

سهم بندی بار آلودگی ورودی از زیر حوضه‌ها به مخزن سد امیر کبیر با استفاده از مدل QUAL2K

سیدحسین هاشمی*، الهام قاسمی زیارانی^۲، یوسف رنجکش^۳

۱- استادیار پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه شهید بهشتی

۲- کارشناس شرکت مادر تخصصی مدیریت منابع آب ایران ghasemi_elham@yahoo.com

۳- مدیر امور سد و شبکه شرکت مهندسان مشاور ری آب yousefranjkesht@gmail.com

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۸۹/۷/۱۰

چکیده

سد کرج (امیرکبیر) از نوع سد مخزنی چند منظوره با اهداف متعدد بویژه تأمین آب شرب کلانشهر تهران، در سالهای اخیر با ورود انواع آلودگی مواجه بوده است. این مسئله ایجاب می‌کند بار آلودگی ورودی از زیرحوضه‌ها به آن تعیین و برای کاهش و رفع آلودگی آنها اقدام جدی شود. در این تحقیق با تعیین سهم بار آلودگی ورودی از زیرحوضه‌های آبریز سد کرج به مخزن سد به الویت‌بندی زیرحوضه‌های آلوده‌کننده‌تر پرداخته شده است تا فرایند تصمیم‌گیری برای کاهش بار آلودگی زیرحوضه‌ها تسهیل شود. از این رو به منظور تعیین سهم زیر حوضه‌های آبریز مخزن سد کرج، ابتدا بار آلودگی خروجی مشخصه‌های کیفی مختلف از جمله کل مواد جامد محلول، مواد آلی قابل تجزیه بیولوژیکی بر حسب CBOD_u، آمونیم، نیترات و فسفات از زیر حوضه‌ها تعیین، سپس با استفاده از مدل QUAL2K بار ورودی به مخزن سد شبیه‌سازی شد. در مرحله بعد برای نشان دادن تصویر واضح‌تری از سهم آلودگی زیرحوضه‌ها با استفاده از روش طبقه‌بندی آماری، به طبقه بندی بار آلودگی زیرحوضه‌ها در ۵ طبقه با بار آلودگی بسیار کم، کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد پرداخته شده و در نهایت با استفاده از نرم افزار GIS، پهنه بندی زیرحوضه‌ها در این طبقات صورت گرفته است. یافته‌ها نشان داد که سهم بار آلودگی ورودی از شاخه‌های فرعی در آلودگی مخزن سد بیشتر از شاخه اصلی رودخانه است، بویژه زیر حوضه‌های ولایت‌رود، شهرستانک و سیرا که در مجموع بیش از یک سوم، بار آلودگی ورودی به مخزن را به خود اختصاص داده است. در نتیجه برنامه‌ریزی برای کنترل و کاهش بار آلودگی شاخه‌های فرعی می‌باید در الویت قرار گیرد.

کلید واژه

QUAL2K، سهم آلودگی، کیفیت آب، مخزن سد

سر آغاز

آمونیاک در آب پشت دریاچه سد کرج (ثابت‌رفتار، ۱۳۷۹)، ارائه برنامه‌ای مناسب برای پایش کیفی آبهای سطحی حوضه آبریز رودخانه کرج (جعفری، ۱۳۸۱)، نحوه دفع بهداشتی فاضلاب روستاهای حوضه آبریز سد کرج (مهندسين مشاور پارس پیاب، ۱۳۸۱)، ساماندهی حوضه آبریز سد کرج به منظور جلوگیری از آلودگی آبهای حوضه (قاسمی زیارانی، ۱۳۸۴) که در آن تحلیل جامعی از عوامل آلاینده حوضه آبریز سد کرج در ۱۴ پهنه هیدرولوژیک به همراه راهبردهای کاهش آلودگی حوضه ارائه شده است و بررسی آلودگی‌های میکربی رودخانه کرج و سد امیر کبیر

نظر به اهمیت حیاتی رودخانه و سد کرج در تأمین بخشی از آب آشامیدنی و بخصوص جایگاه اکولوژیک حساس و پر ارزش این اکوسیستم آبی در حفظ تعادل اکولوژیک منطقه، حفظ خصوصیات و ویژگی‌های حیاتی آب آن همواره مورد توجه محققان قرار گرفته است (بزاززاده و عطائی، ۱۳۸۶). به این دلیل در مورد حوضه آبریز سد کرج مطالعات متعددی انجام شده است که از اهم آنها می‌توان به، شناخت هیدرولوژیک حوضه آبریز سد کرج (سلطان محمدی، ۱۳۷۶)، اندازه‌گیری و بررسی مشخصه‌های نیتريت، نیترات و

شیمیایی آب کاهش می‌یابد (محمدی کنگرانی، ۱۳۸۳). هاشمی در مطالعه‌ای در زمینه تأثیر کاربری زمین در محدوده حوضه آبریز بالادست سد امیرکبیر نشان داد کاربری شهری / مسکونی و کشاورزی / دامداری تأثیر منفی بر کیفیت شیمیایی و میکروبیولوژیک آب رودخانه دارند. همچنین وی نشان داد که تأثیر کاربری‌های واقع در ناحیه بافر ۱۵۰ متری از طرفین رودخانه بیش از کاربری‌های واقع در سطح زیر حوضه است (هاشمی، ۱۳۸۸). در دیگر کشورها مطالعات زیادی در زمینه تأثیر کاربری زمین بر کیفیت منابع آب انجام شده است.

Carney (2009) تأثیر نسبی سن دریاچه و کاربری زمین را بر وضعیت تغذیه گرابی و کیفیت آب دریاچه‌های مصنوعی در کانزاس بررسی کرد. او دریافت که دریاچه‌ها با حوضه‌های آبریزی که فعالیت‌های انسانی در آنها زیاد است بدون توجه به سن پهنه آبی تمایل به وضعیت به شدت تغذیه گرا دارند.

Chang (2004) آثار تغییرات آب و هوا و کاربری زمین را بر کیفیت آب در جنوب شرق پنسیلوانیا بررسی کرد. او بیان داشت وقوع همزمان تغییرات آب و هوایی و شهرسازی (تغییر کاربری زمین) می‌تواند میانگین سالانه بار نیتروژن را در بیشتر بخش‌های حوضه افزایش دهد.

Fechrul و همکاران (2006) روابط بین کاربری زمین و کیفیت آب رودخانه سیلیوونگ در اندونزی را بررسی کردند. هدف این بررسی تغییر کاربری و پوشش زمین در حوضه این رودخانه در مدت ۳۰ سال (۱۹۷۰ تا ۲۰۰۰) کیفیت آب در مدت ۱۲ سال بود هدف مطالعه توصیف ارتباط بین تغییر کاربری زمین و کیفیت آب در این حوضه بود. کیفیت نمونه‌های آب با استفاده از شاخص کیفیت آب NISF-WQS و با استفاده از مشخصه‌های اکسیژن محلول، پ هاش، خواست اکسیژن بیوشیمیایی پنج روزه، نیتروژن، فسفات، درجه حرارت، کدورت، و جامدات معلق تعیین و کاربری زمین به پنج طبقه (۱) کشاورزی، (۲) تالاب و پیکره آبی، (۳) مسکونی، (۴) صنعتی، و (۵) خدمات تجاری تقسیم شد. نتایج نشان دهنده کاهش ۳۳ درصدی کیفیت آب رودخانه سیلیوونگ در طول ۱۲ سال به دلیل تغییر کاربری زمین بود.

همچنین می‌توان به مطالعه حوضه آبریز خلیج Cow در هالیفاکس کانادا که به وسیله دانشگاه نوا اسکاتیا (Nova Scotia) انجام شده است، اشاره کرد (Nova Scotia College of Art and Design, 2003). در مطالعه مذکور برای ارزیابی و بهبود کیفیت

(بزاز زاده و عطائی، ۱۳۸۶) اشاره کرد. از انواع تحقیقاتی که به پهنه‌بندی آلودگی‌های آب پرداخته است پهنه‌بندی کیفیت آب رودخانه زاینده‌رود است که با استفاده از تکنیک تحلیل طبقه‌بندی فازی، رودخانه زاینده‌رود به سه طبقه آلودگی (کیفیت بحرانی و غیر قابل قبول، متوسط و قابل قبول) پهنه‌بندی شده است (ابریشم‌چی و همکاران، ۱۳۸۰).

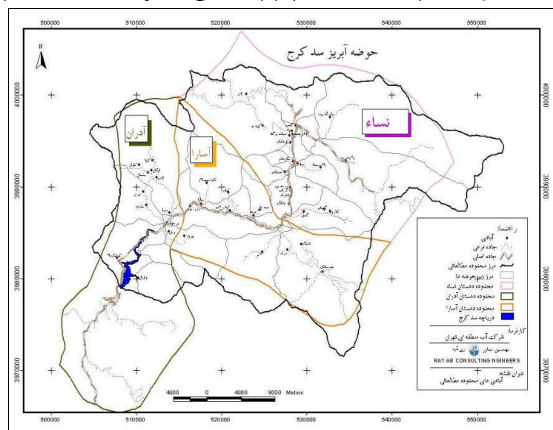
در تحقیق دیگری کیفیت آب رودخانه آستارا از طریق اندازه‌گیری برخی مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی و میکربی در هشت ایستگاه نمونه‌برداری و مقایسه آنها با شاخص کیفیت آب WQI در پنج طبقه، پهنه‌بندی شده است (فتائی، ۱۳۸۶). هم چنین مشخصه‌های هیدروشیمیایی آب رودخانه زهره در استان خوزستان در ۹ ایستگاه نمونه‌برداری با استفاده از همین شاخص در سه طبقه، پهنه بندی شده است (کریمیان و همکاران، ۱۳۸۷).

در مطالعه دیگری، پهنه‌بندی درجه خطر آفرینی منابع آلاینده رودخانه‌ها و مناطق ساحلی استان گیلان با ایجاد سامانه جامع درجه‌بندی منابع آلاینده انجام شده است (مجله، ۱۳۸۳). در این تحقیق ابتدا شاخص‌های معرف انواع منابع آلاینده تعیین شده، سپس با استفاده از روش فازی و نرم‌افزارهای GIS و MS-EXCEL منابع آلودگی از نظر خطر آفرینی زیست محیطی شناسایی و درجه‌بندی شده است. در پایان شدت نسبی بار حضور منابع آلاینده در مناطق مختلف استان و ریسک نسبی این مناطق در مقایسه با یکدیگر مشخص شده است.

وجود جاده کندوان به عنوان یکی از راههای اصلی اتصال پایتخت به شمال کشور و جاذبه‌های گردشگری و توریستی منطقه موجب تغییر کاربری زمین و افزایش جمعیت دائمی و فصلی و تأثیر بر کیفیت آب رودخانه شده است (مهندسین مشاور ری آب، ۱۳۸۷).

بررسی سوابق مطالعات انجام شده در ایران نشان می‌دهد که مطالعات محدودی در زمینه تأثیر کاربری زمین بر کیفیت منابع آب در ایران انجام شده است. از جمله می‌توان به تحقیق عشقی و ثروتی درباره عوامل بالقوه آلودگی منابع آب کارست در حوضه کارده (شمال شهرستان مشهد) و تأثیر کاربری زمین و تغییرات آن بر کیفیت منابع آب اشاره کرد (عشقی و ثروتی، ۱۳۸۲). محمدی در سال ۱۳۸۳ تأثیر تخریب جنگل بر کیفیت آبهای سطحی و نفوذپذیری خاک، مطالعه موردی حوضه آبریز نکارود، را بررسی کرد. وی نشان داد که با کاهش مساحت جنگل‌های متراکم و افزایش سطح و تراکم اراضی زراعی، مشخصه‌های تعیین کننده کیفیت

مرکزی دهستان آدران را در بر می‌گیرد و شامل ۴۳ آبادی با جمعیت ۱۲۷۴۶ نفر است (نقشه شماره ۱) (مهندسین مشاور ری‌آب، ۱۳۸۷).



نقشه شماره (۱): مرزهای هیدرولوژیک و سیاسی - اداری محدوده مطالعاتی (مهندسین مشاور ری‌آب، ۱۳۸۷)

مواد و روش بررسی

بر اساس شرایط فیزیوگرافی و توپوگرافی محدوده مطالعاتی به ۱۲ زیرحوضه که پهنه‌بندی هیدرولوژیک حوضه آبریز سد کرج را تشکیل می‌دهند تقسیم شد (جدول شماره ۱).

باتوجه به نتیجه بررسی و غربالگری داده‌های تاریخی کیفیت آب رودخانه در دوره زمانی ۱۳۷۷-۱۳۸۴ (شرکت آب و فاضلاب تهران، ۱۳۷۷-۱۳۸۶) و ویژگی‌های منابع آلاینده رودخانه، مشخصه‌های کل مواد جامد محلول، مواد آلی قابل تجزیه بیولوژیکی بر حسب CBOD_u، آمونیم، نیترات و فسفات به عنوان مشخصه‌های شاخص آلودگی ناشی از منابع آلاینده شهری و کشاورزی و دامداری انتخاب شدند. برای تعیین بار آلودگی خروجی از هر زیرحوضه، داده‌های کمیت و کیفیت آب در انتهای هر زیرحوضه قبل از اتصال به شاخه اصلی در دو نوبت مرداد ۱۳۸۵ (نسبتاً کم آبی) و اردیبهشت، خرداد و اوایل تیر ۱۳۸۶ (نسبتاً پرآبی) اندازه‌گیری شد (نقشه شماره ۲). از آنجا که بسیاری از مشخصه‌های کیفیت آب مانند اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی، ترکیبات فسفر و نیتروژن جزء آلاینده‌های زوال‌پذیرند، محاسبه سهم هر زیرحوضه برای آنها در بار آلودگی ورودی به مخزن سد با محاسبات موازنه جرم امکان‌پذیر نیست. بنابراین برای محاسبه سهم آلودگی هر زیرحوضه در بار آلودگی ورودی به دریاچه سد از مدل QUAL2K نسخه ۲/۰۷ که قادر است تغییرات مشخصه‌های مورد نظر را در طول رودخانه تحت تأثیر فرایندهای مختلف شبیه‌سازی کند،

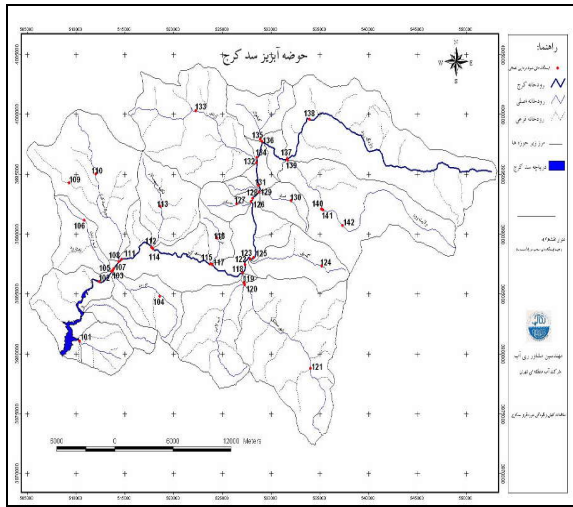
آب حوضه آبریز، به تحلیل تأثیر کاربری زمین در مقیاس کلان در افزایش آلودگی آب و کاهش کیفیت آب پرداخته شده.

Monaghan و همکاران (2007) رابطه بین مدیریت زمین‌ها و کیفیت آب در بخش جنوبی نیوزلند را بررسی و ارتباط بین بار مواد مغذی خروجی از حوضه آبریز و شیوه‌های کشاورزی را با اندازه‌گیری ماهانه مشخصه‌های فسفر، نیتروژن و باکتری‌های مدفوعی مطالعه کردند. نتایج نشان داد برخی فعالیت‌های مدیریت زمینها در ایجاد برخی آلاینده‌ها مؤثر هستند.

چند مطالعه در زمینه تعیین سهم منابع آلاینده از بار آلودگی ورودی به منابع آب انجام شده است. Dong و Gu (1998) در مورد تسهیم بار آلودگی با استفاده از مدل‌سازی کیفی آب بر پایه روش مدیریت فصلی در مقیاس حوضه آبریز مطالعه کردند. Raj Kannel و همکاران (2007) مدل QUAL2K را برای شبیه‌سازی و مدیریت کیفیت آب رودخانه باگماتی در نپال بکار بردند. Couillard و Cluis (1980) بارهای آلودگی تولیدی با کاربری‌های مختلف زمین در حوضه آبریز رودخانه سنت فرانسیسکو را با استفاده از الگوی تولید و انتقال بررسی کردند. Azzellino و همکاران (2006) ترکیبی از مدل شبیه‌سازی QUAL2E و تجزیه و تحلیل مشخصه را برای ارزیابی سهم بار آلودگی مواد مغذی ناشی از منابع آلاینده نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای ورودی به آبهای سطحی استفاده کردند. Ni و همکاران (2001) با استفاده از تجزیه و تحلیل ورودی - خروجی سهم بارهای آلودگی ورودی به رودخانه‌های شهر شنزن در جنوب چین را بررسی و راهکارهایی برای کنترل بار آلودگی ورودی ارائه کردند. با وجود این مطالعات محدودی در زمینه پهنه‌بندی و تعیین سهم زیرحوضه‌ها از بار آلودگی ورودی به مخازن سدها انجام شده است. هدف این مطالعه به منظور ارزیابی تأثیر زیر حوضه‌های مختلف بر بار آلودگی ورودی به مخزن سد کرج به عنوان یکی از منابع اصلی تأمین آب شرب تهران است

محدوده مطالعاتی

حوضه آبریز سد کرج با وسعت ۸۴۶/۵۰ کیلومتر مربع در شمال شرقی شهر کرج و جنوب منطقه حفاظت شده البرز مرکزی واقع شده است. حدود ۵۴۰۰۰ هکتار از این منطقه در این حوضه قرار دارد. بر اساس آخرین تقسیمات سیاسی - اداری (۱۳۸۵) محدوده مطالعاتی در استان تهران، شهرستان کرج و بخش آسارا قرار گرفته است. همچنین دهستان‌های نسا، آسارا و بخش‌های شمالی و



نقشه شماره (۲): موقعیت زیر حوضه‌ها و ایستگاههای نمونه برداری (مهندسین مشاور ری آب، ۱۳۸۷)

آماري داده‌های بار آلودگي در نرم افزار GIS بر حسب درصد سهم از بار آلودگي ورودی به مخزن، در ۵ طبقه با بار آلودگي بسيار کم، کم، متوسط، زياد و بسيار زياد پهنه‌بندي شد.

نتایج

جداول شماره (۲) و (۳) سهم هر زیرحوضه از بار آلودگي ورودی به مخزن سد كرج را در دو دوره نمونه‌برداری و نقشه شماره (۳) پهنه‌بندي بار آلودگي خروجی از هر زیرحوضه را در هر دو دوره نشان می‌دهد.

استفاده شد. بدین منظور کلیه شاخه‌های فرعی به رودخانه مشابه منابع آلاینده نقطه‌ای در نظر گرفته شدند (جدول شماره ۱).

جدول شماره (۱): فهرست زیر حوضه‌ها و ایستگاههای خروجی آنها به شاخه اصلی

شماره ایستگاه خروجی	نام زیر حوضه	شماره ایستگاه خروجی	نام زیر حوضه
۱۱۸	شهرستانک و آب لاینز	۱۳۹	ولایت رود
۱۱۵	درده	۱۳۵	کندوان
۱۱۲	تکیه سپهسالار	۱۳۲	آزادیر
۱۰۸	سیرا	۱۲۹	نساء
۱۰۵	نشترود	۱۲۶	حسنکدر
۱۰۳	مورود	۱۲۳	تنگه گسیل

برای تعیین بار آلودگي ورودی از هر زیرحوضه ابتدا مدل با در نظر گرفتن بار آلودگي ناشی از تمام شاخه‌های فرعی ورودی به شاخه اصلی اجرا و پس از آن بار آلودگي از شاخه مفروض حذف شد سپس تفاوت آن با وضعیت قبل به دست آمد و اختلاف بار آلودگي ناشی از دو وضعیت معادل بار آلودگي شاخه فرعی در نظر گرفته شد. در گام آخر سهم هر زیرحوضه از کل بار آلودگي ورودی به مخزن سد كرج از تقسیم بار آلودگي ناشی از زیرحوضه مفروض در محل ورودی به مخزن سد به کل بار آلودگي در ورودی مخزن به دست آمد. پس از آن محدوده مطالعاتی با استفاده از طبقه‌بندي

جدول شماره (۲): سهم هر زیر حوضه در بار آلودگي ورودی به مخزن سد كرج در دور اول

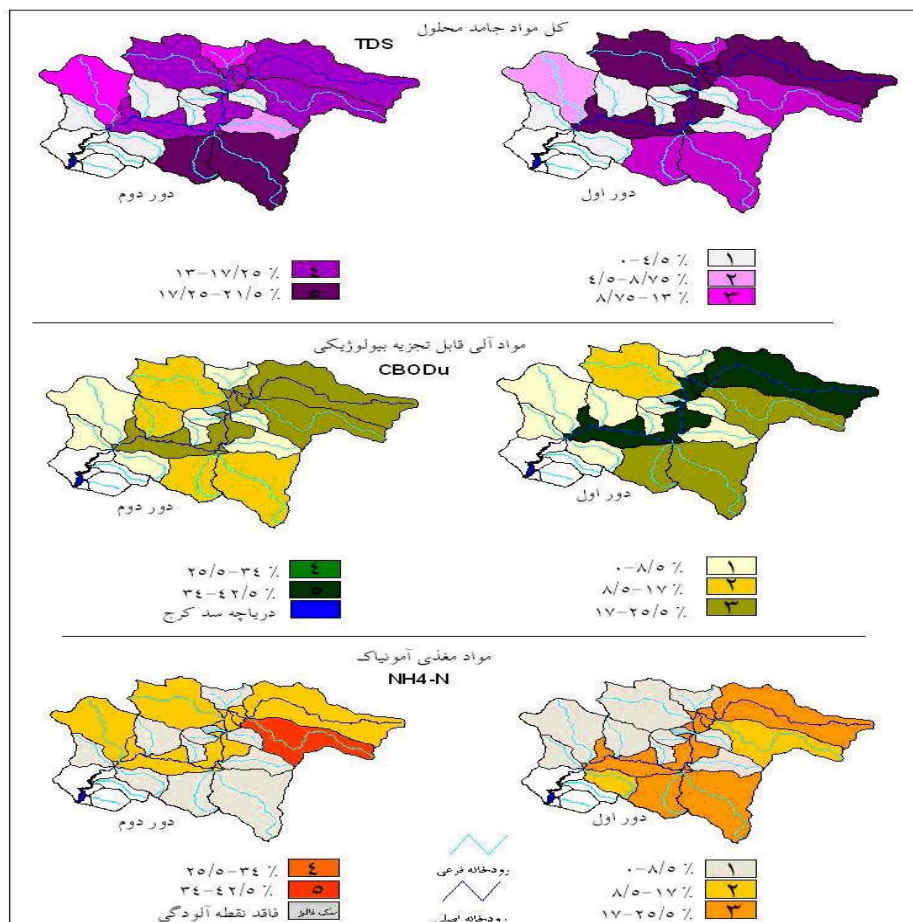
سهم هر زیر حوضه در آلودگي ورودی به مخزن سد (%)					نام زیر حوضه
PO ₄ -P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	CBOD _u	TDS	
۱۵/۹۸	۱۸/۹۳	۴۱/۷۷	۱۸/۶۶	۱۴/۸۲	ولایت رود
۲/۰۵	۱/۵۸	۱/۷	۲/۵۵	۱۵	کندوان
۱۶/۸۳	۱۰/۳۵	۱۳/۱۸	۹/۲۴	۲۱/۲۶	آزادیر
۱/۳۳	۰/۷۱	۱/۰۸	۱/۲۵	۲/۹۹	نساء
۰/۷۸	۰/۰۶	۰	۰/۳۲	۰/۲۵	حسنکدر
۰/۵۸	۰/۰۶	۱/۲۵	۰/۷۵	۰/۸۸	تنگه گسیل
۱۵/۱۱	۲۶/۰۸	۶/۴۴	۱۹/۹۲	۱۷/۰۶	شهرستانک / آب لاینز
۰/۱۶	۰/۶۳	۲/۱۸	۰/۶۵	۰/۴۷	درده
۰/۹۵	۱/۳۲	۲/۸۶	۰/۳	۰/۹۸	تکیه سپهسالار
۳۴/۶۷	۱۰/۸۸	۱۶/۳۲	۳/۲۴	۷/۳۶	سیرا
۰/۶۴	۱/۹۲	۱/۴۱	۰/۳۱	۰/۶۱	نشترود
۰/۳۲	۰/۷۲	۰/۴۲	۰/۳۲	۰/۳۲	مورود
۸۹/۴	۷۳/۲۴	۸۸/۶۱	۵۷/۵۱	۸۲	مجموع شاخه‌های فرعی
۱۰/۶	۲۶/۷۶	۱۱/۳۹	۴۲/۴۹	۱۸	شاخه اصلی رودخانه كرج

(منبع: یافته‌های پژوهش)

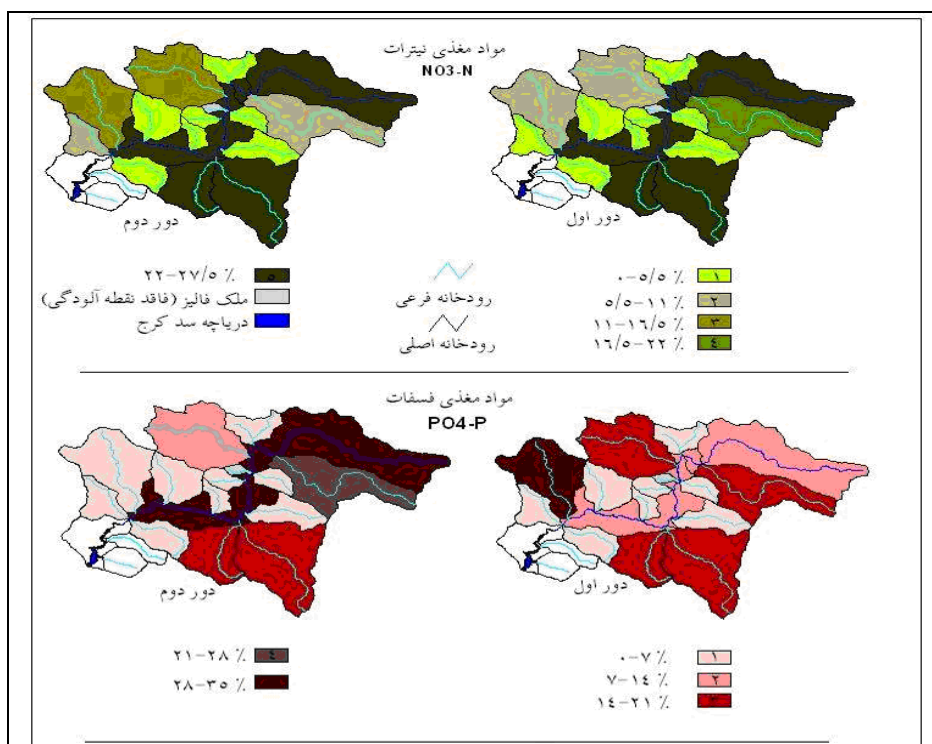
جدول شماره (۳): سهم هر زیر حوضه در بار آلودگی ورودی به مخزن سد کرج در دور دوم

سهم هر زیر حوضه در آلودگی ورودی به مخزن سد (%)					نام زیر حوضه
PO ₄ -P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	CBOD _u	TDS	
۲۱/۰۴	۱۰/۹۶	۱۴	۲۱/۱۸	۱۳/۱۹	ولایت رود
۱/۸	۲/۰۹	۱/۸۸	۰/۷۳	۱۰/۹۴	کندوان
۱۲/۳۱	۱۲/۳۷	۷/۹۶	۱۲/۷۳	۱۳/۰۸	آزادبر
۲/۲۴	۱/۳۵	۱/۷	۲/۴۵	۳/۱۵	نساء
۰/۶۶	۱/۱۹	۰/۷۵	۳/۵۶	۰/۸۸	حسنکدر
۰/۸۱	۴/۰۱	۶/۷۱	۵/۴	۶/۷	تنگه گسیل
۱۸/۲۸	۲۱/۵۵	۲۲/۹۱	۱۰/۷۲	۱۸/۰۹	شهرستانک / آب لائیز
۰/۴۳	۱/۱۴	۰/۷۱	۲/۳۳	۱/۱۳	درده
۶/۳	۵/۱۱	۲/۵۶	۸/۵۵	۳/۱۷	تکیه سپهسالار
۱/۸۴	۱۱/۹	۶/۰۸	۵/۳	۹	سیرا
۰/۴۷	۵/۶۹	۱/۶۸	۱/۹۸	۱/۸۲	نشتروود
۱/۵۲	۴/۶۶	۸/۷۳	۴/۲۶	۳/۱۳	مورود
۶۷/۷	۸۲/۰۲	۷۵/۶۷	۷۹/۲۹	۸۴/۲۸	مجموع شاخه‌های فرعی
۳۲/۳	۱۷/۹۸	۲۴/۳۳	۲۰/۷۱	۱۵/۷۲	شاخه اصلی رودخانه کرج

(منبع: یافته‌های پژوهش)



نقشه شماره (۳): به‌بندهی بار آلودگی خروجی از زیر حوضه‌ها برای مشخصه‌های مختلف



ادامه نقشه شماره (۳): پهنه‌بندی بار آلودگی خروجی از زیرحوضه‌ها برای مشخصه‌های مختلف

بحث و نتیجه‌گیری

در دوره‌های اول و دوم بیشترین سهم کل مواد جامد محلول به ترتیب مربوط به زیرحوضه‌های آزادبر با کاربری‌های مرتع، مسکونی، معدن، کشاورزی و باغداری، دامداری همچنان شهرستانک با کاربری‌های مسکونی، کشاورزی و باغداری، دامداری و مراتع است. در هر دو زیرحوضه کاربری مرتع و دیم بیشترین وسعت را دارد و بخش زیادی از جمعیت و فعالیت کشاورزی و باغداری محدوده مطالعاتی در آنها انجام می‌شود. بیشترین سهم مواد آلی قابل تجزیه بیولوژیکی مربوط به زیرحوضه‌های شهرستانک با بیشترین سهم جمعیت محدوده مطالعاتی است. دو زیرحوضه آب لاینز و ولایت رود نیز که دارای کاربری‌های مسکونی گسترده و دامداری هستند در رتبه‌های بعدی قرار دارند. به طور مشابه بیشترین سهم نیتروژن آمونیاکی مربوط به زیرحوضه‌های ولایت‌رود و شهرستانک و آب لاینز، بیشترین سهم نیتروژن نیتراتی به ترتیب مربوط به زیرحوضه شهرستانک و آب لاینز و بیشترین سهم فسفر به ترتیب مربوط به سیرا با کاربری‌های مسکونی، معادن، کشاورزی و دامداری، کشتارگاه مرتع و ولایت‌رود است. در تمامی موارد زیرحوضه‌های با کاربری‌های مسکونی و فعالیت گسترده دامداری بیشترین سهم را به خود اختصاص داده‌اند. هر چند سهم بیشتر زیرحوضه سیرا از میزان فسفر ورودی می‌تواند

ناشی از فعالیت‌های معدنی و به ویژه دام و کشتارگاه واقع در آن باشد. همان طور که چانگ (۲۰۰۴) و کارنی (۲۰۰۹) اشاره کرده‌اند، در اینجا نیز افزایش فعالیت‌های انسانی موجب افزایش سهم زیرحوضه‌ها از بار آلودگی ورودی به مخزن سد شده است. نتایج نشان می‌دهد ورای فاصله خروجی زیرحوضه تا ورودی مخزن که می‌تواند موجب کاهش سهم بار آلودگی به دلیل فرایندهای خودپالایی شود، با افزایش سطح فعالیت‌های انسانی سهم بار آلودگی افزایش می‌یابد. بویژه نتایج به دست آمده با نتایج به دست آمده از تحقیق هاشمی (۱۳۸۸) در زمینه تأثیر کاربری‌های شهری/ مسکونی و کشاورزی/ دامداری در همین محدوده مطالعاتی همخوانی دارد. علاوه بر این، یافته‌ها نشان داد که سهم بار آلودگی ورودی از شاخه‌های فرعی رودخانه کرج ناشی از کاربری‌های واقع در آنها در آلودگی مخزن سد بیش از شاخه اصلی رودخانه و کاربری‌های حاشیه آن است. بویژه زیر حوضه‌های ولایت‌رود، شهرستانک و سیرا در مجموع بیش از یک سوم از سهم بار آلودگی ورودی به مخزن را دارند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که ورای برآوردهای اولیه در مورد اهمیت کاربری‌های واقع در حاشیه شاخه اصلی رودخانه و اقدامات انجام شده بر اساس آن، توجه به بار آلودگی شاخه‌های فرعی و برنامه‌ریزی برای کنترل و کاهش آن می‌باید در اولویت قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

- ابریشم‌چی، ا.، تجربی، م.، نوروزیان، ک. ۱۳۸۰. پهنه‌بندی کیفیت آب رودخانه زاینده‌رود با تکنیک تحلیل طبقه‌بندی فازی: مطالعه موردی رودخانه زاینده‌رود. دو فصلنامه استقلال. سال بیستم. شماره ۱. ص ۵۵ تا ۶۸.
- بزاززاده، ر.، عطایی، ف. ۱۳۸۶. بررسی آلودگی‌های میکروبی رودخانه کرج و سد امیر کبیر، ماهنامه تخصصی مهندسی آب، تابستان و پاییز، شماره ۹-۱۰ ص ۴۴ تا ۵۱.
- ثابت‌رفتا، ع. ۱۳۷۹. اندازه‌گیری و بررسی مشخصه‌های نیترا، نیترو و آمونیاک در آب پشت دریاچه سد امیرکبیر، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران- شمال، دانشکده علوم و فنون دریایی.
- جعفری، ع. ۱۳۸۱. بررسی و ارائه یک برنامه مناسب برای پایش کیفی آبهای سطحی مطالعه موردی: حوضه آبریز رودخانه کرج بالادست سد امیرکبیر، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست.
- سلطان محمدی، ع. ۱۳۷۶. هیدرولوژی حوضه آبریز رودخانه کرج (بخش بالایی سد امیرکبیر)، پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته جغرافیای طبیعی (گرایش ژئومرفولوژی)، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکز.
- شرکت آب و فاضلاب تهران. ۱۳۸۶-۱۳۷۷. اطلاعات مشخصه‌های کیفی آب رودخانه کرج.
- عشقی، ا.، ثروتی، م. ۱۳۸۲. عوامل بالقوه آلودگی منابع آب کارست در حوضه کارده (شمال شهر مشهد) ضرورت مدیریت و حفاظت منابع آب کارست، مجله جغرافیا و توسعه. ص ۱۴۹ تا ۱۷۰.
- فتابی، ا. ۱۳۸۶. پهنه‌بندی کیفی آب رودخانه مرداب آستارا بر اساس شاخص کیفیت آب. اولین همایش سازگاری با کم‌آبی.
- قاسمی زيارانی، ا. ۱۳۸۴. ساماندهی حوضه آبریز سد کرج (به منظور جلوگیری از آلودگی آبهای حوضه). پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته برنامه‌ریزی و مدیریت آموزش محیط زیست، دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست.
- کریمیان، آ. ۱۳۸۷. پهنه بندی و ارزیابی مشخصه‌های هیدروشیمیایی آب رودخانه زهره با استفاده از WQI. دومین همایش ملی آب و فاضلاب (با رویکرد بهره‌برداری)، ۱۶ و ۱۷ مهرماه ۱۳۸۷.
- مجله، ح. ۱۳۸۲. پهنه‌بندی درجه خطر آفرینی منابع آلاینده رودخانه‌ها و مناطق ساحلی گیلان. سازمان مدیریت منابع آب.
- محمدی کنگرانی، ح. ۱۳۸۳. بررسی تأثیر تخریب جنگل بر کیفیت آبهای سطحی و نفوذ پذیری خاک (مطالعه موردی حوضه ابنخیز نکا رود). پایان نامه کارشناسی ارشد. راهنما باریس مجنونیان و محمد مهدوی. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- مهندسین مشاور پارس پیاب. ۱۳۸۱. مطالعات مرحله اول و دوم دفع بهداشتی فاضلاب روستاهای حوضه سد امیرکبیر (سد کرج)، جلد سوم، بخش سوم (۱۱ روستای دهستان آسارا)، شرکت آب و فاضلاب روستایی استان تهران.
- مهندسین مشاور پارس پیاب. ۱۳۸۱. مطالعات مرحله اول و دوم دفع بهداشتی فاضلاب روستاهای حوضه سد امیرکبیر (سد کرج)، جلد سوم، بخش سوم، قسمت چهارم (۱۶ روستای دهستان نسا)، شرکت آب و فاضلاب روستایی استان تهران.
- مهندسین مشاور ری آب. ۱۳۸۷. مطالعات کیفی و آلودگی حوضه آبریز سد کرج، معاونت مطالعات و پژوهش شرکت آب منطقه‌ای تهران.

هاشمی، س. ح. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر کاربری زمین بر کیفیت آب رودخانه، مطالعه موردی رودخانه کرج. گزارش پروژه. معاونت پژوهشی دانشگاه شهید بهشتی.

Azzellino, A., et al. 2006. Combined use of the EPA-QUAL2E simulation model and factor analysis to assess the source apportionment of point and non point loads of nutrients to surface waters. *Science of the total environment*. 371. pp.214-222.

Carney, E. 2009. Relative influence of lake age and watershed land use on tropic state and water quality of artificial lakes in Kansas. *J. Lake Reserve. Manage.* vol. 25. pp. 199-207.

Chang, H. 2004. Water quality impacts of climate and land use changes on Southeastern Pennsylvania. *The professional Geographer*. vol. 56. pp. 240-257.

Couillard, D. and D.A., Cluis. 1980. Generation of polluting loads within river basins. *Water Research*. Vol. 14, Issue 11: 1621-1630.

Fechrul, M.F., D., Hendrawan, A., Sitauati. 2006. Land use and water quality relationships in the cilliwung river basin, Indonesia. Dept. of Environmental Engineering Trisakti University.

Gu, R. and M., Dong. 1998. Water quality modeling in the watershed-based approach for waste load allocations. *Water Science and Technology*. Vol. 38, Issue 10: 165-172.

Monaghan, R.M., et al. 2007. Linkage Between Land Management Activities and Water Quality in an Intensively Farmed Catchment in Southern New Zealand. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 118:211-222.

Nova Scotia College of Art and Design. 2003. A Drinking Water Strategy for Nova Scotia. available at: <<http://www.gov.ns.ca/nse/water/docs/NSWaterStrategy>>.

Ni, J.R., et al. 2001. Total waste-load control and allocation based on input-output analysis for Shenzhen, South China. *Journal of Environmental management*. vol. 61. pp. 37-49.

Prakash Raj Kannel, S., et al. 2007. Application of automated QUAL2K for water quality modeling and management in the Bagmati River, Nepal. *Ecological Modeling*. Vol. 202, Issues 3-4: 503-517.