Archive of SID

پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۷، شماره ۱۳، بهار و تابستان ۱۳۹۵، از صفحه ۱۰۳ تا ۱۱۶

بررسی اهمیت توان خودپالایی رودخانه‌ها در تدوین استاندارد تخلیه پساب

مریم عاشق معلا[۱]، بهرام ملک محمدی[۲]، علی ترابیان[۳]

۱ دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران
۲ دانشیار دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران
۳ استاد دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۰۸؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۰۶/۱۵)

چکیده

در استاندارد بسیاری از کشورها از جمله ایران به توان خودپالایی رودخانه‌ها برای تعیین استاندارد تخلیه پساب‌ها توجهی نشده است. یعنی بدون در نظر گرفتن تفاوت رودخانه‌ها از نظر شرایط هیدرولیکی، موقعیت جغرافیایی و غیره، به تدوین یک استاندارد یکسان برای همه‌ی رودخانه‌ها پرداخته شده است. در این مقاله برای نشان دادن اهمیت توجه به تفاوت‌های رودخانه‌ها و توان خودپالایی هر یک از آنها در تدوین استاندارد تخلیه پساب، دو رودخانه ی سبزکوه در چهار محال و بختیاری و رودخانه قشلاق در کردستان به عنوان نمونه انتخاب شدند و با به‌کارگیری مدل شبیه‌سازی QUAL2Kw شرایط هر دو رودخانه با فرض رعایت کامل حدود مجاز استاندارد فعلی تخلیه پساب به آب‌های سطحی ایران شبیه‌سازی شد و نتیجه این شبیه سازی نشان داد که رعایت این استاندارد، شرایط کیفی مناسب رودخانه قشلاق را به خوبی حفظ می کند. اما در رودخانه سبزکوه به دلیل میزان توان خودپالایی و تعداد زیاد منابع آلاینده موجود، رعایت این استاندارد نه تنها کمکی به حفظ کیفیت آب نمی‌کند، بلکه تاثیر بسیار منفی بر کیفیت رودخانه خواهد گذاشت. سپس، با استفاده از شبیه سازی کیفی رودخانه، حد مجاز مناسب هر رودخانه بر اساس توان خودپالایی رودخانه و تعداد و نوع منابع آلاینده موجود براورد شد و نشان داد که در تدوین استانداردهای دقیق و کارامد باید به توان خودپالایی رودخانه، تعداد منابع آلاینده حاشیه رودخانه و میزان بارگذاری مواد زاید و دیگر شرایط متفاوت رودخانه‌ها نیز توجه نمود.

کلید واژه‌ها: شبیه سازی، کیفیت آب، رودخانه سبزکوه، رودخانه قشلاق، مدل QUAL2kw

* نویسنده مسئول: Email: m.moalla@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

سرآغاز

رودخانه‌ها به‌عنوان یکی از منابع اساسی تأمین آب برای مصارف گوناگون از جمله کشاورزی، شرب و صنعت مطرح می‌باشند. با توجه به اهمیت این مجاری و خشکسالی‌های اخیر، حفظ این منابع یکی از وظایف مهم می‌باشد. از طرفی، این منابع به‌عنوان محل تخلیه فاضلاب‌ها، پساب‌های کارخانه‌ها و زه‌کش‌های کشاورزی قرار گرفته‌اند. با توجه به این که هر رودخانه تا حدود معینی ظرفیت پذیرش آلاینده‌های ورودی را دارا می باشد (نظری و همکاران، ۱۳۸۳)، بنابراین توجه به توان خود پالایی رودخانه‌ها برای تدوین استانداردهای تخلیه پساب اهمیت به‌سزایی دارد. خود پالایی به مجموعه فعل و انفعالاتی گفته می‌شود که به‌صورت طبیعی در یک منبع آبی اتفاق می‌افتد و در نتیجه آن میزان آلودگی آب طی فرایندهای طبیعی کاهش یافته و کیفیت آب تا حد استاندارد مطلوب افزایش می‌یابد. عواملی مانند: ۱. میزان انتقال الاینده‌ها ۲. میزان نفوذ و پخش آلاینده‌ها ۳. میزان تبدیل آلاینده‌ها ۴. میزان ته‌نشینی و میزان تجزیه آنها، بر این پدیده موثرند (حسینی و همکاران، ۱۳۸۵).

تعیین استاندارد تخلیه پساب مربوط می‌شود به زمانی که همگام با رشد روز افزون جوامع، پسماندها و پساب‌های شهری، صنعتی و تجاری به رودخانه‌ها تخلیه می‌شد و حتی تصور بر این بود که این اقدام به علت تغذیه ماهیان و جانوران آبزی مفید هم خواهد بود. در نتیجه رودخانه می‌سی‌سی‌پی به مجرایی پر از زباله‌های شهری و صنعتی تبدیل شد. بنابراین در سال ۱۹۲۸ میلادی، دفع زباله به رودخانه‌های بعضی از ایالت‌های امریکا ممنوع و از سال ۱۹۶۵ میلادی قوانین خاصی برای دفع انواع آلاینده‌ها و پساب‌های صنعتی و شهری وضع شد (ثنایی، ۱۳۸۱). استانداردهای تدوین شده برای تخلیه پساب در کشورهای مختلف براساس پارامترهای در نظر گرفته شده، کاربری‌ها و محیط‌های پذیرنده متفاوت است. در امریکا، استاندارد تخلیه پساب شهری و صنعتی بر اساس فن‌آوری تدوین و آلاینده‌ها به سه بخش آلاینده‌های متداول، غیر متداول و سمی تقسیم‌بندی شده‌اند. در ایالت‌های مختلف کانادا، استاندارد تخلیه پساب به منابع پذیرنده برای فاضلاب شهری به‌طور جداگانه تهیه شده است. در ژاپن، استاندارد ملی تخلیه پساب در دو بخش ۱. استاندارد بر مبنای حفظ سلامت انسان (۲۴ پارامتر شامل کادمیوم و سیانید) و ۲. استاندارد بر مبنای حفظ موجودات زنده تدوین شده است (۱۶ پارامتر). در استاندارد نیجریه به‌منظور تخلیه به آب‌های سطحی و خاک ۴۱ پارامتر و برای تخلیه به آب‌های زیرزمینی ۱۴ پارامتر درنظر گرفته شده است. استاندارد کشور سنگاپور، محدوده مجاز برای دفع پساب را در سه طبقه منابع آبی، منابع آبی حفاظت شده و سیستم فاضلاب و برای ۳۶ پارامتر تهیه کرده است. در ویتنام، سه سطح استاندارد براساس کاربری محیط پذیرنده تهیه شده که شامل تخلیه به منبع مصرفی جهت آب آشامیدنی (سطح A)، تخلیه به منبع مصرفی جهت کشاورزی، قایقرانی، شنا و پرورش آبزیان (سطح B) و سطح آخر تنها در موارد خاص با اخذ مجوز به بعضی از محیط‌های آبی تخلیه می‌شوند (سطح C). اردن، استاندارد تخلیه پساب خود را برای دو محیط پذیرنده شامل: آب‌های سطحی و تغذیه مصنوعی آبخوان و برای دو گروه از پارامترها تهیه کرده است (ترابیان، ۱۳۸۷). خلاصه مطالب و پارامترهای موجود در این استانداردها در جدول (۱)، ارایه شده است.

در ایران، استاندارد تخلیه پساب به آب‌های سطحی، به استناد ماده ۵ آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب (۱۳۷۳/۹/۵)، با همکاری وزارتخانه‌های بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، نیرو، صنایع، صنایع سنگین، معادن و فلزات کشور و کشاورزی توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست بر اساس غلظت آلاینده‌ها تهیه و تدوین شده است که در آن برای محیط‌های پذیرنده آب‌های سطحی، چاه جاذب، مصارف کشاورزی و آبیاری حدود مجاز ۵۲ پارامتر تعیین شده است و دارای ۵ تبصره می‌باشد (سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۳۷۳). اما با توجه به مسایلی مانند یوتریفیکاسیون، از بین رفتن جانوران آبزی، ایجاد رنگ، بو و آلودگی‌های مختلف در آب که همگی سبب نزول کیفیت آب‌های سطحی در کشور شده است، این فرض ایجاد می‌شود که استاندارد موجود از جامعیت و کارایی موثری برخوردار نیست. بنابراین، بررسی عواملی که سبب ناکارامدی این استاندارد در پیشگیری از آلودگی منابع آب‌های سطحی شده و ارایه راهکار برای آنها از وظایف مهم و اساسی در مدیریت منابع آب کشور است (ترابیان، ۱۳۸۷).

به علت پیچیدگی عوامل مختلف تعیین‌کننده کیفیت آب، تفاوت‌های زیادی بین رودخانه‌های واقع در مناطق آب و هوایی و جغرافیایی متفاوت وجود دارد (EPA, 1997). در نتیجه، تدوین یک استاندارد یکسان برای همه رودخانه‌های موجود در

www.SID.ir

Archive of SID

کشور که بتواند کیفیت شیمیایی یا زیستی آب رودخانه‌ها را تضمین کند، صحیح و اجرایی نیست و حداقل در تعیین حدود مجاز آلاینده‌های تجزیه‌پذیر که رودخانه‌ها براساس توان خودپالاییشان قادر به زدودن آنها هستند، باید تفکیکی بین رودخانه‌ها صورت گیرد. بنابراین، استفاده بهینه از توان طبیعی رودخانه برای تصفیه آلودگی، هم جلب نظر ذی‌نفعان را در بردارد و هم منافع اقتصادی آنها را شامل می‌شود. کما این که در برخی از کشورهای پیشرفته، متناسب با وضعیت کیفی منابع آب، از استانداردهای ایالتی (استانی) استفاده می‌نمایند مثلا در برخی از استانهای ژاپن، استاندارد وضع شده سختگیرانه‌تر از استاندارد ملی آنهاست (علوی مقدم، ۱۳۸۳). در امریکا، تخلیه پساب به مجاری پذیرنده از طریق تدوین استانداردهای تخلیه موسوم به «سامانه ملی حذف تخلیه آلاینده» کنترل می‌شود. در این سامانه، مجوزهای لازم با محدودیت‌های کمی و کیفی پساب در ایالات مختلف صادر می‌شود و نظارت عالیه بر آنها توسط دولت فدرال صورت می‌گیرد. محدوده‌های مذکور در ایالات مختلف متفاوت است و به‌صورت مورد به مورد و بر اساس برآورد آثارسوء بالقوه بر محیط‌زیست و برای منابع متعدد بارگذاری مواد زاید، در قالب توزیع میزان بارگذاری در طول مسیر رودخانه به‌منظور بهینه‌سازی استفاده از ظرفیت خودپالایی مجرای آبی تعیین می‌شود (وزارت نیرو، ۱۳۸۴).

بررسی و مقایسه استانداردهای پساب ایران و سایر کشورها در منابعی (مانند نزل‌آبادی و پیاده، ۱۳۹۱؛ چایی بخش لنگرودی، ۱۳۸۸) ارایه شده و همین‌طور بررسی کارامدی استاندارد فعلی ایران در مقاله عاشق‌معلا و ملک‌محمدی (۱۳۸۹) شرح داده شده است. همچنین، در پژوهش‌های متعددی توان خودپالایی رودخانه‌ها بررسی شده و به اهمیت آن اشاره شده است (حسینی و همکاران، ۱۳۸۵).

عدم توجه به تفاوت ویژگی‌های محیط‌های پذیرنده پساب‌ها و وضع موجود آنها از مهمترین ضعف‌های استاندارد فعلی می‌باشد. این استاندارد در تعیین معیارها و حدود مجاز تخلیه پساب‌ها بین انواع مختلف رودخانه‌ها تفکیک قایل نشده است، زیرا که رودخانه‌های مختلف از نظر شرایط هیدرولوژیکی و هیدرولیکی متفاوت هستند و میزان بار آلودگی قابل تحمل آنها تابع عوامل زمانی و مکانی مختلف، نوع و شدت بار آلودگی ورودی، همچنین شرایط محیطی است.

در این مقاله، برای نشان دادن اهمیت در نظر گرفتن تفاوت رودخانه‌ها و توان خودپالایی هر یک از رودخانه‌ها در تدوین استانداردهای تخلیه پساب، دو رودخانه سبزکوه و قشلاق به‌عنوان نمونه انتخاب خواهند شد و کارامدی استاندارد فعلی در هر یک از رودخانه‌ها بررسی می‌شود (جدول ۱). سپس، با محلی کردن استاندارد یعنی تعیین غلظت مجاز آلاینده‌ها با توجه به توان خودپالایی هر یک از رودخانه‌ها و مقایسه آن با استاندارد فعلی به بررسی اهمیت تعیین استاندارد به تفکیک توان خودپالایی رودخانه‌ها و تفاوت آنها پرداخته می‌شود. بر این اساس، استاندارد فعلی در قالب سناریویی در یک مدل شبیه‌ساز کیفی رودخانه اجرا و شرایط رودخانه‌ها جهت تبیین مناسب بودن حدود مجاز غلظت آلاینده‌های فعلی از نظر محیط‌زیستی بررسی می‌شود. سپس میزان غلظت مجاز پیشنهادی برای تخلیه آلاینده‌ها در قالب سناریو دیگری برای حفظ شرایط مناسب کیفی رودخانه‌های مورد مطالعه پیشنهاد خواهد شد.

جدول (۱): استانداردهای تخلیه پساب در کشورهای مختلف (ترابیان، ۱۳۸۷)

نام کشور	ملاحظات کلی	پارامترهای مشمول استاندارد
آمریکا	استاندارد تخلیه پساب شهری و صنعتی بر اساس تکنولوژی در شش سطح شامل: در تخلیه مستقیم و BPT, BAT, BCT, NSPS در تخلیه غیر مستقیم .PSES, PSNS تدوین شده است.	آلاینده‌ها به سه بخش آلاینده‌های متداول (BOD، کل مواد معلق، PH، روغن و فکال کلیفرم)، آلاینده‌های سمی (۶۵ گروه از مواد سمی) و آلاینده‌های غیرمتداول (سایر مواد) تقسیم‌بندی شده‌اند. آلاینده‌های متداول در هر ایالت می‌تواند بر اساس قضاوت متولیان امور تغییر کند.
کانادا	در ایالت‌های مختلف کانادا استاندارد تخلیه پساب شهری به منابع پذیرنده برای فاضلاب شهری به‌طور جداگانه تهیه شده است	آلاینده‌ها به سه بخش آلاینده‌های متداول (BOD، کل مواد معلق، PH، روغن و فکال کلیفرم)، آلاینده‌های سمی (۶۵ گروه از مواد سمی) و آلاینده‌های غیرمتداول (سایر مواد) تقسیم‌بندی شده‌اند. آلاینده‌های متداول در هر ایالت می‌تواند بر اساس قضاوت متولیان امور تغییر کند.

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول (۱): استانداردهای تخلیه پساب در کشورهای مختلف (ترابیان، ۱۳۸۷)

نام کشور	ملاحظات کلی	پارامترهای مشمول استاندارد
ژاپن	استاندارد ملی تخلیه پساب در ژاپن در دو بخش تنظیم شده است، استانداردی که برای حفظ سلامت انسان مورد نیاز است (۲۴ پارامتر شامل کادمیوم و سیانید) و استانداردی که برای حفظ موجودات زنده تدوین شده است (۱۶ پارامتر)	گروه اول: کادمیوم و ترکیبات آن، ترکیبات سیانید، ترکیبات فسفر آلی، سرب و ترکیبات آن، کروم و ترکیبات آن،آرسنیک و ترکیبات آن،کل جیوه، ترکیبات الکیلی جیوه، PCBs، trichloroethylene، tetrachloroethylene، dichlororneth‌ane، carbon tetrachloride، l, 2- dichloro ethane, 1, 1- dichloro ethlene, cis-1, 2- dichloro ethylene, l, 3- ،1, 1, 2-trichloro ethane ،1, l, 1-trichloro ethane dichloropropene ، thiram، simazine، thiobencarb، بنزن و سلنیوم و ترکیبات آن گروه دوم: PH،BOD، COD، کل مواد معلق، روغن معدنی، روغن گیاهی– جانوری، فنول، مس، روی، آهن محلول، منگنز مجلول، کروم، فلور، کلیفرم، نیتروژن و فسفر
نیجریه	در استاندارد این کشور برای ۴۱ پارامتر مقدار برای تخلیه به آب‌های سطحی و دفع به زمین و برای ۱۴ پارامتر برای تخلیه به آب‌های زیرزمینی آورده شده است.	تخلیه به آب‌های سطحی: دما، رنگ، pH، BOD، کل مواد معلق، کل جامدات محلول، کلراید، سولفات، سولفید، سیانید،دترجنت، روغن، نیترات، فسفات آرسنیک، باریم، قلع، آهن، منگنز، فنول، کلر، کادمیوم، کروم، مس، سرب، جیوه، نیکل، سلنیوم، نقره، روی، کل فلزات، کلسیم، منیزیم، بنزن، ترکیبات الکیلی جیوه، PCB، پستیساید، پخش‌کننده‌های آلفا و بتا، کلیفرم و فیبرهای معلق دفع به آب‌های زیرزمینی: آرسنیک، باریم، کادمیوم، برم، سرب، جیوه، سلنیوم، نقره، ایندرین، لیندین، متوکسی‌کلر، توکسافین، ۲،۴–D و ۲،۴، ۵– TP silvex
سنگاپور	سنگاپور محدوده مجاز برای دفع پساب را در ۳ طبقه منابع آبی، منابع آبی حفاظت شده و سیستم فاضلاب برای ۳۶ پارامتر تهیه کرده است.	دما، رنگ، PH، BOD، COD، کل مواد معلق، کل جامدات محلول، کلراید، سولفات، سولفید، سیانید،دترجنت، روغن، آرسنیک،باریم،برلیوم،قلع، آهن، منگنز، فنول، کلر، کادمیوم، کروم، مس، سرب، جیوه، نیکل، سلنیوم، نقره، روی، فسفات، کلسیم، منیزیم، برم، نیترات و کل فلزات
ویتنام	۳ سطح استاندارد در این کشور براساس کاربری محیط‌پذیرنده تهیه شده که شامل تخلیه به منبع مصرفی جهت آب آشامیدنی (سطح A)، تخلیه به منبع مصرفی جهت کشاورزی، قایقرانی، شنا و پرورش ابزیان (سطح B) و سطح آخر تنها در موارد خاص با اخذ مجوز به بعضی از محیط‌های آبی تخلیه می‌گردند(سطح C) (برخی پارامترها در این طبقه می‌توانند از گروه B با غلظت بیشتری به محیط‌های آبی تخلیه گردند.	دما، PH، BOD، COD، کل مواد معلق، کل جامدات محلول‌آرسنیک، کادمیوم، کروم، روغن و چربی معدنی، روغن و چربی گیاهی- حیوانی، مس، روی، منگنز، نیکل، فسفر آلی، فسفر کل، آهن، تتراکلراتلین، قلع، جیوه، نیتروژن کل، تری کلرواتیلن، آمونوم، فلوراید، فنول، سولفید، سیانید، کلیفرم
اردن	استاندارد تخلیه پساب خود به دو محیط‌پذیرنده شامل: آب‌های سطحی و تغذیه مصنوعی آبخوان دردو گروه از پارامترها تهیه کرده است.	گروه اول: آلاینده‌های متداول: BOD5، COD، DO، کل مواد معلق، آمونیاک، نیترات، نیتروژن آلی، pH FOG، E-Coli، کدورت. گروه دوم: کل جامدات محلول، هدایت الکتریکی، SAR، آلومینیوم، کلراید، سولفات، سولفید، سیانید، آرسنیک، باریم، برلیوم، برم، آهن، منگنز، فنول، کلر، کادمیوم، کروم، کبالت، مس، فلوراید، سرب، لیتیوم، منیزیم، جیوه، موبیدیم، نیکل، آمونوم، سلنیوم، فسفر، نقره، روی، وانادیوم، باکتری فکال کلیفرم و نماتد

مواد و روش‌ها

روش پژوهش

در این تحقیق، ابتدا دو رودخانه مورد مطالعه به‌طور دقیق مورد شناسایی قرار می گیرند. به‌طوری‌که شرایط هیدرولوژیکی و توپوگرافی، تعداد و توزیع منابع آلاینده رودخانه‌ها، غلظت و بارآلودگی که در هر قسمت از رودخانه تخلیه می‌شود، مورد

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی قرار گیرد. سپس، با به‌دست آوردن شناخت کلی، هر یک از رودخانه‌ها به چند بازه متفاوت از نظر مشخصات هیدرولیکی، فیزیکی (شیب رودخانه، مقطع عرضی رودخانه، زبری و غیره) و ضرایب واکنش ها (مانند هوادهی و هواگیری) تقسیم می‌شوند، به‌نحوی که در ابتدای هر بازه یک ایستگاه اندازه‌گیری قرار گیرد. پس از وارد کردن اطلاعات ایستگاه‌ها، منابع آلاینده و شرایط هیدرولیکی به یک مدل شبیه‌ساز کیفیت رودخانه، با تغییر در ضرایب سنتتیک، مدل کالیبره می‌شود و شرایط موجود کیفی رودخانه شبیه‌سازی می‌شود. از آن جایی که مشخصه BOD[1]، علاوه بر مشترک بودن از نظر نوع یا ماهیت در بین تمام منابع آلاینده، سبب کاهش DO[2] در رودخانه می‌شود. همچنین، شاخص DO به طور معمول به‌عنوان یکی از شاخص‌های اصلی کنترل کیفیت در رودخانه می‌باشد. این پارامترها، مبنای شبیه‌سازی قرار خواهند گرفت. پس از آن، برای تعیین حد مجاز مناسب تخلیه BOD به رودخانه‌های مورد مطالعه و بررسی کارامدی استاندارد فعلی، دو سناریو تدوین می‌شود. در سناریوی اول، منابع آلاینده، مطابق با استاندارد فعلی تخلیه پساب (اکسیژن محلول در پساب‌ها حداقل ۲ میلی‌گرم بر لیتر و بی‌اودی، حداکثر ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر)، میزان پارامترهای BOD, DO را وارد رودخانه می‌کنند و شرایط کیفی هر یک از رودخانه‌ها پس از لحاظ کردن استاندارد بررسی می‌شود. در سناریوی دوم، با توجه به توان خودپالایی رودخانه‌ها و منابع آلاینده موجود، غلظت دیگری برای حد مجاز تخلیه پارامتر BOD لحاظ می‌شود. به‌طوری‌که با اجرای آن علاوه حد مجاز اکسیژن محلول رعایت شود(در این تحقیق حد مجاز اکسیژن محلول در استاندارد کیفی رودخانه بر اساس استاندارد اروپا برای کلاس کیفی مناسب، حداقل برابر ۵ میلی‌گرم در لیتر در نظر گرفته شد (جعفری و همکاران، ۱۳۸۸). سپس، با مقایسه اجرای این دو سناریو در هر یک از رودخانه‌ها به بررسی کارامدی استاندارد فعلی محیط زیست پرداخته می‌شود.

مدل شبیه‌سازی مورد استفاده

مدل‌های شبیه‌سازی مدل‌هایی هستند که برای پیش‌بینی رفتار یک سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مدل‌ها به‌صورت مستقیم نمی‌توانند گزینه‌های مناسب مدیریتی را برای محدودیت‌های داده شده محاسبه کنند. بنابراین، در قالب سناریوهای مختلف سیستم را شبیه‌سازی می‌کنند و از خروجی‌های آنها برای مدیریت سیستم استفاده می‌شود. این مدل‌ها پرکاربردترین مدل‌های مورد استفاده در مدیریت کیفی سیستم‌های منابع آب هستند (مصباح، ۱۳۸۷). در این مقاله، از بین این مدل‌های موجود، مدل QUAL2Kw به دلایل زیر انتخاب شد:

- برای عموم قابل دسترسی می‌باشد،
- با حداقل هزینه می‌توان آن را تهیه نمود،
- این مدل، امروزه به‌طور گسترده‌ای در مطالعات تعیین بار مواد زاید به‌کار گرفته شده است و به‌طورکلی مورد قبول متخصصان امر می‌باشد (میری، ۱۳۸۸).

مدلQUAL2Kw، آخرین مدل از سری مدل‌های QUAL است که قابلیت انجام تجزیه و تحلیل عدم قطعیت را دارا می‌باشد. این مدل، می‌تواند معادلات مربوط به رودخانه را هم در شرایط دایمی و هم شبه دینامیکی حل کند. این برنامه، قادر است پارامترهایی مانند: اکسیژن محلول، نیاز اکسیژن خواهی بیوشیمیایی، دما، اسیدیته، مواد معلق، فسفر کل، فسفر آلی، نیتروژن کل، نیتروژن آمونیاکی، نیتروژن نیتراتی، نیتروژن نیتریتی، نیتروژن آلی و جلبک‌ها را در شبکه رودخانه شبیه‌سازی کند. این برنامه، قادر است پخش طولی مواد اکسیژن مورد نیاز رسوبات، ته‌نشینی مواد کربنی، نیتریفیکاسیون و دنیتریفیکاسیون را در شبیه‌سازی پارامترهای کیفی آب به‌حساب آورد (Chapra et al., 2006).

منطقه‌های مورد مطالعه

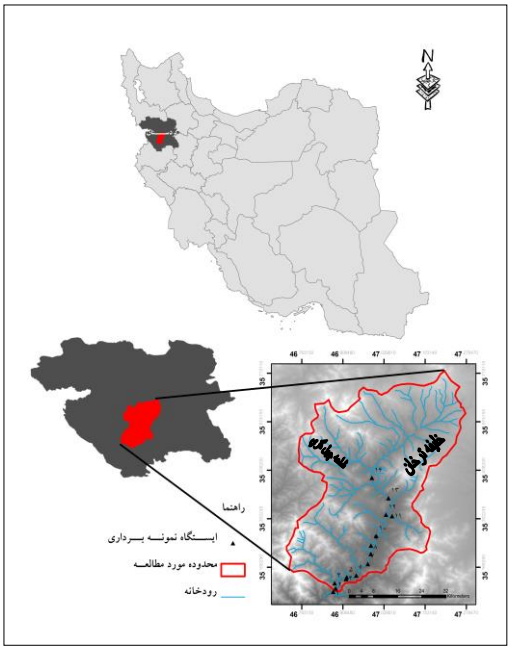
رودخانه قشلاق

محدوده مورد مطالعه بخشی از رودخانه قشلاق در حوضه آبخیز رودخانه قشلاق واقع دراستان کردستان است که حد فاصل سد قشلاق (وحدت) تا پایین دست رودخانه قشلاق به طول ۵۰کیلومتر را شامل می‌شود شکل (۱). رودخانه قشلاق، دارای آب دایمی و رژیم جریان آبی، برفی- بارانی است. بخشی از آب آن نیز توسط چشمه‌های آهکی موجود در حوضه تامین می‌شود. دبی آب، طی فصل‌های مختلف سال دارای نوسان می‌باشد. بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده، کم‌ترین مقدار دبی آب در مرداد ماه بوده و برابر با ۰/۱ متر مکعب برثانیه اندازه‌گیری شده است. از آن زمان به بعد، مقدار آب دارای سیر صعودی بوده تا در اسفند ماه به بیش‌ترین مقدار خود یعنی ۷/۲۶۷ متر مکعب بر ثانیه می‌رسد (جعفری سلیم، ۱۳۸۸).

www.SID.ir

Archive of SID

رودخانه قشلاق یکی از رودخانه‌های مهم مرزی غرب کشور بوده که در تامین نیاز آبی منطقه و استان نقش ویژه‌ای را ایفا می‌نماید و از آن جایی که این رودخانه از مجاورت شهر سنندج عبور می‌کند، در طول مسیر خود پس از سد وحدت تا تلاقی با رودخانه گاورود، در معرض ورود آلاینده‌های مختلفی قرار دارد که در بخش‌های پسی به جزییات آنها اشاره خواهد شد.



شکل (۱):موقعیت حوضه آبخیز رودخانه قشلاق در استان کردستان

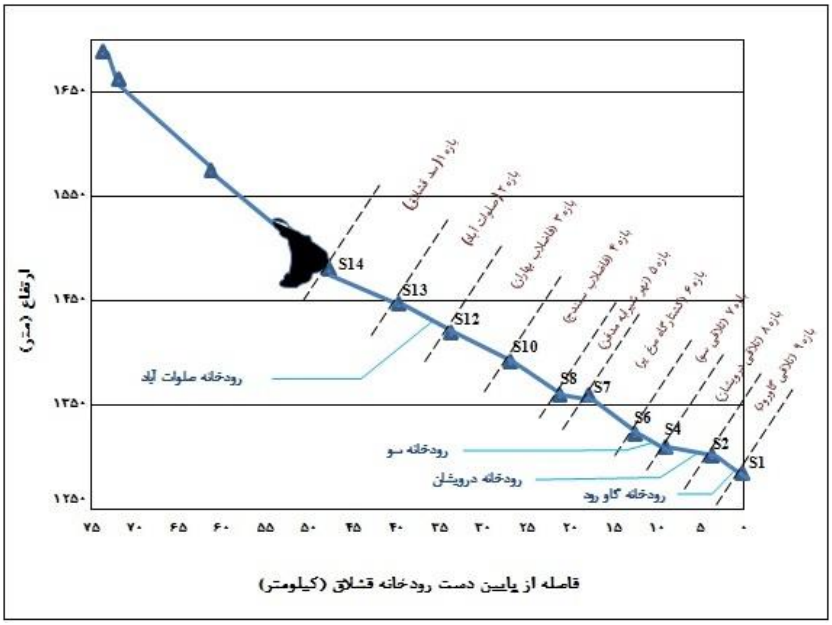
یافته‌ها

بررسی شرایط کیفی رودخانه قشلاق

با بررسی اطلاعات مربوط به نمونه‌برداری در دوره‌های مختلف و مقایسه نتایج کمی و کیفی رودخانه (جعفری سلیم، ۱۳۸۸)، فصل تابستان مرداد ماه ۱۳۸۷ به‌عنوان بحرانی‌ترین زمان از لحاظ کمترین مقدار دبی و بیشترین میزان دما برای رودخانه تشخیص داده شد و از اطلاعات این ماه برای مدل‌سازی رودخانه استفاده شد.

در این تحقیق، ۱۴ ایستگاه پایش در نظر گرفته شده که چهارتای آنها روی شاخه‌های فرعی که به‌عنوان ورودی رودخانه قشلاق محسوب می‌شوند و بقیه در طول رودخانه اصلی واقع شده‌اند. با توجه به این که آب خروجی از دریچه سد از لحاظ کیفی شرایط مناسبی دارد، کمی پایین تر از خروجی سد، به‌عنوان ایستگاه شاخص (S14) در بالا دست محدوده مورد مطالعه انتخاب شده است. موقعیت این ایستگاه‌ها در شکل (۲) آورده شده‌اند.

پس از بررسی‌های به‌عمل آمده و تعیین شیب کف کانال، عرض کف، شیب دیواره‌ها و ضریب زبری مقاطع مختلف، رودخانه از پس از سد قشلاق به ۹ بازه (Reach) تقسیم‌بندی شد شکل (۲).



شکل (۲): بازه‌بندی محدوده‌ای از رودخانه قشلاق (جعفری سلیم، ۱۳۸۸)

www.SID.ir

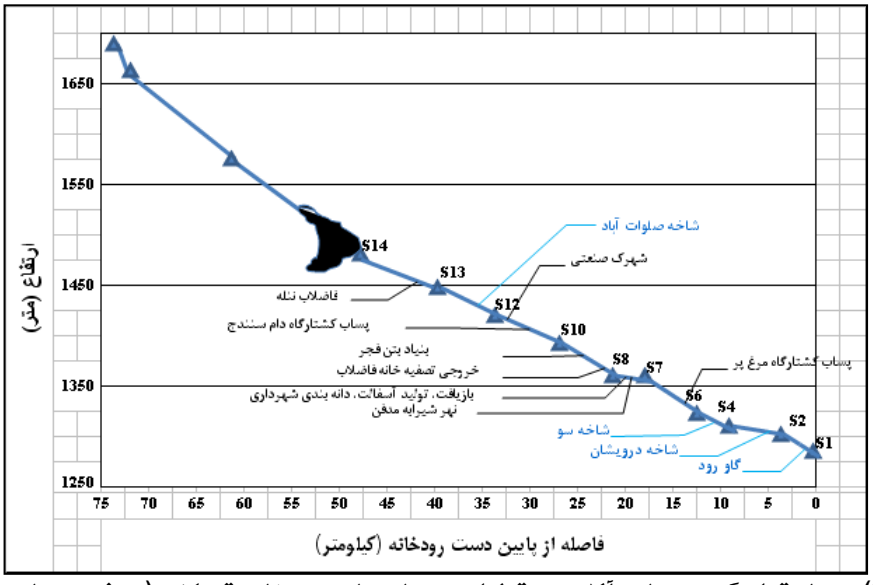
Archive of SID

شناسایی منابع آلاینده

در حد فاصل سد قشلاق تا انتهای رودخانه، ۸ منبع آلاینده نقطه‌ای که داده‌های مکانی و داده‌های کیفی آنها در دسترس بود، شناسایی شد که اطلاعات آنها در جدول (۲) آورده شده است. همچنین، محل قرارگیری آنها در طول رودخانه، فاصله آنها از پایین دست رودخانه و ارتفاعشان در شکل (۳) که پروفیل طولی رودخانه را نشان می‌دهد، ارایه شده است.

جدول (۲): منابع آلاینده نقطه‌ای موجود در طول رودخانه قشلاق (جعفری سلیم، ۱۳۸۸)

نام واحد تخلیه کننده	محل قرارگیری در بازه	فاصله تا پایین دست رودخانه (km)	دبی فاضلاب (m3/s)	BOD (Mg/lit)	بار آلودگی (gr/s)(BOD*دبی)
فاضلاب ننله	۱	۲۰/۸۰	۲۰۰	۰/۱۰۴	۴۱
شهرک صنعتی	۳	۹/۱۳	۸۰۰	۰/۰۱۱	۳۳
کشتارگاه دام سنندج	۳	۲/۵۷	۹۰۰	۰/۰۰۳	۲۸.
بنیاد بتن فجر	۴	۰/۲۰	۵۰	۰/۰۰۴	۲۵
خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب	۴	۱۳۶/۷۱	۹۸	۱/۳۹۵	۲۳
بازیافت، تولید آسفالت و دانه‌بندی شهرداری	۵	۰/۱۲	۴۰	۰/۰۰۳	۲۱
نهر شیرابه مدفن	۵	۶۱/۶۵	۲۰۵۵	۰/۰۳۰	۱۹
کشتارگاه مرغ پر	۶	۱/۴۰	۶۹۹	۰/۰۰۲	۱۴



شکل (۳): محل قرار گیری منابع آلاینده نقطه‌ای در بازه‌های رودخانه قشلاق (جعفری سلیم، ۱۳۸۸)

رودخانه سبزکوه

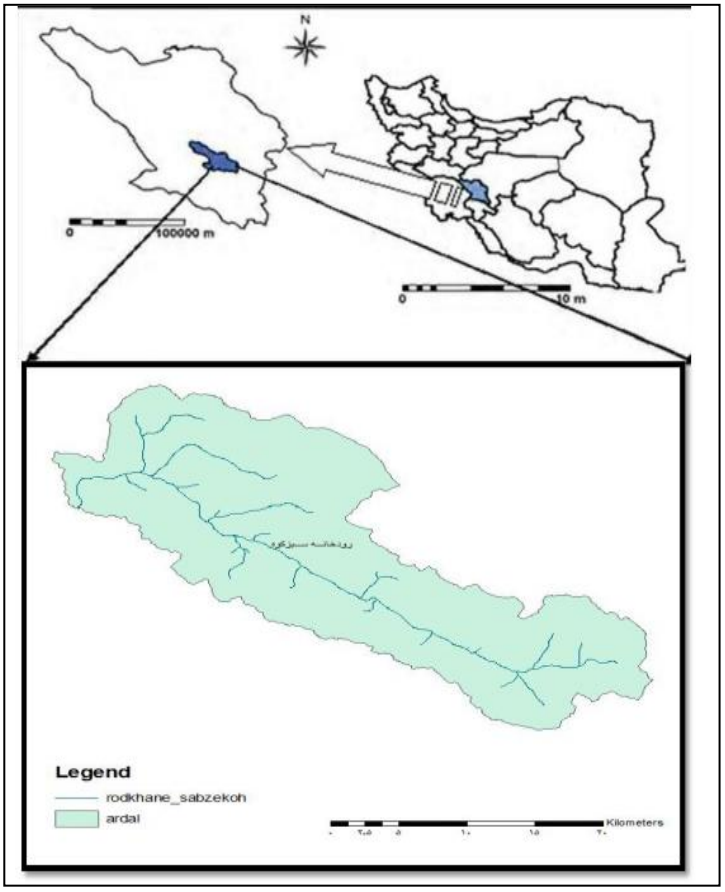
رودخانه سبزکوه یکی از سرشاخه‌های رود کارون می‌باشد و یک رودخانه دایمی به طول تقریبی ۵۸ کیلومتر است که در استان چهارمحال و بختیاری در بخش‌های گندمان و اردل قرار دارد شکل (۴). در مجاورت این رودخانه، علاوه بر فعالیت‌های کشاورزی، مجتمع‌های آبزی‌پروری قابل توجهی تاسیس شده و در حال بهره‌برداری هستند که پساب خود را به صورت مستقیم و غیرمستقیم به رودخانه سبزکوه تخلیه می‌کنند.

مشخصات ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه سبزکوه

به منظور رسیدن به اهداف این تحقیق، ۸ ایستگاه نمونه‌برداری در طول کانال اصلی رودخانه سبزکوه تعیین شد. ایستگاه اول،

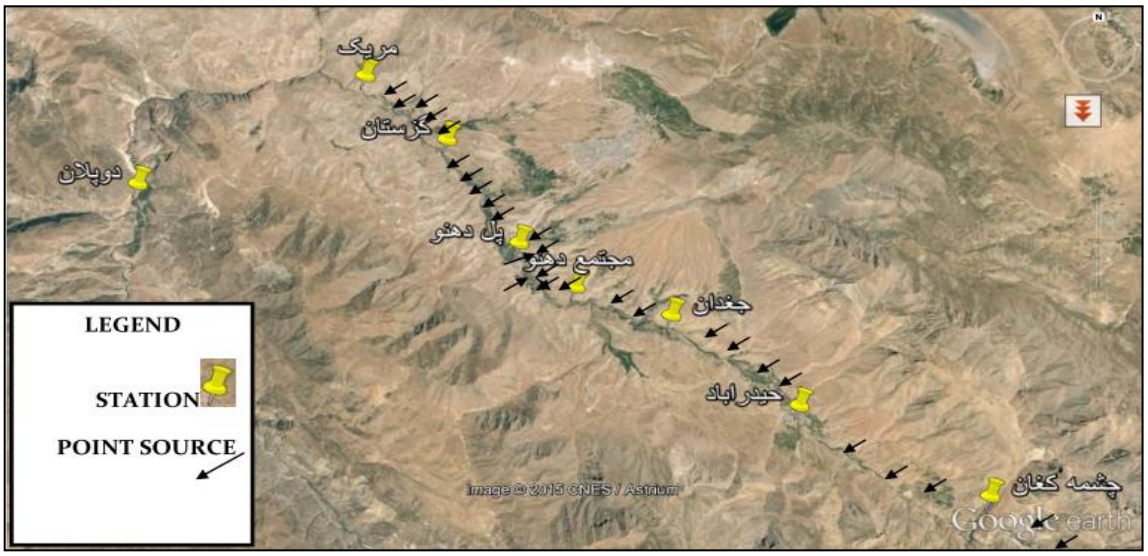
www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۴): موقعیت جغرافیایی رودخانه سبزکوه (خانی، ۱۳۹۳)

در بالادست رودخانه قرار گرفته و بیشتر تحت تاثیر شرایط طبیعی قرار دارد، در این ایستگاه منابع آلاینده کمی وجود دارد. تعداد منابع آلاینده در ایستگاه دوم کم رو به متوسط است. ایستگاه‌های سوم و چهارم و پنجم و ششم و هفتم تحت تاثیر شدید منابع آلاینده استخرهای پرورش ماهی می‌باشند و در ایستگاه هشتم هیچ منبع آلاینده‌ای وجود ندارد و به منظور تعیین خودپالایی رودخانه مورد مطالعه قرار گرفته است شکل (۵).



شکل (۵): محل قرارگیری ایستگاه‌های مطالعاتی و منابع آلاینده نقطه‌ای در طول رودخانه سبزکوه (خانی، ۱۳۹۳)

www.SID.ir

Archive of SID

در محدوده مورد مطالعه رودخانه سبزکوه ۲۷ منبع آلاینده وجـود دارد که همگی کارگاه‌های پرورش ماهی هسـتند جـدول (۳). از این ۲۷ منبع آلاینده ۲ کارگاه در بازه اول و۳ کارگاه در بازه دوم، ۴ کارگاه در بازه سوم، ۲ کارگاه در بازه چهارم، ۶ کارگاه در بـازه پنجم، ۵ کارگـاه در بـازه ششـم و ۵ کارگـاه در بـازه هفـتم وارد می‌شوند.

جدول (۳): منابع آلاینده نقطه‌ای موجود در طول رودخانه سبزکوه (خانی، ۱۳۹۳)

نام واحد تخلیه کننده	محل قرارگیری در بازه	فاصله تا پایین دست رودخانه(km)	دبی فاضلاب (m3/s)	BOD (Mg/lit)	بار آلودگی (دبی*BOD)(gr/s)
۱	۱	۳۲/۹۰	۰/۳۲	۸/۰۶	۲/۵۸
۲	۱	۳۲/۵۰	۰/۹۳	۹/۶۸	۹
۳	۲	۳۰/۱۰	۰/۲۵	۷/۵۶	۱/۸۶
۴	۲	۲۹/۲۴	۰/۵۴	۷/۶۶	۴/۱۴
۵	۲	۲۷/۱۰	۰/۱۳	۴/۶۵	۰/۶۰
۶	۳	۲۶/۱۰	۰/۸۹	۳/۲۷	۲/۹۱
۷	۳	۲۵/۳۲	۰/۱۴	۷/۵۸	۱/۰۶
۸	۳	۲۴/۷۵	۰/۵۸	۸/۲۵	۴/۷۹
۹	۳	۲۲/۵۴	۰/۴۴	۶/۳۵	۲/۷۹
۱۰	۴	۲۱/۱	۰/۳۹	۹/۲۵	۳/۶۰
۱۱	۴	۱۹/۲	۰/۲	۸/۲۶	۱/۶۵
۱۲	۵	۱۸/۶۲	۰/۲	۸/۲۶	۱/۶۵
۱۳	۵	۱۷/۹	۰/۲	۷/۵۸	۱/۵۲
۱۴	۵	۱۷/۵	۰/۱۴	۴/۶۵	۰/۶۵
۱۵	۵	۱۷/۱	۰/۵۸	۷/۰۳	۴/۰۸
۱۶	۵	۱۷	۰/۴۴	۷/۲۱	۳/۱۷
۱۷	۵	۱۶/۹۹	۰/۳۹	۸/۶۵	۳/۳۶
۱۸	۶	۱۶/۸۵	۰/۴۵	۸/۶۹	۳/۹۱
۱۹	۶	۱۶/۵۵	۰/۳۷	۹/۰۳	۳/۳۴
۲۰	۶	۱۶/۲	۰/۱۷	۵/۲۶	۰/۸۹
۲۱	۶	۱۵/۷	۰/۸۲	۴/۳۶	۳/۵۸
۲۲	۶	۱۴/۱	۰/۷۳	۹/۲۶	۶/۷۶
۲۳	۷	۱۳/۲	۰/۴۲	۸/۴۵	۳/۵۵
۲۴	۷	۱۲/۵	۰/۶۵	۹/۱۲	۵/۹۳
۲۵	۷	۱۱/۹	۰/۳	۸/۶۶	۲/۶۰
۲۶	۷	۱۰/۴	۰/۳	۸/۵۴	۲/۵۶
۲۷	۷	۹/۹	۰/۳	۹/۶۵	۲/۹۰

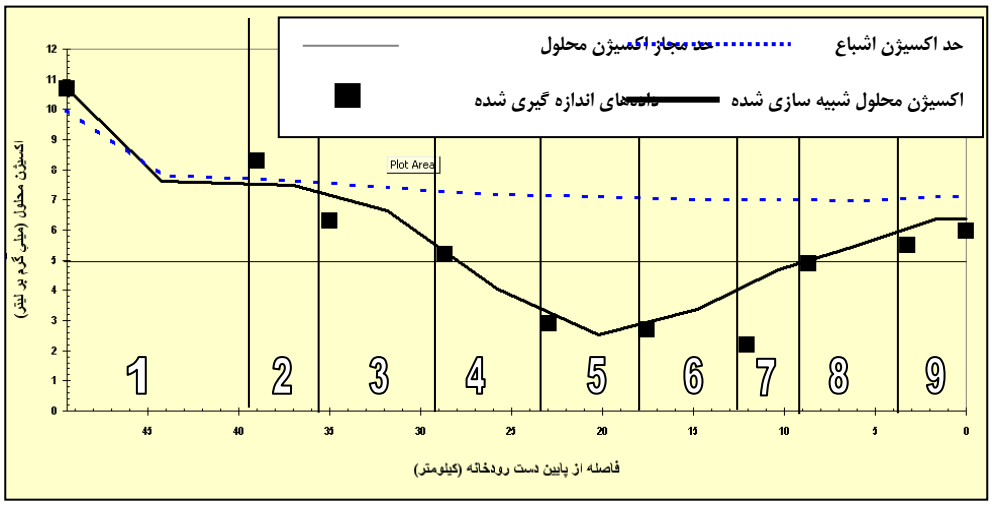
وارد کردن اطلاعات به مدل Qual2kw

پس از انجام کلیه اندازه‌گیری‌ها و جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعـات، پارامترهای دما، هواشناسی، دبی، هدایت الکتریکـی، PH، BOD کربنه،DO، نیترات، عمق و سرعت جریان هر یک از رودخانه‌هـا به‌عنـوان پارامتـرهـای اندازه‌گیـری شـده جهت ورودی به مـدل انتخاب شدند.

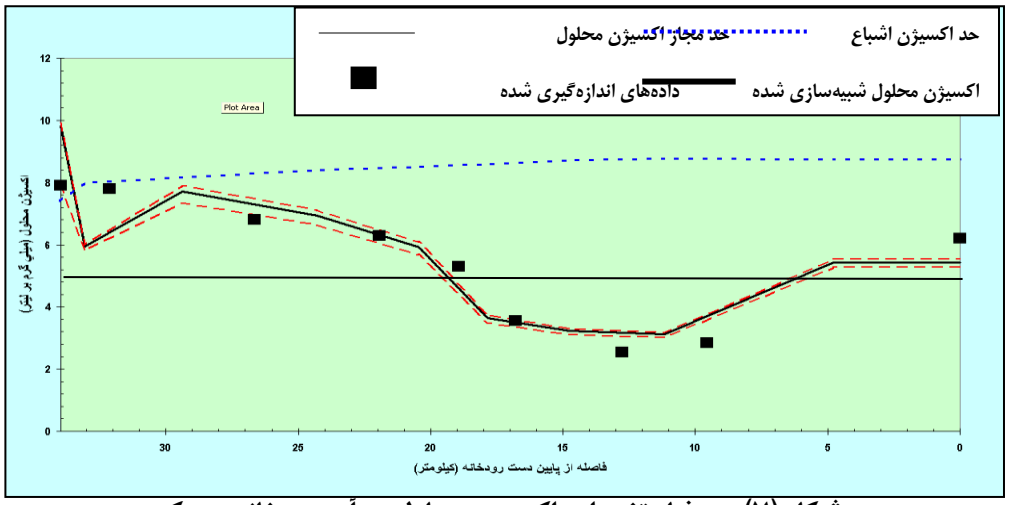
پس از وارد کردن اطلاعـات بـه مـدل، کـالیبره کـردن و انجـام شبیه‌سازی توسط مدل، روند تغییرات اکسـیژن محلـول و BOD نهایی کربنه رودخانه قشلاق در شکل (۶) و رودخانه سـبزکوه در شکل (۷)، ارایه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۶): بازه‌بندی رودخانه قشلاق و پروفیل تغییرات اکسیژن محلول در آب
(منبع: یافته‌های پژوهش)



شکل (۷): پروفیل تغییرات اکسیژن محلول در آب رودخانه سبزکوه
(منبع: یافته‌های پژوهش)

تدوین سناریوهای شبیه‌سازی

در این مقاله، برای نشان دادن اهمیت در نظرگرفتن تفاوت‌های دو رودخانه در تعیین استاندارد، دو سناریو نوشته شدو در سناریوی اول، استاندارد فعلی تخلیه پساب در هر دو رودخانه اجرا و نتیجه شبیه سازی آن در دو رودخانه مقایسه می‌شود. در سناریو دوم، با توجه به شرایط و توان خودپالایی هر رودخانه مناسب‌ترین حد مجاز تخلیه BOD به آنها شبیه‌سازی می‌شود.

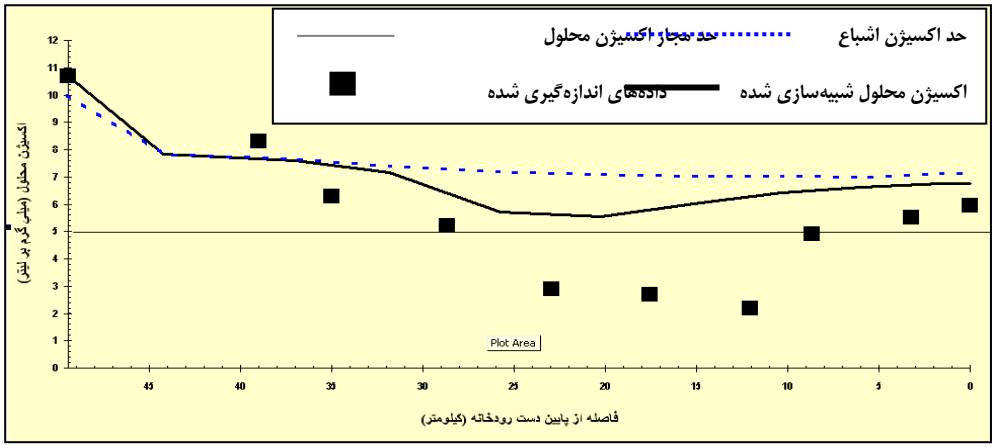
- سناریو یک: تخلیهٔ فاضلاب منابع آلاینده مطابق با استاندارد سازمان حفاظت از محیطزیست

در این سناریو، فرض شد که همه منابع آلاینده، غلظت پارامترهای DO و BOD پسابشان را بر اساس استاندارد تخلیهٔ پساب سازمان حفاظت محیطزیست تخلیه کنند.

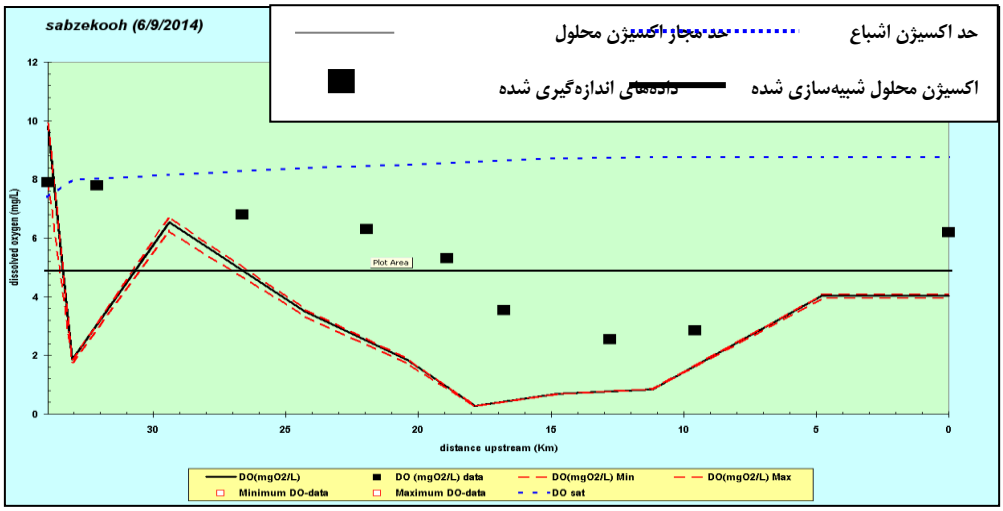
براساس این استاندارد، اکسیژن محلول در پساب‌ها حداقل ۲ میلی‌گرم بر لیتر و BOD، حداکثر ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر در نظر گرفته شد و این مقادیر برای همه منابع آلاینده وارد مدل شد و شبیه‌سازی صورت گرفت. شکل‌های (۸ و ۹) نشان‌دهنده تغییرات نمودار اکسیژن محلول در رودخانه‌ها پس از این شبیه‌سازی می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۸): نمودار تغییرات اکسیژن محلول رودخانه قشلاق بعد از اجرای سناریویک
(منبع:یافته‌های پژوهش)



شکل (۹): نمودار تغییرات اکسیژن محلول رودخانه سبزکوه پس از اجرای سناریویک
(منبع:یافته‌های پژوهش)

همان‌طور که نمایان است، در رودخانه قشلاق حد اکسیژن محلول در بازه‌های مورد مطالعه رودخانه، هیچ گاه کمتر از ۵ میلی‌گرم در لیتر نمی‌شود و شرایط کیفی آب در طول رودخانه مناسب خواهد بود. اما، در رودخانه سبزکوه افت شدید اکسیژن محلول روی داده است.

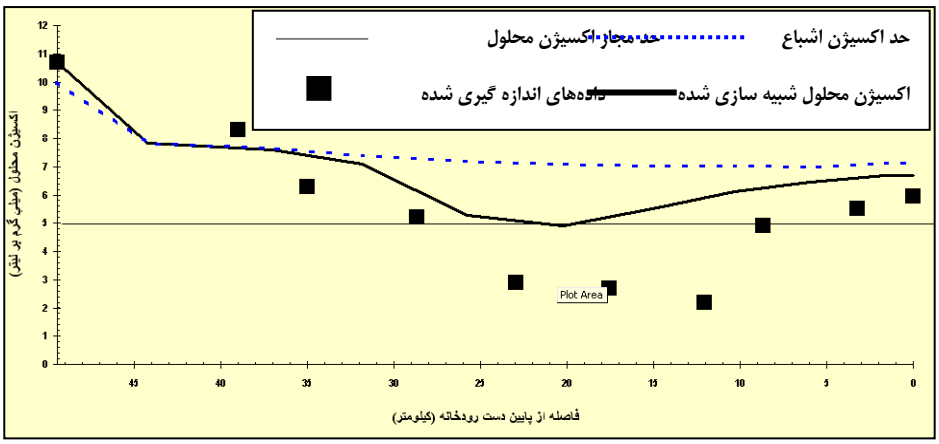
➢ سناریو دو: تعیین غلظت BODبر اساس توان خودپالایی

برای بررسی این که هر یک از رودخانه‌ها با توجه به توان خودپالایی شان، تعداد منابع آلاینده موجود در طول رودخانه و دیگر شرایط هیدرولیکی، چقدر ظرفیت تحمل و پالایش غلظت BOD را دارند، با استفاده از قدرت شبیه‌سازی مدل، غلظت‌های مختلف امتحان و شبیه‌سازی شد تا جایی که غلظت متناسب با شرایط موجود و توان خودپالایی رودخانه‌ها به‌دست آمد. به‌طوری‌که در رودخانه قشلاق، ۵۰میلی‌گرم بر لیتر حداکثر غلظتی می باشد که همه‌ی منابع آلاینده می‌توانند به میزان یکسان تخلیه کنند بدون این که میزان اکسیژن محلول کمتر از ۵ میلی‌گرم بر لیتر شود شکل(۱۰). در رودخانه سبزکوه ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر حداکثر غلظتی می باشد که همه منابع آلاینده می‌توانند به میزان یکسان تخلیه کنند بدون این که میزان اکسیژن محلول کمتر از ۵ میلی‌گرم بر لیتر شود شکل (۱۱).

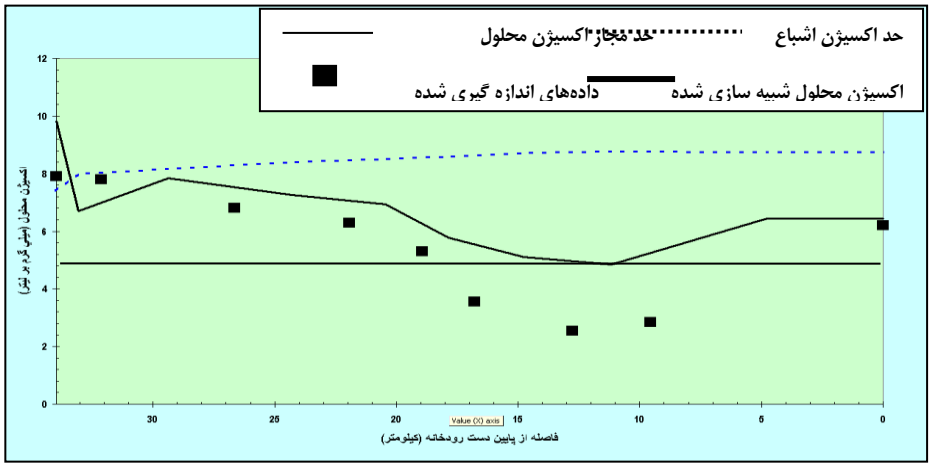
این سناریو نشان می‌دهد که استاندارد محیطزیست را با توجه به شرایط هر رودخانه‌ای می‌توان تعدیل و بومی کرد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۱۰): نمودار تغییرات اکسیژن محلول رودخانه قشلاق بعد از اجرای سناریو دو (منبع:یافته‌های پژوهش)



شکل (۱۱): نمودار تغییرات اکسیژن محلول رودخانه سبزکوه پس از اجرای سناریو دو (منبع:یافته‌های پژوهش)

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به تنوع زیاد اقلیمی و جغرافیایی در ایران، رودخانه‌های آن از لحاظ شرایط هیدرولوژیکی و هیدرولیکی و شرایط محیطی متفاوت هستند. اما، در استاندارد فعلی تخلیه پساب به آب‌های سطحی کشور ایران، حدود غلظت‌های پارامترهای کیفی پساب‌های تخلیه شده به همه رودخانه‌ها یکسان در نظر گرفته شده است. در این مقاله، برای نشان دادن اهمیت توجه به توان خودپالایی رودخانه‌ها و دیگر شرایط محیطی و هیدرولوژیکی آنها در تعیین استاندارد تخلیه پساب، دو رودخانه ی قشلاق و سبز کوه مورد شبیه سازی قرار گرفتند و نتایج شبیه سازی نشان داد که با این که این دو رودخانه تقریبا در یک شرایط اقلیمی قرار دارند، ولی به خاطر توان خودپالایی مختلف که ناشی از عوامل بسیاری می باشد و تعداد و میزان بار آلودگی منابع آلاینده موجود در طول هر یک از رودخانه‌ها، رفتار متفاوتی را در شبیه سازی نشان دادند. به‌طوری‌که شبیه‌سازی نشان داد که اجرا و رعایت استاندارد تخلیه پساب در رودخانه قشلاق کاملا مفید واقع خواهد شد و حتی در شرایط کمبود بودجه برای تصفیه، می توان تا ۱/۵ برابر حد مجاز غلظت BOD هم، تخلیه پساب انجام داد. اما در رودخانه سبزکوه، حد استاندارد تخلیه پساب برای تخلیه BOD وضعیت کیفی رودخانه را وخیم تر خواهد کرد پس استاندارد غلظت BOD حداقل باید به نصف استاندارد فعلی تقلیل پیدا کند و به استاندارد سخت‌گیرانه‌ای نیاز می باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

بنابراین، از یافته‌های این مقاله می توان نتیجه گرفت که اگـر در رودخانه‌ای به علت تعداد زیاد منابع آلاینـده و بـارآلودگی زیـاد و دیگر شرایط محیطی، استاندارد محیطزیست نتوانـد بحـران را در رودخانه حل کند می‌توان با محلـی کـردن اسـتانداردها از حـدود مجاز سخت‌گیرانه‌تر و دقیق‌تر استفاده کرد. ماننـد اسـتانداردهای دولت‌هـای محلـی شـیگا و کاناگـاوا درکشـور ژاپـن کـه خیلـی سـخت‌گیرانـه‌تـر از اسـتاندارد ملـی آن کشـور مـی باشـد (Environmental Agency of Japan, 1998؛ علـوی مقـدم، ۱۳۸۳). همین‌طور در امریکـا، از اسـتانداردهای ایـالتی و محلـی استفاده می‌شود و با توجه به نتایج رضایت بخش مدیریت منـابع آب در این کشورها، اقدام‌ها در سطح محلی باید سرلوحه مدیریت کیفی منابع آب باشد.

یادداشت‌ها

1. Biochemical Oxygen Demand (BOD)
2. Dissolved Oxygen (DO)

فهرست منابع

ترابیان، ع. ۱۳۸۷. بازنگری استانداردهای تخلیه پساب و تدوین معیارهای کیفیت منابع آب. گزارش اولیه. سازمان حفاظت محـیط زیسـت ایران.

ثنایی، غ. ۱۳۸۱. سم شناسی صنعتی. چاپ سوم. انتشارات دانشگاه تهران.

جعفری سلیم، ب. ۱۳۸۸. شناسایی منابع آلاینـده وتعیـین بـارآلودگی رودخانـه قشـلاق. پایـان نامـه کارشناسـی ارشـد، گـروه مهندسـی محیطزیست، دانشکده محیطزیست دانشگاه تهران.

جعفری، ع.؛ طاهریون، م.؛ یاوری، ا. و باغوند، ا. ۱۳۸۸. تجارت آلودگی به روش مجوزهای تخلیه قابل مبادله در رودخانـه و ارزیـابی آن از نظر کارایی هزینه. مجله محیط‌شناسی. سال سی وپنجم، شماره ۵۱، صفحه۱۰۱-۱۱۰.

چایی بخش لنگرودی، م. ۱۳۸۸. مطالعه پساب‌های نیروگاه شهید رجایی و مقایسه آن بـا اسـتاندارد و طرحهـای اسـتفاده مجـدد. اولـین کنفرانس ملی صنعت نیروگاه‌های حرارتی. تهران.

حسینی، ی.؛ معاضد، ح.؛ برومند نسب، س. و کشکولی، ح ع . ۱۳۸۵. محاسبه تـوان خودپـالایی قسـمتی از رودخانـه کرخـه جهـت ورود فاضلاب شهری .اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران

خانی گرمسیری، ب. ۱۳۹۳. ارزیابی اثرات مزارع پرورش ماهی برکیفیت رودخانه سبزکوه توسط مدل شبیه‌سازی Qual 2kw. پایان‌نامـه کارشناسی ارشد، گروه محیطزیست، دانشگاه ملایر.

سازمان حفاظت محیط زیست. ۱۳۷۳. آیین نامه جلوگیری از آلودگی آب.

عاشق معلا، م. و ملک محمدی، ب. ۱۳۸۹. بررسی استاندارد تخلیه پساب‌ها به آب‌های سطحی و ارایه راهکارهای مـدیریتی در راسـتای نیل به یک بازنگری جامع. چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیطزیست. تهران.

علوی مقدم، م. ۱۳۸۳. مروری بر استانداردهای کیفی منابع آب در ژاپن. مجله علوم وتکنولوژی محیط زیست، شماره۴.

کارآموز، م.؛ احمدی، آ. و فلاحی، م. ۱۳۸۵. مهندسی سیستم. مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر. چاپ اول صفحه۳۵۰.

مصباح، م. ۱۳۸۷. مدیریت کیفی سیستم رودخانه‌ای از طریق تجارت مجوز تخلیه بار آلـودگی بـا اسـتفاده از منطـق فـازی، پایـان نامـه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی محیطزیست، دانشکده محیطزیست دانشگاه تهران، صفحه ۱۷.

www.SID.ir

Archive of SID

میری، م. ۱۳۸۸. بررسی پتانسیل پذیرش بارآلودگی رودخانه قره آقاج با مدل شبیه‌سازی Qual2kw، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی محیطزیست، دانشکده محیطزیست دانشگاه تهران.

نزل آبادی، ا. و پیاده، ف. ۱۳۹۱. مقایسه و بررسی استانداردهای پساب برای دفع در زمین‌های کشاورزی ایران با سایر استانداردهای موجود. ششمین همایش ملی مهندسی محیطزیست. تهران.

نظری، ح.؛ قدسیان، م. و خدادادی، ا. ۱۳۸۳. بررسی اثرات منابع آلاینده بر کیفیت آب رودخانه شفارود در استان گیلان. پنجمین همایش ملی دو سالانه انجمن متخصصان محیط زیست ایران، تهران.

وزارت نیرو، ۱۳۸۴. راهنمای مطالعات ظرفیت خودپالایی رودخانه‌ها. شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران. نشریه شماره۲۹۲-الف.

Chapra, S.C.; Pelletier, G.J. & Tao, H. 2006. QUAL2K: A Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality, Version 2.04: Documentation and Users Manual." Civil and Environmental Engineering Dept., Tufts University, Medford, MA.

Environmental Agency of Japan. 1998. Water Environmental Management in Japan.

EPA. 1997. Technical Guidance Manual for Developing Total Maximum Daily Loads, Book 2: Rivers and Streams. 823/B-97-002.

www.SID.ir