



## ارزیابی منابع آب زیرزمینی جنوب غرب قوچان (استان خراسان رضوی) جهت مصارف آشامیدن و صنعتی براساس شاخص های کیفی

محمد ابراهیم فاضل ولی پور<sup>۱\*</sup>

<sup>۱\*</sup> استادیار گروه زمین شناسی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران (dr.ef.valipour@gmail.com)

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۷/۳۰، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۹/۱۸)

### چکیده

منطقه مورد مطالعه در شمال شرق ایران، استان خراسان رضوی واقع است. این پژوهش به ارزیابی منابع آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی براساس شاخص های کیفی در سال ۹۹ پرداخت. با توجه به نوع سازندهای زمین شناسی، آبدهی و موقعیت منابع آبی منطقه، ۱۰ منبع آب زیرزمینی جهت آنالیز و ارزیابی کیفی مورد تحلیل قرار گرفت. پارامترهای فیزیکی از قبیل PH، هدایت الکتریکی (EC) و مواد جامد محلول (TDS) در محل نمونه برداری توسط مولتی متر اندازه گیری شد. آنالیز هیدروژئوشیمیایی داده ها در آزمایشگاه به روش پلاسمای القایی صورت گرفت بررسی آنالیزهای شیمیایی آبهای وارده به آبخوان منطقه مورد مطالعه و استفاده از شاخص های کیفی آب از لحاظ شرب و صنعت نشان داد که منابع تامین کننده یون های وارده به منطقه جنوب قوچان متاثر از لیتولوژی و رسوباتی است که در معرض هوازدگی به مدت طولانی قرار داشتند، طوری که آبهای دشت در برخی منابع به دلیل عبور از سازندهای تبخیری - آواری دوران سوم (تشکیلات مارنی، گچی نمکی و مارنی شیلی) آنها را حل نموده و باعث افزایش نسبت  $Cl+So_4 > HCO_3$  شده است. شاخص های فلزی MI و PI نشان می دهد که آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه حاوی فلزات سنگین بوده و از لحاظ شرب مناسب نمی باشد. شاخص WQI و GQI نشان می دهد که کیفیت آب شرب منطقه ضعیف تا قابل قبول است. براساس شاخص های لائزلیه، رایزنر و پوکوریوس، آب زیرزمینی منطقه از لحاظ صنعتی دارای خوردگی بالایی می باشد. هر دو ویژگی رسوبگذاری و خوردگی آبها می تواند پیامدهایی مانند مسدود شدن و یا تخریب لوله ها در تاسیسات و حتی اثرات منفی بر سلامت انسان را به دنبال داشته باشند.

### کلمات کلیدی

قوچان، کیفیت آب، شاخص فلزی، خوردگی.



# Assessment of Groundwater Resources in Southwest of Quchan (Khorasan Razavi province) Implication for Drinking and Industrial uses based on Quality Indices

Mohammad Ebrahim Fazel Valipour<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> Associate Professor, Department of Geology, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran (dr.ef.valipour@gmail.com)

(Date of received: 21/11/2021, Date of accepted: 09/12/2021)

## ABSTRACT

The study area is located in northeast of Iran, in Khorasan Razavi province. This study evaluated of ground water sources in study area used based quality indexes in 2020. According to the type of geological formation, discharge and location of sources groundwater in the region, 10 groundwater source were analyzed for analysis and evaluation of qualitative. The physical parameters such as PH, EC and TDS were measured in situ using multimeter. Hydrogeochemical analysis was carried out in the laboratory through induction plasma method. The study of chemical analysis of water entering the aquifer of the study area and the use of water quality indicators in terms of drinking and industry showed that the sources of ions entering the southern region of Quchan are affected by lithology and sediments that were exposed to weathering for a long time. In some sources, due to the passage of evaporitic-detrital structures of the third period (marl, salt gypsum and Chilean marl) have solved them and caused an increase in the ratio of  $Cl + So_4 > Hco_3$ . Metal indices MI and PI show that groundwater in the study area contains heavy metals and is not suitable for drinking. WQI and GQI indicators show that the quality of drinking water in the area is poor to acceptable. According Langelier, Ryzenar and Pocorius, the groundwater of the region is industrially highly corrosive. Both sedimentation and corrosive properties of water can have consequences such as blockage or destruction of pipes in facilities and even negative effects on human health.

## Keywords:

Quchan, Water quality, Metal index, Corrosion.



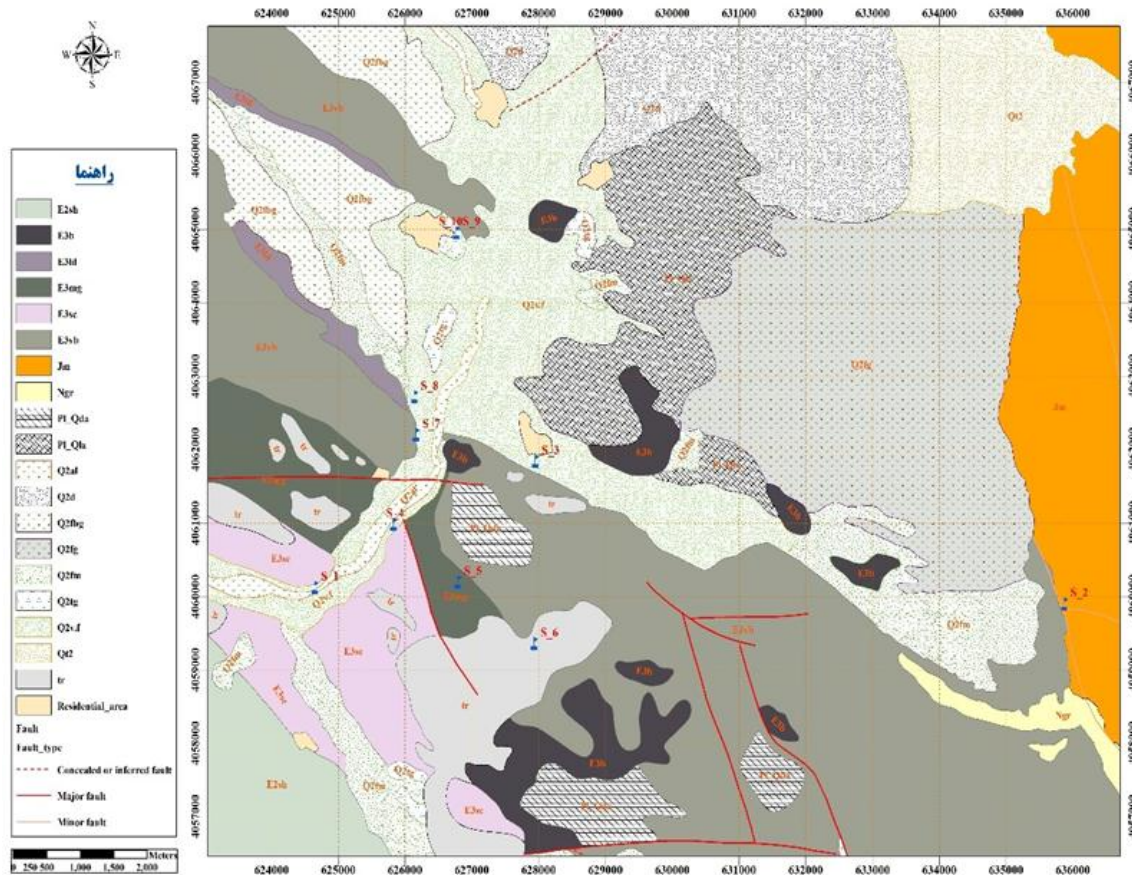
## ۱- مقدمه

کیفیت منابع آب تحت تاثیر شرایط محیطی و انسانی متعددی قرار دارد. توزیع مکانی کیفیت آب تا حد زیادی با ساختار منطقه در ارتباط بوده و بررسی چگونگی توزیع مقادیر متغیرها در چند سال پی در پی، روند تغییرات را روشن می سازد [۲ و ۱]. ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی در یک منطقه متأثر از ترکیب آبهای تغذیه کننده، وضعیت خشکسالی و ترسالی منطقه، ترکیب رسوبات نهشته شده و فرایندهای هیدروژئوشیمیایی حاکم بر لایه‌های آبداری است که در آن جریان دارد [۳ و ۴]. انحلال، تبادل یونی، تبادل وارونه، تبادل آب - سنگ و رسوبگذاری از مهمترین فرایندهای هیدروژئوشیمیایی هستند که ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی را کنترل می کنند. این فرایندها بسته به ویژگی های زمین شناسی و ژئوشیمیایی لایه های آبدار، به لحاظ زمانی و مکانی بسیار متفاوت اند [۵]. بنابراین مطالعات هیدروژئوشیمیایی آبخوان ها می تواند اطلاعات مفیدی را در زمینه تاثیر مواد متشکله آبخوان و منطقه، مسیر جریان آب، تاثیر سنگ کف، نواحی تغذیه و تخلیه، نواحی تبخیر از آب زیرزمینی و تاثیر آبهای سطحی بر آب زیرزمینی و کیفیت آب را از لحاظ شرب، کشاورزی و صنعت در اختیار قرار می دهد [۴]. افزایش جمعیت و بالا رفتن استانداردهای زندگی در بسیاری از کشورها موجب تقاضای روز افزون استفاده از آب زیرزمینی برای مصارف مختلف شهری، کشاورزی و صنعتی شده است (۶). بنابراین بررسی کیفیت آبهای زیرزمینی به عنوان مهمترین منبع تامین کننده آب برای این مصارف اهمیت زیادی دارد. برای مطالعه ترکیب شیمیایی آب، عوامل کنترل کننده آبهای زیرزمینی و تعیین منشا املاح از روش های گوناگونی در تحقیقات مختلف استفاده شده است که از آن جمله می توان به تجزیه و تحلیل غلظت کاتیون ها و آنیون ها، ترسیم نمودار پایپر به منظور تعیین تیپ و رخساره آب زیرزمینی، استفاده از نسبت های یونی و نمودارهای ترکیبی اشاره نمود [۷]. ترکیب شیمیایی آبها عامل تعیین کننده رسوبگذاری و خوردگی در تاسیسات آبی است. پتانسیل خوردگی و رسوبگذاری از مهمترین شاخص ها در ارزیابی آبها برای مصارف صنعتی می باشند [۸]. خوردگی یک فرایند فیزیکی- شیمیایی است که بین آب و یک ماده در محیط اطراف رخ می دهد [۹ و ۱۰]. عواملی مانند درجه حرارت، سختی، اسیدیته، قلیائیت، مواد جامد محلول (TDS)، وجود گازها، نمکهای محلول و میکروارگانیزم ها در آب و همچنین نوع فلزات به کار رفته در تاسیسات در فرایند خوردگی نقش دارند [۸ و ۱۱]. رسوبگذاری می تواند سبب مسدود شدن لوله ها، کاهش میزان جریان آب، افزایش مصرف انرژی و هزینه پمپاژ شود [۱۲]. هدف از پژوهش حاضر، بررسی کیفیت آب زیرزمینی جنوب غرب قوچان براساس شاخص های آب از لحاظ آشامیدن و صنعت می باشد.

## ۲- مواد و روش کار

## ۱-۲- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش شمال شرقی شهرستان سبزوار می باشد که در استان خراسان رضوی واقع شده است. این محدوده بخشی از زون بینالود است که شامل مجموعه ای از سنگهای آتشفشانی سنوزوئیک، سنگهای رسوبی، نهشته‌های تبخیری گچ و رخساره های آواری- تبخیری جوان می باشد (شکل ۱).



GEO_UNIT	First_DESCRIPTOR
E2sh	Dark gray to violet shale with sandstone at the base
E3b	Dark gray olivin trachybasalt, pyroxen basalt, andesitic basalt as lava flows or dikes
E3ld	Light gray cherty limestone and dolomite
E3mg	Light green gypsiferous silty, marly shale with intercalations of gypsum, sandstone, tuffite and limestone
E3sc	Red alternations of sandstone and shale with conglomerate and tuff intercalations
E3vb	Dark greenish to reddish gray vesiculated spilitic basalt
Jm	Dolomite, limestone, partly dolomitized, cream, gray
Ngr	Marl, sandy marl, sandstone and conglomerate, consolidated, partly gypsiferous, light red orange
Pl_Qda	Light gray dacitic andesite, quartz trachyandesite as domes and thick lava
Pl_Qla	Light gray lahar, volcanic conglomerate with acidic pyroclastics
Q2al	Recent alluvium
Q2d	Silt and sand with lenses of gravel forms alluvial plane (dasht)
Q2fbg	Cobble bulder gravel, unconsolidated and uplifted, forms highest (oldest) level fans
Q2fg	Gravel unconsolidated and uplifted, forms intermediated level fans
Q2fm	Mud, silt and sand, forms lowest (youngest) level fans
Q2tg	Gravel unconsolidated and uplifted, forms intermediated terraces
Q2v.f	Silty clay, silt and sand, with gravel packets forms filled valley
Qt2	Terraces and young gravel fans
Residential_area	
tr	Gray quartz trachyandesitic to trachyandesitic dikes

شکل ۱: موقعیت محدوده مطالعاتی به همراه نقشه زمین‌شناسی منطقه و نقاط نمونه برداری.



به منظور بررسی کیفیت آبهای زیرزمینی منطقه مورد مطالعه با استفاده از شاخص های کیفی در سال ۹۹ تعداد ۱۰ نمونه، چاه به عنوان منتخب جهت آنالیز شیمیایی برداشت گردید. (شکل ۱). در مرحله نمونه برداری، بطری ها قبل از برداشت با نمونه آب مذکور چند مرتبه شسته شد و از هر محل یک نمونه برداشت گردید. پارامترهای فیزیکی از قبیل PH, EC, TDS و دما در محل نمونه برداری توسط مولتی متر Extech اندازه گیری شد. PH نمونه ها در محل نمونه برداری به جهت جلوگیری از رسوب فلزات سنگین با اضافه کردن اسید نیتریک غلیظ به عدد ۲ رسانده شد. نمونه ها، در دمای ۴ درجه سانتی گراد به آزمایشگاه شیمی دانشگاه آزاد اسلامی مشهد منتقل گردید و با روش تیتراسیون به وسیله EDTA (اتیلن دی امین تترا استیک اسید)، میزان سختی و کلیانیت نمونه های آب تعیین گردید. سپس نمونه ها جهت آنالیز پلاسما القایی به مرکز تحقیقات فراوری مواد معدنی ایران منتقل شد. نتایج آنالیز نمونه های آب در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱: نتایج پارامترهای فیزیکی و آنالیز شیمیایی نمونه های آب زیرزمینی جنوب غرب قوچان.

Station	X	Y	TDS (mg/l)	PH	EC	Alkal	TH	Na	Ca	Mg	K	Hco3	So4	Cl	No3
S1	58 25 42	36 40 43	1083	8.09	1602	80	236	113	59.7	21.4	2.17	235	115	81	30
S2	58 31 14	36 40 30	321	7.66	482	90	270	51	49.7	16.4	2.59	175	70	33	30
S3	58 25 56	36 41 37	666	7.83	953	96	233	36	47.9	12.3	1.76	165	62	21	19
S4	58 24 30	36 41 10	191	8.07	273	350	469	1376	254	141.5	36.16	400	790	1950	31
S5	58 25 08	36 40 44	994	8.21	1150	72	410	184	59.6	30.1	3.84	330	180	168	25
S6	58 25 54	36 40 16	470	8.31	679	54	310	118	48.3	20.7	1.72	240	182	62	28
S7	58 24 44	36 41 50	298	7.70	479	70	116	108	14.6	6.4	2.72	170	60	44	25
S8	58 24 43	36 42 06	342	7.75	480	320	410	1218	203.7	123.1	7.43	380	1070	1400	41
S9	58 25 10	36 43 19	750	7.77	548	96	233	114	20.8	7.3	1.89	190	78	30	26
S10	58 24 57	46 43 23	306	7.5	448	92	300	200	18.2	7.4	2.33	195	76	36	25
WHO			500	7-8.5			150	200	75	50	12	150	250	250	50

### ۳- قابلیت مصرف آب زیرزمینی جنوب غرب قوچان

تعیین کیفیت آب زیرزمینی برای مصارف مختلف به معیارها و استانداردهای کیفی آب بستگی دارد و تنها از طریق استانداردهای موجود می توان آبهای با کیفیت خوب و آبهای با کیفیت بد را از یکدیگر تفکیک نمود. لازم به ذکر است که کیفیت امری نسبی است و استانداردهای تعیین شده از سوی سازمان های مختلف بسته به شرایط اقلیمی، اقتصادی و جغرافیایی و غیره با یکدیگر تفاوت دارند. ه همین دلیل نمی توان برای تمامی نقاط جهان و افراد، یک استاندارد مطلوب را تعریف نمود. در این پژوهش از شاخص های ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه جهت مصارف شرب و صنعت استفاده شده است که در ادامه به شرح آن می پردازیم.

### ۴- ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی منطقه از لحاظ شرب

برای نشان دادن کیفیت آب از لحاظ شرب، از شاخص های مختلفی استفاده می شود. از شاخص فلزی MI (Metal Index) و HPI (Heavy pollution Index) برای نشان دادن آلودگی منابع آب منطقه به فلزات سنگین و از شاخص WQI (Water Quality Index) و GQI (Groundwater Quality Index) برای نشان دادن کیفیت آب منطقه از لحاظ کاتیون ها و آنیون های غیرفلزی استفاده شده است.

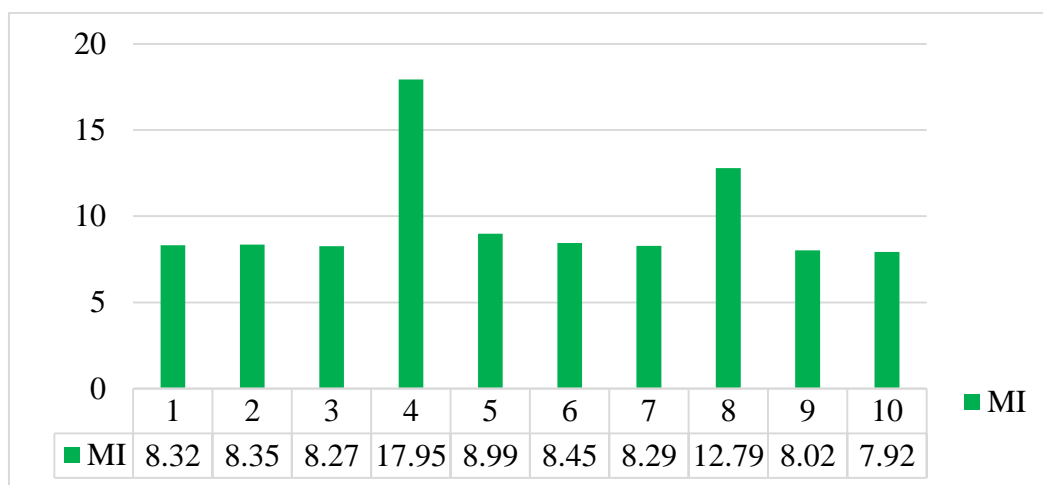


۴-۱- بررسی کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از شاخص فلزی (MI)

برای ارزیابی شاخص فوق از رابطه (۱) استفاده می شود [۱۳]:

$$MI = \sum_i^N \frac{ci}{(MAC)_i} \quad (1)$$

در این رابطه  $C_i$  غلظت عنصر در آب و  $MAC_i$  بیشترین حد مجاز غلظت برای هر عنصر در آب است. اگر  $MI < 1$  باشد، آب قابل آشامیدن است و اگر  $MI > 1$  باشد، آب برای شرب مناسب نیست. اگر  $MI = 0$  باشد، آب در حد استانه خطر است. براساس ارزیابی های صورت گرفته در تمام نمونه ها مقدار  $MI > 1$  است، بنابراین آب آلوده به فلزات سنگین بوده و غیر قابل شرب می باشد (شکل ۲).



شکل ۲: نمودار شاخص فلزی MI نمونه های آب زیرزمینی منطقه مطالعه شده.

۴-۲- بررسی کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از شاخص فلزی (HPI)

این شاخص روش مناسبی است که نرخ نفوذ هریک از فلزات سنگین را بر کیفیت کلی آب بررسی می نماید. گردید از روابط (۲) تا

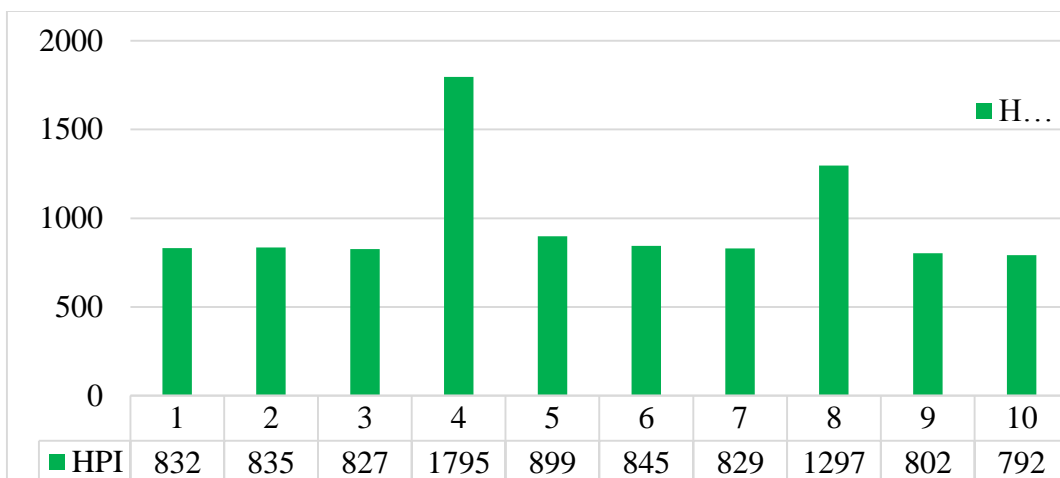
(۴) بدست می آید [۱۴]:

$$HPI = \frac{\sum w_i q_i}{\sum w_i} \quad (2)$$

$$W_i = 1/S_i \quad (3)$$

$$q_i = \sum (Mi(-))/ (Si) * 100 \quad (4)$$

در این روابط  $W_i$  نسبت وزنی  $i$  امین مولفه،  $S_i$  مقدار استاندارد  $i$  امین مولفه،  $q_i$  نرخ کیفی  $i$  امین مولفه و  $M_i$  غلظت  $i$  امین مولفه می باشد. علامت منفی نشان دهنده اختلاف عددی دو مقدار است که از آن چشم پوشی می شود (۱۵). اگر  $HPI > 100$  باشد، آب به فلزات سنگین آلوده است و اگر  $HPI = 100$  باشد، آب در آستانه خطر آلودگی به فلزات سنگین قرار دارد. در صورتی که  $HPI < 100$  باشد، آب به فلزات سنگین آلودگی نشان نمی دهد. بررسی نشان داد که آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه به فلزات سنگین آلوده بوده و قابل شرب نمی باشد (شکل ۳).



شکل ۳: نمودار شاخص فلزی HPI نمونه های آب زیرزمینی منطقه مطالعه شده.

#### ۳-۴- بررسی کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از شاخص کیفی آب (WQI)

این شاخص اولین بار توسط میلر در سال ۱۹۸۶ ارائه شد [۱۶]. این شاخص برای ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی از لحاظ شرب به کار می رود [۱۷]. در این مطالعه جهت تعیین شاخص کیفی آب (WQI) از مقادیر کاتیون های ( $K^+, Na^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}$ ) و آنیون های ( $Cl^-, SO_4^{2-}, HCO_3^-$ )، و پارامترهایی مانند مقدار کل مواد جامد محلول (TDS) و PH استفاده شده است [۱۸]. محاسبه مقدار متوسط شاخص وزن دار کیفی آب (WQI) از روابط (۵ تا ۸) حاصل می گردد [۱۹]:

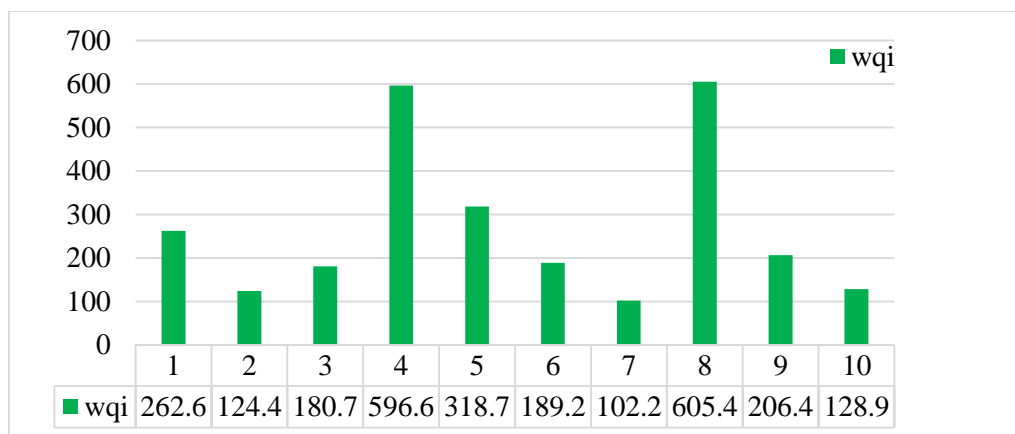
$$AWQI = \frac{\sum(q_i W_i)}{\sum(W_i)} \quad (5)$$

$$q_i = 100 * (V_i / S_i) \quad (6)$$

$$q_i PH = 100 \{ (V_{pH} - 7.0) / (8.5 - 7) \} \quad (7)$$

$$W_i = K / S_i \quad (8)$$

در این روابط  $q_i$  نرخ کیفی  $i$  امین پارامتر و مقدار  $i = (1, 2, 3, \dots, N)$  و  $W_i$  وزن واحدی است که برای  $i$  امین پارامتر در نظر گرفته شده است.  $V_i$  مقدار اندازه گیری شده پارامتر  $i$  و  $S_i$  برابر با مقادیر استاندارد مجاز برای پارامترها می باشد [۱۹]. ضریب  $K$  ثابت تناسب بوده و برابر با یک در نظر گرفته می شود. اگر  $WQI < 50$  باشد، کیفیت آب عالی، اگر  $50 < WQI < 100$  کیفیت آب خوب، اگر  $100 < WQI < 200$  باشد، کیفیت آب متوسط، اگر  $200 < WQI < 300$  باشد، کیفیت آب بسیار ضعیف و در صورتی که  $WQI > 300$  باشد آب از لحاظ شرب کیفیت نامناسب را دارا می باشد [۲۰ و ۲۱]. شاخص WQI برای نمونه های منطقه مورد مطالعه از ۱۰۲ تا ۶۰۵ بدست آمد. بررسی ها نشان داد که بیشتر نمونه ها از لحاظ شرب کیفیت متوسط تا بسیار ضعیف را دارا هستند. دو نمونه کیفیت نامناسب و یک نمونه کیفیت خوب را دارا می باشد (شکل ۴).



شکل ۴: نمودار شاخص کیفی WQI نمونه های آب زیرزمینی منطقه مطالعه شده.

#### ۴-۴- بررسی کیفیت آب زیرزمینی براساس شاخص (GQI)

به منظور بررسی مکانی و پهنه بندی کیفیت آب شرب از شاخص GQI استفاده می گردد [۲۲]. این روش شامل تغییر مکانی اندازه گیری ها، تبدیل های چند مرتبه ای داده های کیفیت آب زیرزمینی به صورت مقدار رتبه بندی شاخص کیفیت آب زیرزمینی به وسیله تهیه نقشه های غلظت برای هر پارامتر از داده های نقطه ای و با روش درون یابی (مبتنی بر روش آماری) است. سپس داده ها با استفاده از شاخص اختلاف نرمالیزه شده، طبق رابطه (۹) محاسبه می شود:

$$C = (X^* - X) / X^* + X \quad (9)$$

در این رابطه  $X^*$  غلظت اندازه گیری شده در هر سلول در نقشه اولیه و  $X$  مقدار استاندارد مطلوب آن (WHO) می باشد. محاسبه با اندازه گیری مقدار شاخص آلودگی (نسبت بین غلظت اندازه گیری شده آلاینده و حداکثر سطح آلاینده قابل پذیرش)، در محدوده بین ۱- تا ۱+ برای هر سلول، در نهایت تبدیل شاخص آلودگی به یک نقشه رتبه بندی با محدوده بین ۱ تا ۱۰ انجام می شود (رتبه ۱ نشان دهنده کمترین و رتبه ۱۰ بیشترین تاثیر آب زیرزمینی را نشان می دهد). برای آنکه بتوان غلظت عناصر ذکر شده را از ۱ تا ۱۰ رتبه بندی کرد از رابطه (۱۰) استفاده می شود:

$$r = 0.5C^2 + 4.5C + 5 \quad (10)$$

در این رابطه  $C$  مقدار شاخص آلاینده برای هر سلول و  $r$  مقدار رتبه مربوط به آن است. مقدار شاخص GQI از رابطه (۱۱) بدست می آید:

$$GQI = 100 - (r_1w_1 + r_2w_2 + \dots + r_nw_n) / N \quad (11)$$

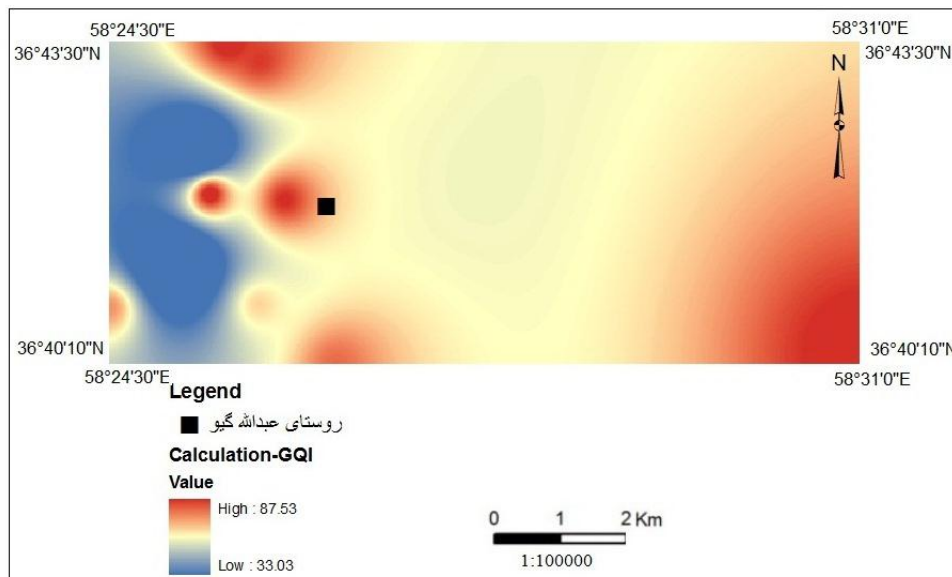
در این رابطه  $r$  میزان نقشه رتبه بندی محدوده ۱ تا ۱۰،  $w$  وزن نسبی پارامترها و  $N$  تعداد کل پارامترهای استفاده شده در تحلیل ها می باشد [۲۳]. در جدول (۲) گروه بندی کیفیت آب شرب براساس شاخص کیفی ارائه شده است [۲۲]. ارزیابی های انجام شده نشان داد که مقدار شاخص GQI در منطقه از ۳۳ تا ۸۷ متغیر است و در رده ضعیف تا قابل قبول قرار می گیرد. نقشه پهنه بندی کیفیت آب منطقه براساس شاخص GQI نشان می دهد که در بخش غربی منطقه مقدار این شاخص به دلیل وجود نهشته های تبخیری و آواری و نیز رسوبات رسی - مازنی پایین است و به سمت شرق افزایش نشان می دهد (شکل ۵).





جدول ۲- کیفیت آب براساس شاخص (Babiker et al,2007)GQI.

کیفیت آب	مناسب	قابل قبول	متوسط	ضعیف	پایین
GQI	۹۱-۱۰۰	۷۱-۹۰	۵۱-۷۰	۲۶-۵۰	۰-۲۵



شکل ۵: نقشه پهنه بندی کیفیت نمونه های آب زیرزمینی منطقه مطالعه شده با استفاده از شاخص GQI.

### ۵- ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی منطقه از لحاظ صنعتی

به منظور بررسی کیفیت آب از نظر مصارف صنعتی مهمترین عاملی که در درجه اول اهمیت می بایست مورد توجه قرار گیرد، PH و  $pH_s$  (اشباع) می باشد [۲۴]، چرا که این عامل می تواند نوع آب را از لحاظ خوردگی یا رسوبگذاری مشخص نماید. همچنین برخی آنیون ها و کاتیون ها نیز دارای اثرات خوردگی یا رسوبگذاری بر روی تجهیزات آبکشی چاه ها و تاسیسات آبرسانی می باشند. خصوصیات شیمیایی آبهای مصرفی در صنعت نیز بایستی به دقت بررسی شود، چون این ویژگی ها در طراحی خطوط آبرسانی، دستگاه ها و لوازم صنعتی که در ارتباط مستقیم با آب هستند از اهمیت بسزایی برخوردار است. اثرات مخرب آبها بر قطعات از لحاظ خوردگی و رسوبگذاری مواردی هستند که لازم است مورد توجه قرار گیرند. به منظور تعیین تاثیر کیفیت آب زیرزمینی بر تاسیسات صنعتی از شاخص های لائزلیه ، رایزنر و پوکوریوس استفاده شده است.

#### ۵-۱- بررسی کیفیت آب زیرزمینی منطقه با استفاده از شاخص لائزلیه (LSI)

خوردگی و رسوبگذاری در منابع آب می تواند به خسارات اقتصادی و بهداشتی نیز منجر شود [۸]. در ارزیابی کیفیت آب برای مصارف صنعتی ابتدا بایستی PH اشباع ( $pH_s$ ) را با استفاده از آلکالینیتی، دما و PH براساس رابطه (۱۲) محاسبه نمود و سپس پارامترهای مختلف صنعتی از جمله شاخص های لائزلیه، رایزنر و پوکوریوس را محاسبه نمود (رابطه ۱۲). [۲۵].



$$pH_s = (9.3+A+B) - (C+D) \quad (12)$$

در این رابطه مقادیر A، B، C و D براساس روابط (۱۳ تا ۱۶) محاسبه می شوند:

$$A = (\text{Log}[TDS] - 1)/10 \quad (13)$$

$$B = -13.12 * \text{Log}(C^o + 273) + 34.55 \quad (14)$$

$$C = \text{Log } 10[\text{Ca}^{2+} + \text{as } \text{Caco}_3] - 0.4 \quad (15)$$

$$D = \text{Log}10 [\text{alkalinity as } \text{Caco}_3] \quad (16)$$

در روابط بالا A میلی گرم برلیتر میزان مواد جامد محلول (TDS)، B دما (T)، C میلی گرم برلیتر کربنات کلسیم (TH) و D میزان قلیائیت کل (TA) می باشد. شاخص لانژلیه (LSI) که توسط لانژلیه در سال ۱۹۳۶ ارائه شد، درجه اشباعیت آب را نسبت به کربنات کلسیم نشان می دهد [۲۶ و ۲۷]. این شاخص مفهوم اشباع را با استفاده از pH به عنوان یک متغیر اصلی بیان می کند. در تعریف دیگری مفهوم LSI به عنوان تغییرات PH جهت رسیدن آب به تعادل عنوان می شود [۲۸]. که از رابطه (۱۷) بدست می آید:

$$LSI = PH - PH_s \quad (17)$$

هرگاه  $LSI < 0$  باشد، آب تمایل به خوردگی و اگر  $LSI > 0$  باشد، آب تمایل به رسوبگذاری دارد. اگر  $LSI = 0$  باشد، آب فاقد خوردگی و رسوبگذاری است. با توجه به نتایج حاصل تمام نمونه های آب منطقه خورنده می باشند (جدول ۳ و ۴).

#### ۵-۲- بررسی کیفیت آب زیرزمینی منطقه با استفاده از شاخص رایزنر (RSI)

شاخص پایداری رایزنر ارتباط بین حالت اشباع کربنات کلسیم و تشکیل پوسته کربنات (رسوبگذاری) را به صورت کمی نشان می دهد. به عبارت دیگر این شاخص ارائه روشی برای تخمین میزان گرایش آب به رسوبگذاری کربنات کلسیم است [۲۹ و ۳۰]. در واقع شاخص رایزنر مانند شاخص لانژلیه تفاوت PH واقعی آب و PH اشباع شده توسط کربنات کلسیم را نشان می دهد. شاخص پایداری رایزنر از رابطه (۱۸) بدست می آید:

$$RSI = 2(pH_s) - PH \quad (18)$$

هرگاه  $RSI < 5.5$  باشد، آب بسیار رسوبگذار است. اگر  $5.5 < RSI < 6.2$  باشد، آب رسوبگذار و کمی خورنده است. هرگاه  $6.2 < RSI < 6.8$  باشد، آب فاقد رسوبگذاری و خوردگی است. اگر  $6.8 < RSI < 8.5$  باشد، آب خورنده و کمی رسوبگذار است و در صورتی که  $RSI < 8.5$  باشد، آب بسیار خورنده می باشد. نتایج بدست آمده نشان داد تمام نمونه های آب منطقه براساس شاخص رایزنر، خاصیت خوردگی بالایی دارند. (جدول ۳ و ۴).



۵-۳- بررسی کیفیت آب زیرزمینی منطقه با استفاده از شاخص پوکوریوس (PI)

شاخص پوکوریوس نشان دهنده ظرفیت بافری آب بوده و حداکثر مقدار رسوبی که جهت ایجاد تعادل در آب می‌تواند تشکیل

شود را بیان می‌کند [۳۱]. این شاخص براساس روابط (۱۹ و ۲۰) قابل محاسبه است [۸]:

$$PH_{eq} = 1.465 \text{ Log (Total alkaline)} + 4.54 \quad (19)$$

$$PI = 2 \text{ pH}_s - PH_{eq} \quad (20)$$

هرگاه  $PI < 6$  باشد، آب رسوبگذار و اگر  $PI > 6$  باشد، آب خورنده است. نتایج بدست آمده نشان داد که در تمامی نمونه‌ها مقدار PI در منطقه بالاتر از ۶ بوده و آب خاصیت خورندگی دارد (جدول ۳ و ۴).

جدول ۳: طبقه بندی کیفی آب زیرزمینی براساس شاخص های RSI, LSI, PI جهت مصارف صنعتی.

پارامتر کیفی	طبقه بندی کیفی آب	مقدار پارامتر
LSI	خورنده	$0 > LSI$
	فاقد خورندگی و رسوب گذاری	$0 = LSI$
	رسوب گذار	$0 < LSI$
RSI	بسیار رسوب گذار	$5/5 > RSI$
	رسوب گذار و کمی خورنده	$6/2 > RSI > 5/5$
	فاقد خورندگی و رسوب گذاری	$6/8 > RSI > 6/2$
	خورنده و کمی رسوب گذار	$8/5 > RSI > 6/8$
PI	بسیار خورنده	$8/5 < RSI$
	رسوب گذار	$6 > PI$
	خورنده	$6 < PI$

جدول ۴: مقادیر شاخص های مختلف محاسبه شده جهت تعیین کیفیت نمونه های آب زیرزمینی منطقه جهت مصارف صنعتی.

نمونه	PH	PH <sub>s</sub>	LSI	RSI	PI
S1	۸/۰۹	۹/۴	-۱/۳۱	۱۰/۷۱	۱۱/۳۸
S2	۷/۶۶	۸/۷۶	-۱/۱۰	۹/۸۶	۱۰/۱۲
S3	۷/۸۳	۹/۵۳	-۱/۷۰	۱۱/۲۳	۱۱/۶۲
S4	۸/۰۷	۱۰/۸۶	-۲/۷۹	۱۳/۶۵	۱۳/۴۶
S5	۸/۲۱	۹/۵۲	-۱/۳۱	۱۰/۸۳	۱۱/۷۸
S6	۸/۳۱	۱۲/۷۸	-۴/۴۷	۱۷/۲۵	۱۸/۴۹
S7	۷/۷۰	۹/۶۰	-۱/۹۰	۱۱/۵۰	۱۱/۹۶
S8	۷/۷۵	۷/۸۸	-۰/۱۳	۸/۰۱	۷/۵۶
S9	۷/۷۷	۹/۷۱	-۱/۹۴	۱۱/۶۵	۱۱/۹۸
S10	۷/۵۰	۹/۳۹	-۱/۸۹	۱۱/۲۸	۱۱/۳۷



## ۶- جمع بندی و نتیجه گیری

تغییرات هیدرو شیمیایی آب زیرزمینی شمال جنوب غرب قوچان می تواند متاثر از سنگ شناسی منطقه باشد. انحلال کانیهای مانند کلسیت ودولومیت از سنگهای آهکی و نیز انحلال ژئوپس موجود در نهشته های تبخیری-آواری جوان و نیز رسوبات رسی-مارنی می تواند بر کیفیت آب زیرزمینی منطقه تاثیر گذار باشد. براساس شاخص های فلزی MI و PI، آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه حاوی فلزات سنگین بوده و جهت شرب از کیفیت مناسبی برخوردار نمی باشد. شاخص کیفی آب (WQI) نشان داد که آب زیرزمینی منطقه در درجه متوسط تا بسیار ضعیف قرار دارد. دو منبع آبی که در غرب منطقه از رسوبات تبخیری-آواری منشا گرفته اند دارای کیفیت نامناسب هستند. براساس شاخص GQI، آبهای منطقه از لحاظ شرب کیفیت ضعیف تا قابل قبول را دارا می باشند. به علت تنوع سنگهای ولکانیکی و نیز عدم وجود رسوبات تبخیری و مارنی در بخش شرقی منطقه آب از کیفیت مناسب تری برخوردار است. بررسی خوردگی و رسوبگذاری نمونه های آب برداشت شده براساس شاخص های لانژلیه، رایزرن و پوکوریوس نشان داد که تمام نمونه ها از لحاظ صنعتی خوردنده هستند. وجود یون سولفات در نهشته های تبخیری بخصوص در بخش غربی منطقه مطالعه شده می تواند در خوردگی آب نقش داشته باشد. با توجه به اینکه آبها جهت مصارف صنعتی بایستی فاقد خوردگی و رسوبگذاری باشند، باید تمهیداتی جهت استفاده این آبها برای متعادل نمودن آنها در نظر گرفته شود. این مطالعه که براساس شاخص های کیفی آب از لحاظ شرب و صنعتی انجام شد نشان داد که ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی جنوب غرب قوچان، متاثر از سنگ شناسی منطقه بوده است. همچنین آلودگی های انسان زاد نیز می تواند باعث بالا رفتن غلظت یون هایی از قبیل سولفات و سدیم در منابع آبی مناطق روستایی شود.

## ۷- مراجع

- [1]-Koponen, S., Pulliainen, J., Kallio, K, and Hallikainen, M., 2002, **Lake water quality classification with airborne hyperspectral spectrometer and simulated MERIS data**, Remote Sensor Environment, 79, 51-59.
- [2]- Zhao, C., Qiao, X., Cao, Y and Shao, Q., 2017, **Application of hydrogen peroxide presoaking prior to ammonia fiber expansion pretreatment of energy crops**, Fuel, 205p.
- [3]-Tajbakhshian, M., Mahmudy Gharaie, M. H., Mahboubi, A and Moussavi Harami, S. R., 2020, **Study of corrosion and scaling of water resources and wastewater of Shahid Hasheminezhad Gas Refinery**, Environment Water Engineering, 6(1), 13-30 [In Persian].
- [4]- Rezaee, A., Sayyadi, M. J., and Rezaee, M., 2015, **Quantitative and qualitative evaluation based on water quality indicators for drinking and agricultural use(case study of Gharehso catchment in Kermanshah province**, Journal Water Resources and Development, 3(1), 81-93 [In Persian].
- [5]-Nwankwoala, H., O., and Udom, G. J., 2011, **Hydrochemical facies and ionic rations of groundwater in Port Harcourt, Southern Nigeria**, Research Journal of Chemical Sciences, 2011, 1(3), 87-101.
- [6]-Nakhaei, M., Vadiati, M and Saberi, N., 2009, **Hydrogeochemistry evolution of Torbate Heydariye plain**, Fifteenth Meeting of Geological Society of Iran. [In Persian].
- [7]- Dowlati, J., Lashkaripour, G. H., and Hafezi Moghadas, N., 2014, **Investigating the factors affecting the Zahedan aquifer hydrogeochemistry using factor analysis, saturation indices and composite diagrams methods**, Journal of Water and Soil., 28(4): 679-694 [In Persian].
- [8]-Amini, S. H., Rezaee, A., Jafari, A., and Maleki, A., 2015, **Evaluation of corrosion and scaling potential of drinking water supply sources of Marivan village Iran**, Journal of Environment Health Research, 3(3), 172- 178 [In Persian].



- [9]-Angell, P., 1999, **Understanding microbially influenced corrosion as biofilm-mediated changes in surface chemistry**, Current opinion in Biotechnology.10(3), 269-273.
- [10]-Dietrich, A. M., Glindemann, D., Pizarro, F., Gidi, V., Olivares, M., Araya, M and Younos, T., 2004, **Health and aesthetic impacts of copper corrosion on drinking water**, Water sciences and Technology, 49(2), 55-62.
- [11]- Hoseinzadeh, E., Y usefzadeh, A., Rahimi, N and Khorsandi, H., 2013, **Evaluation of corrosion and scaling potential of a water treatment plant**, Archives of Hygiene Sciences ,2(2), 41-47, [In Persian].
- [12]-Farly, M., and Trow, S., 2016, **Losses in water distribution networks: A practitioner guide to assessment**, monitoring and control. London,UK: IWA Publishing.
- [13]-Tamasi, Cini., 2004, **Heavy metals in drinking waters from mount amitata (Tuscany,Italy), Possible risks from arsenic for public health in the province of Siena**, Science of the Total Environment, 327, 41-51.
- [14]-Mohan, C., Gupta, T., Shetty, H and Menon, N., 1986, **Toxicity of cadmium to six intertidal invertebrates**, Fish Tech, 21, 1-5.
- [15]-Bably, P., Kumara, P and Bano, S., 2011, **Groundwater quality evaluation near mining area and development of heavy metal pollution index**, Application Water Science.
- [16]-Han, G. and Liu, C. Q., 2004, **Water geochemistry controlled by carbonate dissolution: a study of the river waters draining Karst-dominated terrain, Guizhou province, China**, Chemical Geology, 204, 1-21.
- [17]-Kumar, A and Dua, A., 2009, **Water quality index for assessment of water quality of river Ravi at Madhopur (India)**, Journal of Environmental Science, 8(1), 49-57.
- [18]- Ketata-Rokbani, M., Gueddari, M. and Bouhlila, R., 2011, **Use of geographical information system and water quality index to assess groundwater quality in EL Khir at deep aquifer (Enfidha, Tunisian Sahel) Iranica**, Journal of Energy and Environment, 2(2), 133-144.
- [19]- Jermo, C. and Pius, A., 2010, **Evaluation of water quality index and its impact on the quality of life in an industrial area in Banglalore. South India**, American. Journal of Scientific and industrial research, 1(3), 595-603.
- [20]- Sahu, P., and Sikdar, P.K., 2008, **Hydrochemical framework of the aquifer in and around east Kolkata Wetlands, west Bengal, India**, Journal of Environment Geology, 55, 823-835.
- [21]- Yidana, S. M., and Yidana, A., 2010, **Assessing water quality using water quality index and multivariate analysis**, Environmental Earth Science, 59, 1461-1573.
- [22]-Babiker, I., Mohamed, M and Hiyama, T., 2007, **Assessing groundwater quality using GIS**, Water Resources Management, 21, 699-715.
- [23]- Alexander, A. C., Ndambuki, J., Salim, R. and Manda, A., 2017, **Assessment of spatial variation of groundwater quality in a mining basin**, Journal of Suistainability, 9(5), 823.
- [24]-Sedaghat, M., 2006, **Earth and groundwater resources**, University of Payam Noor Press. [In Persian].
- [25]-Benson, A. S., Dietrich, A. M and Gallagher, D.L., 2012, **Evaluation of iron release models for water distribution systems**, Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 42(1), 44-97.
- [26]- Langelier, W.F., 1936, **The analytical control of anticorrosion water treatment**, Journal of American Water works Association, 10(28), 1500-1521.
- [27]- Choi, J., Choi, B. G., and Hong, S., 2015, **Effects of NF treated water on corrosion of pipe distribution system and its implications to blending with conventionally treated water**, Desalination, 360, 138-145.



- [28]- Gupta, N., Nafees, S. M., Jain, M. K., and Kalpana, S., 2011, **Assessment of groundwater quality of outer skirts of Kota City with reference to in its potential of scale formation and corrosivity**, Journal of Chemistry ,8(3), 1330-1338.
- [29]-Alsaqqar, A.S., Khudair, B.H and Ali, S.K., 2014, **evaluating water stability indices from water treatment plants in Baghdad city**, Journal of Water Resource and Protection, 6(14), 1344-1351.
- [30]-World Health Organization, 2017, **Guidelines for drinking- water quality: fourth edition incorporating the first addendum**, (Licence: CC BY NC-SA 3.0 IGO). Geneva.
- [31]-Colin, M., 2006, **Stress corrosion cracking**, The 4th International Congress of Energy and Environmental Engineering and Management (CIIEM) Madison. 19-28.