بررسی منشأ آب‌های ظاهر شده در تونل آب‌بر نیروگاه سد سیمره، ایلام

حاجی کریمی، محسن توکلی:
دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام

تاریخ: دریافت ۸۵/۹/۲۰ **پذیرش** ۸٦/۸/۲۸

چکیده

سد و نیروگاه سیمره در استان ایلام بر روی رودخانه سیمره و در تاقدیس راوندی در حال احداث است. در حین حفاری تونل آب‌بر نیروگاه که تاقدیس را قطع می‌کند، با حجم چشم‌گیری آب‌برخورد گردید که قبلا چنین تخلیه‌ای در منطقه مشاهده نشده است. با بررسی نتایج کیفیت آب چشمه‌ها و ارتفاع سطح آب پیزومترهای محدودهٔ سد، بررسی‌های زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیک، آنالیزهای ایزوتوپی و همچنین نتایج عملیات ردیابی و محاسبات بیلان چنین ارزیابی شد که منشأ این آب‌ها تاقدیس راوندی که سد بر روی آن در حال احداث است، نبوده و سرچشمهٔ آن‌ها تاقدیس‌های ویزنهار، گور و میله است. مسیر احتمالی انتقال آب از تاقدیس‌ها به محل سد از بخش‌هایی از تاقدیس راوندی عبور می‌کند که ارتباطی کانالیزه‌ای با مخزن سد ندارد و نگرانی از بابت فرار آب از مخزن سد ایجاد نمی‌کند.

واژه‌های کلیدی: هیدروژئولوژی، سد سیمره، منشأ آب، ایلام، فرار آب، ایزوتوپی

مقدمه

سد و نیروگاه سیمره(هینی مینی Hini Mini) در فاصله ۳۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان دره شهر در استان ایلام بر روی رودخانه سیمره با آب‌دهی متوسط حدود ۱۰۰ متر مکعب در ثانیه در تنگه‌ای کم‌عرض به‌نام کفنلا(Kefenala) در تاقدیس راوندی در حال

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-01-05]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.1.2.2]

ساخت است. منطقهٔ بررسی شده در محدودهٔ طول جغرافیایی °۴۷ تا '۲۷ °۴۷ شرقی و عرض جغرافیایی'۱۵ °۳۳ تا'۲۶ °۳۳ شمالی واقع شده است. رودخانه سیمره مرز تفکیک‌کننده استان‌های ایلام و لرستان بوده و یکی از سرشاخه‌های مهم رودخانهٔ کرخه است.

سد سیمره از نوع بتنی دو قوسی نازک و به ارتفاع ۱۲۸ متر از بستر رودخانه(حدود ۱۷۸ متر از سنگ بستر) طراحی شده است. هدف اصلی احداث سد و نیروگاه، تولید انرژی و مهار سیلاب‌های رودخانه سیمره و تنظیم آب سرشاخه‌های رودخانه کرخه است.

تونل آب‌بر نیروگاه(power tunnel)، تاقدیس راوندی را در جناح چپ رودخانه قطع کرده و نیروگاه در روبه‌روی روستای تلخاب در یال جنوبی تاقدیس در نظر گرفته شده است. در هنگام حفاری تونل آب‌بر نیروگاه، با حجم چشم‌گیری آب(به طور متوسط حدود ۱۰۰۰ لیتر در ثانیه) برخورد شد که چنین حجم آبی در تاقدیس غیرمنتظره است. کل حجم تخلیه چشمه‌هایی که از تکیه‌گاه چپ دره کفنلا تخلیه می‌شوند حدود۱۳۰ لیتر در ثانیه بوده و تخلیهٔ آب جدید باعث کمی کاهش در آب‌دهی چشمه‌ها شده است. میزان آب به‌قدری زیاد بوده است که ادامهٔ حفاری تونل آب‌بر نیروگاه را با مشکل مواجه ساخته و کارشناسان را مجبور به تغییر طراحی تونل و افزایش تراز آن کرده است. یکی از نگرانی‌ها در زمینهٔ منشأ آب مورد بحث این است که آب از یال شمالی تاقدیس راوندی سرچشمه گرفته و بعد از احداث سد باعث فرار آب از مخزن سد شود. هدف این پژوهش تعیین منشأ آب‌های چشمه‌های جناح چپ تنگهٔ کفنلا و آب محدودهٔ تونل آب‌بر نیروگاه و ارزیابی و ارائهٔ شماتیک مسیرهای حرکت آب در این تاقدیس و تاقدیس‌های مجاور است.

زمین‌شناسی منطقه بررسی شده

محدودهٔ بررسی شده در ناحیه چین‌خورد ساده زاگرس(Zagros Simple Folded Zone) قرار گرفته است[۱]،[۲]،[۳]م[٤]. در این منطقه مهم‌ترین ساختارهای زمین‌شناسی شامل تاقدیس راوندی(Ravandi)(که سد بر روی یال شمالی آن در حال احداث است)، تاقدیس‌های ویزنهار (Veizenhar) و گور(Gavar) در شمال، تاقدیس میله(Milleh) در شمال شرق و تاقدیس کبیرکوه در جنوب است(شکل۱). تاقدیس‌های مذکور با ناودیس‌هایی از هم جدا شده‌اند و

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-01-05]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.1.2.2]

یک‌سری چین‌های منظم را تشکیل داده‌اند. روند عمومی این تاقدیس‌ها از روند کلی سلسله جبال زاگرس یعنی شمال غرب–جنوب شرق تبعیت می‌کند. تنها در تاقدیس راوندی محور تاقدیس در محدودهٔ سد مقداری چرخش کرده و روند آن شرقی– غربی شده است.

مهم‌ترین سازندهای زمین‌شناسی که در محدودهٔ بررسی شده در سطح رخ‌نمون پیدا کرده‌اند از قدیم به جدید شامل سازندهای زیر است:

الف) سازند ایلام–سروک: با سن کرتاسه از آهک‌های ضخیم تا نازک لایه و گاهی مارنی تشکیل شده که این سازند تنها در هسته تاقدیس کبیرکوه رخ‌نمون یافته است. این سازند یک آب‌خوان غنی را تشکیل داده که از طریق چشمه‌های بزرگی مانند دره‌شهر، کلم، سیکان و ... تخلیه می‌شود.

ب) سازند پابده–گورپی: با سن کرتاسه– ائوسن عمدتاً از مارن، شیل و آهک‌های مارنی تشکیل شده و از نظر هیدروژئولوژیکی به‌صورت یک واحد کم‌تراوا تا نفوذناپذیر عمل کرده و ارتباط هیدروژئولوژیکی سازندهای ایلام– سروک در زیر و آسماری در بالا را قطع کرده است. سازند پابده–گورپی هم تنها در تاقدیس کبیرکوه در سطح مشاهده می‌شود.

ج) سازند آسماری– شهبازان: این سازند با ترکیب سنگ‌شناسی آهک، آهک دولومیتی و دولومیت به‌صورت ضخیم تا نازک لایه کرم‌رنگ، گسترده‌ترین سازند در محدودهٔ بررسی شده است. تمامی تاقدیس‌های راوندی، ویزنهار، گور و میله و یال شمالی تاقدیس کبیرکوه از این سازند تشکیل شده است. سازند آسماری– شهبازان متعلق به الیگومیوسن بوده و به‌دلیل تحمل فشارهای تکتونیکی فراوان، درز و شکاف‌های زیادی در آن توسعه یافته و حتی یک‌سری گسل‌ها در تاقدیس راوندی به موازات محور تاقدیس در محدودهٔ سد شناسایی شده است(شکل۲). از دیدگاه هیدروژئولوژیکی سازند آسماری– شهبازان سازندی است که آبخوان‌های خوبی را در منطقه زاگرس تشکیل می‌دهد. چشمه‌های متعددی از آهک‌های آسماری– شهبازان تاقدیس راوندی بویژه در داخل تنگه کفنلا از دو طرف رودخانه تخلیه می‌شوند. از تاقدیس ویزنهار تنها یک چشمه(چشمه سیاب) در حوالی پلانج شمال غربی آن خارج می‌شود. موقعیت

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-01-05]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.1.2.2]

چشمه‌های تخلیه کننده سازند آسماری- شهبازان در محدودهٔ بررسی شده در شکل‌های۱ و۲ و برخی ویژگی‌های مهم آن‌ها در جدول۱ ارائه شده است. ضخامت سازند آسماری در منطقه حدود ۱۳۰ متر برآورد شده است[۱].

ه)سازند گچساران: از گروه فارس تنها سازند گچساران در این منطقه گسترش داشته که دارای ضخامتی بالغ بر ۱۰۰۰ متر بوده و عمدتاً از گچ(ژیپس و انیدریت)، مارن‌های قرمز رنگ و میان لایه‌های نمکی در اعماق تشکیل شده است[۱]. سن این سازند میوسن است و به‌دلیل فرسایش پذیری، تنها در ناودیس‌ها و حاشیه تاقدیس‌ها قابل مشاهده است. در محل‌هایی که گچ‌ها در سطح رخ‌نمون یافته و یا در نزدیک سطح زمین هستند، پدیده کارست در سازند گچساران توسعه یافته و باعث تشکیل اشکال کارستی مانند آب‌فروچاله(Sinkhole) شده است.

و) سازند بختیاری: این سازند کنگلومرایی بوده که دارای رخ‌نمون‌های محدودی در منطقه است. اجزای تشکیل دهنده آن عمدتاً قطعات تخریب شده و فرسایش یافته سازندهای قدیمی‌تر به ویژه آسماری بوده و به خوبی سیمانی شده است. سن آن متعلق به پلیوپلیستوسن است.

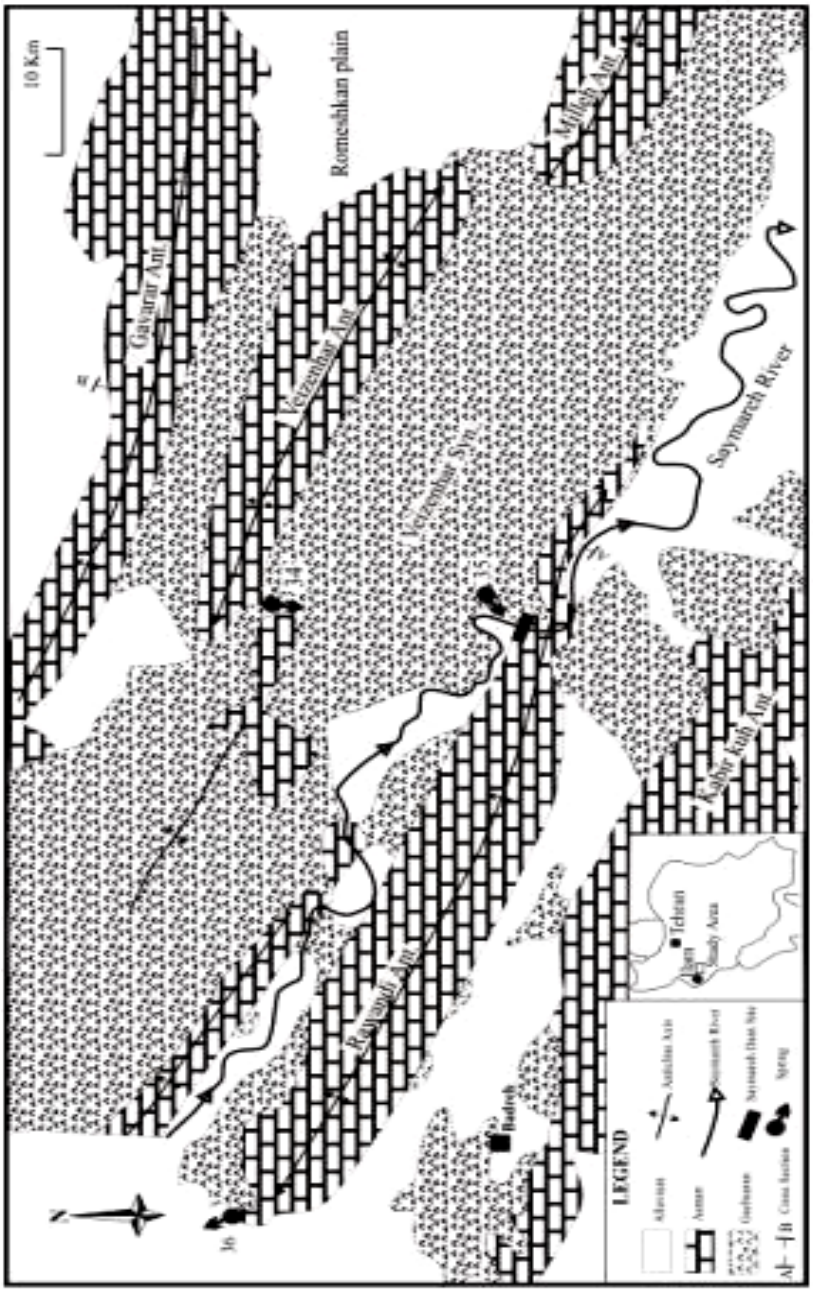
اندازه‌گیری‌ها و پژوهش‌های صحرایی

به‌منظور شناسایی وضعیت منابع آب و همچنین شرایط هیدروژئولوژیکی منطقه، بازدیدهای متعددی از محدودهٔ سد و نیروگاه سیمره و تاقدیس‌های مجاور به عمل آمد.

از منابع آب محدودهٔ سد و نیروگاه سیمره و همچنین سایر چشمه‌های تخلیه کننده تاقدیس راوندی و ویزنهار و همچنین برخی چشمه‌های تخلیه کننده تاقدیس کبیرکوه یک دوره نمونه‌برداری انجام شده است. پارامترهای آب‌دهی، درجه حرارت، هدایت الکتریکی(EC) و اسیدیته(pH) نمونه‌های آب در صحرا و غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی در آزمایشگاه

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-01-05]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.1.2.2]



شکل ۱. موقعیت و نقشه زمین‌شناسی محدودهٔ سد و نیروگاه سیمره و چشمه‌های تخلیه کننده تاقدیس‌های منطقه.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-01-05]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.1.2.2]

اندازه‌گیری شده است. نتایج اندازه‌گیری‌ها در جدول۱ ارائه شده است. همچنین از نتایج بررسی‌های انجام شده قبلی در منطقهٔ مانند شرکت مهندسی مهاب قدس[۱]، مرکز تحقیقات آب[۵] و رئیسی و همکاران[۶] استفاده شده است.

هیدروژئولوژی منطقهٔ بررسی شده

همان‌گونه که ذکر شد، در هنگام حفاری تونل آب‌بر نیروگاه از سمت خروجی و پس از برخورد با آب زیرزمینی، پمپاژ آب برای پایین انداختن سطح آب زیرزمینی تا حدود یک متر مکعب در ثانیه نیز کارگر نبود و امکان ادامه حفاری تونل آب‌بر وجود نداشت. به همین منظور در طراحی تونل آب‌بر تجدید نظر شد و حفاری آنرا از تراز بالاتری آغاز کردند. یکی از نگرانی‌های موجود، ارتباط آب تخلیه شده در محدودهٔ تونل آب‌بر با مخزن سد بوده و همچنین وجود ارتباط کانالیزه‌ای بین مخزن سد و محدودهٔ تونل آب‌بر به عنوان یکی از مشکلات فرار آب از مخزن مطرح شد. منشأ این آب و همچنین چشمه‌های جناح چپ از دیگر اهداف این پژوهش است.

بررسی نقشهٔ ایزوپتانسیل آب‌های زیرزمینی در ساختگاه سد سیمره(شکل۳ و اطلاعات جدول۲) نشان می‌دهد که در تنگه کفنلا جریان آب زیرزمینی از جناحین رودخانه(تکیه گاه‌های سد) به طرف رودخانه بوده و رودخانه به عنوان یک مرز هیدرولوژیکی(به صورت زهکش) عمل می‌کند؛ به‌علاوه چشمه‌هایی از دو طرف رودخانه در داخل تنگه از محدودهٔ ارتفاعی دامنه نوسانات سطح آب رودخانه تخلیه می‌شوند. این پدیده‌ها نشان می‌دهند که هر بخش از آهک‌های دو طرف رودخانه به‌عنوان واحد هیدروژئولوژیکی تقریباً مستقل عمل می‌کند. تفاوت ویژگی‌های هیدروشیمیایی چشمه‌های دو طرف رودخانه نیز مؤید همین مطلب است. تیپ آب چشمه‌های جناح راست رودخانه بیش‌تر سولفاته کلسیک بوده و دارای میزان املاح کم‌تری است، اما چشمه‌های جناح چپ دارای تیپ کلروره سدیک بوده و هدایت الکتریکی بالاتری دارند(جدول۱و شکل۴). بنا بر این آب چشمه‌های تخلیه کننده جناحین رودخانه دارای منشأ مختلف بوده و شرایط هیدروژئولوژیکی متفاوتی بر آن‌ها حاکم است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-01-05]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.1.2.2]

جدول ۱. مشخصات فیزیکوشیمیایی چشمه‌های موجود در محدودهٔ بررسی شده.

Spring name	T	EC	pH	Q (l/s)	HCO_3	Cl	SO_4	T.An.	Na	K	Ca	Mg	T.Cat.
					meq/l								
a	19.9	905	7.26	1.5	3.1	1	5.82	9.92	0.67	0.02	5.5	4.5	10.69
b	20.2	885	7.94	2	3	0.9	5.82	9.72	0.62	0.02	4.6	3.5	8.74
c	19.7	941	7.47	15	2.9	1	6.16	10.06	0.8	0.02	5.7	4.2	10.72
d	19.6	939	7.74	40	3	1.1	6.16	10.26	0.9	0.02	5.1	3.3	9.32
e	19.6	981	7.65	3	3.2	1.8	4.56	9.56	1.05	0.02	5.6	3	9.67
f	19.7	1020	7.30	2	2.6	2	7.15	11.75	1.08	0.03	5.5	4.3	10.91
g	19.6	1030	7.49	7	3.3	2.15	4.22	9.67	1.08	0.03	5.3	4.1	10.51
h	19.6	1040	7.35	5	3	1.95	7	11.95	1.32	0.03	5	4.5	10.85
i	19.6	1041	8.20	8	2.9	1.9	7.75	12.55	1.2	0.03	6.8	3.7	11.73
j	19.7	1067	7.75	13	3.1	2	8	13.1	1.55	0.03	5.7	4.6	11.88
k	19.7	1004	7.55	4	3.2	1.85	7.75	12.8	1.32	0.03	7.1	3.3	11.75
l	19.8	1156	7.38	12	3.3	2.1	6.75	12.15	1.55	0.03	5.5	5	12.08
m	19.8	1215	7.12	4	3.2	2.8	7.75	13.75	2.02	0.03	8	3.6	13.65
n	21.1	1272	6.92	1	3.15	3	7.16	13.31	2.25	0.04	6.8	5.3	14.39
1	20.8	3040	7.79	6	3.7	21.3	4.5	29.5	16.9	0.02	7.3	4	28.22
2	21.1	3310	7.02	4	4	24	4.9	32.9	18.4	0.04	7.9	4	30.34
3	21	3340	6.93	1.5	2.6	24.1	5.6	32.3	17.4	0.04	7.7	4.8	29.94
4	21.2	3040	7.31	1	2.8	23.5	6	32.3	16.9	0.04	9.8	2.9	29.64
5	20.1	3400	7.39	1.5	2.9	25.1	5.1	33.1	17.4	0.04	9.1	3.6	30.14
6	20.3	3410	7.45	2	2.4	24.8	7	34.2	17.9	0.04	8	5.2	31.14
7	19.6	3470	7.29	33	3.9	25	4.1	33	19.3	0.03	8.5	3.7	31.53
8	19.6	3490	7.31	9	3	25	5.1	33.1	18.4	0.04	7.9	3.8	30.14
9	19.7	3460	7.77	0.3	2.3	25.1	6.8	34.2	19.3	0.04	8.6	3.4	31.34
10	19.6	3430	7.74	30	2.1	25.1	5.8	33	18.4	0.04	8.8	3.3	30.54
11	19.8	3330	7.68	2	3.7	23.5	4.1	31.3	17.4	0.04	8.3	4.4	30.14
12	19.8	3320	7.39	3	2.8	23.5	4.7	31	17.4	0.04	8	4.3	29.74
13	20	3330	7.13	5	3	24	6.19	33.19	17.4	0.04	8.45	4.35	30.27
14	20	3320	8.02	6	3.8	24	4.71	32.51	17.4	0.04	8.1	3.9	29.47
15	19.9	3290	7.93	14	3.1	23.3	4.71	31.11	17.4	0.04	7.4	3.9	28.77
16	19.9	3070	7.85	5	3.2	20	5.55	28.75	14.6	0.03	7.1	4.2	25.96
17	19.8	3200	7.45	7	3.1	23.1	6.19	32.39	16.5	0.04	9.4	3.3	29.24
18	19.8	3170	7.42	10	3	22.4	7.04	32.44	16	0.04	8.75	4.6	29.42
19	20	2700	7.29	25	3	18	4.71	25.71	12.8	0.03	7.6	5.1	25.49
20	21.6	2550	7.4	3	3.1	16.1	4.92	24.12	11.1	0.03	7.4	4.1	22.58
21	20.2	2600	7.72	4	3.2	16.4	3.15	22.75	11.5	0.04	7	4.4	22.96
22	20	2620	7.39	3.5	3	17	5.13	25.13	11.1	0.03	8.1	4.2	23.38
23	19.9	2510	7.55	5	3.1	15.5	4.71	23.31	11.3	0.03	8.4	4.5	24.22
24	19.9	2500	7.74	5	3.4	15.5	4.92	23.82	11.1	0.03	7.2	3.3	21.58
25	20.7	1854	7.10	2	3.5	9.3	4.49	17.29	6.85	0.03	8.3	3.7	18.88
26	20	1660	7.65	1.5	3.3	7	4.49	14.79	5.44	0.03	6.1	4.2	15.77
27	21.3	2270	7.34	2	3.8	13.5	5.13	22.43	9.65	0.04	7.5	5	22.19
28	19.8	1198	7.55	9	3.7	3.5	5.98	13.18	1.99	0.02	6	4.2	12.21
29	20.5	809	7.34	59	3.7	1.1	2.16	6.96	0.5	0.02	4.2	2.8	7.52

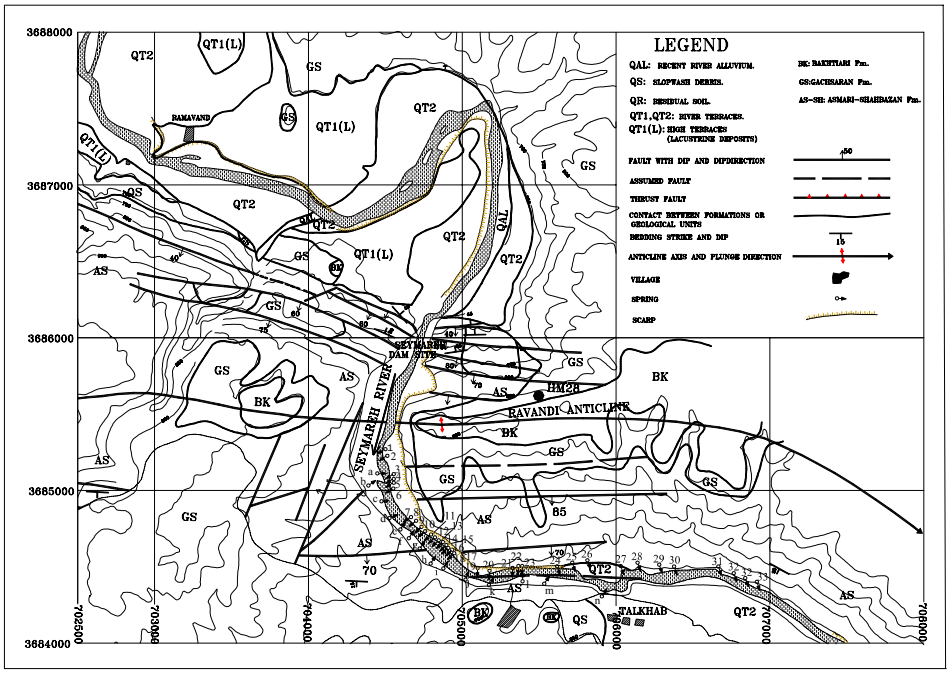
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-01-05]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.1.2.2]

ادامه جدول ۱. مشخصات فیزیکوشیمیایی چشمه‌های موجود در محدودهٔ بررسی شده

Spring name	T (°C)	EC (µS/cm)	pH	Q (l/s)	HCO3	Cl	SO4	T.An.	Na	K	Ca	Mg	T.Cat.
					meq/l								
30	20.5	2250	7.89	3	3.5	12.5	5.55	21.55	9.18	0.02	6.4	4.5	20.1
31	20.9	2250	7.44	1.5	4.2	12.5	5.34	22.04	9.18	0.04	8.8	4.2	22.22
32	20.7	2380	8.03	3	4.1	14	4.71	22.81	10.1	0.04	8.8	4.5	23.46
33	21.5	2410	7.93	5	3.3	14.1	4.92	22.32	10.1	0.03	8.1	4.5	22.75
34	20.7	2430	7.43	4	3.2	14.2	9.84	27.24	10.6	0.04	8.4	5.5	24.52
35	20.9	2560	7.52	4	3	15.1	9	27.1	10.6	0.03	8.8	5.5	24.91
36	21.3	2450	7.38	6	3.5	15	2.76	21.26	10.1	0.03	9	4.2	23.29
37	20.4	2370	7.25	3	3	13.5	10.1	26.6	10.1	0.03	9.2	4.7	24.05
38	20.3	2280	7.55	24	3	12.5	5.52	21.02	9.42	0.03	8.3	3.6	21.35
39	20.6	2290	7.93	7	3.4	13.2	3.39	19.99	9.19	0.03	7.2	4.8	21.22
40	20.3	2320	7.47	4	3.6	13.3	2.76	19.66	9.19	0.04	7.3	4.7	21.23
41	20.6	2300	7.48	20	3.2	12.6	6.34	22.14	9.19	0.03	6.5	5.5	21.22
Siab	21	954	7.8	15	2	1.2	5.8	9	2.1	0.1	5.2	3	8.2
Shorshoreh	21	2466	7.7	4	1.51	0.7	32.2	34.41	1.4	0.1	24.2	6.7	30.9
Kaferi	18.8	1087	6.9	520	3.8	0.45	6.4	10.65	0.45	0	8.1	2.3	10.85
Kohn	21	437	8.4		2.85	0.22	0.45	3.52	0.2	0.01	3.2	0.64	3.84
Saymareh R.	21	743	8		2.13	1.1	3.48	6.71	1.6	0.1	3.6	2.9	6.5
Tunnel	19.9	2042	6.96	1000	3.6	13.6	7.25	24.45	16.7	0.03	7.7	3.4	27.83

T: درجه حرارت،**EC**: هدایت الکتریکی، **pH**: اسیدیته، **Q**: آب‌دهی، **.T.An**: مجموع آنیون‌ها و **.T.Cat**: مجموع کاتیون‌ها است.

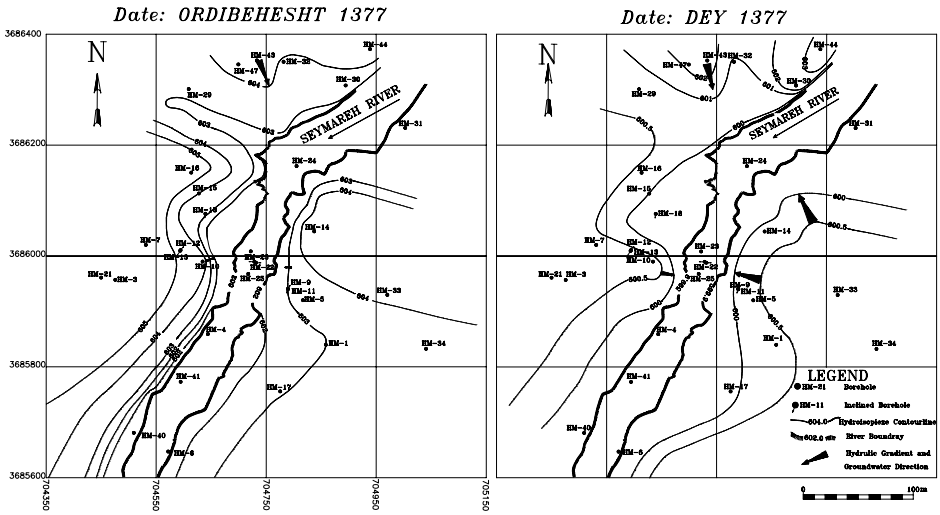


شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی و منابع آب محدودهٔ سد و نیروگاه سیمره.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-01-05]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.1.2.2]

جدول ۲. مشخصات گمانه‌های مورد استفاده برای تهیه نقشه ایزوپتانسیل آب‌های زیرزمینی در محدودهٔ سد سیمره.

گمانه	ارتفاع دهانه گمانه از سطح دریا (متر)	ارتفاع سطح آب در دی ماه ۱۳۷۷ (متر)	ارتفاع سطح آب در اردیبهشت ماه ۱۳۷۷ (متر)
HM1	779.42	600.3	603
HM5	733.16	600.4	603.8
HM10	724.33	600.9	604.1
HM11	702.13	599.9	602.4
HM12	721.26	---	605.2
HM14	642.47	600.1	604.2
HM15	681.46	600	604
HM16	665.27	599.4	605.8
HM17	694.04	599.4	602.9
HM18	664.4	599.8	602.6
HM30	606.38	602.7	603.8
HM32	608.18	600.9	603.9
HM40	603.46	---	601.1
HM43	621.88	602.5	604.5
HM44	609.03	603.2	604.3



شکل ۳. نقشه ایزوپتانسیل آب‌های زیرزمینی محدودهٔ سد سیمره در فصل تر و خشک سال ۱۳۷۷.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-01-05]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.1.2.2]

چشمه‌های محدودهٔ سد در تکیه‌گاه چپ، آب‌دهی کم، اما تعداد زیاد دارند.(۳۳ عدد). به طوری‌که مقدار آب‌دهی متوسط کل چشمه‌های جناح چپ رودخانه۱۳۰ لیتر در ثانیه بوده است. اکثر چشمه‌ها در امتداد درزه‌های بزرگی که به موازات محور تاقدیس هستند خارج می‌شوند و وجود چنین وضعیتی در چشمه‌ها(چشمه‌های متعدد با آب‌دهی کم)ظاهراً نشان‌دهندهٔ حاکم بودن نوعی جریان افشان(Diffuse) در محدودهٔ پیکره جناح چپ سد است. اما ملاحظه حجم عظیمی آب در محدودهٔ تونل آب‌بر، نشان‌دهندهٔ وجود جریان مجرایی برای تأمین چنین حجم آبی(حداقل در محدودهٔ یال جنوبی تاقدیس راوندی) است.

در گذشته و قبل از حفاری تونل آب‌بر، به‌منظور شناسایی وضعیت کارست و همچنین فرار آب از داخل سازند آسماری، یک مرحله عملیات ردیابی در محل گمانه HM28 (شکل۲) در تکیه‌گاه چپ طراحی شده بود(تزریق در سازند آسماری) اما ردیاب از هیچ نقطه‌ای ظاهر نشد [۷]. تجزیه و تحلیل‌ها گویای این بود که جریان آب در محدودهٔ گمانه، افشان (Diffuse) بوده و ردیاب در داخل سیستم پخش شده و حرکت نکرده است؛ اما دلایل عدم دریافت ردیاب در پایین دست ممکن است بدین شرح باشد:

۱. نوع ردیاب: ماده ردیاب استفاده شده در این ردیابی رودامین B بوده است. این ردیاب به‌دلیل جذب بسیار زیاد[۸] و[۹] نتوانسته است به خروجی‌های سیستم(چشمه‌ها) برسد. پرشدگی بسیاری از درزه‌ها با رس ممکن است در افزایش میزان جذب ماده ردیاب نیز مؤثر باشد.
۲. مقدار ماده ردیاب کم برآورد شده بود(۱۰ کیلوگرم). وجود یک تخلیه دور از نظر که احتمالاً زیرسطح آب رودخانه تخلیه می‌شده است، در برآورد نادرست میزان ردیاب مؤثر بوده است.
۳. گرادیان سطح آب زیرزمینی کم(سرعت کم) و حجم آب تخلیه کننده بسیار زیاد بوده و باعث رقیق‌شدگی بیش از حد شده و همچنین خاصیت فلورسانس مادهٔ ردیاب تحلیل (Decay) رفته است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-01-05]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.1.2.2]

بررسی بیلان اجمالی برای منابع آب منطقه نشان می‌دهد که تاقدیس راوندی قادر به تأمین چنین حجم عظیمی از آب نیست. همان‌گونه که در بخش‌های قبلی بررسی شد، آهک‌های تکیه گاه راست سد سیمره در تاقدیس راوندی نمی‌تواند در تأمین آب چشمه‌های جناح چپ و آب محدودهٔ تونل آب‌بر نیروگاه مشارکت کند. بنا بر این در بررسی اولیه چنین نتیجه‌گیری می‌شود که آهک‌های تاقدیس راوندی در شرق دره کفنلا در تأمین این آب نقش دارند. بر اساس بارش متوسط ۴۶۰ میلی‌متر برای تاقدیس راوندی و مساحت۵/۶ کیلومتر مربع و ضریب نفوذ حدود۵۰٪ [۱۰]، [۱۱]، [۱۲] و [۱۳] حجم آبی در حدود۴۰ لیتر در ثانیه از این بخش قابل انتظار است. اما بررسی آمارها نشان می‌دهد که حدود۱۰۹۰ لیتر در ثانیه آب مازاد بر پتانسیل تأمین آب توسط تاقدیس راوندی از آن خارج می‌شود. به دلایل آتی منشأ این آب از تاقدیس ویزنهار و بخش‌هایی از تاقدیس‌های گور و میله که در شمال و شمال شرق تاقدیس راوندی قرار گرفته است، و همچنین سازند گچساران موجود در ناودیس بین تاقدیس‌های راوندی و ویزنهار(ناودیس ویزن‌هار) است:

۱. **ارتفاع:** ارتفاع محل تماس سازندهای آسماری و گچساران در تاقدیس‌های ویزنهار، گور و میله به طور متوسط حدود۱۰۵۰ متر از سطح دریاست. از طرف دیگر ارتفاع میانگین چشمه‌ها از سطح دریا در حدود۶۰۰ متر است. اختلاف ارتفاعی در حدود ۴۵۰ متر بین حدوده تغذیه کننده احتمالی در تاقدیس‌های مذکور و چشمه‌های محدودهٔ سد وجود دارد. فاصله قاعده این تاقدیس‌ها از چشمه‌ها حدود ۸ کیلومتر است. بررسی ارقام فوق نشان می‌دهد که یک گرادیان هیدرولیکی در حدود ۵۶ متر در کیلومتر(۵/۶ درصد) برای انتقال آب در این بخش وجود دارد که بیان‌گر یک گرادیان هیدرولیکی بسیار بالا در محیط‌های کارستی است[۱۴]. بنا بر این از نظر ارتفاعی پتانسیل تغذیه آب‌های چشمه‌های محدودهٔ سد و همچنین آب محدودهٔ تونل آب‌بر از طریق تاقدیس‌های یاد شده وجود دارد.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-01-05]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.1.2.2]

ارتفاع متوسط سازند گچساران در ناودیس ویزنهار۹۵۰متر است که بیان‌گر اختلاف ارتفاعی در حدود۳۵۰ متر با چشمه‌های دره کفنلا است و این موضوع نشان‌دهنده وجود پتانسیل کافی برای تغذیه چشمه‌ها توسط این بخش است.

۲. **شرایط زمین‌شناسی:** زمین‌شناسی زاگرس به‌ویژه در مناطق چین‌خورده به گونه‌ای است که در بیش‌تر مواقع امکان ارتباط هیدروژئولوژیکی بین تاقدیس‌های مجاور و تخلیه آب از یک تاقدیس به تاقدیس دیگر وجود ندارد و ناودیس‌های بین تاقدیس‌ها با ضخامت بسیار زیادی از سازندهای نفوذناپذیر یا کم نفوذپذیر مانند گروه فارس پر شده‌اند و امکان حرکت آب از یک تاقدیس از زیر این ضخامت و تخلیه از تاقدیس مجاور وجود ندارد زیرا گرادیان و هد(head) هیدرولیکی کافی جهت حرکت آب وجود ندارد، در چنین شرایطی معمولاً میزان ورودی‌ها و خروجی‌های تاقدیس(بیلان) موازنه است. هنگامی که گرادیان کافی جهت حرکت آب از یک تاقدیس به تاقدیس دیگر وجود داشته باشد[۱۵]،[۱۲]،[۱٦]. آب به تاقدیس مجاور تخلیه می‌شود. همان‌گونه که در بخش ارتفاع بحث شد، در مجاورت تاقدیس راوندی اختلاف ارتفاع زیادی بین تاقدیس راوندی و تاقدیس میله، ویزنهار و گور وجود دارد. همچنین تخلیه چشم‌گیری در آن‌ها وجود ندارد و هیچ‌گونه مانع هیدروژئولوژیکی در مسیر حرکت آب وجود ندارد و آهک‌های آسماری در زیر ناودیس ویزنهار از تاقدیس‌های مجاور به تاقدیس راوندی تداوم دارند(شکل۵). لازم به ذکر است که آب یال شمالی تاقدیس ویزونهار می‌تواند از نواحی پلانج وارد یال جنوبی و سپس به راوندی حرکت کند.

پلانج شمال‌غربی تاقدیس میله به سمت ناودیس ویزنهار بوده، بنا بر این ارتباط هیدروژئولوژیکی این بخش با تاقدیس راوندی نیز همانند تاقدیس ویزنهار برقرار است. تاقدیس گور، ابتدا آب خود را به تاقدیس ویزنهار و سپس به تاقدیس راوندی منتقل می‌کند.

بنا بر این وضعیت زمین‌شناسی هم نشان‌دهنده و بیان‌گر امکان تأمین آب از تاقدیس‌های مجاور در شمال و شمال شرق تاقدیس راوندی است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-01-05]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.1.2.2]

۳. **هیدروشیمی:** محدودهٔ هدایت الکتریکی آب‌های کارستی معمولاً کمتر از ۵۰۰ میکروموهس بر سانتی‌متر است[۱۷]؛ ولی چشمه‌های تاقدیس راوندی رسانایی بیش‌تری دارند. تیپ آب‌های کارستی نیز عموماً کربناته کلسیک یا منیزیک است. در صورتی‌که در این منطقه تیپ آب‌های خروجی از آهک‌ها کلروره سدیک یا سولفات کلسیک است[۶]. جدول۱ نتایج تجزیهٔ شیمیایی نمونه‌های آب در محدودهٔ پژوهش را نشان می‌دهد.

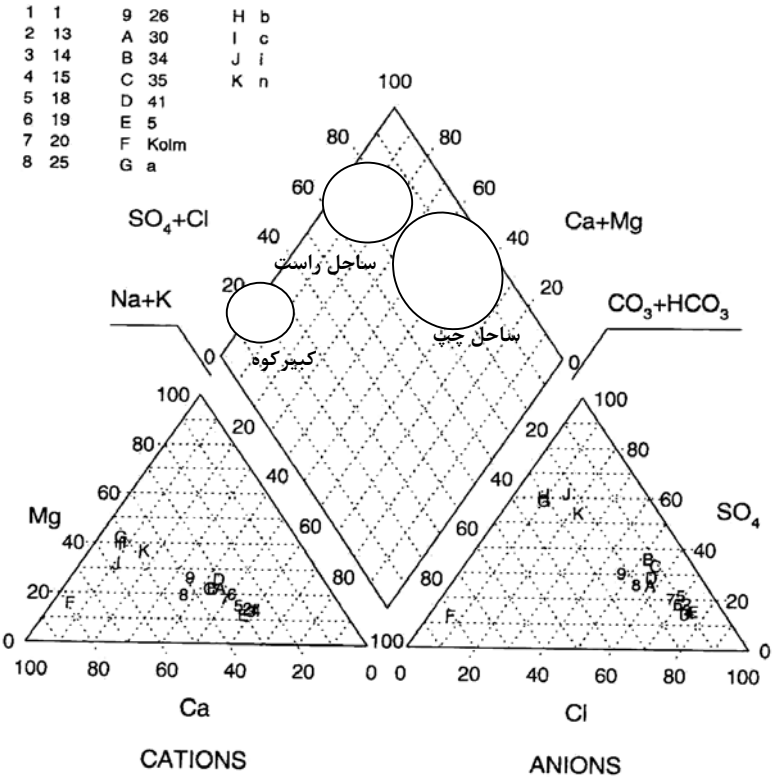
بررسی هیدروشیمی نمونه‌های آب چشمه‌های درهٔ کفنلا بیان‌گر آن‌ست که منشأ و منبع تغذیه‌کنندهٔ چشمه‌های جناح راست و چپ رودخانه کاملاً متفاوت است. تیپ آب چشمه‌های تکیه‌گاه چپ عمدتاً کلروره سدیک و چشمه‌های تکیه‌گاه راست عمدتاً سولفاته کلسیک است (شکل۴). تفاوت تیپ آب‌ها منعکس کننده تأثیر لیتولوژی سازند گچساران بر روی کیفیت آب چشمه‌های منطقه است. در آهک‌های جناح راست سد سیمره در تاقدیس راوندی سازند گچساران به‌عنوان محصور کننده تاقدیس عمل کرده و تنها در حاشیه تاقدیس به‌ویژه در یال جنوبی با این سازند در تماس است. لیتولوژی گچساران در این محدودهٔ بیش‌تر گچی است و ضخامت چندانی نیز ندارد. به‌علاوه مقدار کمی زه از سازند گچساران وارد آهک‌های آسماری شده و در نتیجه مقدار املاح آب چشمه‌های جناح راست کمتر از چشمه‌های جناح چپ است. اما در جناح چپ به دلیل وجود ضخامت بسیار زیادی از سازند گچساران در ناودیس ویزنهار و احتمال وجود افق‌های نمکی در اعماق این سازند و همچنین با توجه به تئوری ارائه شده در مورد عبور آب تاقدیس‌های ویزنهار، گور و میله از زیرسازند گچساران، چنین استنباط می‌شود که آب بارش‌های نفوذ کرده در سازند گچساران به داخل آهک‌های آسماری در زیر گچساران در ناودیس قرار گرفته‌اند(شکل ۵) تراوش یافته و باعث تأثیر بر کیفیت آب آن شده که هم تیپ آب را تغییر داده و هم باعث افزایش میزان املاح و هدایت الکتریکی(EC) آب چشمه‌های جناح چپ گردیده است. نسبت یون‌های کلسیم به منیزیم در کلیه منابع آب کم‌تر از۳ بوده که بیان‌گر تأمین آب چشمه‌ها از سازندی با ترکیب آهک دولومیتی و دولومیت(سازند آسماری- شهبازان) است[۱۸] و [۱۹]. یکی از تئوری‌هایی که در گذشته در مورد منشأ آب چشمه‌های دره کفنلا بر اساس اطلاعات ایزوتوپی(در بخش بعدی به تفصیل بحث خواهد

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-01-05]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.1.2.2]

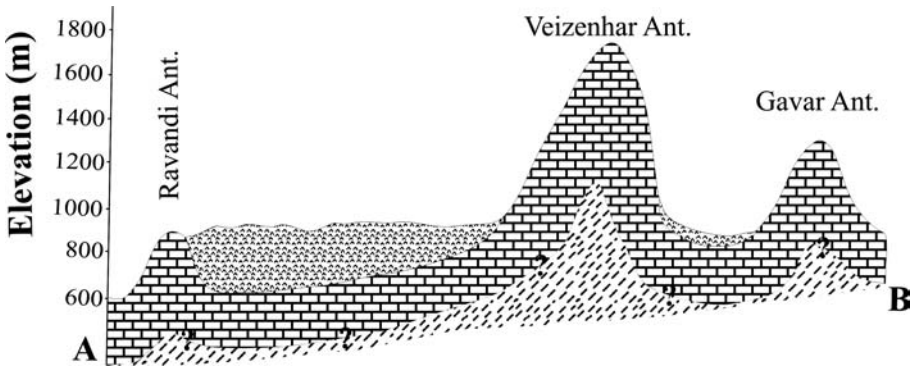
شد) ارائه شده بود[۵] تأمین آب چشمه‌های خروجی از تاقدیس راوندی از تاقدیس کبیرکوه است. از آنجا که عمدهٔ تاقدیس کبیرکوه از آهک‌های سروک تشکیل شده، آب‌های خروجی از این سازند دارای نسبت کلسیم به منیزیم بالاتری است. چشمه کلم به‌عنوان نماینده چشمه‌های خروجی از کبیرکوه دارای تیپ آب بی کربناته کلسیک(شکل۴) و نسبت کلسیم به منیزیم ۵ است که تأیید کنند عدم ارتباط آب چشمه‌های تاقدیس راوندی با تاقدیس کبیر کوه است.

بر اساس هیدروشیمی منابع آب، منشأ آب چشمه‌های جناح چپ سد سیمره و دره کفنلا متفاوت از چشمه‌های جناح راست بوده و تأمین آب آن‌ها از تاقدیس‌های شمالی و شرقی با شرایط هیدروژئولوژیکی منطقه قابلیت توجیه دارد.



شکل ۴. نمودار پایپر منابع آب محدودهٔ بررسی شده که در آن چمشه‌های تکیه‌گاه راست و چپ سد سیمره و کلم به خوبی از هم متمایز شده‌اند(موقعیت چشمه‌ها در شکل‌های۱ و ۲ مشخص شده‌اند).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-01-05]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.1.2.2]



شکل ۵. مقطع عرضی زمین‌شناسی در امتداد تاقدیس‌های راوندی، ویزنهار و گور که بیانگر پتانسیل حرکت آب از تاقدیس‌ها به راوندی است.

٤. ترکیب ایزوتوپی: موسسهٔ تحقیقات آب نمونه‌برداری از منابع آب به منظور اندازه‌گیری ایزوتوپی[۵] انجام داده است و از نتایج آن‌ها در این بخش استفاده شده است. شکل۶ دیاگرام اکسیژن ۱۸ در برابر دوتریم منابع آب محدودهٔ مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که چشمه سیاب دارای ترکیب ایزوتوپی سبک است که بیان کنندهٔ تأمین آب آن از یک منطقهٔ مرتفع است. از آنجا که آب این چشمه را منحصراً آهک‌های آسماری در تاقدیس ویزنهار تأمین می‌کند، ترکیب ایزوتوپی چشمه با مشخصات ناحیهٔ تغذیه‌کننده همخوانی دارد. از طرف دیگر چشمهٔ شرشره که آب آن عمدتاً از سازند گچساران در ناودیس ویزنهار با ارتفاع کم تأمین می‌شود، دارای ترکیب ایزوتوپی سنگین بوده که تأییدکننده ارتفاع کم آن است.

چشمه‌های جناح راست سد سیمره دارای ترکیب ایزوتوپی متناسب با ارتفاع تاقدیس راوندی هستند؛ زیرا ترکیب ایزوتوپی آن‌ها سنگین‌تر از چشمه سیاب و سبک‌تر از چشمهٔ شرشره است. از بین این چشمه‌ها چشمهٔ n که تقریباً انتهایی‌ترین چشمه در جناح راست است، محدودهٔ تغذیه‌کننده آن ارتفاع کمتری دارد و دارای ترکیب ایزوتوپی سنگین‌تری است.

چشمه‌های جناح چپ و پیزومترها دارای ترکیب ایزوتوپی بینابین چشمهٔ شرشره و سیاب هستند. این پدیده بیان‌کننده نوعی تداخل بین آب نواحی مرتفع(مانند تاقدیس‌های ویزنهار،

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-01-05]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.1.2.2]

گور و میله) و مناطق کم‌ارتفاع(مانند ناودیس ویزنهار) است و تأییدکننده محدودهٔ تعیین شده به‌عنوان حوضه آب‌گیر چشمه‌های جناح چپ و همچنین آب تونل است.

نکته قابل توجه دیگر، ترکیب ایزوتوپی رودخانه سیمره در بالادست و پایین‌دست محدودهٔ سد است. ترکیب ایزوتوپی آب رودخانه سیمره در بالادست سد سبک‌تر از ترکیب آن در پایین دست سد(محلی که همهٔ آب‌های دره کفنلا و تونل آب‌بر به آب رودخانه افزوده شده‌اند) است (شکل۶). این امر به این صورت قابل توجیه است که ترکیب سبک ایزوتوپی رودخانه در بالادست محدودهٔ سد به‌دلیل تأمین آب آن از نواحی مرتفع در سرشاخه‌ها بوده و پس از عبور از دره کفنلا و پیوستن حجم چشم‌گیری آب از آب چشمه‌ها و محدودهٔ تونل آب‌بر، که ترکیب ایزوتوپی سنگین‌تری نسبت به رودخانه دارند، باعث تغییر در ترکیب ایزوتوپی آن در پایین‌دست شده و ترکیب ایزوتوپی آنرا سنگین‌تر کرده است.

چشمهٔ کلم به عنوان نمایندهٔ چشمه‌های تخلیه کننده تاقدیس کبیرکوه دارای سبک‌ترین ترکیب ایزوتوپی است(شکل۶) که بیان‌کننده تأمین آب آن از نواحی مرتفع بوده و با شرایط مورفولوژیکی تاقدیس کبیرکوه تطابق دارد. ترکیب ایزوتوپی متفاوت این چشمه از منابع آب محدودهٔ سد، نشان‌دهنده عدم ارتباط هیدروژئولوژیکی بین تاقدیس کبیرکوه و تاقدیس راوندی (همان‌گونه که شرایط زمین‌شناسی و هیدروشیمی نیز تأیید کرده است).

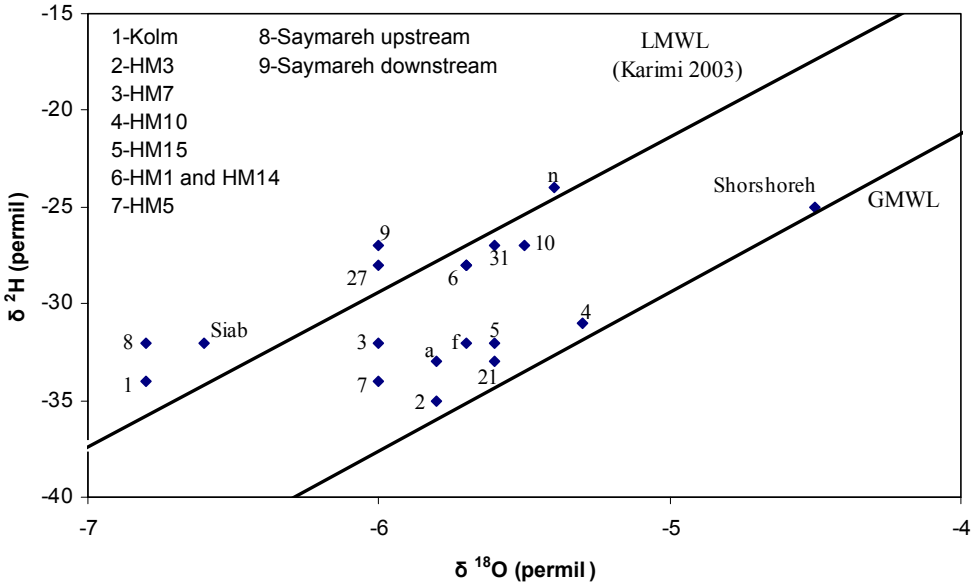
نتایج اندازه‌گیری تریتیم در برخی منابع آب منطقه در شکل۷ نمایش داده شده است. به دلیل وجود تریتیم در همهٔ منابع، تمامی آب‌های مورد بررسی جدید(modern) ارزیابی شده و مرتبط با سیکل هیدرولوژی با سن کم می‌باشند [۲۰] اما تفاوت در میزان تریتیم آن‌ها بیان‌گر تفاوت‌هایی در سن، زمان ماندگاری و احتمالاً رژیم جریان آن‌ها است.

از آن‌جا که میزان تریتیم بارندگی اندازه‌گیری نشده(میزان تریتیم ورودی نامعلوم است)، از اظهار نظر در مورد سن آب‌ها و زمان ماندگاری آن‌ها خودداری شده و تنها به بررسی توصیفی داده‌ها بسنده شده است. میزان تریتیم چشمه‌های جناح راست رودخانه کمتر از چشمه‌های جناح چپ بوده و بیان‌گر سیستم جریان و زمان ماندگاری متفاوت چشمه‌های دو جناح است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-01-05]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.1.2.2]

تفاوت در میزان تریتیم رودخانه در بالادست و پایین‌دست درهٔ کفنلا نشان‌دهنده پیوستن حجم چشم‌گیری آب از درهٔ کفنلا به رودخانهٔ سیمره است. میزان تریتیم رودخانهٔ سیمره در بالادست درهٔ کفنلا به میزان چشم‌گیری(حدود۵ واحد تریتیم) بیش‌تر از میزان تریتیم رودخانه در پایین‌دست دره است. این تغییر در میزان تریتیم به‌دلیل پیوستن آب چشمه‌های درهٔ کفنلا (هر دو جناح به‌ویژه جناح چپ به‌دلیل حجم قابل توجه آب‌ها) به آب رودخانه است.

۵. بیلان: بررسی‌های بیلانی نشان می‌دهد که آب‌های خارج شده از چشمه‌های جناح چپ سد سیمره در داخل تنگه و همچنین آب محدودهٔ تونل آب‌بر توسط تاقدیس راوندی قابل تأمین نیست. متوسط بارش در محدودهٔ دشت‌ها و ناودیس‌های منطقه حدود ۴۶۰ میلی‌متر و در نواحی مرتفع حدود ۵۳۰ میلی‌متر است [۲۱].

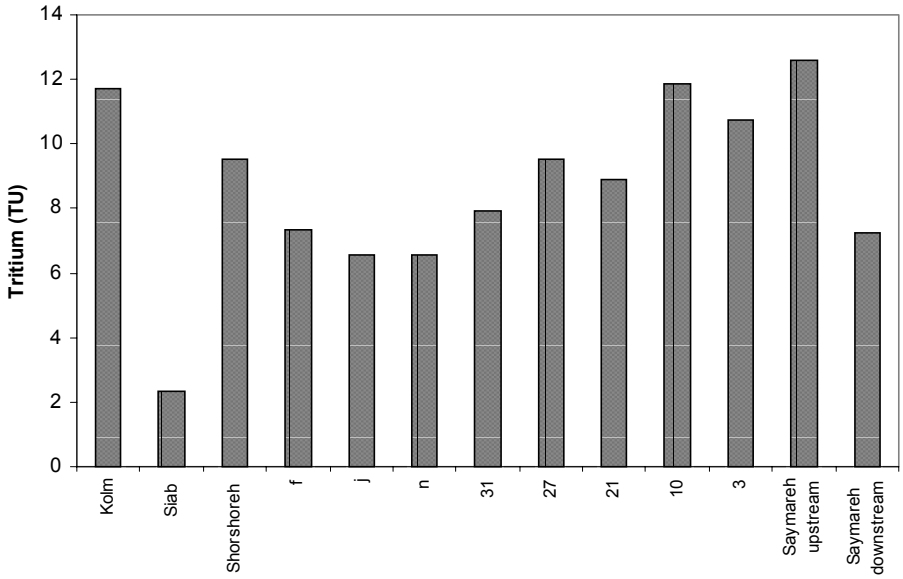


شکل ۶. دیاگرام دوتریم در مقابل اکسیژن ۱۸ در منابع آب محدودهٔ بررسی شده

آهک‌های محدودهٔ غرب درهٔ کفنلا که در جناح راست سد سیمره قرار دارند(مساحت حدود ۶۰ کیلومتر مربع) آب‌های خود را عمدتاً از چشمه‌های جناح راست داخل تنگه کفنلا و همچنین چشمه‌های جناح راست تنگ کافری(شماره ۳۶ در شکل۱) در انتهای شمال‌غربی

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-01-05]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.1.2.2]

تاقدیس راوندی تخلیه می‌کنند. پتانسیل تخلیه این آهک‌ها(حدود ۴۵۰ لیتر در ثانیه) با تخلیه چشمه‌های مذکور همخوانی دارد.



شکل ۷. میزان تریتیم در نمونه‌های منابع آب منابع منطقه بررسی شده

آهک‌های محدودهٔ تکیه‌گاه جناح چپ سد سیمره در شرق درهٔ کفنلا(مساحت ۵/۶ کیلومتر مربع) دارای پتانسیل آب‌دهی در حدود ۴۰ لیتر در ثانیه بوده، این در حالی است که مجموع آب تخلیه شده در این محدودهٔ ۱/۱۳ متر مکعب در ثانیه است. بنا بر این نواحی مجاور تاقدیس راوندی بایستی در تأمین این آب مشارکت نموده و گزینه‌های آتی برای تأمین آن مورد بررسی قرار می‌گیرد:

الف)سازند گچساران در ناودیس ویزنهار: با توجه به واقع شدن این ناودیس در مجاورت بلافصل تاقدیس راوندی، آب‌های نفوذی به این محدودهٔ می‌تواند وارد تاقدیس راوندی شود. تنها منبع تخلیه‌کنندهٔ این گستره، چشمه شرشره(شماره ۳۵ در شکل۱) با آب‌دهی۴ لیتر در ثانیه است. با توجه به لیتولوژی گچی- مارنی در این محدودهٔ می‌توان ضریب نفوذ ۳۰ درصد(حداکثر) را برای آن در نظر گرفت. با احتساب بارش

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-01-05]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.1.2.2]

متوسط ۴۸۰ میلی‌متر و مساحت ۴۷ کیلومتر مربع این بخش می‌تواند تنها ۲۰۰ لیتر در ثانیه آب تأمین می‌کند. بنا بر این، این بخش به تنهایی نمی‌تواند کل آب مورد نظر را تأمین نماید و بایستی واحدهای دیگری نیز در تأمین آب مشارکت کند.

ب) **تاقدیس ویزنهار(Veizenhar)**: این تاقدیس دارای مساحتی در حدود ۴۰ کیلومتر مربع، و متوسط بارش در آن حدود ۵۲۰ میلی‌متر است. با احتساب نفوذ ۵۰ درصد، کل پتانسیل تأمین آب آن۳۳۰ لیتر در ثانیه بوده که ۱۵ لیتر در ثانیه آن از طریق چشمهٔ سیاب(شکل۳۴ درشکل۱) تخلیه شده و احتمال تخلیه بخشی از آب آن به آبرفت‌های شرق تاقدیس وجود دارد. در هر حال چنانچه کل آب این تاقدیس نیز به تاقدیس راوندی وارد شود، نمی‌تواند کمبود آب خروجی تاقدیس راوندی را تأمین کند.

ج) تاقدیس میله(Milleh): این تاقدیس در شمال‌شرق تاقدیس راوندی قرار دارد. بخش جنوبی آن را عموماً گروه فارس محصور کرده و فاقد تخلیه عمده است. بخش‌های شمالی آن امکان تخلیه به دشتی با پتانسیل آب‌دهی خوب به‌نام دشت رومشگان دارد. قسمتی از بخش غربی یال جنوبی تاقدیس امکان تخلیه به تاقدیس راوندی را دارد.

د)**تاقدیس گور(Gavar)**: در شمال و شمال غرب تاقدیس ویزنهار قرار دارد. با این‌که وسعتی در حد چند برابر تاقدیس ویزنهار دارد، تخلیهٔ چشم‌گیری از آن وجود ندارد. چنین به نظر می‌رسد که بخشی از آب آن به تاقدیس ویزنهار پیوسته و به‌طرف تاقدیس راوندی حرکت نماید.

بررسی‌های بیلانی نشان می‌دهد که آبی که از چشمه‌های جناح چپ و محدودهٔ تونل آب‌بر خارج می‌شود تقریباً ۴۰ لیتر در ثانیه آن از تاقدیس راوندی، حدود۲۰۰ لیتر در ثانیه از ناودیس ویزنهار و حدود ۸۹۰ لیتر از تاقدیس‌های ویزنهار میله و گور تأمین می‌شود.

محدودهٔ احتمالی ارتباط تاقدیس ویزنهار و راوندی

بخش کمی از آبی را که در محدودهٔ تونل آب‌بر نیروگاه به آن برخورد گردیده چشمه‌های داخل تنگه تخلیه کرده و از آن‌جا که هیچ‌گونه تخلیه مشخص دیگری در محدودهٔ بررسی شده

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-01-05]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.1.2.2]

مشاهده نشده، چنین استنتاج می‌شود که قبل از حفاری تونل آب‌بر، حجم عمده آن از زیر سطح آب رودخانه به داخل رودخانه تخلیه می‌شده است. از طرف دیگر، چون آب‌دهی رودخانه بسیار زیاد است(متوسط آب‌دهی ۱۰۰ مترمکعب در ثانیه) تخلیه این حجم آب به داخل رودخانه محسوس نبوده است. لازم به ذکر است که با تخلیهٔ این حجم آب در محدودهٔ تونل آب‌بر، آب‌دهی چشمه‌های داخل تنگه همچنان به فعالیت خود ادامه داده اند و کاهش جزئی در آب‌دهی آن‌ها اتفاق افتاده است.

بررسی عکس‌های ماهواره‌ای آثاری از یک خطواره قابل تعقیب از تاقدیس کبیرکوه به راوندی و سپس ویزنهار قابل ردیابی(Trace) را نشان می‌دهد. همین خطواره نیز باعث تغییر روند تاقدیس راوندی به صورت شرقی- غربی شده است. محدودهٔ این خطواره می‌تواند مسیر احتمالی حرکت آب باشد. این خطواره از محدوده‌ای از مخزن سد با سازند آسماری در تماس باشد عبور نکرده و بنا بر این از نظر آب‌بندی و فرار آب از تکیه‌گاه چپ مسئله‌ای ایجاد نمی‌کند. محل عبور خطواره مذکور از بخش شرقی گمانه HM28 عبور می‌کند. در این محدوده ضخامت بسیار زیادی از سازند گچساران بر روی سازند آسماری واقع شده و به‌عنوان مانع هیدروژئولوژیکی، ارتباط بین مخزن سد و مجاری کارستی محتمل در این محدوده را قطع کرده است.

نتیجه‌گیری

برخورد با حجم چشم‌گیری آب در هنگام حفاری تونل آب‌بر سد سیمره غیرمنتظره بوده و منشأ این آب‌ها سؤال اصلی این تحقیق بوده است. بر اساس بررسی وضعیت زمین‌شناسی، هیدروژئولوژی، هیدروشیمی و کیفیت نمونه‌های آب چشمه‌های منطقه، ارزیابی بیلان محدوده و تجزیه و تحلیل‌های ایزوتوپی، آب‌های خروجی از چشمه‌های ساحل چپ رودخانه و همچنین تونل آب‌بر نیروگاه از تاقدیس راوندی قابل تأمین نبوده؛ بلکه تاقدیس‌های ویزنهار، گور و میله و ناودیس ویزنهار نیز در تأمین این آب مشارکت دارند. مجاری کارستی که آب را از محدوده‌های مذکور به چشمه‌ها و تونل آب‌بر منتقل می‌کنند، با مخزن سد ارتباطی نداشته و از نظر آب بندی مخزن سد نگرانی را ایجاد نمی‌کنند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-01-05]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.1.2.2]

سپاس‌گزاری

همکاری‌های شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران (مدیر و مهندسین محترم طرح سد و نیروگاه سیمره) و شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس و سازمان آب منطقه‌ای ایلام در تأمین اطلاعات مورد نیاز مورد امتنان است. از معاونت پژوهشی دانشگاه ایلام به‌خاطر فراهم آوردن امکانات انجام این تحقیق قدردانی می‌شود.

منابع

۱. شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس، طرح سد و نیروگاه سیمره، مطالعات مرحله دوم، *گزارش زمین شناسی مهندسی*(۱۳۸۱) ۱۹۴ ص.

2. Stocklin, J. and Setudehnia, *A Stratigraphic Lexicon of Iran, Geology Survey of Iran*:(1977)376 .

3. Falcon, N.L., *An Outline of the Geology of the Iranian Makran, Geographical J.*, V. 140, No.2 (1974) 284-291.

4. James, G.A. and Wynd, J.G., Stratigraphic Nomenclature of Iranian Oil Consortium Agreement area, Bulletin of American Association of Petroleum Geologist, v.49, No. 12(1965) 2182-2245.

۵. موسسه تحقیقات آب ،*گزارش مطالعات ردیابی ساختگاه سد سیمره (هینی مینی)* (۱۳۷۴) ۶۳ ص.

۶. رئیسی، ع، کمالی، م، زارع، م، *بررسی علل تغییرات هیدروشیمیایی منابع آب در تاقدیس کارستی راوندی*، چهارمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تبریز(۱۳۷۹).

۷. اسد پور حسن‌آباد، ر، *بررسی هیدروژئولوژی کارست در تاقدیس راوندی با استفاده از ماده رنگی رودامین B*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، بخش علوم زمین دانشگاه شیراز(۱۳۸۰).

8. Kass, W ,*Tracing Techniques in Geohydrology*, A.A Balkema(1998) 584.

9. Benischke, R, *Fluorescent Tracers in Hydrology*, Graze-Austria(1991) 77.

۱۰. رئیسی، ع، روش محاسبه بیلان آب‌های کارستی در مناطق چین‌خورده ساده زاگرس، اولین همایش منطقه‌ای بیلان، اهواز(۱۳۷۸).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-01-05]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.1.2.2]

۱۱. رهنمایی، م، *بررسی پدیده نفوذ و رواناب در سنگ‌های کربناته کارستی*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، بخش علوم زمین دانشگاه شیراز(۱۳۷۳).

۱۲. کریمی، ح، رئیسی، ع، زارع، م، *استفاده از بیلان اجمالی آب در تعیین حوضهٔ آب‌گیر لایه آب‌دار در برگیرنده سد تنگاب*، مجموعه مقالات دومین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، تهران، ج.دوم(۱۳۸۰) ص ۷۵٤-۷٤۳.

۱۳. سازمان تحقیقات منابع آب، *گزارش نهایی مطالعات جامع حوضهٔ کارست مهارلو*، کد ۸۵۷-۳۲۸-۴۲۰، چهار جلد(۱۳۷۴).

14. Ford, D.C., P.W. Williams, *Karst Geomorphology and Hydrology*. London: Chapman & Hall(1989).

۱۵. کریمی، ح، *بررسی هید روژئولوژیکی و هیدروشیمیایی چشمه‌ها و پیزومترهای تاقدیس پودنو فیروزآباد*، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز(۱۳۷۶).

16. Karimi, H., *Hydrogeological Behavior of Alvand Karst Aquifers*, Kermanshah. PhD, University of Shiraz, Iran [in English] (2003).

17 .Raeisi, E; Moore, F., *Hydrochemistry of Karst Springs from Two Carbonate Units in Zagrosides of Iran. J. of science*, Islamic Republic of Iran, v.4(1993)302-309.

18 .Langmuir, D., *The Geochemistry of Some Carbonate Groundwaters in Central Pennsylvania*, Geochem. Et osmochim. Acta., Vol.35(1971)1023-1045.

19. Shuster, E.T., W.B. White, *Seasonal Fluctuations in the Chemistry of Limestone Springs*: A Possible Means for Characterizing Aquifers, *J. Hydrol.*, 14(1971) 93-128 .

20. Clark, I.D., P. Fritz, *Environmental Isotopes in Hydrogeology*. Lewis publishers(1997) 328.

۲۱. شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس، *گزارش مطالعات هواشناسی حوزهٔ کرخه*(۱۳۸۰).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-01-05]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.1.2.2]