**فصلنامه علمی- پژوهشی زمین شناسی محیط زیست**
**سال ششم، شماره ۲۰، پاییز ۱۳۹۱**

# تغییرات کیفی سفره آب زیرزمینی سه روستای سربندان، جابان و آیینه ورزان در شهرستان دماوند

**فرزانه قدرتی[۱]، محمد منشوری[۲]، مجتبی صیادی[۳]، محمود سالاری[٤]**

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد آب شناسی،دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران F.ghodrati2011@yahoo.com
۲- استادیار، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران
۳- رئیس گروه تحقیقات شرکت آب و فاضلاب روستایی استان تهران
٤- استادیار، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد پرند

تاریخ دریافت مقاله : ۱۳۹۰/۷/ ۳ تاریخ تصویب : ۱۳۹۱/ ٦ /۱۱

## چکیده

در چند ماه اخیر افت شدیدی در دبی چاه‌های آب شرب تعدادی از روستاهای شهرستان دماوند رخ داده که سبب تغییرات شدید کمی و کیفی در منابع آب شرب این چاه‌ها شده است. این پژوهش سعی بر آن دارد به بررسی تغییرات کیفی احتمالی در این منابع بپردازد و علاوه بر آن نقش متقابل وضعیت کیفی را در این تقلیل کمی مورد ارزیابی قرار دهد. طبق مطالعات انجام یافته، کاهش کمی چاه‌های آب روستاهای منطقه را می‌توان به دو عامل نسبت داد: ۱- عامل تکتونیکی و زمین شناسی منطقه و ۲- عامل شیمیایی. با توجه به مطالعات زمین شناسی و تکتونیکی، مشخص شد عامل تکتونیکی در کاهش دبی آب و کیفیت آن بی‌تاثیر بوده، زیرا تکتونیک پدیده‌ای است که به صورت خطی عمل می‌کند در صورتی‌که این اتفاق به صورت نقطه‌ای رخ داده است. بنابراین احتمال ارتباط تغییرات کیفی آب با عوامل و شرایط شیمیایی بیشتر است. در نهایت، براساس بررسی های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های آب و رسوب و محاسبه اندیس‌های لانژلیه و ریزنار از یک سو و بررسی سازندهای زمین شناسی به‌ویژه توالی‌های رسوبی در شمال منطقه، به ترتیب با فراوانی رخساره‌ای شیلی، رسی، کربناته و دولومیت از سویی دیگر، می‌توان گفت، آب چاه‌های مطالعاتی در زمره رسوب‌گذار جای دارند. لذا پیشنهاد می‌شود ضمن توجه به شرایط هیدروشیمیایی آب‌های زیرزمینی پهنه مطالعاتی و پایش دائمی آب زیرزمینی و انجام ویدئومتری چاه‌ها، دبی سنجی دائمی نسبت به شناسایی رسوبات لوله جدار، انجام شود. همچنین، به‌کارگیری روش هایی چون واترجت، اولتراسوند، اسیدشویی و ایرشوک مغناطیسی موجب انحلال رسوبات تشکیل شده در اطراف لوله جدار چاه‌ها می‌شود.

**واژگان کلیدی**: دماوند، تغییرات کیفی، رسوب‌گذاری، اندیس های لانژلیه و ریزنار

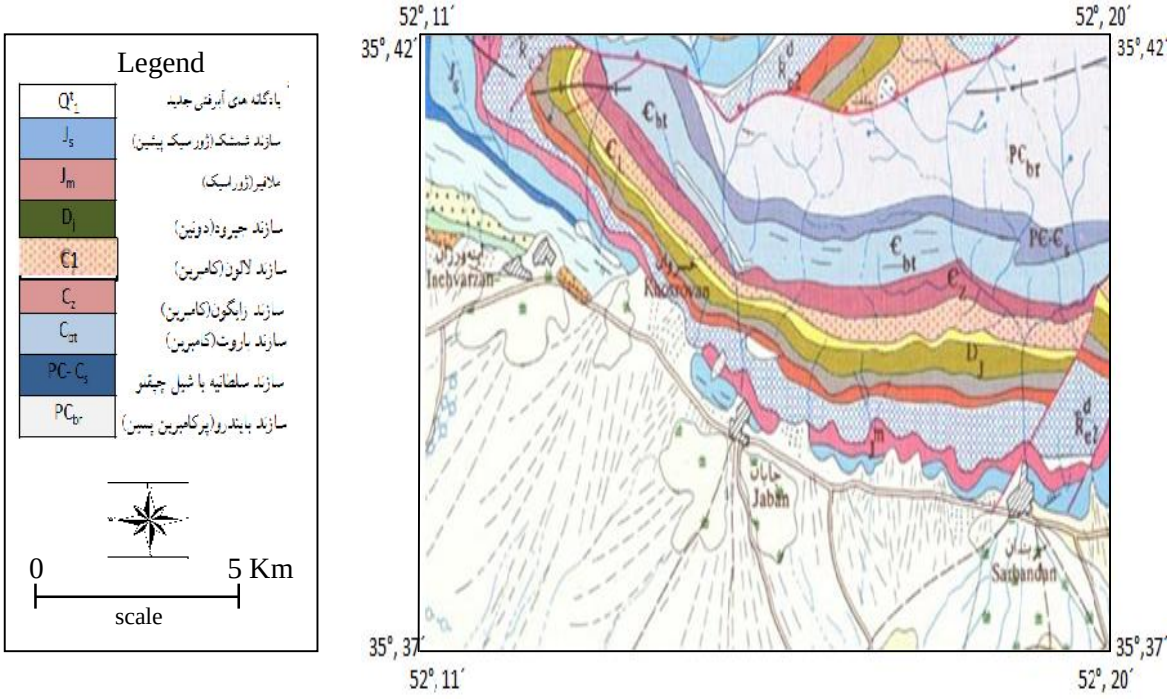
### مقدمه

تامین آب شرب سالم و بهداشتی به لحاظ کمی و کیفی یکی از اهداف مهم شرکت‌های آب و فاضلاب استان‌ها می‌باشد. در این راستا هرگونه عوامل طبیعی که به صورت درجا یا نابرجا باعث اشکال در سیستم تامین کمی و کیفی شرب گردد، با حساسیت مورد بررسی قرار گیرد. وجود شرایط

خاص زمین‌شناسی که تابعی از شرایط لیتولوژیکی می‌باشد از یک سو و آمیختگی آن با ویژگی‌هایی هیدرولوژیکی از سوی دیگر موجب تاثیرات منفی بر وضعیت کمی و کیفی منابع آب شرب می‌شود. تشکیل برخی رسوب‌ها در مجاری شبکه‌ها، لوله‌های جدار چاه‌ها و خطوط انتقال، مخازن و شبکه‌های توزیع موجب شده که نه تنها از ابعاد کمی و شرایط هیدروشیمیایی منابع آب شرب دچار خلل و نقصان گردد، بلکه عوارض جانبی دیگر نیز بر تاسیسات سیستم‌های تامین آب از جمله لوله های جدار و خطوط انتقال بر جای گذارد که از آن به عنوان خوردگی اولیه این تاسیسات یاد می‌گردد. خوردگی و رسوب‌گذاری تحت تاثیر عواملی مثل pH دی اکسید کربن، سختی، درجه حرارت سرعت آب جامدات محلول، اکسیژن محلول، کلر باقیمانده خستگی، تنش (کاویتاسیون، فرسایش و سایش به وسیله ماسه) ایجاد می‌شود. خوردگی و رسوب‌گذاری می‌تواند سبب مسدود شدن لوله‌ها کاهش دبی عبوری و همچنین می‌تواند باعث سوراخ شدن لوله ها شود که میزان آب از دست رفته بسیار قابل توجه خواهد بود. آب‌های خورنده موجب پدید آمدن آلاینده‌های ثانویه مانند آهن، روی، مس و منگنز در غلظت‌های بالاتر از حد استاندارد در آب آشامیدنی می‌شود که مشکلاتی نظیر مزه، بو، رنگ، لکه روی سرویس‌های بهداشتی را به وجود می‌آورند. علاوه بر این مشکلات خوردگی باعث رشد باکتری ها در آب و بالا رفتن کدورت آب شده و کیفیت آب را از نظر زیبا شناختی کاهش می‌دهند [۱]. این پژوهش سعی بر آن داشته ضمن بررسی نقش عوامل هیدروژئوشیمیایی موثر در تشکیل رسوبات داخل جدار چاه‌ها، نقش اولیه آن‌ها در امکان خوردگی تاسیسات مورد بررسی قرار دهد تا بتوان با شناخت این عوامل رسوب‌زا و خورنده آن ها را از سایر شرایط ثانویه تمیز و راه کار مناسبی جهت رفع معضل معرفی نماید. منطقه مورد مطالعه در استان تهران و در شهرستان دماوند و از لحاظ زمین شناسی در ناحیه البرز مرکزی و در قسمت شرقی تهران در کنار جاده دماوند به سمت فیروزکوه قرار دارد. آتشفشان دماوند کاملاً مشرف بر منطقه مورد مطالعه بوده و در واقع مهم‌ترین بخش ناحیه را از نظر زمین‌شناسی تشکیل می‌دهد. شهرستان دماوند از لحاظ محدوده جغرافیایی در ۵۲° تا ۵۲° , ۳۰′ طول خاوری و ۳۵° , ۳۰′ تا ۳۶° عرض شمالی قرار دارد [۲]. بلندترین نقطه با ارتفاع ۵۶۷۰ متر از سطح دریا در کوه آتشفشانی دماوند جای دارد که بلندترین نقطه ایران محسوب می‌شود. پست‌ترین نقطه با ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا در جنوب شرقی ناحیه و در بستر رودخانه شاه بلاغی واقع شده است. رودخانه هراز در بخش شمال غربی ناحیه جای دارد و به سمت دریای خزر جریان دارد. رودخانه‌های شاه‌بلاغی، دلیچای، حیله رود، جمع آب و دو آب در بخش جنوبی و رودخانه تار و رودبار و همچنین در ادامه آن‌ها، رودخانه دماوند در بخش‌های جنوبی، مرکزی و شرقی جریان دارند. با توجه به این‌که در منطقه مورد مطالعه، جریان‌های سطح الارضی دائمی وجود ندارد، لذا تنها منبع مطمئن برای تامین آب منطقه مطالعاتی، استفاده از آب‌های زیرزمینی است. دشت دماوند که در قسمت‌های پایین دست و بخش جنوبی محدوده قرار دارد، از جمله دشت‌هایی است که میزان بهره‌برداری از آن در طی سال‌های اخیر به شدت رو به افزایش بوده و هم اکنون بهره‌برداری و حفر چاه جدید به دلیل افت بیش از حد سطح منابع آب‌های زیرزمینی محدود می‌باشد.

نتایج بررسی‌های انجام شده، نمایانگر آن است که میزان بهره برداری از آب‌های زیرزمینی در سال ۱۳۷۲ توسط چاه‌ها و چشمه ها و قنوات در این دشت در حدود ۱٤۰/۵ میلیون مترمکعب بوده که در سال ۱۳۷۸ به رقم ۱۸٤/۵ میلیون مترمکعب رسیده که نشانگر افزایشی معادل ٤٤ میلیون مترمکعب در طی حدود ٦ سال گذشته می‌باشد. متاسفانه در طی دوره های مذکور (۱۳۷۸-۱۳۷۲) میزان بهره برداری از کل دشت‌های تحت پوشش آب منطقه‌ای تهران، از رقم ۹۳۳۷ میلیون مترمکعب در سال ۱۳۷۲ به رقمی معادل ۱۰۸۱۵ میلیون مترمکعب رسیده، یعنی از مرز یک میلیارد مترمکعب در سال نیز گذشته است که نشانگر بهره برداری های بسیار سنگینی و خارج از ظرفیت سفره های آب زیرزمینی منطقه می‌باشد [۳].

از نظر اقلیم، محدوده مطالعاتی به علت واقع بودن در مناطق کوهستانی و نیمه کوهستانی دارای زمستان‌هایی سرد و تابستان‌هایی خنک است. بررسی‌های زمین‌شناسی نشان می‌دهد که منطقه مورد مطالعه یک سیکل کامل از سازندهای زمین شناسی را نشان می‌دهد به طوری که طبق نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ دماوند سازمان زمین شناسی کشور، سازند بایندرو به عنوان قدیمی‌ترین واحدهای رسوبی و آبرفت‌های سخت نشده، جوان‌ترین واحدهای رسوبی منطقه را تشکیل داده است [٤,۲]. این سازندها از نظر وجود یا عدم وجود آبخوان‌هایی با کیفیت آب مناسب، مورد بررسی قرار گرفته است [۳]. شکل ۱ نقشه زمین شناسی منطقه مطالعاتی را نشان می دهد.




شکل۱- نقشه زمین شناسی منطقه مطالعاتی، (برگرفته از نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ دماوند) [۲]

**تاریخچه مطالعات**

مطالعات قضاوتی و همکاران در سال ۱۳۸٤ تحت عنوان "بررسی کیفیت منابع آب شرب از نظر خورنده بودن در شهرک صنعتی اشترجان اصفهان " بر روی پارامترهای کیفی در ۵ محل نمونه برداری و در ۱۲۵ نمونه مورد سنجش قرار گرفت. بر اساس مقادیر این پارامترها، انديس‌های خورندگی، ریزنار، لانژلیه و پوکوریوس محاسبه گردید. مقدار انديس لانژلیه از ۰/٤۵ تا ۰/۳٤، اندیس ریزنار از ٦/٦٦ تا ۸/۲۵، انديس خوردگی از ۱۱/۵۲ تا ۱۲/٤۸ و اندیس پورکوریس از ۵/۹۲ تا ۷/۸۳ متغییر بوده است. بررسی نتایج نشان داد که آب زیرزمینی منطقه در ابتدا حالت خورندگی داشته ولی در طول مسیر خود خاصیت خورندگی آن کم شده و تقریباً به شرایط رسوب‌گذاری رسیده است. مقایسه میانگین پارامترهای کیفی اندازه گیری شده در آب چشمه بالادست شهرک در حد استانداردهای تعیین شده است ولی در طول مسیر حرکت آب مقادیر آن‌ها افزایش می‌یابد و به حدی بالاتر از استاندارد می رسد که نشان دهنده تاثیر صنایع بر روی کیفیت آب زیرزمینی منطقه است [۵]. مطالعات قضاوتی و همکاران در سال ۱۳۸۸ تحت عنوان " بررسی کیفیت شیمیایی و پتانسیل خوردگی آب‌های آشامیدنی تولیدی در پالایشگاه بندرعباس و ورودی به آن" توسط ۱٤ شاخص کیفی بر روی ۱۳٦ نمونه آب در مدت ۷ ماه مورد بررسی قرار گرفت و برای هر نمونه با سه بار تکرار، ۱٤ پارامتر کیفی مورد سنجش قرار گرفت. میانگین اندازه‌گیری‌های انجام شده بر اساس انديس لانژلیه در تمام طول دوره، برابر با ۰/٤۷- بوده که حداقل آن ۰/۹۷- (تمایل به خوردگی) و حداکثر آن ۰/۱٤- (تمایل به خوردگی کمتر) بوده است. همچنین میانگین اندازه‌گیری‌های انجام شده بر اساس انديس ریزنار برابر با ۸/۷٤ و میزان حداقل و حداکثر این انديس به ترتیب ۸/٤۹ و ۹/۳۸ بوده است و میانگین اندازه‌گیری‌های انجام شده بر اساس انديس پورکوریوس برابر با ۹/۰٤ و میزان حداقل و حداکثر این انديس به ترتیب ۸/۷۳ و ۹/٤۷ بوده است. آزمایشات و اندازه گیری ها به وسیله انديس‌های خوردگی نشان می‌دهد که در هر سه نوع آب شرایط از حالت خنثی خارج و در حالت متوسط خورندگی قرار دارد [٦].

**یافته ها:** مهم‌ترین مرحله مطالعه آب‌های زیرزمینی آماربرداری از منابع آبی حوزه شامل چاه‌ها، چشمه‌ها و قنوات می‌باشد که بایستی در فصل بهره‌برداری و در طی یک دوره زمانی نسبتاً کوتاه صورت گیرد تا میزان آبدهی و تخلیه منابع آبی در نقاط مختلف حوزه تحت تاثیر تغییرات آب و هوایی و شرایط بهره‌برداری قرار نگیرد. در شهرستان دماوند تعداد ۳٤ حلقه چاه آب شرب وجود دارد که فقط ۲۵ حلقه از این چاه‌ها در حال بهره برداری بوده و چاه های روستاهای سادات محله گل آهک، یدره، کلاک، اوچونک، علی آباد آبعلی چنار غرب و مبارک آباد از مدار خارج شده اند. جمع کل دبی ۲۵ حلقه چاه های شرب به ۲۲۸۲/٤ هزار متر مکعب می‌رسد. در شهرستان دماوند به علت آب و هوای مناسب و خوب (کوهستانی و نیمه کوهستانی) و همچنین به علت بارندگی‌های مداوم و مناسبی که در این شهرستان رخ می‌دهد دارای چشمه‌های فصلی و دائمی است. این چشمه‌ها در مناطق کارستی ایجاد شده اند که دارای آبدهی بالایی در حدود L/S ۲۰ هستند. از مهم‌ترین این چشمه ها چشمه سربندان است که

این چشمه رودخانـه سـربندان را ایجـاد کـرده اسـت. چاه های مورد نظـر در منـاطق آبرفتـی کـه از قابلیـت آبدهی نسبتاً مناسبی برخوردار است، حفر شده اسـت. سنگ کف منطقه مورد نظر از جنس شیل اسـت. زیـرا سازند شمشک به عنوان سنگ کف در شمال چاه‌هـای حفر شده، رخنمون دارد. جهت جریـان آب زیرزمینـی در ایـن محـدوده از بـالا بـه پـایین در جهـت شـیب توپوگرافی است. ضخامت رسـوبات آبرفتـی از شـمال (دامنه ارتفاعات) به طرف جنوب (مرکز دشت) رو بـه افزایش است، که در بخش دامنه‌ای حداقل و حـدود ٤٠ الی ٥٠ متر و در مرکز دشت حداکثر و حـدود ٢٥٠ متر می‌رسد. عمق آب‌های زیرزمینی، عکس ضـخامت رسوبات آبرفتی از دامنه ارتفاعات به طرف مرکز دشت رو به کاهش و بالعکس رو به افزایش است [٣].

**اطلاعات مربوط به گمانه روستای جابان**

این گمانه در استان تهـران، شهرسـتان دماونـد، در روستا جابان حفر شده است. مختصات جغرافیایی به شرح زیر است:

عرض جغرافیایی: N:35 – 36/091

طول جغرافیایی: E:52 – 52/073

ارتفاع: H:1911 m

عمق گمانـه ١٢١ متـر، طـول لولـه هـای هـادی- متـر قطر گمانه ١٥ اینچ، هدایت الکتریکی گل حفاری ٥٠٠ میکرومهوس بـر سـانتی‌متـر. مقاومـت الکتریکـی گـل حفاری ٢٠٠٠ اهم متر در ٢٥ درجه سانتی‌گراد. سـطح گل حفاری در شروع آزمـایش ١٧ متـر و سـطح گـل حفاری در پایان آزمایش ٢٢ متر [٣].

**مشخصـات کلـی لایـه هـای حفـاری شـده:** بررسی‌های منحنی‌ها و نمونه‌هـای حاصـل از حفـاری نشان می دهد که مشخصات کلـی لایـه‌هـای حفـاری شده در جدول ١ مشخص گردیده است.

**پیشنهاد بـرای لولـه گـذاری:** ١- از سـطح زمـین تا عمق ٦٦ متری، لوله جـدار مشـبک. ٢- از عمـق ٦٦ تا ٩٧ متری، لوله جدار مشبک. ٣- از عمق ٩٧ تـا ١٠٤ متری، لوله جـدار غیرمشـبک (*). ٤- از عمـق ١٠٤ تا ١٠٨ متری، لوله جدار مشبک. ٥- از عمـق ١٠٨ تا ١١٤ متری، لوله جدار غیرمشبک با انتهای مسـدود قیفی شکل(رسوب گیر).

- مجموع لوله های جدار مشـبک ٣٥ متـر و مجمـوع لوله های جدار غیرمشبک ٧٩ متر.

محلـی کـه در برنامـه لولـه گـذاری بـا علامـت (*) مشخص شده اند مـی‌تواننـد بـه تناسـب میـزان بهـره برداری و افت سطح آب در حین پمپـاژ بـرای نصـب پمپ مورد استفاده قرار گیرد [٣].

**روش تحقیق**

روش مطالعه به کـار رفتـه در ایـن تحقیـق مبتنـی بـر اندازه‌گیری خصوصـیات هیدروژئوشـیمیایی آب و بـا اسـتفاده از نمودارهـای شـیمی آب و بـه کـارگیـری اندیس‌های کیفی در چاه‌هـای سـه روسـتای سـربندان جابان و آیینه‌ورزان مـی‌باشـد. در ایـن پـژوهش از دو نمودار پایپر و ویلکوکس برای بررسی کیفیت آب سـه روستای مورد نظر استفاده شده اسـت. از انـدیس‌هـای مورد استفاده نیز می‌توان به اندیس ریزنار و اشـباع آب اشاره کرد. در نمونه‌های آب، پارامترهای دما و pH در

محل نمونه برداری و پارامترهای قلیاییت، سختی کلسیم و TDS در آزمایشگاه با توجه به روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شدند. در بررسی های هیدروژئولوژی، سطح ایستابی سه چاه مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفته که شواهد، گواه پایین رفتن و کاهش سطح ایستابی چاه‌هاست. در این پژوهش فقط یک دوره نمونه برداری آب مورد بررسی قرار گرفته است زیرا در سال‌های گذشته آب چاه‌های سه روستای مطالعاتی با مشکل کیفی و کمی مواجه نبوده است. پس از آنالیز نمونه‌ها و به دست آمدن نتایج مربوطه مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده، با استفاده از شاخص‌های اشباع آب (لانژلیه) و ریزنار، از طریق فرمول‌ها مورد محاسبه قرار گرفتند. با استناد به این اندیس‌ها می‌توان به وضع آب از لحاظ رسوب‌گذاری و خورندگی پی برد.

جدول ۱- مشخصات کلی لایه های حفاری شده روستای جابان

| عمق | توضیحات |
|---|---|
| از سطح زمین تا عمق ۲۲ متر | شن و ماسه |
| از عمق ۲۲ تا عمق ٤٤ متری | شن ماسه و بعضا قلوه سنگ با میان لایه های ماسه و رس |
| از عمق ٤٤ تا عمق ۵۱ متری | شن و ماسه رس دار |
| از عمق ۵۱ تا عمق ٦۲ متری | شن و ماسه و بعضا قلوه سنگ |
| از عمق ٦۲ تا عمق ٦۵ متری | شن و ماسه رس دار |
| از عمق ٦۵ تا عمق ۹۷ متری | توالی لایه های شن و ماسه و بعضا قلوه سنگ و میان لایه های ماسه و شن |
| از عمق ۹۷ تا عمق ۱۰٤ متری | ماسه و رس شن دار |
| از عمق ۱۰٤ تا ۱۰۸ متری | شن درشت و ماسه |
| از عمق ۱۰۸ تا عمق ۱۲۰ متری | رس و ماسه |

**اندیس ریزنار:** با استفاده از این شاخص می‌توان تا حدودی به نتایج کمی دست یافت. این اندیس توسط ریزنار در سال ۱۹٤٤ مطرح گردید. ریزنار نشان داد، مقدار رسوب کربنات کلسیم با مقدار اندیس ریزنار رابطه دارد. شاخص ریزنار، معیاری مناسب برای سنجش خورندگی و رسوب‌گذاری آب است. اندیس ریزنار به صورت معادله ۱ تعریف می‌شود [۷,٦].

(۱) اندیس ریزنار $(RI) = 2\mathrm{PH_s} - \mathrm{pH}$

در این رابطه:

pH = pH واقعی آب

$\mathrm{pH} = \mathrm{pH_s}$ آب در حالت اشباع از کربنات کلسیم.

با توجه به فرمول ۱، آب‌هایی که اندیس پایداری شان ٦ و یا کمتر از ٦ است، همیشه رسوب بیشتری تولید می‌کنند و تمایل خوردگی آن‌ها کمتر است [٦]. اگر اندیس پایداری بزرگ‌تر از ۷ باشد، رسوب‌گذاری اتفاق نمی‌افتد [۷]. جدول ۲ وضع آب را براساس اندیس ریزنار نشان می‌دهد [٦].

**اندیس اشباع آب (لانژلیه):** در سال ۱۹۳٦ توسط W.F لانژلیه به منظور محاسبه pH اشباع از کربنات کلسیم پیشنهاد شد. جهت استفاده از این اندیس باید پارامترهای درجه حرارت کل جامدات محلول قلیاییت، کلسیم و pH محاسبه گردد.

فرمول محاسبه این اندیس به صورت معادله ۲ تعریف می‌شود [٦و٧].

$$SI = I_s \text{ (اندیس اشباع آب)} = pH - pH_s \quad (۲)$$

در این رابطه:

(SI) = اندیس اشباعیت یا شاخص لانژلیه

pH = pH واقعی آب

$pH_s$ = آبی که از کربنات کلسیم اشباع گردیده است (در نقطه تعادل) [۹].

اگر میزان pH از $pH_s$ بیشتر باشد، آب رسوب‌گذار اگر مساوی باشد خنثی و اگر میزان pH از $pH_s$ کمتر باشد، آب خورنده است. به عبارت دیگر، اگر عدد حاصله مثبت باشد، آب رسوب‌گذار و اگر جواب منفی باشد، آب منطقه خورنده است [٦]. جدول ۳ وضعیت آب بر اساس اندیس اشباع را نشان می‌دهد.

جدول ۲- وضع آب براساس اندیس ریزنار [۸]

| اندیس ریزنار | وضع آب |
|---|---|
| ٤ -٥ | به شدت رسوب دهنده |
| ٥ – ٦ | رسوب دهنده |
| ٦ -٧ | رسوب دهنده تا کمی خورنده |
| ٧ – ٧/٥ | کمی خورنده |
| ٧/٥ – ٩ | نسبتاً خورنده |
| بالاتر از ٩ | به شدت خورنده |

جدول ۳- وضعیت آب براساس اندیس اشباع [۸]

| | | | |
|---|---|---|---|
| $pH > pH_s$ | رسوب گذار | رسوب گذار | $I_s$>۰ |
| $pH = pH_s$ | خنثی | خنثی | $I_S$ -۰ |
| $pH_s < pH$ | خورنده | خورنده | $I_s$<۰ |

میزان $pH_s$ را از طریق دیاگرام لانژلیه و یا از طریق معادله ۳ می توان محاسبه کرد.

$$pH_s = \{(9, +A+B) - (C+D)\} \quad (۳)$$

$$A = (\log_{10}[TDS] - 1)/10 \quad (٤)$$

$$B = -13/12 \times \log_{10}(℃ + 273)34/55 \quad (٥)$$

$$C = \log_{10}(Ca^{2+} \text{ as } CaCO_3) - 0/4 \quad (٦)$$

$$D = \log_{10}(\text{alkalinity as } CaCO_3) \quad (٧)$$

## نتایج و بحث

حال می‌توان برای سه منطقه مورد مطالعه اندیس‌ها را به‌کار برد و به وضع آب پی برد.

**تحلیل بر اساس اندیس ریزنار:** اندیس محاسبه شده برای سه منطقه جابان، سربندان و آیینه ورزان به ترتیب ۷/۵، ۷/۱ و ۷/۵۱ می‌باشد. با محاسبه میانگین اعداد سه منطقه، عدد حاصل برابر با ۷/۳۷ خواهد شد. حداقل اندیس ریزنار ۷/۱ مربوط به منطقه سربندان و حداکثر آن ۷/۵۱ مربوط به جابان است. بنابراین می‌توان آب سه منطقه را باتوجه به جدول ۲ در دسته کمی خورنده در نظر گرفت.

**تحلیل براساس اندیس لانژلیه:** اندیس اشباع محاسبه شده برای مناطق جابان، سربندان و آیینه ورزان شامل ۰/۳۹، ۰/٦ و ۰/۷ می‌باشد. با محاسبه میانگین اعداد هر سه منطقه، عدد حاصل برابر با ۰/٥٦ خواهد شد. حداقل اندیس لانژلیه ۰/۳۹ مربوط به جابان و حداکثر آن ۰/۷ مربوط به منطقه آیینه ورزان می‌باشد. بنابراین، آب این مناطق به علت مثبت بودن عدد حاصله، در محدوده رسوب‌گذار قرار می‌گیرد و می‌توان اسیدشویی را در چاه‌های منطقه انجام داد.

**علت تشکیل رسوب:** تشکیل رسوب زمانی اتفاق می‌افتد که یون‌های فلزی دو ظرفیتی موجود در آب با سایر یون‌های موجود در آب ترکیب شده و در جدار داخلی رسوب کنند. رسوبات از لحاظ ترکیب شیمیایی به ٤ دسته کربنات کلسیم، کربنات منیزیم کلرید منیزیم و سولفات کلسیم، موجود باشند. از عوامل مهم در به وجود آمدن رسوب و گرفتگی نیز می‌توان به pH ، درجه حرارت و غلظت TDS اشاره کرد. با کاهش pH آب اسیدی شده و کربنات کلسیم حل می‌شود. از دیگر عوامل ایجاد رسوب، قلیایی شدن محیط است. فرآیندهای بیولوژیکی از قبیل فتوسنتز موجب جذب موجود در محیط می‌شود باعث افزایش مقدار pH می‌شود [۳]. جدول ٤ نتایج آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی روستاهای مطالعاتی شهرستان دماوند که در سال ۱۳۸۹ نمونه برداری شده است را، نشان می‌دهد. بر اساس داده‌ها ملاحظه می‌شود که برخی از پارامترهای مورد آزمایش در مقایسه با استاندارد ملی و WHO در محدوده و برخی از پارامترها خارج از محدوده استاندارد می‌باشند. با وجود این اطلاعات کیفیت آب شرب در چاه‌ها به صورت رسوب‌گذار تا کمی خورنده می‌باشد.

**عوامل موثر در کیفیت آب های زیرزمینی**

میزان کیفیت منابع آب‌های زیرزمینی در هر منطقه تابع عوامل مختلفی است که از مهم‌ترین این عوامل به جنس زمین، سازندهای منطقه، وضعیت تکتونیکی منطقه مورد مطالعه، جنس سنگ‌ها، عمق سطح آب زیرزمینی و... اشاره نمود [۱۱]. از بین عوامل یاد شده جنس سنگ‌ها و سازندهای منطقه از جمله عوامل تاثیرگذار در میزان کیفیت آب‌های زیرزمینی بوده که از مهم‌ترین عوامل تولید املاح در آب‌های سطحی و زیرزمینی بوده است. طول مسیر جریان آب‌های زیرزمینی و مدت تماس آب با ذرات خاک، عدم تغذیه کافی آبخوان و بهره‌برداری بی‌رویه نیز از جمله عوامل افزایش مقدار املاح وتغییر و نامناسب شدن کیفیت منابع آب می‌باشند. همچنین جنس و دانه‌بندی رسوبات نیز از جمله عواملی است که با کنترل سرعت جریان آب، در کیفیت منابع آب آبرفتی موثر می‌باشند. بدین شکل که ریزدانه (رسی- سیلتی) بودن رسوبات آبرفتی موجب کاهش سرعت جریان آب‌های زیرزمینی و افزایش املاح محلول در آب خواهد شد. عمق آب های زیرزمینی همانند عکس ضخامت رسوبات آبرفتی از دامنه ارتفاعات به طرف مرکز دشت رو به کاهش و بالعکس رو به افزایش است.

**جنس و ساختار سنگ کف:** آنچه که نقشه زمین شناسی منطقه نشان می‌دهد سه چاه مورد نظر در یک منطقه آبرفتی حفر شده است که میزان ضخامت آبرفت به حدود ۱۵۰ تا ۲۰۰ متر می‌رسد. این آبرفت‌ها مربوط به آبرفت‌های قدیمی هستند که در توالی بالای آن‌ها آبرفت‌های عهد حاضر قرار دارند. بعد از این توالی به اولین سازندی که می‌رسیم سازند شمشک (ژوراسیک میانی) است که دارای شیل است. بنابر آنچه که گفته شد می‌توان نتیجه گرفت که سنگ کف منطقه از جنس شیل است.

**جهت جریان آب زیرزمینی:** جهت جریان آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه از بالا به پایین و در جهت شیب توپوگرافی است.

**رونـد تغییـرات EC:** تغییـرات EC در چـاه هـای روسـتاهای دماونـد بـین مقـادیر ۳۱۰ تـا ۱٤۷۰ متغیـر است. در سه روستای مطالعاتی میزان EC متغیـر بـوده به طوری که، در روستای سربندان بیشترین مقدار EC و در آیینه ورزان نیـز کـم‌تـرین مقـدار ممکـن اسـت. اما این تغییر به گونه ای نیست که در آب باعث ایجـاد شوری شود. EC و TDS با یکـدیگر رابطـه مسـتقیم دارند. یعنی هرچه میـزان شـوری بیشـتر شـود میـزان املاح داخل آب زیـاد شـده و میـزان EC نیـز بیشـتر خواهـد شـد. رونـد تغییـرات EC در سـه روسـتای یاد شده بسیار پایین بوده به‌طوری‌که این تغییرات بـین ۳۱۰ – ٥٤۳ میکرو موس بر سانتی‌متـر مـی باشـد کـه نشان دهنـده آب مناسـب بـرای کشـاورزی و آبیـاری است [۱۱].

**رونـد تغییـرات کلـر:** یـون کلـر (CL) از جملـه آنیـون‌هـای محلـول در آب مـی‌باشـد کـه عـلاوه بـر خصوصیات ژئوشیمیایی آبخوان در برخـی مـوارد نیـز ناشی از مصرف سـموم کشـاورزی و ورود بعضـی از آلودگی‌های صنعتی به آبخوان بوده و لذا انـدازه‌گیـری و بررسی مقدار و روند تغییرات آن از اهمیت ویـژه‌ای برخـوردار اسـت. رونـد تغییـرات کلـر در روسـتاهای شهرستان دماوند بین مقادیر ۱۲ تـا ۱۳۵ متغییـر اسـت. در سه روستای یاد شده میـزان کلـر بسـیار کـم اسـت بـه‌طـوری کـه بیشـترین مقـدار کلـر در آیینـه ورزان به مقدار ۲۰ mg/L و کم‌ترین آن در جابان ۱۷ mg/L است، که این اعداد می‌تواند نشان دهنده عـدم شـوری در آب ایـن چـاه‌هاسـت. طبـق جـدول شـماره ۳ در شهرستان وادان میـزان کلـر بسـیار بـالاتر از چـاه‌هـای اطراف بوده و در بقیه چاه های منطقه از نظر میزان کلر در حد قابل قبولی قرار دارند.

**روند تغییرات سختی کل (TH):** سختی کل (TH) از جملـه پارامترهـای کیفـی منـابع آب مـی‌باشـد کـه بر حسب مقدار یون‌های کلسیم (Ca) و منیزیم (Mg) محلول در آب محاسبه شـده و معـرف میـزان انحـلال صابون در آب و رسوب‌زایـی آن مـی‌باشـد و کـاربرد منابع آب جهت مصارف بهداشت را محدود می‌نمایـد. در این میان سـختی کـل (TH) آب‌هـای بـا مصـارف بهداشت خانگی می‌بایست کمتـر از ۷۵ mg/L باشـد. با توجه بـه آنالیزهـایی کـه در قسـمت غـرب، شـرق و جنوب منطقـه مـورد مطالعـه صـورت گرفتـه اسـت مشخص شد، میزان سختی متغییر بوده بـه طـوری کـه این تغییرات ما بین ٤٤۲ mg/L– ۱۰۷ کربنات کلسـیم است که بیشترین و کم‌ترین مقدار سختی به ترتیب در روستاهای حصـار بـالا و اسـلام آبـاد در غـرب آیینـه ورزان است که مقـدار آن ٤٤۲ mg/L و ۱۰۷ mg/L می باشد. در سه روستای مورد مطالعه نیز میزان (TH) بـالا بـوده کـه بیشـترین مقـدار سـختی در سـربندان و کم‌ترین مقدار در آیینه ورزان به ترتیب ۲٦٥ mg/L و ۱٥۰ mg/L می‌باشد. منابع آب‌هـای زیرزمینـی ایـن ناحیه بر حسب مقدار سختی کل (TH) عموماً درحـد نسبتاً سخت قرار دارند.

**روند تغییرات تغییرات باقیمانده امـلاح خشـک:** مقدار باقیمانده املاح خشـک (T.D.S) و یـا غلظـت کل نمک های محلول در آب نیز از جمله پارامترهـای کیفی است که معرف متوسط خصوصیات کیفی منـابع آب بـوده و انـدازه‌گیـری و بررسـی مقـدار و رونـد تغییرات آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است امـا ایـن

پارامتر معمولاً در آزمایشگاه و حین انجام آزمایش کامل شیمیایی منابع آب تعیین می‌گردد. بنابراین بر اساس ضوابط و استانداردهای کیفیت آب آشامیدنی آب‌های با مصرف شرب اصولاً می‌بایست مقدار باقیمانده املاح خشک (T.D.S) کمتر از ۱۰۰۰ و حتی کمتر از ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر داشته باشند و در مصارف کشاورزی و صنعت نیز مقدار باقیمانده املاح خشک (T.D.S) مجاز تابع الگوی کشت و نوع مصرف صنعتی می‌باشد. وجود TDS در آب باعث بالا رفتن شوری می‌شود. میزان TDS در روستاهای دماوند بین مقادیر ۱۸٦ تا ۸۸۲ متغییر بوده است. میزان TDS (جامدات محلول) در سه منطقه مورد مطالعه در حد خوبی قرار دارد، به طوری‌که بیشترین مقدار TDS در منطقه سربندان به مقدار ۳۲٦ mg/L و کمترین آن در آیینه ورزان با ۱۸٦ mg/L است. روستای وادان بالاترین میزان TDS را دارد که مقدار آن ۱٤۷۰ mg/L است.

## تجزیه و تحلیل داده ها بر اساس نمودارها

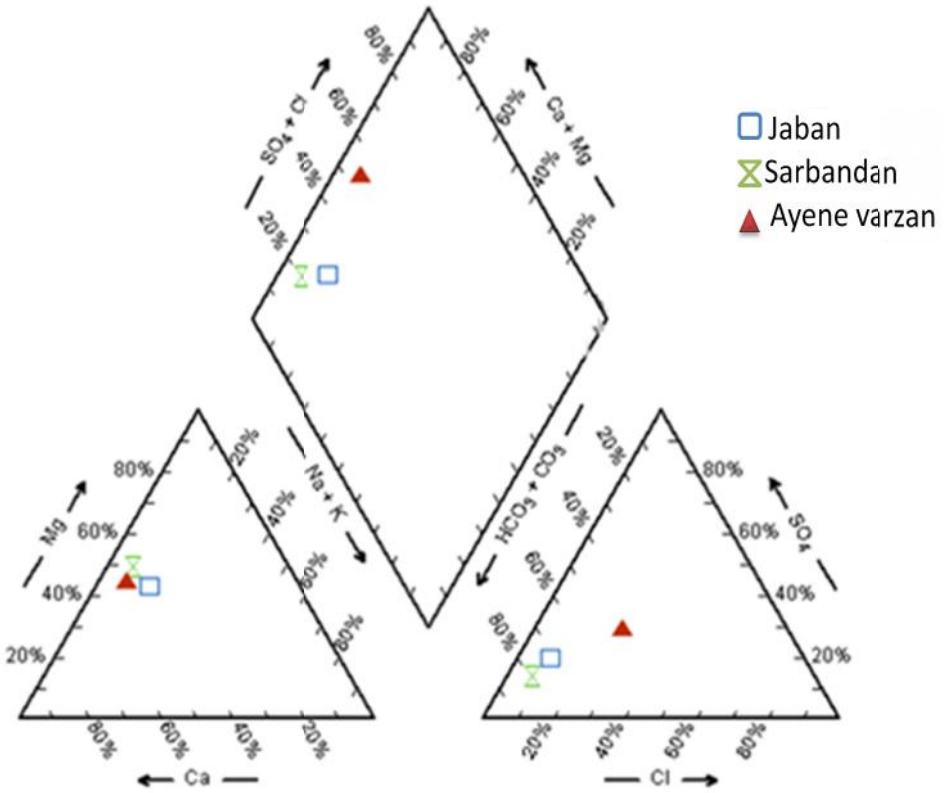
این قسمت با بررسی نتایج بدست آمده از تجزیه شیمیایی آب چاه ها حاصل گردیده است. این تجزیه و تحلیل با برداشت نمونه از آب چاه‌ها می‌باشد که شامل کلسیم، سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلر، $CO_3$ $HCO_3$، مجموع آنیون‌ها، کاتیون‌ها و.... و همچنین مقدار pH، TDS و EC می باشد. در این‌جا با استفاده از دیاگرام‌های پایپر، شولرو ویلکوکس به تجزیه و تحلیل و وضع آب منطقه مورد مطالعه، می‌پردازیم. ضمناً، با پرداختن به چگونگی شرایط زمین شناسی منطقه، به خصوصیات هیدروشیمیایی آن پی خواهیم برد.

## تفسیر آب چاه ها بر اساس نمودار پایپر

نمودار پایپر از دو مثلث و یک لوزی تشکیل شده است که مثلث سمت راست بیانگر آنیون ها و مثلث سمت چپ نشانگر کاتیون ها و لوزی ترکیبی از دو مثلث گفته شده است. همان طور که در شکل ۲ مشاهده می شود نمونه های آب منطقه مطالعاتی، در قسمت چپ لوزی دیده می شود که نشان دهنده این است که بیشتر فلزات مناطق از جنس قلیایی خاکی بوده که نسبت به فلزات قلیایی غالب هستند. همچنین با توجه به بررسی های فیزیکی و شیمیایی منطقه جدول ٤ می توان فهمید که درصد سدیم و پتاسیم (قلیایی) نسبت به کلسیم و منیزیم (قلیایی خاکی) کمتر است. با توجه به نمودار فوق می توان دریافت که میزان اسیدهای ضعیف بیش از اسیدهای قوی است. در هر سه منطقه یاد شده میزان pH بیشتر از ۸ است که نشان دهنده قلیایی بودن آب است. با توجه به زون های آهکی که در منطقه قابل شناسایی است می توان علت قلیاییت را به این زون ها نسبت داد. سختی کربناته از ۵۰٪ تجاوز می کند که این سختی کربناته مربوط به بالا بودن کلسیم و منیزیم است.

جدول ٤- نتایج آزمون های فیزیکی و شیمیایی روستاهای شهرستان دماوند [١٠]

| | ردیف | ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ | ٦ | ٧ | ٨ | ٩ | ١٠ | ١١ | ١٢ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | روستا | جابان | حصار بالا | سربندان | وادان | لومان | بیدک | آیینه‌ورزان | هاشمک | سید آباد | چنار شرق | اسلام آباد | چنارغرب |
| عامل های فیزیکی و شیمیایی | رنگ (TCU) | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | کدورت (NTU) | ١ | ١ | ١ | ١ | ١ | ١ | ١ | ١ | ١ | ١ | ١ | ١ |
| | دما در آزمایشگاه (°C) | ٢٠ | ٢٠ | ٢٠ | ٢٠ | ٢٠ | ٢٠ | ٢٠ | ٢٠ | ٢٠ | ٢٠ | ٢٠ | ٢٠ |
| | pH | ٨/٢٩ | ٧/٨٥ | ٨/٣ | ٨/٣ | ٨/٢٣ | ٨/٧٤ | ٨/٩ | ٧/٦٢ | ٨/٦٣ | ٨/١٢ | ٨/٨٢ | ٨/٣١ |
| | هدایت الکتریکی(µmhos/cm) | ٥٠٠ | ٩٢٠ | ٥٤٣ | ١٤٧٠ | ٤٢٥ | ٤١٧ | ٣١٠ | ١٣٦٧ | ٤٣٢ | ٤٨٠ | ٤٩٧ | ٤٥٠ |
| | TDS@180°C (mg/L) | ٣٠٠ | ٥٥٢ | ٣٢٦ | ٨٨٢ | ٢٥٥ | ٢٥٠ | ١٨٦ | ٧٦٠ | ٢٥٩ | ٢٨٨ | ٢٩٨ | ٢٧٠ |
| | سختی کل(mg/L as $CaCO_3$) | ٢٢٤ | ٤٢١ | ٢٦٥ | ٢٥٧ | ١٩٥ | ١٨٥ | ٤٥٠ | ٣٧٤ | ١٣٦ | ٢١٦ | ١٠٧ | ١٧٢ |
| | سختی دائم (mg/L as $CaCO_3$) | ٥٢ | ١٢٩ | ٦١ | ٤١ | ٤٧ | ٥٥ | ٤٠ | ٢٢ | ٠ | ٣٦ | ١٣ | ١٢ |
| | قلیائیت کل (mg/L as $CaCO_3$) | ١٧٢ | ٢٩٢ | ٢٠٤ | ٢١٦ | ١٤٨ | ١٣٠ | ١١٠ | ٣٥٢ | ٤١٠ | ١٨٠ | ١٢٠ | ١٦٠ |
| آنیون ها (mg/L) | فلوراید $F^+$ | ٠/١ | ٠/٢ | ٠/١ | ٠/١ | ٠/١ | ٠/١ | ٠/١ | ٠/٢ | ٠/١ | ٠/١ | ٠/٢ | ٠/١ |
| | کلرور $Cl^-$ | ١٧ | ٥٨ | ١٤ | ١٣٥ | ١٢ | ١٢ | ٢٠ | ٨٥ | ١٥ | ١٥ | ٣٥ | ٢٢ |
| | سولفات $SO_4^{2-}$ | ٤٥ | ٥٥ | ٣٣ | ٢٥٥ | ٣٣ | ٤٨ | ٣٠ | ٧٣ | ٣٥ | ٢٠ | ٤٢ | ١٤ |
| | کربنات $CO_3^{2-}$ | ٠ | ٠ | ٠ | ٠ | ٠ | ١٠ | ٥٠ | ٠ | ١٠ | ٠ | ١٠ | ٠ |
| | بیکربنات $HCO_3^-$ | ٢١٠ | ٣٥٦ | ٢٤٩ | ٢٦٤ | ١٨١ | ١٤٦ | ٦٠ | ٤٢٩ | ١٥٩ | ٢٢٠ | ١٣٤ | ١٩٥ |
| | نیترات $NO_3^-$ | ١٦ | ٢٨ | ١٥ | ٧٧ | ٢٢ | ١١ | ٥ | ٦٠ | ٩ | ١٣ | ١٧ | ١٧ |
| | نیتریت $NO_2^-$ | ٠/٠٠٣ | ٠/٠٠٦ | ٠/٠٠٢ | ٠/٠٠٩ | ٠/٠٠٤ | ٠/٠٠١ | ٠/٠٠١ | ٠/٠٠٦ | ٠/٠٠٢ | ٠/٠٠٣ | ٠/٠٠٥ | ٠/٠٠٣ |
| | فسفات $PO_4^{2-}$ | ٠ | ٠ | ٠ | ٠ | ٠ | ٠ | ٠ | ٠ | ٠ | ٠ | ٠ | ٠ |
| کاتیون ها (mg/L) | کلسیم $Ca^{2+}$ | ٤٤ | ١١٢ | ٥٠ | ٦٠ | ٤٠ | ٣٦ | ٣١ | ٩٥ | ٢٢ | ٦٥ | ٢٦ | ٤٢ |
| | منیزیم $Mg^{2+}$ | ٢٧ | ٣٤ | ٣٤ | ٢٦ | ٢٣ | ٢٣ | ١٧ | ٣٣ | ٢٠ | ١٣ | ١٠ | ١٦ |
| | سدیم $Na^+$ | ١٨ | ١٨ | ١٠ | ٢٢٥ | ١٦ | ١٦ | ٦ | ١٢٠ | ٣٧ | ١١ | ٦٥ | ٣٦ |
| | پتاسیم $K^+$ | ١/١ | ١/٨ | ٠/٧ | ١/٥ | ١/٣ | ١/١ | ٠/٧ | ٤ | ١/١ | ٠/٧ | ٠/٧ | ٠/٩ |
| | آهن $Fe^{2+}$ | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | منگنز $Mn^{2+}$ | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |



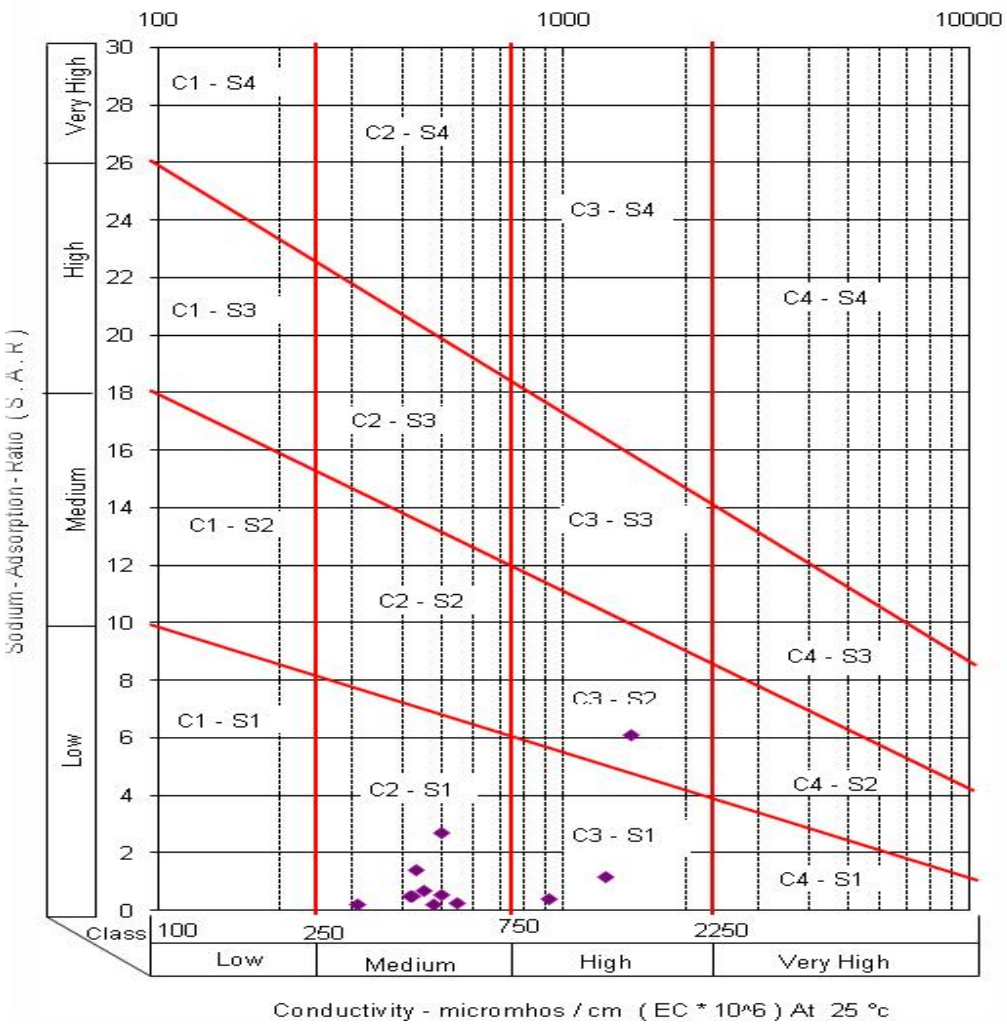

شکل ۲- تجزیه شیمیایی نمونه های آب منطقه مطالعاتی در نمودار پایپر

## تفسیر آب چاه ها بر اساس نمودار ویلکوکس

این نمودار برای بررسی کیفیت آب در مصارف کشاورزی کاربرد دارد. نمودار ویلکوکس بر اساس EC و SAR می‌باشد که بر اساس ۱۶ کلاس طبقه بندی می‌گردد. در این نمودار هر چند مقدار EC و SAR کمتر باشد آب دارای سختی کمتری است. در شکل ۳ کلیه نمونه هایی که در جدول ٤ ذکر شده است، آورده شده است و می توان به راحتی پی برد که نمونه ها در چه کلاسی قرار گرفته اند. در نمودار قابل مشاهده است که نمونه های ۱۲ چاه دماوند در سه کلاس $C_3$-$S_2$، $C_3$-$S_1$، $C_2$-$S_1$ قرار دارد که به تفسیر هر کدام می‌پردازیم.

**کلاس $C_2$-$S_1$**: در این کلاس میزان EC بین ۲۵۰ تا ۷۵۰ و میزان SAR بین ۰ تا ٦ متغییر می باشد. میزان EC در این کلاس پایین و میزان SAR در بهترین شرایط ممکن قرار دارد. همان طور که در شکل ۳ مشاهده می شود بیشتر نمونه ها در این کلاس قرار دارند که نشان دهنده پایین بودن میزان شوری آب در این نمونه ها و مناسب بودن آب برای آبیاری و کشاورزی است.

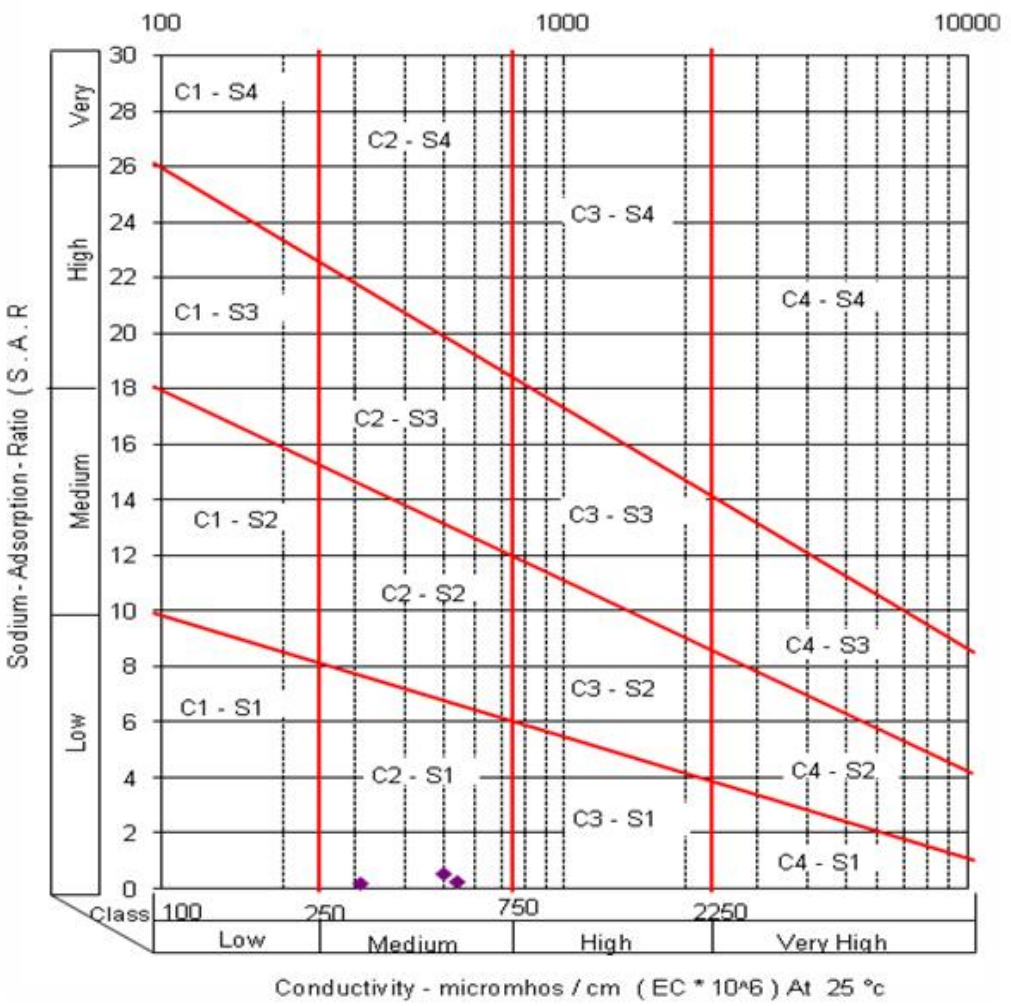
**کلاس $C_3$-$S_2$**: در این کلاس میزان EC بین ۷۵۰ تا ۲۲۵۰ و میزان SAR بین ۱۰تا ۱۸ متغییر می‌باشد. میزان EC در این کلاس نسبتاً بالا و میزان SAR با مقدار میانه محسوب می‌گردد. در بین نمونه های پلات شده در روی شکل ۳، چاه وادان در این کلاس قرار می‌گیرد. کیفیت این نمونه‌ها برای آبیاری به مراتب کمتر از کیفیت کلاس $C_3$-$S_1$ می‌باشد.




شکل ۳- تجزیه شیمیایی نمونه های آب ۱۲ چاه دماوند در نمودار ویلکوکس

**کلاس $C_3$-$S_1$**: این کلاس میزان EC بین ۷۵۰ تا ۲۲۵۰ و میزان SAR بین ۱۰ تا ۱۸ متغییر می‌باشد. میزان EC در این کلاس نسبتاً بالا و میزان SAR با مقدار میانه محسوب می‌گردد. در بین نمونه‌های پلات شده در روی شکل ۳، دو نمونه که مربوط به چاه‌های حصار بالا و هاشمک می‌باشد، در این کلاس قرار می‌گیرد. کیفیت این نمونه‌ها در مقایسه با کلاس $C_3$-$S_2$ برای مراتب بالاتر است. از نظر تفسیر زمین‌شناسی، این نمونه ها معمولاً در مکان‌هایی قرار دارند که جنس زمین از لحاظ انحلال در وضعیت خوبی قرار داشته باشد که این به این معناست که در این مناطق نسبت به مناطق همجوارتر میزان مواد محلول در آب کمتر بوده است. شکل ٤ نمونه های سه چاه منطقه مطالعاتی را نشان می دهد. همان طور که در شکل ٤ مشاهده می شود سه نمونه سربندان جابان و آیینه ورزان در کلاس $C_2$-$S_1$ قرار می گیرند که جزء یکی از بهترین کلاس ها برای آبیاری و کشاورزی است. از لحاظ زمین شناسی این گونه از نمونه ها معمولاً در جاهایی قرار دارند که جنس زمین از نظر انحلال در وضعیت خوبی قرار نداشته و آب به نسبت بیشتری در این گونه مناطق نسبت به سایر مناطق وجود دارد که میزان EC و SAR

را پایین نگـه مـی‌دارد. در واقـع خـاک ایـن منطقـه از انحلال پذیری کم‌تری برخوردار است. به علت بـارش مناسبی که در این مناطق رخ مـی دهـد از نظـر میـزان آبـدهی این مـناطق خـوب و منـاسب اسـت. آب سه منطقه مورد مطالعه کمی شـور اسـت امـا ایـن شـوری خللی درخوب بودن کیفیت آب از نظر شـوری ایجـاد نمی‌کند، لذا، برای کشاورزی مناسب است.




شکل ٤- تجزیه شیمیایی نمونه های آب چاه منطقه مطالعاتی در نمودار ویلکوکس

## تفسیر آب چاه‌هـا بـر اسـاس دیـاگرام شـولر- برکالف

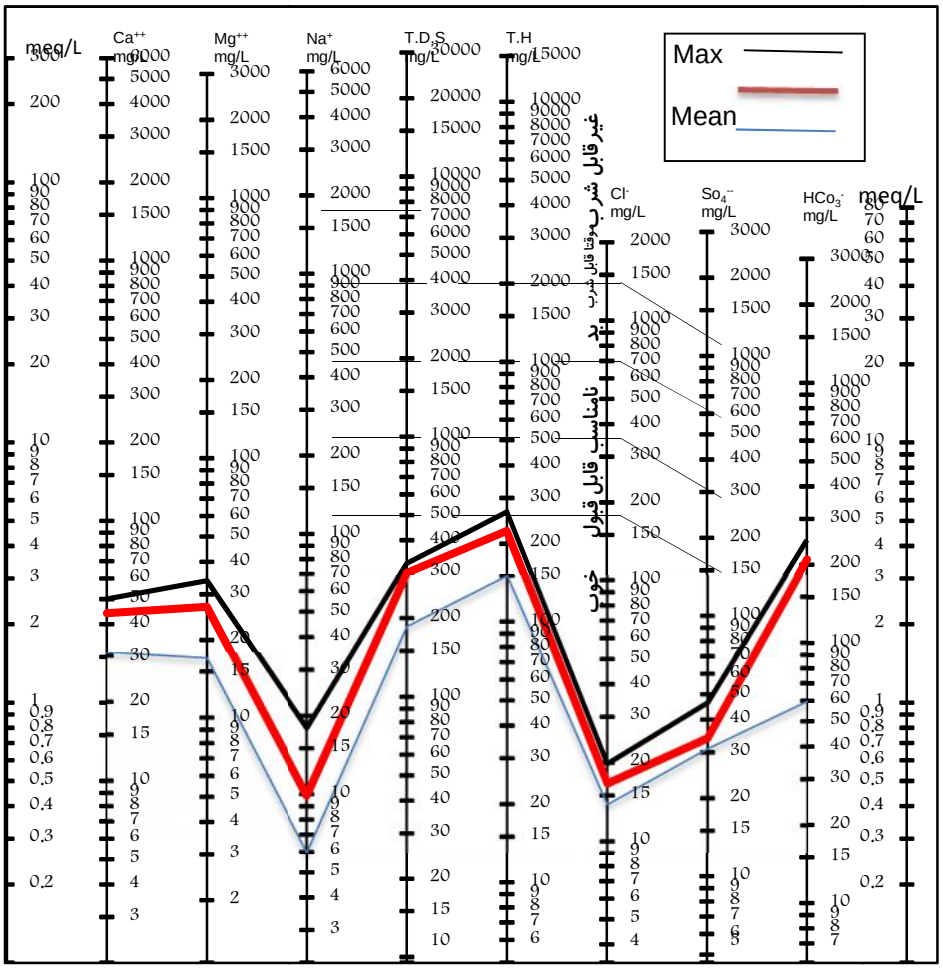
**برکالف**: این دیاگرام که پیشـتر بـدان اشـاره گردیـده است برای نشـان دادن ایـن مطلـب اسـت کـه آب تـا چه اندازه قابل شرب می باشـد و همچنـین بـه جهـت مقدار سختی آب نیز کاربرد دارد. نمونـه هـایی کـه از نظر شرب مناسب تلقـی مـی شـوند کـه دارای امـلاح بسیار کمی بوده است و بـرعکس اگـر شـرایط آب در حد نامـناسب باشد امـلاح زیادی را دارا مـی باشد. در نمودار شولر- برکالف حدهای مختلفی وجود دارد کـه این حدود از قابلیت شـرب خـوب کـه دارای سـختی کمتری هستند شروع شـده و تـا حـدهایی بـا قابلیـت شرب نامناسب و سختی بالا ادامـه دارد. ایـن مناسـب و نا مناسـب بـودن بـه مقـدار سـختی آب‌هـا مربـوط می شود. مقـدار سـختی کـل شـامل مجمـوع سـختی موقت و سختی دائمی است. بـرای رسـم ایـن نمـودار

بایستی ابتدا مقدار بالای هر یون از تجزیه آب چاه ها انتخاب شده و آن را بر روی نمودار پلات می کنیم که حاصل به صورت خطوط شکسته نمایانگر می‌شود سپس مقدار پایین هر یون از تجزیه آب چاه های منطقه انتخاب شده و مانند قبل بر روی نمودار پلات می‌شود و این بار نیز حاصل به صورت منحنی نمایانگر می باشد. هرچه خطوط شکسته در قسمت‌های بالای نمودار قرار داشته باشد دارای قابلیت شرب نامناسب است و سختی آن بالاست و بالعکس هرچه در قسمت های پایین تر واقع شود آب از نظر شرب در حد خوبی است. حال با توجه به نمودار های رسم شده میانگین نمودار ها را در نظر گرفته و به تحلیل آن می پردازیم. همان‌گونه که در نمودار رسم شده ملاحظه می شود منحنی میانگین رسم شده بیانگر آبی با قابلیت شرب خوب می باشد که محدودیتی برای شرب ندارد. میزان یون سولفات در این آب در حد بسیار پایینی قرار دارد که نشان دهنده پایین بودن میزان خورندگی آب است. منحنی میانگین رسم شده، بیان‌گر آبی با قابلیت شرب خوب می باشد که محدودیتی برای شرب ندارد. البته با توجه به بالا بودن یون بی‌کربنات در این آب و آهکی بودن اکثر سازندهای زمین شناسی منطقه باعث شده آب از نظر کیفیت در حد نامناسب باشد که نشانگر رسوب‌گذار بودن آب است. خطوط مشکی و آبی موجود در نمودار نیز در محدوده خوب قرار دارد که نشان دهنده مناسب بودن آب است.

## نتیجه گیری

به دلیل وجود سازندهای قدیمی مزوزوئیک در منطقه به خصوص در شمال روستای سربندان که دارای گسترش جانبی زیاد در پهنه وسیعی از غرب منطقه مطالعاتی(جابان و آیینه ورزان) تا محدوده شرق آن (سید آباد و آرو) است، و از سویی هم‌جواری این سازندها با رودخانه سربندان که از ارتفاعات شمالی (سازند کهر) منشا می‌گیرد و به دشت آبرفتی جنوبی سربندان ختم می شود، این امکان را می‌دهد که در زمان فرسایش و رسوب‌گذاری، امکان حمل کلاستیک‌های آواری و شیمیایی سازندهای قدیمی را به دشت آبرفتی منطقه را بدهد. مسلماً شرایط اقلیمی سرد و کوهستانی که در منطقه حاکم است از یک سو و شیب توپوگرافی از سوی دیگر و مهم‌تر از همه ویژگی‌های تکتونیکی و امکان خورد شدگی‌ها این سازندها، شرایط را برای رسوب زایی آن‌ها فراهم کرده که از این نظر می‌توان، سازند شمشک را به عنوان کم مقاوم‌ترین و سازند ماسه سنگی درود را به عنوان مقاوم‌ترین واحد لیتولوژیکی از حیث پتانسیل رسوب‌زایی در نظر گرفت. به هر حال نظر به این که منشا نهشته های آبرفتی در پهنه مورد مطالعه که به صورت جانبی و عمقی گسترش پیدا کرده اند عمدتاً از سازندهای قدیمی مزوزوئیک و پالئوزوئیک فوقانی است و همان‌طور که اشاره گردید، جنس این سازندها اکثراً از واحدهای تخریبی شیل و ماسه سنگ و رسوبات شیمیایی کربناته می باشد، انتظار آن است که، در لوگ حفاری چاه های مذکور نیز همین رسوبات دیده شود. بر این اساس در زمان حمل آب‌های سطحی، امکان تشکیل رسوبات کم مقاوم شیلی و انتقال آن به درون سفره آب‌های زیرزمینی پهنه مورد مطالعه، فراهم می آید. به همین جهت در زمانی که سفره های مورد نظر سه روستای ذکر شده به دلایل متفاوت، دچار نقصان در کمیت آب شود

(کاهش نزولات جوی و یا برداشت بی رویه از آب‌های زیرزمینی)، غلظت رسوبات محلول (بی‌کربناته) و نامحلول (رسوبات رسی و شیلی) افزایش یافته که این امر می‌تواند باعث گرفتگی شبکه جدار چاه ها شود که در نهایت منجر به کاهش دبی در چاه های گفته شده می‌گردد. در خصوص رسوبات محلول (بی‌کربناته) می‌توان گفت که، این رسوبات در فضای چاه به دلیل افزایش درجه حرارت و شرایط اشباعی به صورت رسوب درآمده که خود نیز، عامل ثانویه برای تبدیل یون بی‌کربنات محلول به کربنات و در نتیجه گرفتگی شبکه ها می‌شود. همچنین در خصوص آن دسته از رسوبات ماسه ای که از سازندهای قدیمی به پهنه آبرفتی حمل می‌شوند، به نظر قطر این رسوبات به اندازه ای نیست (اندازه این دانه ها از سیلت و رس درشت تر هستند) که در این محدوده بتوانند از قطر مشبک های لوله جدار عبور کرده و باعث گرفتگی و کاهش دبی شوند. بنابراین در نهایت می‌توان این پهنه را با توجه به منشا و ژنز رسوبات آن، عمدتاً در دسته آب‌های رسوب‌گذار و جنس رسوبات همان طور که بدان اشاره شد در دسته فراوان تر (رسوبات رسی، شیلی) و در دسته دوم رسوبات کربناته (آهک یا دولومیت) معرفی نمود. البته می‌توان صدف های آهکی، انحلالی فسیل‌های موجود در واحدهای لیتولوژیکی سازند الیکا از سازندهای قدیمی‌تر را نیز در ژنز (منشا) این رسوبات کربناته دخیل دانست.




شکل۵- نمودار شولر- برکالف که سه نمونه منطقه روی آن ثبت شده است

## منابع


۱- منزوی، م.ت؛ (۱۳۸۸)، آبرسانی شهری، انتشارات دانشگاه تهران ، ۳۸٤ ص.

۲- آلنباخ، پ؛ (۱۳٤۹)، برگه چهار گوش ۱:۱۰۰۰۰۰ شهرستان دماوند، سازمان اکتشافات و معدنی کشور.

۳- صمدی، ا; (۱۳۸۳)، نحوه تامین آب شرب روستای سربندان شهرستان دماوند، شرکت آب و فاضلاب روستایی استان تهران شماره ۱۰۳-٦٤، ٤۷ ص.

٤- آقانباتی، ع، (۱۳۸۵)، زمین شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۳۵۷ ص.

۵- قضاوتی، ع؛ (۱۳۸٤)، " بررسی کیفیت منابع آب شرب از نظر خورنده بودن در شهرک صنعتی اشترجان اصفهان "

٦- قضاوتی، م؛ نوشادی، م ؛ مرندی، ر ؛ (۱۳۸۸)، بررسی کیفیت شیمیایی و پتانسیل خوردگی آب‌های آشامیدنی تولیدی در پالایشگاه بندرعباس و ورودی به آن، دوازدهمین همایش ملی بهداشت ایران، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، دانشکده بهداشت، ص ۷۳٤ – ۷۵۳.

۷- جعفری، م; فلاح، ف; حسنی، ا.م; (۱۳۸۹)، بررسی آب شرب شهر انزلی از نظر پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری با استفاده از اندیس‌های خوردگی، مجله دانشگاه علوم پزشکی گیلان، دوره بیستم، شماره ۷۹، ص ۹۰- ۹٦.

۸- شریعت پناهی، م، (۱۳۸۹)، اصول کیفیت و تصفیه آب و فاضلاب، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ نهم، ۲۰۲ ص.

۹- مظلومی، س؛ بابایی، ع؛ فضل زاده دویل، م؛ ابوئی، ا؛ بدیعی نژاد، ا؛ حاج پور سوق، خ؛ (۱۳۸۷)، بررسی پتانسیل خورندگی و رسوب‌گذاری آب شرب شهر شیراز، فصل‌نامه پژوهشی دانشکده بهداشت یزد، شماره اول، ص ٦٤-۷۲.

۱۰- اداره کنترل کیفی شرکت آب و فاضلاب روستایی استان تهران، گزارش نتایج آزمون های فیزیکی و شیمیایی روستاهای شهرستان دماوند (۱۳۸۹)، ۱ ص.

۱۱- قدرتی، ف؛ (۱۳۹۰)، پایان نامه کارشناسی ارشد، آب شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، ۱۰۹ ص.