دوماهنامه طبّ جنوب
پژوهشکده زیست- پزشکی خلیج فارس
دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بوشهر
سال هفدهم، شماره ۳، صفحه ۳۶۷ – ۳۵۸ (مرداد و شهریور ۱۳۹۳)

ISMJ 2014; 17(3): 358-367

# بررسی کیفیت شیمیایی منابع آب شرب زیرزمینی دشت شیراز با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

احمد بدیعی‌نژاد[۱]، مهدی فرزادکیا[۲*]، میترا غلامی[۲]، احمد جنیدی‌جعفری[۲]

[۱] گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده علوم پزشکی بهبهان
[۲] گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران

(دریافت مقاله: ۹۰/۱۰/۲۴- پذیرش مقاله: ۹۱/۳/۸)

## چکیده

**زمینه:** آب‌های زیرزمینی، منبع اصلی تأمین آب شرب شهر شیراز را تشکیل می‌دهند. هدف از انجام این مطالعه بررسی کیفیت منابع آب شرب زیرزمینی شهر شیراز، تعیین پراکندگی مکانی شاخص‌های کیفی و تهیه نقشه‌های کیفی آب‌های زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه بود.

**مواد و روش‌ها:** در این تحقیق ۱۱۰ نمونه آب از ۵۵ حلقه چاه در دو فصل پر بارش و کم بارش برداشته شد و مورد آزمایش قرار گرفت. شاخص‌های کیفی شیمیایی مورد مطالعه شامل **pH**، کل جامدات محلول، کلراید، سولفات، سدیم، سختی و نیترات بود که مطابق با روش‌های کتاب استاندارد متد مورد آزمایش قرار گرفتند. از نرم‌افزار **Arcview GIS** ویرایش ۹/۳ و روش درون‌یابی جهت تهیه نقشه کیفی آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه استفاده شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد میزان **pH** آب تمام مناطق در محدوده مطلوب ۷ تا ۸/۵ بود. غلظت سولفات آب اکثر چاه‌ها در حد مطلوب قرار داشت. بر اساس نقشه پهنه‌بندی، آب‌های زیرزمینی همه نقاط دشت شیراز در دسته بسیار سخت طبقه‌بندی می‌شدند. همچنین بیشترین غلظت نیترات در بخش جنوب شرقی و مرکزی این دشت مشاهده شد.

**نتیجه‌گیری:** نقشه کیفی نهایی آب‌های زیرزمینی مشخص نمود کیفیت آب‌های زیرزمینی از غرب دشت شیراز به طرف شرق در حال کاهش است. ۴/۶ درصد آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه دارای کیفیت مطلوب، ۷/۹ درصد کیفیت خوب، ۲۷/۷ درصد کیفیت متوسط، ۴۸/۴ درصد کیفیت متوسط تا ضعیف و ۱۱/۳ درصد (که در بخش جنوب شرقی دشت واقع شده است) دارای پایین‌ترین کیفیت بوده است.

**واژگان کلیدی:** کیفیت آب، آب زیرزمینی، دشت شیراز، **GIS**

*تهران، میدان آرژانتین، خیابان الوند، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی ایران، گروه مهندسی بهداشت محیط
E-mail: m-farzadkia@tums.ac.ir

## مقدمه

رشد جمعیت، صنعتی شدن جوامع و بالا رفتن استانداردهای زندگی باعث افزایش نیاز به منابع آب شده است (۱).

آب‌های زیرزمینی یک منبع بسیار خوب و مناسب برای شرب می‌باشند. این آب‌ها در حین عبور از لایه‌های خاک به‌طور طبیعی تصفیه شده در نتیجه بی‌رنگ و عاری از هر گونه مواد معلق و اغلب فاقد آلودگی‌های میکروبی بوده و کمترین نیاز به تصفیه را دارد. همچنین این منابع به‌دلیل پتانسیل آلودگی کمتر و ظرفیت ذخیره زیاد نسبت به آب‌های سطحی به‌عنوان یک منبع مهم مورد توجه قرار دارند (۲).

کمبود منابع سطحی و زیرزمینی در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک کشور از یک طرف و ورود آلاینده‌ها نظیر انواع فاضلاب‌ها از طرف دیگر تهدیدهای جدی برای منابع آبی کشور محسوب می‌گردند (۳).

بررسی کیفیت شیمیایی منابع آب زیرزمینی، شاخص مناسبی برای تعیین قابلیت مصرف گوناگون از جمله، آبیاری شرب و صنعتی است (۴). برای استفاده از آب‌های زیرزمینی به‌عنوان آب شرب لازم است، مشخصات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک در محدوده مناسبی باشد (۵).

امروزه در بسیاری از موارد نتایج و اطلاعات موجود در زمینه پایش‌های کیفی منابع آب در قالب نقشه‌های کیفی و پهنه‌بندی شده ارائه می‌گردد. بررسی این نقشه‌ها می‌تواند مدل تغییرات و نوسانات کیفی زمانی و مکانی منابع آب را مشخص نموده و روند تغییرات آتی را نشان دهد. سامانه اطلاعات جغرافیایی ابزاری است که به‌خوبی می‌تواند ارتباط لازم را بین اطلاعات کیفی منابع آب به‌دست آمده را در منطقه مورد مطالعه نشان دهد. سیستم اطلاعات جغرافیایی ابزار مؤثری برای نقشه‌برداری کیفی و نقشه‌برداری پوشش زمین برای پایش، مدل‌سازی و تعیین تغییرات زیست محیطی می‌باشد (۶). هانگ و هایوتیک (Hong & Hyo-teak) آلودگی آب‌های زیرزمینی را با استفاده سامانه اطلاعات جغرافیایی مورد بررسی قرار دادند و ثابت کردند که بین برخی پارامترهای شیمیایی آب‌های زیرزمینی و منابع آلوده کننده رابطه وجود دارد (۷).

نتایج پالف (Paulf) در روند تغییرات سدیم و سختی آب‌های زیرزمینی، در منطقه تگزاس با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی مشخص کرد بین غلظت سختی و سدیم چاه‌های شش منطقه رابطه معنی‌داری وجود دارد (۸).

در پژوهش دیگری ناس (Nas) اقدام به تهیه‌ی نقشه کیفی آب‌های زیرزمینی شهر قونیه در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی نمود و نشان داد که آب‌های زیرزمینی بخش جنوب غربی شهر قونیه دارای بالاترین کیفیت هستند (۴). دیندارلو (Dindarloo) و همکاران نشان دادند که میزان فلوئور، سولفات، کلرور، سدیم، سختی کل، هدایت الکتریکی و کل جامدات محلول در منابع آب زیرزمینی شهر بندرعباس از حداکثر مجاز و میزان نیتریت و کلسیم نیز از حد مطلوب فراتر است (۹). نتایج بررسی‌های محمدی و همکاران در مطالعه کیفیت آب‌های زیرزمینی قزوین نشان داد که در فصول تر، کیفیت آب زیرزمینی پایین آمده است. به‌طوری که با افزایش افت سطح آب مقادیر کل جامدات محلول و هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی مورد مطالعه روند صعودی داشته است (۱۰).

هدف از انجام این مطالعه بررسی کیفیت منابع آب

شرب زیرزمینی شهر شیراز، تعیین پراکندگی مکانی پارامترهای شیمیایی و تهیه نقشه نهایی و کیفی آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار Arc view GIS ویرایش ۹/۲ می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

مطالعه از نوع توصیفی مقطعی می‌باشد. منطقه مورد مطالعه، بخشی از دشت شیراز به مساحت ۲۷۸ هکتار می‌باشد که چاه‌های تأمین کننده آب شهر در آن واقع شده است. در این منطقه ۵۵ حلقه چاه آب شرب فعال بوده که اغلب در بافت شهری واقع شده‌اند.

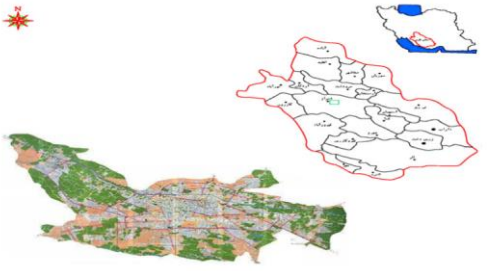
در سال ۱۳۸۹ از تعداد ۵۵ حلقه چاه شرب دشت شیراز در فصل پر بارش یک نوبت، فصل خشک یک نوبت و در مجموع ۱۱۰ نمونه شیمیایی به‌صورت منظم از تمام چاه‌ها برداشت گردید. نمونه‌ها در ظرف پلاستیکی یک لیتری برداشته شده و در کمتر از دو ساعت به آزمایشگاه جهت آنالیز شیمیایی ارسال شدند. در این مطالعه پارامترهای سدیم، کلراید، نیترات، سولفات، سختی، کل جامدات محلول و pH به‌عنوان پارامترهای شاخص کیفیت منابع مندرج در کتاب رهنمودهای سازمان بهداشت جهانی مورد بررسی قرار گرفتند، این پارامترها می‌تواند مزه، طعم و ظاهر و یا به‌طور کلی مقبولیت آب را تحت تأثیر قرار دهند (۱۲).

نمونه‌برداری و آنالیز این پارامترها بر اساس روش‌های مندرج در کتاب روش‌های استاندارد برای آزمایشات آب و فاضلاب انجام گرفت (۱۳). برای افزایش دقت آزمایش، همه آزمایشات در زمان آنالیز به‌صورت دو بار تکرار انجام شد. جهت تعیین صحت نتایج به‌دست آمده، ۱۰ درصد نمونه‌ها با دو روش متفاوت از استاندارد متد آنالیز شد. اخذ نتایج نزدیک به هم از دو روش، صحت نتایج آزمایشات را تأیید می‌نمود. با بهره‌گیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی (gis) برای هر کدام از پارامترهایی که بالاتر از حد مطلوب بودند یک نقشه کیفی تهیه شد (کلرور، سدیم و pH، چون در محدوده کمتر از حد مطلوب بودند پهنه‌بندی نشدند)، از ترسیم نقشه، پرسش‌گری شرطی و تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی به‌روش درون‌یابی برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی کیفی پارامترهای شیمیایی استفاده شد.

همچنین از روش آنالیز مکانی برای تهیه نقشه نهایی کیفیت آب‌های زیرزمینی از نرم‌افزار ArcviewGIS2 ویرایش ۹/۳ و ArcviewGis Gostastical استفاده گردید. داده‌های مکانی مربوط به منطقه مورد مطالعه شامل نقشه کاربری اراضی، نقشه زمین‌شناسی، نقشه توپوگرافی دشت شیراز با مقیاس ۱/۵۰۰۰ تهیه شد. نقشه کاربری اراضی به‌عنوان نقشه پایه به‌کار گرفته شد و برای شناخت بهتر و موقعیت‌یابی نقاط و عوارض مختلف در محیط GIS نقشه کاربری اراضی با مختصات تصویر UTM زمین مرجع شد. سپس نقشه‌های دیگر با استفاده از نقشه کاربری اراضی مختصات دار شدند. در مرحله بعد نقشه‌ها در محیط GIS به‌صورت نقشه نقطه‌ای، خطی و سطحی (پلی‌گون) رقمی شدند. با به‌دست آمدن مختصات ۵۵ حلقه چاه مورد مطالعه، چاه‌ها در نقشه رقمی محیط GIS موقعیت‌یابی شدند. مشخصات چاه‌ها شامل عمق چاه‌ها، سطح ایستابی و پارامترهای شیمیایی سنجش شده به‌صورت جدول به نقشه‌های فوق‌الحاق شدند.

برای تعیین تغییرات مکانی پارامترهای کیفی آب، نقشه پهنه‌بندی شده غلظت هر کدام از این فاکتورها در محیط GIS ترسیم شد. نمایش مکانی و آنالیز غلظت پارامترهای کیفی آب عمدتاً بر اساس استانداردهای سازمان بهداشت جهانی و مؤسسه استاندارد کشور، در

سه حد طبیعی، مطلوب و مجاز ارائه شده است (جدول ۱)، با توجه به غلظت بالای سختی از محدوده مجاز و غیر مجاز در پهنه‌بندی غلظت سختی استفاده شد.



شکل ۱) منطقه مورد مطالعه

## یافته‌ها

شکل ۱ نشان دهنده منطقه مورد مطالعه است. در جدول ۱ حد مجاز و مطلوب عناصر کیفی موجود در آب‌های زیرزمینی (استاندارد ملی و سازمان بهداشت جهانی) ارائه شده است. ارزیابی آماری پارامترهای کیفیت آب‌های زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه در محدوده مجاز در جدول ۲ و بالاتر از حد مجاز در جدول ۳ نشان داده شده است.

**جدول۱) استاندارد پارامترهای کیفی آب‌های زیرزمینی (سازمان بهداشت جهانی و ملی)**

| پارامتر | استاندارد حدمعمول (mg/l) | WHO(mg/l) استاندارد | حد مطلوب ملی (mg/l) | حد مجاز ملی (mg/l) |
|---|---|---|---|---|
| نیترات | ۲۰ | ۵۰ | – | ۵۰ |
| سختی | – | ۵۰ | ۲۰۰ | ۵۰۰ |
| سولفات | ۵۰ | ۲۵۰ | ۲۵۰ | ۴۰۰ |
| کلراید | ۵۰ | ۶/۵–۹ | ۲۵۰ | ۴۰۰ |
| pH | – | – | ۷–۸/۵ | ۶/۵–۹ |
| کل املاح محلول | ۵۰۰ | – | ۱۰۰۰ | ۱۵۰۰ |
| سدیم | ۵۰ | ۲۰۰ | ۲۰۰ | ۲۰۰ |

در جدول ۲ آنالیز آماری و توصیفی نمونه‌های شیمیایی منابع زیرزمینی که در محدوده مجاز بوده‌اند نشان داده شده است، همان‌طور که مشخص است، کلراید، سدیم و pH در محدوده مجاز بوده‌اند.

**جدول۲) آنالیز آماری و توصیفی نمونه‌برداری شیمیایی منابع زیرزمینی منطقه مورد مطالعه در محدوده مجاز**

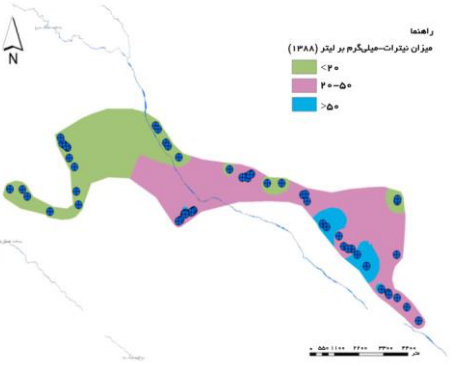
| پارامتر | حداکثر | حداقل | میانگین | تعداد | S.D |
|---|---|---|---|---|---|
| نیترات | ۶۹/۵ | ۵ | ۲۹/۸۵ | ۴۶(٪۸۴) | ۵/۲ |
| سختی | ۷۷۵ | ۱۵۰ | ۴۶۲ | ۳۲(٪۵۸) | ۳۳ |
| سولفات | ۲۸۸ | ۲۴ | ۱۶۴ | ۵۳(٪۹۶/۴) | ۲۰ |
| کلراید | ۱۵۴ | ۸ | ۸۱ | ۵۵(٪۱۰۰) | ۱۱/۵ |
| pH | ۸/۵ | ۷/۲ | ۷/۸ | ۵۵(٪۱۰۰) | ۰/۸ |
| کل املاح محلول | ۱۱۱۷ | ۱۶۴ | ۶۶۵ | ۵۵(٪۱۰۰) | ۴۲ |
| سدیم | ۸۰ | ۱۲ | ۵۴ | ۵۵(٪۱۰۰) | ۶/۵ |

در جدول ۳ آنالیز آماری فاکتورهای شیمیایی منابع زیرزمینی منطقه مورد مطالعه در محدوده فراتر از حد مطلوب ارائه شده است. سولفات و کل املاح محلول دارای غلظت بالاتر از حد مطلوب و نیترات و سختی نیز دارای غلظت بیش از حد مجاز بوده‌اند.

**جدول۳) آنالیز آماری و توصیفی نمونه‌برداری فاکتورهای شیمیایی منابع زیرزمینی منطقه مورد مطالعه در محدوده غیرمجاز**

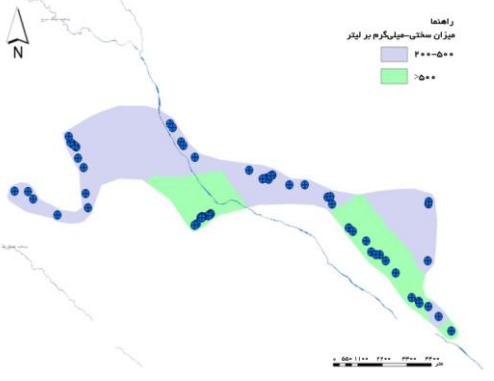
| پارامتر | حداکثر | حداقل | میانگین | تعداد | S.D |
|---|---|---|---|---|---|
| نیترات | ۶۹/۵ | ۵۰/۵ | ۵۹/۸ | ۹(٪۱۶) | ۵/۶ |
| سختی | ۷۵۵ | ۵۱۱ | ۵۷۹ | ۲۳(٪۴۲) | ۲۱ |
| سولفات | ۲۸۸ | ۲۶۴ | ۲۷۶ | ۲(٪۳/۶) | ۱۲ |

مطابق با نقشه پهنه‌بندی غلظت نیترات (تصویر ۲) کمترین غلظت نیترات در بخش غربی دشت شیراز به‌دست آمد و بالاترین و بیشترین غلظت نیز مربوط به مناطق جنوبی‌تر و تا حدودی مرکز دشت شیراز بود.



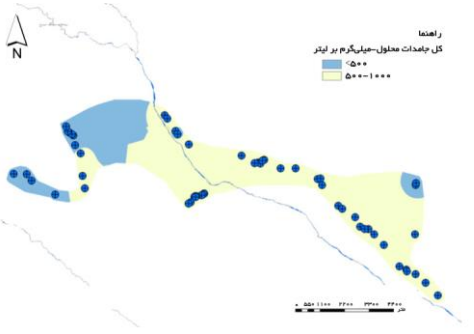

شکل ۲) توزیع مکانی غلظت نیترات برحسب میلی‌گرم بر لیتر چاه‌های مورد مطالعه

غلظت سختی آب‌های زیرزمینی در شکل ۳ ارائه شده است، که طبق آن، سختی آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه بالا بود، به‌طوری‌که تمام مناطق دشت در گروه آب‌های خیلی سخت طبقه‌بندی شدند. مرکز و جنوب شرقی دشت شیراز دارای غلظت سختی بیش از حد مجاز بود.



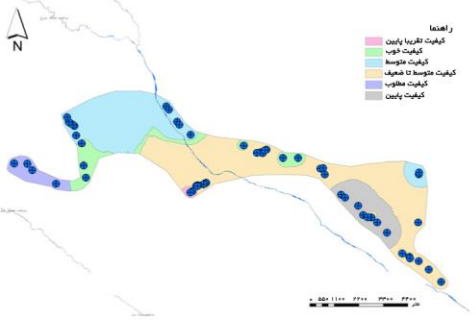

شکل ۳) توزیع مکانی غلظت سختی منطقه مورد مطالعه برحسب میلی‌گرم برلیتر کربنات کلسیم

بر اساس نقشه کل جامدات محلول در شکل ۴، بخش غربی و شمال شرقی دشت دارای میزان کل جامدات محلول در محدوده مطلوب بود، همچنین اکثر مناطق دارای غلظت کل جامدات محلول در محدوده ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بوده است.




شکل ۴) توزیع مکانی غلظت کل جامدات محلول منطقه مورد مطالعه برحسب میلی‌گرم بر لیتر

نقشه نهایی کیفیت آب‌های زیرزمینی که هم پوشانی نقشه پارامترهای کیفی بررسی شده می‌باشد در تصویر ۵ نمایش داده شده است، بر این اساس ۴/۶ درصد منطقه مورد مطالعه دارای آب‌های زیرزمینی با کیفیت مطلوب بوده است.




شکل ۵) نقشه نهایی توزیع مکانی کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه

## بحث

استاندارد کیفیت آب شرب توسط سازمان بهداشت جهانی و مؤسسه تحقیقات صنعتی کشور برای هر کدام از عناصر موجود در آب‌های زیرزمینی حد مطلوب و مجاز تدوین و یا به‌عنوان رهنمود ارائه شده است (جدول ۱). مطابق با آنالیز آماری و توصیفی فاکتورهای شیمیایی سه پارامتر کلرید، سدیم و pH در محدوده مجاز بودند (جدول ۲). تنها ۵۸ درصد

نمونه‌ها دارای سختی در محدوده مجاز بودند، این نشان می‌دهد سختی آب شیراز در وضعیت نامناسبی قرار دارد و در دسته بسیار سخت طبقه‌بندی می‌شدند. ۱۶ درصد نمونه‌ها دارای غلظت نیترات بیشتر از حد استاندارد بودند، نتایج نشان داد میزان سختی این چاه‌ها نیز بالاتر از حد مجاز بود، همین‌طور میزان کل املاح محلول این چاه‌ها نیز بالا بود، تعداد ۹ حلقه چاه دارای چنین شرایطی بودند. بنابراین به‌نظر می‌رسد این چاه‌ها باید از مدار بهره‌برداری شرب خارج شوند و مورد استفاده غیرشرب قرار گیرند. در نقشه کیفیت منابع آب هر یک از فاکتورها در شکل ۲ تا شکل ۴ و کیفیت نهایی در تصویر ۵ مشخص شده است.

بر اساس شکل ۲ غلظت نیترات منطقه مورد مطالعه از سمت غرب به شرق منطقه مورد مطالعه افزایش یافته است. به‌طوری که بهترین کیفیت مربوط به بخش غربی و پایین‌ترین آن مربوط به بخش جنوب شرقی می‌باشد، در بررسی‌های به‌عمل آمده چاه‌های بخش غربی دشت شیراز در محدوده‌ای خارج از ساخت و ساز و در کوهپایه کوه دراک قرار دارد. در نتیجه در این بخش به‌علت عدم توسعه شهری غلظت نیترات در محدوده مطلوب و مناسب بوده است و در عوض در بخش مرکزی و جنوب شرقی تراکم زیاد جمعیت و بافت مسکونی عامل مهم و مؤثر بر غلظت بالای نیترات بوده است.

بنابراین فاضلاب‌های شهری و مسکونی و موقعیت پایین دستی چاه‌ها به‌علت شیب زیاد، عامل آلودگی نیتراتی این گروه چاه‌ها می‌باشد. نتایج یک مطالعه در کشور ژاپن نشان داد، آلودگی نیتراتی ناشی از افزایش تراکم جمعیت و کاربرد کودهای کشاورزی بوده است و نیز شیب زمین باعث کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی از مرکز دشت به سمت شمال شرقی شده بود (۱۴). در این مطالعه حداقل و حداکثر کلرور به ترتیب ۷/۵ و ۱۵۳/۸ میلی‌گرم بر لیتر بوده است. غلظت به‌دست آمده در محدوده مطلوب بود (جدول ۱ و ۲). قسمتی از دشت که ساخت و ساز صورت نگرفته است (بخش غربی) دارای بالاترین کیفیت و پایین‌ترین مقدار کلرور بوده است.

بخش مرکزی به طرف شرق، غلظت آن از مقدار طبیعی فراتر رفته و افزایش یافته است، احتمالا به این دلیل است که تحت تأثیر فاضلاب‌های خانگی قرار گرفته است. بنابراین عامل افزایش کلرور آب‌های زیرزمینی در چاه‌های آب شرب اغلب ناشی از فاضلاب‌های خانگی می‌باشد.

نتایج مطالعه عبدالرحمن (Abd-Alrahman) و همکاران نشان داد که بخش شمال غربی منطقه مورد مطالعه دارای غلظت کلراید بالاتر از محدوده ۳۳۵ میلی‌گرم بر لیتر بوده و در نتیجه آب‌های زیرزمینی این بخش از منطقه مورد مطالعه، به‌علت شوری زیاد ناشی از کلراید، غیر قابل استفاده برای فعالیت‌های کشاورزی و شرب تشخیص داده شد (۱۵). حداقل و حداکثر میزان سختی ۲۹۶ و ۷۷۵ بر حسب کربنات کلسیم به‌دست آمد. سختی در تمام قسمت‌های دشت شیراز بالاتر از حد مطلوب بود (شکل ۳)، در بخش مرکزی و جنوب شرقی دشت، سختی بیش از حد مجاز می‌باشد. تمام مناطق شمال، غربی و شرقی دارای سنگ کف بستر از نوع آهکی هستند که در تماس با آب، کربنات غیر محلول به‌حالت محلول در آمده و باعث افزایش سختی آب‌های زیرزمینی خواهد شد.

مسیر حرکت آب‌های زیرزمینی از غرب و شمال به طرف مرکز و از طرف شمال شرق و شرق به سمت جنوب شرق می‌باشد. تجزیه سنگ‌های آهکی در منطقه جنوب شرقی نیز ادامه می‌یابد که این باعث

افزایش سختی آب این منطقه شده است. نقشه پهنه‌بندی کل املاح محلول شبیه نقشه سختی می‌باشد، علت را باید در ناخالص بودن سنگ‌های آهکی تجزیه شده دانست، که دارای مواد معدنی از قبیل سولفات می‌باشد. همزمان با تجزیه کربنات به‌صورت محلول، وارد آب‌های زیرزمینی می‌شود و باعث افزایش غلظت سولفات و دیگر مواد معدنی کاتیونی و آنیونی و نهایتاً کل املاح محلول خواهد شد. این نتایج در پژوهشی مشابه در کشور ترکیه نیز تأیید شده است (۴).

میزان حداقل و حداکثر غلظت سولفات در چاه‌های مورد مطالعه به‌ترتیب ۱۰۹ و ۲۸۸ میلی‌گرم بر لیتر بود. غلظت سولفات اکثر چاه‌ها در محدوده مطلوب قرار دارد(جدول ۱ و ۲). به‌جز چاه‌های محدوده مرکزی که غلظت سولفات بالاتری داشتند و میزان سولفات در دو حلقه چاه بالاتر از ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر بود. احتمالاً در بین لایه‌های سنگ‌های آهکی ترکیبات سنگ گچ و ترکیبات سولفاته وجود دارد که همزمان با فعل و انفعالات این سنگ‌ها با آب‌های زیرزمینی و انحلال آن‌ها در آب، ذرات سولفات به‌حالت محلول در آمده و باعث افزایش غلظت سولفات شده است.

نتایج تحقیق در کشور آمریکا ثابت کرد مقدار زیاد رس و سنگ گچ باعث افزایش غلظت سولفات شده است (۱۶). حداقل و حداکثر میزان کل جامدات محلول در چاه‌های مورد مطالعه به‌ترتیب ۳۶۰ و ۱۱۱۷ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. نقشه غلظت کل جامدات محلول در شکل ۴ نشان داده شده است.

چاه‌های که در محدوده نزدیک بافت شهری واقع شده‌اند دارای غلظت بیشتری بوده‌اند و تنها دو حلقه چاه دارای غلظت بالاتر از ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بوده‌اند که در بافت آبرفت واقع شده و تقریباً غلظت پارامترهای دیگر آن‌ها نیز بالا بوده است.

در مطالعه منابع آب زیرزمینی شهر بندرعباس کل جامدات محلول نیز بالاتر از حد مطلوب بوده است (۹). میزان pH اگر چه تأثیر بهداشتی مستقیمی بر مصرف کننده ندارد، اما یکی از پارامترهای مؤثر بر کیفیت آب است و مقدار رهنمودی مبتنی بر تأثیر بهداشتی آن نیست (۱۲). حداقل و حداکثر میزان آن در چاه‌های مورد مطالعه به‌ترتیب ۷/۲ و ۸/۵ به‌دست آمد. pH تمام چاه‌ها در محدوده مناسب و مطلوب بود (جدول ۱ و ۲). حداقل، حداکثر و میانگین قلیائیت ۱۷۶، ۴۲۰ و ۲۹۷ به‌دست آمد.

نتایج نشان داد، آب‌های زیرزمینی دارای خاصیت قلیایی اندکی هستند که به‌علت یون‌های کربنات و بی‌کربنات ناشی از تجزیه سنگ‌های آهکی می‌باشد. نتایجی مشابه در پژوهشی در اشتهارد به‌دست آمده است (۱۷). نتایج مطالعه دیگر نشان داد آب‌های زیرزمینی دارای خاصیت قلیایی بوده و کلسیم و کلراید از جمله پارامترهای عمده مؤثر بر کیفیت آب‌های زیرزمینی بوده‌اند (۱۸). میزان سدیم در دشت شیراز در محدوده ۱۰ تا۸۰ میلی‌گرم بر لیتر و با میانگین ۵۴ میلی‌گرم بر لیتر به‌دست آمد، بنابراین غلظت سدیم نزدیک به محدوده طبیعی بود، گرچه در نقاطی از دشت که غلظت سختی بالا بود میزان سدیم نیز بالا بود، این عناصر اغلب در اثر منابع طبیعی وارد منابع آب زیرزمینی شده است.

نقشه نهایی کیفیت منابع آب زیرزمینی نشان داد (تصویر ۵) کیفیت آب منابع زیرزمینی در دشت شیراز از غرب به سمت مرکز و از شمال به جنوب و جنوب شرق روندی کاهشی دارد و تنها ۴/۶ درصد دشت شیراز دارای بالاترین کیفیت آب بود. مقایسه این نتایج با نقشه کاربری اراضی شهر شیراز نشان می‌دهد همزمان با افزایش تراکم جمعیت، کیفیت آب در دشت

کاهش می‌یابد. کیفیت متوسط آب در مناطقی که دارای جمعیت پراکنده (شمال دشت) هستند اتفاق افتاده است. در بخش‌های مرکزی و شرقی تراکم جمعیت افزایش یافته است و نیز انتقال آلودگی از نواحی بالاتر دشت به این قسمت هم‌جهت با جریان مستقیم آب‌های زیرزمینی رخ داده است. نتایج یک تحقیق نشان داد، همبستگی معکوسی بین ارتفاع محل نمونه‌برداری‌ها و کیفیت آب‌های زیرزمینی وجود دارد، این همبستگی معکوس، حاکی از افزایش فعالیت‌های انسانی و فعل انفعال بیشتر بین آب‌های زیرزمینی و سنگ کف بستر در مسیر این آب‌ها از مناطق مرتفع به سمت دشت بود (۱۹).

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد پارامترهای کیفی کلرور، pH، کل جامدات محلول و سولفات در دشت شیراز شرایط نسبتاً مناسبی دارند و آلودگی نیتراتی ۱۶ درصد منطقه از حد مجاز عبور کرده است. میزان سختی اغلب مناطق بالا بوده و بر اساس نقشه پهنه‌بندی شده منابع شرب بخش وسیعی از منطقه مورد مطالعه در طبقه آب‌های بسیار سخت قرار می‌گرفتند. بنابراین سختی و نیترات از جمله پارامترهای عمده مؤثر بر کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی این منطقه بوده است.

افزایش تراکم جمعیت، شیب و انتقال آلودگی از مناطق بالاتر، تجزیه ترکیبات غیر محلول و تبدیل آن‌ها به مواد معدنی محلول و فاضلاب‌های خانگی و شهری ناشی از تراکم جمعیت و انتقال آلودگی از نواحی بالاتر دشت عامل افزایش آلودگی و کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی در دشت شیراز می‌باشد.

ضروری به‌نظر می‌رسد نسبت به تعیین حریم بهداشتی و کیفی تمام چاه‌ها اقدام شود و نیز چاه‌هایی که غلظت بعضی پارامترهای اصلی شیمیایی (نیترات، سختی و غیره)، بالاتر از حد استاندارد هستند از مدار خارج و تحت اختیار شهرداری قرار گیرند.

این مطالعه با هدف بررسی منابع آب شرب زیرزمینی انجام شده است اما برای تعیین غلظت پارامترهای کیفی آبی که به دست مصرف کننده می‌رسد نیاز به مطالعه جامع‌تری در شبکه توزیع آب شهر شیراز می‌باشد.

## Reference:

1.Abedi Koupai J, Ghareh Sheikhloo AH, Khosravani Shiri Z. Clustering of Groundwater used In Isfahan Landscape Irrigation And Their Qualititative Changes Over One Decade. Water Wastewater J 2011; 74: 95-100.
2.Shamanian GH, Raghimi M, Yakhkeshi A. Hydrogeochemistry of Groundwater in Gorgan Plain: An implication for Groundwater Contamination Agric Sci Nat Resour 2006; 13: 1-10.
3.Nooshady M, Bidokhty TN, Yousefy M. Assessment and Measurement Groundwater Quality In Nourabad Plain of Mamasani. Congress Tewelfth Environmental Health Shahid Beheshty Medical Science University of Iran 2009; 12: 1268-1285.
4.Nas B, Berktay A. Groundwater Quality Mapping In Urban Groundwater Using GIS. Environ Monit Assess 2010; 160: 215-27.
5.Obeidate MM, Ahmad FY, Hamouri NA. Assessment of Nitrate Contamination of Karst Springs, Bani Kanana, Northen Jordan. Revista Mexicana De Ciencias Geológicas 2008; 25: 426-437.
6.Barrocu G, Biallo G. Application Of GIS For Aquifer Vulnerability Evaluation Iahs Pub of Italy. J Water Policy 1993; 10: 145–164.
7.Hong I, Hyotaek C. Assessment of Groundwater Concentration Using Geographical Information Systems. Environmental Geochemistry and Health 1999 ; 21: 273–289.
8.Hudak PF. Water Hardness and Sodium Trends in Texas Aquifer. Environ MonitAssess 2001; 68: 177-85.
9.Dindarlou K, Alipoor V, Farshidfar Gh. Chemical Quality Beverage Water In Bandar

Abas. Hormozgan Medical 2006;10: 57-62.
10.Mohamady M, Ghalaa M, Ebrahimi K. Spatial and Temporal change of ghazvine plain's Groundwater Quality. Ir Wat Res J 2011; 5: 41-52.
11.Essumang DK, Senu J, Fianko JR, al. Groundwater Quality Assessment: A Physicochemical Properties of Drinking Water in A Rural Setting of Developing Countries. Can J Ind Res 2011; 2: 102-26.
12.WHO. The Guidelines: A Framework For Safe Drinking-Water. In: WHO. Editor.3rd ed. Guidelines For Drinking Water Quality. Geneva WHO Press 2006: 6-8.
13.APHA. editor. Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. in Nineteenth Edition. 17td ed. American Public Health Association. Washington DC APHA 1995: 1330-87.
14.Insaf SB, Mohamed AA, Mohamed TH. Assessing Groundwater Quality Using GIS". Water Resour Manage 2007; 21: 699–715.
15.Abd-Alrahman AA, embaby SMA. Evaluation of Quaternary Aquifer For Agricultural Purposes In Northwest Sinai, Egypt. J Am Sci 2011; 7: 344-61.
16.Hudak PF, Sanmanee S. Spatial Patterns of Nitrate, Chloride, Sulfate, and Fluride Concentrations In The Woodbine Aquifer of North-Central Texas. Environ Monit Assess 2003; 82: 311-20.
17.Khodapanah L, Sulaiman WNA, Khodapanah N. Groundwater Quality Assessment for Different Purposes In Eshtehard District, Tehran, Iran. Eur J Sci Res 2009; 36: 543-53.
18.Ashraf S, Afshar H, Ebadi AG. Application of GIS For Determination of Groundwater Quality Suitable In Crops influenced By Irrigation Water In The Damghan Region Of Iran. Int J Phys Sci 2011; 6: 843-54.
19.Elci A, Polat R. Assessment of The Statistical Significance of Seasonal Groundwater Quality Change In A Karstic Aquifer System Near Izmir-Turkey. Environ Monit Assess 2011; 172: 445-462.

**ISMJ 2014; 17(3): 358-367**

***Original Article***

# Chemical quality assessment of Shiraz plain's groundwater as a drinking water resource using Geographical Information System (GIS)

***A. Badee Nezhad [1], M. Farzadkia [2*], M. Gholami [2], A. Jonidi Jafari [2]***

*[1]Department of Health Environment Engineering,Behbahan faculty Medicale Science, khuzestane, IRAN*
*[2]Department of Health Environment Engineering, School of Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, IRAN*

**(Received 15 Dec, 2011 Accepted 28 May, 2012)**

***Abstract***

**Background**: Groundwater is the main source of drinking water in Shiraz city. The objective of this study was to investigation of Shiraz city groundwater's quality, evaluation of spatial distribution of groundwater quality indexes and provision of groundwater quality maps in the selected area.

**Material and Methods**: In this study, 110 samples from 55 wells in the rainy and dry seasons were taken and analyzed. The water quality indexes consisted of pH, total dissolved solids (TDS), chloride, sulfate, sodium, hardness, and nitrate were measured based on the standard methods for the examination of water and wastewater book. Arcview GIS 9.3 software and an interpolation technique were used for determining the water quality maps of this area.

**Results**: Result showed that pH values of groundwater were at pleasure range and variable in 7 to 8.5. Sulfate concentration in the most of wells was justified in desirable limits. According to the zoning maps of groundwater, hardness was very high in all of parts of the Shiraz plain. Also, the highest nitrate concentration observed in the southeast and central of this plain.

**Conclusion:** Final qualitative map of groundwater indicated that the quality of this water was decreased from east to west of this plain. The quality of groundwater in this area were classified, 4.6% in desirable level, 7.9% in suitable level, 27.7% in medium level, 48.4% in medium to poor level and 11.3% (which was located at southwest of the plain) in lowest level.

**Keywords**: water quality, groundwater, Shiraz plain, GIS

*Address for correspondence: Department of Health Environment Engineering, School of Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, IRAN; E-mail: m-farzadkia@tums.ac.ir