت‌های سبز بزرگتر، همه در محل، امکان پذیر می‌کند.

مورد ۳-۸: برنامه باززرگانی اعتبار نگهداشت آب سطحی واشنگتن دی سی

دپارتمان انرژی و محیط زیست واشنگتن دی سی (DOEE) برنامه باززرگانی اعتبار حفظ آب سطحی (SRC) را اجرا می‌کند که به صاحبان املاک و توسعه‌دهندگان این امکان را می‌دهد تا با نصب زیرساخت‌های سبز یا حذف سطوح غیرقابل نفوذ، درآمد حاصل از پروژه‌هایی را که رواناب آب سطحی را کاهش می‌دهند، به دست آورند. فروشندگان SRC می‌توانند با فروش به DOEE از طریق برنامه قفل قیمت SRC و همچنین از طریق بازار آزاد به املاکی که الزامات نظارتی برای مدیریت آب سطحی دارند، قیمت فروش را تعیین کنند. برنامه قفل قیمت SRC مولدهای SRC را قادر می‌سازد SRCها را با قیمت‌های ثابت به DOEE بفروشند، کف قیمتی را در بازار SRC ایجاد می‌کند و اطمینانی در مورد درآمد حاصل از یک پروژه تولید SRC ارائه می‌کند. اگر شرکت‌کنندگان به خریدار دیگری بفروشند، DOEE نیز بخشی از قیمت خرید را از طرف خریدار می‌پردازد. علاوه بر این، DOEE کمک هزینه‌های راه اندازی SRC Aggregator را تا سقف ۷۵۰۰۰ دلار برای حمایت از مشاغل تولید کننده SRC ارائه می‌دهد. این کمک هزینه می‌تواند برای کسب و کارها برای ارزیابی سایت‌ها برای امکان سنجی بهسازی زیرساخت‌های سبز استفاده شود، با وجوهی که می‌تواند برای حمایت از کارهای فنی و توسعه‌ای برای شناسایی و تجمیع SRCها از پروژه‌های زیرساخت سبز در سیستم پساب شهری مجزای سیل در چندین سایت استفاده شود. از طریق کار فنی و فراگیر که توسط کمک مالی تأمین می‌شود، کسب و کارها می‌توانند مجموعه‌ای از پروژه‌ها را که برای تولید SRC مناسب هستند شناسایی کرده و در برنامه قفل قیمت SRC شرکت کنند. انتظار می‌رود که برنامه قفل قیمت SRC و کمک هزینه‌های راه اندازی SRC Aggregator، تولید SRCها را در زمین‌های متعلق به غیر انتفاعی‌ها، مانند کلیساها، گورستان‌ها، مدارس، و مؤسسات مشابه با اولویت‌بندی بودجه برای این پروژه‌ها توسط DOEE آسان‌تر کند.

۸-۶- مالیات‌های زیست محیطی

طبق گفته OECD، مالیات‌های زیست محیطی به طور مستقیم به شکست بازار می‌پردازد که باعث می‌شود بازارها اثرات زیست محیطی را نادیده بگیرند. یک مالیات زیست محیطی که به خوبی طراحی شده باشد، قیمت یک کالا یا فعالیت را افزایش می‌دهد تا هزینه آسیب زیست محیطی را که بر دیگران تحمیل می‌کند، منعکس کند. آسیب به دیگران، یک امر خارجی، در قیمت‌های بازار درونی می‌شود. این تضمین می‌کند که بازیگران اقتصادی، از جمله مصرف‌کنندگان و شرکت‌ها، این هزینه‌ها را در تصمیم‌گیری خود در نظر بگیرند. مالیات‌های زیست محیطی مزایای دیگری از جمله انگیزه مداوم برای کاهش (آنها انگیزه مستمری برای کاهش آلودگی ایجاد می‌کنند)، بهبود رقابت فناوری‌های جایگزین سازگار با محیط زیست (کمک به دوام بیشتر جایگزین‌ها بدون نیاز به یارانه‌های مستقیم) و ایجاد یک انگیزه قوی ارائه می‌کنند. نوآوری (مالیات‌ها هزینه تولید آلودگی را برای یک آلوده‌کننده افزایش می‌دهد و به شرکت‌ها انگیزه‌ای برای توسعه نوآوری‌ها و پذیرش نوآوری‌های موجود می‌دهد). در همین حال، جایگزینی برای مالیات‌های زیست محیطی، ارائه مشوق‌های مالیاتی برای یارانه دادن به کالاها یا اقدامات مفید برای محیط زیست است. در زمینه مدیریت منابع آب، مالیات‌های زیست محیطی پرداخت‌های اجباری به مقامات مالی برای رفتارهایی است که منجر به تخریب محیط زیست آبی می‌شود، با هدف تشویق رفتار جایگزین به جای مورد هدف مالیات، به عنوان مثال، استفاده از تکنیک‌ها و محصولات کمتر آلاینده. به طور کلی، مالیات‌های زیست محیطی باید:

- به گونه‌ای طراحی شود که آلاینده یا رفتار آلاینده را به استثنای چند مورد هدف قرار دهد
- به اندازه دامنه آسیب‌های زیست محیطی وسیع باشد
- متناسب با آسیب‌های زیست محیطی باشد
- برای ایجاد انگیزه در بهبود محیط زیست، قابل اعتماد و نرخ آن قابل پیش‌بینی باشد
- کمک به تحکیم مالی یا کمک به کاهش مالیات‌های دیگر
- برای اطمینان از پذیرش عمومی به وضوح اطلاع‌رسانی شود.

مورد ۴-۸: مالیات آفت‌کش‌ها در دانمارک

مالیات بر آفت‌کش دانمارک ارتباط نزدیکی با هدف کاهش شاخص بار آفت‌کش دارد. از اول ژوئیه ۲۰۱۳، مالیات پرداختی بر آفت‌کش‌ها بر اساس میزان تأثیرات آفت‌کش‌ها بر سلامت، طبیعت و آب‌های زیرزمینی است. این مالیات، مالیات بر فروش به ازای هر واحد لیتر یا کیلوگرم نماینده است که مالیات هر محصول بر اساس موارد زیر تعیین می‌شود:

۱. بار سلامت (هزینه: ۱۰۷ کرون در هر لیتر یا کیلوگرم متوسط در هر واحد بار)
۲. بار تأثیرات محیطی (مالیات: ۱۰۷ کرون به ازای هر کیلوگرم یا لیتر متوسط در هر واحد بار)
۳. بار رفتاری محیطی (کارمزد: ۱۰۷ کرون به ازای هر کیلوگرم یا لیتر متوسط در هر واحد بار)
۴. غلظت ماده فعال / بار پایه (هزینه: ۵۰ کرون برای هر کیلوگرم یا لیتر ماده فعال)

۷-۸- یارانه‌ها

OECD یارانه‌ها را این گونه تعریف می‌کند: «مداخله‌های دولت از طریق اصلاح پرداخت‌های مستقیم و غیرمستقیم، مقررات قیمت، و اقدامات حفاظتی برای حمایت از اقداماتی که به نفع انتخاب‌های غیردوستانه با محیط زیست نسبت به گزینه‌های دوستدار محیط زیست است». با این وجود، یارانه‌ها ابزارهای اقتصادی هستند که می‌توانند به عنوان انگیزه‌ای برای تحریک تغییر در رفتار کاربر به سمت رفتار دوستدار محیط زیست یا تشویق سرمایه‌گذاری در تکنیک‌های تولید سازگار با محیط زیست، کاهش یا حذف اثرات نامطلوب استفاده شوند.^{۲۳} اصول زیر باید رعایت شود تا اطمینان حاصل شود که یارانه‌ها رفتار یا فناوری‌های سازگار با محیط زیست را ترویج می‌کنند:

- **یارانه‌ها باید به نتیجه سیاست مورد نظر دست یابند:** یارانه‌ها نیازمند طراحی هوشمندانه و شفافیت در مورد اهداف سیاست و اهداف کوتاه مدت و بلند مدت هستند.

- **یارانه‌ها باید به گروه‌های هدف مورد نظر برسد:** آنها نیاز به شفافیت در مورد اینکه چه کسی گروه هدف مورد نظر است و چگونه می‌توان به بهترین شکل به آنها رسید، دارد. همچنین نیاز به نظارت دقیق برای پیگیری نحوه رسیدن یارانه‌ها به گروه‌های مورد نظر دارد.
- **یارانه‌ها باید از نظر مالی پایدار باشند:** درک کامل هزینه‌های بالقوه برنامه مورد نیاز است. هزینه‌ها شامل هزینه‌های سرمایه اولیه و هزینه‌های عملیاتی و نگهداری طولانی مدت می‌شود.
- **یارانه‌ها باید نیازهای مردم محلی را یکپارچه کنند:** برای تضمین پایداری فناوری زیست محیطی یارانه ای، تسهیل ادغام و مشارکت ذینفعان محلی و ایجاد حس مالکیت نسبت به زیرساخت‌های جدید از اهمیت اساسی برخوردار است.
- **یارانه‌ها باید به طور شفاف و شفاف اجرا شوند:** از آنجایی که یارانه‌ها شامل بودجه عمومی می‌شود، برنامه‌های یارانه باید شفاف و شفاف باشد و خانوارها یا جوامع واجد شرایط را قادر به دسترسی به آنها و ارائه مکانیسم‌های رجوع روشن در مواردی که پیشنهاد نادرستی وجود دارد، ارائه شود.

مورد ۵-۸: یارانه‌های فلاندر برای سرمایه‌گذاری‌های دوستدار محیط زیست

فلاندر، بلژیک برای تشویق سرمایه‌گذاری‌های سبز سازگار با محیط‌زیست، کمک‌های سرمایه‌گذاری ارائه می‌کند. نوآوری و کارآفرینی فلاندر (VLAIO) دو نوع یارانه برای سرمایه‌گذاری سبز ارائه می‌دهد:

— EP-Plus: Ecology Premium-Plus (EP-Plus) به سرمایه‌گذاری در فناوری‌هایی اعطا می‌شود که در لیست فناوری محدود (LTL) قرار دارند. این لیست شامل حدود ۴۰ فناوری است که به پنج دسته خنک‌کننده، حمل و نقل، روشنایی، آب و متنوع تقسیم می‌شوند. میزان یارانه بستگی به اندازه شرکت، عملکرد فناوری و نوع تکنولوژی دارد. حمایت از شرکت‌های کوچک و متوسط (SMEs) می‌تواند تا ۵۵ درصد (۴۵ درصد برای شرکت‌های

بزرگ) باشد. کل مبلغ موجود به حداکثر ۱ میلیون یورو در هر سه سال محدود می‌شود.

– پشتیبانی استراتژیک اکولوژی (STRES): (STRES) برای شرکت‌هایی در دسترس است که از فناوری‌هایی استفاده می‌کنند که به دلیل ویژگی استثنایی و منحصر به فرد خود، در لیست LTL نیستند. این یارانه برای پروژه‌های استراتژیک زیست محیطی که به راه‌حل‌های جهانی (مسائل زیست محیطی یا انرژی)، تمرکز بر مدارهای بسته (انرژی‌های تجدیدپذیر، استفاده پایدار از مواد، بازیابی مواد) و ارائه راه‌حل‌های یکپارچه کمک می‌کنند، در نظر گرفته شده است. سرمایه‌گذاری باید حداقل ۳ میلیون یورو باشد که اندازه یارانه بستگی به نوع سرمایه‌گذاری، عملکرد فناوری و اندازه شرکت دارد. حمایت از SME ها می‌تواند تا ۴۰ درصد (۳۰ درصد برای شرکت‌های بزرگ) باشد. کل مبلغ موجود به حداکثر ۱ میلیون یورو در هر سه سال محدود می‌شود. برای واجد شرایط بودن، یک مطالعه امکان‌سنجی باید انجام شود.

۸-۸- مجوزهای قابل تجارت

با انواع روندهای اقلیمی و غیراقلیمی که منجر به کمبود و آلودگی آب می‌شود، مجموعه‌ای از مکان‌ها مکانیسم‌های بازار را بر اساس حقوق مصرف و آلودگی در مدیریت منابع آب اجرا کرده‌اند. به طور خاص، مجوزهای قابل تجارت یکی از کارآمدترین ابزارهای مبتنی بر بازار برای تخصیص منابع آب و کاهش آلودگی منابع آب هستند. دو سیستم مجوز اصلی قابل تجارت وجود دارد: حقوق برداشت آب قابل تجارت و حقوق آلودگی آب قابل تجارت.

۸-۸-۱- حقوق برداشت آب قابل تجارت

این حقوق برای مدیریت کمی منابع آب با حقوق آب یا دائمی و نامحدود (حقوق مالکیت بر منبع آب) یا موقت و محدود (حقوق قابل انتقال برای استفاده از آب بدون حق سوء استفاده) است. در رژیم حقوق برداشت آب قابل تجارت، سازمان آب سقف مصرف آب را تعیین می‌کند که حداکثر مقدار آبی است که می‌توان برداشت کرد. این حقوق انتزاع را بین کاربران حوضه تخصیص می‌دهد، که سپس می‌توانند آنها را بر اساس تقاضای مصرف آب مورد انتظار فعلی

و/یا آینده خود مبادله کنند. مصرف‌کنندگان آب به دو دلیل به استفاده بهینه از آب تشویق می‌شوند. اول اینکه نیاز به خرید حق انتفاع پرهزینه را کاهش می‌دهد و ثانیاً آنها می‌توانند پس از کاهش مصرف آب خود از فروش حق آب اضافی درآمد کسب کنند.

۲-۸-۸- حقوق آلودگی آب قابل تجارت

حقوق آلودگی آب قابل تجارت برای حفاظت و مدیریت کیفیت آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. مرجع مدیریت آب حداکثر میزان انتشار را با توجه به ظرفیت حمل اکوسیستمی که بر روی آن متمرکز شده است، تعیین می‌کند. مجموع میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به تعداد ثابتی از مجوزها یا حقوق آلودگی تقسیم می‌شود که می‌تواند در ابتدا به فعالان اقتصادی با توجه به سطح آلودگی گذشته آنها، از طریق مزایده، اختصاص یابد. سپس دارندگان می‌توانند حقوق خریداری شده را در بازار مجوز ثانویه معامله کنند. این بدان معناست که یک منبع نقطه آلودگی که هزینه‌های کاهش کمی دارد، می‌تواند مجوزها را به منابعی با هزینه‌های پاکسازی بالا بفروشد. نتیجه این است که هزینه کل کاهش آلودگی به حداقل می‌رسد، زیرا تلاش‌های کاهش آلودگی توسط فعالان اقتصادی انجام می‌شود که می‌توانند آن را با کمترین هزینه انجام دهند.

مورد ۶-۸: حقوق برداشت آب قابل تجارت: بازار آب Fox Canyon

شهرستان ونتورا، کالیفرنیا، ۲٫۱ میلیارد دلار از کشاورزی درآمد دارد. در همان زمان، فشار جمعیت قابل توجهی با حدود ۴۵۰ نفر در هر مایل مربع وجود دارد: حدود پنج برابر تراکم متوسط جمعیت ایالات متحده. با توجه به اینکه آب‌های زیرزمینی یک منبع حیاتی هستند، ایالت قانون مدیریت آب‌های زیرزمینی پایدار (SGMA) را در سال ۲۰۱۴ تصویب کرد تا از پایداری منابع آب زیرزمینی در آینده اطمینان حاصل شود. پس از تصویب SGMA، سازمان حفاظت از طبیعت (TNC) برای توسعه بازار آب فاکس کانیون برای یک کمک هزینه نوآوری حفاظتی از وزارت کشاورزی ایالات متحده (USDA) درخواست کرد. این کمک مالی TNC را قادر ساخت تا از آژانس مدیریت آب زیرزمینی فاکس کانیون و شریک پروژه دانشگاه لوتران

کالیفرنیا در تلاش آنها برای ایجاد یک رویکرد مبتنی بر بازار و تولیدکننده برای کاهش پمپاژ آب زیرزمینی حمایت کند. تحت سیستم کلاhek و تجارت مانند، تولیدکنندگان کشاورزی در منطقه فاکس کانیون مشمول تخصیص آب زیرزمینی ثابت بر اساس کاربری تاریخی هستند. سپس تولیدکنندگان می‌توانند تخصیص استفاده نشده خود را بخرند یا بفروشند. این بازار آنلاین، ناشناس است و از یک پلتفرم تطبیق الگوریتم محور استفاده می‌کند، که منجر به یک زمین بازی برابر و معامله عادلانه تری برای عملیات کشاورزی در همه اندازه‌ها می‌شود. پس از سال‌ها توسعه، صرافی بازار در مارس ۲۰۲۰ افتتاح شد. هنوز در مرحله آزمایشی خود، بازار قبلاً شاهد تغییر تخصیص پمپاژ ۵۸ هکتاری بوده است. پرتاب موفقیت آمیز پیلوت به عوامل مختلفی بستگی دارد از جمله:

- **کمبود آب:** کمبود آب نیازمند راه‌حل‌های نوآورانه است
- **تخصیص ثابت:** تولیدکنندگان شرکت‌کننده به طور داوطلبانه با تخصیص ثابت آب زیرزمینی موافقت کردند.
- **حمایت از ذینفعان کشاورزی:** از ابتدا، این پروژه مشارکتی و تولیدکننده محور بوده است.
- **تخصص طراحی بازار:** این پروژه از تجربه شرکت TNC و شرکا در طراحی بازارهای محیطی، از جمله آزمایش آزمایشی قوی بهره برد.
- **ظرفیت و بودجه:** TNC برنامه‌ریزی قوی ارائه کرد و بر تلاش‌های مشارکت ذینفعان برای ارائه تخصص و کسب حمایت از USDA نظارت کرد.

مورد ۷-۸: حقوق آلودگی آب قابل تجارت: پروژه تجارت حوضه رودخانه اوهایو

پروژه تجارت حوضه رودخانه اوهایو اولین طرح تجاری بین ایالتی ایالات متحده است که در سال ۲۰۱۲ توسط اوهایو، ایندیانا و کنتاکی امضا شد و آن را به بزرگترین برنامه تجارت کیفیت آب در جهان تبدیل کرد. این پروژه که تا سال ۲۰۲۰ تمدید شده است، با اجازه دادن به تخلیه‌کننده‌های مجاز برای خرید کاهش مواد مغذی از منبع دیگری، به اهداف کیفیت آب

دست می‌یابد. هزینه کاهش تخلیه مواد مغذی می‌تواند از یک قطره چکان به دیگری متفاوت باشد و تجارت کیفیت آب گزینه‌ای را برای برآورده کردن نیازهای تخلیه به شیوه‌ای مقرون به صرفه فراهم می‌کند. این پروژه داوطلبانه با انگیزه مشارکت بر اساس فروشندگان اعتباری است که مزایای مالی جذابی از فروش اعتبار دریافت می‌کنند و تخلیه‌کننده‌های مجاز دارای انعطاف‌پذیری برای برآورده کردن مقرون به صرفه الزامات مجوز زیست محیطی خود هستند. معیارهای موفقیت در پیلوت عبارتند از:

- شناسایی و غلبه بر موانع برای اجرای موفق در مقیاس کامل
- اجرای مکانیسم‌های تجاری که از نظر زیست محیطی موثر و قابل قبول برای شرکت‌کنندگان و سایر ذینفعان باشد
- ترویج مشارکت زود هنگام و داوطلبانه
- اندازه‌گیری میزان حمایت از خدمات اکوسیستمی گسترده‌تر از طریق پروژه
- ایجاد مجموعه کامل سیستم‌ها و پروتکل‌های مورد نیاز برای یک برنامه کامل و سازگار

۹-۸- پرداخت خدمات اکوسیستم حوزه آبخیز

طرح پرداخت برای خدمات اکوسیستمی^۱ (PES) به عنوان یک توافق داوطلبانه و مشروط بین حداقل یک فروشنده و یک خریدار بر روی یک سرویس اکوسیستمی کاملاً تعریف شده یا کاربری زمینی که فرض می‌شود برای تولید آن خدمات تعریف می‌شود، تعریف می‌شود. در سطح جهانی، صدها طرح PES وجود دارد که پرداخت مستقیمی را به صاحبان زمین برای انجام اقدامات خاص استفاده از زمین ارائه می‌دهد که می‌تواند حفاظت از تنوع زیستی را افزایش دهد، از فرسایش جلوگیری کند، جذب کربن را افزایش دهد، زیبایی منظره را بهبود بخشد، و همچنین سایر خدمات اکوسیستمی را که به طور مستقیم یا غیرمستقیم مورد علاقه انسان هستند، ارائه دهد. ابتکارات PES باید به همان سطح از مزایای زیست محیطی با هزینه کمتر نسبت به سایر سیاست‌های ممکن دست

یابد تا موثر باشد. پرداخت برای خدمات اکوسیستم آبخیزداری^۱ (PWES) به طور گسترده در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه در مقیاس‌های مختلف برای حل و فصل تعارضات بالادست اجرا شده است، که بیشترین تمرکز آن بر کیفیت آب، کمیت آب و تنظیم جریان است.^{۳۳} برای اینکه طرح‌های PES و PWES هم از نظر زیست‌محیطی مفید و هم مقرون به صرفه باشند، OECD مجموعه‌ای از ۱۲ معیار را توصیه می‌کند که هنگام توسعه این طرح‌ها رعایت شود:

۱. **حذف مشوق‌های منحرف:** برای اینکه یک طرح شفاف و مؤثر باشد، نباید تحریف بازار متناقضی مانند یارانه‌های مضر برای محیط‌زیست در دسترس باشد.
۲. **حقوق مالکیت را به وضوح تعریف کنید:** فرد یا جامعه‌ای که تصمیمات استفاده از زمین بر ارائه خدمات اکوسیستم تأثیر می‌گذارد، باید حقوق مالکیت مشخص و قابل اجرا بر روی زمین داشته باشد.
۳. **اهداف و مقاصد را به طور واضح تعریف کنید:** این طرح باید اهداف روشنی داشته باشد تا به طراحی برنامه کمک کند، شفافیت را افزایش دهد و از نفوذ سیاسی جلوگیری کند.
۴. **ایجاد یک چارچوب نظارتی و گزارش‌دهی قوی:** نظارت و گزارش‌دهی خدمات تنوع زیستی و اکوسیستم اساسی است و امکان ارزیابی عملکرد و بهبود برنامه در طول زمان را فراهم می‌کند.
۵. **شناسایی خریداران و اطمینان از تامین مالی بلندمدت کافی:** باید تامین مالی کافی و پایدار برای طرح وجود داشته باشد تا اطمینان حاصل شود که می‌توان به اهداف آن دست یافت.
۶. **فروشنده‌ها را شناسایی کنید و مزایای خدمات اکوسیستمی را هدف قرار دهید:** پرداخت‌ها باید در اولویت‌بندی مناطقی باشد که بالاترین مزایا را ارائه می‌کنند.
۷. **ایجاد خطوط پایه و پرداخت‌های هدفمند به خدمات اکوسیستمی که در معرض خطر از دست دادن هستند، یا برای افزایش ارائه آنها:** برنامه‌ها فقط باید برای خدمات

اکوسیستم پرداخت‌هایی انجام دهند که علاوه بر خط پایه تجاری معمول هستند، به عbart دیگر در غیاب برنامه است.

۸. پرداخت‌ها را بر اساس هزینه‌های فرصت ارائه خدمات اکوسیستمی متمایز کنید:

برنامه‌هایی که هزینه‌های فرصت ارائه‌دهندگان اکوسیستم را از طریق پرداخت‌های متمایز منعکس می‌کنند، می‌توانند به ارائه خدمات اکوسیستمی کل بیشتری به ازای هر واحد هزینه دست یابند.

۹. بسته‌بندی یا لایه‌بندی خدمات اکوسیستمی چندگانه را در نظر بگیرید: ارائه

مشترک خدمات چندگانه می‌تواند مزایای برنامه را افزایش دهد و در عین حال هزینه‌های تراکنش را کاهش دهد، به‌ویژه اگر منابع مالی برای مزایای متعدد در دسترس باشد.

۱۰. نشت آدرس: نشت زمانی رخ می‌دهد که ارائه خدمات اکوسیستم در یک مکان فشار

برای تبدیل را در مکان دیگر افزایش دهد. اگر نشت به طور بالقوه زیاد باشد، چارچوب نظارت و حسابداری را می‌توان گسترش داد تا امکان ارزیابی نشت بالقوه را فراهم کند تا اقداماتی برای رفع آن انجام شود.

۱۱. اطمینان از پایداری: رویدادهایی مانند بلایا، ممکن است توانایی مالک زمین را برای

ارائه خدمات اکوسیستمی همانطور که در توافقنامه تصریح شده است، تضعیف کند. اگر ریسک‌ها زیاد باشد، این امر مانع از عملکرد موثر بازار می‌شود و بنابراین مکانیسم‌های بیمه باید در نظر گرفته شود.

۱۲. پرداخت‌های مبتنی بر عملکرد را ارائه دهید و از اجرای کافی اطمینان حاصل

کنید: پرداخت‌ها باید پس از مدتی باشد و مشروط به عملکرد اکوسیستم باشد. اگر این امکان‌پذیر نباشد، پرداخت‌های مبتنی بر تلاش، به عنوان مثال، بهبود شیوه‌های مدیریت، جایگزین مناسبی هستند. همچنین باید بازدارنده‌هایی برای نقض توافقی که اجرا می‌شود وجود داشته باشد.

مورد ۸-۸: پروژه پرداخت برای عملکرد رودخانه میلواکی

در طول دوره ۲۰۱۳-۲۰۱۷، پروژه پرداخت برای عملکرد رودخانه میلواکی، که توسط صندوق حفاظت از دریاچه‌های بزرگ تامین می‌شود، به کشاورزان برای بهبود کیفیت آب با کاهش تلفات فوسفور از زمین‌های کشاورزی در شاخه غربی رودخانه میلواکی، به مساحت ۵۸ مایل مربع حوضه آبخیز ویسکانسین، پاداش داد. کشاورزان با توجه به نتایج مبتنی بر علم که در آثار زیست‌محیطی شیوه‌های حفاظتی منتخب کشاورزان ردیابی می‌شد و پرداخت‌ها براساس بهبودهای زیست‌محیطی تأیید شده انجام می‌شد، پاداش دریافت کردند. یک رویکرد پرداخت به ازای عملکرد اتخاذ شد، زیرا مبتنی بر داده‌ها و مبتنی بر علم است، منجر به بهبود کیفیت آب قابل اندازه‌گیری می‌شود، برای کشاورزان و برنامه‌های حفاظتی مقرون به صرفه است، انعطاف‌پذیری ایجاد می‌کند و امکان نوآوری کشاورزان را فراهم می‌کند، و فرصت‌های بازار را برای تجارت کیفیت آب گسترش می‌دهد. این پروژه دارای پنج مرحله بود:

۱. کشاورزان مناسب‌ترین و مقرون به صرفه‌ترین استراتژی‌ها را برای مزرعه خود اجرا می‌کنند
۲. مدل‌های مبتنی بر علم، ورود فوسفور کمتری به جریان را پیش‌بینی می‌کنند
۳. به کشاورزان براساس نتایج مدل‌سازی شده در سطح مزرعه پرداخت می‌شود
۴. بهبود کیفیت آب پایش و تأیید می‌شود
۵. کشاورزان براساس نتایج نظارت شده در سطح حوضه حقوق دریافت می‌کنند

مزرعه‌داران توسط کارخانه‌های تصفیه پساب یا سایر نهادهای پایین‌دستی که نیاز به اجرای تعهدات کیفیت آب و همچنین برنامه‌های حفاظتی که مایل به نشان دادن نتایج قابل اندازه‌گیری کیفیت آب بودند، حقوق دریافت می‌کردند. به طور کلی، با تغییر شیوه‌های مدیریت مزرعه، کشاورزان شرکت‌کننده تلفات فوسفور را تا ۴۰ درصد کاهش دادند.

۱۰-۸- اوراق قرضه سبز

اوراق قرضه سبز می‌تواند به بسیج منابع از بازارهای سرمایه داخلی و بین‌المللی برای سازگاری با آب و هوا و سایر پروژه‌های سازگار با محیط زیست و آب و هوا کمک کند. آنها مانند اوراق

قرضه معمولی هستند، اما درآمد حاصل از آن در پروژه‌هایی سرمایه‌گذاری می‌شود که مزایای آب و هوایی و زیست محیطی مانند استفاده پایدار از زمین، تنوع زیستی و آب پاک را ایجاد می‌کند.^{۳۷} برای اطمینان از اینکه اوراق قرضه سبز واقعاً به اهداف آب و هوایی و محیطی کمک می‌کند، ابتکارات زیر توسعه یافته است.

۸-۱۰-۱- اصول اوراق قرضه سبز

اصول اوراق قرضه سبز (GBP)، که توسط انجمن بین‌المللی بازار سرمایه ایجاد شده است، دستورالعمل‌های فرآیندی داوطلبانه‌ای هستند که شفافیت و افشا را توصیه می‌کنند و با شفاف‌سازی رویکرد انتشار اوراق قرضه سبز، یکپارچگی را در توسعه بازار اوراق قرضه سبز ترویج می‌کنند. GBP چندین دسته از پروژه‌های سبز واجد شرایط را که به اقلیم و محیط زیست کمک می‌کنند، به رسمیت می‌شناسد، از جمله کاهش تغییرات آب و هوا، سازگاری با تغییرات آب و هوا، حفاظت از منابع طبیعی، حفاظت از تنوع زیستی، و پیشگیری و کنترل آلودگی. با توجه به مدیریت آب، GBP یک نمای کلی از پروژه‌های واجد شرایط از جمله زیرساخت‌های پایدار برای آب آشامیدنی پاک، تصفیه پساب، سیستم‌های زهکشی پایدار شهری، و آموزش رودخانه‌ها و سایر اشکال کاهش سیل ارائه می‌دهد.

۸-۱۰-۲- طرح برچسب‌گذاری برای اوراق قرضه سبز

طرح استاندارد اوراق قرضه اقلیمی و گواهینامه ابتکار اوراق قرضه اقلیمی یک طرح برچسب‌گذاری برای اوراق قرضه است. این طرح از یک معیار علمی دقیق برای اطمینان از سازگاری اوراق قرضه سبز با توافقنامه پاریس استفاده می‌کند و توسط ناشران اوراق قرضه، دولت‌ها، سرمایه‌گذاران و بازارهای مالی برای اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری‌هایی که مشارکت واقعی در رسیدگی به تغییرات آب و هوایی دارند، استفاده می‌شود. معیارهای زیرساخت آبی جدید ایجاد شده است که الزاماتی را که دارایی‌های زیرساختی و/یا پروژه‌های زیرساختی آب باید برآورده کنند تا واجد شرایط برای گنجاندن به عنوان اوراق قرضه آب و هوایی تایید شده باشند، همانطور که در جدول ۳-۸ خلاصه شده است، ارائه می‌کند.

جدول ۳-۸: ضوابط زیرساخت آب

مرحله	شرح
۱. با مؤلفه کاهشی مطابقت داشته باشید.	انتشار گازهای گلخانه‌ای از پروژه‌های آبی افزایش نمی‌یابد در عوض، آنها باید با خطوط پایه معمولی مطابقت داشته باشند یا کاهش انتشار را در طول عمر عملیاتی دارایی یا پروژه آبی هدف قرار دهند.
۲. با مؤلفه سازگاری و تاب‌آوری مطابقت داشته باشید	زیرساخت‌های آبی و اکوسیستم اطراف آن در برابر تغییرات آب و هوایی مقاوم هستند و برای مقابله با خطرات تغییرات آب و هوایی سازگاری کافی دارند. برای نشان دادن این موضوع، صادرکنندگان باید کارت امتیازی متشکل از پنج بخش را تکمیل کنند:
	۱. تخصیص: پرداختن به نحوه اشتراک آب توسط کاربران در یک حوضه یا آبخوان معین
	۲. حکمرانی: پرداختن به نحوه اشتراک‌گذاری، مذاکره و اداره آب به طور رسمی
	۳. تشخیص فنی: چگونه/آیا تغییرات در سیستم هیدرولوژیکی در طول زمان مورد توجه قرار می‌گیرد یا خیر
	۴. راه حل‌های مبتنی بر طبیعت و ترکیبی، صادرکنندگان باید درک کافی از اثرات زیست محیطی در / فراتر از محل پروژه با نظارت و ظرفیت مدیریت مداوم داشته باشند.
	۵. ارزیابی طرح انطباق: باید بررسی شود که مکانیسم‌های مقابله تا چه حد کامل هستند تا آسیب‌پذیری‌های اقلیمی شناسایی شوند.

مورد ۹-۸: پیوندهای سبز DC Water

در سال ۲۰۱۴، اداره آب و پساب ناحیه کلمبیا (DC Water) اوراق قرضه سبز افتتاحیه خود را برای تامین مالی بخشی از پروژه رودخانه‌های پاک DC منتشر کرد. انتشار ۳۵۰ میلیون دلاری اولین اوراق قرضه سبز تایید شده در بازارهای سرمایه بدهی ایالات متحده با نظر پایداری شخص دوم مستقل بود. همچنین این اولین اوراق قرضه شهری قرن بود که توسط یک شرکت آب در ایالات متحده صادر شد. درآمد حاصل از پیوند سبز برای ایجاد زیرساخت‌های سبز برای بهبود کیفیت آب با اصلاح سرریزهای پساب ترکیبی، ارتقای انعطاف‌پذیری آب و هوا از طریق کاهش سیل، و بهبود کیفیت زندگی با حفاظت از تنوع زیستی و احیای آب‌نماها استفاده می‌شود. تا پایان سال ۲۰۱۹، کل انتشار اوراق قرضه سبز DC Water ۶۵۰ میلیون دلار بود.

۱۱-۸- مشارکت‌های دولتی و خصوصی

مشارکت‌های دولتی و خصوصی^۱ (PPP) قراردادهای بلندمدتی بین یک نهاد عمومی و یک اپراتور/شرکت خصوصی (یا یک کنسرسیوم) هستند که تحت آن خدماتی ارائه می‌شود. PPPها شامل فرآیندی است که در آن اپراتورهای خصوصی برای طراحی، تأمین مالی و مدیریت ریسک‌های موجود در ارائه خدمات یا دارایی‌های عمومی برای یک قرارداد پیشنهاد می‌دهند. در مقابل، پیمانکار خصوصی هزینه‌هایی را از بدنه عمومی و/یا هزینه‌های کاربر برای بهره‌برداری و نگهداری طولانی مدت دارایی دریافت می‌کند. دو نوع پروژه سبز PPP وجود دارد:^{۴۱}

- **پروژه‌های گرین فیلد:** این پروژه‌ها زیرساخت‌های جدیدی را توسعه می‌دهند، مانند تصفیه‌خانه جدید پساب
- **پروژه‌های Brownfield:** در این پروژه‌ها، بخش خصوصی (به عنوان سرمایه‌گذار و بهره‌بردار) در تأسیسات زیرساختی موجود مشارکت می‌کند.

برای موفقیت PPPها، یک سری شرایط باید رعایت شود:

- **مشارکت‌های موثر:** مشارکت‌های موثر برای موفقیت PPPها بسیار مهم است. برخلاف تدارکات سنتی برای دارایی‌ها یا خدمات، که از قراردادهای کوتاه‌مدت برای خرید یا نوسازی دارایی‌های عمومی استفاده می‌کنند، PPP یک قرارداد جهانی است که ممکن است از ۱۵ تا گاهی بیش از ۹۰ سال طول بکشد. به این ترتیب، ایجاد یک مشارکت واقعی مبتنی بر همکاری، تخصص و تعهد معتبر ضروری است. همچنین، نهاد عمومی باید دانش و تخصص داخلی لازم برای تعریف مفاد قرارداد را کسب کند.
- **تعامل و مذاکره:** تعامل و مذاکره با یک اپراتور یا اپراتورها در مرحله فراخوان مناقصه گران می‌تواند اهداف مشارکت را روشن کند و راه حل‌های فن‌آوری نوآورانه‌ای را ارائه دهد که هنوز توسط نهاد عمومی پیش‌بینی نشده است. این برای PPPهایی که در

یک محیط نامشخص با فن‌آوری‌های پیچیده‌ای که سرعت منسوخ شدن آنها متفاوت است، مذاکره می‌شود مفید است. برای موفقیت آمیز بودن این مرحله، نهاد دولتی باید برای به دست آوردن تخصص و ایجاد رقابت کافی برای به چالش کشیدن اپراتورهای خصوصی سرمایه‌گذاری کند.

• **اهداف زیست محیطی واضح:** اهداف محیطی واضح و وزن آنها در روند اعطای پروژه‌های PPP نیاز به ایجاد PPPهای مرتبط با محیط زیست موثر دارند. افزودن الزامات سبز به مشخصات پروژه پس از طراحی PPP پرهزینه خواهد بود و احتمالاً با انتخاب‌های تکنولوژیکی موجود ناسازگار است. همچنین، اهداف زیست‌محیطی باید قابل اندازه‌گیری و به وضوح تعریف شوند، با رویکردهای مورد توافق برای پایش پس از آن.

• **انعطاف‌پذیری:** انعطاف‌پذیری یک عنصر حیاتی از PPPها است. بحث با اپراتورهای خصوصی برای PPP باید بر راه حل‌های کارآمد و انعطاف‌پذیری متمرکز شود که امکان پاسخ سریع به نیازهای در حال تغییر و فناوری‌های جدید را فراهم می‌کند. همچنین، قرارداد باید توصیف و پیش‌بینی کند که چگونه روابط در طول زمان به محض وقوع رویدادهای پیش‌بینی نشده، تکامل می‌یابند.

مورد ۱۰-۸: بزرگترین مشارکت عمومی و خصوصی برای عملیات پساب در ایالات متحده

شهر ویلمینگتون، Delaware، یک شرکت مهندسی بین‌المللی را برای راه‌اندازی و مدیریت تصفیه‌خانه پساب، تأسیسات سرریز پساب ترکیبی و تأسیسات بیوسولیدهای انرژی‌های تجدیدپذیر خود انتخاب کرده است. این شهر بزرگ‌ترین شهر Delaware است که به بیش از ۴۰۰۰۰۰ نفر از ساکنان پساب خدمات رسانی می‌کند. این توافقنامه که ترکیبی از عملیات و نگهداری کلیه تأسیسات تحت مدیریت شرکت مهندسی است، مفاد مطالعات مهندسی اضافی و پروژه‌های طراحی و ساخت را برای تجدید ساختارهای موجود و توسعه پروژه‌های با ارزش افزوده دارد. شهرداری تخمین می‌زند که ارزش قرارداد پایه ۲۰ میلیون دلار در سال

برای یک دوره ۲۰ ساله اولیه، با گزینه‌هایی برای دو تمدید دو ساله دیگر، برای مدت قرارداد احتمالی ۲۴ ساله است. با توجه به اینکه تصفیه‌خانه پساب دارای حداکثر جریان طراحی ۱۶۸ میلیون گالن در روز (MGD) و حداکثر ۳۲۰ MGD در هوای مرطوب است، این قرارداد یکی از بزرگترین PPPها برای عملیات پساب در ایالات متحده است. به عنوان بخشی از این قرارداد، شرکت مهندسی عملکرد نیروگاه را بهبود می‌بخشد و اطمینان حاصل می‌کند که به تاسیسات انرژی صفر خالص تبدیل می‌شود که انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش می‌دهد.

۱-۱۱-۸- مشارکت عمومی و خصوصی برای احیای اکوسیستم

مکانیسم‌های مالی، قانونی و سیاستی موجود برای PPPها برای طرح‌های اصلی احیای اکوسیستم، از جمله حفاظت و بازیابی سلامت رودخانه‌ها، بهبود کیفیت آب، بازسازی و تقویت مناطق قابل توجهی از زیستگاه، و جداسازی مقادیر قابل توجهی دی اکسید کربن، مناسب هستند. PPPها برای ابتکارات اصلی بازسازی اکوسیستم مناسب هستند زیرا چارچوب مناسبی برای موارد زیر فراهم می‌کنند:

- تقسیم هزینه‌ها و منافع بین دولت‌ها، سرمایه‌گذاران، مشاغل و محیط زیست
- استفاده از مهارت‌ها، ظرفیت و سرمایه بخش خصوصی با سرمایه‌های عمومی که به طور استراتژیک هدایت می‌شوند
- ایجاد مدل‌های جدید برای دستیابی به نتایج احیای اکوسیستم و بهبود اثربخشی هزینه برنامه‌های احیای اکوسیستم
- ترکیب دانش، مهارت‌ها، زمین و سرمایه بخش دولتی و خصوصی به روش‌هایی که می‌تواند منجر به مزایای گسترده‌ای شود.
- تبدیل تغییر چشم‌انداز در مقیاس بزرگ به فرصت‌های تجاری، ایجاد کلاس‌های دارایی جدید

برای اینکه PPPها در بازسازی اکوسیستم موفق باشند، باید موارد زیر وجود داشته باشد:

- استانداردهای عملکرد قابل اندازه‌گیری توسعه یافته است.
- پرداخت‌های دولتی که با رعایت استانداردهای خدمات زیست‌محیطی مشخص، به‌طور متوالی به پروژه‌ها سرازیر می‌شوند.
- تعهد نسبتاً بلندمدت با مدت زمان بسته به ماهیت پروژه
- یک طرف اختصاصی که مسئول قرارداد با چندین ارائه‌دهنده است یا یک آژانس دولتی که مستقیماً با چندین ارائه‌دهنده قرارداد می‌بندد.
- تخصیص ریسک در مرحله قرارداد تعریف شده است.
- نتایج برای تعیین تحویل خدمات اکوسیستم مشخص شده و پرداخت همراه آن نظارت می‌شود.
- در صورت امکان، هزینه‌های پروژه توسط فرآیندهای مناقصه رقابتی یا معادل آن تعیین می‌شود.

مورد ۱۱-۸: صندوق تأثیر محیط زیست طبیعی بریتانیا با بخش خصوصی مشارکت می‌کند

برنامه زیست محیطی ۲۵ ساله دولت بریتانیا تصریح کرده است که در حالی که بخش عمومی همچنان منبع اصلی تامین مالی برای محیط زیست طبیعی خواهد بود، این امر باید در کنار سرمایه‌گذاری بخش خصوصی برای حفاظت و ارتقای محیط زیست باشد. در حمایت، دولت ۱۰ میلیون پوند در بودجه، از سال ۲۰۲۱، برای حمایت از پروژه‌های محیط زیست طبیعی که سرمایه‌گذاری بخش خصوصی را از طریق صندوق اثرات طبیعی محیط زیست جذب می‌کنند، متعهد شده است. به عنوان بخشی از این، وزارت محیط زیست، غذا و امور روستایی (Defra)، بنیاد (EFF) Esmée Fairbairn و Triodos Bank UK یک مشارکت برای تشویق سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در پروژه‌های زیست محیطی تشکیل داده‌اند که به مقابله با تغییرات آب و هوا و احیای طبیعت کمک می‌کند. چهار پروژه که از زیستگاه‌های ارزشمند محافظت و احیا می‌کنند برای دریافت بودجه در یک طرح آزمایشی برای تشویق سرمایه‌گذاری پایدار بخش

خصوصی در محیط طبیعی انتخاب شده اند. این پروژه‌ها که توسط Triodos Bank انگلستان منبع و ارزیابی شده‌اند، از EA، Defra و EFF برای حمایت از توسعه، طرح‌های تجاری کامل برای جذب سرمایه‌گذاری بخش خصوصی، و ارائه مزایای زیست‌محیطی بلندمدت و بازده مالی پایدار، کمک مالی دریافت خواهند کرد. این چهار پروژه عبارتند از:

- بازسازی تالاب‌های کان توسط Devon Wildlife Trust: سایت تالاب یکی از مهم‌ترین

مکان‌های بریتانیا برای پرندگان تالاب است، اما تحت فشار تأثیرات انسانی، تغییرات آب‌وهوایی و بالا آمدن سطح آب‌ها قرار دارد. این پروژه یک پیشنهاد جسورانه برای ایجاد یک زیستگاه و منبع بازدیدکننده خیره‌کننده در شمال دوون است. در کنار احیای زیستگاه، توسعه سایت برای اکوتوریسم از طریق یک مرکز بازدیدکننده و سایر امکانات، منبع درآمدی را فراهم می‌کند و بودجه بذر توسط Devon Wildlife Trust برای توسعه یک مورد تجاری برای سرمایه‌گذاری در این پروژه استفاده می‌شود.

- کار Rivers Trust در مورد مدیریت سیل طبیعی در حوضه آبریز Wyre در لنکاوی: مهندسی

سخت به تنهایی چالش‌های خطر سیل آینده را برطرف نخواهد کرد و راه‌حل‌های طبیعی باید مکمل آن‌ها باشند. بودجه اولیه به Rivers Trust اجازه می‌دهد تا با Wyre Rivers Trust، آژانس محیط زیست، Co-op Insurance، United Utilities، Triodos Bank UK، و Flood Re یک ابزار مالی ایجاد کند که به سرمایه‌گذاری اولیه از بخش خصوصی اجازه می‌دهد تا توسط دینفعان محیط زیست سالم‌تر بازپرداخت شود.

- کار اتحادیه ملی کشاورزان (NFU) برای کاهش آلودگی نیترات در Poole Harbour: یکی

از بزرگترین بندرگاه‌های طبیعی در جهان، بندر Poole Harbour در Dorset از اهمیت بین‌المللی برای حیات وحش برخوردار است. با این حال، تحت فشار است و مواد مغذی مانند نیترات حاصل از کشاورزی در حوضه آبریز آن به بندر سرازیر می‌شود و منجر به رشد سریع جلبک‌ها می‌شود که زیستگاه مصب رودخانه را خفه می‌کند و مقدار غذای موجود برای پرندگان را کاهش می‌دهد. از طریق طرح مدیریت مواد مغذی پول هاربر، NFU قصد دارد با همکاری کشاورزان در حوضه کار کند و از آنها حمایت کند و آنها را به ابزارهایی برای کاهش استفاده از نیترات مجهز کند. مدل پیشنهادی مبتکرانه و مبتنی بر صنعت برای ارائه

مزایای زیست‌محیطی و بهره‌وری برای مشاغل کشاورزی طراحی شده است، در حالی که جامعه محلی، شرکت‌های آب و دولت محلی همگی مزایایی از بهبود کیفیت آب خواهند دید.

- **ترمیم و حفاظت از زمین‌های ذغال سنگ نارس در پنین توسط Moors for the Future Partnership**

Partnership : تورب زمین‌ها نقش حیاتی در مقابله با تغییرات آب و هوایی دارند، کربن بیشتری نسبت به سایر انواع پوشش گیاهی در جهان روی هم ذخیره می‌کنند و آسیب به زمین‌های پیت منبع مهم انتشار کربن است. Moors for the Future Partnership در حال حاضر برای احیای و حفاظت از تورب زمین در این منطقه کار می‌کند، اما نیاز به جذب سرمایه‌گذاری بیشتر برای انجام این کار در مقیاس بزرگتر برای محافظت بیشتر از این زیستگاه حیاتی دارد. امیدوارم این پروژه در توسعه طیف وسیعی از بازده، از جمله مالی، برای سرمایه‌گذاران موفق باشد.

منابع

- Alexandra, Jason, and Curtis Riddington. Public-Private Partnerships for Reforestation: Potential Frameworks for Investment. Kingston, ACT: The Commonwealth of Australia, the Rural Industries Research and Development Corporation, 2007.
- Borghesi, Simone. "Water Tradable Permits: A Review of Theoretical and Case Studies". Journal of Environmental Planning and Management 57, no. 9 (2014/09/02 2014): 1305–32.
- Brears, R.C. "Financing Water Security". Mark and Focus, <https://medium.com/mark-and-focus/financing-water-security-a7cf7caf8881>.
- ———. Urban Water Security. Chichester, UK; Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2016.
- City of Guelph. "Stormwater Service Credits for Business". <https://guelph.ca/living/environment/water/rebates/stormwater-service-fee-credit-program/>.
- Climate Bonds Initiative. "Water Infrastructure" <https://www.climatebonds.net/standard/water>.
- DC Water. "Green Bonds". <https://www.dewater.com/green-bonds>.
- Delta Institute. "A New Approach to Conservation". <http://deltainstitute.github.io/pay-for-performance/#landscape>.
- DOE. "Stormwater Retention Credit Trading Program". <https://doee.dc.gov/src>.
- Ecologic Institute. "Economic Instruments for Water Management: Experiences from Europe and Implications for Latin America and the Caribbean". (2003). <https://www.ecologic.eu/1118>.
- Electric Power Research Institute. "Ohio River Basin Trading Project". <https://wqt.epri.com/buycredits.html>.
- Government of the United Kingdom. "Green Projects Given Support to Attract Private Sector Investment". <https://www.gov.uk/government/news/green-projects-given-support-to-attractprivate-sector-investment>.
- High Level Panel on Water. "Making Every Drop Count: An Agenda for Water Action". (2018). https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/17825HLPW_Outcome.pdf.
- International Capital Market Association. "Green Bond Principles. Voluntary Process Guidelines for Issuing Green Bonds". (2018). <https://www.icmagroup.org/green-social-and-sustainabilitybonds/green-bond-principles-gbp/>.

- Invest in Flanders. "Flanders Actively Supports Ecological Investments". <https://www.flandersinvestmentsandtrade.com/invest/en/investing-in-flanders/grant-incentives/flanders-activelysupports-ecological-investments>.
- Jacobs. "Jacobs Selected to Operate and Manage One of the Country's Largest Public-Private Partnerships for Wastewater Operations". <https://invest.jacobs.com/investors/Press-Release-Details/2020/Jacobs-Selected-to-Operate-and-Manage-One-of-the-Country's-Largest-Public-Private-Partnerships-for-Wastewater-Operations/default.aspx>.
- Kauffmann, Céline. "Financing Water Quality Management". *International Journal of Water Resources Development* 27, no. 1 (2011/03/01 2011): 83–99.
- Kousky, Carolyn, Sheila M. Olmstead, Margaret A. Walls, and Molly Macauley. "Strategically Placing Green Infrastructure: Cost-Effective Land Conservation in the Floodplain". *Environmental Science & Technology* 47, no. 8 (2013/04/16 2013): 3563–70.
- Lago, Manuel, Jaroslav Mysiak, Carlos M. Gómez, Gonzalo Delacámara, and Alexandros Maziotis. "Defining and Assessing Economic Policy Instruments for Sustainable Water Management". In *Use of Economic Instruments in Water Policy: Insights from International Experience*, edited by
- Manuel Lago, Jaroslav Mysiak, Carlos M. Gómez, Gonzalo Delacámara and Alexandros
- Maziotis, 1–13. Cham: Springer International Publishing, 2015.
- Latinopoulos, Dionisios, and Eftichios S. Sartzetakis. "Using Tradable Water Permits in Irrigated Agriculture". [In English]. *Environmental and Resource Economics* 60, no. 3 (Mar 2015 2015–02–20 2015): 349–70.
- Muñoz Escobar, Marcela, Robert Hollaender, and Camilo Pineda Weffer. "Institutional Durability of Payments for Watershed Ecosystem Services: Lessons from Two Case Studies from Colombia and Germany". *Ecosystem Services* 6 (2013/12/01/2013): 46–53.
- OECD. "Environmental Taxation: A Guide for Policy Makers". (2011). <https://www.oecd.org/env/tools-evaluation/48164926.pdf>.
- ———. "Financing Green Urban Infrastructure". In *OECD Regional Development Working Papers OECD*, 2012.
- ———. "Financing Water: Investing in Sustainable Growth". <https://www.oecd.org/water/Policy-Paper-Financing-Water-Investing-in-Sustainable-Growth.pdf>.
- ———. "Paying for Biodiversity: Enhancing the Cost-Effectiveness of Payments for Ecosystem Services". (2010). <https://www.oecd.org/env/paying-for-biodiversity->

9789264090279-en.htm.

- Our Future Water and Climate Markets and Investment Association. “Investing in a Water – Secure Future”. (2020). <https://www.ourfuturewater.com/investing-in-a-water-secure-future/>.
- Skat Denmark. “Ea7.7.5 Size and Calculation of the Charge”. <https://skat.dk/skat.aspx?oid=1946630>.
- Stanford Water in the West. “Water Finance: The Imperative for Water Security and Economic Growth” (2018). https://waterinthewest.stanford.edu/sites/default/files/Water_Finance_Water_Security_Economic_Growth.pdf.
- Stormwater Currency. “Establishing a Stormwater Volume Credit Trading Program: A Practical Guide for
- Stormwater Practitioners”. (2019). https://www.wef.org/globalassets/assets-wef/3—resources/topics/o-z/stormwater/stormwater-institute/ar_stormwatervolumecredittrading-final_revised100919.pdf.
- Tasca, F. A., L. B. Assunção, and A. R. Finotti. “International Experiences in Stormwater Fee”. [In English]. Water Science and Technology 2017, no. 1 (Apr 2018 2020–03–30 2018): 287–99.
- Toronto Water. “2020 Water and Wastewater Consumption Rates and Service Fees”. (2019). <https://www.toronto.ca/legdocs/mmis/2019/bu/bgrd/backgroundfile-139975.pdf>.
- U.S. Department of Agriculture. “The Fox Canyon Water Market: A Market-Based Tool for Groundwater Conservation Goes Live”. <https://www.usda.gov/media/blog/2020/05/08/foxcanyon-water-market-market-based-tool-groundwater-conservation-goes-live>.
- U.S. EPA. “Managing Wet Weather with Green Infrastructure Municipal Handbook: Incentive Mechanisms” (2009). https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/gi_munichandbook_incentives_0.pdf.
- UN-Water. “The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water”. (2018). <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261424>.
- US EPA. “Stormwater”. (2015). <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/epa-green-infrastructure-factsheet-4-061212-pj.pdf>.
- Water Supply and Sanitation Collaborative Council. “Public Funding for Sanitation – the Many Faces of Sanitation Subsidies”. (2009). <https://www.wsscc.org/resources-feed/publicfunding-sanitation/>.
- Winrock International. “Milwaukee River Pay-for-Performance Project”. <https://www.winrock.org/milwaukee-river-pay-for-performance-project/>.

rock.org / project / running -off -pollution -paying -midwestern -farmers -to -improve -water -quality / .

- World Bank. “Financing Climate Change Adaptation in Transboundary Basins: Preparing Bank - able Projects”. (2019). [http://documents.worldbank.org/curated/en/172091548959875335/ Financing -Climate -Change -Adaptation -in Transboundary -Basins -Preparing -Bankable - Projects](http://documents.worldbank.org/curated/en/172091548959875335/Financing -Climate -Change -Adaptation -in Transboundary -Basins -Preparing -Bankable - Projects).
- Young, Carlos Eduardo Frickmann, and Leonardo Barcellos de Bakker. “Payments for Ecosys - tem Services from Watershed Protection: A Methodological Assessment of the Oasis Project in Brazil”. *Natureza & Conservação* 12, no. 1 (2014 /06 /01 / 2014): 71–78.

فصل نهم

بهترین شیوه‌ها و نتیجه‌گیری

چکیده

برای اطمینان از ارائه خدمات مرتبط با آب و آب پایدار، قابل اعتماد، مقاوم و مقرون به صرفه که انتظارات مشتریان را در آینده برآورده می‌کند، مدیران آب باید فناوری‌های نوآورانه مدیریت آب را برای صرفه‌جویی، بازیافت و استفاده مجدد از آب، تولید انرژی‌های تجدیدپذیر و بازیابی مواد مغذی ارزشمند از پساب، حفاظت و بازیابی کیفیت آب در مقیاس‌های مختلف و بهبود مدیریت کلی منابع آب پیاده‌سازی کنند. تأمین مالی این فناوری‌ها می‌تواند از طریق ابزارها و رویکردهای مالی نوآورانه متنوعی اجرا شود.

کلمات کلیدی: صرفه‌جویی در آب، بازیافت آب، انرژی‌های تجدیدپذیر، بازیابی مواد مغذی، زیرساخت سبز، کیفیت آب، کنتورهای هوشمند، ابزارهای اقتصادی، ابزارهای مالی.

۹-۱- مقدمه

بر اساس مطالعات موردی، بهترین شیوه‌های زیر برای سایر مناطق جهان با اجرای

فناوری‌های نوآورانه مدیریت آب شناسایی شده است که ارائه خدمات پایدار، قابل اعتماد، انعطاف‌پذیر و مقرون به صرفه مرتبط با آب و آب را تضمین می‌کند که انتظارات مشتریان را در آینده برآورده می‌کند.

۲-۹- صرفه جویی و بازیافت و استفاده مجدد از آب

از مطالعات موردی مکان‌های صرفه جویی، بازیافت و استفاده مجدد از آب، انواع بهترین شیوه‌ها برای سایر مکان‌ها شناسایی شده‌اند تا اجرا شوند:

- **نرخ یکنواخت آب برای عدالت:** تعرفه‌های یکسان آب در سراسر مناطق شفافیت، مقرون به صرفه بودن و عدالت را برای همه مصرف‌کنندگان آب افزایش می‌دهد.
- **نرخ آب بر اساس قابلیت اطمینان تامین:** نرخ آب را می‌توان برای کشاورزان در ازای اطمینان کمتر تامین آب در هنگام کمبود آب یا شرایط اضطراری کاهش داد، و این امکان را می‌دهد که آب به مشتریان تجاری و صنعتی تخصیص داده شود، که برای مزایای اطمینان کامل هزینه می‌کنند.
- **کنتورهای هوشمند و تشخیص نشت:** کنتورهای هوشمند می‌توانند اطلاعات جریان آب با وضوح بالا را به شرکت‌های آب ارسال کنند و امکان شناسایی سریع نشت‌ها را در سیستم فراهم کنند.
- **تشخیص نشت در زمان واقعی:** کابل‌های فیبر نوری را می‌توان برای شناسایی، در زمان واقعی، نشتی در شبکه‌های لوله آب استفاده کرد. این فناوری مهندسان را قادر می‌سازد تا با ایجاد هزاران حسگر مجازی در امتداد بخش‌هایی از خط لوله که تحت نظارت هستند، به طور مداوم خط لوله را برای نشت و سایر رویدادها در شبکه نظارت کنند.
- **جریمه‌های اجرایی در زمان محدودیت‌های خشکسالی:** در زمان خشکسالی، محدودیت‌های آبی می‌تواند شامل استفاده از جریمه برای عدم رعایت باشد.
- **طرح‌های برچسب‌گذاری بهینه آب:** طرح‌های برچسب‌گذاری بهینه آب با اطلاع‌رسانی به مصرف‌کنندگان در مورد بهره‌وری آب در محل فروش، تقاضا برای آب آشامیدنی باکیفیت را کاهش می‌دهد. برچسب‌های موثر برچسب‌هایی هستند که به

- مصرف‌کنندگان اجازه می‌دهند تا به سرعت راندمان آب محصولات مختلف را مقایسه کنند و همچنین میزان مصرف آب محصول را مشاهده کنند.
- **برنامه‌های آموزشی حفاظت از آب:** شرکت‌های آب می‌توانند طیف وسیعی از برنامه‌ها را برای کمک به جوامع در مورد صرفه جویی در مصرف آب و مسائل مربوطه ارائه دهند. از فرمت‌های مختلفی می‌توان استفاده کرد از جمله:
 - **نمایندگان Utility در صورت درخواست در رویدادهای جامعه صحبت می‌کنند.**
 - **اجرای نمایش‌های موزیکال برای کودکان تا با اهمیت صرفه جویی در مصرف آب آشنا شوند.**
 - **ایجاد آزمایشگاه‌های سیار آب برای دانش آموزان جهت آشنایی با آلودگی آب و همچنین اهمیت صرفه جویی در مصرف آب**
 - **پروژه‌های نمایشی:** شرکت‌های آب می‌توانند باغ‌های چشم‌انداز نمایشی ایجاد کنند تا به مشتریان نشان دهند که گیاهان از نظر آب نه تنها پایدار هستند بلکه زیبا نیز هستند. باغ‌ها می‌توانند ویژگی‌های تعاملی داشته باشند، از جمله هر گیاه دارای یک کد QR منحصر به فرد برای اطلاعات در مورد نیازهای آبیاری. می‌توان یک وب سایت تعاملی برای مشتریان ایجاد کرد تا لیستی از گیاهان مورد علاقه خود تهیه کنند و طرح‌های طراحی باغ را دانلود کنند.
 - **جداسازی جریان‌های پساب:** مسکن جدید می‌تواند جریان‌های پساب را با آب سیاه، آب خاکستری و سیلاب جدا کرده و سپس به طور جداگانه تصفیه شود:
 - **سرویس‌های کم مصرف آب سیاه را برای تولید بیوگاز بعدی متمرکز می‌کنند.**
 - **از آب خاکستری می‌توان برای آبیاری باغچه استفاده کرد.**
 - **آب سطحی را می‌توان برای بهبود آب و هوای محلی و تغذیه مجدد آب‌های زیرزمینی استفاده کرد.**
 - **آب بازیافتی برای مصارف غیر شرب:** تصفیه‌خانه‌های پساب می‌توانند آب بازیافتی را برای مصارف شهری غیر شرب مانند آبیاری زمین‌های ورزشی، مصارف صنعتی در نیروگاه‌ها و فعالیت‌های معدنی و استفاده کشاورزی در سیستم‌های آبیاری تولید کنند.
 - **سیستم‌های استفاده مجدد غیرمستقیم آشامیدنی:** این سیستم‌ها آب بازیافت شده

را قادر می‌سازند تا به حوضچه‌های شارژ پمپ شود تا در نهایت در منابع آب آشامیدنی استفاده شود.

- **سیستم‌های استفاده مجدد مستقیم آشامیدنی:** این سیستم‌ها را می‌توان توسعه داد که دستورالعمل‌های سازمان بهداشت جهانی را رعایت کنند.
- **آب بازیافتی مخلوط شده با منابع آب آشامیدنی:** آب بازیافتی را می‌توان با آب‌های سطحی و/یا آب‌های زیرزمینی تصفیه شده ترکیب کرد تا سطح ایمنی بیشتری را فراهم کند.

۳-۹- تولید انرژی تجدیدپذیر و بازیابی منابع از پساب

از مطالعات موردی مکان‌های تولید انرژی‌های تجدیدپذیر و بازیابی منابع از پساب، بهترین شیوه‌ها برای سایر مکان‌ها شناسایی شده‌اند تا اجرا شوند:

- **بیوگاز برای استفاده از سوخت خودرو:** تصفیه‌خانه‌های پساب می‌توانند بیوگاز را برای استفاده به عنوان سوخت خودرو با بیوگاز اضافی مورد استفاده برای گرمایش و تولید برق تولید کنند.
- **گاز هاضم بی‌هوازی:** گاز هاضم بی‌هوازی می‌تواند سیستم‌های حرارتی و برق ترکیبی^۱ (CHP) را با برق فروخته شده به شرکت‌های برق و درآمد تولید شده برای جبران هزینه‌های بهره‌برداری نیروگاه تامین کند.
- **هضم همزمان ضایعات غذایی و لجن پساب:** ضایعات غذایی و لجن پساب را می‌توان با بیوگاز مورد استفاده برای تولید برق برای تکمیل مصرف برق داخلی تاسیسات تصفیه پساب هضم کرد.
- **انرژی تجدیدپذیر از جامدات زیستی:** شرکت‌های پساب که در حال حاضر جامدات زیستی را برای بهبود مرتع فراهم می‌کنند، می‌توانند امکان سنجی تولید انرژی تجدیدپذیر از جامدات زیستی را در کنار سایر فرصت‌های تجاری برای تولید انرژی تجدیدپذیر از دیگر جریان‌های پسماند آلی ارزیابی کنند.

1. combined heat and power

- **شبکه‌های گرمایش منطقه‌ای:** شرکت‌های آب می‌توانند از واحدهای CHP برای تامین گرمای کم کربن به شبکه‌های گرمایش منطقه‌ای به شکل آب گرم استفاده کنند.
- **پنل‌های خورشیدی شناور:** پنل‌های خورشیدی شناور در مقیاس بزرگ را می‌توان بر روی حوضچه‌های پساب تصفیه شده مستقر کرد.
- **سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر غیرمتمرکز:** تصفیه خانه‌های پساب می‌توانند کل نیاز انرژی خود را از طریق سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر غیرمتمرکز، از جمله توربین‌های بادی، واحدهای CHP و سیستم‌های فتوولتائیک خورشیدی تامین کنند.
- **بازیابی انرژی برق آبی:** شرکت‌های آب می‌توانند ژنراتورهای برق آبی را در تصفیه خانه‌های پساب نصب کنند تا انرژی حاصل از پساب‌هایی را که از شفت‌های قطره‌ای به سمت آب‌ریزش‌های اقیانوس عبور می‌کنند، جذب کنند.
- **بهره‌وری انرژی:** شرکت‌های آب می‌توانند تصفیه خانه‌های پساب خود را برای کاهش مصرف انرژی ارتقا دهند، از جمله استفاده از تجهیزات کنترل زمان واقعی برای نظارت دائمی بر فرایندها برای اطمینان از حفظ شرایط بهینه، تنها با استفاده از حداقل مقدار انرژی.
- **جامدات زیستی برای کشاورزان:** شرکت‌های آب می‌توانند مواد جامد زیستی را به کشاورزان ارائه دهند و خدمات متنوعی را برای کمک به کشاورزان در به حداکثر رساندن پتانسیل جامدات زیستی در حین رعایت مقررات ارائه دهند.
- **بازیابی منابع از پساب:** منابع مختلفی را می‌توان از پساب بازیافت کرد، از جمله:
 - **سلولز:** تصفیه خانه‌های پساب می‌توانند از فیلترهایی برای جدا کردن الیاف سلولزی از کاغذ سرویس بهداشتی برای تولید سلولز تجاری تمیز، خشک و ضد عفونی شده استفاده کنند.
 - **بیوپلاستیک:** باکتری‌ها می‌توانند پلاستیک PHA را از تاسیسات تصفیه پساب تولید کنند.
 - **خاکستر پساب برای تولید آجر:** شرکت‌های آب می‌توانند خاکستر باقی مانده را از زباله‌سوزها به تولیدکنندگان آجر برای تولید آجرهای با انرژی کارآمد و سنگین برای صنعت ساختمان تحویل دهند.

- **مواد معدنی:** انواع مواد معدنی را می‌توان از پساب‌های صنعتی برای استفاده مجدد در صنایع دیگر بازیابی کرد.

۴-۹- سبز کردن زیرساخت‌های آب خاکستری

از مطالعات موردی مکان‌هایی که راه‌حل‌های زیرساخت سبز را برای مدیریت آب سطحی و بهبود کیفیت آب اجرا می‌کنند، بهترین شیوه‌ها برای سایر مکان‌ها شناسایی شده است:

- **تخفیف برای سیستم‌های جمع‌آوری آب باران:** شرکت‌های آب می‌توانند برای نصب سیستم‌های برداشت آب باران تخفیف ارائه دهند. این نرم افزار می‌تواند صاحبان املاک را ملزم کند تا در یک کارگاه آموزشی شرکت کنند، تا در مورد بهترین شیوه‌های مدیریت (BMPs) و نحوه توسعه طرح پروژه برداشت آب باران بیاموزند.
- **پذیرش جامعه زیرساخت سبز:** شرکت‌های آب می‌توانند پروژه‌های پذیرش جامعه زیرساخت سبز ایجاد کنند تا مشارکت جامعه را تقویت کنند و اطمینان حاصل کنند که با حذف منظم زباله‌ها و گزارش هر گونه مشکل به طور مؤثر مدیریت می‌شوند.
- **طبیعی‌سازی آبراه‌ها:** شهرها می‌توانند کانال‌های بتنی را طبیعی‌سازی کنند و آنها را به رودخانه‌های زیبا تبدیل کنند که حیات وحش را پرورش می‌دهند، در حالی که راه‌حل‌های زیرساختی سبز را می‌توان در پارک‌های مجاور نصب کرد تا آب سطحی اضافی را ذخیره کند و همچنین آلودگی‌ها را فیلتر کند.
- **حوضچه‌های مدیریت سیل چندمنظوره:** شهرها می‌توانند حوضچه‌های مدیریت سیل ایجاد کنند که علاوه بر مدیریت آب سطحی اضافی، فرصت‌های صرفه‌جویی در آب را با آب استخر که برای آبیاری در ماه‌های تابستان استفاده می‌شود، فراهم کنند.
- **سقف‌های سبز آبی هوشمند:** مشارکت‌های دولتی و خصوصی می‌توانند برای ایجاد شبکه‌های به هم پیوسته بام‌های سبز آبی هوشمند در شهرها شکل بگیرند. هر سقف می‌تواند دارای کنترل‌های هوشمند جریان باشد که باران شدید یا خشکسالی را پیش‌بینی می‌کند و بر این اساس آب را آزاد یا حفظ می‌کند. سقف‌های سبز-آبی را

می‌توان در یک شبکه هوشمند متصل کرد و امکان تبادل اطلاعات در زمان واقعی را برای مدیریت پویا سطح آب فراهم می‌کند.

- **بهسازی خیابان‌های دارای روسازی نفوذپذیر:** ادارات شهری می‌توانند با بخش خصوصی برای مقاوم‌سازی خیابان‌های بالادست مناطق سیل‌خیز با سنگفرش‌های بادوام و نفوذپذیر همکاری کنند.
- **دستورالعمل‌های فنی خیابان سبز:** شهرها می‌توانند دستورالعمل‌های فنی خیابان‌های سبز را ایجاد کنند که استانداردهایی را برای توسعه خیابان‌ها با راه‌حل‌های زیرساخت سبز ارائه می‌کند که رواناب آب سطحی را مدیریت می‌کند و همچنین مزایای زیست‌محیطی قابل توجهی را به همراه دارد.
- **مناطق نگهداری سیل چند منظوره:** مقامات آب می‌توانند مناطق نگهداری سیل چند منظوره جدید برای محافظت از مکان‌های شهری با زمین‌های ورزشی، امکانات عمومی و همچنین زمین‌های کشاورزی مورد استفاده به عنوان مناطق ذخیره موقت سیل بسازند.

۵-۹- حفاظت و بازیابی کیفیت آب در حوضه‌های رودخانه

از مطالعات موردی مکان‌هایی که برنامه‌ریزی حوضه رودخانه را اجرا می‌کنند و سایر ابتکارات برای حفاظت و بازیابی کیفیت آب، انواع بهترین شیوه‌ها برای سایر مکان‌ها برای اجرا شناسایی شده‌اند:

- **شبکه‌های پایش:** مقامات حوزه رودخانه می‌توانند شبکه‌های نظارتی ایجاد کنند که شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی رودخانه و شاخه‌های آن را بررسی می‌کنند. سالنامه‌هایی را می‌توان منتشر کرد که نمای کلی سالانه سطوح آلودگی و همچنین روندهای بلند مدت کیفیت آب در حوضه را ارائه می‌دهد.
- **برنامه‌های بازگانی کیفیت آب حوضه رودخانه:** این برنامه‌ها را می‌توان برای تأمین مالی شیوه‌های کشاورزی که یا صرفاً بر کاهش بارگذاری مواد مغذی آبراه‌ها و اکوسیستم‌ها تمرکز می‌کنند، یا بهبود کیفیت آب در حین دستیابی به طیف وسیعی از

مزایای ثانویه، مانند بهبود زیستگاه و افزایش مزایای اجتماعی برای کشاورزان، ایجاد شود.

- **تأمین مالی بهترین شیوه‌های مدیریت کشاورزی:** برنامه‌های سرپرستی مزرعه را می‌توان برای تأمین بودجه تولیدکنندگان کشاورزی برای اجرای BMPهایی که کیفیت آب را بهبود می‌بخشد، انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش می‌دهد، انعطاف‌پذیری بخش کشاورزی و حفظ تنوع زیستی را توسعه می‌دهد.
- **برنامه‌های اعتباری آب سطحی:** شهرها می‌توانند اعتبارات آب سطحی‌ای ایجاد کنند که مبتنی بر عملکرد باشد تا خلاقیت را تشویق کند، انعطاف‌پذیری ارائه دهد و صاحبان املاک را قادر می‌سازد تا فناوری‌هایی را که به بهترین وجه برای دارایی‌ها و نیازهای خود مناسب هستند دنبال کنند، همانطور که توسط آئین‌نامه‌ها، کدها و مقررات موجود مجاز است.
- **تظاهرات عمومی:** شرکت‌های آب می‌توانند از مدل‌هایی در مقیاس کوچک استفاده کنند که در رویدادهای عمومی نشان می‌دهد که چگونه زیرساخت‌های سبز می‌توانند سیلاب‌های سیلی را کاهش دهند و کیفیت آب را در خلیج‌ها و دیگر آب‌ها بهبود بخشند.
- **برنامه‌های تملک زمین:** شرکت‌های آب می‌توانند برنامه‌های تملک زمین را برای حفاظت از مخازن آب آشامیدنی و اراضی آبخیزداری که آنها را احاطه کرده اند، اجرا کنند.
- **مشارکت:** شرکت‌های آب می‌توانند با شرکت‌های غیرانتفاعی شریک شوند تا به کشاورزان کمک کنند BMPs را برای کنترل رواناب پیاده‌سازی کنند.
- **همکاری با سازمان‌های نظارتی:** شرکت‌های آب می‌توانند با سازمان‌های نظارتی برای بررسی پیشرفت‌های جدید در حوزه‌های آبخیز همکاری کنند تا اطمینان حاصل شود که نهرها و مخازن حفاظت می‌شوند.

۹-۶- مدیریت هوشمند آب دیجیتال و مدیریت مشتریان آینده

از مطالعات موردی مکان‌هایی که ابتکارات مدیریت هوشمند آب دیجیتال را اجرا می‌کنند، انواع بهترین شیوه‌ها برای سایر مکان‌ها شناسایی شده‌اند تا اجرا شوند:

- **سیستم‌های نظارت بر کیفیت آب:** شرکت‌های آب می‌توانند از سیستم‌های نظارت بر کیفیت آب برای اطمینان از تشخیص زودهنگام مشکلات موجود در مخازن خود استفاده کنند. شناورهای مانیتورینگ می‌توانند داده‌های کیفیت آب را برای دانلود و تجزیه و تحلیل به اپراتورها ارسال کنند و از اتخاذ بهترین تصمیمات عملیاتی اطمینان حاصل کنند.
- **پیش‌بینی و جلوگیری از نشت:** شرکت‌های آب می‌توانند رویکرد «اینترنت اشیاء» مبتنی بر داده را برای پیش‌بینی و جلوگیری از نشت در شبکه توزیع آب اتخاذ کنند. داده‌های تولیدشده از دستگاه‌های صوتی را می‌توان برای کمک به کنترل جریان آب و جلوگیری از ترکیدگی لوله و نشت تجزیه و تحلیل کرد. همچنین شرکت‌های آب را قادر می‌سازد تا هرگونه مشکل را به سرعت تعمیر کنند و اختلالات را برای مشتریان به حداقل برسانند.
- **بهینه‌سازی فشار آب:** شرکت‌های آب می‌توانند کنترل‌کننده‌های شیر مدیریت فشار را با سیستم‌های داده ترکیب کنند تا فشار آب را در سراسر شبکه بهینه کنند، که به نوبه خود نشت را کاهش می‌دهد.
- **نظارت بر زمان واقعی دارایی‌های توزیع شده:** سیستم‌های SCADA ارتقا یافته به شرکت‌های آب اجازه می‌دهد تا دارایی‌های توزیع شده را نظارت کنند و تعمیر و نگهداری پیش‌بینی و واکنشی را انجام دهند و بهتر می‌توانند به حوادثی مانند نشت زیست محیطی به سرعت پاسخ دهند. اطلاعات زمان واقعی و تاریخی را می‌توان برای تصمیم‌گیری آگاهانه در اختیار کارکنان عملیات و برنامه‌ریزی استراتژیک قرار داد.
- **پلتفرم‌های GIS که تعمیرات سریع را تسهیل می‌کنند:** پلتفرم‌های GIS این امکان را فراهم می‌کنند:
 - کارکنان می‌توانند فوراً مکان دارایی‌های شرکت آب و اموال سایر تاسیسات را ببینند و کارگران را قادر می‌سازد تا تعمیرات را تسریع کنند و ناراحتی عمومی را به حداقل برسانند.
 - تیم‌های مدیریت دارایی برای ارزیابی وضعیت دارایی‌های شرکت، سپس عملکرد دارایی را تجزیه و تحلیل کرده و تصمیم‌گیری آگاهانه در مورد اینکه کدام دارایی‌ها در ابتدا نیاز به جایگزینی دارند و سرمایه‌گذاری‌ها به کجا باید هدایت شوند، می‌گیرند.

• **هشدارهای مصرف آب بالا:** شرکت‌های آب می‌توانند هشدارهای مصرف آب بالا را زمانی که مصرف آب بالاتر از حد متوسط است به مشتریان ارائه دهند. هشدار را می‌توان از طریق ایمیل یا پیام متنی و غیره تحویل داد. سیستم هشدار می‌تواند همراه با داده‌های با وضوح بالا ارائه شود که مشتریان را قادر می‌سازد مصرف آب خود را به صورت روزانه، ماهانه و سالانه مشاهده کنند.

• **شبکه‌های هوشمند:** شرکت‌های آب می‌توانند شبکه‌های هوشمندی را در مراکز شهر نصب کنند که اطلاعات تقریباً بی‌درنگ درباره آنچه در شبکه آب رخ می‌دهد به صورت ۲۴ ساعته و ۷ ساعته ارائه می‌کند و به شرکت‌ها کمک می‌کند تا نشت‌ها را قبل از تأثیر بر مشتریان و مسافران، شناسایی و به طور فعال برطرف کنند.

• **هوش مصنوعی:** برنامه‌های هوش مصنوعی در تصفیه‌خانه‌های آب، شرکت‌های آب را قادر می‌سازد تا داده‌های عملیاتی پمپ را استخراج کنند و کارآمدترین پیکربندی پمپ را برای هر زمانی از روز یا هفته بیاموزند و هزینه‌های انرژی مربوط به پمپ را به میزان قابل توجهی کاهش دهند.

از مطالعات موردی مکان‌هایی که مشتریان آینده را مدیریت می‌کنند، انواع مختلفی از بهترین شیوه‌ها برای سایر مکان‌ها برای پیاده‌سازی شناسایی شده‌اند:

• **چالش‌های کسب‌وکار سبز:** شهرها و شرکت‌های آب می‌توانند چالش‌های کسب‌وکار سبز ایجاد کنند که کسب‌وکارهایی را که برای حفاظت از محیط‌زیست محلی و در عین حال صرفه‌جویی در هزینه و جذب مشتریان جدید اقداماتی انجام می‌دهند، شناسایی می‌کند. چالش‌ها می‌تواند شامل صرفه‌جویی در آب با شرکت‌کنندگان باشد:

- رفع نشتی

- اطمینان از مطابقت وسایل و تجهیزات مصرف‌کننده آب با قوانین و مقررات موجود - تعویض یا مقاوم‌سازی تجهیزات مصرف‌کننده آب

• **مسابقات صرفه‌جویی در مصرف آب:** این مسابقات می‌تواند ایجاد شود که مشتریان مسکونی را تشویق کند تا در رسانه‌های اجتماعی نشان دهند که چگونه در حال صرفه‌جویی در مصرف آب هستند، با مجموعه‌ای از جوایز در دسترس برای برندگان دسته‌بندی.

- **برنامه‌های تلفن هوشمند:** برنامه‌هایی را می‌توان توسعه داد که کاربران را قادر می‌سازد مشاهده موارد نقض محدودیت‌های آب را گزارش کنند و کاربران بتوانند از زباله‌های آب عکس بگیرند و سپس آن را برای اقدامات بیشتری به شرکت آب ارسال کنند.
- **داده‌های مصرف بلادرنک:** شرکت‌های آب می‌توانند داده‌های مصرف خود را تقریباً در زمان واقعی به مشتریان ارائه دهند. علاوه بر ترویج صرفه‌جویی در مصرف آب، شرکت‌های برق را قادر می‌سازد تا استراتژی‌هایی را برای کاهش یا تخصیص مجدد مصرف آب برنامه‌ریزی و اجرا کنند.
- **گیمیفیکیشن:** بازی‌های اجتماعی بازی‌سازی شده را می‌توان ایجاد کرد که در آن مصرف‌کنندگان تشویق می‌شوند در ازای امتیاز، نشان‌ها و جوایز براساس اقدامات خود در مصرف آب صرفه‌جویی کنند.
- **رسانه‌های اجتماعی:** شرکت‌های آب می‌توانند از رسانه‌های اجتماعی استفاده کنند تا مشتریان را در زمینه صرفه‌جویی در مصرف آب و حفاظت از محیط‌زیست به شیوه‌ای ساده‌تر مشارکت دهند، از جمله در مورد چگونگی صرفه‌جویی در مصرف آب، مواردی که نباید در سرویس بهداشتی‌ها ریخته شود، و استفاده از وسایل قابل استفاده مجدد بطری‌ها و نوشیدن آب لوله کشی.
- **افزایش تجربه مشتریان:** شرکت‌های آب می‌توانند تجربه مشتریان را در سراسر شبکه توزیع آب از طریق:
 - **ارائه نقشه‌های بلادرنک:** ارائه نقشه‌های آنلاین و بی‌درنگ از رویدادهای بارندگی برای تشویق صاحبان املاک به آگاهی از راه‌حل‌های زیرساخت سبز
 - **تشخیص خودکار مسائل مربوط به کیفیت آب:** استفاده از فناوری‌های روباتیک برای شناسایی خودکار مشکلات مربوط به کیفیت آب که ممکن است در سیستم توزیع آب ایجاد شود.
- **نصب کنتورهای هوشمند:** توزیع کنتورهای هوشمند بین تمام مشتریان جدید و موجود خانگی و غیر خانگی برای تشویق تغییر رفتار در جهت صرفه‌جویی در مصرف آب، بهینه‌سازی مدیریت تقاضای آب و دستیابی به راندمان عملیاتی بیشتر.
- **ارائه نقشه‌های آنلاین نشتی:** تهیه نقشه‌های آنلاین نشت آب که در آن مشتریان

می‌توانند شرکت آب را در مورد نشتی در منطقه خود مطلع کنند و پیشرفت شرکت آب در رفع آن را پیگیری کنند.

-ارائه فرم‌های آنلاین برای مشتریان: ارائه فرم‌های آنلاین برای مشتریان برای گزارش نشت‌ها، همراه با پرسشنامه تا شرکت آب قبل از اعزام خدمه تعمیر، تا حد امکان بینش بیشتری کسب کند.

۷-۹- ابزارها و رویکردهای مالی نوآورانه برای پروژه‌های آب

از مطالعات موردی مکان‌هایی که ابزارها و رویکردهای مالی نوآورانه مختلفی را برای اطمینان از ارائه خدمات مرتبط با آب و آب پایدار، قابل اعتماد، انعطاف‌پذیر و مقرون‌به‌صرفه که انتظارات مشتریان را در آینده برآورده می‌کنند، اجرا می‌کنند، بهترین شیوه‌های متنوعی برای مکان‌های دیگر برای اجرا:

- **افزایش نرخ آب و پساب:** شرکت‌های آب می‌توانند نرخ آب و پساب را برای مصرف‌کنندگان خانگی و صنعتی افزایش دهند تا درآمد اضافی برای هزینه‌های سرمایه‌ای به دست آورند.

- **تخفیف در نرخ آب:** در صورت اجرای طرح‌های صرفه‌جویی در مصرف آب، می‌توان به مصرف‌کنندگان آب صنعتی با تخفیف نرخ آب پیشنهاد کرد.

- **اعتبارات هزینه آب سطحی:** شرکت‌های آب می‌توانند اعتبارات هزینه آب سطحی را برای صاحبان املاک فراهم کنند که با اجرای BMPs زیرساخت سبز، رواناب را کاهش می‌دهد. تخفیف در قبض آب سطحی نه تنها باعث صرفه‌جویی در هزینه مشتریان می‌شود، بلکه در مصرف آب نیز صرفه‌جویی می‌کند و در عین حال طبیعت را محافظت و تقویت می‌کند.

- **تجارت اعتبار آب سطحی:** شرکت‌های آب می‌توانند برنامه‌های تجارت اعتبار آب سطحی را توسعه دهند که در آن صاحبان املاک و توسعه‌دهندگان می‌توانند از نصب زیرساخت‌های سبز در املاک خود درآمد کسب کنند. کمک‌های مالی می‌تواند به سازمان‌های غیرانتفاعی، از جمله مدارس و موسسات، ارائه شود تا به آنها کمک کند

اعتبارات آب سطحی را از زمین خود تولید کنند.

- **مالیات بر آفت‌کش‌ها:** مالیات آفت‌کش‌ها را می‌توان برای کاهش بارگیری آبراه‌ها ایجاد کرد، با این مالیات بر اساس میزان تأثیر آفت‌کش بر سلامت، طبیعت و آب‌های زیرزمینی.
- **یارانه برای فناوری‌های آب:** دولت‌ها، از جمله شرکت‌های آب، می‌توانند برای سرمایه‌گذاری در فناوری‌های سبز از پیش تأیید شده، از جمله آن‌هایی که مرتبط با آب هستند، و همچنین یارانه‌هایی برای سرمایه‌گذاری در فناوری‌های سبز سفرشی، از جمله فناوری‌های مرتبط با آب، که چرخه تفکر اقتصادی را بهبود می‌دهند، ارائه دهند.
- **برنامه‌های حقوق برداشت آب قابل تجارت:** این برنامه‌ها می‌توانند توسط شرکا در بخش‌های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی برای تشویق تولیدکنندگان کشاورزی به استفاده بهینه از آب خود و امکان تخصیص مجدد منابع آب به کسانی که بیشترین ارزش را برای آن دارند، توسعه دهند.
- **برنامه‌های حقوق آلودگی آب قابل تجارت:** این برنامه‌ها را می‌توان توسط شرکا در بخش‌های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی توسعه داد تا تخلیه‌کننده‌های مجاز را قادر سازد تا الزامات مجوز زیست محیطی خود را به طور مقرون به صرفه برآورده کنند.
- **پروژه‌های پرداخت در ازای عملکرد:** این پروژه‌ها را می‌توان برای پاداش دادن به کشاورزان برای بهبود کیفیت آب با اجرای BMP‌های تأیید شده کشاورزی، با پرداخت‌هایی که توسط تصفیه‌خانه‌های پساب یا سایر نهادهای پایین دستی که نیاز به انجام تعهدات کیفیت آب دارند، توسعه داد.
- **اوراق قرضه سبز:** شرکت‌های آب می‌توانند اوراق قرضه سبز را با عوایدی که برای ایجاد زیرساخت‌های سبز استفاده می‌شود منتشر کنند:

- بهبود کیفیت آب با اصلاح سرریزهای پساب ترکیبی
- ارتقاء انعطاف‌پذیری آب و هوا از طریق کاهش سیل
- بهبود کیفیت زندگی با حفاظت از تنوع زیستی و احیای آبراه‌ها

- **مشارکت‌های دولتی-خصوصی:** روش‌های مختلفی برای اجرای مشارکت عمومی

خصوصی (PPP) وجود دارد، از جمله موارد زیر:

- شهرداری‌ها می‌توانند با قراردادهایی که ارتقای بهره‌وری عملیاتی و دستیابی به اهداف انرژی‌های تجدیدپذیر را تعیین می‌کنند، PPP را برای بهره‌برداری و نگهداری تصفیه‌خانه‌های پساب اجرا کنند.
- سازمان‌های دولتی می‌توانند از پروژه‌های محیط طبیعی که سرمایه‌گذاری بخش خصوصی را جذب می‌کنند، با ایجاد صندوق‌های اختصاصی اثرات زیست‌محیطی طبیعی حمایت مالی کنند. مشارکت‌های مشترک سرمایه‌گذاری بخش خصوصی را در پروژه‌های زیست‌محیطی تشویق می‌کند که به مقابله با تغییرات آب و هوا و احیای طبیعت کمک می‌کند، از جمله توسعه طرح‌های مدیریت سیل طبیعی و همکاری با کشاورزان برای بهبود کیفیت آب.

نتیجه‌گیری

در پایان، با گذشت قرن، بخش آب با فشار فزاینده‌ای از طیف گسترده‌ای از روندهای اقلیمی و غیراقلیمی مواجه است که توانایی آن را در ارائه خدمات آب و آب پایدار، قابل اعتماد، انعطاف‌پذیر و مقرون به صرفه که پاسخگوی مشتریان باشد، انتظارات در آینده را به چالش می‌کشد. به طور سنتی، بخش آب به دلیل تعدادی از موانع، معمولاً در تکامل و ترکیب راه‌حل‌های نوآورانه جدید در سیستم‌های موجود در پاسخ به چالش‌های مختلف کند بوده است. با این وجود، عدم اجرای نوآوری‌ها در مدیریت آب، بخش آب را در معرض خطرات مختلفی برای سلامت انسان، محیط‌زیست و زیرساخت‌ها و همچنین کاهش سطح خدمات مورد انتظار مشتریان قرار می‌دهد. برای اطمینان از ارائه خدمات آب و آب پایدار، قابل اعتماد، انعطاف‌پذیر و مقرون به صرفه که انتظارات مشتریان را در آینده برآورده می‌کند، مدیران آب باید فناوری‌های نوآورانه مدیریت آب را برای صرفه‌جویی، بازیافت و استفاده مجدد از آب، تولید انرژی‌های تجدیدپذیر و بازیابی مواد مغذی ارزشمند از پساب، حفاظت و بازیابی کیفیت آب در مقیاس‌های مختلف، و بهبود کلی مدیریت منابع آب به کار گیرند. تأمین مالی این فناوری‌ها می‌تواند از طریق ابزارها و رویکردهای مالی نوآورانه متنوعی اجرا شود.

