

# علل گازدار شدن و فوران چاه آب واقع در روستای عمان و ارائه راهکارها

منصور ستوده، معاون حفاظت و بهره‌برداری شرکت آب منطقه‌ای همدان

sotoudeh29@gmail.com

بهروز یعقوبی، سیده الهام عبدالصالحی

Elham\_abdosalehi@yahoo.com yaghobi@hmrw.org ,

## چکیده

چاه آب شرب روستای عمان در شمال شرق شهر دمع و در مجاورت روستای عمان در تابستان سال ۱۳۸۹ با دستگاه روتاری به عمق ۱۱۰ متر حفر گردید. آب درون این چاه بدلیل وجود گاز CO<sub>2</sub> در فاصله زمانی منظم فوران می‌کند. این مقاله ضمن بررسی کامل و مبسوط زمین‌شناسی منطقه و لوگ چاه، به تشریح نمودارهای شولر، پایپر و ویلکوکس می‌پردازد و در نهایت نتیجه می‌شود که به لحاظ شرب، آب چاه مذکور در ردیف آبهای با کیفیت قابل قبول قرار دارد و از نظر کشاورزی در زمره آبهای شور و قابل استفاده قرار گرفته و در کلاس C<sub>3</sub>S<sub>1</sub> واقع می‌گردد. اما باید به این نکته توجه داشت که آب مذکور بدلیل کاهش شدید PH، اسیدی محسوب می‌شود و با توجه به اینکه اسیدی بودن از جمله موارد مؤثر در خوردگی تجهیزات چاهها محسوب می‌شود، پیشنهاد می‌شود در صورت استفاده از این آب، بمنظور جلوگیری از خوردگی و فرسایش، یا تجهیزات چاهها قیراندود گردد و یا از لوله‌ها و تجهیزات یو پی وی سی بجای تجهیزات آهنی استفاده گردد. همچنین در متن مقاله موقعیت زمین‌شناسی تشکیلات اطراف روستا، نتایج مطالعات هیدروژئولوژیک و هیدروشیمی شامل PH و EC و ... ارائه شده است. نتایج آزمایشات و تحقیقات نشان داد گاز محلول در چاه مذکور از نوع دی اکسید کربن است و وجود این گاز و تیپ بیکربنات کلسیک آب چاه که حاصل نتایج شیمیایی بوده بیانگر وجود تشکیلات آهکی کارستی در منطقه است که وجود همین آهکها منشاء تولید گاز دی اکسید کربن است. در مورد علت فوران چاه مذکور میتوان بیان داشت که پس از آزاد شدن گاز دی اکسید کربن محلول در آب، حجم گاز مذکور افزایش داشته که در اثر این افزایش فشار، آب چاه بطور متناوب و با فاصله زمانی معین، تا ارتفاع چندین متر فوران می‌نماید. لازمه فوران، افزایش فشار گاز نسبت به فشار ستون آب فوقانی است که در نتیجه آب به بیرون رانده می‌شود. در ادامه با کاهش فشار گاز بتدریج از ارتفاع آب کاسته شده و فروکش می‌کند و این عمل بطور متناوب در فاصله زمانی مشخص رخ می‌دهد. لازم بذکر است با کاهش CO<sub>2</sub> محلول از تاریخ ۹۰/۱/۲۳ تا زمان تدوین این مقاله، گزارشی از فوران مذکور وجود نداشته است. بمنظور بررسی دقیق‌تر این موضوع، آب چشمه معدنی غیرجه و چاه شرب مجاور چاه مذکور، مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفت که نتایج حاصله در متن مقاله شرح داده شده است.

## کلمات کلیدی

عمان، دی اکسید کربن، خوردگی، فوران، چاه گازدار، آب سطحی و زیرزمینی.

## ۱. مقدمه

وقتی آب در مجاور گاز دی اکسیدکربن قرار می‌گیرد بخشی از دی اکسیدکربن در آن حل شده و تولید اسیدکربنیک می‌کند. این اسید قادر است به سنگ‌های آهکی و لوله‌های فلزی حمله کند. گاز دی اکسید کربن در آب، تولید یون پروتون نموده که مصرف کننده الکترون است و هنگامی که غلظت آن به بیش از ۲۰ میلی گرم در لیتر برسد، در خوردگی به عنوان عاملی مهم، ایفای نقش می‌کند [۳].

در محیط‌هایی که یون پروتون به اندازه کافی تولید می‌شود و دیفوزیون مناسبی توسط حرکت و شوری محلول مهیا می‌شود، پتانسیل خوبی برای وقوع خوردگی به وجود می‌آید [۲]. شوری زیاد محلول‌ها با تسریع انتقال الکترون و افزایش سرعت ایجاد سلهای خوردگی در سطح فلز، باعث تسهیل در خوردگی فلز می‌شود [۲]. علاوه بر پروتون، آهن فریک موجود در محلول‌های اسیدی نیز می‌تواند به عنوان یک عامل گیرنده الکترون، سبب اکسیده شدن آهن خنثی شود. هر چه محلول اسیدی‌تر باشد غلظت آهن در محلول بیشتر می‌شود، به طوریکه غلظت آن با مکعب غلظت یون هیدروژن در محلول متناسب است [۶]. طبق استاندارد ایزو ۸۰۴۴، خوردگی برهم کنش فیزیکی شیمیایی مسیر انتقال با محیط اطراف است که سبب تغییر در خواص مسیر انتقال می‌شود [۵].

آبهای خورنده در سیستم‌ها اثرات جبران ناپذیری را بر جای می‌گذارند. جریان آب اثراتی را بر سیستم‌های توزیع به جا می‌گذارد که یکی از این اثرات بر سیستم لوله‌کشی به صورت خوردگی یا رسوب‌گذاری ظاهر می‌شود [۷].

بررسی‌ها نشان می‌دهد که غلظت دی اکسیدکربن محلول در آب‌های طبیعی با منشاء جوی، اندک بوده و به ندرت به بیش از ۱۰ میلی گرم بر لیتر می‌رسد، ولی اگر آب‌های زیرزمینی تحت تأثیر فعالیت‌های گازی و آبیکی با منشاء ماگمایی قرار گیرد میزان دی اکسیدکربن در آن‌ها حتی می‌تواند به بیش از ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر بالغ شود [۹]. سیبیت و همکاران (۲۰۰۳) در مطالعات ژئوترمالی در شمال آلمان اظهار کرده که آب‌های موجود در اعماق رسوبات منطقه، دارای حرارت ۵۵ تا ۹۵ درجه سانتیگراد و حدود ۳ تا ۱۰ درصد حجمی گاز است که بیش از ۵۷ تا ۹۴ درصد آن دی اکسیدکربن است و در این آب‌ها حدود ۱۱ تا ۶۰ میلی گرم بر لیتر آهن وجود دارد [۸].

اصغری مقدم (۱۳۸۱) با نمونه برداری و آنالیز آب ۳۴ حلقه از چاه‌های کشاورزی منطقه آذرشهر اظهار کرد که دی اکسیدکربن محلول در آب، استفاده از توری با منافذ نامناسب، افت سطح ایستابی و نفوذ آب شور به سفره آب زیرزمینی، از عوامل خوردگی تجهیزات چاه‌های منطقه است [۱].

نتایج تجزیه‌های وایت، هم و وارینگ نشان داد که در ایجاد چشمه‌های آب گرم در منطقه پارک یلستون در اسیتمیوت اسپیرینگر، حرارت ناشی از مخزن ماگمایی و فعالیت‌های هیدروترمالی دخالت دارد و در مناطقی که دما بر اثر فعالیت‌های ماگمایی و هیدروترمالی افزایش می‌یابد، مقدار گازها و بویژه CO<sub>2</sub> افزایش می‌یابد [۴].

## ۲. مواد و روشها

### ۲.۱. محدوده مورد مطالعه

چاه آب شرب روستای عمان، در شمال شرق شهر دمشق و در نزدیکی روستای عمان به مختصات  $X=328555$  و  $Y=3912191$  در تابستان ۱۳۸۹ حفاری شده است. بر اساس شواهد موجود بعلت وجود گاز، آب درون چاه در زمانهای منظم به بیرون می‌ریزد. در بخشهای بعدی به بررسی زمین‌شناسی منطقه و سایر جزئیات پرداخته می‌شود.

## ۲,۲. بررسی زمین شناسی منطقه و لوک چاه آب شرب عمان

در محدوده مطالعاتی رزن - قهاوند، واحدهای سنگی از جمله سنگهای دگرگونی، آهک، ماسه سنگ، کنگلومرا و آذرین وجود دارد.

این چاه به عمق ۱۱۰ متر در شمال شرق روستای عمان توسط شرکت حفاری آب هرنج و با دستگاه روتاری در تابستان ۱۳۸۹ حفاری گردیده است. مطابق نیمرخ زمین شناسی، این چاه از سطح زمین تا عمق ۳۳ متر در رسوبات دانه درشت ماسه، گراول و مقدار کمی رس، از عمق ۳۳ تا ۵۴ متر در رس متراکم و از عمق ۵۴ تا ۹۶ متر در رسوبات دانه ریز شامل ماسه سیلت و کمی رس و از عمق ۹۶ تا ۱۱۰ متر در لایه ماسه سنگ کنگلومرانی همراه با آهکهای قرمز تا خاکستری رنگ حفاری شده است. سطح برخورد به آب اولیه ۱۵ متر و سطح آب در خاتمه حفاری ۱۴ متر گزارش شده است. بر اساس برگه آزمایش پمپاژ مورخ ۸۹/۶/۱۵ میزان آبدهی چاه ۱۶ لیتر در ثانیه بوده است.

## ۳,۲. بررسی هیدروژئولوژیک

بررسی ستون زمین شناسی چاه نشان می دهد که از نظر هیدروژئولوژی دو نوع سفره آبرفتی (سفره آزاد فوقانی از سطح زمین تا عمق ۳۳ متری و سفره تحت فشار از عمق ۵۴ تا ۹۶ متری) در منطقه وجود دارد و در زیر سفره آبرفتی یک لایه ماسه سنگی، کنگلومرانی همراه با آهکهای قرمز تا خاکستری رنگ وجود دارد که این لایه سنگی کمی کارستی شده است و احتمالاً منشاء تولید گاز CO<sub>2</sub> می باشد.

بررسی میدانی منابع آبی منطقه نشان می دهد که در نزدیکی این چاه بعلت وجود قنات عمان و حرائم آن، چاه عمیقی با این عمق تا شعاع حدود ۲ کیلومتری مشاهده نگردیده و صرفاً چند حلقه چاه به عمق کمتر از ۵۰ متر که اکثراً دارای آبدهی کمی نیز می باشد در منطقه حفاری گردیده است. لذا کلیه حفاریهای صورت گرفته در منطقه صرفاً در سفره آزاد بوده و در هیچ یک از آنها به لایه تحت فشار زیرین و همچنین سنگ کف برخورد نگردیده است.

## ۴,۲. بررسی هیدروشیمی

جهت بررسی وضعیت کیفی آب چاه، پس از برداشت نمونه در صحرا و اندازه گیری هدایت الکتریکی (EC) و قلیائیت (PH) در محل، نمونه برداشت شده به آزمایشگاه شرکت آب منطقه ای ارسال و در اسرع وقت مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفت. نتایج تجزیه شیمیایی در جدول شماره یک ارائه شده است. بر اساس جدول شماره یک تیپ آب چاه از نوع بیکر بنات کلسیک و سدیک، PH آب برابر با ۶/۱ و هدایت الکتریکی آن حدود ۱۱۰۰ میکروموس بر سانتی متر می باشد. جهت مقایسه وضعیت کیفی آب چاه با منابع مجاور، از چاه گلخانه آقای میرزائی (فاصله ۳۸۲ متری چاه

مذکور) و همچنین مظهر قنات عمومی روستا در فاصله ۴۴۶ متری چاه، نمونه برداری بعمل آمد. مقایسه EC و PH چاه آقای میرزائی و قنات عمومی با چاه مذکور نشان می‌دهد که هدایت الکتریکی چاه آب شرب حدوداً دو برابر بیشتر از چاه آقای میرزائی و همچنین قنات عمومی روستا می‌باشد. ضمن آنکه میزان PH چاه آب شرب به میزان ۲ واحد کمتر از PH منابع آبی مجاور آن است که این موضوع بیانگر اسیدی بودن آب چاه مذکور نسبت به منابع آبی مجاور آن است. وضعیت کیفی آب برداشت شده بر روی دیاگرام‌های شولر، ویلکوکس و پایپر نشان می‌دهد که نمونه آب از لحاظ شرب در رده قابل قبول و از لحاظ دیاگرام ویلکوکس در رده  $C_3S_1$  قرار می‌گیرد که برای کشاورزی نیز مناسب می‌باشد (اشکال شماره ۱ الی ۳).

در فاصله ۸/۵۵ کیلومتری شمال غربی این چاه یک دهنه چشمه معدنی گاز دار بنام چشمه غینرجه در اراضی روستای خمیگان رزن، در تشکیلات آهکی رخنمون دارد. تیپ آب چشمه از نوع بیکر بنات کلسیک و سدیک، PH آن در حدود ۶، نوع گاز آن  $CO_2$  و از نظر طعم و مزه مشابه آب این چاه می‌باشد.

طبق گفته اهالی منطقه از بعد از ظهر ۹۰/۱/۲۳ چاه مذکور از فوران افتاده است. در تاریخ مذکور نمونه برداری از عمق ۱۲ متری چاه مورد نظر صورت گرفت و به آزمایشگاه شرکت آب و فاضلاب استان ارسال گردید.

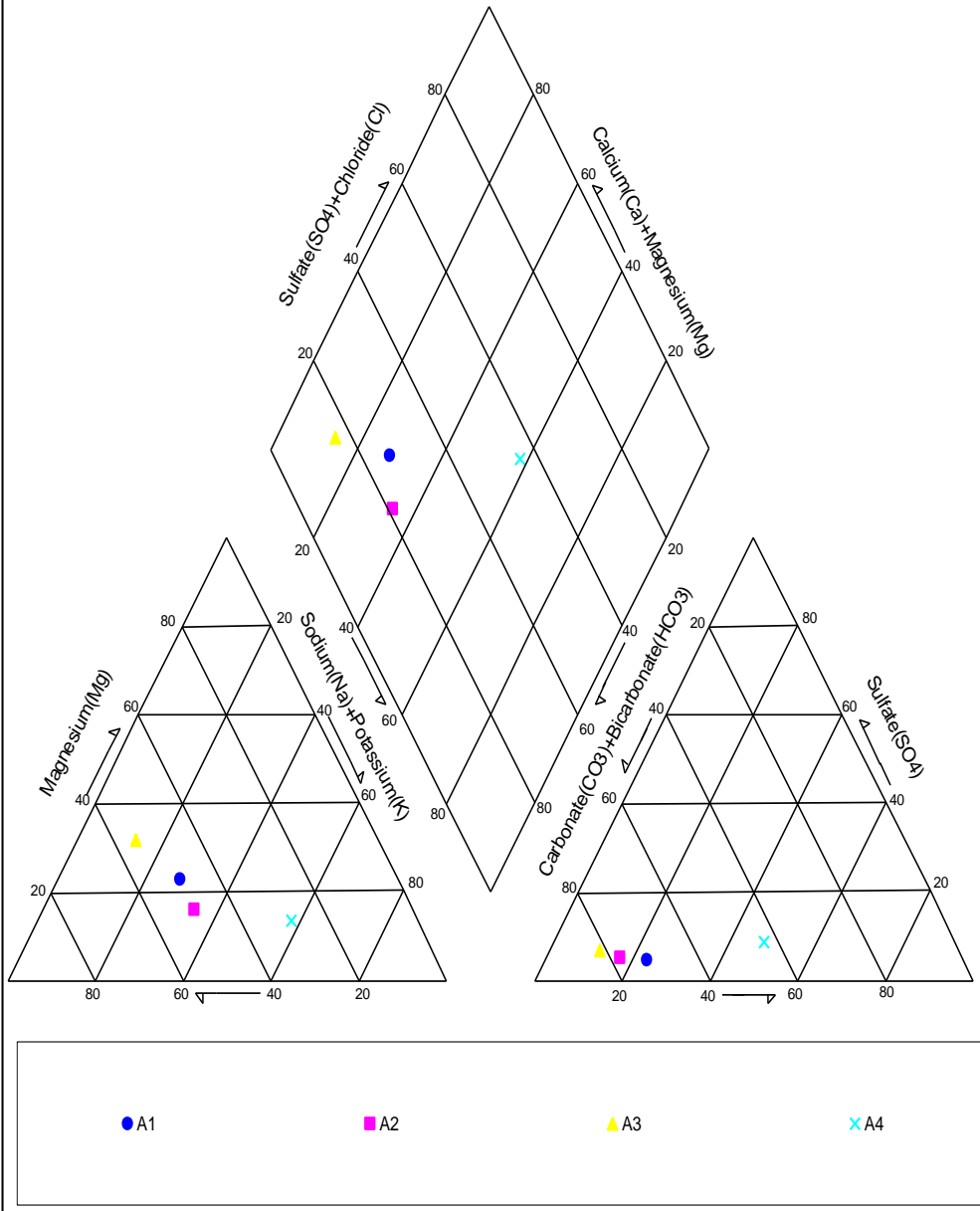
نتایج تجزیه شیمیایی نمونه مذکور نشان می‌دهد که هدایت الکتریکی آب چاه ۲۳۴۰ میکرو موس بر سانتی متر، میزان آهن ۳/۶ و فسفات آن ۱۶۶٪ میلی گرم در لیتر است. همچنین  $CO_2$  محلول در آب ۴۲۲/۴ میلی گرم در لیتر است که بیانگر بالا بودن مقدار این گاز در آب چاه می‌باشد. مقادیر بالای دی اکسید کربن آزاد محلول در آب چاه نشان می‌دهد که فشار جزئی گاز دی اکسید کربن اولیه که تحت آن بخشی از گاز در آب منطقه حل شده بسیار بالا می‌باشد. بر اثر حفاری در این لایه و باز شدن سیستم آبخوان کارستی نسبت به فاز گازی دی اکسید کربن و برداشت آب از چاه، جریان آب در مجاری کارستی با شدت بیشتری برقرار گردیده است. در نتیجه جریان بالا رونده فازهای پنومتالیته گازدار از اعماق زون‌های خردشده برقرار گردیده است. ورود گاز دی اکسید کربن با منشاء درونی همراه با سایر گازها به سیستم آب زیرزمینی مجرائی باعث کاهش شدید PH آب چاه و اسیدی شدن آن گردیده است.

جدول شماره ۱: نتایج تجزیه شیمیایی منابع آب

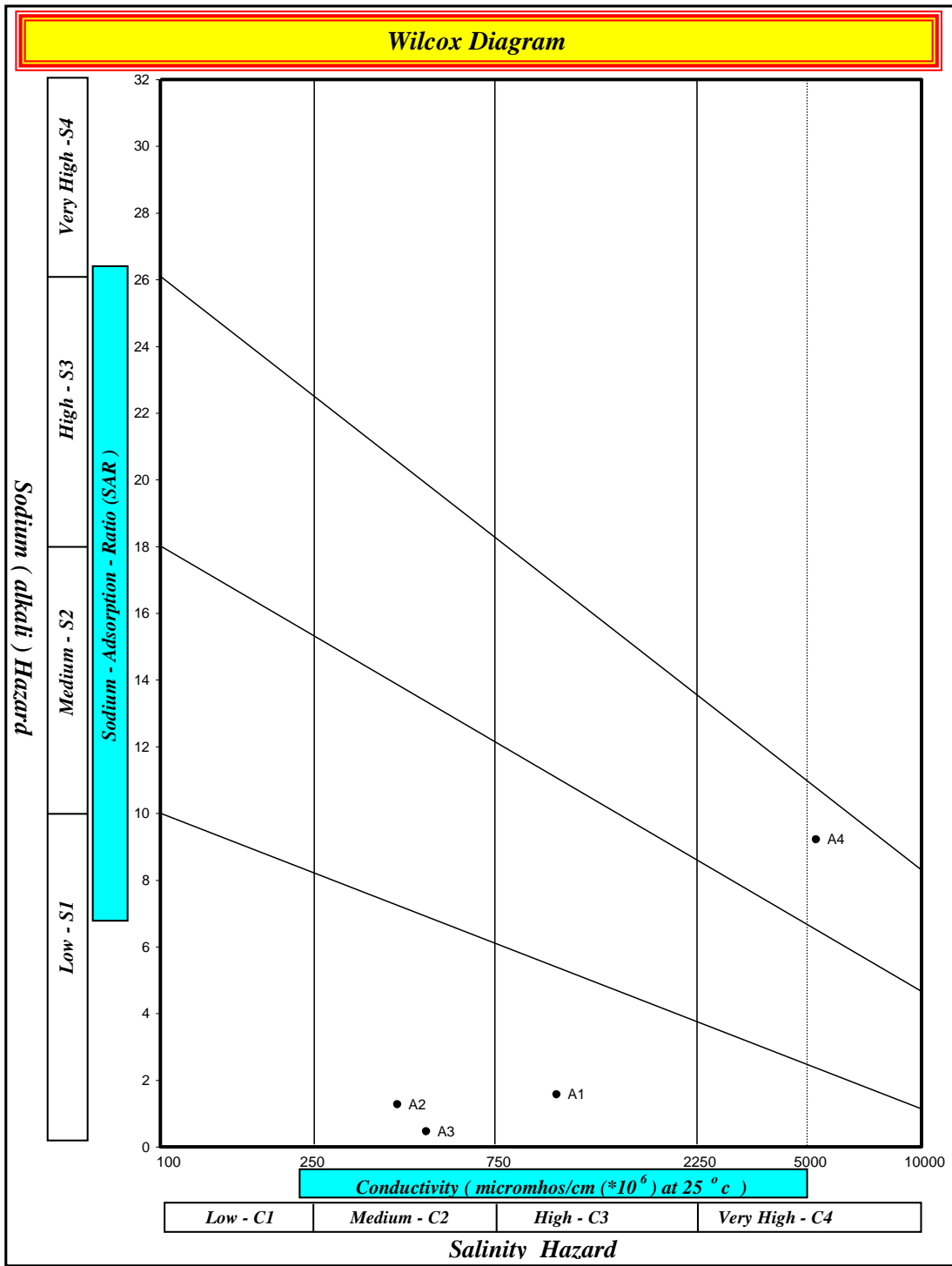
رودخانه R ، قنات Q ، چشمه SP ، چاه عمیق D ، چاه نیمه عمیق S ، چاه آرتزین Ar ، چاه پیزومتر p

سختی کل	S.A.R	میلی اکی والان در لیتر															T.D.S	E.C	نام محل	نوع منبع آب	راهنمای نمودار	مختصات منبع آب		ردیف
		Na	جمع کاتیونها	Fe	K	Na	Mg	Ca	جمع آنیونها	PO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	CL	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	PH						y	x	
TH	%																							
415	1.571	27.7	11.55		0.1	3.2	3	5.7	11.38		0.5		2.7	8.2	0	6.1	715	1100	چاه گاز دار عمان	D	A1	3912191	328555	1
145	1.271	34.4	4.45		0	1.53	1	2.2	4.62		0.2		0.8	3.6	0	8.1	268.8	420	گلخانه عمان	S	A2	3912492	328790	2
220	0.458	13.3	5.1		0	0.68	2	2.8	5.02		0.3		0.6	4.1	0	8.1	320	500	قنات عمان	Q	A3	3912342	328922	3
1140	9.208	56.9	54.61		0.7	31.1	7	16	55.8		4.6		27	24.2	0	6.3	3539	5282	غینرجه	SP	A4	3916084	320939	4
					0.16		4.9	12.8		0.14	0.35	0.17	1.35	17.05	0	6	310	614	چاه گاز دار	D		نمونه تجزیه شده توسط دانشکده بهداشت		5
					0.13	0.2	8			0.005						6	1498	2340	چاه گاز دار	D		نمونه تجزیه شده توسط آب و فاضلاب		6

# Piper Diagram

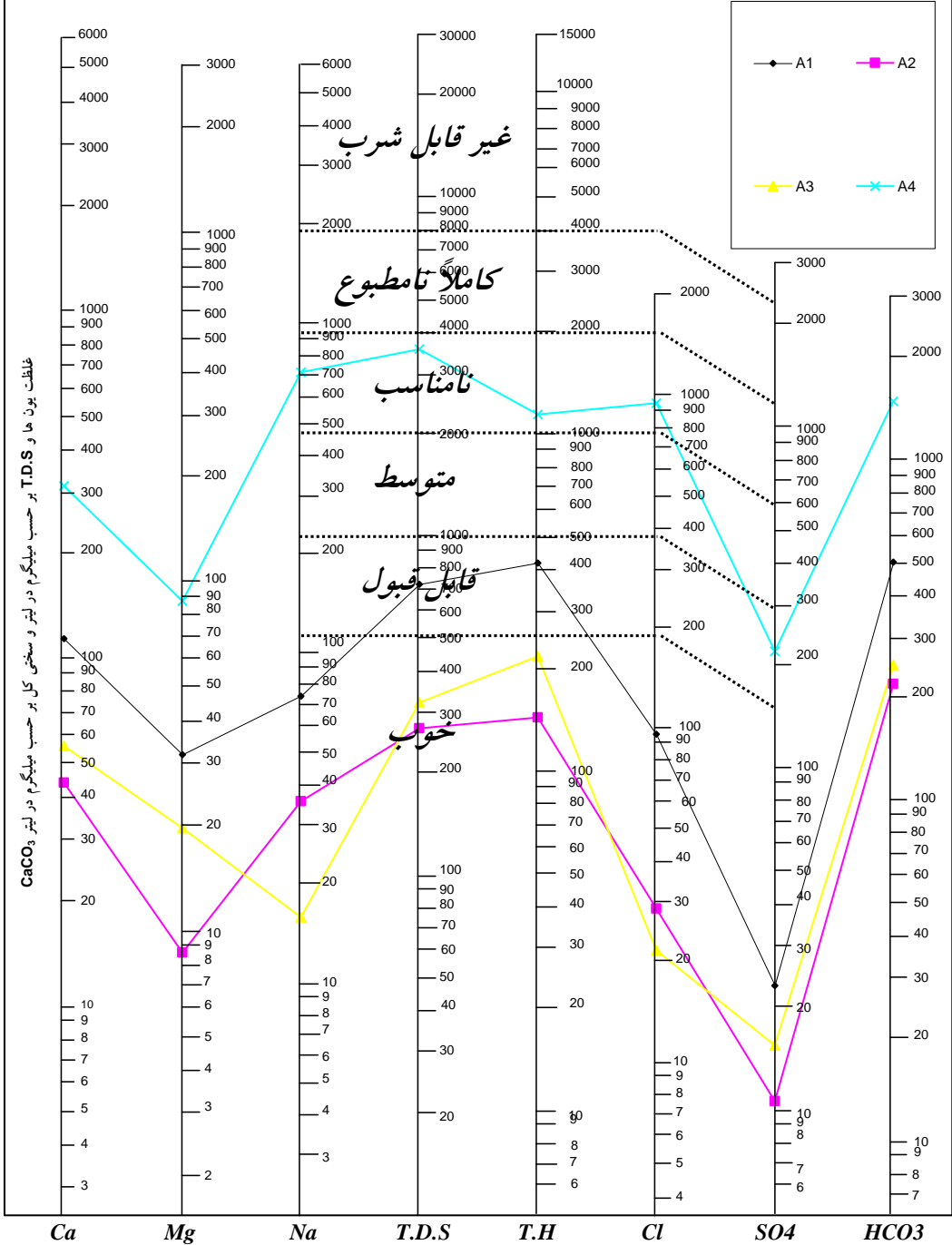


شکل شماره یک: دیاگرام پایپر



شکل شماره ۲: دیاگرام ویلکوکس

## Schoeller Diagram



شکل شماره ۳: دیاگرام شولر



## ۵,۲. علت فوران گاز

با توجه به لوگ زمین‌شناسی و همچنین نقشه زمین‌شناسی منطقه، از سطح زمین تا عمق ۳۳ متر رسوبات تشکیل دهنده آبرفت‌های منطقه، رسوبات گراول ماسه و رس می‌باشد. از عمق ۳۳ تا ۵۴ وجود یک لایه رسی باعث ایجاد سفره تحت فشار در منطقه شده است. در زیر این لایه رسی از عمق ۵۴ تا ۹۶ متر رسوبات کمی درشت دانه می‌شوند و لیکن بعثت پائین بودن نفوذپذیری و همچنین سطح تغذیه، از آبدهی مناسبی برخوردار نمی‌باشند. از عمق ۹۶ تا ۱۱۰ متر چاه در لایه آهک‌های قرمز رنگ تا خاکستری رنگ همراه با ماسه سنگ کنگلو مرائی حفاری شده است.

از نظر عملکرد این پدیده را می‌توان با پدیده آبفشان مقایسه نمود. با این تفاوت که آبفشانها از آثار فرعی آتشفشانها می‌باشند. آبفشانها چشمه‌های جهنده‌ای هستند که بطور متناوب فعال می‌باشند. علت فوران آبفشانها، آبهای سطحی است که به تدریج در شکاف، یا مجرای آتشفشان وارد می‌شود. با افزایش عمق، درجه حرارت آب نیز بعثت افزایش درجه حرارت زمین افزایش پیدا کرده تا بالاخره به منطقه‌ای می‌رسد که قسمتی از آب بخار می‌شود. بخار آب حاصله با ازدیاد حجم و فشار همراه بوده و به ناچار بر ستون آب فوقانی خود فشار وارد می‌آورد. در این زمان آب به شکل فواره‌ای به خارج رانده می‌شود و پس از مدت زمان معینی که بستگی به فشار گاز دارد عمل فوران متوقف شده و پس از گذشت زمان معینی و تحقق شرایط، مجدداً عمل فوران انجام می‌گیرد.

فوران چاه آب شرب روستای عمان ناشی از آتشفشان نبوده بلکه علت آن مقادیر بالای گاز دی اکسید کربن  $CO_2$  آزاد محلول در آب چاه می‌باشد (شکل شماره ۴). بالا بودن مقادیر گاز دی اکسید کربن آزاد محلول در آب این چاه نشان می‌دهد که فشار جزئی گاز دی اکسید کربن در آب منطقه بسیار بالا است و این امر ناشی از وجود سنگ کف کارستی در منطقه می‌باشد. با توجه به حفاری لایه نفوذ ناپذیر رسی و سفره تحت فشار و ادامه حفاری در سنگ کف آهکی، گاز دی اکسید کربن محلول در آب به علت کاهش فشار ستون فوقانی آزاد، باعث فوران آب می‌گردد. البته لازمه فوران افزایش فشار گاز نسبت به فشار ستون آب فوقانی می‌باشد که پس از تحقق این شرایط، عمل فوران به وقوع پیوسته و آب به شدت به بیرون رانده می‌شود. با کاهش فشار گاز، بتدریج از ارتفاع آب فوران شده کاسته و عمل فروکش صورت می‌گیرد و این عمل متناوباً و در فاصله زمانی مشخص به وقوع پیوسته است. البته با کاهش گاز  $CO_2$  محلول در آب از تاریخ ۹۰/۱/۲۳ تا زمان تدوین گزارش خبری از فوران آب در چاه مذکور واصل نگردیده که بازدید کارشناسان دفتر مطالعات در مورخ ۹۰/۱/۲۵ نیز مؤید این مطالب است.



شکل شماره ۴: نمایی از فوران آب چاه شرب عمان

### ۳. نتیجه گیری

۱- با توجه به نتایج شیمیایی، گاز محلول در چاه آب شرب از نوع دی اکسید کربن ( $CO_2$ ) گزارش گردیده است. بنابراین توصیه می‌شود که در این چاه‌ها بمنظور جلوگیری از خوردگی لوله‌ها، از لوله‌ها و تجهیزات یو پی وی سی به جای تجهیزات فلزی استفاده شود و یا تجهیزات چاه‌ها قیراندود گردد.

۲- وجود گاز  $CO_2$  و تیپ بیکربنات کلسیک آب چاه، بیانگر وجود تشکیلات آهکی کارستی در منطقه است که به احتمال قوی آهکهای مذکور منشأ تولید گاز  $CO_2$  می‌باشند.

۳- با توجه به نزدیک بودن نتایج تجزیه شیمیایی آب چشمه معدنی غینرجه و آب چاه شرب روستا، احتمالاً دارای منشأ یکسان می‌باشند.

۴- علت فوران آب چاه را می‌توان به آزاد شدن گاز  $CO_2$  محلول در آب و در نتیجه افزایش حجم میزان گاز به ستون آب فوقانی نسبت داد که در اثر این افزایش فشار آب چاه بصورت متناوب و در فواصل زمانی مشخص تا ارتفاع چندین متر فوران می‌نماید.

۵- با گذشت زمان و کاهش فشار گاز  $CO_2$  میزان فوران بتدریج کاهش یافته و قطع می‌گردد.

۶- با توجه به نتایج آزمایش شیمیایی آب چاه مذکور به لحاظ شرب در ردیف آبهای قابل قبول و به لحاظ کشاورزی در ردیف آبهای شور و "قابل استفاده" قرار می‌گیرد.

#### ۴. منابع:

۱. اصغری مقدم م. و رجب پور ح. بررسی تاثیر خواص هیدروشیمیایی آب زیرزمینی بر ساختمان چاه‌های کشاورزی دشت آذرشهر، بیست و یکمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی کشور، تهران، ایران، ۱۳۸۱.
۲. ساعتچی. ا. مهندسی خوردگی، ترجمه. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۶۵.
۳. عسگری کیا. ر. بررسی علل خورنده بودن آبهای دشت قهاوند استان همدان. پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت معلم تهران، ۱۳۷۸.
۴. مر و مدبری س. مبانی زمین شیمی. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی تهران. ۱۳۷۷.

5. Horfar, A., 1996. *principal of corrosion technology*. Center of University Publication.
6. Mason B. and More C. B 1982. *Principles of Geochemistry*. John Wiley & Sons.
7. R.E. Loewenthal, I., 2003. Morrison and M.C. Wentzel, *Control of corrosion and aggression in drinking water systems. The 1 st IWA Conference on: Scaling and Corrosion in Water and Wastewater Systems, Cranfield University, UK.*32
8. Seibt A. Hot P. And Naumann. D. 2003. *Gas solubility in formation waters of the North German Bassin Implication for Geothermal energy recovery. Proceeding of Word Geothermal Congress 2003 Kyushu. Tohoku japan.*
9. *Standard methods committee. 1990. Standard methods for the examination of water and waster part 9000 chemical examination Volume.1.*