

## مطالعه تأثیر بارش بر تغییرات میکروبی منابع آب کارست در منطقه شاخص خشک و نیمه خشک، مطالعه موردی: منابع کارستی انتخابی حوضه مهارلو، شیراز

احسان پوریاسین<sup>۱</sup>، مهرداد رهنمایی<sup>۲</sup>، محمد منشوری<sup>۳</sup>

۱- دانش آموخته دوره کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۲- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز

۳- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۲/۳ تاریخ تصویب: ۱۳۸۹/۶/۲۳

### چکیده:

هر آبخوان کارستی دارای ویژگی های منحصر به فردی از لحاظ هیدرودینامیکی و الگوی جریان و نفوذ می باشد. مطالعات متعدد اخیر نشان داده است که پاسخ آبخوان های کارستی به وقایع نفوذ آب از اهمیت والایی برخوردار است. پاسخ کیفی آب در منابع کارستی، نسبت به وقایع بارش تأثیر می پذیرد. این مطالعه نشان می دهد که بارش بر خصوصیت میکروبی آب در آبخوان های کارستی در محیط های خشک و نیمه خشک بطور متفاوتی تأثیر می گذارد. همچنین مطالعات انجام شده مشخص نمود که در دوره های خشک و تر منطقه شاخص نیمه خشک مهارلو، غلظت میکروبی آب پس از واقعه بارش تأثیر می گیرد ولی مجموع وقایع بارش رابطه مشخصی با تعداد کل میکروبهای شمارش شده در منابع مورد نظر ندارد و باید در هر واقعه بطور مجزا بررسی گردد.

واژگان کلیدی: کارست، آبرفت، آبخوان، بارش، مهارلو، اشرشیا کلی

### مقدمه

تراکم بخار آب در اتمسفر، تا زمانی که توسط چاه، قنات یا چشمه از زیرزمین خارج می شود، بر روی آن عمل کرده است. ویژگی های زیادی از آب مورد مطالعه قرار می گیرد، مانند طعم و بو، کدورت، اسیدیته، قابلیت هدایت الکتریکی، دما، سختی و یون ها همچنین خصوصیات میکروبی آب های زیرزمینی نیز مهم هستند.

نفوذ آب در زمین از لایه های مختلف سنگ و خاک صورت می گیرد. بعضی از خاک ها مانند یک صافی عمل کرده و میتوانند ترکیب فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آبهای نفوذی را تغییر دهند. در حالیکه در منابع سازندی و کارستی با وجود شکستگیهای باز، جریان آب سهل تر اتفاق می افتد. کیفیت آب زیرزمینی نتیجه کلیه فرآیندها و واکنش هایی است که از زمان

### موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

ساجون، آسماری (دارای بیشترین سطح گسترش در محدوده مطالعاتی شیراز)، جهرم، رازک، بختیاری، آغاجاری و رسوبات دوران چهارم می باشد. با توجه به نتایج اندازه گیری شده، عمق سطح ایستابی آبخوان آبرفتی دشت مهارلو از حداکثر ۶۳/۷ متر (در ۲ کیلومتری غرب میدان قصرالدشت) تا حداقل ۰/۴۹ متر (در ۲ کیلومتری جنوب روستای گلخون) در نوسان می باشد. سطح برخورد به آب زیرزمینی در غرب حداکثر بوده و تدریجاً به طرف شرق و جنوب شرقی کاهش مییابد، به طوری که در جنوب دشت در فصل بارش، آب زیرزمینی به سطح زمین می رسد.

حداکثر میزان قابلیت انتقال در نواحی مرکزی و جنوب شرقی بین ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ متر مربع در روز بوده و در حاشیه های دشت از مقدار آن کاسته شده و به کمتر از ۱۰۰ متر مربع در روز می رسد، به طوری که در حاشیه ی دریاچه مهارلو، به کمتر از ۵۰ متر مربع در روز کاهش می یابد. مقدار ضریب ذخیره ی سفره ی آب زیرزمینی، در حدود ۳ درصد در نظر گرفته شده است [۵]. با توجه به نقشه های هم عمق تهیه شده از دشت شیراز، شیب آب زیرزمینی در این دشت بین ۱ تا ۶ در هزار می باشد. نقشه شکل ۱ موقعیت حوضه و سازندهای زمین شناسی آنرا نشان میدهد. در آبخوان های کارستی عمق سطح ایستابی بسیار متغیر است و رهنمایی (۱۳۸۱) مطالعات جامعی در رابطه با هیدروگراف سطح ایستابی آنها انجام داده است.

### مطالعات پیشین

جیر و وهمکاران (۲۰۰۶) روی ویژگی های جریان و تغذیه آبخوان های کارستی در ارتباط با تحلیل پاسخ های هیدرولیکی و هیدروشیمیایی چشمه ها به

شهر شیراز در مرکز حوضه کارستی مهارلو (حوضه نمونه کارست کشور) در استان فارس واقع است. این حوضه در ۵۲ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۲۸ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. وسعت این حوضه ۴۲۷۲ کیلومتر مربع می باشد (شکل ۱). تاکنون مطالعات متعددی در دشت های شیراز و قره باغ انجام گرفته و گزارش های مختلفی تهیه گردیده است (به منابع رجوع شود). به جهت این که منطقه مورد مطالعه در دشت شیراز و قره باغ واقع می باشد، این دو دشت تحت مطالعه قرار گرفتند. کوه دراک، کوه پشت مله، کوه های آب مرغان- کفتوک-گشنگان و ارتفاعات سبز پوشان از منابع مهم کارستی حوضه مهارلو هستند.

### خواص زمین آبناختی حوضه

بیش از ۳۰ درصد مساحت سازندهای زمین شناسی این حوضه، از سنگ های آهکی آسماری با سن الیگومیوسن تشکیل شده است. در این سازندها پدیده های کارستی توسعه یافته اند و به نوعی باعث ایجاد آبخوان های کارستی نیز شده اند. ۷۷ درصد از آب شرب مورد نیاز شهر از این آبخوان های کارستی استحصال می گردد. از این رو مطالعه ی ابعاد مختلف کارست در این منطقه حائز اهمیت است. حوضه مهارلو از نظر سنگ شناسی و چینه شناسی شامل زاگرس چین خورده است. سازندهای رخنمون یافته در سطح محدوده مورد مطالعه متعلق به دوره پالئوسن تا عهد حاضر می باشند و از ژئوپس، سنگ آهک، دولومیت، آهک دولومیتی، مارن، آهک مارنی، شیل، کنگلومرا و رسوبات واریزه ای و آبرفتی دوران چهارم تشکیل شده است. این سازندها شامل سازند

کاراش و همکاران (۲۰۰۹) کیفیت باکتریایی آب قبل و بعد از وقوع را سیل مورد مقایسه قرار دادند. سیل باعث افزایش قابل ملاحظه کلی فرم و اشرشیا کلی می شود.

### روش مطالعه

برای مطالعه تغییرات غلظت میکروبی منابع آب کارستی حوضه مهارلو، چهار حلقه چاه و شش دهنه چشمه برای نمونه برداری انتخاب شدند. مشخصات این نقاط در جدول ۱ آورده شده است. با توجه به محدودیت های مالی، لجستیکی و آزمایشگاهی نمونه برداری در پنج مرحله در سال آبی ۸۷-۸۶ انجام شد. مرحله اول در انتهای فصل خشک (آبان ۸۶)، مرحله دوم در نیمه دی ۸۶ دو روز پس از بارندگی، مرحله سوم در اواخر دی ۸۶، مرحله چهارم در اواخر فصل تر (خرداد ۸۷) و آخرین نمونه برداری در اواخر فصل خشک (آبان ۸۷) انجام شد. ۴ ایستگاه باران سنجی در مکان های قلات، قصرقمشه، سبز پوشان و سازمان آب جهت مقایسه در نظر گرفته شد. آمار وقایع بارش بیشتر از ۲۰ میلی متر مورد نظر قرار گرفته است. در هر بار نمونه برداری، طی هر واقعه بارش، میزان مهم ترین کلی فرم مدفوعی، اشرشیا کلی در نمونه ها، به کمک روش ام پی ان (بر حسب MPN/100ml به دست می آید (بیشینه تعداد ممکن در ۱۰۰ میلی لیتر از نمونه) است. برای این منظور جهت شمارش کلی فرم مدفوعی از محیط کشت E.C Broth (E.C) مخفف اشرشیا کلی است) استفاده شد. کلیه این اندازه گیری ها در آزمایشگاه زاگرس آبشناس فارس مستقر در شهر شیراز انجام گردید که معتمد اداره استاندارد و سازمان حفاظت محیط زیست فارس می باشد. از نظر استاندارد های بین المللی تعداد مجاز کلی فرم آب شرب در هر ۱۰۰

این نتیجه رسیدند که پاسخ چشمه ها به تغذیه نسبت به بارش، ساده و نسبت به ذوب برف، پیچیده است. برت ناخ و همکاران (۲۰۰۶) آلودگی میکروبی آبخوان های حساس را در پاسخ به وقایع بارش را مورد بررسی قرار دادند. مشخص شد آلاینده های میکروبی از خاک پوشهای نازک به آبخوان های کارستی حاوی شکستگی به سرعت نفوذ کرده و عامل اصلی آلودگی آبهای زیرزمینی هستند.

موهری و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی چشمه های کارستی موجود در کشور فرانسه را بسیار حساس توصیف کردند. منشاء تغییرات کدورت در چشمه ها پس از بارش را به دو عامل وقایع روان آب نفوذی به آبخوان و دوباره معلق شدن مواد رسوبی قدیمی در منابع کارست مرتبط ساختند.

هوارث و همکاران (۱۹۹۶) میزان باکتری در آبهای زیرزمینی نزدیک کوه هوم در المورکانتی واقع در ایالت آیداهو را مورد مطالعه قرار دادند. منشاء های اصلی آلودگی باکتریایی را چهار عامل سامانه های دفع فاضلاب در زیرزمین، نشت از خطوط دفع فاضلاب شهری، آبهای سطحی آلوده و نواحی محصور شده برای چرای دام دانستند.

گیو و همکاران (۲۰۰۷) با کار روی یون های اصلی رودهای زیرزمینی شاخص و تأثیر سوء آنها بر انسان در نواحی کارستی جنوب غرب چین به این نتیجه رسیدند که نتیجه مطالعاتشان می تواند به درک مسائل زیست محیطی در کارست کمک کند. اولوبانیئی و همکاران (۲۰۰۷) خلوص آب باران، بالا و آلودگی میکروبی ندارد در حالی که ناخالصی های فیزیکی و شیمیایی آب زیرزمینی نسبت به آب باران دارای مقادیر بیشتری است (به استثناء سرب و سولفات). هیچ کالیفرمی در آب باران وجود نداشته ولی در آب زیرزمینی وجود دارد.

میلی لیتر آب ۱۰ عدد می باشد و تعداد اشرشیا کلی صفر است [۲].

### تحلیل اطلاعات

در این بخش تاثیر میزان بارش بر ویژگیهای میکروبی منابع مورد مطالعه بررسی میگردد. جدول ۱ موقعیت نقاط نمونه برداری را نشان می دهد (رجوع به شکل ۱). جداول ۲ الی ۱۱ اطلاعات جزئی بدست آمده را نشان می دهد. در ادامه به بررسی هر منبع آبی به تفکیک پرداخته میشود.

### آنالیز آب چشمه ها

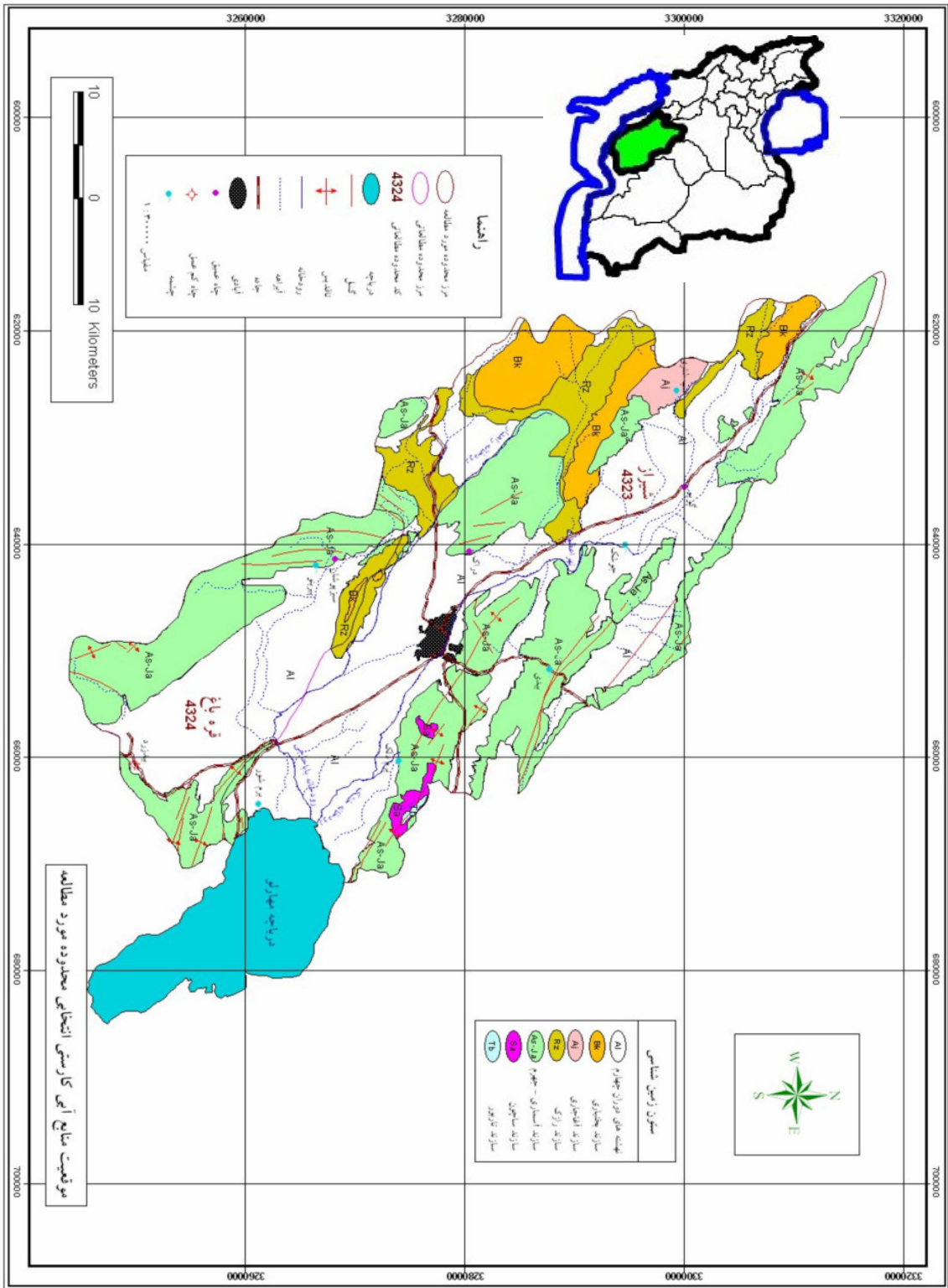
**آنالیز میکروبی چشمه برم دلک:** در مرحله اول، دوم و سوم نمونه برداری مشخص گردید چشمه دارای آبی در حد مجاز با توجه به استانداردها می باشد، به طوریکه تعداد کلی فرم در مرحله اول و دوم نمونه برداری ۳/۶ و در مرحله سوم صفر و تعداد اشرشیاکلی نیز در سه مرحله صفر می باشد. در مرحله چهارم نمونه برداری یعنی انتهای فصل خشک آب این چشمه آلودگی غیر مجاز دارد، به طوریکه کلی فرم به عدد ۴۳ و اشرشیاکلی به ۴ می رسد. در مرحله پنجم نمونه برداری با توجه به بارش انجام شده، تعداد کلی فرم به ۹۳ می رسد که در حدود ۹ برابر حد مجاز می باشد و تعداد اشرشیا صفر می باشد.

**آنالیز میکروبی چشمه برم شور:** چشمه برم شور از آب دریاچه مهارلو و آبهای کارستی اطراف دریاچه تأمین می شود [۸]. در این چشمه شاهد رفتاری متفاوت نسبت به دیگر نقاط نمونه برداری هستیم. بطوریکه در ۴ مرحله نمونه برداری آب این چشمه دارای آلودگی بسیار بالا می باشد. در مرحله اول یعنی قبل از شروع بارندگی تعداد کلی فرم ۲۴ برابر حد

مجاز و تعداد اشرشیاکلی ۲۴۰ برابر حد مجاز را نشان می دهد. در مرحله دوم و با شروع واقعه بارش تعداد کلی فرم به ۱۱۰ برابر حد مجاز یعنی ۱۱۰۰ عدد و اشرشیاکلی نیز به ۱۱۰۰ عدد رسیده است. در مرحله سوم تعداد کلی فرم و اشرشیاکلی ثابت مانده می رسد. در مرحله چهارم نمونه برداری تعداد کلی فرم نسبت به دوره ی قبلی ثابت مانده، ولی تعداد اشرشیاکلی کاهش یافته و به ۱۵۰ عدد می رسد. به علت خشک شدن این چشمه مرحله پنجم نمونه برداری انجام نشد.

### آنالیز میکروبی چشمه بیدی: در این چشمه،

تعداد کلی فرم تقریباً ۹ برابر حد مجاز است و تعداد اشرشیاکلی صفر می باشد. در مرحله دوم و با افزایش بارندگی تعداد کلی فرمها افزایش پیدا کرده و به ۲۱ برابر حد مجاز می رسد، تعداد اشرشیاکلی به ۳/۶ می رسد. در مرحله سوم و با ادامه بارش از تعداد میکروب های شاخص یعنی کلی فرم و اشرشیاکلی کاسته شده و به حد استاندارد می رسد. در مرحله چهارم یعنی در انتهای فصل خشک، تعداد کلی فرمها و اشرشیاکلی به یکباره افزایش بسیار زیادی را نشان می دهد، به طوری که تعداد کلی فرم به ۲۴۰ برابر حد مجاز و تعداد اشرشیاکلی به ۱۴ برابر حد مجاز می رسد. در مرحله پنجم نمونه برداری با شروع بارش از تعداد میکروبها کاسته شده به طوری که تعداد کلی فرم به ۰/۱ و اشرشیاکلی به حدود ۱/۵ برابر مرحله قبلی نمونه برداری می رسد.



شکل ۱. نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه و محل منابع انتخابی برای نمونه برداری

جدول ۱- موقعیت منابع نمونه برداری بر حسب UTM (Z ارتفاع از سطح دریای آزاد می باشد).

نام منبع	X	Y	Z(a.m.s.l)
چشمه شب شتری	۶۲۵۶۳۵	۳۲۹۹۲۵۴	۲۱۱۴
چشمه جوشک	۶۴۰۱۳۷	۳۲۹۴۶۰۲	۱۷۴۴
چشمه بیدی	۶۵۱۸۸۵	۳۲۸۷۷۱۱	۱۸۷۸
چشمه برم دلک	۶۶۰۴۲۵	۳۲۷۳۹۷۸	۱۴۹۵
چشمه برم شور	۶۶۴۵۲۳	۳۲۶۱۱۱۵	۱۴۶۲
چشمه پیربنو	۶۴۲۰۶۲	۳۲۶۶۳۷۱	۱۴۸۳
چاه کلبه سبز	۶۳۴۷۳۸	۳۲۹۹۹۸۱	۱۸۳۸
چاه دراک	۶۴۰۷۶۰	۳۲۸۰۳۹۲	۱۶۰۹
چاه بیلزرد	۶۶۰۶۸۵	۳۲۴۹۸۰۵	۱۴۷۱
چاه سبزیوشان	۶۴۱۵۰۳	۳۲۶۸۱۳۶	۱۴۹۰

جدول ۲- نتایج آنالیز میکروبی چشمه برم دلک

تاریخ نمونه برداری	بارندگی از یک هفته قبل (mm)	میکروبی	
		کلی فرم (MPN)	اشرشیا کلی
۱۳۸۶/۸/۱۲	۰	۳/۶	۰
۱۳۸۶/۱۰/۱۵	۱۹/۵	۳/۶	۰
۱۳۸۶/۱۰/۲۶	۲۰/۵	۰	۰
۱۳۸۷/۳/۲۸	۰	۴۳	۴
۱۳۸۷/۸/۱۸	۳۴/۵	۹۳	۰

جدول ۳- نتایج آنالیز میکروبی چشمه برم شور

تاریخ نمونه برداری	بارندگی از یک هفته قبل (mm)	میکروبی	
		کلی فرم (MPN)	اشرشیا کلی
۱۳۸۶/۸/۱۲	۰	۲۴۰	۹۳
۱۳۸۶/۱۰/۱۵	۱۹/۵	۱۱۰۰	۱۱۰۰
۱۳۸۶/۱۰/۲۶	۲۰/۵	۱۱۰۰	۱۱۰۰
۱۳۸۷/۳/۲۸	۰	۱۱۰۰	۱۵۰
به دلیل خشک شدن نمونه برداری انجام نشد.	-	-	-

افزایش پیدا کرده و به ۲۱۰ عدد می‌رسد. در مرحله پنجم نمونه‌برداری که پس از وقوع بارش می‌باشد، تعداد کلی فرم در عدد ۲۴۰۰ ثابت مانده ولی تعداد اشرشیاکلی کاهش پیدا کرده و به ۱۵ عدد می‌رسد.

**آنالیز میکروبی چشمه شب‌شتری:** در چشمه شب‌شتری در مرحله اول در این چشمه آلودگی بسیار بالایی وجود دارد به طوری که مقدار کلی فرم ۲۴۰ برابر حد مجاز و اشرشیاکلی ۲۰ برابر حد مجاز می‌باشد. همچنین تعداد میکروب‌های محیط ژلوز نیز بالاست. در مرحله دوم و با شروع واقعه بارش کاهش غلظت میکروب اتفاق می‌افتد. تعداد کلی فرم‌ها به حدود ۱/۵ و اشرشیاکلی ۱/۳ مرحله اول نمونه‌برداری کاهش نشان می‌دهد. در مرحله سوم و با ادامه روند بارش تعداد کلی فرم و اشرشیاکلی به صفر رسید. در مرحله چهارم یعنی انتهای فصل خشک مجدداً کلی فرم و اشرشیاکلی افزایش و در مرحله پنجم نمونه‌برداری پس از یک بارندگی شدید تعداد کلی فرم و اشرشیاکلی به طور فزاینده‌ای افزایش پیدا کرد به طوری که تعداد کلی فرم به ۲۴۰۰ عدد و تعداد اشرشیاکلی به ۲۸ عدد رسید.

**آنالیز میکروبی چشمه جوشک:** در مرحله اول، دوم و سوم نمونه‌برداری، تعداد کلی فرم و اشرشیاکلی صفر می‌باشد. در مرحله چهارم یعنی انتهای فصل خشک نمونه‌برداری افزایش ولی از حد مجاز فراتر نرفته است. اشرشیاکلی به ۴ برابر حد مجاز خود می‌رسد. در مرحله پنجم نمونه‌برداری، آب این چشمه دارای شرایط خوبی از لحاظ شرب است و تعداد کلی فرم از حد مجاز فراتر نرفته و تعداد اشرشیاکلی صفر است.

**آنالیز میکروبی چشمه سبزپوشان:** در تمامی مراحل نمونه‌برداری از آب این چشمه، آلودگی بیشتر از حد استاندارد می‌باشد. به طوری که در مرحله اول تعداد کلی فرم ۱۵ برابر حد مجاز و اشرشیاکلی ۷۵ برابر حد مجاز می‌باشد. در مرحله دوم تعداد کلی فرم کاهش نشان می‌دهد و به عدد ۹۳ می‌رسد. در این مرحله تعداد اشرشیاکلی هم ۹۳ عدد می‌باشد که بیانگر این مسئله است که تمامی کلی فرم‌ها مدفوعی و از نوع اشرشیاکلی هستند.

در مرحله سوم و با ادامه بارش مجدداً تعداد کلی فرم در مرحله چهارم یعنی انتهای فصل خشک افزایش شدید کلی فرم مشاهده می‌شود به طوری که این تعداد به ۲۴۰۰ عدد می‌رسد. تعداد اشرشیاکلی نیز

جدول ۴- نتایج آنالیز میکروبی چشمه بیدی

تاریخ نمونه برداری	بارندگی از یک هفته قبل (mm)	میکروبی	
		کلی فرم (MPN)	اشرشیاکلی
۱۳۸۶/۹/۲۰	۱۷	۹۳	۰
۱۳۸۶/۱۰/۲۲	۱۹/۵	۲۱۰	۳/۶
۱۳۸۶/۱۰/۲۷	۲۰	۷/۳	۰
۱۳۸۷/۴/۴	۰	۲۴۰۰	۱۴
۱۳۸۷/۸/۱۸	۳۴/۵	۲۴۰	۳

جدول ۵- نتایج آنالیز میکروبی چشمه جوشک

تاریخ نمونه برداری	بارندگی از یک هفته قبل (mm)	میکروبی	
		کلی فرم (MPN)	اشرشیا کلی
۱۳۸۶/۸/۸	۰	۰	۰
۱۳۸۶/۱۰/۱۵	۲۵/۵	۰	۰
۱۳۸۶/۱۰/۳۰	۵/۵	۰	۰
۱۳۸۷/۳/۲۸	۰	۴	۴
۱۳۸۷/۸/۱۸	۴۱	۳	۰

جدول ۶- نتایج آنالیز میکروبی چشمه شب شتری

تاریخ نمونه برداری	بارندگی از یک هفته قبل (mm)	میکروبی	
		کلی فرم (MPN)	اشرشیا کلی
۱۳۸۶/۸/۹	۰	۲۴۰۰	۲۰
۱۳۸۶/۱۰/۱۵	۲۲/۵	۴۶۰	۷
۱۳۸۶/۱۰/۳۰	۶	۰	۰
۱۳۸۷/۳/۲۸	۰	۲۳	۴
۱۳۸۷/۸/۱۷	۹۳/۵	۲۴۰۰	۲۸

### آنالیز میکروبی آب چاهها

در مرحله چهارم یعنی انتهای فصل خشک، مقدار کلی فرم کاهش پیدا کرده و به ۹۳ عدد می‌رسد، همچنین تعداد اشرشیاکلی نیز همین عدد را نشان می‌دهد که نشانگر این مطلب است که تمامی این میکروب‌ها مدفوعی می‌باشند.

در مرحله پنجم نمونه برداری و با شروع مجدد واقعه بارش، تعداد کلی فرم‌ها به ۱۱۰۰ عدد می‌رسد. تعداد اشرشیاکلی همان عدد مرحله قبلی یعنی ۹۳ عدد می‌باشد.

**آنالیز میکروبی چاه بیدزرد:** در چاه بیدزرد مرحله اول انجام نشده است. با توجه به آنالیز میکروبی چاه بیدزرد مشاهده شد که در مرحله دوم و با شروع بارندگی تعداد کلی فرم و اشرشیا عدد ۱۱۰۰ را نشان می‌دهند، که بیانگر این مسئله است که تمامی کلی فرم‌ها مدفوعی هستند. در مرحله سوم و با ادامه بارندگی تعداد کلی فرم افزایش پیدا کرده و به ۲۴۰۰ عدد می‌رسد ولی اشرشیاکلی کاهش پیدا کرده و به ۴۵۰ عدد می‌رسد.



جدول ۷- نتایج آنالیز میکروبی چشمه بید زرد

تاریخ نمونه برداری	بارندگی از یک هفته قبل (mm)	میکروبی	
		کلی فرم (MPN)	اشرشیا کلی
۱۳۸۶/۹/۱	۱۵	-	-
۱۳۸۶/۱۰/۱۵	۲۸/۵	۱۱۰۰	۱۱۰۰
۱۳۸۶/۱۰/۲۶	۸	۲۴۰۰	۴۵۰
۱۳۸۷/۳/۲۸	۰	۹۳	۹۳
۱۳۸۷/۸/۱۸	۳۴/۵	۱۱۰۰	۹۳

تنها در مرحله پنجم نمونه برداری که پس از یک واقعه بارش انجام شد، تعداد کلی فرم به ۴۳ عدد رسیده و تعداد اشرشیاکلی کماکان صفر می باشد.

**آنالیز میکروبی چاه کلبه سبز:** با توجه به آنالیز میکروبی چاه کلبه سبز در مرحله اول نمونه برداری یعنی قبل از شروع بارندگی تعداد کلی فرم و اشرشیاکلی صفر می باشد. در مرحله دوم نمونه برداری که با وقوع بارش همراه است، تعداد کلی فرم افزایش پیدا کرده و تقریباً به ۹ برابر حد مجاز می رسد، همچنین تعداد اشرشیاکلی نیز افزایش پیدا کرده و به عدد ۱۵ می رسد، (در این چاه به دلیل یخ زدگی مرحله سوم نمونه برداری انجام نشد). در مرحله چهارم نمونه برداری تعداد کلی فرم ۱۱ عدد و تعداد اشرشیاکلی صفر می باشد. در مرحله پنجم نمونه برداری با وقوع یک بارندگی با حجم بالا تعداد کلی فرم افزایش پیدا کرده و به عدد ۲۴۰ می رسد که ۲۴ برابر حد استاندارد است. تعداد اشرشیاکلی همانند مرحله قبل صفر می باشد.

**آنالیز میکروبی چاه دراک:** در چاه دراک به جز یک مرحله در بقیه مراحل نمونه برداری آب این چاه هم از نظر تعداد کلی فرم و هم از نظر اشرشیاکلی در بهترین وضعیت قرار دارد، به طوریکه در تمامی مراحل از نظر تعداد میکروب عدد صفر گزارش شده است.

تنها در مرحله پنجم نمونه برداری که پس از یک واقعه بارش انجام شد، تعداد کلی فرم به ۲۳ عدد رسید و تعداد اشرشیاکلی کماکان همان عدد قبلی یعنی صفر باقی مانده بود.

**آنالیز میکروبی چاه سبزپوشان:** همانند چاه دراک از آب این چاه همانند چاه دراک برای تأمین بخشی از نیاز آب شرب شیراز استفاده می شود.

به جزء یک مرحله در بقیه مراحل نمونه برداری آب این چاه هم از نظر کلی فرم و هم اشرشیاکلی در بهترین وضعیت قرار دارد. بدین صورت که در تمامی مراحل از نظر تعداد میکروب عدد صفر گزارش شده است.

جدول ۹- نتایج آنالیز میکروبی چاه دراک

تاریخ نمونه برداری	بارندگی از یک هفته قبل (mm)	میکروبی	
		کلی فرم (MPN)	اشرشیا کلی
۱۳۸۶/۸/۹	۰	۰	۰
۱۳۸۶/۱۰/۱۵	۲۲/۵	۰	۰
۱۳۸۶/۱۰/۲۶	۶	۰	۰
۱۳۸۷/۳/۲۸	۰	۰	۰
۱۳۸۷/۸/۱۷	۹۳/۵	۲۳	۰

جدول ۱۰- نتایج آنالیز میکروبی چاه سبز پوشان

تاریخ نمونه برداری	بارندگی از یک هفته قبل (mm)	میکروبی	
		کلی فرم (MPN)	اشرشیا کلی
۱۳۸۶/۸/۱۲	۰	۰	۰
۱۳۸۶/۱۰/۱۵	۲۸/۵	۰	۰
۱۳۸۶/۱۰/۲۶	۸	۰	۰
۱۳۸۷/۳/۲۸	۰	۰	۰
۱۳۸۷/۸/۱۸	۳۰	۴۳	۰

جدول ۱۱. نتایج آنالیز میکروبی چاه کلبه سبز

تاریخ نمونه برداری	بارندگی از یک هفته قبل (mm)	میکروبی	
		کلی فرم (MPN)	اشرشیا کلی
۱۳۸۶/۸/۹	۰	۰	۰
۱۳۸۶/۱۰/۱۵	۲۲/۵	۹۳	۱۵
به دلیل یخ زدگی نمونه برداری انجام نشد	-	-	-
۱۳۸۷/۳/۲۸	۰	۱۱	۰
۱۳۸۷/۸/۱۸	۹۳/۵	۲۴۰	۰

### نتیجه‌گیری و پیشنهادات

مورد ظاهراً مشخصه مناطق خشک و نیمه خشکی چون منطقه مورد مطالعه است.

اطلاع از دمای آب در پاره‌ای موارد روشن‌گر بسیاری از مسائل واکنشی در آب است. دما در حلالیت مواد موجود در آب مخصوصاً گازها بسیار مؤثر است. همچنین دما در افزایش تعداد و نوع باکتری‌های آلوده کننده دارای یک ارتباط کاملاً مستقیم می باشد به این صورت که تعداد باکتری‌ها در طی فصل گرما حداکثر و در فصل سرما حداقل بوده است.

لازم به ذکر است که کلرزنی آب بسیاری از میکروارگانیسم‌ها را از بین می‌برد ولی باید توجه داشت که اووسیت یا کیست تک یاختگان و تخم انگل‌های کرمی به طور قابل ملاحظه‌ای در برابر کلرزنی مقاوم‌تر از باکتری‌ها می‌باشد و جداسازی آنها از آب طی فرآیند تصفیه در مراحل لخته سازی،

در این مطالعات مشخص گردید که هر واقعه بارش (که مجموعاً بیش از ۲۰ میلیمتر بوده است) در مدت مطالعه، بر روی غلظت میکروبی منابع کارستی انتخابی بطور متفاوتی تأثیر گذارده است. بدیهی است شدت تأثیر فقط ناشی از ویژگیهای آبخوان کارستی نبوده و به مسائل مختلف مانند خواص میکروبی و سطح کارست آبخوان مربوطه در فصول مختلف ارتباط دارد. عمدتاً رابطه‌ای مشخصی بین میزان کل بارش و غلظت میکروب‌های مورد بررسی مشاهده نمیگردد، گرچه پس از هر واقعه غلظت میکروبی به شرحی که گذشت، تحت تأثیر قرار میگیرد. در مطالعات دیگری که در مناطق مرطوب تر و پر باران انجام گرفته رابطه مشخص بین میزان کل بارش یا سیلاب با میزان باکتریها مشاهده شده است (کاراش و همکاران، ۲۰۰۹). بنابراین میتوان نتیجه گرفت که این

12- Bhreathnach, N. C., Richards, K., & O Flaherty, V. (2006). Microbial Contamination of Vulnerable Aquifers in Response to Rainfall Events. *Journal of International Association of Hydrogeologists*, 21.80.

13- Geyer, T., Brik, S., Heinz, B., Liedl, R., & Sauter, M. (2006). Process-Based Characterisation of Flow and Recharge Properties in Karst Aquifers by Combined Analysis of Hydraulic and Physico-Chemical Spring Responses. *Journal of Geophysical Research Abstracts*, 8.125.

14- Guo, F., Jiang, G., & Yuan, D. (2007). Major Ions in Typical Subterranean Rivers and Their Anthropogenic Impacts in Southwest Karst Areas, China. 16.370.

15- Howarth, R. (1996). An Evaluation of Bacteria in Ground Water Near Mountain Home, Elmore County, Idaho, *Journal of Ground Water Quality Technical Report*. 7.75.

16- Karrasch, B., Mehrens, M., & Link, U. (2009). Increased Incidence of Saprophytic Bacteria, Coliforms and E. Coli Following Severe Flooding Requires Assessment for Human Health: Results of the River Elbe Flood in August 2002. *Journal of Flood Risk Management*, 2, 16-23.220.

17- Mouhri, A., Motelay, A., Hanin, G., Massei, N., Fournier, M., Dupont, J. P., & Laignel, B. (2009). A Methodology for Quantifying time Variations of the Turbidity/Electrical Conductivity Relationship During Complex Floods: Application to the Delineation of Particle and Dissolved Materials Transfer at a Karst Spring. *Journal of Geophysical Research Abstracts*, 11.345.

18- Olobaniyi, S. B., Efe, S. I. (2007). Comparative Assessment of Rainwater and Groundwater Quality in an Oil Producing Area of Nigeria: Environmental and Health Implication. *Journal of Environment Health Research*, 6, 2, 111-118.330.

ته نشینی و عبور از صافی های ماسه ای و دیاتومه ای صورت می پذیرد.

پیشنهاد می گردد در مناطق مرطوب کشور که دارای منابع آب کارست نیز هستند، مانند مناطق البرز در شمال و مناطق استان های غرب کشور نیز مطالعات مشابهی صورت گیرد و روندهای موجود با نتایج ارائه شده در این تحقیق مقایسه گردد.

## منابع

۱- اداره کل آبهای زیرزمینی، ۱۳۴۷، گزارش شناسایی دشت شیراز

۲- استاندارد ملی ایران ۱۰۱۱: سال ۱۳۷۷ ویژگی های میکروبیولوژی آب

۳- اداره کل آبهای زیرزمینی، ۱۳۵۱، گزارش مطالعات نیمه تفصیلی آبهای زیرزمینی مناطق شیراز- کوار- سروستان

۴- رهنمایی، م.، ۱۳۸۱، تجزیه و تحلیل هیدروگراف جریان های سطحی و زیرسطحی در حوضه های کارستی، بررسی عوامل هیدروژئولوژیکی نفوذ و رواناب، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران- ایران

۵- سازمان برنامه و بودجه استان فارس، (۱۳۷۱)، توسعه منابع آب حوضه آبریز مهارلو.

۶- شرکت آب منطقه فارس، ۱۳۶۱، گزارش نمونه برداری حوضه مهارلو شامل دشتهای شیراز- قره باغ- کوار سروستان ۸

۷- شرکت آب منطقه ای فارس (۱۳۷۹-۱۳۷۸، ۱۳۷۹-۱۳۸۰)، گزارشات ادامه مطالعه شیراز و قره باغ شرکت آب منطقه ای

۸- کمپانی جنرال ژئوفیزیک، ۵۰-۱۳۴۹، مطالعات ژئوفیزیک دشت شیراز (۱۳۵۰) توسط مهندسین مشاور آب کاو تکمیل شده است.

۹- مرکز پژوهش های آهکی، ۱۳۷۴، گزارش نهایی مطالعات جامع حوضه کارست مهارلو، چهار جلد ۹

۱۰- مهندسین مشاور پاراب فارس، ۱۳۷۲، مطالعات مرحله اول پایین انداختن سطح آب جنوب شرقی دشت شیراز و انتقال آب به سروستان.

۱۱- مهندسین مشاور مهتاب قدس، ۱۳۶۴، مطالعات توجیهی بهره برداری از منابع آب و خاک حوضه های موند و ششپیر- هیدروژئولوژی دشت شیراز