فصلنامه زمین‌شناسی ایران، سال پنجم، شماره بیستم، زمستان ۱۳۹۰، صفحات ۵۹-۷۲

ارزیابی کیفی رودخانه کارون و سرشاخه‌های آن در استان چهارمحال و بختیاری

محمد نخعی[۱و*]، فیروز موسائی[۲]، اکبر رمضانی[۳] و وهاب امیری[۴]

۱. دانشیار هیدروژئولوژی، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه خوارزمی تهران

۲. کارشناس ارشد هیدروژئولوژی، شرکت آب منطقه‌ای استان چهارمحال و بختیاری

۳. کارشناسی ارشد، زمین‌شناسی، شرکت آب منطقه‌ای استان چهارمحال و بختیاری

۴. دانشجوی دکتری هیدروژئولوژی، دانشگاه خوارزمی تهران

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۰/۱۲

تاریخ پذیرش: ۹۰/۴/۸

چکیده

آب‌های سطحی معمولاً به دلیل تماس با سازندهای زمین‌شناسی مختلف، ارتباط با سایر منابع آب سطحی و زیرزمینی از نظر ترکیب شیمیایی بسیار متغیر هستند. میزان انحلال کانی‌ها و یون‌ها در آب رودخانه، به مقدار آبدهی وابسته است. هدف از این پژوهش، شناخت دقیق ترکیب شیمیایی آب رودخانه‌ها و سرشاخه‌های اصلی رودخانه کارون در استان چهارمحال و بختیاری و عوامل مؤثر بر کیفیت آب آنهاست. برای این منظور با استفاده از نرم‌افزار ARC GIS، موقعیت رودخانه‌ها و سرشاخه‌های اصلی کارون مشخص شد. نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های برداشت شده در نُه ایستگاه آب‌سنجی در مسیر رودخانه‌ها تا سال ۱۳۸۸ با نرم‌افزار SPSS پردازش و رده‌بندی شد. تحلیل‌های هیدروژئوشیمی و هیدروشیمی نمونه‌ها به کمک نرم‌افزارهای Aq.QA، AquaChem و Chemistry انجام شد. با توجه به استانداردهای کنترل کیفیت آب مانند نمودار ویلکوکس و شولر، کیفیت هر یک از آنها برای مصارف شرب و کشاورزی تعیین شد که در مجموع در ردهٔ آب‌های مناسب قرار می‌گیرند. در بیشتر ایستگاه‌ها نوع آب بی‌کربناتی-کلسیمی ($Ca\text{-}HCO_3$) و در برخی نیز کلراتی-سدیمی (Na-Cl) است. با توجه به نتایج ضرایب همبستگی (r) میان مؤلفه‌های مختلف شیمیایی و بررسی‌های زمین‌شناسی، مهم‌ترین عامل مؤثر در تغییر کیفیت آب رودخانه‌ها، ویژگی‌های سنگ‌شناختی سازندهای مسیر عبور جریان آب‌های سطحی است که در مناطقی مانند محدوده‌ی ایستگاه مَوَرز سبب کاهش شدید کیفیت آب می‌شوند. در مرحله آخر با بررسی شبکه زهکشی منتهی به رودخانه کارون و هر یک از سرشاخه‌ها، حریم کیفی مناسب ۱۵۰۰ متری در نظر گرفته شد و تعداد رخنمون و مساحت هر یک از سازندهای مختلف مسیر جریان، محاسبه شد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی کیفی، چهارمحال و بختیاری، رودخانه کارون

مقدمه

با توجه به اینکه آب‌های سطحی از منابع عمده آب کشاورزی، صنعت و شرب در استان چهارمحال و بختیاری به شمار می‌آیند، با بررسی کیفی آنها می‌توان از آلودگی این منابع جلوگیری کرد. مطالعات انجام شده در نقاط مختلف جهان، نشان می‌دهد که سنگ بستر جریان از عوامل مهم تأثیرگذار بر ترکیب شیمیایی آب است. به عنوان یک مدل توصیفی قابل قبول Gibbs (1970)، اظهار کرد که ترکیب شیمیایی آب‌های سطحی توسط سه عامل مهم لایه‌های زمین‌شناسی زیرین، میزان بارش و تعادل میان نمک‌های حاصل از تبخیر و بارش کنترل می‌شود. پس از آن افراد زیادی

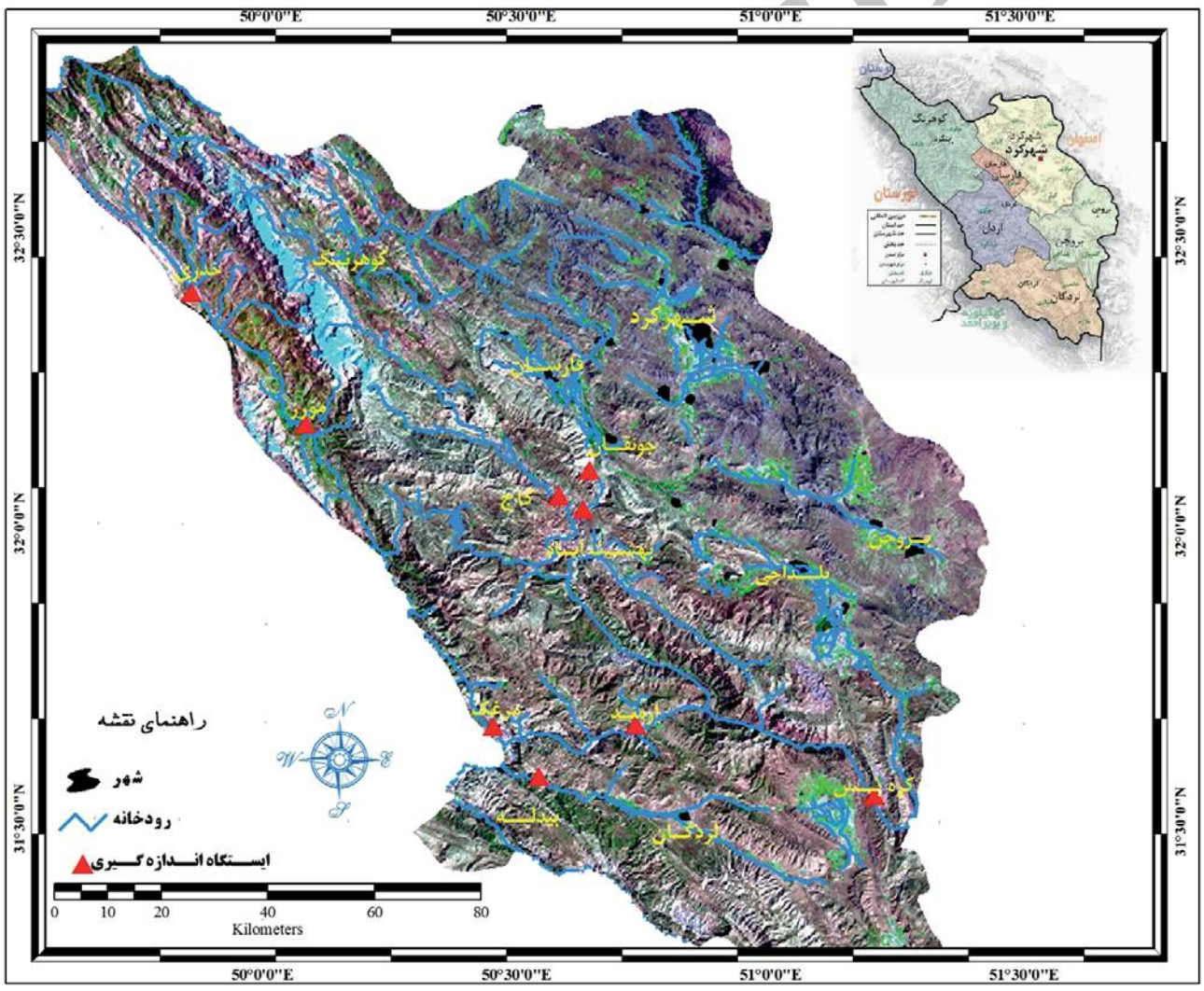
* نویسنده مرتبط nakhaeimohammad@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

در نظر نگرفتن توزیع نامتعادل آب بر روی زمین در مقیاس‌های گوناگون را از نقاط ضعف مدل گیبس برشمردند. برای مثال، Eilers et al. (1992) تغییرات زمین‌شناسی، نوع خاک و جریان آب را عوامل مؤثر منطقه‌ای در مقیاس کوچک دانستند. Bartram and Balance (1996) در گزارش UNEP[1] و WHO[2] ترکیب آب‌های سطحی و زیرزمینی را به عوامل طبیعی (زمین‌شناسی، توپوگرافی، هواشناسی، هیدروژئولوژی و زیست‌شناختی) در حوضه آبریز و تغییرات فصلی در حجم رواناب، شرایط و نوع هوازدگی و سطح آب‌ها وابسته دانسته‌اند. تغییرات شدید طبیعی ناشی از عوامل یادشده، ممکن است فقط در یکی از آبراهه‌ها مشاهده شود. از سوی دیگر، فعالیت‌های انسانی نیز تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر کیفیت آب دارد. برخی از این تأثیرات نتیجه تغییرات آبشناختی مانند ساختن سد، خشک شدن تالاب‌ها و انحراف در مسیر جریان است. عوامل هواشناسی مانند کمیت، فراوانی و شدت بارندگی با تأثیر روی چرخه آبشناختی بر کیفیت و کمیت منابع آبی نیز تأثیر دارند. فرآیندهای طبیعی مانند تبخیر و تعرق، رطوبت خاک، فرسایش طبیعی و هوازدگی، و نیز کاربری اراضی، فعالیت‌های کشاورزی و دخالت‌های انسان در چرخه آب، بر منابع آبی مؤثر هستند (EEA[3], 1999).

Pehlivan and Yilmaz (2005) در بررسی کیفیت آب و هیدروژئوشیمی رودخانه Buyukmelen ترکیه نمونه‌هایی از سنگ، خاک، آب رودخانه، مواد معلق، رسوبات کف و جریان رودخانه را آزمایش کرده و برای تفسیر آنها از روش‌های کانی‌شناسی و ژئوشیمی استفاده کردند. آنها با تعیین یون‌های اصلی برای هر جریان ورودی به رودخانه، عنوان کردند که افزایش توربیدیتی و رسوبات محلول، به علت ارتباط آنها با سنگ‌نگاری بستر و دیگر ترکیب‌های موجود و همچنین هوازدگی فیزیکی سنگ‌ها و واکنش‌های میان آب و سنگ است. Fernández et al. (2006)



شکل ۱. تصویر ماهواره‌ای استان چهارمحال و بختیاری، پراکندگی رودخانه‌ها و موقعیت ایستگاه‌های اندازه‌گیری شده

1- United Nations Environment Programme
2- World Health Organization
3- European Environment Agency

www.SID.ir

در مطالعه هیدروشیمی چالاب‌ها و آب‌های سطحی شمال اسپانیا اظهار داشتند که در بعضی حالت‌های تبادل با آبخوان‌های زیرزمینی نزدیک به سطح زمین، آب باران و سایر منابع ورودی که از سازندهای زمین‌شناسی مختلف عبور می‌کنند، مهم‌ترین عوامل تغییر در ترکیب شیمیایی آب هستند. Saad et al. (2006) افزایش میزان نیترات در حوضه آبریز رودخانه Litani در لبنان را حاصل رواناب‌های حاصل از آب‌های کشاورزی تشخیص دادند. Marofi and Maryanji (2007) در بررسی کیفیت آب رودخانه‌های مناطق غربی ایران بیان کرد که ارتباط ویژه‌ای میان حوضه آبریز و برخی عناصر شیمیایی وجود ندارد. جوادی‌زاده و دهقانی (۱۳۸۸) در ارزیابی کیفیت آب رودخانه‌های استان هرمزگان به این نتیجه رسیدند که تشکیلات زمین‌شناسی بیشترین تأثیر را دارند، به گونه‌ای که گسترش گنبدهای نمکی در شمال و غرب استان کیفیت آب‌ها را برای مصارف گوناگون با محدودیت مواجه کرده است. گلجان و همکاران (۱۳۸۸) در تعیین رده‌بندی کیفی آب رودخانه‌های شهرستان نور عنوان کردند که شاخص کیفیت آب رودخانه‌ها در فصول کم بارش نسبت به فصول پر بارش افت می‌کند.

البته ذکر این نکته نیز ضروری است که عوامل مؤثر بر کیفیت آب‌های سطحی از حوضه‌ای به حوضه دیگر متفاوت بوده و گسترش سازندهای زمین‌شناسی مختلف، شرایط اقلیمی، فعالیت‌های انسانی در حوضه و حاشیه رودخانه‌ها و کیفیت آب چشمه‌ها و زهکش‌های ورودی به رودخانه‌های حوضه از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار به شمار می‌آیند.

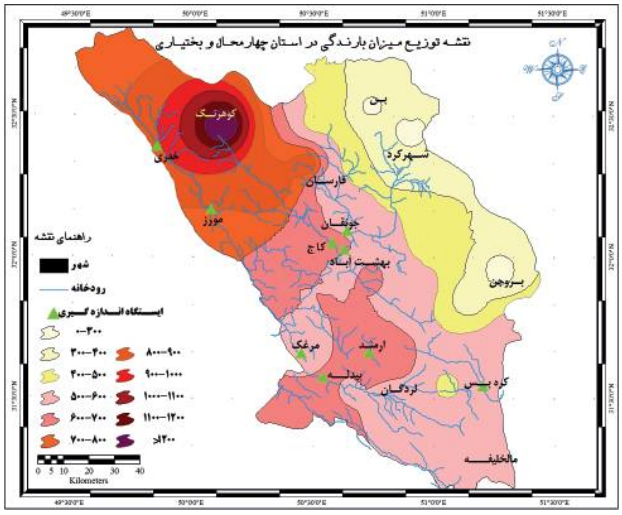
با در نظر داشتن مطالب و روش کاری که در ادامه خواهد آمد، در این پژوهش به بررسی کیفیت هیدروشیمیایی رودخانه کارون و مهم‌ترین سرچشمه‌های آن در محدوده استان چهارمحال و بختیاری خواهیم پرداخت.

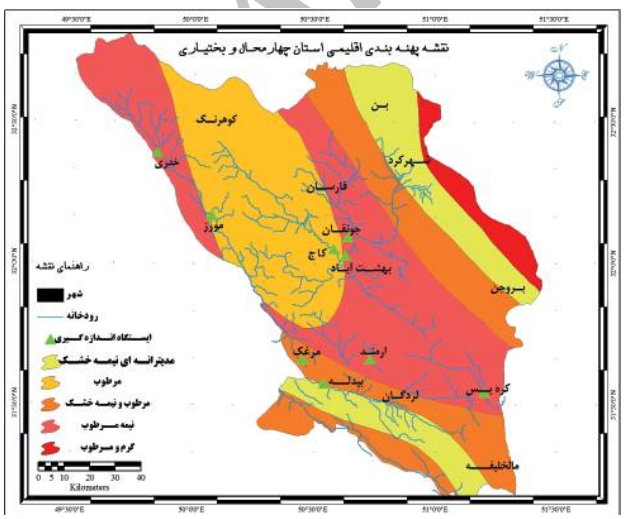
موقعیت و خصوصیات منطقه

استان چهارمحال و بختیاری با مساحت ۱۶۵۳۲ کیلومتر مربع بین ۳۱ درجه و ۹ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی و نیز ۴۹ درجه و ۲۸ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی در بخش مرکزی کوه‌های زاگرس واقع شده است. این منطقه دارای یک درصد از کل وسعت ایران است و با وجود مساحت کم، حدود ۱۰درصد از منابع آبی کشور را در اختیار دارد. موقعیت رودخانه‌ها و ایستگاه‌های اندازه‌گیری و نحوه پراکندگی آنها در شکل ۱ دیده می‌شوند.

ریزش‌های جوی ارتفاعات زاگرس منشأ سرشاخه‌های رودخانه کارون و زاینده‌رود هستند. مساحت حوضه‌های آبریز این دو رودخانه به ترتیب ۱۳۸۰۰ و ۲۷۲۰ کیلومترمربع است. بر اساس آمار و اطلاعات سازمان هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری پر بارش‌ترین بخش استان ارتفاعات شمال غرب با میانگین بارش سالانه ۱۶۰۰ میلی‌متر، کم بارش‌ترین ناحیه استان نواحی شرقی و شمال شرقی با میانگین بارش سالانه ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر و میانگین بارش سالانه استان درحدود ۵۶۰ میلی‌متر است. به دلیل کوهستانی بودن استان و با توجه به اینکه دمای هوا ناشی از ارتفاع هر منطقه است، اقلیم‌های مختلفی در استان حکم‌فرما است. فصل بهار هم‌زمان با آب شدن برف‌ها و بارش باران پر آب‌ترین فصل سال است و از اواسط تابستان تا اوایل پاییز کمینهٔ رواناب، جریان دارد. شکل ۲ توزیع بارندگی و اقلیم‌های حاکم در استان چهارمحال و بختیاری را نشان می‌دهد.

از نظر تقسیم‌بندی زمین‌شناسی بخش‌های مختلف استان در زون‌های سنندج-سیرجان، زاگرس مرتفع و زاگرس چین‌خورده قرار می‌گیرد. با برخورد صفحه عربستان به ایران و بسته‌شدن حوضه زاگرس، ورود رسوبات مستمر از پالئوزوییک تا اواخر دوران سوم متوقف و رسوبات بستر حوضه دچار چین‌خوردگی شدند. عملکرد فازهای کوهزایی وگسل‌های راندگی متعدد، سبب پیدایش ارتفاعات بلند زاگرس شده است (آقانباتی، ۱۳۸۵). قدیمی‌ترین سازند شناخته‌شده در استان، نمک‌های سری هرمز هستند که در برخی نقاط (چِلگِرد، نازی و اَرمَند) رخنمون دارند.





شکل۲. نقشه توزیع بارندگی (سمت راست) و نقشه پهنه‌بندی اقلیمی در استان چهارمحال و بختیاری (سمت چپ)

Archive of SID
www.SID.ir

در یک نگاه کلی، می‌توان ساختار زمین‌شناسی شمال تا شرق استان را که قدیمی‌تر بوده از ساختار جوان جنوب و غرب تفکیک کرد. بخش اعظم مناطق قدیمی را سازندهای سری بنگستان و بخش غالب سری جدید را آهک آسماری تشکیل می‌دهند.

کارون از مهم‌ترین رودخانه‌های ایران است که با سرچشمه‌گرفتن از این استان و عبور از جلگه خوزستان وارد خلیج فارس می‌شود. این رودخانه از ارتفاعات زردکوه بختیاری در شمال غرب استان در حوضه بازفت، تغذیه می‌شود و سرشاخه‌های دیگری مانند رودخانه‌های ارمند، جونقان، بهشت‌آباد، کره‌بس و... و نیز ده‌ها چشمه، رود و جوی در طول حرکت به سمت جنوب و جنوب غرب استان به آن می‌پیوندد و در نهایت به سمت استان خوزستان حرکت می‌کند. اهمیت این منابع آبی سبب شده است که تا کنون چندین سد و تونل بزرگ در استان ساخته شود.

روش کار

در این پژوهش، آمار کیفیت شیمیایی نمونه‌های آب از نُه ایستگاه آب‌سنجی مهم در مسیر رودخانه کارون و سرشاخه‌های آن تا سال ۱۳۸۸ (بر اساس دوره‌ی آماری آورده‌شده در جدول ۱ برای هر ایستگاه) در زمان‌های مختلف سال و در بازه‌های زمانی آبدهی بیشینه (سیلابی)، کمینه و سایر آبدهی‌های رودخانه‌ها برداشت و اندازه‌گیری شد. همچنین سعی شد که بازه زمانی مورد استفاده برای انجام تحلیل‌های مناسب‌تر برای هر ایستگاه، با توجه به داده‌های موجود نزدیک به هم انتخاب شود (بین ۹-۴ سال). بیشترین تعداد نمونه‌ها در ایستگاه مرغک با ۴۵۰ نمونه و کمترین آنها در ایستگاه مورز با ۳۳ نمونه برداشت شد.

در نمونه‌برداری‌ها مقدار آبدهی (Q) در تاریخ برداشت نمونه و رسانایی الکتریکی (EC)، غلظت املاح محلول (pH)، T.D.S، سختی کل (T.H)، کربنات (CO_3)، بی‌کربنات (HCO_3)، سولفات (SO_4)، کلر (Cl)، کلسیم (Ca)، سدیم (Na)، منیزیم (Mg)، پتاسیم (K)، درصد سدیم (Na%) و نسبت جذب سدیم (S.A.R) در محل و آزمایشگاه شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان ثبت، تجزیه و محاسبه شدند. نتایج این تجزیه‌ها به صورت میانگین در جدول ۱ آورده شده‌اند. مقدار پایین انحراف از معیار بیشتر شاخص‌ها در بیشتر ایستگاه‌ها سبب شد که محاسبات بر پایه میانگین باشد.

محاسبات مربوط به پارامترهای آماری به کمک SPSS انجام شد. برای شناخت نوع آب در ایستگاه‌های منتخب، نقشه‌های کیفی یون‌های غالب در هر ایستگاه تهیه و بر اساس آنها نوع آب تعیین شد. با بررسی‌های میدانی و نقشه‌های زمین‌شناسی، عوامل تأثیرگذار بر کیفیت آب شناسایی و از آنها برای تفسیرهای هیدروشیمی به عنوان مبنا استفاده شد. رسم نمودارها با نرم‌افزارهای AquaChem، Aq.QA و Chemistry انجام شد. با محاسبه ضریب همبستگی (r) ارتباط میان پارامترها و میزان ارتباط بین دامنه تغییرات آنها نشان داده شد. نمونه‌های انتخابی با توجه به استانداردهای مختلفی که برای مصارف گوناگون وجود دارد، بررسی و رده‌بندی شدند.

در ادامه برای مشخص کردن درستی تحلیل‌های انجام شده بر مبنای تغییرات سنگ‌شناسی و ضرایب همبستگی با مطالعه شبکه زهکشی هر رودخانه، برای حریم کیفی آن شعاعی در نظر گرفته شد و در نهایت برای همهٔ آنها حریم ۱۵۰۰ متری از حاشیه پیشنهاد شد. سپس تعداد رخنمون‌های هر سازند و مساحت آنها در طول کل حوضه آبریز با نرم‌افزار ARC GIS محاسبه شد.

جدول ۱. نتایج آنالیز شیمیایی کیفیت آب رودخانه‌های استان در ایستگاه‌های منتخب

نام رودخانه	نام ایستگاه	طول دوره‌ی آماری (سال)	تعداد کل نمونه	میانگین آبدهی m^3/S	میانگین EC (mmhos/cm)	میانگین T.D.S (mg/lit)	میانگین T. H (mg/lit.)	میانگین pH	میلی اکی والان در لیتر (meq/lit.)								درصد خطای موازنه یونی	S.A.R	%Na
									Ca	Mg	Na	K	HCO_3	CO_3	Cl	SO_4			
بازفت	خدری	۹	48	12.9	363.3	235.6	165.6	7.7	2.3	0.9	0.3	0.0	2.7	0.0	0.6	0.3	0.11	0.3	10.9
بازفت	مورز	۴	33	27.7	979.1	612.5	192.9	7.9	2.5	1.3	6.1	0.0	2.7	0.0	6.0	1.1	0.8	4.3	56.6
کارون	مرغک	۹	450	71.1	683.3	438.1	182.5	7.9	2.4	1.2	3.2	0.0	2.8	0.0	3.2	0.7	1.2	2.3	44.0
جونقان	جونقان	۹	286	9.3	486.8	336.0	215.0	7.9	2.9	1.3	0.4	0.0	3.5	0.3	0.6	0.4	0.13	0.2	9.3
کاج	کاج	۸	183	24.1	551.9	369.0	183.2	7.9	2.4	1.2	1.8	0.0	2.9	0.0	2.0	0.4	1.38	1.3	31.2
بهشت‌آباد	بهشت‌آباد	۹	352	23.9	554.9	416.2	211.3	7.9	2.6	1.5	1.2	0.0	3.3	0.0	1.6	0.5	0.41	0.8	22.4
مونج	بیدله	۵	166	23.9	543.6	343.1	250.4	7.9	2.5	2.4	0.5	0.0	4.0	0.0	0.6	0.7	1.57	0.3	10.0
ارمند	ارمند	۸	407	103.5	564.6	428.0	194.0	7.9	2.4	1.4	1.8	0.0	3.0	0.0	1.9	0.6	1.41	1.3	31.3
کره‌بس	کره‌بس	۹	175	12.2	423.6	272.0	204.4	7.9	2.5	1.5	0.2	0.0	3.5	0.0	0.4	0.3	0.74	0.1	6.7

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج و بحث

به عقیده محققان مختلف، ترکیب شیمیایی و فیزیکی آب با تغییرات زمان و مکان متغیر است. در مورد تغییرات مکانی از ارتباط میان توپوگرافی، سنگ‌شناسی سازندها و فرآیندهای هیدروژئولوژیکی و در مورد تغییرات زمانی از تغییرات فصلی در حجم کلی عبوری آب در سامانه و منطقه مورد مطالعه می‌توان یاد کرد (Fernández et al., 2006). این تقسیم‌بندی توسط افراد دیگر به گونه‌ای متفاوت بیان شده است.

در اولین گام با محاسبه درصد خطای موازنه یونی (رابطه ۱) و رسم نمودار موازنه یون (نمودار ستونی) در نرم‌افزار Aq.QA و محاسبات نرم‌افزار Chemistry برای تجزیه نمونه‌های به دست آمده، مشخص شد که اختلاف میان کاتیون‌ها و آنیون‌ها بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر در بیش از ۹۸درصد نمونه‌ها، کمتر از مقدار استاندارد تعیین‌شده (۵درصد) است (جدول ۱). موازنه یونی نشان‌دهندهٔ درستی آزمایش شیمیایی است و چون گاه درصد خطای ۵–۱۰ درصد را نیز قابل قبول می‌دانند (نخعی، ۱۳۸۸)، بنابراین ۱۰۰درصد نمونه‌های اندازه‌گیری شده دارای موازنه یونی هستند.

$$\text{درصد خطای موازنه یونی} = \frac{\sum \text{Cations} - \sum \text{Anions}}{\sum \text{Cations} + \sum \text{Anions}} \times 100 \quad (۱)$$

رسانایی الکتریکی (EC) تابعی از بار و غلظت یون‌ها در محلول و حرکت آنها تحت تأثیر پتانسیل به کار برده شده است (Todd and Mays, 2005). بر اساس داده‌های به دست آمده در محل ایستگاه‌های آب‌سنجی روی رودخانه، میزان EC رودخانه و سرشاخه‌های آن از ۲۳۰ تا ۱۶۳۶ میکروموس بر سانتی‌متر به ترتیب در ایستگاه‌های خدری و مورز متغیر است، بنابراین بیشتر این آب‌ها در ردهٔ C_2 و گاهی C_3 درجه شوری متوسط و زیاد طبقه‌بندی می‌شوند (نخعی، ۱۳۸۸؛ صداقت، ۱۳۸۶).

به طور کلی، مقدار EC و غلظت یون‌ها با افزایش مقدار آبدهی رودخانه‌ها کاهش دارد. این موضوع توسط Kennedy and Malcolm (1977); Livingstone (1963); Buckley (1977); Miller and Drever (1977); Foster (1978); Feller and Kimmins (1979) مورد مطالعه قرار گرفته است (Eion and Cameron, 1996). به عقیده Eion and Cameron (1996) تغییرات فصلی در ترکیب آب، ارتباط زیادی با آبدهی دارد، تغییرات مواد محلول و یون‌های Si, K, Ca, Sr, HCO_3, SO_4, (NO_3+NO_2) و Mg نشان داد که کمترین میزان مربوط به این ترکیبات مربوط به زمان آبدهی بیشینه و هم‌زمان با ذوب شدن برف است که سبب پدیده رقیق‌شدگی در آب می‌شود. نتایج کلی بیانگر تأثیر تغییرات فصلی بر کیفیت آب است. همچنین مقادیر بیشینه مربوط به فصل خشک و مقادیر کمینه مربوط به فصل تر هستند که پایین بودن مقدار EC در فصل تر به علت رقیق شدن با آب‌های ناشی از بارندگی است (شکل ۵).

از استانداردهایی که برای آب کشاورزی به کار برده می‌شود، نسبت جذب سدیم (S.A.R) است. نمودار ویلکوکس بر اساس دو معیار S.A.R و EC ارزیابی کیفیت آب از نظر کشاورزی، شوری و قلیایی بودن را با رده‌های مختلف سدیم نشان می‌دهد و آب‌ها را به ۱۶ رده تقسیم می‌کند (United States Salinity Laboratory, 1954). رسم این نمودار (شکل ۳)، نمونه‌های هشت ایستگاه را در ردهٔ C_2-S_1 (کمی شور؛ مناسب برای کشاورزی) و ایستگاه مورز را C_3-S_1 (شور؛ قابل استفاده برای کشاورزی) نشان می‌دهد، پس از نظر مصارف کشاورزی در رده خوب تا میانگین قرار می‌گیرند (Todd and Mays, 2005). نسبت جذب سدیم از رابطه ۲ محاسبه می‌شود (تمام مقادیر بر حسب meq/L هستند) (Todd and Mays, 2005):

$$S.A.R = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (۲)$$

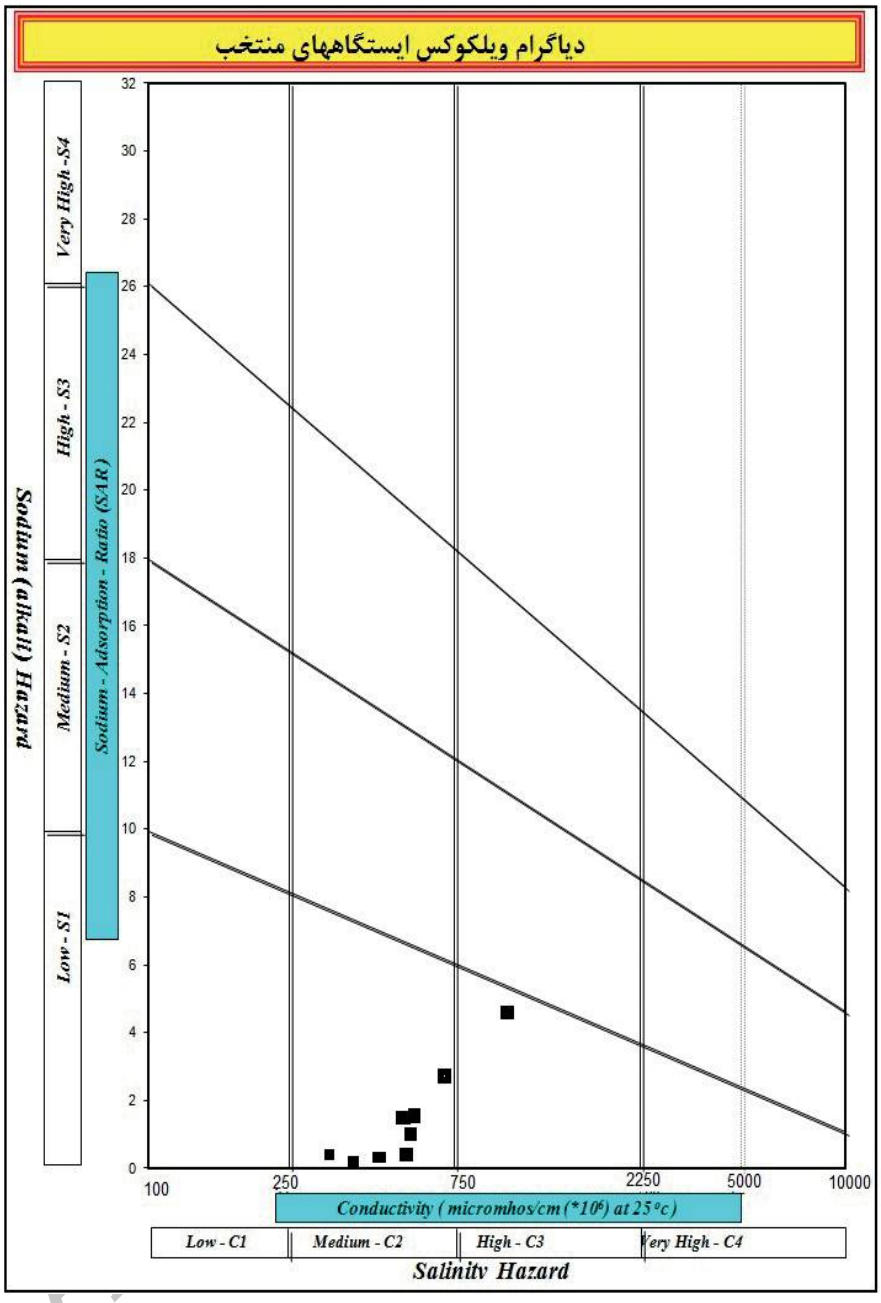
از آنجاکه استاندارد EC آب‌های شرب گاهی بین صفر تا ۱۵۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر در تغییر است (نخعی، ۱۳۸۸)، بیشتر رودخانه‌ها و سرشاخه‌های کارون، از این نظر در حد استاندارد قرار دارند. همچنین با توجه به نمودار شولر، کیفیت آب بیشتر رودخانه‌های استان در محدوده مناسب بوده و در رده خوب تا قابل قبول قرار می‌گیرند (جدول ۲). برای مصرف شرب باید سایر استانداردها نیز مورد توجه قرار گیرند.

جدول ۲. درصد هر یک از رده‌های نمودار شولر، برای مصارف شرب در کل ایستگاه‌های اندازه‌گیری محدوده

طبقه‌بندی آب	T.D.S	T.H	pH	Na	Cl	SO_4
خوب	88.89	100	100	88.89	88.89	100
قابل قبول	11.11	0	0	11.11	11.11	0
میانگین	0	0	0	0	0	0
نامناسب	0	0	0	0	0	0
کاملاً نامطبوع	0	0	0	0	0	0
غیر قابل شرب	0	0	0	0	0	0

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳. نمودار ویلکوکس در ایستگاه‌های منتخب برای تعیین کیفیت آب برای مصارف کشاورزی

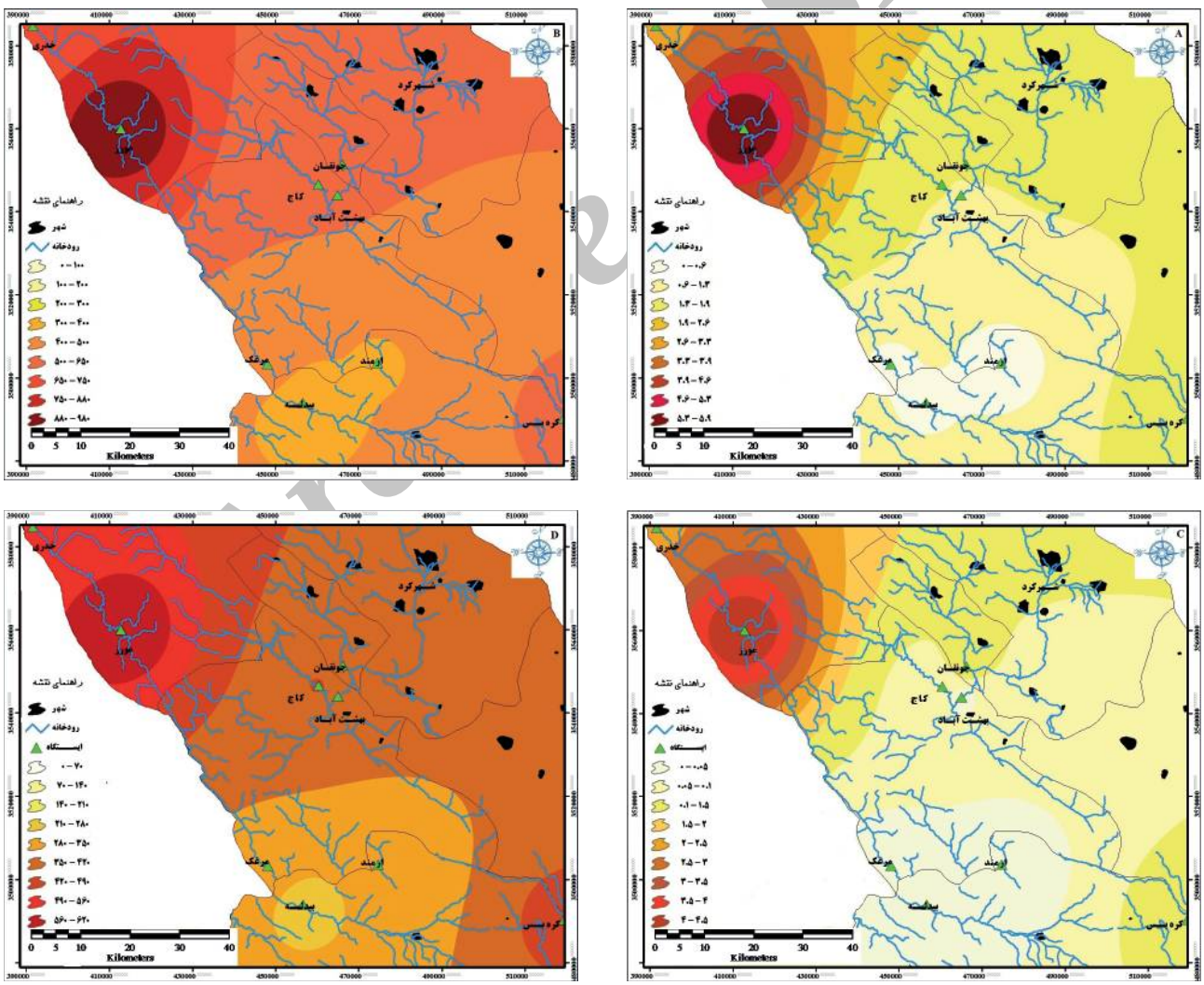
میزان T.D.S از ۱۰۳۶ تا ۲۲۷ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب در ایستگاه‌های مورز و کره‌بس به دست آمد که نشان می‌دهد بیشتر رودخانه‌ها در رده آب‌های شیرین (۰–۱۰۰۰) و کمتر از ۱درصد در رده لب‌شور (۱۰۰۰–۱۰۰۰۰) قرار می‌گیرند (نخعی و همکاران، ۱۳۸۸)، و در مجموع خوب و قابل قبول هستند.

سختی آب را معمولاً با میزان کف کردن آب با صابون و یا لایهٔ رسوبی که هنگام جوشاندن آن در ته ظرف باقی می‌ماند؛ بیان می‌کنند. چون در بیشتر موارد، حالت‌های یاد شده ناشی از میزان دو یون Ca و Mg است، سختی را بر اساس این دو یون بیان می‌کنند (Hem, 1989). بر اساس رده‌بندی‌ها آب با سختی کمتر از ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر خوب و بیشتر از ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر را سخت می‌نامند (Kresse and Fazio, 2004; Gray, 2008)، چون مقدار میانگین سختی کل (T.H) نمونه‌ها از ۱۶۵ تا ۲۴۹ میلی‌گرم در لیتر دامنه دارند (با توجه به جدول ۱)، در تقسیم‌بندی‌های مختلف، در ردهٔ آب‌های سخت و یا با سختی کم هستند. این مقدار بر اساس پیشنهاد سازمان بهداشت جهانی (WHO, 1984; 1993)، برای شرب نباید از ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشتر شود. از آنجاکه که عامل مهم افزایش سختی تماس با تشکیلات زمین‌شناسی است (Gray, 2008)، عبور سرشاخه‌های کارون از سازندهای کربناتی و نیز منشأ بیشتر آنها که چشمه‌های کارستی محدوده هستند، سبب افزایش نسبی میزان سختی شده است.

www.SID.ir

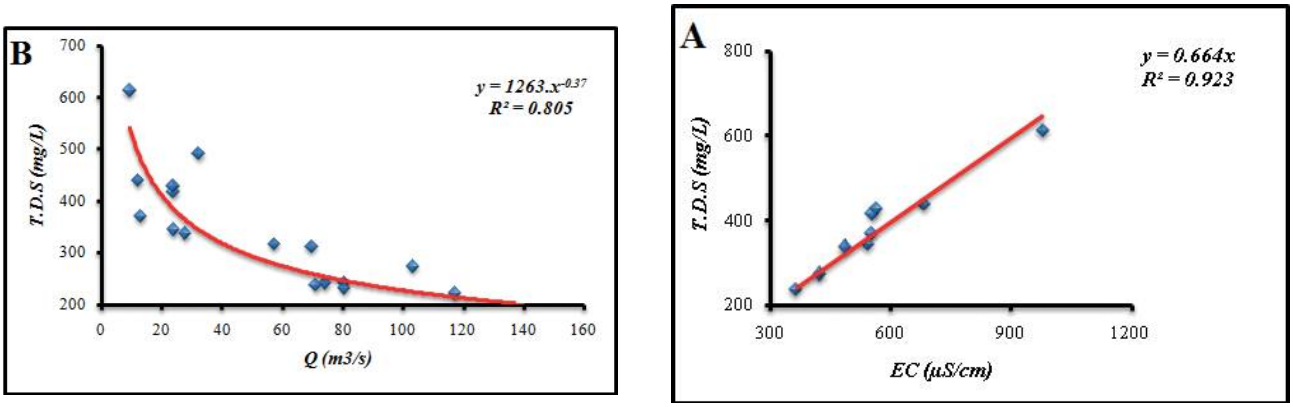
بررسی زمین‌شناسی منطقه و شیمی آب اشاره بیشترین تأثیر شش گروه از سازندها شامل آسماری، بنگستان، کشکان، فارس بالایی، بختیاری و معادل آن و سری هرمز (با تعداد رخنمون کم ولی تأثیر زیاد) بر کیفیت آب دارد و از این طریق می‌توان میزان پتانسیل و رفتار هیدروژئوشیمیایی آنها را ارزیابی کرد. در ایستگاه‌های ارمند، جونقان، کاج، بهشت‌آباد، بیدله، کره‌بس و خدری، کاتیون و آنیون غالب به ترتیب کلسیم (Ca) و بی‌کربنات (HCO_3) هستند. از عوامل مهم کاهش کیفیت آب رودخانه‌ها به‌ویژه در مناطق کوهستانی، خصوصیات هیدروژئولوژی مسیرهای عبور جریان است (Soulsby et al., 2002). بر این اساس، به نظر می‌رسد غالب بودن این یون‌ها نسبت به دیگر کاتیون‌ها و آنیون‌ها و همچنین افزایش هم‌زمان میزان T.D.S، در نتیجه عبور رودخانه و سرشاخه‌های آن از مناطقی با سنگ‌شناسی از نوع آهکی و دولومیتی و حتی سنگ‌های حاوی زمینه آهکی تا مارنی در طول مسیر خود است. موقعیت چینه‌شناسی و سنگ‌شناسی محدوده مورد مطالعه مؤید این موضوع است. این امر با مطالعات در دیگر محیط‌های مشابه نیز هماهنگ است. نکته قابل توجه اینکه در ایستگاه‌های مورز و مرغک (حوضه رودخانه بازفت)، ترتیب یون‌های غالب کمی متفاوت است، بدین صورت که کاتیون و آنیون غالب به ترتیب سدیم (Na) و کلر (Cl) است. برای به دست آوردن تصویری کلی از روند تغییرات در منطقه برای متغیرهای اصلی هیدروشیمی، می‌توان از تحلیل‌های سطحی استفاده کرد. به دلیل پراکندگی ایستگاه‌های اندازه‌گیری برای رسم نقشه‌های سطحی از روش درون‌یابی کریجینگ که مناسب توزیع‌های ناهمگن است (Fernández et al., 2006)؛ استفاده شد. راستای کلی منحنی‌های رسمی نمایانگر، که مربوط به نقاط هم Cl، هم EC، هم T.D.S و هم S.A.R هستند از همدیگر پیروی می‌کنند و بیشترین مقدار را در قسمت شمال غربی محدوده (ایستگاه مورز در شکل ۴) نشان می‌دهند.

از آنجاکه این متغیرهای شیمیایی به هم وابسته هستند و در بیشتر محدوده‌های مطالعاتی روند مشابهی را نشان می‌دهند، بنابراین عامل افزایش آنها نیز معمولاً مشترک است.



شکل ۴. نقشه هم مقدار Cl (A)، نقشه هم مقدار EC (B)، نقشه هم مقدار S.A.R (C) و نقشه هم مقدار T.D.S (D) رودخانه کارون و سرشاخه‌های اصلی آن در استان چهارمحال و بختیاری

www.SID.ir



شکل ۵. ارتباط خطی و ضریب همبستگی بالای EC و T.D.S (A)، کاهش غلظت T.D.S با افزایش میزان آبدهی وابستگی تغییرات غلظت به میزان جریان عبوری را نشان می‌دهد (B).

اگر آب در فاصله نسبتاً کوتاهی کیفیت خود را از دست دهد، از روی تشکیلات مخرب (عمدتاً تشکیلات تبخیری) عبور کرده است. بررسی‌های زمین‌شناسی انجام شده وجود میان‌لایه‌های تبخیری معادل سازند کشکان در تشکیلات کنگلومرایی قرمز و ماسه‌سنگ‌های مربوط به پالئوسن–ائوسن موجود در مسیر حرکت آب، و از آن مهم‌تر ورود آب چشمه نازی به رودخانه بازفت (در نزدیکی ایستگاه مورز) که از گنبدهای نمکی معادل سری هرمز (گنبد نمکی نازی) عبور می‌کند؛ را از عوامل افزایش مقدار این یون‌ها در این منطقه نشان می‌دهد (به فاصله‌ی ایستگاه‌های خدری، مورز و مرغک در شکل ۴ توجه کنید). محاسبات آماری انجام‌شده بیانگر این نکته است که بیشترین غلظت پارامترهای اندازه‌گیری‌شده، در زمان اوج فصل خشک منطقه (شهریور و مهر ماه) بوده که این امر ارتباط آنها را با میزان آبدهی ثابت می‌کند (شکل ۵).

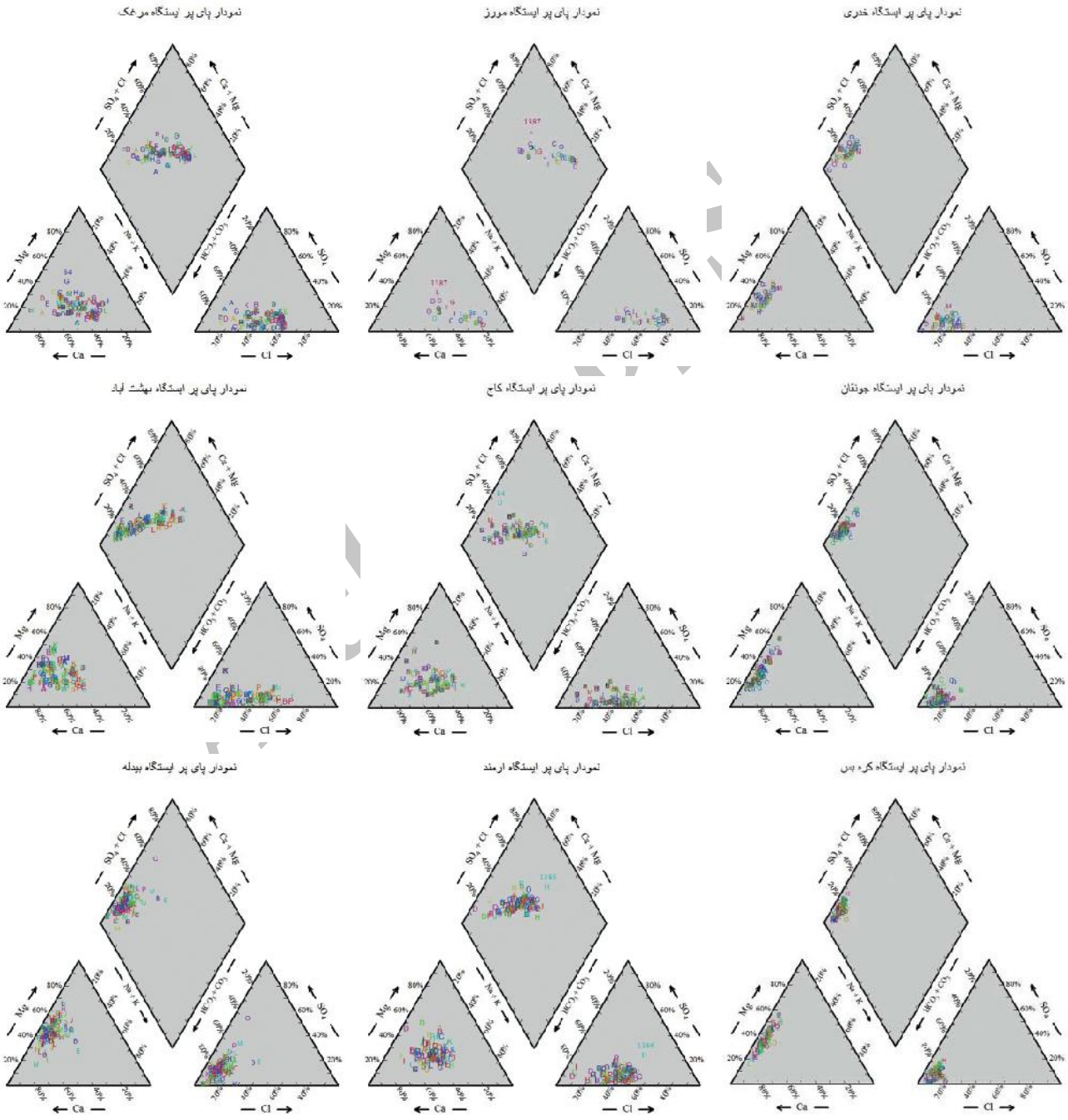
محاسبه ضرایب همبستگی میان پارامترهای شیمیایی مختلف اندازه‌گیری‌شده در ایستگاه‌های منتخب، با استفاده از نرم‌افزار SPSS تحلیل شده و نشان داد که تفاوت ضریب همبستگی (r) کاتیون‌ها، بین ۰/۲۶۳- تا ۰/۵۷۳ و بیشترین ارتباط بین Na و K است، این موضوع در آنیون‌ها از ۰/۵۸۵- تا ۰/۸۲۹ متغیر و بیشترین ارتباط میان عناصر SO_4 و Cl برقرار است. در میان عناصر گوناگون بیشترین ضریب همبستگی میان Na و Cl است که نشان می‌دهد عامل افزایش مقدار آنها مشابه بوده و منشأ یکسانی دارند. یون کلرید (Cl) به دلیل تغییرپذیری شدید، انحلال‌پذیری بالا و واکنش‌ناپذیری در فرآیندهای شیمیایی در اغلب مطالعات، بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرد (Berner and Berner, 1987). همچنین کلرید در آب طبیعی به طور معمول غلظت کمی دارد، این مقدار عموماً کمتر از ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر است، مگر اینکه شورمزه یا شور باشد. کلرید توسط انسان در کارهای متفاوتی مورد استفاده قرار می‌گیرد و از طریق خروجی‌های صنعتی، فاضلاب‌ها، جانوران و نمک‌پاشی جاده‌ها به منابع آب سطحی و زیرزمینی وارد می‌شوند (Shankar et al., 2010). در محدودهٔ مورد مطالعه نیز یون کلرید نقش اصلی را در کاهش کیفیت منابع آبی از خود نشان می‌دهد. همان‌گونه که گفته شد گسترش سازندهای زمین‌شناسی مخرب کیفیت آب مانند گنبدهای نمکی، عامل مهم در افزایش میزان یون کلر در این محدوده هستند. همچنین ضریب همبستگی بالای میان EC و Na، Cl و SO_4 بیانگر این مطلب است که مهم‌ترین عامل افزایش در EC، این عناصر هستند، اما Na و Cl نقش بیشتری دارند. نتایج این محاسبات آماری در جدول ۳ دیده می‌شود.

جدول ۳. محاسبه ضرایب همبستگی میان پارامترهای شیمیایی مختلف اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های منتخب

	K	Na	Mg	Ca	SO4	Cl	HCO3	Cations	Anions	EC
K	1.0									
Na	0.573	1.0								
Mg	-0.022	-0.263	1.0							
Ca	0.272	-0.161	0.24	1.0						
SO4	0.513	0.842	0.251	0.003	1.0					
Cl	0.61	0.99	-0.278	-0.152	0.829	1.0				
HCO3	-0.192	-0.573	0.860	0.559	-0.117	-0.585	1.0			
Cations	0.626	0.965	-0.025	0.559	0.933	0.962	-0.345	1.0		
Anions	0.63	0.965	-0.026	-0.006	0.934	0.962	-0.347	0.999	1.0	
EC	0.637	0.964	-0.039	0.022	0.926	0.962	-0.347	0.998	0.998	1.0

Archive of SID
www.SID.ir

معمولاً، نوع نمونه آب بیانگر کیفیت آن نیز است، برای تعیین نوع آب به ترتیب از قرارگیری کاتیون غالب (مهم‌ترین کاتیون) و آنیون غالب استفاده می‌شود. برای مثال، اگر یون Ca در حدود ۶۰درصد مجموع کاتیون‌ها و یون HCO_3 در حدود ۹۰درصد آنیون‌ها (بر حسب میلی‌اکی‌والان) را به خود اختصاص دهند؛ نوع آب این نمونه $Ca\text{-}HCO_3$ خواهد بود (Kresse and Fazio, 2004). زمانی و همکاران (۱۳۸۹) در آب‌شناسی شیمیایی رودخانه شاهرود در طول یک سال آبی نشان دادند که نوع آب رودخانه، بی‌کربناتی و در برخی مقاطع (فصل خشک) سولفاتی شده و عامل اصلی آن نیز سنگ‌شناسی خاص منطقه است. به هر حال، برای تعیین نوع آب نمونه‌های موجود، نمودار پای‌پر بر اساس میزان اشباع شدگی یون‌های اصلی رسم شد (Piper, 1953) و مشخص شد نوع آب در تمام ایستگاه‌ها که با تحلیل‌های آماری به دست آمده برای آنها، مطابقت دارد. روند تغییرات نوع آب در برخی از ایستگاه‌ها، مانند روند تغییرات در مقدار پارامترهای شیمیایی مهم است (شکل ۴). در شکل ۶ نمودار پای‌پر از مجموع داده‌های مربوط به فصل‌های تر و خشک برای ۹ ایستگاه آورده شده است که تغییر نوع آب را در برخی ایستگاه‌ها نشان می‌دهد.



شکل ۶. نمودار پای‌پر برای ۹ ایستگاه اندازه‌گیری منتخب در حوضه آبریز کارون در استان چهارمحال و بختیاری

www.SID.ir

همان‌گونه که در شکل ۶ دیده می‌شود، نوع و کیفیت آب در فاصله‌ای کم از ایستگاه خدری تا مورز، از نوع بیکربناتی-کلسیمی ($Ca\text{-}HCO_3$) به کلراتی-سدیمی ($Na\text{-}Cl$) و سولفاتی-کلسیمی ($Ca\text{-}SO_4$) می‌رسد. بعد از رسیدن به محدوده ایستگاه‌های مرغک و جونقان با توجه به نقش خودپالایی رودخانه‌ها، نوع آب دوباره تغییر می‌کند. بر این اساس در ایستگاه‌های خدری، جونقان، کاج، بهشت‌آباد، بیدله، ارمند و کره‌بس نوع غالب نمونه‌ها $Ca\text{-}HCO_3$ (بیکربناتی-کلسیمی) بود، البته انوع دیگری مانند $Ca\text{-}Cl$، $Mg\text{-}Cl$، $Na\text{-}Cl$، $Na\text{-}HCO_3$، HCO_3 و $Ca\text{-}SO_4$ نیز دیده می‌شود که اکثراً از نظر آماری مربوط به فصل خشک هستند. بنابراین تغییرات نوع و کیفیت آب نشان می‌دهد که این رودخانه‌ها قدرت خودپالایی بسیار بالایی دارند.

با توجه به نتایج مطالعات Li et al., (2007) واکنش‌های انحلالی آهک و دولومیت با آب سبب حل شدن یون‌های بی‌کربنات، کلسیم و منیزیم می‌شود (روابط ۳ تا ۶). این روند با زمین‌شناسی عمومی محدوده مورد مطالعه که بیشتر بخش‌های آن را سنگ‌های کربناتی سازندهای سری بنگستان و آسماری تشکیل داده‌اند؛ مطابقت دارد.

$$CaCO_3 + H_2O \rightarrow Ca^{2+} + 2HCO_3^- + OH^- \quad (۳)$$

$$CO_2 + H_2O \rightarrow HCO_3^- + H^+ \quad (۴)$$

$$CaMg(CO_3)_2 + 2H_2O \rightarrow Ca^{2+} + Mg^{2+} + 2HCO_3^- + 2OH^- \quad (۵)$$

$$CO_2 + 2H_2O \rightarrow 2HCO_3^- + 2H^+ \quad (۶)$$

در این بین نوع آب‌های $Na\text{-}Cl$ و $Ca\text{-}Cl$ بیشتر در ایستگاه ارمند دیده می‌شوند که به نظر می‌رسد به دلیل تأثیر گنبدهای نمکی مربوط به سری هرمز (گنبد نمکی ارمند) باشد، اما میزان تغییرات آنچنان نیست که منابع آبی را در رده آب‌های غیرقابل استفاده قرار دهد و تنها اثر آنها به صورت تغییر ناگهانی در نوع آب مشخص می‌شود. در ایستگاه‌های مورز ۷۰ درصد نمونه‌ها نوع $Na\text{-}Cl$، ۲۴ درصد نوع $Ca\text{-}SO_4$ و ۶ درصد نیز نوع $Ca\text{-}Cl$ دارند، در حالیکه در ایستگاه مرغک نوع $Na\text{-}Cl$ حدود ۵۷ درصد و نوع $Ca\text{-}HCO_3$ نیز ۴۳درصد را به خود اختصاص می‌دهند. دلایل این نوع آب‌ها، در تحلیل‌های انجام شده به سنگ‌شناسی خاص مناطق مختلف ارتباط داده شد، زیرا همان‌گونه که بیان شد در محدوده ایستگاه مورز چشمه کارستی نازی در بخشی از مسیر خود وارد گنبد نمکی نازی شده و کیفیت آن به شدت افت می‌کند. آب این چشمه در نهایت وارد رودخانه بازفت می‌شود.

عوامل مهم در افزایش میزان pH آب نفوذ یافته از سطح به عمق و یا بالعکس، مقدار کربن آلی و زمانی است که جریان آب از نقطه تغذیه تا تخلیه طی می‌کند (Kresse and Fazio, 2004).

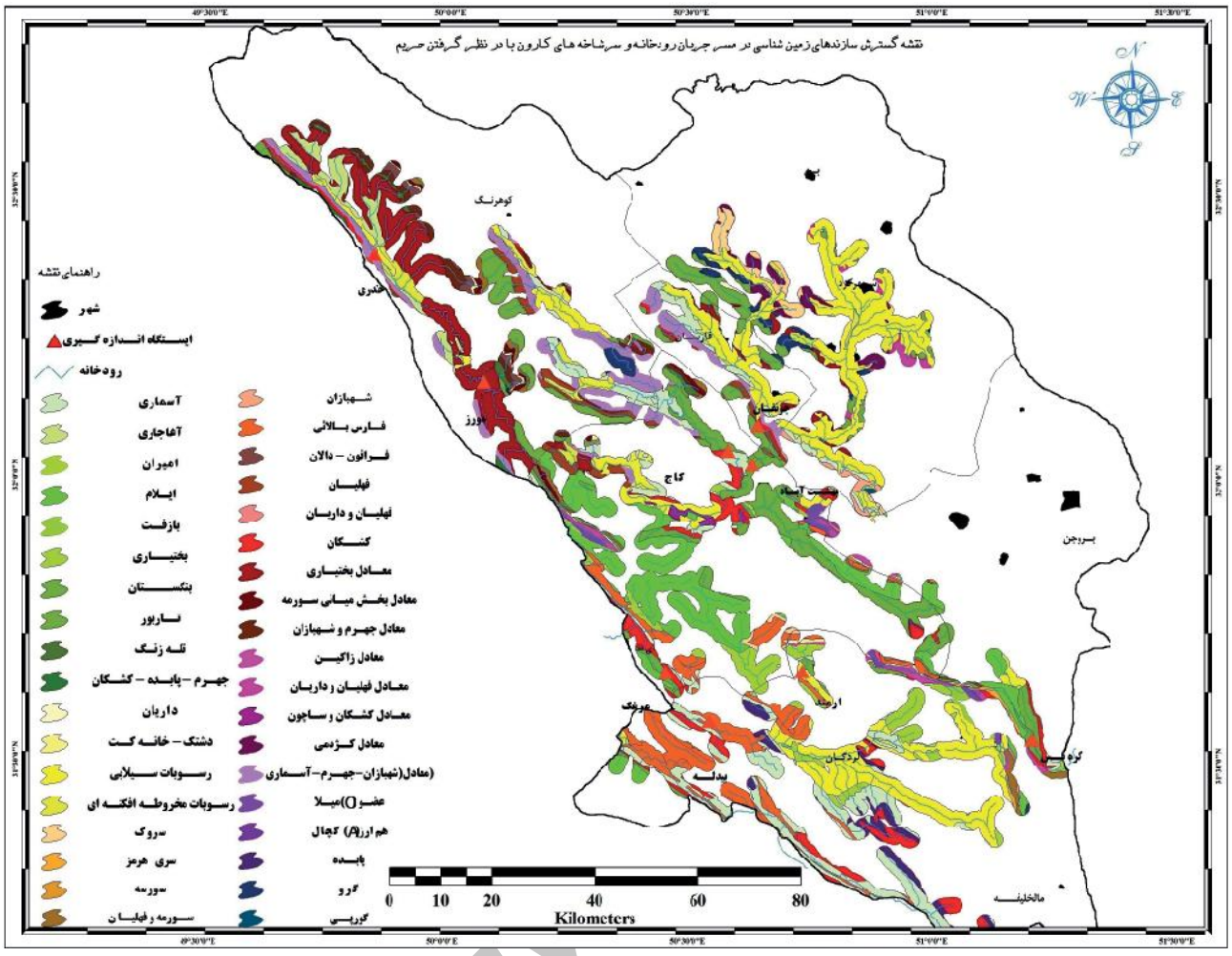
pH آب که بر مبنای یون هیدروژن است در آب‌های سطحی بین ۷/۵ تا ۸/۵ متغیر است و pH رودخانه کارون نیز در محدوده مورد مطالعه در این دامنه قرار می‌گیرد. جدول ۴ مقادیر به دست آمده بر اساس شاخص‌های کیفی مختلف آب را نشان می‌دهد. این پارامترها شامل درصد سدیم (%Na)، نسبت جذب سدیم (S.A.R) و نسبت غلظت بی‌کربنات سدیم باقیمانده (RSBC) بر حسب meq/L است. با توجه به مقادیر میانگین شاخص‌های مختلف نمونه‌های به‌دست آمده، می‌توان کیفیت آب‌ها را برای مصارف گوناگون بررسی کرد. استانداردهای یاد شده برای هر یک از ایستگاه‌ها محاسبه شد (جدول ۴). این استانداردها مورد قبول سازمان بهداشت جهانی (WHO)، سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده (EPA) و جامعه اقتصادی اروپا (EEC) هستند.

با توجه به توضیحات آورده شده، مشخص شد که عامل مهم تغییر در کیفیت آب بر اساس معیارهای مختلف کیفی سنگ‌شناسی خاص در طی مسیر عبور جریان آب و پراکندگی مختلف سازندهای زمین‌شناسی در محدوده مورد مطالعه است. برای مطالعه بیشتر با بررسی‌های نقشه‌های زمین‌ریخت‌شناسی، توپوگرافی و راه‌ها، نحوه پراکندگی رودخانه‌ها و شبکه زهکشی

جدول ۴. رده‌بندی کیفیت آب برای مصارف کشاورزی

ایستگاه نمونه‌برداری	S.A.R	%Na	کیفیت بر اساس Na%	RSBC	کیفیت بر اساس RSBC
خدری	0.3	10.9	عالی	-0.55	مناسب
مورز	4.3	56.6	مشکوک	-1.08	مناسب
مرغک	2.3	44.0	قابل قبول	-0.77	مناسب
جونقان	0.2	9.3	عالی	-0.4	مناسب
کاج	1.3	31.2	خوب	-0.72	مناسب
بهشت‌آباد	0.8	22.4	خوب	-0.87	مناسب
بیدله	0.3	10.0	عالی	-0.91	مناسب
ارمند	1.3	31.3	خوب	-0.79	مناسب
کره‌بس	0.1	6.7	عالی	-0.54	مناسب

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۷. گسترش سازندهای زمین‌شناسی مختلف رخنمون یافته در محدوده حریم کیفی در نظر گرفته شده رودخانه‌ها

آنها، نقشه‌های کاربری اراضی، گسترش زمین‌های کشاورزی و شهرها و نیز پراکندگی مراکز صنعتی حریم کیفی مؤثر برای آنها تعریف شد. به دلیل محدودیت در دستیابی به نقشه‌های با مقیاس کوچک‌تر در اطراف هر ایستگاه تصمیم گرفته شد که حریم کیفی میانگین برای تمامی سرشاخه‌های اصلی در نظر گرفته شود. مطالعات انجام شده حریم ۱۵۰۰ متری از نقطه‌ی وسط هر رودخانه را به دست داد. مهم‌ترین دلیل انتخاب این فاصله این است که تمامی سرشاخه‌ها و رودخانه‌های اصلی مورد مطالعه یا از چشمه‌هایی با فواصل کم (چند ده متر تا چند صد متر) سرچشمه می‌گیرند که اکثراً دارای منبع تغذیه یکسان بوده و با یکدیگر ارتباط هیدروژئولوژیکی دارند و یا اینکه در مسیر اصلی جریان، آب تخلیه شده از سایر زهکش‌های طبیعی به این رودخانه‌ها اضافه می‌شود. ذکر این نکته نیز ضروری است که با توجه شبکه زهکشی وسیع هر یک از رودخانه، مهم‌ترین سرچشمه‌های آنها در شکل‌ها آورده شده است و انتخاب این حریم می‌تواند بیانگر شرایط کلی زمین‌شناسی در هر زیرشاخه و منابع تغذیه کننده‌ی آن باشد. بدیهی است که در این حالت ترکیب شیمیایی هر یک از منابع تغذیه کننده‌ای آب رودخانه در کیفیت نهایی آن مؤثر است. با پیاده کردن این فاصله در اطراف رودخانه‌ها و سرشاخه‌های اصلی به کمک نرم‌افزار ARC GIS و نقشه زمین‌شناسی پایه، گسترش سازندهای مختلف در حریم کیفی تعیین شده مشخص شدند (شکل ۷).

گسترش سازندها در حریم کیفی در نظر گرفته شده، روند عمومی زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (قسمت ۲) و همچنین واکنش‌های میان آب و محیط، رفتار هیدرژئوشیمیایی رودخانه‌ها را در اطراف هر ایستگاه تأیید می‌کند. برای این منظور تعداد رخنمون‌های هر سازند در طول کل شبکه‌های زهکشی هر رودخانه و مساحت کل این رخنمون‌ها محاسبه شد (جدول ۵). مجموع مساحت تمامی سازندهای رخنمون‌یافته نشان می‌دهد که سهم بزرگی از بیرون‌زدگی‌ها در تعیین کیفیت نهایی آب رودخانه کارون مؤثر است و می‌توان وجود انواع گوناگون رده‌های آب در هر ایستگاه در زمان‌های مختلف و نسبت به ایستگاه‌های مجاور را تفسیر کرد. برای مثال، گسترش و تعداد رخنمون زیاد سازندهای کربناتی در طول مسیر رودخانه کارون و سرشاخه‌ها سبب شده که در بیشتر ایستگاه‌ها نوع آب نیز کربناتی باشد.

Archive
www.SID.ir

جدول ۵- مساحت سازندهای رخنمون‌یافته در طول رودخانه و سرشاخه‌های اصلی کارون در استان چهارمحال و بختیاری

سازند	تعداد رخنمون	مساحت کل سازند در مسیر عبور جریان (Km^2)	سازند	تعداد رخنمون	مساحت کل سازند در مسیر عبور جریان (Km^2)
آسماری	45	546.072	فارس بالائی	27	344.648
آغاجاری	4	97.967	فراقون-دالان	5	30.182
امیران	1	0.01	فهلیان	13	91.262
ایلام	14	510.866	فهلیان و داریان	2	2.66
بازفت	3	17.7442	کشکان	33	241.735
بختیاری	17	185.551	معادل بختیاری	24	398.117
بنگستان	35	303.87	معادل بخش میانی سورمه	6	29.806
تاربور	18	352.406	معادل جهرم و شهبازان	8	60.758
تله‌زنگ	4	24.44	معادل زکین	12	47.545
جهرم-پابده-کشکان	2	11.643	معادل فهلیان و داریان	5	22.273
داریان	1	3.042	معادل کشکان و ساچون	6	22.756
دشتک-خانه‌کت	20	27.028	معادل کژدمی	9	55.379
رسوبات سیلابی	17	1121.236	معادل (شهبازان-جهرم-آسماری)	12	238.753
رسوبات مخروطه افکنه‌ای	10	64.083	هم ارز عضو C میلا	8	34.857
سروک	7	71.004	هم ارز عضو A گچال	2	2.305
سری هرمز	6	15.741	پابده	4	82.615
سورمه	4	3.016	گرو	10	66.441
سورمه و فهلیان	16	64.316	گورپی	2	3.511
شهبازان	3	20.226			
مجموع مساحت کل سازندها تأثیرگذار در طول عبور جریان آب: $5215.86Km^2$					

نتیجه‌گیری

نتایج کلی تجزیه‌های شیمیایی در رودخانه کارون و سرشاخه‌های آن در استان چهارمحال و بختیاری بیانگر این موضوع است که در بیشتر این رودخانه‌ها، مقدار S.A.R، T.D.S، EC و Na% مناسب و در محدوده استانداردهای قابل استفاده جهانی قرار دارند و از نظر ردهبندی آب برای مصارف کشاورزی، صنعت و شرب مناسب هستند. همچنین مطالعات نشان داد که EC تمامی رودخانه‌ها در رده C_2 و C_3، با توجه به مقادیر T.D.S در گروه شیرین تا لب‌شور و بر اساس T.H در رده آب‌های سخت قرار دارند و افزون بر این، چون تغییر قابل ملاحظه‌ای در مقدار سختی در ایستگاه‌های مختلف صورت نمی‌گیرد، نتیجه‌گیری می‌شود که فراوانی یون‌های کلسیم و منیزیم تقریباً ثابت است.

ارزیابی کیفی رودخانه‌های حوضه کارون به خوبی نشان می‌دهد که سازندهای زمین‌شناسی به عنوان مهم‌ترین عامل کنترل کیفیت آب‌های سطحی به نظر می‌رسد. گسترش سازندهای مختلف زمین‌شناسی سبب شده که در محدوده‌هایی از منطقه روند تغییرات کیفیتی شدیدی دیده شود. تغییرات فصلی و کاهش آبدهی عبوری رودخانه‌ها در فصل‌های خشک سبب افت شدید کیفیت آب رودخانه‌ها می‌شود.

بررسی‌ها نشان می دهد که به منظور بهره‌برداری مناسب از منابع آب رودخانه‌ها و سرشاخه‌های کارون و جلوگیری از کاهش کیفیت آنها باید به تعیین حریم کیفی و زیست محیطی رودخانه توجه ویژه داشت و افزون بر این، اجرای طرح‌های عمرانی و فعالیت‌های کشاورزی و آبزی‌پروری و ارزیابی اثرات زیست محیطی آنها دقیقاً مورد توجه قرار گیرد.

برای بررسی تأثیر برخی مزارع شیلات ماهی در نزدیکی رودخانه‌ها، به‌ویژه در بخش شمال غرب و مجاورت ایستگاه مورز (بخش بازفت) بهتر است در چند دوره قبل، هم زمان بعد تخلیه آب این مزارع، نمونه‌برداری برای تجزیه شیمیایی انجام شود. برای تأثیر گنبدهای نمکی موجود مطالعات جامع‌تری انجام شود.

Archive of SID

www.SID.ir

در حال حاضر سازندهای مخرب کیفیت، وجود مزارع متعدد در طول مسیل‌ها و رودخانه‌ها، استفاده از کودهای حیوانی و شیمیایی و علف‌کش‌ها و سموم دفع آفات، ورود فاضلاب‌های خانگی به دلیل نبود سامانه جمع‌آوری فاضلاب در برخی مناطق، تخلیه زباله‌ها در حاشیه‌ی رودخانه‌ها به دلیل نبود سامانه مناسب دفن ضایعات و زباله‌ها و خطر آلودگی‌های نفتی از مهم‌ترین منابع آلاینده آب‌های سطحی استان هستند.

منابع

– آقانباتی، ع.، ۱۳۸۵، زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، چاپ دوم، ۵۶۸.

– آمار و اطلاعات اداره کل هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری، (www.chaharmahalmet.ir).

– جوادی‌زاده، ق. و دهقانی، م.، ۱۳۸۸، ارزیابی کیفیت آب رودخانه‌های استان هرمزگان، دومین کنفرانس سراسری آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بهبهان، ۲۰ اسفند ۸۸، ۵۹۷–۵۹۲.

– زمانی، ح.، محجوب، م. و گل‌مژده، ح.، ۱۳۸۹، آبشناسی شیمیایی رودخانه شاهرود در طول یک سال آبی، چهاردهمین همایش زمین‌شناسی ایران و بیست و هشتمین گردهمائی علوم زمین، ۲۵–۲۷ شهریور ۸۹، دانشگاه ارومیه، ۶.

– صداقت، م.، ۱۳۸۶، زمین و منابع آب (آب‌های زیرزمینی)، انتشارات دانشگاه پیام نور، چاپ ششم، ۳۶۸.

– گلجان، ف.، کرباسی، ع.، حاجی‌زاده ذاکر، ن. و نبی بیدهندی، غ.، ۱۳۸۸، تعیین کلاسه کیفی آب رودخانه‌های شهرستان نور (لاویج‌رود، سبزه‌رود و گلندرود)، فصل‌نامه تحقیقات علوم آب، سال اول، شماره اول، پاییز ۸۸، ۴۸–۳۵.

– نخعی، م.، ۱۳۸۸، مقدمه‌ای بر آب‌های زیرزمینی، انتشارات آراد کتاب، چاپ اول، ۱۹۸.

– نخعی، م.، ودیعتی، م.، میرعربی، ع.، ۱۳۸۸، منشأ شوری دشت شاهرخت (خراسان جنوبی)، دومین کنفرانس سراسری آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بهبهان، ۲۰ اسفند ۸۸، ۵۲۷–۵۲۰.

- Bartram, J. and Balance, R., 1996. Water Quality Monitoring -A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes-, Published on behalf of United Nations Environment Programme and the World Health Organization (UNEP/WHO), 380.

- Berner, E.K. and Berner, R.A., 1987. The Global Water Cycle. Geochemistry and Environment, Prentice Hall, Inc, 34.

- Eilers, J.M., Brakke, D.F. and Henricksen, A., 1992. The inapplicability of Gibbs'model of world water chemistry for filute lakes, Limonology, Oceanography, 37; 1335-1337.

- Eion, M. and Cameron, M., 1996. Hydrogeochemistry of the Fraser River, British Columbia: seasonal variation in major and minor components, Conada, Journal of Hydrology, 182(1-4): 209-225.

- European Environment Agency (EEA), 1999. Groundwater quality and quantity in Europe, © EEA, Copenhagen, 123.

- Fernández, A.C., Fernández, A. M., Domínguez, C.T. and Santos, B.L., 2006. Hydrochemistry of northwest Spain ponds and relationships to groundwaters, Journal of The Ecology of the Iberian Inland Waters, Madrid, Spain, 25(1-4): 433-452.

- Gibbs, R.J., 1970. Mechanism controlling world water chemistry, Science, New York., 170, 1088-1090.

- Gray, N.F., 2008. Drinking Water Quality (Problems and Solutions), Cambridge, New York, 423.

- Hem, J.D., 1989. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water, U.S., Geological Survey, Water-Supply, 264.

- Kresse, T.M. and Fazio, J.A., 2004. Ground-Water Quality and Geochemistry in the Strawberry River Watershed in Northeast Arkansas, Water Quality Report WQ, 04-01-1, 54.

- Li, F., Pan, G., Tang, Ch., Zhang, Q. and Yu, J., 2007. Recharge source and hydrogeochemical evolution of shallow groundwater in a complex alluvial fansystem, southwest of North China Plain, © Springer-Verlag, 14.

- Marofi, S. and Maryanji, Z., 2007. Stream water quality in the western regions of Iran, Journal of Biotechnology, 6, 1728-1731.

- Pehlivan, R. and Yilmaz, O., 2005. Water quality and hydrogeochemical characteristics of the River Buyukmelen, Duzce, Turkey, 19 (20), 3947-3971.

- Piper, A.M., 1953. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses, Trans. U.S. Geology Survey Groundwater Notes 12. Printing, Washington, 42.

- Shankar, K., Aravindan, S. and Rajendran, S., 2010. GIS based Groundwater Quality Mapping in Paravanar River , Sub-Basin, Tamil Nadu, India, International Journal of Geomatics and Geomatics and Geoscienes, 1(3), 282-296.

- Soulsby, C., Gibbins, C., Wade, A.J., Smart, R. and Helliwell, R., 2002. Water quality in the Scottish uplands: a hydrological perspective on catchment hydrochemistry,

Archive of SID
www.SID.ir

The Science of the Total Environment, 294, 73–94.

- Todd ,D.K. and Mays L.W., 2005. Groundwater Hydrology, John Wiley and Sons, New York, 535.

- United States Salinity Laboratory (USSL), 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils, USDA Hand Book, 60-147.

- Saad Z., Kazpard, V., El Samrani, A., Slim, K. and Ouaini, N., 2006. Use of hydrochemistry and environmental isotopes to evaluate water quality, Litani River, Lebanon, Journal of Environmental Hydrology, 14, 11.

- WHO, 1984. Guidelines for Drinking Water Quality, Vol. 2. Health Criteria and Other Supporting Information, Geneva: World Health Organization.

- WHO, 1984. Guidelines for Drinking Water Quality, Vol. 1. Recommendation, 2nd edn., Geneva: World Health Organization.

Archive of SID

www.SID.ir