بررسی کیفی منابع آب زیرزمینی اطراف معادن تراورتن (شمال فریمان) جهت کشاورزی

حدیثه کیوانلو شهرستانکی[۱]، محمد حسین محمودی قرائی[۲]*، حسین صادقی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استاد، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشیار، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

(نویسنده مسئول، mhmgharaie@um.ac.ir)

چکیده

در این مطالعه به بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی اطراف معادن تراورتن در منطقه شمال شرق فریمان جهت مصارف کشاورزی پرداخته شد. به منظور تعیین ترکیب شیمیایی آب‌ها، تعداد هفت نمونه از چشمه‌های منطقه‌ی مورد مطالعه برداشت شد. ارزیابی کیفی آب‌ها جهت مصارف آبیاری با استفاده از ترسیم نمودار ویلکاکس (Wilcox)، محاسبه‌ی درصد سدیم (%Na) و خطر منیزیم (MH) انجام شد. بر اساس نمودار Wilcox، ۲۸ درصد از نمونه‌های مورد مطالعه در رده‌ی کمی شور و ۷۲ درصد از نمونه‌ها در رده‌ی شور اما قابل استفاده برای آبیاری قرار داشت. بر اساس پارامتر درصد سدیم ۱۴,۲۸درصد در رده‌ی خوب و سایر نمونه‌ها در رده‌ی عالی قرار دارند. پارامتر خطر منیزیم (MH) نشان داد که تمامی نمونه‌ها دارای خطر منیزیم بیش از ۵۰ درصد بوده و برای کشاورزی مناسب نیستند. ترکیب شیمیایی منیزیم-بیکربناته و خطر بالای منیزیم نمونه‌های آب بررسی شده، متأثر از حضور نهشته‌های تراورتنی و افیولیت‌ها در این محدوده‌ی مطالعاتی است.

واژه‌های کلیدی: کیفیت آب زیرزمینی، مصارف کشاورزی، تروارتن، فریمان.

Investigation of Groundwater Quality for Irrigation in Travertine Mines Surrounding area (N-Fariman in NE-Iran)

Hadiseh Keyvanloo Shahrestanaki, M.H. Mahmudy Gharaie*, Hossein Sadegi

Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
*Corresponding author: mhmgharaie@um.ac.ir

Abstract

In this study, groundwater quality of travertine mines surrounding area in the North East of Fariman was investigated. In order to determine the chemical composition of waters, seven samples (springs) were collected from the studied area. Quality evaluation of waters for irrigation purposes was conducted by drawing Wilcox diagram, calculating Sodium Percent and Mg Hazard (MH). Based on Wilcox diagram 28% of the samples were classified as slightly saline and 72% were as brine but usable for irrigation purposes. According to Sodium Percent 14.28% of samples were classified in good and excellent categories. MH parameter showed that the hazard is above 50% for all samples, resulting unsuitable for irrigation purposes. The Mg-HCO_3 water with high MH are affected by travertine deposits and ophiolitic rocks in this area.

Keywords: Groundwater quality, Irrigation, Travertine, Fariman

۱- مقدمه

آب‌های زیرزمینی در اکثر مناطق جهان از اهمیت بالایی در تأمین آب کشاورزی برخوردار هستند. افزایش جمعیت و بهره‌برداری از این منابع ارزشمند باعث شده که علاوه بر کمیت، کیفیت این منابع نیز کاهش یابد (Bamdad Machiani et al., 2014). امروزه تغییر در کیفیت و شور شدن تدریجی آب‌های زیرزمینی در حال تبدیل شدن به یک خطر برای صنعت کشاورزی به ویژه در اراضی خشک و نیمه خشک است (Masoumi et al., 2019; Salari et al., 2020). مقدار بیش از حد یون‌های حل شده در آب آبیاری باعث شور شدن خاک و کاهش تولید محصولات کشاورزی می‌شود. به طور مثال آب‌های حاوی سدیم بالا، نفوذپذیری خاک را کاهش می‌دهند، حتی اگر مقدار شوری زیاد نباشد (Tahmasebi et al., 2018; Masoumi et al., 2019).

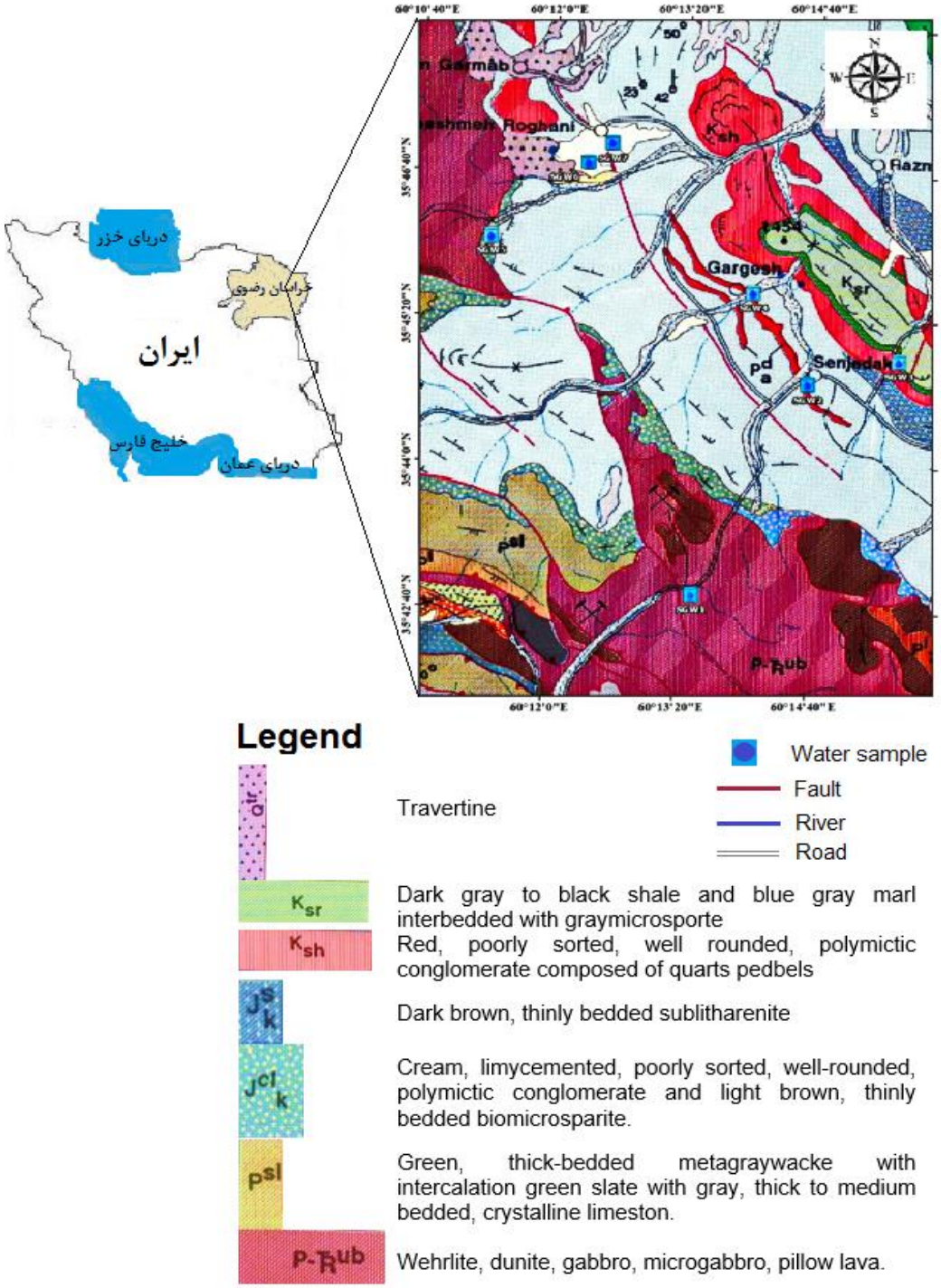
نمودار ویلکاکس (Wilcox) که در سال ۱۹۴۸ توسط Wilcox پیشنهاد شد و در سال ۱۹۵۱ توسط Torn تکمیل شد؛ برای طبقه‌بندی آب جهت مصارف کشاورزی استفاده می‌شود (Fallahati et al., 2020). هدف از این مطالعه، طبقه بندی منابع آب زیرزمینی اطراف معادن تراورتن در شمال شرق فریمان جهت مصارف آبیاری در مزارع و باغات این محدوده است.

۲- موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی

منطقه مورد مطالعه در شمال شرق شهرستان فریمان واقع در شمال شرق ایران در محدوده طول جغرافیایی ´۰۰ °۶۰ تا´۳۶ °۶۰ و عرض جغرافیایی ´۳۰ °۳۵ تا ´۰۰ °۳۶ واقع شده است. راه اصلی دستیابی به منطقه، جاده آسفالته مشهد– تربت جام است که از غرب به شرق محدوده امتداد دارد. مجموعه‌ی افیولیتی و سنگ‌های دگرگونی بخش اعظم لیتولوژی منطقه را تشکیل می‌دهند. بخشی که ماهیت افیولیتی داشته شامل ورلیت، دونیت، گابرو، اسپیلیت و بازالت است که در آن‌ها تحت تأثیر دگرسانی، کانی‌های جدیدی چون سریسیت، کلریت، اپیدوت، اکسیدآهن، سرپانتین و کربنات شکل گرفته‌اند. سنگ‌های دگرگونی شامل فیلیت و اسلیت ها نیز از این منطقه گزارش شده است (ارشادی نیا و همکاران، ۱۳۹۹). همچنین در این منطقه نهشته‌های تراورتن و معادن فعال در بهره‌برداری از آن رخنمون دارند.

۳- مواد و روش ها

به منظور بررسی ژئوشیمیایی، منابع آب تعداد هفت نمونه از چشمه‌های آب منطقه مورد مطالعه برداشت شد. پارامترهایی نظیر pH، دما، هدایت الکتریکی (EC) هنگام نمونه‌برداری در صحرا اندازه گیری شد. اندازه‌گیری غلظت آنیون‌های بیکربنات (HCO_3^-) و کلراید (Cl) به روش تیتراسیون و سولفات (SO_4^{2-}) با روش اسپکتروفتومتر انجام شد. همچنین غلظت کاتیون‌های کلسیم (Ca^{2+}) و منیزیم (Mg^{2+}) با روش تیتراسیون و سدیم (Na^+) و پتاسیم (K^+) نیز با روش ICP-OES در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی مشهد اندازه‌گیری شد. جهت ارزیابی کیفی منابع آب از نظر کشاورزی، ترسیم نمودار ویلکاکس و محاسبه‌ی پارامترهای نسبت جذب سدیم (Sodium Absorbtion Ratio)، درصد سدیم (percent sodium) و خطر منیزیم (MH) با استفاده از نرم افزار Aq.Qa و Water Chemistry انجام شد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه به همراه نقاط نمونه برداری (برگرفته از نقشه‌ی زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ سفید سنگ، قائمی و حسینی، ۱۳۷۸)

۴- نتایج

خلاصه‌ی آماری پارامترهای اندازه‌گیری شده در جدول ۱ آورده شده است. مقدار pH از حداقل ۷/۳۴ (نمونه‌ی SGW-4) تا حداکثر ۷/۷۵ (نمونه‌ی SGW-7) متغیر بود که نشان می‌دهد آب‌های زیرزمینی این محدوده‌ی مطالعاتی دارای pH کمی قلیایی هستند. همچنین مقدار هدایت الکتریکی (EC) نیز از حداقل ۵۹۷ (نمونه SGW-5) تا حداکثر ۱۴۲۴ میکروزیمنس بر سانتی‌متر (نمونه SGW-3) متغیر بود که در رده‌ی متوسط و بالا از نظر شوری قرار دارند.
حداقل غلظت کاتیون‌های Ca^{2+}، Mg^{2+} ، Na^{+} و K^{+} به ترتیب ۶۸/۱۴ ، ۶۸/۰۵ ، ۱۸/۲۸ و ۱/۴۰ میلی‌گرم بر لیتر و حداکثر غلظت این پارامترها به ترتیب ۱۱۲/۲۰، ۲۷۵/۷۰، ۸۱/۶۷ و ۷/۸۰ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد. همچنین حداقل غلظت آنیون‌های HCO_3^-، SO_4^{2-} و Cl^- به ترتیب ۳۹۶/۶۰، ۶۱/۵۸ و ۳۵/۴۶ میلی‌گرم بر لیتر و حداکثر غلظت آن‌ها به ترتیب ۸۲۹/۸۰، ۹۹/۹۸ و ۱۰۶/۴۰ میلی‌گرم بر لیتر بود. یون‌های غالب در نمونه‌های آب HCO_3^-، Ca^{2+} و Mg^{2+} بودند (جدول۱).

جدول ۱: خلاصه آماری آنالیزهای شیمیایی آب های برداشت شد (n=7) از اطراف معادن تراورتن، منطقه‌ی شمال شرق فریمان. غلظت یون ها و TDSc بر حسب میلی‌گرم بر لیتر و غلظت EC برحسب میکروزیمنس بر سانتی‌متر

پارامترها	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
T	12.11	16.61	13.61	1.75
pH	7.34	7.75	7.59	0.16
EC	597	1424	1004.86	329.51
TDS	787	1545	1119	340.14
Ca^{2+}	68.14	112.2	91.03	18.31
Mg^{2+}	68.05	275.7	196.86	80.1
Na^{+}	18.28	81.67	55.43	24.71
K^{+}	1.4	7.8	4.04	2.7
HCO_3^-	396.6	829.8	559.6	190.49
CO_3^{2-}	0	60.01	8.57	22.68
Cl^-	35.46	106.4	68.39	27.9
SO_4^{2-}	61.58	99.98	83.89	13.21

۵- بحث

برای ارزیابی آب مصرفی در کشاورزی و آبیاری باید متغیرهای هدایت الکتریکی، شوری، درصد سدیم، نسبت جذب سدیم و خطر منیزیمی را در نظر گرفت. مناسب بودن آب برای مصارف کشاورزی به تأثیر مواد معدنی موجود در آب بر روی گیاه و خاک مرتبط است (Sujatha et al., 2003).

۵-۱ طبقه‌بندی آب‌ها بر مبنای نمودار ویلکاکس

در این مطالعه، برای تعیین کیفیت آب جهت مصارف آبیاری، از روش طبقه‌بندی ویلکاکس (Wilcox,1995) استفاده شد. این نمودار بر اساس مقادیر هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم (SAR) قابل ترسیم است. آب‌ها در این نمودار به ۱۶ رده مختلف قابل طبقه‌بندی هستند که رده‌ی C_1S_1 به بهترین و رده‌ی C_4S_4 به نامناسب‌ترین کیفیت اشاره دارد (شکل ۲).

سدیم بیش از حد در منابع آب تأثیر نامطلوبی از تغییر خصوصیات خاک و کاهش نفوذپذیری خاک ایجاد می‌کند. همچنین غلظت بالای این فلز منجر به افزایش سطح قلیایی خاک می‌شود (Fallahi et al., 2020).

نسبت جذب سدیم (SAR) بهترین معیار برای برآورد خطر سدیم (SH) است و میزان جانشینی یون‌های کلسیم و منیزیم به‌وسیله یون‌های سدیم را بیان می‌کند. این نسبت از فرمول زیر محاسبه می‌شود (غلظت‌ها برحسب میلی‌اکی والان بر لیتر):

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

آب‌ها با توجه به مقادیر SAR به چهار کلاس S_1: با خطر سدیم کم (SAR<10)، S_2: خطر سدیم متوسط (SAR=10-18)، S_3: خطر سدیم بالا (SAR=18-26)، S_4: خطر سدیم بسیار بالا (SAR>26) تقسیم می‌شوند(Achah et al., 2011). بر اساس میزان جذب سدیم، تمام نمونه‌های مورد مطالعه در کلاس S_1 عالی و مناسب برای کشاورزی قرار دارند (جدول ۲).

۲-۵ طبقه‌بندی آب‌ها از نظر درصد سدیم (Na%) و خطر منیزیم (MH)

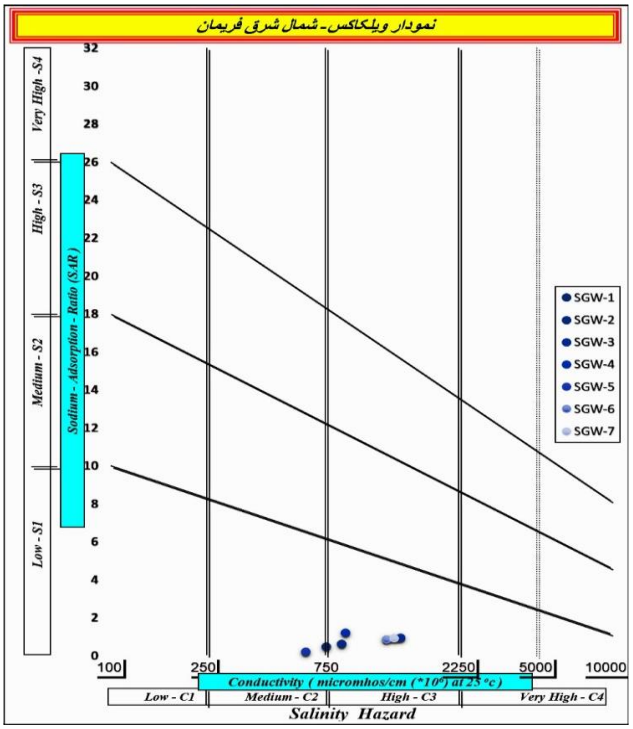
درصد سدیم**(Na%)** نیز به طور گسترده‌ای برای ارزیابی مناسب بودن کیفیت آب برای آبیاری استفاده می شود (Wilcox, 1984) و از فرمول زیر قابل محاسبه است (غلظت‌ها بر حسب میلی‌اکی والان بر لیتر):

$$\%Na=(Na+K)*100/(Ca+Mg+Na+K)$$

با توجه به مقادیر درصد سدیم، آب‌ها به پنج گروه عالی (%Na<20)، خوب (%Na 20-40)، مجاز (%Na 40-60)، مشکوک (%Na 60-80) و نامناسب (%Na>80) تقسیم می‌شوند. بر اساس نتایج به دست آمده در جدول ۲ نمونه SGW-4 در رده‌ی خوب و سایر نمونه‌ها در رده‌ی عالی قرار دارند.

جدول ۲: درصد سدیم (%Na)، نسبت جذب سدیم (SAR) و خطر شوری (EC) برای آب‌های برداشت شده از منطقه شمال شرق فریمان

نام نمونه	%Na	کیفیت براساس %Na	SAR	EC	کلاس آب	کیفیت آب جهت کشاورزی
SGW-1	۸/۷۳	عالی	۰/۵	۷۲۲	S1-C2	کمی شور- مناسب برای کشاورزی
SGW-2	۱۰/۵۷	عالی	۰/۶۴	۸۳۲	S1-C3	شور- قابل استفاده برای کشاورزی
SGW-3	۱۱/۶۲	عالی	۰/۹۵	۱۴۲۴	S1-C3	شور- قابل استفاده برای کشاورزی
SGW-4	۲۱/۰۶	خوب	۱/۲۳	۸۵۹	S1-C3	شور- قابل استفاده برای کشاورزی
SGW-5	۳/۳۸	عالی	۰/۲۳	۵۹۷	S1-C2	کمی شور- مناسب برای کشاورزی
GW-6	۱۱/۱۴	عالی	۰/۸۶	۱۲۵۵	S1-C3	شور- قابل استفاده برای کشاورزی
SGW-7	۱۲/۲۰	عالی	۰/۹۲	۱۳۴۵	S1-C3	شور- قابل استفاده برای کشاورزی



شکل ۲: نمودار ویلکاکس (Wilcox) برای نمونه‌های آب برداشت شده از محدوده‌ی اطراف معادن تراورتن (شمال شرق فریمان)

خطر منیزیم (MH) از دیگر پارامترهای مهم کیفیت آب جهت کشاورزی است. اگر نسبت منیزیم آب زیرزمینی بالاتر از ۵۰ باشد، برای آبیاری نامناسب به نظر می‌رسد و استفاده از چنین آبی با افزایش ماهیت خاک بر عملکرد محصول تأثیر منفی می‌گذارد (Raju et al., 2011; Sughosh et al., 2018). میزان خطر منیزیم با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$MH= Mg/Ca +Mg*100$$

با توجه به جدول ۳، تمامی نمونه‌های منطقه مورد مطالعه دارای خطر منیزیم بیش از ۵۰ درصد هستند و برای کشاورزی مناسب نیستند. ترکیب شیمیایی منیزیم بیکربناته‌ی نمونه‌های آب برداشت شده مرتبط با حضور سنگ‌های افیولیتی و نهشته‌های کربناتی و تروارتنی در این محدوده‌ی مطالعاتی است (کیوانلو و همکاران، ۱۴۰۰). این سنگ‌ها در بالا بردن خطر منیزیم آب‌ها نقش بسزائی را ایفا نموده‌اند.

جدول ۳: مقدار خطر منیزیم آب‌های برداشت شده از منطقه‌ی شمال شرق فریمان

کد نمونه ها	MH	کیفیت براساس MH
SGW-1	76.95	نامناسب
SGW-2	73.45	نامناسب
SGW-3	81.35	نامناسب
SGW-4	50.00	نامناسب
SGW-5	85.68	نامناسب
SGW-6	79.77	نامناسب
SGW-7	81.67	نامناسب

نتیجه گیری

منابع آب زیرزمینی در اطراف معادن تراورتن شمال فریمان، جهت بررسی ترکیب شیمیایی و مناسب بودن آن‌ها برای آبیاری در فعالیت‌های کشاورزی مورد ارزیابی قرار گرفتند. ترکیب شیمیایی آب‌ها منیزیم بی‌کربناته بوده و خطر بالای منیزیم در آب‌ها متأثر از سنگ‌شناسی محدوده‌ی مطالعاتی است. محاسبه‌ی نسبت جذب سدیم (SAR)، درصد سدیم و خطر شوری نشان داد که کیفیت آب‌های زیرزمینی در این محدوده‌ی مطالعاتی، در رده‌ی شور-کمی شور اما قابل استفاده برای کشاورزی هستند.

منابع

ارشادی‌نیا، م.، قائمی، ف.، همام، م. (۱۳۹۹). تحلیل ساختاری مجموعه آذرین و دگرگونی شمال شرق فریمان، شمال شرق ایران. سی و نهمین کنگره ملی و چهارمین کنگره بین المللی علوم زمین.

قائمی، ف.، حسینی، ک.، نقشه‌ی زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ سفید سنگ، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

کیوانلو شهرستانکی، ح.، محمودی قرایی، م.، صادقی، ح. (۱۴۰۰). ژئوشیمی چشمه‌های آب اطراف نهشته های تراورتنی شمال شرق فریمان، استان خراسان رضوی. ششمین همایش انجمن رسوب شناسی ایران، دانشگاه شهید چمران اهواز.

Bamdad Machiani S., Khaledian M. R., Rezaei M. and Tajdari Kh. (2014). Evaluation of groundwater quality in Gilan province for agricultural and industrial uses. J. Irrigation Drain., 8(2), 246-256 [In Persian].

Choramin, M., Safaei, A., Khajavi, S., Hamid, H., & Abozari, S. (2015). Analyzing and studding chemical water quality parameters and its changes on the base of Schuler, Wilcox and Piper diagrams (project: Bahamanshir River). WALIA J, 31, 22–27.

Fallahati, A., et al. (2020)."Impacts of drought phenomenon on the chemical quality of groundwater resources in the central part of Iran-Application of GIS technique." Environmental Monitoring and Assessment 192.1: 1-19.

Hounslow, A.W., (1995).Water Quality Data: Analysis and Interpretation. CRC Press LLC, Florida, pp. 47–126 (ISBN 9780873716765 - CAT# L676).

Sughosh, M. et al. (2018)"Geochemical assessment of groundwater quality for its suitability for drinking and irrigation purpose in rural areas of Sant Ravidas Nagar (Bhadohi), Uttar Pradesh." *Geology, Ecology, and Landscapes* 2.2: 127-136.

Masoumi M., Gharaie MH., Ahmadzadeh H., (2019). Assessment of groundwater quality for the irrigation of melon farms: a comparison between two arable plains in northeastern Iran. Environmental Earth Sciences. 1;78(6):214.

Raju, N.J., Shukla, U.K., & Ram, P. (2011). Hydrogeochemistry for the assessment of groundwater quality in Varanasi: a fast-urbanizing center in Uttar Pradesh, India. Environmental Monitoring and Assessment, 173, 279–300. doi:10.1007/s10661-010-1387-6.

Salari, M., et al. (2020). "Modeling of groundwater quality for drinking and agricultural purpose: a case study in Kahorestan plain." *Journal of Environmental Treatment Techniques* 8.1: 346-352.

Sarkar, D., Datta, R., Hannigan, R., (2007). Concepts and Applications in environmental Geochemistry. first ed. 5. Elsevier, Amsterdam [etc.], pp. 229–243 (eBook ISBN: 9780080549736).

Singhal, B., B. S., & Gupta, R. P. (1999). Applied Hydrogeology of Fractured Rocks.Kluwer Academic Publ., Netherland.

Sujatha, D., Rajeswara Reddy, B., & Blavoux, B. (2003). Quality characterization of groundwater in the sohth eastern part of Ranga Reddy district, Andhara Pradesh, India Environmental Geology, Vol. 44: 579-586.

Tahmasebi P., Mahmudy-Gharaie MH, Ghassemzadeh F, Karouyeh AK. (2018). Assessment of groundwater suitability for irrigation in a gold mine surrounding area, NE Iran. Environmental earth sciences. 1;77(22):766.

Wilcox, L.V., (1984) “The quality of water for irrigation use”, US Department of Agricultural Technical Bulletin 1962, Washington.