

چکیده

حوضه آبریز سد کارده یکی از مهم‌ترین حوضه های کارستی کربناته با پتانسیل آبی بالا در استان خراسان رضوی است، که در ۴۵ کیلومتری شمال شهر مشهد قرار دارد. بررسی پدیده‌های ژئومورفولوژیک کارست نشان دهنده توسعه پدیده کارست سطحی (کارن های شیاری و چاله‌های باران) در این حوضه است. در حالیکه پدیده‌های کارست عمقی به دلیل بارندگی نسبتا پایین (۳۴۰/۱۵) میلی متر در حوضه و پوشش گیاهی اندک منطقه توسعه چندانی ندارند. بررسی آبخوان کارستی در پایین دست سد کارده و در دره اندرخ با استفاده از ضریب تغییرات سختی کل نمونه‌های آب و آبدهی سیلابی چشمه اندرخ نشان می‌دهد که آبخوان کارستی فوق دارای دو سیستم جریان افشان و مجاری است ولی سیستم جریان افشان سیستم غالب در این آبخوان می‌باشد. در طی مطالعه فوق، پارمترهای هیدروشیمیایی در منابع آب زیرزمینی (کارستی و غیر کارستی) و منابع آب سطحی (اعماق ۱، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ در دریاچه سد کارده و رودخانه کارده) مورد آنالیز قرار گرفته است. پارمترهای صحرایی دما، هدایت الکتریکی (EC)، شوری و کل مواد جامد محلول

(TDS) در صحرا توسط دستگاه Orion اندازه گیری و غلظت آنیون‌ها و کاتیون های اصلی در آزمایشگاه فیزیکوشیمیایی شرکت آب و فاضلاب شهر مشهد و در آزمایشگاه آب منطقه‌ای خراسان رضوی توسط دستگاه Compact IC 761 و BwB XP Flame Photo Meter و یون نیترا ت نیز توسط دستگاه 801Strior اندازه گیری شده است. مقدار ایزوتوپ‌های پایدار (^{18}O) و (^2H) نیز در نمونه‌های آب در آزمایشگاه ایزوتوپ‌های پایدار دانشگاه اتاوا کانادا (G.G. Hatch Isotope) توسط دستگاه Delta plus Xp isotope ratio (therofinigan, Germany) massspectrometer اندازه گیری شده است. نمایه اشباع کانی‌های کربناته و سولفات‌ها در نمونه‌های مورد مطالعه توسط نرم افزار PHREEQC محاسبه شده است. بررسی نتایج حاصل از آنالیز کیفی داده‌ها توسط روش‌های آماری و نمودارهای ترکیبی هیدروشیمیایی نشان دهنده این موضوع است که کیفیت منابع مورد مطالعه به طور گسترده وابسته به انحلال واحدهای کربناته سازند مزدوران و سیلیکاته و سولفات سازند ماسه سنگی شوربچه و رسوبات نئوژن است. بررسی نمایه اشباع کانی‌های کربناته و سولفات‌ها در منابع مورد مطالعه نشان دهنده اشباع بودن کانی‌های کربناته کلسیت و دولومیت و تحت اشباع بودن کانی سولفات‌ها ژیپس است. تعیین کانی‌های کربناته و سیلیکاته انحلال یافته در نمودارهای ترکیبی $\text{Log}(a\text{Ca}^{2+}/a(\text{H}^+)^2)$ در مقابل $\text{Log}(a\text{Mg}^{2+}/a(\text{H}^+)^2)$ برای کانی‌های کربناته و نمودارهای $\text{Log}(a\text{Ca}^{2+}/a(\text{H}^+)^2)$ و $\text{Log}(a\text{Mg}^{2+}/a(\text{H}^+)^2)$ در مقابل $\text{Log}(a\text{Na}^+/a(\text{H}^+)^2)$ برای کانی‌های سیلیکاته نشان می‌دهد که کانی‌های کربناته کلسیت و دولومیت و سیلیکاته کائولونیت، لامونیت و کلینوکلر بیشترین کانی‌های انحلال یافته در منابع مورد مطالعه هستند. بررسی کانی‌های سیلیکاته در دریاچه سد کارده نشان می‌دهد که در اعماق کم و در نزدیکی سطح آب، کانی سیلیکاته کلینوکلر بیشترین انحلال را دارد، ولی با افزایش عمق میزان انحلال کانی کائولونیت بیشتر می‌شود.

بررسی ارتباط هیدرولیکی بین منابع آب زیرزمینی پایین دست سد کارده و دریاچه سد کارده با استفاده از روش‌های هیدرودینامیکی، هیدروشیمیایی و ایزوتوپی انجام گرفته است. در روش هیدرودینامیکی، بررسی سری زمانی داده‌های (آبدهی چشمه کارستی اندرخ، بارندگی و میزان حجم آب دریاچه سد کارده) برای مدت ۶ ماه (از دی ماه ۱۳۸۹ تا خرداد ۱۳۹۰) نشان دهنده ارتباط هیدرولیکی بین چشمه اندرخ و آب

پشت سد کارده می‌باشد. بررسی ارتباط هیدرولیکی بین دریاچه سد کارده و منابع آب زیرزمینی پایین دست سد کارده با استفاده از داده‌ها هیدروشیمیایی و نمودار دورو نیز نتایج حاصل از داده‌های هیدرودینامیکی را تایید می‌کنند. مطالعه ایزوتوپ‌های پایدار (^{18}O) و (^2H) و مقایسه آن با خط آب جوی مشهد نشان می‌دهد که نمونه‌های دریاچه سد کارده نسبت به سایر منابع به دلیل فرایند تبخیر ثانویه، بیشتر از خط آب جوی شهر مشهد منحرف شده‌اند. در میان منابع آب زیرزمینی، نمونه‌های مربوط به چشمه اندرخ نسبت به سایر منابع بیشتر به سمت نمونه‌های دریاچه سد کارده منحرف شده‌اند که نشان دهنده ارتباط بین این دو منبع است.