بررسی تأثیر سموم کشاورزی و فلزات سنگین بر کیفیت آب شرب چاه های شهر ساری

نسرین محصل اخلاقی[1]، افسانه مرادی[2] ، علی ترابیان[3]، رضا حاجی سید محمد شیرازی[4*]، مجتبی صیادی[5]

۱- دکتری تخصصی مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، تهران، ایران،

۲- کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۳- استاد دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، ایران.

۴- استادیار دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران،

* r-shirazi@srbiau.ac.ir

۵- رئیس گروه تحقیقات وبهره وری شرکت آب وفاضلاب روستایی استان تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۲۷

چکیده

آلودگی آب به فلزات سنگین به دلیل سمیت و پایداری آنها در محیط زیست و نگرانی از نظر سلامت و بهداشت عمومی حائز اهمیت می باشند. این مطالعه با هدف تحلیل آلودگی چاه‌های شهر ساری ناشی از فلزات سنگین و تعیین منشأ آن طی بازه زمانی ۱/۱۳۹۶ الی ۱۲/۱۳۹۶انجام گرفت. در این تحقیق، پس از انجام مطالعات مرتبط و پایه‌ای، بازدید میدانی، مصاحبه با کارشناسان و ساکنان منطقه موردنظر و نمونه‌برداری و انجام آزمایشات، نسبت به شناسایی آلودگی‌های فلزات سنگین، که دارای تأثیر در محیط‌زیست هستند (کروم، مس، کادمیوم، سرب، جیوه و آرسنیک) در چاه‌های منتخب (۷- ۱۵- ۱۶- ۲۲- ۳۰) در مجموع ۵ حلقه چاه، پرداخته شد و از نرم افزار ARCGIS برای تهیه نقشه پراکنش فلزات سنگین استفاده گردید. با توجه به نمونه‌برداری‌های فلزات سنگین در فصول مختلف پرآبی و کم آبی و چاه‌های منتخب، به‌منظور تأیید حضور فلزات سنگین در کانی‌ها و مقایسه این فلزات با استانداردهای آب شرب (در چاه‌های منتخب غلظت سرب و جیوه کم‌تر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی جهت مصارف شرب بود ، در صورتی که غلظت کادمیوم، کروم، مس و آرسنیک در اکثر چاه‌های مورد اندازه گیری بیش‌تر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی جهت مصارف شرب بوده است) مشخص گردید، منشأ ورود فلزات سنگین به آب رودخانه عوامل انسان‌ساخت، به‌ویژه استفاده از سموم آفت‌کش نظیر سموم مالاتیون و دیازینون و تجمع بالاتر این سموم در اطراف چاه‌های شماره ۱۶ و ۳۰ در فصول پر بارش و عوامل طبیعی به‌ویژه ساختار زمین‌شناختی منطقه موردمطالعه می‌باشد.

کلمات کلیدی : چاه‌های ساری، سموم کشاورزی، فلزات سنگین، عوامل انسان ساخت، عوامل طبیعی

مقدمه

در بسیاری از جوامع کوچک و روستایی آب های زیرزمینی تنها منبع آب آشامیدنی است اما این آب ها تحت تأثیر فرآیند طبیعی، در حین رد شدن از روی صخره ها و سنگ ها، مواد معدنی متفاوتی را در خود حل می کنند و همراه خود جا به جا می کنند اما منابع آب های زیرزمینی بیش تر تحت تأثیر فرآیندهای حاصل از فعالیت بشر هستند. فلزات سنگین از طریق دفن زایدات شهری، صنایع، حمل و نقل، فعالیت های کشاورزی و کاربرد آفت کش ها و کودهای شیمیایی در محیط انتشار یافته و اثرات نامطلوبی بر آن می گذارد. به دلیل داشتن ویژگی هایی نظیر تجمع پذیری در بافت ها، تجزیه ناپذیری، مقاومت به فعل و انفعلات بیولوژیکی و... با راه یابی به زنجیره غذایی موجودات زنده و در نهایت انسان را تحت تأثیر عوارض سمیت، سرطان زایی و اثرات ژنتیکی کوتاه و بلند مدت قرار می دهند، به همین دلیل موضوع فلزات سنگین در اکثر جوامع مورد توجه قرار گرفته است. آبیاری زمین های کشاورزی و باغداری سبب شستشوی سموم شیمیایی و کودها و انتقال آنها از لایه های مختلف خاک به آبهای زیرزمینی می شود. بنابراین کیفیت آب زیرزمینی موضوعی قابل تأمل است، چند تحقیق انجام شده در این زمینه به شرح زیر است:

خزاعی در سال ۲۰۰۹، وضعیت کیفیت و سلامت آبهای زیرزمینی استان مازندران، در اثر استفاده از حشره کشهای فسفره (دیازینون) در شهرستان محمودآباد را مورد بررسی قرار داد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که غلظت دیازینون اندازه گیری شده در تعداد زیادی از نمونه های آب، بالاتر از میزان استاندارد تعیین شده سازمان بهداشت جهانی یعنی ۰/۱ میلی گرم بر لیتر بود (۱۰). محمدیان و همکاران در سال ۲۰۰۸، از ۱۷ حلقه چاه آب آشامیدنی در فاصله کمتر از ۱۰کیلومتری کارخانه سرب و روی در زنجان نمونه برداری و توسط دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی از نظر کادمیوم، روی، سرب مورد اندازه گیری قرار گرفت، غلظت سرب و کادمیوم به ترتیب در ۵۹ و ۵۳ درصد نمونه ها فراتر از حد رهنمودی سازمان بهداشت جهانی بودند و غلظت روی در کلیه نمونه ها پایین تر از حد معیارها بود (۱۱). کرباسی و همکاران در سال ۱۳۸۸، میانگین غلظت عناصر آرسنیک، سرب، کادمیوم، کروم، جیوه و روی در کلیه چاه‌های آب شرب الشتر را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد میانگین غلظت این عناصر پایین‌تر از حد استاندارد بوده و هیچ اختلاف معنی داری بین چهار مرحله نمونه‌برداری مشاهده نشد (۱). قنبری و همکاران در سال ۲۰۰۷، از ده منبع (چاهها و مخازن ذخیره) در شهر اردبیل، در دو فصل (کم آبی و پرآبی) ۲۰ نمونه از نظر کادمیوم، کروم، مس، نیکل، سرب، روی، منگنز، آهن مورد آزمایش (به روش استاندارد متد) قرار دادند که در تمام نمونه ها غلظت فلزات آهن، منگنز، روی، سرب، نیکل کمتر از حد استاندارد سازمان های ذیربط و غلظت مس، کروم، کادمیوم در مرز استاندارد قرار داشتند با وجود متغیرهای احتمالی آلوده کننده منابع آب زیرزمینی اردبیل به فلزات سنگین، در حال حاضر منابع آب آشامیدنی شهر اردبیل در معرض آلودگی به فلزات سنگین نیستند (۶). نظری در سال ۱۹۸۸، بقایای آفت‌کش‌های کلره را در رودخانه آبریز دریای خزر بررسی نمود که مقدار برخی از این سموم از جمله هگزا کلر و بنزن را تا حد ۰/۱۲ میلی گرم بر لیتر اندازه گیری کرد (۱۳). باقری در سال۲۰۰۶، مقدار باقیمانده حشره کش های مصرفی فسفره (آزینفوس متیل و دیازیتون) در آب و ماهی های رودخانه‌های قره سو و گرگانرود استان گلستان را مورد بررسی قرار داد (۳). مطالعه ای دیگر بر روی آب رودخانه های سیمینه رود و مهاباد رود در سال ۱۹۹۲ توسط هنر پژوه انجام شد و مشخص شد که سموم فقط در فصل رشد و نمو و سمپاشی گیاهان مشاهده می شوند و در فصول دیگر

یا وجود نداشته و یا مقدار آن ناچیز بوده است. دو سم دیازینون و آرینفوس متیل در نمونه ها به ترتیب ۳ ماه و ۲ ماه بعد از سم پاشی مشاهده گردیدند (۸). آن و چون در سال ۱۹۹۹، آلودگی آب های زیرزمینی را با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی مورد بررسی قرار دادند و ثابت کردند که بین برخی پارامترهای شیمیایی آب های زیرزمینی و منابع آلوده کننده رابطه وجود دارد (۲). نتایج هوداک در سال ۲۰۰۱، روند تغییرات سدیم و سختی آب های زیرزمینی، در منطقه تگزاس را با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی مشخص کرد که بین سختی و سدیم چاه های شش منطقه رابطه معنی داری وجود دارد (۷). در پژوهش دیگری ناس و برکتی در سال ۲۰۱۰، اقدام به تهیه نقشه کیفی آب های زیرزمینی شهر قونیه در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی نمود و نشان داد که آب های زیرزمینی بخش جنوب غربی شهر قونیه دارای بالاترین کیفیت هستند (۱۲).

نظری در سال ۱۹۸۸، فاصله بین منبع آبی (رودخانه) با منطقه سمپاشی شده و میزان نزولات جوی را مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسید که این عوامل، میزان آلودگی آب با حشره کش ها را تحت تأثیر قرار می دهند. بارش شدید سبب ورود بسیاری از آفت کش ها به آب خصوصا آب های زیرزمینی می شود (۱۳). چپمان و هریس در سال ۱۹۹۰ طی تحقیقی بیان کردند که تجمع بعضی از آفت‌کش ها در آب اثراتی بر بو، مزه، زندگی آبزیان، فرآیند تشکیل اکسیژن توسط فیتوپلانکتون ها و همچنین زنجیره غذایی دارد. حشره کش ها با ورود به آب، در بافت های بدن جانوران آبزی تجمع یافته و در نتیجه از این طریق وارد زنجیره غذایی می شوند (۵). بیتز و همکاران در سال ۲۰۱۲ طی تحقیقی اعلام داشتند که حتی در صورت رعایت همه اصول، وارد شدن آفت کش ها به منابع آب اجتناب ناپذیر است (۴). رهنما در سال ۲۰۰۱ طی پژوهشی بیان کرد که با توجه به ذخیره منابع آب موجود در جهان و سهم اندک آب های زیرزمینی به عنوان منابع آب شیرین قابل استحصال، حفظ کمی و کیفی این منابع گرانبها در حد مطلوب ضروری است. برای اینکه این منابع مهم سالم بمانند لازم است در صورت آلودگی منبع آلوده به سرعت شناسایی و روند گسترش آلودگی پیش بینی شود و تمهیدات لازم برای پاکسازی و جلوگیری از گسترش آن به عمل آید (۱۵). در اکثر مواقع، آلودگی آبهای زیرزمینی آگاهانه و اجتناب ناپذیر انجام می گیرد و لذا نمی توان عملا تمام منابع آب زیرزمینی را از آلودگی حفاظت نمود (۱۶).

همچنین ریزش باران بر روی مناطق سمپاشی شده، قبل از تجزیه آنها می تواند سبب ورود سموم به منابع آب سطحی گردد. علاوه بر آن آفت کش ها می توانند از طریق لایه های خاک و در حین نفوذ آب به سفره های زیرزمینی راه پیدا کنند. در مواردی نیز برخی آفت‌کش‌ها می‌توانند وارد هوا گردیده و در نتیجه از طریق بارندگی، منابع آب سطحی و خاک را آلوده سازند. ورود این مواد آلاینده به منابع تأمین آب شرب به لحاظ مقاومت شدید در برابر عوامل محیطی، محلول بودن در آب و سمیت برای موجودات زنده، می تواند اثرات سوء بر سلامتی انسان و محیط زیست داشته باشد. میزان بروز اثرات سوء آنها به کیفیت ماده شیمیایی، مدت زمان استفاده، زمان در معرض قرارگرفتن، غلظت سم ورودی و میزان سمیت آن برای انسان بستگی دارد. عوارض بهداشتی مهم ناشی از ورود سموم آفت کش به بدن در کل شامل عوارض کوتاه مدت مانند درد در ناحیه شکمی، سرگیجه،

سردرد، دوبینی، حالت تهوع و مشکلات چشمی و پوستی است و از عوارض دراز مدت آن می توان به افزایش احتمال بروز مشکلات تنفسی، اختلالات حافظه، افسردگی، ناهنجاری های عصبی، سرطان و عقیمی اشاره کرد (۱۰). از میان آفت کش ها، آفت کش های آلی کلردار به دلیل طبیعت چربی دوستی و تجزیه شیمیایی و بیولوژیکی پایین آنها و توانایی تغلیظ زیستی و راه یابی به زنجیره غذایی، بیشتر مورد توجه می باشند و بعد از آن آفت کش های فسفره قرار دارد (۱۴). ترکیبات ارگانوفسفره بزرگ ترین و متنوع ترین گروه آفت کش های موجود هستند و در حدود ۴۰ درصد آفت کش های ثبت شده در جهان را تشکیل می دهند (۱۷). اولین قدم در کنترل و مدیریت باقیمانده سموم موجود در منابع آب، تعیین غلظت آنها با دقت قابل قبول و مقایسه مقادیر به دست آمده با استانداردهای موجود است. اتحادیه اروپا حداکثر غلظت مجاز برای مجموع باقیمانده سموم آفت کش در منابع آب آشامیدنی را ۰/۵ میکروگرم بر لیتر تعیین نموده است (۹).

با توجه به این‌که احتمال گسترش آلودگی در اثر توسعه فعالیت‌های کشاورزی در محدوده شبکه آبیاری و زهکشی و فاضلاب‌های منابع انسانی در اثر توسعه نسبی روستاها به چاه‌ها وجود دارد و با توجه به این‌که آب این چاه‌ها در کنار فعالیت‌های کشاورزی، برای شرب ساکنین منطقه مورد مطالعه نیز استفاده می‌شود که در صورت بالا بودن غلظت این عناصر (کروم، مس، کادمیوم، سرب، جیوه و آرسنیک) تهدیدی برای مصرف کنندگان آب ایجاد می‌کند، بنابراین پایش غلظت فلزات سنگین در آب چاه‌ها امری ضروری به نظر می‌رسد. لذا این تحقیق با هدف پایش غلظت فلزات سنگین (کروم، مس، کادمیوم، سرب، جیوه و آرسنیک) در برخی مخازن آب چاه‌های شهر ساری در فصول خشک‌سالی و ترسالی و مقایسه آن با استانداردهای ۱۰۵۳ و WHO صورت گرفته است.

روش تحقیق

این پژوهش یک بررسی مقطعی از نوع توصیفی می‌باشد و پس از جمع آوری اطلاعات موجود در اولین گام اقدام به شناسایی و انتخاب مناطقی گردید که باغات و اراضی کشاورزی در آن ها در بالادست چاه های آب شرب قرار گرفته بود. پس از شناسایی چهار منطقه که منطبق بر ویژگی‌های ذکر شده بودند، اقدام به شناسایی چاه‌هایی گردید که تازه حفر شده بودند و اطلاعات در مورد آب شرب آن ها کافی نبود. همچنین سعی شد چاه هایی انتخاب شود که حریم بهداشتی در حفر آنها رعایت شده باشد تا احتمال وجود فاضلاب خانگی در آن ها کم بوده و بهتر بتوان شرایط وجود سموم کشاورزی را در آن ها مورد مطالعه قرار داد. بنابراین در مجموع ۵ حلقه چاه (۷- ۱۵- ۱۶- ۲۲- ۳۰) که احتمال وجود آلودگی ناشی از سموم و فلزات سنگین در آن‌ها بود، انتخاب شدند. این چاه ها در یک راستا و در جهت شیب زمین بودند تا مقدار تغییرات سموم در طول مسیر مشخص شود.

جدول ۱- مشخصات سموم و کودهای شیمیایی مصرفی

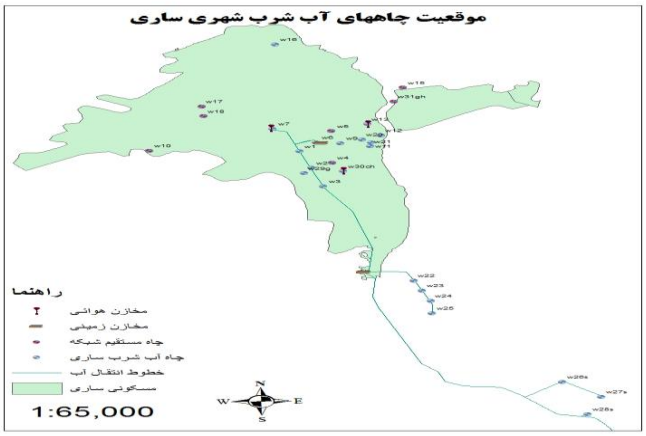
حشره‌کش‌ها	قارچ‌کش‌ها	کودهای شیمیایی
مالاتیون	مانب	کودهای ازته
دورسبان	زینب	کودهای فسفاته
دیازینون	اکسی کلرورمس	کودهای پتاسیه
–	–	ریز مغزی‌ها
–	–	(Zn-Mn-Mg-Cu-Fe)

فصول استفاده از سموم در منطقه مورد مطالعه عموماً به شرح زیر می‌باشد:

اردیبهشت: قارچ‌کش‌ها (عمدتاً برای مبارزه با سفیدک و سایر بیماری‌های قارچی است).

اسفند: حشره‌کش‌ها (عمدتاً روغن ولک با مخلوط دورسبان یا اتیون و حشره‌کش‌های اشاره‌شده و سم‌پاشی سه در هزار ترکیبات مس به علت شیوع سیتوسپرایی در درختان همراه حشره‌کش و تخم کش کنه است).

با توجه به این‌که در منطقه موردمطالعه هیچ‌گونه علف‌کشی استفاده نمی‌شود، درنتیجه علف کش ها از بحث این تحقیق خارج می‌گردند. همان‌طور که در فرمول‌ها مشاهده می‌شود، فلزات سنگین تنها در قارچ‌کش‌های مانب $(C_4H_6MnN_2S_4)_n$، زینب $C_4H_6N_2S_4Zn$ و اکسی کلرور مس $Cu_2(OH)_3Cl$ وجود دارد و در ریزمغزی‌های موجود در کودهای شیمیایی موجود است اما مقدار آن‌ها بسیار جزئی است (جدول شماره ۱)



شکل ۱- موقعیت چاه‌های آب شرب شهری ساری

مشخصات و موقعیت چاه ها

منطقه اول مورد بررسی: منطقه موردنظر سمت راست رودخانه تجن و خیابان‌های حاشیه بلوار امام رضا(ع) است . این منطقه در برگیرنده (چاه شماره ۱۵) امامزاده عباس و چاه مستقیم به شبکه پارک قائم است.

منطقه دوم مورد بررسی: منطقه موردنظر در شمال مسیری است که از بلوار طالقانی شروع و از میدان‌های شهدا، خیابان ۱۸ دی، میدان ساعت، خیابان جمهوری اسلامی، خیابان فردوسی، سه‌راه شهید قاسمی، سه‌راه سپهر و بلوار آزادی و نهایتاً میدان امام می‌گذرد. سمت چپ رودخانه تجن و شمال ریل است. این منطقه دربرگیرنده (چاه شماره ۱۶) کوی برق منتهی به منبع هوایی شهرک شهید رجایی (ششصد دستگاه) است.

منطقه سوم مورد بررسی: منطقه موردنظر در شمال مسیری است که از شمال منتهی به منطقه ۲ و از جنوب منتهی به ریل راه‌آهن می‌باشد. این منطقه دربرگیرنده (چاه شماره ۱۳) زندان منتهی به منبع هوایی زندان، (چاه ریل شماره ۵) منتهی به منبع هوایی زندان، (چاه شماره ۷) بلوار ارتش منتهی به منبع هوایی بلوار ارتش، چاه مستقیم به شبکه پارک آفتاب (چاه شماره ۱۸) است.

منطقه چهارم مورد بررسی: این منطقه به لحاظ تعداد تأسیسات متراکم‌ترین منطقه در ساری می‌باشد. در ناحیه شرقی این منطقه چاه‌های (۹-۱۱-۱۲-۲۰-۲۲) وجود دارد. در قسمت میانی این منطقه شامل مخزن ۲۵۰۰۰ تایی اصلی شهر (مخزن لسانی) و چاه مستقیم به مخزن (چاه‌شماره۶) آن‌است. قسمت‌شرقی‌وجنوبی‌آن شمال‌چاه های۱،۲،۳،۴وچاه‌کوی‌چمران (چاه‌شماره۳۰) می‌باشد. موقعیت چاه های آب شرب شهر ساری درشکل۱نشان‌داده‌شده‌است.

- **مواد و تجهیزات مورد نیاز**

مواد و تجهیزات استفاده‌شده در این پژوهش به شرح ذیل است:

- سدیم سولفات آبگیر
- هگزان نرمال
- دی کلرومتان
- متانول
- نیتروژن خشک
- قیف جداکننده ۱ لیتری با شیر تفلونی
- بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتری
- استوانه مدرج
- دستگاه دورانی تقطیر در خلاء[1]
- دستگاه کروماتوگرافی گازی با دتکتور جرمی (GS-MS) مدل ۵۹۷۵ N شرکت Agilent
- دستگاه کروماتوگرافی گازی با دتکتور ECD (GS-ECD) مدل ۶۸۹۰ N شرکتAgilent

[1] Rotary Evaporator

آماده‌سازی نمونه‌ها

نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه به ظروف شیشه‌ای مخصوص منتقل‌شده و تا زمان انجام آنالیز در یخچال با دمای ۲ درجه سلسیوس نگهداری شدند.

آماده‌سازی معرف‌ها

معرف‌های پودری یا کریستالی سدیم سولفات آبگیر و پشم‌شیشه، قبل از استفاده کاملاً پاک‌سازی شدند. معرف‌ها با هگزان به مدت ۸ ساعت سوکسله شده و این کار با حلال‌های دی کلرومتان و یا متانول به مدت ۸ ساعت دیگر تکرار شد. سپس مواد سدیم سولفات و پشم‌شیشه در دمای ۴۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شد.

استخراج نمونه

استخراج نمونه به روش قیف جداکننده صورت گرفت. این قیف‌ها با حلال شستشو داده شدند و ۵۰۰ میلی‌لیتر از نمونه برداشته شد و نیمی از آن به قیف جداکننده شماره ۱ منتقل گردید. سپس ۵۰ میلی‌لیتر حلال به آن اضافه شد. پس‌ازآن قیف به مدت چند ثانیه به‌شدت تکان داده شد تا بخارهای حلال از در آن خارج شود. این عمل ۵ بار تکرار گردید. پس‌ازآنکه فازها از هم جدا شدند، فاز آبی جداشده و به قیف شماره ۲ اضافه شد. مقدار ۵۰ میلی‌لیتر حلال تازه (هگزان یا دی کلرومتان) به قیف شماره ۲ افزوده شد و مراحل تکان دادن تکرار گردید. پس از جدا شدن فازها در قیف شماره ۲ فاز آبی جداشده خارج و دور ریخته شد. سپس نیمه دوم نمونه به قیف شماره ۱ که حاوی ۵۰ میلی‌لیتر اول از حلال بود اضافه شد. بعد از تکان دادن و جدا شدن فازها، فاز آبی جداشده به قیف شماره ۲ انتقال یافت. سپس محلول به مدت ۲ دقیقه شدیداً تکان داده شد تا فازهایش جدا شود. فاز آبی جداشده، دور ریخته شد. در مرحله بعد۵۰ میلی‌لیتر از نمونه استخراج‌شده در قیف شماره ۱ به قیف شماره ۲ اضافه شد و چند میلی‌گرم سولفات سدیم آبگیر نیز در آن ریخته شد تا از تشکیل امولسیون جلوگیری شده و آب اضافی را به خود جذب کند. وقتی آب نمونه استخراج‌شده ترکیبی گرفته شد، نمونه داخل بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتری که از قبل با حلال شستشو داده‌شده بود، ریخته شد. قیف با حلال تازه شستشو شده و از آن برای به حجم رساندن بالن ۱۰۰ میلی‌لیتری استفاده شد.

تغلیظ مواد استخراج شده

مواد استخراج‌شده با استفاده از دستگاه روتاری تا ۱۵ میلی‌لیتر تغلیظ شد. دمای حمام آب روتاری ۳۰ درجه سلسیوس تنظیم گردید. سپس مواد استخراج‌شده با سدیم سولفات آبگیری شد و داخل استوانه مدرج ریخته شد. در این مرحله جریان ملایمی ازنیتروژن تمیز و خشک از ماده عبور داده شد تا با تبخیر شدن حلال اضافی حجم ماده به ۱ میلی‌لیتر برسد.

آماده‌سازی‌محلول‌های‌استاندارد ونحوه کالیبراسیون

برای تهیه محلول‌های استاندارد از استانداردهای اولیه زیر استفاده شد: مخلوط سموم آلی کلره ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و مخلوط سموم آلی فسفره ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر. سپس منحنی کالیبراسیون با استفاده از این استانداردها رسم گردید.

قرائت غلظت‌ها

اندازه‌گیری سموم مورد تحقیق با استفاده از روش کتاب استاندارد متد سال ۲۰۰۵، برای سنجش سموم فسفره با دستگاه GC/MS و سموم کلره با دستگاه GC/ECD انجام گردید. برای قرائت سموم فسفره از دستگاه کروماتوگرافی با دتکتور جرمی ساخت شرکت آجیلنت مدل ۵۹۷۵ N با دمای اولیه ۵۰ درجه سلسیوس که طی دو مرحله به دمای ۲۹۰ درجه سلسیوس می‌رسد، استفاده شد. ستون مورداستفاده در دستگاه از نوع کپیلاری، فاز DB-5 MS با طول

ستون ۳۰ متر و قطر ستون ۲۵ میلی‌متر و ضخامت غشاء میکرومتر بود. گاز حامل مورداستفاده، هلیم با سرعت ۱ میلی‌لیتر بر دقیقه بود. دتکتور مورداستفاده MS و تکنیک تزریق اسپلیت لس بود.

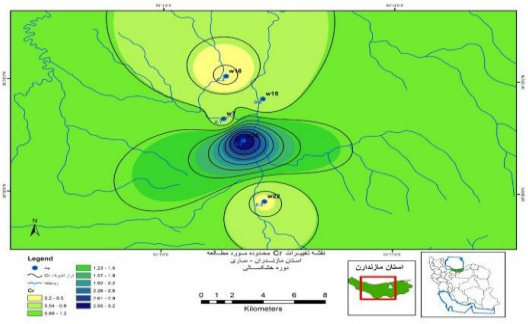
برای قرائت سموم کلره از دستگاه کروماتوگرافی گازی با دتکتور ECD ساخت شرکت آجیلنت مدل ۶۸۹۰ N با دمای نخستین ۱۲۰ درجه سلسیوس که طی ۵ مرحله به دمای ۲۸۰ درجه سلسیوس می‌رسد، استفاده شد. ستون مورداستفاده در دستگاه از نوع کپیلاری فاز HP- ۵با طول ستون ۳۰ متر و قطر ستون ۰/۳۲ میلی‌متر و نازکی غشاء ۰/۲۵ میکرومتر بود. گاز حامل مورداستفاده نیتروژن با سرعت ۰/۸ میلی‌لیتر بر دقیقه بود. دتکتور مورداستفاده ECD و تکنیک تزریق اسپلیت لس بود. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه مطابق با روش ذکرشده در کتاب استاندارد متد ۱۰ برابر تغلیظ شده و سپس عناصر موردنظر در نمونه‌ها توسط دستگاه جذب اتمی WFX ۱۳۰ اندازه‌گیری شد. نتایج با استفاده از نرم‌افزارهای Excel، SPSS مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت.

نتایج

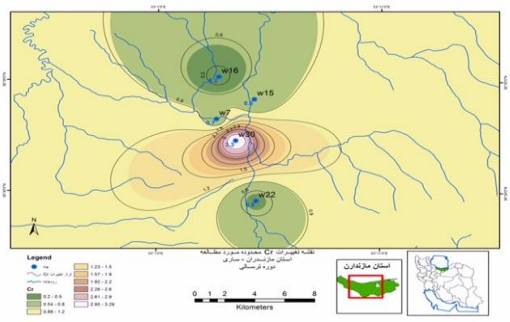
در این قسمت به توضیح نتایج حاصل از آزمایشات، مقایسه با استانداردها، اطلاعات میدانی و نمونه‌های برداشت‌شده، اطلاعات و نقشه‌های تهیه‌شده از کارشناسان ادارات و سازمان‌های مراجعه شده و نقشه‌های GIS تهیه‌شده، پرداخته می‌شود.

با توجه به مطالعه روش‌های مختلف در پروژه‌های مشابه و با بررسی‌ها و تجزیه و تحلیل‌ها و شناسایی منابع مختلف آلاینده طبیعی و انسان‌ساخت مشخص شد، منبع آلوده‌کننده طبیعی ساختار زمین و منبع آلوده کننده انسان‌ساخت، سموم آفت‌کش و کودهای شیمیایی است. به‌منظور بحث و نتیجه‌گیری آلودگی رودخانه شهر ساری ناشی از فلزات سنگین و تعیین منشأ آن تمامی اطلاعات موردنیاز برای این موضوع را مورد تجزیه‌وتحلیل قرار داده و به توضیح هر یک می پردازیم.

۱-کروم



شکل ۲- GIS پراکندگی کروم دوره خشک‌سالی



شکل ۳- GIS پراکندگی کروم دوره ترسالی

جدول ۲- مقایسه میزان فلز کروم در فصول خشک‌سالی و ترسالی با مقادیر استاندارد کروم در سال ۱۳۹۶ (میلی‌گرم بر لیتر)

کروم	$Well_7$	$Well_{15}$	$Well_{16}$	$Well_{22}$	$Well_{30}$	استاندارد ۱۰۵۳	WHO
ترسالی	۰	۰/۶	۰/۲	۳/۳	۳/۴	۰/۰۱	۰/۰۱
خشک‌سالی	۰	۰/۶	۰/۲	۳/۳	۳/۴		

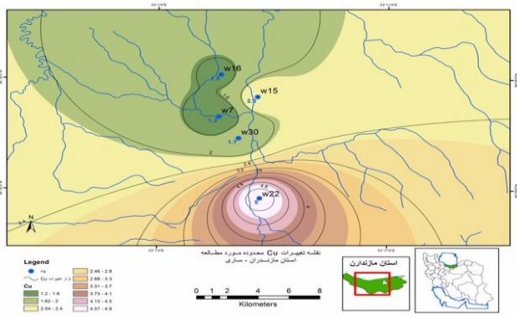
بررسی منشأ انسان‌ساخت فلز کروم در آب رودخانه ساری

ازآنجایی‌که در ساختار شیمیایی سموم و آفت‌کش‌های استفاده‌شده توسط باغداران فلز کروم وجود ندارد، منشأ قابل‌توجهی از جهت این کاربری برای آن نمی‌توان در نظر گرفت.

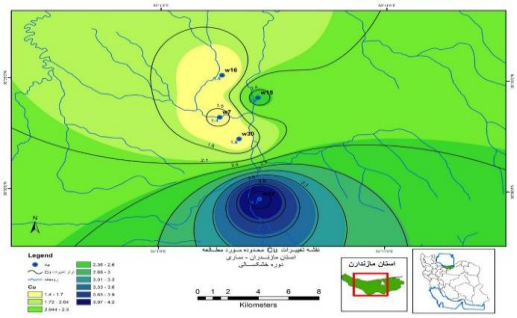
بررسی منشأ طبیعی فلز کروم

کانی کروم یعنی کرومیت به‌طورکلی در سنگ‌های اولترابازیک (هارزبوژیت، پریدوتیت، دونیت، گابرو، نوریت و پیروکسنیت) متمرکز می‌شود. فرمول کرومیت به‌صورت $FeCr_2O_4$,Feo,Cr_2O_3 نشان داده می‌شود. در برخی نمونه‌های کرومیت نیز عناصر روی، نیکل، منگنز، تیتانیوم و وانادیوم به مقدار کم تشخیص داده‌شده است. میزان Cr_2O_3 در کرومیت‌های تجاری بین ۲۵ تا ۶۵ درصد متغیر می‌باشد. به‌منظور تائید وجود کروم در مناطقی که در نقشه‌های GIS نشان‌دهنده مقادیر بالاتری از این فلز بودند، از کانی‌های اطراف این مناطق نمونه سنگ برجا برداشت شد و به آزمایشگاه منتقل گردید. همان‌طور که در نقشه‌های GIS مشاهده می‌شود (شکل ۲ و ۳) پراکندگی کروم در اطراف ایستگاه‌های ۲۲ و ۳۰ دارای بیشترین مقدار می‌باشد. نتایج آزمایش ما برای فلز کروم در چاه شماره ۲۲ به میزان ۳/۳ میلی گرم بر لیتر و در چاه شماره ۳۰ به میزان ۳/۴ میلی گرم بر لیتر بود، که این امر مؤید وجود این فلز در کانی‌ها می‌باشد. پس به‌طورکلی برای فلز کروم نتیجه‌گیری می‌شود که این فلز در منطقه دارای منشأ طبیعی زمین ساختاری می‌باشد (جدول ۲)

۲-مس



شکل ۴- GIS پراکندگی مس دوره خشک‌سالی



شکل ۵- GIS پراکندگی مس دوره ترسالی

جدول ۳- مقایسه میزان فلز مس در فصول خشک‌سالی و ترسالی با مقادیر استاندارد مس در سال ۱۳۹۶ (میلی‌گرم بر لیتر)

مس	$Well_7$	$Well_{15}$	$Well_{16}$	$Well_{22}$	$Well_{30}$	استاندارد ۱۰۵۳	WHO
ترسالی	۱/۲	۱/۳	۱/۵	۴/۳	۱/۶	۲	۲
خشک‌سالی	۱/۴	۱/۵	۱/۵	۰	۰/۲		

بررسی منشأ انسان‌ساخت فلز مس در آب رودخانه ساری

فلز مس در ساختار قارچ‌کش اکسی کلرور مس با فرمول شیمیایی $Cu_2(OH)_3Cl$ وجود دارد. این قارچ‌کش در لیست قارچ‌کش‌های مجاز مورداستفاده باغداران قرار دارد. درنتیجه می‌توان این قارچ‌کش را به‌عنوان یکی از منشأهای ورود فلز سنگین مس به آب رودخانه ساری دانست. این قارچ‌کش عمدتاً در اردیبهشت و اسفند به علت شیوع بیماری‌های قارچی استفاده می‌شود که هم‌زمان با فصل پرباران است. از طرف دیگر در فصل کم بارش به علت عدم یا کاهش بسیار زیاد بارندگی آبشویی زیادی در باغات صورت نمی‌گیرد و مهم‌تر آن‌که این سموم توسط بارش‌های فصلی و در فصل پر باران شسته شده و انتظار نمی‌رود که مقادیر زیادی از آن‌ها در سطح درختان و یا خاک باقی‌مانده باشد که فرصت آبشویی پیدا کنند.

بررسی منشأ طبیعی فلز مس در آب رودخانه ساری

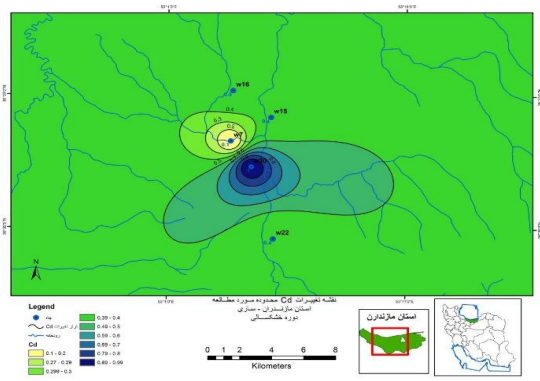
کانسارهای مس بیشتر در محدوده سنگ‌های آتش‌فشانی به سن ترشیاری عمل می‌کند. این کانی در سنگ‌های آهکی نیز موجود می‌باشد. با توجه به قرارگیری کشور ایران بر روی کمربند فلز زایی و وجود ذخایر غنی مسی در داخل کشور این فلز در بسیاری از مناطق کشور مشاهده یافت می‌شود.

با مراجعه به نقشه‌های زمین‌شناسی مشاهده می‌کنیم که کانی‌های آهکی و آتش‌فشانی بسیاری ازجمله دولومیت و بازالت در منطقه موردمطالعه وجود دارد. همان‌طور که گفته شد و در نقشه‌های GIS نیز مشاهده می‌شود (شکل ۴ و ۵) تفاوتی در پراکندگی فلز مس در چاه‌های مورد استفاده برای اندازه‌گیری فلزات سنگین در فصول ترسالی و خشک‌سالی مشاهده می‌شود. دلیل وجود مقادیر بیشتر فلز مس در چاه شماره ۲۲ نسبت به سایر چاه ها تمرکز بیشتر کانی‌های حاوی این فلز در اطراف این چاه می‌باشد (جدول۳). همان‌طور که در جدول شماره ۳ مشاهده می‌شود تمامی مقادیر اندازه‌گیری شده این فلز در چاه‌های مورد اندازه‌گیری (۷، ۱۵، ۱۶، ۳۰) کمتر از حد استاندارد می‌باشد.

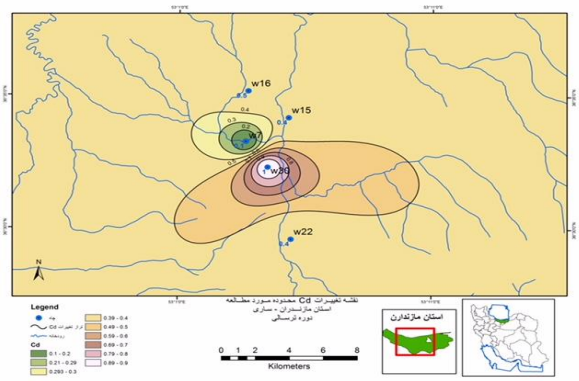
۳-کادمیوم

بررسی منشأ طبیعی فلز کادمیوم در آب رودخانه ساری

فلز کادمیوم به‌صورت ناهمگون و با مقادیر جزئی در پوسته زمین موجود است. تمام سنگ‌های معدنی کادمیوم از نوع گرینوکایت و سولفیت کادمیوم هستند. کادمیوم در طبیعت ارتباط نزدیکی با فلز روی داشته و نسبت کادمیوم به روی در سنگ‌های معادن و خاک‌ها از ۱/۱۰۰ تا ۱/۱۰۰۰ متغیر است و احتمال می‌دهند که در طبیعت هیچ ماده معدنی را بدون مقادیر ناچیز از کادمیوم نمی‌توان یافت. با توجه نقشه‌های GIS پراکندگی فلز کادمیوم در هر دو دوره خشک‌سالی و ترسالی (شکل ۶ و ۷) تجمع مقادیر بالاتری از این فلز سنگین در اطراف دو چاه ۷ و۱۶ می باشد. همان‌طور که در جدول شماره ۴ مشاهده می‌شود تمامی مقادیر اندازه‌گیری شده این فلز در چاه‌های مورد اندازه‌گیری (۱۵، ۲۲، ۳۰) کمتر از حد استاندارد می‌باشد.



شکل ۶- GIS پراکندگی کادمیوم دوره خشک‌سالی



شکل ۷- GIS پراکندگی کادمیوم دوره ترسالی

جدول۴- مقایسه میزان فلز کادمیوم در فصول خشک‌سالی و ترسالی با مقادیر استاندارد کادمیوم در سال ۱۳۹۶ (میلی‌گرم بر لیتر)

کادمیوم	$Well_7$	$Well_{15}$	$Well_{16}$	$Well_{22}$	$Well_{30}$	استاندارد ۱۰۵۳	WHO
ترسالی	۰/۱	۰	۰/۵	۰	۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳
خشک‌سالی	۰/۱	۰	۰/۵	۰	۰		

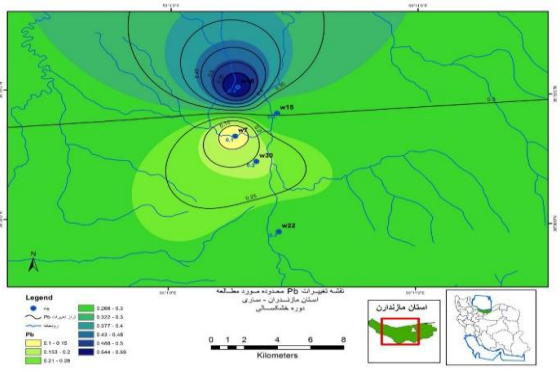
۴-سرب

بررسی منشأ انسان‌ساخت فلز سرب در آب رودخانه ساری

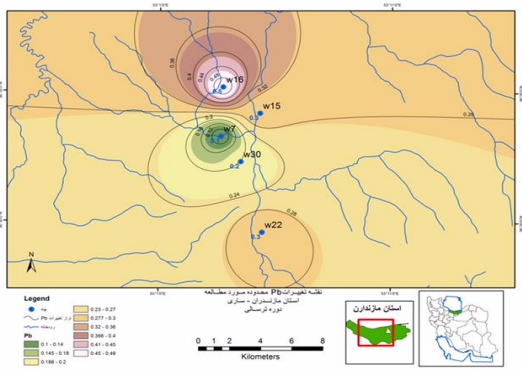
ازآنجایی‌که تنها منبع انسان‌ساخت فلزات سنگین در منطقه موردمطالعه ما سموم مورداستفاده توسط باغداران می‌باشد، با بررسی و مطالعه فرمول شیمیایی و ساختار سموم مجاز مورداستفاده آن‌ها مشخص گردید که فلز سنگین سرب در آن‌ها وجود ندارد. درنتیجه منشأ انسانی برای ورود این فلز سنگین به آب رودخانه ساری متصور نمی‌باشد.

بررسی منشأ طبیعی فلز سرب در آب رودخانه ساری

کانی‌های مهم حاوی سرب کانی‌های گالن، اسفالریت و کالکوپریت می‌باشد. یکی از دلایل عدم وجود این فلز در آب انحلال‌پذیری اصلی‌ترین کانی سرب یعنی گالن با فرمول PbS می‌باشد. انحلال‌پذیری PbS با غلظت H^+ آب به‌طور خطی افزایش می‌یابد. درنتیجه برای انحلال این کانی در آب نیاز به آب کاملاً اسیدی می‌باشد. . همان‌طور که در جدول شماره ۵ مشاهده می‌شود تمامی مقادیر اندازه‌گیری شده این فلز در چاه‌های مورد اندازه‌گیری کمتر از حد استاندارد می‌باشند.



شکل ۸- GIS پراکندگی سرب دوره خشک‌سالی



شکل ۹- GIS پراکندگی سرب دوره ترسالی

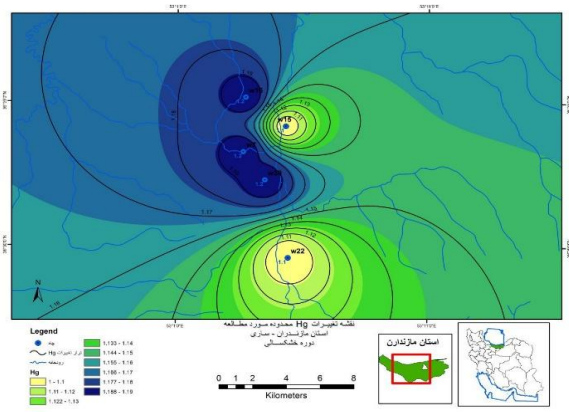
جدول۵- مقایسه میزان فلز سرب در فصول خشک‌سالی و ترسالی با مقادیر استاندارد سرب در سال ۱۳۹۶ (میلی‌گرم بر لیتر)

سرب	$Well_7$	$Well_{15}$	$Well_{16}$	$Well_{22}$	$Well_{30}$	استاندارد ۱۰۵۳	WHO
ترسالی	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۵	۰	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱
خشک‌سالی	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۶	۰	۰/۰۲		

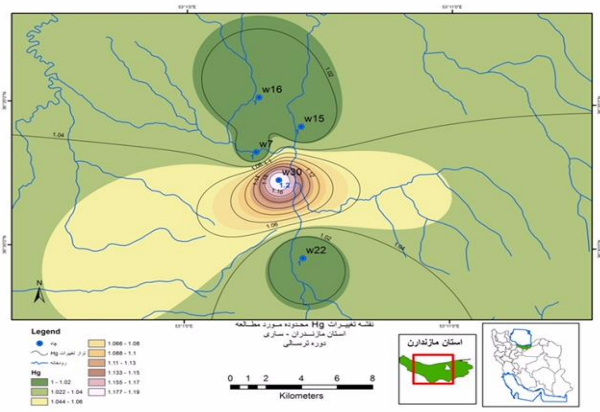
۵-جیوه

بررسی منشأ انسان‌ساخت فلز جیوه در آب رودخانه ساری

با مشاهده و بررسی فرمول شیمیایی سموم و آفت‌کش‌های مجاز مورداستفاده باغداران در منطقه موردمطالعه این پژوهش هیچگونه حشره‌کش، کنه‌کش، قارچ‌کش و یا کود شیمیایی حاوی این فلز یافت نشد.



شکل ۱۰- GIS پراکندگی جیوه دوره خشک‌سالی



شکل ۱۱- GIS پراکندگی جیوه دوره ترسالی

جدول۶- مقایسه میزان فلز جیوه در فصول خشک‌سالی و ترسالی با مقادیر استاندارد جیوه در سال ۱۳۹۶ (میلی‌گرم بر لیتر)

جیوه	$Well_7$	$Well_{15}$	$Well_{16}$	$Well_{22}$	$Well_{30}$	استاندارد ۱۰۵۳	WHO
ترسالی	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	۰/۰۰۱
خشک‌سالی	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰۲		

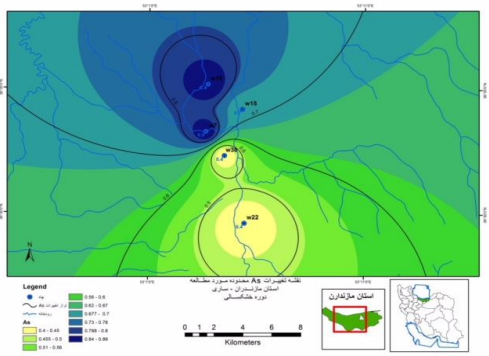
بررسی منشأ طبیعی فلز جیوه در آب رودخانه ساری

مهم‌ترین کانی جیوه در طبیعت شوارتزیت می‌باشد. ترکیبات جیوه در چشمه‌های آتش‌فشانی با ترکیب سولفوری و آلکالن نیز تشکیل می‌شود. کانی‌های همراه ترکیبات جیوه در کانسارهای آن عبارت است از: کربنات‌ها، کوارتز، باریتین، فلوئورین پیریت، سولفورها و هماتیت. سنگ‌های آذرین از منابع اصلی این عنصر هستند. همان‌طور که در جدول شماره ۶ مشاهده می‌شود تمامی مقادیر اندازه‌گیری شده این فلز در چاه‌های مورد اندازه‌گیری کمتر از حد استاندارد می‌باشد.

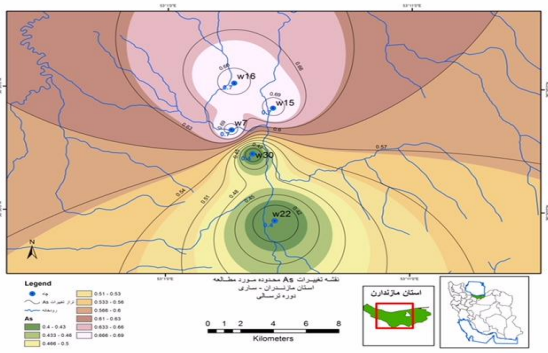
۶- آرسنیک

آرسنیک در دوره خشک‌سالی و ترسالی روند همسانی داشته و به طرف حوزه شمال روند غلظت آن افزایش می‌یابد.آرسنیک عمدتاً منشأ زمین‌شناسی دارد.

با توجه به نقشه‌های GIS پراکندگی فلز آرسنیک در هر دو دوره خشک‌سالی و ترسالی (شکل ۱۲ و ۱۳) تجمع مقادیر بالاتری از این فلز در اطراف چاه‌های مورد اندازه گیری را نشان می‌دهد، بنابراین احتمال دارد در این چاه‌ها میزان برداشت آب بیشتر بوده و کاهش سطح تراز آب در چاه (۱۶،۱۵،۷) با افزایش سطح تراز آب زیرزمینی یا ستون آب موجود در چاه همراه بوده است که در این شرایط انتظار می رود که غلظت ترکیبات محلول در سفره آب زیرزمینی از جمله آرسنیک روند افزایشی را نشان دهد (جدول ۷).



شکل ۱۲- GIS پراکندگی آرسنیک دوره خشک‌سالی

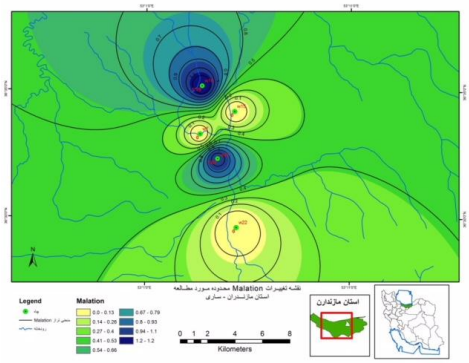


شکل ۱۳- GIS پراکندگی آرسنیک دوره ترسالی

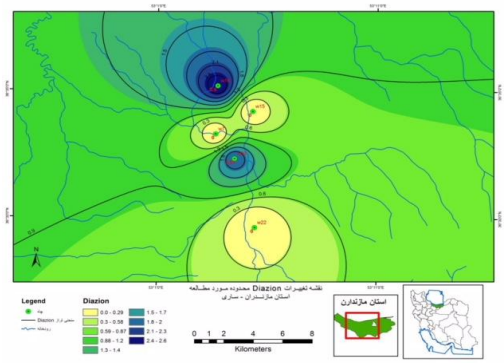
جدول ۷- مقایسه میزان فلز آرسنیک در فصول خشک‌سالی و ترسالی با مقادیر استاندارد آرسنیک در سال ۱۳۹۶ (میلی‌گرم بر لیتر)

آرسنیک	$Well_7$	$Well_{15}$	$Well_{16}$	$Well_{22}$	$Well_{30}$	استاندارد ۱۰۵۳	WHO
ترسالی	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۴	۰/۴	۰/۰۱	۰/۰۱
خشک‌سالی	۰/۹	۰/۷	۰/۹	۰/۴	۰/۴		

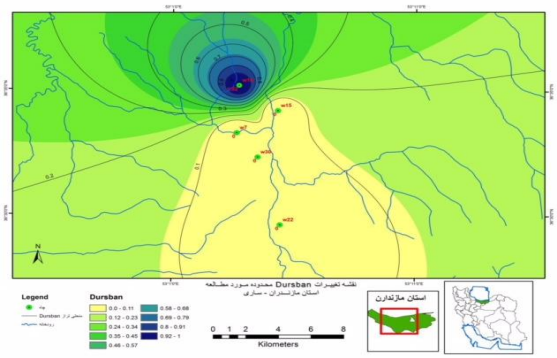
- سموم



شکل ۱۴- GIS پراکندگی مالاتیون در محدوده ساری



شکل ۱۵- GIS پراکندگی دیازینون در محدوده ساری



شکل ۱۶- GIS پراکندگی دورسبان در محدوده ساری

جدول ۸- مقایسه میزان سموم در چاه‌ها طی سال ۱۳۹۶

سموم	$Well_7$	$Well_{15}$	$Well_{16}$	$Well_{22}$	$Well_{30}$
مالاتیون	۰	۰	۱/۱۹	۰	۱/۰۷
دیازینون	۰	۰	۲/۶	۰	۲/۰۱
دورسبان	۰	۰	۱/۰۲	۰	۰

با توجه نقشه‌های GIS پراکندگی سموم و جدول شماره ۸، تجمع مقادیر بالاتری از سموم مالاتیون و دیازینون در اطراف چاه‌های شماره ۱۶ و ۳۰ مشاهده می‌شود.

تحلیل در فصول پر بارش (ترسالی)

ازآنجایی‌که در فصول پر بارش که با فصل بهار، به‌ویژه در اسفند و اردیبهشت‌ماه مطابقت می‌کند، کشاورزان از سموم و آفات کشاورزی استفاده می‌نمایند و در اثر آبشویی‌های سطحی می‌توانند وارد حوضه‌های آبریز سطحی شوند. بنابراین انتظار می‌رود که بیشترین سهم کاربرد سموم و آفات نیز توسط کشاورزان در این محدوده باشد. همسازی این دو فرایند یعنی کاربری اراضی از یک‌سو و افزایش غلظت سموم در این محدوده می‌تواند نشانه‌ای از آن باشد که عناصری نظیر فلزات سنگین که در ساختمان شیمیایی این سموم و آفات مصرف‌شده وجود دارند می‌توانند طی فرایند تجزیه و جدایش از ترکیب اصلی سموم وارد حوضه‌های آبریز فرعی و اصلی رودخانه ساری در قسمت بالادست شده و درنهایت غلظت مجموع بار آلایندگی فلزات سنگین با منشأ سموم را در این نقطه افزایش دهند. البته نباید ازنظر دور داشت که با توجه به این‌که از نظر منشأ طبیعی و زمین‌شناختی در این مناطق بر اساس نتایج آنالیزهای XRF وجود عناصر سنگین نشانگر آن می‌باشد که تا حد زیادی برخی فلزات سنگین و اصلی نظیر مس، کروم وکادمیوم می‌توانند پس از هوازدگی سنگ مادر و به علت هم‌جواری این واحدهای سنگی با حوضه‌های آبریز وارد حوضه آبریز اصلی و در محل شده و با افزوده شدن با فلزات سنگین با منشأ انسان‌ساخت (سموم) موجب افزایش کلی غلظت فلزات سنگین در ناحیه شوند.

تحلیل در فصول کم بارش (خشک‌سالی)

ازآنجایی‌که مجموع مقادیر فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه نسبت به سایر نواحی در این فصول بیشتر می‌باشد، می‌توان چنین توجیه نمود که با توجه به این‌که بر اساس نقشه‌های GIS، غلظت کاتیون مس، کادمیوم، کروم و آرسنیک در این منطقه در فصول

خشک‌سالی افزایش دارد، به دلیل آن است که واحدهای سنگی توف‌های آهکی و سنگ‌های کربناته می‌تواند خواستگاه این فلزات باشند و پس از تجزیه و آبشویی می‌توانند وارد حوزه رودخانه شده و میزان غلظت آنها در این ناحیه افزایش یابد؛ بنابراین می‌توان چنین گفت که تجمع فلزات سنگین را می‌توان به منشأهای طبیعی و زمین‌شناختی نسبت داد، اگرچه دور از انتظار است که چنین مقادیری حتی اگر در فصول ترسالی توسط کشاورزان بصورت سموم مصرف‌شده باشد بتواند آن‌چنان ماندگاری در خاک داشته باشد که فرصت آبشویی را برای فصول خشک‌سالی پیدا نماید و مهم‌تر آنکه در فصول خشک‌سالی به دلیل کاهش بارش، آبشویی کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

درکل، در منطقه مورد مطالعه غلظت سرب و جیوه کم‌تر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) جهت مصارف شرب بوده است، در صورتی که غلظت کادمیوم، کروم، مس و آرسنیک در اکثر چاه‌های مورد اندازه گیری بیش‌تر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی(WHO) جهت مصارف شرب بوده است.

کروم و کادمبوم پاراژنز بوده و در فصل خشک‌سالی افزایش معناداری را نشان می‌دهد. در ترسالی تغییرات کروم و کادمیوم از الگوی همسان تبعیت می‌نمایند. تغییرات اقلیمی به‌طور معنادار نتوانسته در تغییر غلظت این عنصر در منابع آب زیرزمینی مؤثر باشد.

با توجه به شرایط متغیر و مستقل بافت زمین‌شناسی در خاک منطقه و عدم گستره اراضی کشاورزی و عوامل معنادار است. از این رو با توجه به افزایش غلظت مس در فصول پرباران نسبت به فصول کم‌باران و هم‌جواری چاه شماره ۲۲ با حوزه‌های آبریز می‌توانیم دریابیم که افزایش غلظت سموم حاوی مس وآبشوره های سطحی انسان زا احتمالی و عدم استفاده از سموم و آفت حاوی کروم و کادمیوم و استقرار این چاه‌ها در محدوده بافت مسکونی و کاربری مسکونی و عدم حضور عناصر فوق در فاضلاب‌های خانگی درمی‌یابیم، علت وجود در منابع آب زیرزمینی را می‌توان به شرایط بافت زمین‌شناسی نسبت داد. مس، کادمیوم، آرسنیک و کروم هم‌معنا هستند. سرب با جیوه هم‌معنا است. در این پژوهش مشخص گردید کانی‌های سرب در منطقه وجود دارد ولی به علت حلالیت کم و pH نزدیک به خنثی آب رودخانه، مقادیر آن بسیار کم و در تاریخ‌های منتخب ما نزدیک به صفر بود. فلز کادمیوم در فصل پر بارش به مقدار اندکی در دو چاه ۷ و ۱۶ بالاتر از استاندارد آب شرب بود. علت آنکه فصول پر آبی و مرطوب باعث به وجود آمدن شرایط اکسنده آب و هوایی می‌شود و موجب می‌گردد کادمیوم به‌صورت یون کادمیوم محلول و متحرک گردد. خاک‌های رسی سیلیکاتی که در منطقه و در اطراف ایستگاه‌های ما وجود دارد حاوی فلز کادمیوم هستند و به‌وسیله آبشویی و حلالیت نسبتاً مطلوبی که دارند، وارد منابع آبی می‌شوند و مقادیر بالاتری را نشان می‌دهند. با توجه به روند افزایش غلظت مس در گستره‌ی بخش جنوبی شهرستان ساری و انطباق این پهنه با اراضی کشاورزی باغات از یک‌سو و سازگاری نقشه‌های پراکنش غلظت یون مس در دو دوره خشک‌سالی و ترسالی می‌توان دریافت که قابلیت نقش اراضی کشاورزی به‌عنوان منشأ در افزایش غلظت عنصر مس کاملاً آغشته به سموم به داخل سفره های آب های زیرزمینی باعث افزایش غلظت مس در فصول پرباران می‌گردد.

منابع

۱. کرباسی، م. کرباسی، ا. صارمی، ع. و قربانی زاده خرازی، ح. ۱۳۸۸. بررسی میزان غلظت عناصر سنگین در منابع تامین کننده آب شرب شهرستان الشتر در سال ۱۳۸۸. فصلنامه علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی لرستان. ۱۲ (۱): ۶۵-۷۰.

2. Ahn, H. I., & Chon, H. T. (1999). Assessment of groundwater contamination using geographic information systems. *Environmental Geochemistry and health*, *21*(3), 273-289.

3. Bagheri, F. (2006). "The phosphorus intake of pesticide residues (Zynfvs methyl and diazinon) in Gorganroud and Qara Su river water and fish in Golestan province." M.Sc. Thesis, Tehran University.

4. Beitz, H., Bewick, D. W., Guyot, C. N., Häfner, M., Herzel, F., James, M. O., ... & Schmidt, H. (2012). *Pesticides in ground and surface water* (Vol. 9). Springer Science & Business Media.

5. Chapman, R., & Harris, C. R. (1990). Enhanced degradation of insecticides in soil. *J. of American Chemical Society*, *7*, 128-140.

6. Ghanbari, M., Alighadr, M., and Hazrati, S. (2007). "Measurement of Heavy Metal Concentrations in Drinking Water Sources of Ardabil in 2005-2006", *10th National Conference on Environmental Health*, Hamedan University of Medical Sciences Hamedan, Iran.

7. Hudak, P. F. (2001). Water hardness and sodium trends in Texas aquifers. *Environmental monitoring and assessment*, *68*(2), 177-185.

8. Honarpazhvh, S. K. (1992). "Investigate and determine the amount residual insecticides diazinon and methyl Foss Azin in the Mahabad river and Simineh." M.S. Thesis, Tehran University of Medical Sciences, Tehran.

9. Hosseini, M. (2005) "The amount of pesticide residue intake of phosphorus in Garusyvand river and groundwater and The dominant product (cucumber) in their area." MSc. Thesis, Tehran University.

10. Khazayi, S. H. (2009). "Assess the health status and quality of groundwater in the Mazandaran province of the insecticide diazinon (case study: Mahmoud Abad city)." *12th National Conference on Environmental Health*, Shahid Beheshti University, Tehran.

11. Mohammadian, M., Nouri, J., Afshari, N., Nassiri, J., and Nourani, M. (2008). "Investigation of Heavy Metals Concentrations in the Water Wells Close to Zanjan Zinc and Lead Smelting Plant". *Iranian Journal of Health and Environment*, 1 (1):51-56.

12. Nas, B., & Berktay, A. (2010). Groundwater quality mapping in urban groundwater using GIS. *Environmental monitoring and assessment*, *160*(1-4), 215-227.

13. Nazari Khorasgani, Z. (1988). "Examine the remains of chlorinated organic pesticides in the river catchment area of the Caspian Sea and offshore stations." MSc. Thesis, Tehran University of Medical Sciences.

14. Rabiee Rad, M. (2006). "Investigation of 12 residues chlorinated organic pesticides in the refining process in Ahwaz water treatment plant No. 2." *National Conference on Water and Wastewater Operations*, Ministry of Energy, Tehran.

15. Rahnama, M. B. (2001). "Predicting the spread of contamination in groundwater aquifers". In *3rd National Congress on Environmental Health*.

16. Reza Zadeh Shirazi, A. R. (2001). "Contamination of water resources Byza prairie (Fars province) with emphasis on drinking water supply." *3rd National Conference on Environmental Health*, Kerman University of Medical Sciences, Kerman.

17. Samadi, M. T., Khodadadi, M., Rahmani, A.R., Allahresani, A., and Saghi, M.H. (2010). "Comparison of the efficiency of removal of organophosphorus and carbamate pesticides in aqueous solution." *J. of Water and Wastewater*, 73, 69-75.

Investigation of Pesticides Effect and Heavy Metals on the Quality of Drinking Water in the Wells of Sari City

Author(s): Nasrin Mohassel Akhlaghi[1], Afsaneh Moradi[2], Ali Torabian[3], Reza Haji Seyed Mohammad Shirazi[4]*, Mojtaba Sayadi[5]

[1] Ph.D. Environmental Engineering, Department of Environment, Tehran, Iran.
[2] M.Sc, Environmental Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
[3] Professor, Faculty of Environment, University of Tehran, Iran.
[4] Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran (Corresponding Author).
[5] Head of Research and Efficiency Rural Water and Wastewater Company Tehran Province.

Abstract:

Water contaminated to heavy metals pollution is concerned for health problem because of its toxicity and long term persistent in environment. The purpose of this study was to investigate the pollution of sari wells caused by heavy metals and determine its origin. In this research, after conducting related and basic studies, field surveys, interviews with experts and residents of the area under consideration, and sampling and testing, to identify heavy metal, copper, Arsenic, lead, cadmium, chromium, and mercury contamination in selected wells effective in the environment. Then to collect basic information from organizations, agencies and various departments and GIS maps were prepared. To analyze and determine the source of heavy metals pollution using the provided maps, information obtained from the databases of the organizations, and the organs and departments, drinking water standards, the results of the experiments, and the map GIS was used. Considering heavy metal sampling in different seasons and different wells to confirm the presence of heavy metals in minerals and compare these metals with drinking water standards and to investigate and locate the natural factors and human factors making the input of these metals to the water of Sari wells It was found the origin of the arrival of the metals in the river as well as man-made factors, especially the use of pesticides in rainy seasons and natural factors in particular geological structure of the study area.
Finally, solutions were proposed for monitoring the quality of water and reducing the pollution of heavy metals entering the river water.

***Keyword(s)**: Sari wells, Pesticides, Heavy metals, Human factors, Natural factors*